สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับผู้พิการทางสายตา

COLOR MONITORING FOR BLINDS

T104241

โดย

นายอนิรุทธ์ เสาร์สิงห์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ส.ค.
อ.1 ว.ค.
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....104241
วัน,เดือน,ปี.....30 ต.ค. 2552

b.12106057
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับผู้พิการทางสายตา

COLOR MONITORING FOR BLINDS

โดย

นายอนิรุทธ์ เสาร์สิงห์ รหัส 45010907

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องช่วยบอกสีสำหรับผู้พิการทางสายตา

COLOR MONITORING FOR BLINDS

ผู้จัดทำ

นาย อนิรุทธ์ เสาร์สิงห์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับผู้พิการทางสายตา

นายอนิรุทธ์ เสาร์สิงห์ รหัส 45010907
ดร.กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอดโดยมี TCS230 เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดค่าสี ซึ่งโครงสร้างจะประกอบด้วย โฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัว เรียงแบบแอเรย์ โดยที่โฟโต้ไดโอดจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือโฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์สีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน และแบบไม่มีฟิลเตอร์ จำนวนชุดละ 16 ตัว แต่ละกลุ่มจะตอบสนองความถี่แตกต่างกันตามชนิดของฟิลเตอร์ การทำงานของโมดูลตรวจวัดค่าสีนี้จะทำการตรวจจับแสงจาก LED ที่เข้ามาตกกระทบที่โฟโต้ไดโอด โดยอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า และจะแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกมาแสดงผลในรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) โดยมีค่า duty cycle เป็น 50% โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รับค่าความถี่จากโมดูลตรวจวัดค่าสีมาทำการประมวลผลเพื่อทำการตัดสินใจว่าควรจะเป็นสีอะไร แล้วแสดงผลออกมาเป็นข้อความเสียงของสีนั้นออกมาผ่านไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COLOR MONITORING FOR BLINDS

Mr. Anirut Saosing ID. 45010907

Dr. Kitiphol Chitsakul Advisor

Educational Year 2008

Abstract

This report presents about the developing of the color monitoring for the blinds. We use TCS230 as a color sensor. The device's structure contains 8x8 array of photodiodes. Photodiodes is separated in 4 groups including red, green, blue and without filter. In each group responses in difference frequency depending on each type of filter. This device works by capturing the brightness from LED which affects a photodiodes, then changes to electric current and to signal's frequency, appearing as a square wave with 50% of duty cycle. We use an AVR microcontroller to take data form TCS230 as a color sensor and show the results by voice message.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

อันดับแรกต้องขอขอบพระคุณ ดร. กิติพล ชิตสกุล ซึ่งท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานนี้ ท่านได้ให้คำแนะนำและคอยชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ - คุณแม่ ซึ่งท่านทั้งสองนั้นได้คอยอบรมสั่งสอนดูแล และเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนข้าพเจ้ามีวันนี้

นาย อนิรุทธ์ เสาร์สิงห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
1.4 โครงสร้างของเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอด	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 โครงสร้างของรายงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 แสง(Light)	4
2.2 แสงสีขาว	5
2.3 การสะท้อนแสง	6
2.4 สี(Color)	8
2.5 แสงสี	9
2.6 สารสี	10
2.7 ช่วงความยาวคลื่นของสี	11
2.8 ระบบ CIE	11
บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้	15
3.1 โมดูล ET-TCS230	15
3.1.1 คุณสมบัติโมดูล ET-TCS230	16
3.1.2 รายละเอียดของโมดูล ET-TCS230	17
3.1.3 ขาสัญญาณต่างๆ	17
3.1.4 การนำไปใช้งาน	19
3.1.5 ตัวอย่างขั้นตอนการอ่านค่าสี RGB	19
3.2.ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลAVR เบอร์ ATMEGA32	20
3.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR เบอร์ ATMEGA32	20
3.2.2 พอร์ของ AVR เบอร์ ATMEGA32	22
3.3 ISD 4004	23
3.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของ ISD 4004	23
3.3.2 รายละเอียดคำสั่งต่างของไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004	24
3.3.3 ขั้นตอนการเล่นกลับเสียง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ขั้นตอนการบันทึกเสียง 24
3.4 NOKIA LCD 5110 25
3.4.1 รูปแบบข้อมูลการสื่อสาร 26
3.4.2 รายละเอียดของคำสั่ง NOKIA 5110 27
3.5 DS1307(Real Time Clock) 29
3.6 ไอซีวัดอุณหภูมิ DS1820 33
3.6.1 การติดต่อระหว่างระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ DS1820 34
3.6.2 การใช้งานไอซี DS1820 กับระบบบัส 1 สาย 35
บทที่ 4 การออกแบบและผลการทดลอง 37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 45
บรรณานุกรม 46
ภาคผนวก 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างของเครื่องช่วยบอสีสำหรับคนตาบอด 2

รูปที่ 2.1 ขนาดความยาวคลื่นของแสง 4

รูปที่ 2.2 รายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่หรือความยาวคลื่นต่างกัน 5

รูปที่ 2.3 แสงสีที่เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวผ่านปริซึม 5

รูปที่ 2.4 ความสามารถของสายตามนุษย์ ในการรับรู้การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงสี 6

รูปที่ 2.5 ภาพรังสีตกกระทบ และรังสีสะท้อน 7

รูปที่ 2.6 การสะท้อนบนวัตถุผิวเรียบและมีผิวไม่เรียบ 7

รูปที่ 2.7 การผสมแสงสี 9

รูปที่ 2.8 การผสมสารสี 10

รูปที่ 2.9 แสดง CIE Tristimulus Values 13

รูปที่ 2.10 แสดง CIE Chromaticity Diagram 13

รูปที่ 2.11 CIELAB 14

รูปที่ 3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัดความสว่างสี 15

รูปที่ 3.2 การทำงานของ Block Diagram 15

รูปที่ 3.3 รายละเอียดของบอร์ด 16

รูปที่ 3.4 จัมเปอร์สำหรับเลือกการทำงานของหลอดไฟ LED 17

รูปที่ 3.5 ขาสัญญาณต่างๆของคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN 17

รูปที่ 3.6บล็อกไดอะแกรมของ AVR เบอร์ ATMEGA32 21

รูปที่ 3.7 การจัดขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA32 21

รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 2590 และตัวถัง 23

รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบของคำสั่งที่ส่งให้กับไอซีบันทึกเสียง 24

รูปที่ 3.10 ตำแหน่งขาสัญญาณต่างๆ ของ LCD 25

รูปที่ 3.11 โครงสร้างภายในของ Controller PCD8544 26

รูปที่ 3.12 รูปแบบทั่วไปของข้อมูล 26

รูปที่ 3.13 รูปแบบการส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ 27

รูปที่ 3.14 ตำแหน่งขาไอซี RTC DS1307 29

รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C 30

รูปที่ 3.16 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C 31

รูปที่ 3.17การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I2C 32

รูปที่ 3.18 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I2C 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 รีจิสเตอร์ภายในไอซีฐานเวลา DS1307 33
รูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งขาต่างๆของไอซีวัดอุณหภูมิ DS1820 34
รูปที่ 3.21 สัญญาณ RESET 34
รูปที่ 3.22 สัญญาณ READ/WRITE 35
รูปที่ 3.23 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของ SCRATCHPAD 36
รูปที่ 4.1 วงจรทั้งหมด 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การดูดกลืนและสะท้อนแสงสีของสารสี	10
ตารางที่ 3.1 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)	18
ตารางที่ 3.2 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ	18
ตารางที่ 3.3 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของโมดูล ET-TCS230	18
ตารางที่ 3.4 ตารางรายละเอียดคำสั่งต่างของไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004	24
ตารางที่ 3.5 หน้าที่ของขาสัญญาณ LCD	25
ตารางที่ 3.6 แสดงความหมายของการกำหนดค่าในบิต D และ E	28
ตารางที่ 3.7 แสดงความหมายของการกำหนดค่าให้กับ Y2,Y1 และ Y0	29
ตารางที่ 3.8การควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ด้วยการเซตบิต RS1, RS0	33
ตารางที่ 4.1 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีแดง	40
ตารางที่ 4.2 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีเขียว	40
ตารางที่ 4.3 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีน้ำเงิน	41
ตารางที่ 4.4 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีม่วง	41
ตารางที่ 4.5 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีเหลือง	42
ตารางที่ 4.6 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีฟ้า	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วทำให้มีการสร้างอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆขึ้นอย่างมากมายเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตประจำวัน และการประยุกต์ใช้โมดูล ET-TCS230 เป็นอีกชิ้นงานหนึ่งที่ได้ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเพิ่มความสามารถให้แก่ผู้พิการทางด้านสายตา ให้สามารถรับรู้ถึงสีต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งโครงงานนี้เป็นโครงงานที่ทำต่อเนื่องมาจากเทอมที่ 1 ซึ่งในส่วนของเทอมที่2 นี้ได้ทำการปรับปรุงวิธีการแยกแยะสีและสร้างส่วนบอกวัน,เวลา,และอุณหภูมิเพิ่มเติมเข้ามาเพื่อให้ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานและใช้งานโมดูล ET-TCS230

1.2.2 เพื่อศึกษาโครงสร้างการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ชนิด AVR เบอร์ ATMEGA32

1.2.3 เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงติดต่อกันระหว่างโมดูล ET-TCS230 และ ไมโครคอนโทรเลอร์ชนิด AVR เบอร์ ATMEGA32

1.2.4 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมในตัว ไมโครคอนโทรเลอร์ชนิด AVR เบอร์ ATMEGA32 เพื่อดึงข้อมูลจากโมดูล ET-TCS230

1.3 ขอบเขตโครงงาน

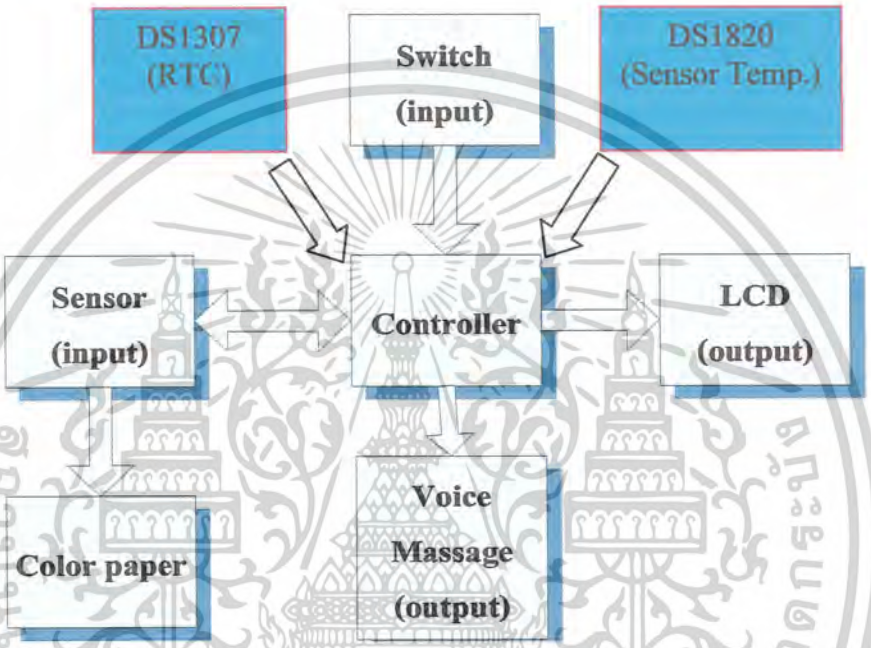
1.3.1 สร้างเครื่องตรวจจับสีสำหรับผู้พิการทางด้านสายตาได้

1.3.2 สามารถตรวจจับสีได้ 6 สีคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีเหลือง สีม่วง และสีฟ้า โดยแสดงผลออกมาทาง LCD และข้อความเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โครงสร้างของเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอด

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอดนี้เป็นการนำโมดูลตรวจจับความสว่างของสีมาตรวจจับค่าสีจากกระดาษสีหรือผ้าสี แล้วนำข้อมูลสีที่ได้จากโมดูลป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA32 เพื่อทำการประมวลผลตัดสินใจว่าเป็นสีอะไร เมื่อประมวลผลเสร็จแล้วจะแสดงผลออกมาทาง LCD และข้อความเสียง



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างของเครื่องช่วยบอสีสำหรับคนตาบอด

ส่วนที่ 1 สวิทซ์ ทำหน้าที่ในการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอด

ส่วนที่ 2 เซนเซอร์ ประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดแอเรย์ ทำหน้าที่ตรวจจับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบ แล้วส่งค่าความถี่ไปยังส่วนของคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 3 คอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมและประมวลผลทั้งหมดของระบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด AVR เบอร์ ATMEGA32 โดยจะรับค่าความถี่จากเซนเซอร์นำมาประมวลผลแล้วแสดงผลทาง LCD และข้อความเสียง

ส่วนที่ 4 ส่วนแสดงผล ประกอบด้วย LCD และไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004

ส่วนที่ 5 ส่วน RTC เป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาใหม่ ซึ่งเป็นส่วนที่บอกถึงข้อมูลวันและเวลา

ส่วนที่ 6 ส่วน Sensor Temp. เป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาใหม่ ซึ่งเป็นส่วนที่บอกถึงข้อมูลอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้สามารถใช้โปรแกรม AVR STUDIO

1.5.2 เข้าใจหลักการทำงานของโมดูล ET-TCS230

1.6 โครงสร้างของรายงาน

รายงานนี้ได้รวบรวมรายละเอียดและความเป็นมาของรายงานและการเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบวงจร ในการทำโครงงานนี้จะทำการแบ่งรายละเอียดออกเป็นบทต่างๆ ตามลำดับเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาทำความเข้าใจ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำเกี่ยวกับความเป็นมาและลักษณะของโครงงานนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี

บทที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้

บทที่ 4 การออกแบบและผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

เครื่องบอกสีสำหรับคนตาบอดใช้หลักการสะท้อนแสง การมองเห็นสี และการรวมสีประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อสามารถวิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสีที่มองเห็นได้ จากหลักการข้างต้นการศึกษาเรื่องคุณสมบัติของแสงและสีจึงมีความสำคัญอย่างมาก

2.1 แสง(Light)

แสงเป็นคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ฉะนั้นแสงจึงมิได้หมายถึงแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเท่านั้น แสงโดยทั่วไปมีอยู่สองประเภท คือ แสงที่สายตามนุษย์เรามองเห็น(Visible rays) กับแสงที่สายตาเรามองไม่เห็น ซึ่งได้แก่ แสงจำพวก แกมม่า-เรย์(gamma-rays) เอ็กซ์-เรย์(x-rays) อุลตราไวโอเลต-เรย์(ultraviolet-rays)และอินฟาเรด-เรย์(infrared-rays) แสงเหล่านี้ต่างก็เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าแต่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกันออกไป ดังรูป

รูปที่ 2.1 ขนาดความยาวคลื่นของแสง

แสงที่ตาคนมองเห็นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380 นาโนเมตร จนถึงประมาณ 780 นาโนเมตร คือสี 7 สี คือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง ส้ม แดง

ส่วนแสงอุลตราไวโอเลต(ultraviolet) เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าคลื่นสีม่วง และแสงอินฟาเรด (infrared)เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นสูงกว่าคลื่นสีแดง

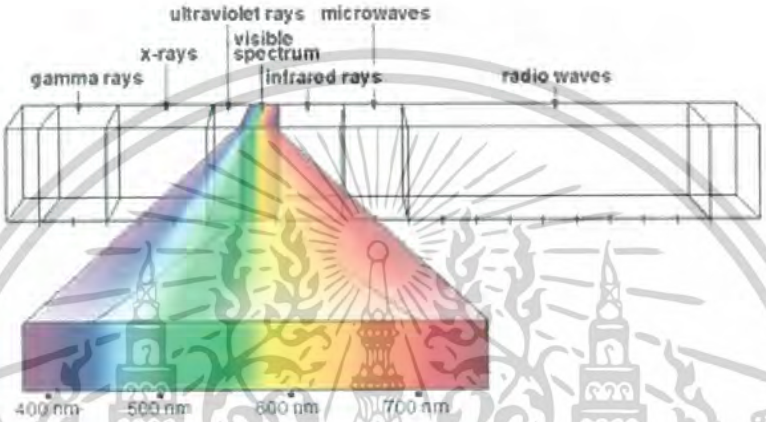
แสงที่เรามองเห็นนี้จะทำให้สายตาของคนเราได้รับความรู้สึก 2 ประการ ประการแรกคือความรู้สึกว่ามีแสงสว่างมากหรือน้อย(Sensation of brightness) ความรู้สึกอีกประการหนึ่งคือ ทำให้รู้จักว่าเป็นแสงสีอะไร ความรู้สึกนี้เรียกว่า Sensation of Color

สำหรับความสว่างของแสงจะขึ้นอยู่กับความห่างระหว่างต้นกำเนิดแสง และฉากโดยจะเป็นส่วนกลับกำลังสองของความห่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

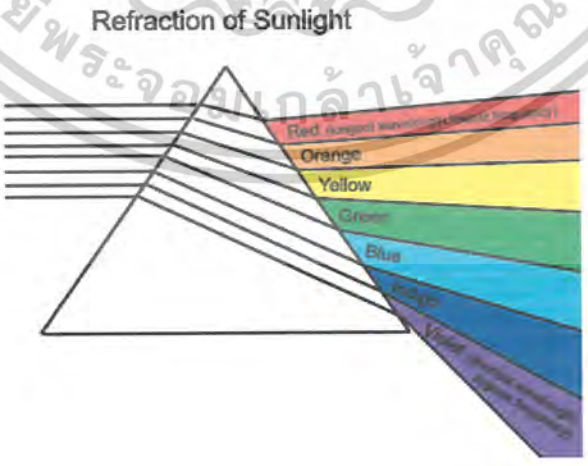
2.2 แสงสีขาว

แสงสีที่มนุษย์มองเห็นมีอยู่ 2 ประการ คือแสงสีโดยตรงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงอย่างใดอย่างหนึ่งเช่นแสงจากดวงอาทิตย์เป็นต้น อีกประการหนึ่งก็คือแสงที่สะท้อนจากสิ่งอื่น วัตถุบางอย่างเมื่อเกิดการกระทบแสงสีจะมีการดูดซึมได้ดีแต่วัตถุบางอย่างจะสะท้อนแสงได้ดีด้วย เหมือนแสงสีขาวคือส่วนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สายตามนุษย์มองเห็นตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่หรือความยาวคลื่นต่างกัน

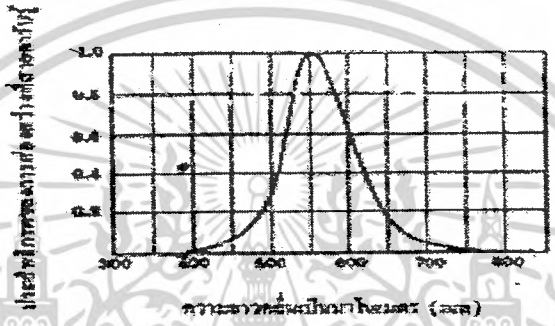
แสงสีขาวประกอบด้วยแสงสี 7 สีซึ่งอาจตรวจสอบทดลองดูได้โดยการให้แสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแสงสีขาวผ่านปริซึม(prism)แล้วใช้ฉากรับตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสงสีที่เกิดจากการหักเหของแสงสีขาวผ่านปริซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่แสงต่างๆปรากฏขึ้นเช่นนี้ เป็นเพราะแสงสีแต่ละชนิดนั้นมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน แสงที่มีความยาวคลื่นมาก(เช่นสีแดง)ก็จะหักเหไปมาก ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นน้อย(เช่นแสงสีม่วง)จะหักเหไปน้อย ฉะนั้น จึงได้แสงสีต่างๆเรียงลำดับกันบนฉากที่รองรับเอาไว้ แสงสีที่เรียงลำดับกันเหล่านี้เรียกว่า สเปกตรัม(spectrum)ซึ่งเรามักจะพบเห็นกันบ่อยๆในปรากฏการณ์ธรรมชาติหลังจากฝนตก ที่เรียกว่ารุ้งกินน้ำ อย่างไรก็ตามสายตามนุษย์ไม่สามารถไวต่อแสงสีได้เหมือนกันสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.4 ความสามารถของสายตามนุษย์ ในการรับรู้การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงสี

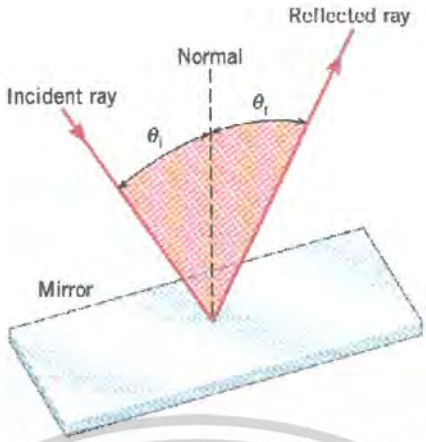
จากรูปที่แสดงนี้ อาจกล่าวได้ว่าความรู้สึกของมนุษย์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงนั้นมีอยู่ความยาวคลื่นประมาณ 400 นาโนเมตร(ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสีม่วง)จนถึงประมาณ 750 นาโนเมตร(ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสีแดง)เท่านั้น

2.3 การสะท้อนแสง

การสะท้อนแสงที่ผิวราบ

เมื่อรังสีของแสงตกกระทบผิววัตถุที่จุดใดก็ตาม ถ้าเราลากเส้นตั้งฉาก กับผิววัตถุนั้น เส้นตั้งฉากที่ว่านี้เรียกว่า เส้นแนวตั้งฉาก และเรียกมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นแนวตั้งฉากว่า มุมตกกระทบ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นแนวตั้งฉากเรียกว่า มุมสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

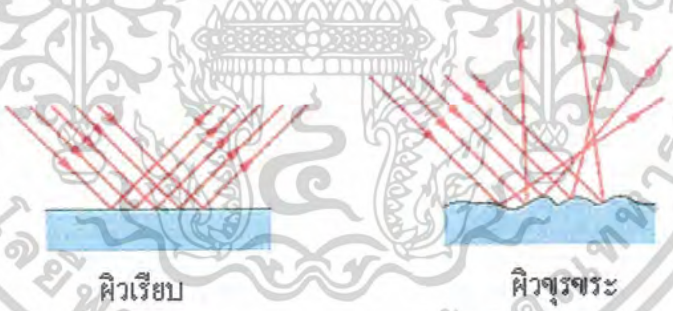


รูปที่ 2.5 ภาพรังสีตกกระทบ และรังสีสะท้อน

กฎการสะท้อนของแสงมีดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวตั้งฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีจะต้องมีผิวเรียบและเป็นมัน เช่น กระจกเงา จะทำให้เกิดการสะท้อนอย่างมีระเบียบ ดังภาพที่ 1 รูปที่2.6 แต่ถ้าวัตถุที่มีผิวไม่เรียบ จะเกิดการสะท้อนไม่มีระเบียบ ดังภาพที่ 2 รูปที่ 2 6 แต่การสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง



รูปที่ 2.6 การสะท้อนบนวัตถุผิวเรียบและมีผิวไม่เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สี(Color)

สีเป็นสิ่งที่ทุกคนสนใจแต่การศึกษาเรื่องสีนั้นจะแตกต่างกันแล้วแต่ว่าแต่ละสาขาวิชาชีพจะให้ความสำคัญในแง่ใด รวมทั้งการวิเคราะห์เกี่ยวกับสีเพื่อนำไปใช้

การจัดจำพวกสี

1. ฮิว(Hue)ในการศึกษาเรื่องสเปกตรัม จะเห็นว่าแสงที่ผ่านเข้าไปในปริซึมแล้วกระจายเป็นสเปกตรัมซึ่งตาจะรู้สึกเป็นสีต่างๆ แถบสีต่างๆในสเปกตรัมเรียกว่า ฮิว เช่น แถบสีแดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน ม่วง ในสเปกตรัมของแสงอาทิตย์จะมีฮิวไม่ครบทั้งหมด เช่น สีม่วงแดง สีม่วงแกมน้ำเงิน
2. ความเจิดจ้า(Lightness)คือความรู้สึกติดตาติดใจของจำนวนแสงที่สะท้อนออกมาจากแสงสีแต่ละแสงสีซึ่งทำให้เกิดความรู้สึกว่า มีแสงผ่านเข้าตามากหรือน้อย
3. ความอิ่มตัว(Saturation)คือความแตกต่างมากน้อยจากสีเทาที่มีความสว่างเดียวกัน ถ้ามีความอิ่มตัวมาก เรียกว่า เข้ม และถ้ามีความอิ่มตัวน้อย เรียกว่า อ่อน ส่วนสีเทามีความอิ่มตัวเป็นศูนย์

คุณสมบัติ 3 ประการ คือ ฮิว, ความเจิดจ้า ,ความอิ่มตัว เป็นสื่อใช้ในการจัดจำพวกสี

การวัดสี

เราตรวจสอบวัตถุที่มีสีโดยให้แสงผ่านเข้าไปในวัตถุนั้นหรือให้แสงสะท้อนจากผิวของมัน สีของวัตถุที่สังเกตเห็นได้นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของวัตถุแต่ละชนิดแล้วยังขึ้นอยู่กับแสงที่ใช้ส่องสว่างอีกด้วยแสงที่ใช้เป็นมาตรฐานในการส่องบนวัตถุที่มีสี คือ แสงอาทิตย์

ค่าของ ฮิว และความอิ่มตัว ของวัตถุ(หรือเรียกว่า Chromaticity ของวัตถุ)บอกได้ด้วยเศษส่วนของพลังงานที่ตกกระทบจากการส่องสว่างมาตรฐานซึ่งวัตถุที่ยอมให้แสงผ่านหรือสะท้อนจากผิวในแต่ละช่วงของความยาวคลื่นเครื่องมือที่ใช้วัดเศษส่วนนี้เรียกว่า สเปกโตรโฟโตมิเตอร์(Spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองเห็นสี

แสงสี แดง เขียว น้ำเงิน เรียกว่าแม่สี หรือสีปฐมภูมิ(primary color) การมองเห็นสีนั้นอยู่ที่ว่าประสาทรับแสงสีชุดใดถูกกระตุ้นมากน้อยเพียงใด ถ้าประสาทรับสีแดง ถูกกระตุ้นเพียงประสาทเดียวก็จะมีความรู้สึกเห็นสีแดง ส่วนสีเขียว และสีน้ำเงินก็เช่นเดียวกัน แต่ถ้าประสาทรับแสง 2 อันหรือ 3 อันถูกกระตุ้นพร้อมกัน เช่น ประสาทรับแสงสีแดงถูกกระตุ้นพร้อมกับสีเขียว ก็จะเห็นเป็นสีเหลือง(yellow)ประสาทรับแสงสีแดงถูกกระตุ้นพร้อมกับสีน้ำเงินจะเห็นเป็นสีม่วง (magenta)ถ้าประสาทรับแสงสีน้ำเงินถูกกระตุ้นพร้อมกับสีเขียวจะเห็นเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน(cyan)

2.5 แสงสี

1.แสงสีปฐมภูมิ คือ แสงสีหลักไม่สามารถเกิดจากการรวมกันของสีอื่น เป็นแสงสีเฉพาะตัว ได้แก่ สีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว

2. แสงสีทุติยภูมิ คือ แสงสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีปฐมภูมิ ได้แก่ สีเหลือง(yellow) สีเขียวแกมน้ำเงิน(cyan) และสีม่วง(magenta)

3. แสงสีคู่เติมเต็ม คือแสงที่รวมกันแล้วได้แสงสีขาว มี 3 คู่ คือ แดง+เขียวแกมน้ำเงิน เหลือง+น้ำเงิน และม่วง+เขียว

การผสมแสงสี

เมื่อฉายแสงสีขาวผ่านแก้วสีกรองแสง แล้วแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ที่ไปตกบนฉากจะเกิดผลดังนี้

รูปที่ 2.7 การผสมแสงสี

แสงสีแดง+แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง

แสงสีแดง+แสงสีน้ำเงิน = แสงสีม่วง(magenta)

แสงสีน้ำเงิน+แสงสีเขียว = แสงสีเขียวแกมน้ำเงิน(cyan)

แสงสีแดง+แสงสีเขียว+แสงสีน้ำเงิน= แสงสีขาว

แสงสีแดง+แสงสีเขียวแกมน้ำเงิน(cyan)=แสงสีขาว

แสงสีเขียว+แสงสีม่วง(magenta)=แสงสีขาว

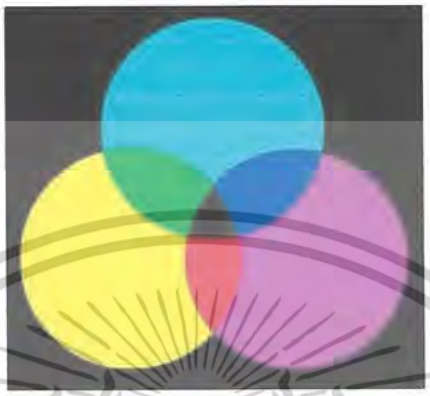
แสงสีน้ำเงิน+แสงสีเหลือง=แสงสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารสี

1. สารสีปฐมภูมิ คือ สารสีหลักซึ่งไม่สามารถเกิดจากการรวมกันของสารสีอื่น ได้แก่ สีเหลือง (yellow) สีเขียวแกมน้ำเงิน(cyan)สีม่วง(magenta)

2. สารสีทุติยภูมิ คือ สารสีที่เกิดจากการรวมกันของสารสีปฐมภูมิ ได้แก่ สีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว



รูปที่ 2.8 การผสมสารสี

3. สารสีคู่เติมเต็ม คือ สารสีที่รวมกันแล้ว ได้สารสีดำ มี 3 คู่ คือ ม่วง+เขียว ,แดง+เขียวแกมน้ำเงิน และเหลือง+น้ำเงิน

สารสี	ดูดกลืนแสงสี	สะท้อนแสงสี
ม่วง	เขียว	แดง,น้ำเงิน
เหลือง	น้ำเงิน	แดง,เขียว
เขียวแกมน้ำเงิน	แดง	น้ำเงิน,เขียว
แดง	น้ำเงิน,เขียว	แดง
เขียว	แดง,น้ำเงิน	เขียว
น้ำเงิน	แดง,เขียว	น้ำเงิน
ดำ	แดง,เขียว,น้ำเงิน	-
ขาว	-	แดง,เขียว,น้ำเงิน

ตารางที่ 2.1 การดูดกลืนและสะท้อนแสงสีของสารสี

หมายเหตุ แสงสีขาว ส่องวัตถุเห็นวัตถุเป็นสีเดิมเสมอ

แสงสีดำ ส่องวัตถุเห็นวัตถุเป็นสีดำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่างเช่น</u> สีทาบ้านที่เห็นเป็นสีเหลืองนั้น เกิดจากการสะท้อนแสงสีแดง เขียว และดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน ซึ่งคือแสงสีเหลืองนั่นเอง ส่วนสีทาบ้านที่ผสมกันระหว่างสีเหลืองกับสีเขียวแกมน้ำเงินจะได้สีผสมทาบ้านเป็นสีเขียว เนื่องจากสีเขียวแกมน้ำเงิน ดูดกลืนแสงสีแดงแต่สะท้อนแสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงิน และแสงสีเหลืองดูดกลืนแสงสีน้ำเงินแต่สะท้อนแสงสีแดงและสีเขียว

2.7 ช่วงความยาวคลื่นของสี

ความยาวคลื่นของแสงที่มองเห็นได้ชัด แบ่งออกเป็น 8 ระยะ ตามคุณสมบัติของสี

ความยาวคลื่นของ(นาโนเมตร)	สี(Color)
340-450	ม่วง
450-480	น้ำเงินเข้ม
480-510	น้ำเงิน
510-550	เขียว
550-575	เหลืองเขียว
575-585	เหลือง
585-620	ส้ม
620-760	แดง

สายตาคนเราไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ แสงระหว่างสีเหลืองกับสีเขียวซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 550 นาโนเมตร

2.8 ระบบสี CIE

ระบบ CIE เป็นระบบที่ Commission International de I' Eclairage (CIE) ได้พัฒนาระบบของการวัดสีในรูปของ Objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์ หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี ดังเช่นระบบMunsell การวัดสีระบบนี้มีข้อดีคือ เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล เป็นระบบที่วัดสีออกมาเป็นตัวเลข เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณ และทำนายสูตรสีผสมได้ด้วย ดังนั้นการมองเห็นสีของวัตถุ ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสง วัตถุที่มีสี และสายตามนุษย์ ถ้าเราสามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขได้ก็สามารถวัดค่าสีออกมาเป็นตัวเลขได้

แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

ในการวัดสีของวัตถุจากเครื่องวัดสีต้องอาศัยแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ ที่เมื่อให้แสงออกมาแล้วสามารถที่จะวัดการกระจายพลังงานที่แต่ละความยาวคลื่นได้ด้วยเครื่อง Spectroradiometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และด้วยผลของแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันจะมีผลให้การมองเห็นสีที่ต่างกัน ดังนั้นระบบ CIE จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของแหล่งกำเนิดแสงขึ้น คือ

Illuminant A มีการกระจายพลังงานใกล้เคียงกับหลอดไฟทังสเตน หรือหลอดไฟ Incandescence ที่มี Color temperature ประมาณ 2848 K

Illuminant B เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากหลอด Illuminant A ที่ผ่านตัวกรองแสงแล้วให้แสงแดดตอนเที่ยงโดยมี Color temperature ประมาณ 4900 K

Illuminant C เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากหลอด Illuminant A ที่ผ่านตัวกรองแสงแล้วให้แสงแดดตอนกลางวัน โดยมี Color temperature ประมาณ 6700 K

Illuminant D เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้แทนแสงแดดตอนกลางวันแต่มีความละเอียดของ Colortemperature ที่ต่างกันเช่น D65 และ D75 โดยที่

D65 เป็นแสงแดดตอนกลางวันที่มี Color temperature 6500 K

D75 เป็นแสงแดดตอนกลางวันที่มี Color temperature 7500 K

และเรานิยมที่จะใช้ D65 เป็นแหล่งกำเนิดแสงในการวัด

วัตถุมีสี

เครื่องมือที่ใช้วัดสี เรียกว่าเครื่อง Spectrophotometer ที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัดถุเทียบกับมาตราฐานอ้างอิงที่เป็น reflectance curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี reflectance curve ต่างกัน

วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาก็จะมีความยาวคลื่นต่างกันโดยที่

สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นที่ 430-460 นาโนเมตร

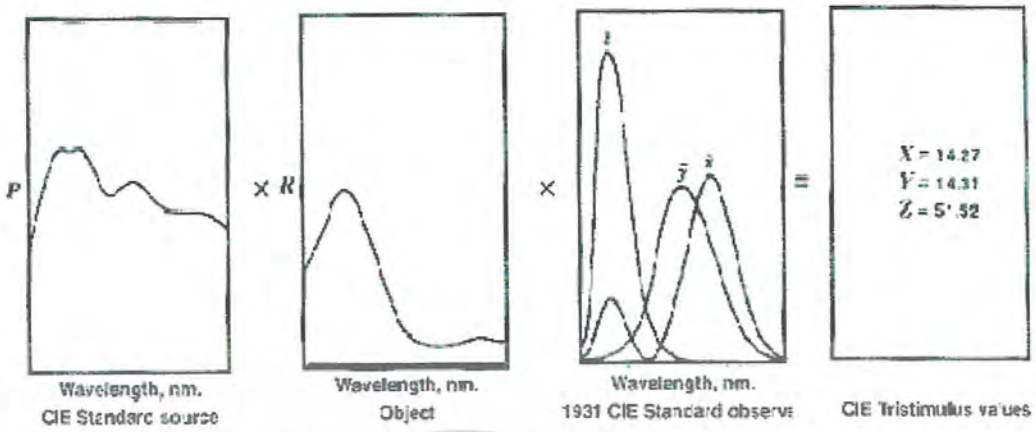
สีเขียว มีความยาวคลื่นที่ 500-580 นาโนเมตร

สีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620-780 นาโนเมตร

ระบบการวัดสีในเครื่อง Spectrophotometer มีอยู่หลายระบบด้วยกัน คือ ระบบ Munsell , ระบบ Tristimulus Value, ระบบ Chromaticity coordinate และระบบ CIE L*a*b*

ระบบ Tristimulus Value ค่าที่หาได้ออกมาเป็น X, Y, Z โดยค่านี้จะระบุเป็นค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ แต่ค่าที่ได้ยังขาดความสัมพันธ์ระหว่างกันของสีที่มองเห็น จึงไม่สามารถที่นำมาใช้ประโยชน์อะไรได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดง CIE Tristimulus Values

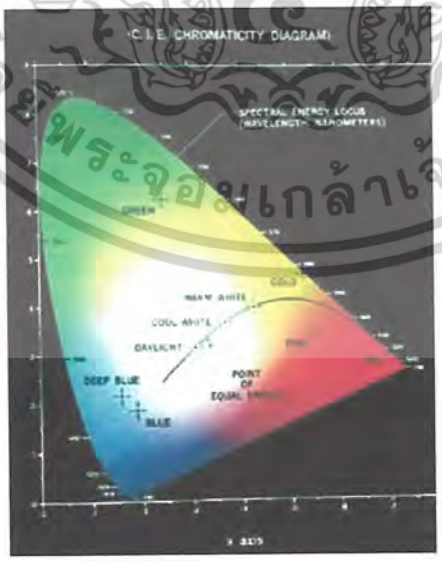
ระบบ CIE Chromaticity coordinate เป็นวิธีการที่สามารถระบุความหมายของสีได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งค่าที่ได้เป็น

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

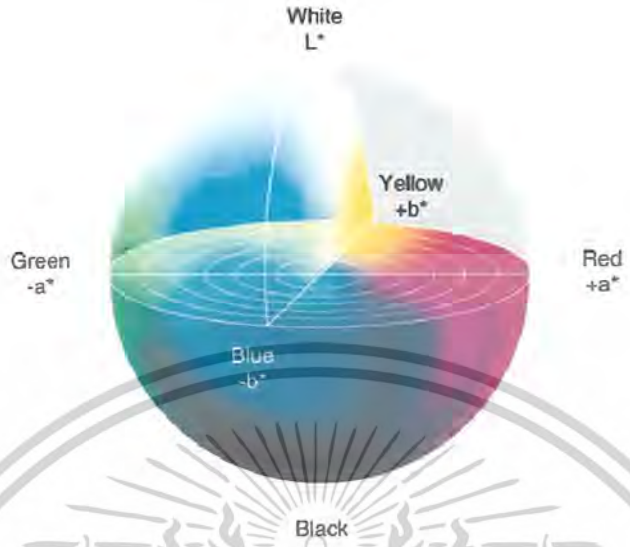
โดยที่ค่า x และ y เป็นค่าที่ระบุความเป็นสี ส่วนความสว่างของสีเป็นค่า Y แต่วิธีการวัดสีโดยวิธีการนี้ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการบอกค่าความแตกต่างของสีได้ดี



รูปที่ 2.10 แสดง CIE Chromaticity Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ CIE L*a*b* เป็นวิธีการวัดสีที่ใช้ลักษณะของ color space ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 CIELAB

โดยกำหนดให้ L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 100

แกน a* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีแดง

แกน a* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีเขียว

แกน b* ที่เป็น + สีจะเป็นไปในทิศทางสีเหลือง

แกน b* ที่เป็น – สีจะเป็นไปในทิศทางสีน้ำเงิน

ซึ่ง
$$L^* = 116(Y/Yn)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a^* = 500[(X/Xn)^{\frac{1}{3}} - (Y/Yn)^{\frac{1}{3}}]$$

$$b^* = 200[(Y/Yn)^{\frac{1}{3}} - (Z/Zn)^{\frac{1}{3}}]$$

โดยที่ Xn , Yn , Zn คือค่า Tristimulus Value ของ Reference white ภายใต้ (Illuminant) หนึ่งเช่น D65 (Yn = 100 เสมอ ส่วน X/Xn , Y/Yn และ Z/Zn จะมีค่ามากกว่า 0.01)

และในการหาค่าความแตกต่างของสีที่เป็นตัวเลขนั้นเมื่อพิจารณาจากรูป จะพบว่าจุดๆหนึ่งใน Space นั้นเป็น L1*a1*b1* และเมื่อสีมีการเปลี่ยนเฉดสีไปจะได้อีกจุดใน Space เป็น L2*a2*b2*ซึ่ง 2 จุดนี้จะมีระยะห่างกันใน Space เท่าไร ก็จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของสี ดังสมการ

$$\Delta E = ((L1^* - L2^*)^2 + (a1^* - a2^*)^2 + (b1^* - b2^*)^2)^{\frac{1}{2}}$$

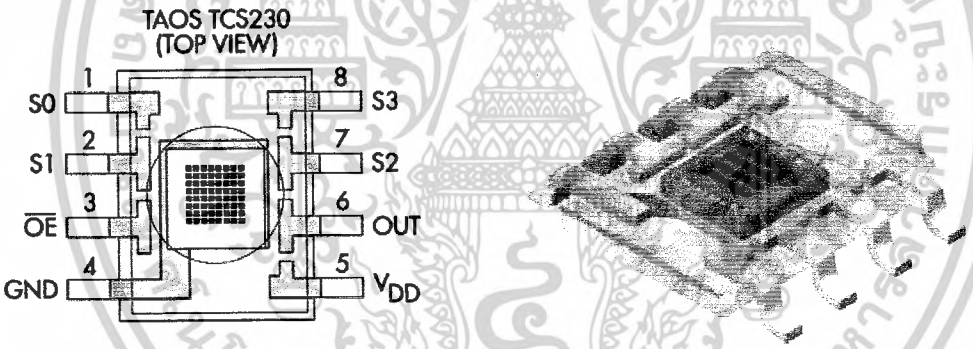
โดย $\triangle$ E คือค่าความแตกต่างของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

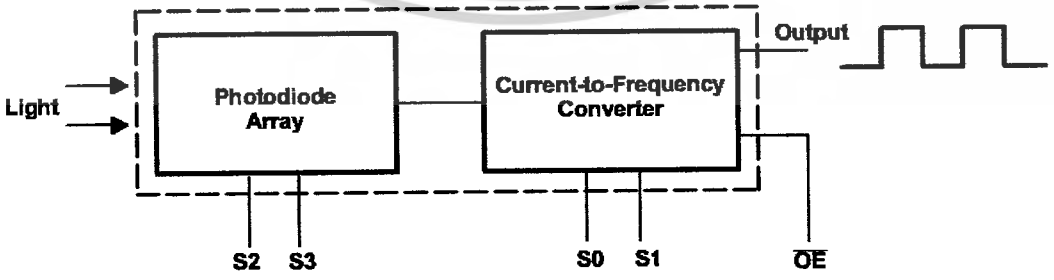
บทที่ 3
อุปกรณ์ที่ใช้

3.1 โมดูล ET-TCS230

ET-TCS230 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำเอาอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดค่าระดับความสว่างของสี ซึ่งโมดูลตัวดังกล่าวนี้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณความถี่เอาต์พุต สี่เหลี่ยม (Square wave) โดยมีค่า duty cycle เป็น 50% ซึ่งความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผลความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบตัวเซนเซอร์ โดยโครงสร้างของโมดูล TCS230 นั้นจะประกอบไปด้วย โฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัว ซึ่งมีการจัดเรียงกันแบบ อาร์เรย์ โดยโฟโต้ไดโอดเหล่านี้จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ โฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์ สีแดง (Red) , เขียว (Green) , น้ำเงิน (Blue) และ แบบไม่มีฟิลเตอร์ (Clear) จำนวนชุดละ 16 ตัว ซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะตอบสนองต่อสนองต่อความสว่างของสีแตกต่างกันไป ตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้นๆ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัดความสว่างสี



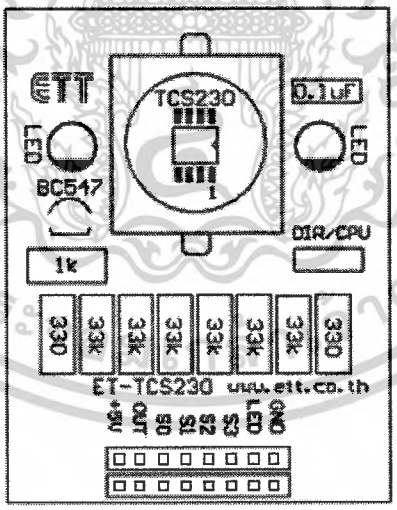
รูปที่ 3.2 การทำงานของ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปบล็อกไดอะแกรม แสง(Light) จะเข้ามาตกกระทบที่โฟโต้ไดโอด (Photodiode Array) ซึ่งเราสามารถเลือกชนิดฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอด ได้จากขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า และ จะถูกส่งไปยังภาค Current-to-Frequency Converter เพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณความถี่ออกไปที่ขาสัญญาณ Output โดยมี S0 และ S1 เป็นตัวกำหนดช่วงของสัญญาณความถี่ที่เราต้องการ ส่วนขาสัญญาณ OE ทำหน้าที่ควบคุมการ Enable และ Disable ของสัญญาณ Output ซึ่งจะแอคทีฟที่สัญญาณลอจิก “0”

3.1.1 คุณสมบัติโมดูล ET-TCS230

1. ให้ค่าความละเอียดของผลลัพธ์สูง (ค่าจากการแปลงความเข้มของแสงไปเป็นความถี่ fo)
2. สามารถโปรแกรมเลือกตรวจวัดค่าสีจากฟิลเตอร์ (RED, Green, Blue และ Clear) ตามต้องการ และ กำหนดกระดับสัญญาณของเอาต์พุต fo (Frequency Output) ได้
3. สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ เขากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง
4. ทำงานที่แรงดัน 2.7 V ถึง 5.5V
5. TCS230 เป็นชิพที่มีคุณสมบัติกินกำลังงานต่ำ
6. ค่าความคลาดเคลื่อน 0.2% ที่ความถี่ 50 kHz
7. มีหลอดไฟ LED สำหรับทำการสะท้อนสีของวัตถุ



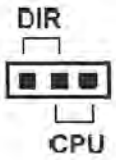
รูปที่ 3.3 รายละเอียดของบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.2 รายละเอียดของโมดูล ET-TCS230

DIR/CPU เป็นจัมเปอร์สำหรับเลือกการทำงานของหลอดไฟ LED ซึ่งมีหน้าที่ในการสะท้อนแสงสีของวัตถุมายังเลนส์ของตัวเซนเซอร์ TCS230 โดยสามารถเลือกได้สองลักษณะคือ



รูปที่ 3.4 จัมเปอร์สำหรับเลือกการทำงานของหลอดไฟ LED

DIR = การเชื่อมต่อวงจร LED ให้ทำงาน (ติดสว่าง) ตลอดเวลาโดยไม่ต้องมีการควบคุมใดจาก CPU

CPU = คือ การควบคุมการทำงานของ LED ด้วย CPU หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอก ซึ่งจะควบคุมที่ขาสัญญาณ LED ของคอนเนคเตอร์ 8 PIN

3.1.3 ขาสัญญาณต่างๆ

จะถูกจัดเรียงเป็นคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN โดยมีทั้งตัวผู้และตัวเมีย เพื่อความสะดวกในการต่อใช้งานซึ่งขาสัญญาณต่างๆ มีหน้าที่ดังนี้

รูปที่ 3.5 ขาสัญญาณต่างๆของคอนเนคเตอร์ขนาด 8 PIN

1. +5V คือ ขาสัญญาณไฟเลี้ยงแรงดันไฟบวก 5 โวลท์

2. OUT คือ ขาสัญญาณเอาต์พุต โดยให้ค่าออกมาเป็นความถี่ (fo) เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม Duty cycle 50% ซึ่งค่าความถี่จะแปรผันตามค่าของแสงที่ตกกระทบ ชนิดของฟิลเตอร์

3. S0 และ S1 เป็นขาสัญญาณเลือกระดับของสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) โดยสามารถเลือกได้ 4ระดับดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

104241

S0	S1	OUTPUT FREQUENCY SCALING (fo)
0	0	Power down (ไม่ผลิตสัญญาณความถี่)
0	1	2% (ความถี่ต่ำ)
1	0	20% (ความถี่ที่ 20%)
1	1	100% (ความถี่สูงสุด)

ตารางที่ 3.1 การกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo)

S2	S3	PHOTODIODE TYPE
0	0	แดง (Red)
0	1	น้ำเงิน (Blue)
1	0	ไม่มีฟิลเตอร์ (Clear : no filter)
1	1	เขียว (Green)

ตารางที่ 3.2 การกำหนดชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอดที่ต้องการวัดสัญญาณ

LED เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมหลอดไฟ LED ให้ติดสว่าง หรือ ดับ ทั้งนี้หากต้องการที่จะควบคุมการทำงานของ LED จากขาสัญญาณนี้จะต้องทำการเลือกจัมเปอร์ DIR/CPU มาอยู่ที่ตำแหน่ง CPUด้วย จึงจะสามารถทำการควบคุมการทำงานของหลอด LED ได้

ขาสัญญาณ	I/O	คำอธิบาย
GND		Power supply ground
OE	Input	ขาสัญญาณ Enable สัญญาณความถี่เอาต์พุต (fo) ทำงานที่ลอจิก "0" โดยในบอร์ด ET-TCS230 ได้ทำการต่อ Enable ไว้ให้แล้ว
OUT	Output	ขาสัญญาณความถี่เอาพุต(fo) ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าความสว่างของสี
S0,S1	Input	ขาสัญญาณอินพุต กำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุต(สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 1)
S2,S3	Input	ขาสัญญาณเลือกประเภทของ Photodiode หรือ สีของฟิลเตอร์ที่ต้องการ (สามารถดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2)
VDD		Supply Voltage

ตารางที่ 3.3 สรุปหน้าที่ของขาสัญญาณต่างๆของโมดูล ET-TCS230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การนำไปใช้งาน

ขาสัญญาณ S0 และ S1 ได้มีการต่อตัวต้านทาน Pull-Up ไว้ (S0=1,S1=1) ซึ่งจะทำให้ระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตอยู่ในระดับ 100% อยู่แล้ว ซึ่งหากต้องการระดับสัญญาณที่ 100% ก็ไม่จำเป็นต้องต่อสัญญาณมาควบคุม (แต่หากต้องการที่ระดับต่างๆจะต้องต่อสัญญาณมาควบคุมดูรายละเอียดในตารางที่ 1) ซึ่งขาสัญญาณที่จำเป็นต้องควบคุมก็คือขาสัญญาณ S2 และ S3 โดยวิธีการในการอ่านค่าสีจากตัวเซนเซอร์ดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยการเลือกฟิลเตอร์ของสีที่เราต้องการอ่านจากนั้นทำการนับสัญญาณความถี่ (fo) ที่ขาสัญญาณ OUT แล้วทำการเก็บค่าไว้ซึ่งควรจะทำการแยกเก็บตัวแปรออกเป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรเก็บค่าสี แดง (Red) , เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue)ซึ่งสามารถสรุปตามตัวอย่างขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1.5 ตัวอย่างขั้นตอนการอ่านค่าสี RGB

2.5.1 กำหนดลอจิกให้กับ S0 และ S1 เพื่อกำหนดระดับสัญญาณความถี่เอาต์พุตในช่วงที่ต้องการ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1)

2.5.2 กำหนดลอจิกให้ S2=0, S3=0 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีแดง

2.5.3 นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Red_result

2.5.4 กำหนดลอจิกให้ S2=0, S3=1 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีน้ำเงิน

2.5.5 นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Blue_result

2.5.6 กำหนดลอจิกให้ S2=1, S3=1 เพื่อเลือกฟิลเตอร์สีเขียว

2.5.7 นับสัญญาณความถี่ที่ขาสัญญาณ OUT เก็บผลลัพธ์ลงตัวแปร Green_result

หมายเหตุ : จะต้องทำการ on หรือ ส่งลอจิกให้ LED ติดสว่างทุกครั้งที่ทำการอ่านค่าสัญญาณสีเพื่อให้แสงของ LEDสะท้อนแสงของสีวัตถุเข้ามาหาตัวเซนเซอร์ หรือ หากต้องการให้หลอดไฟ LED ติดสว่างตลอดเวลาก็ให้เลือกจัมเปอร์DIR/CPU มาที่ตำแหน่ง DIR

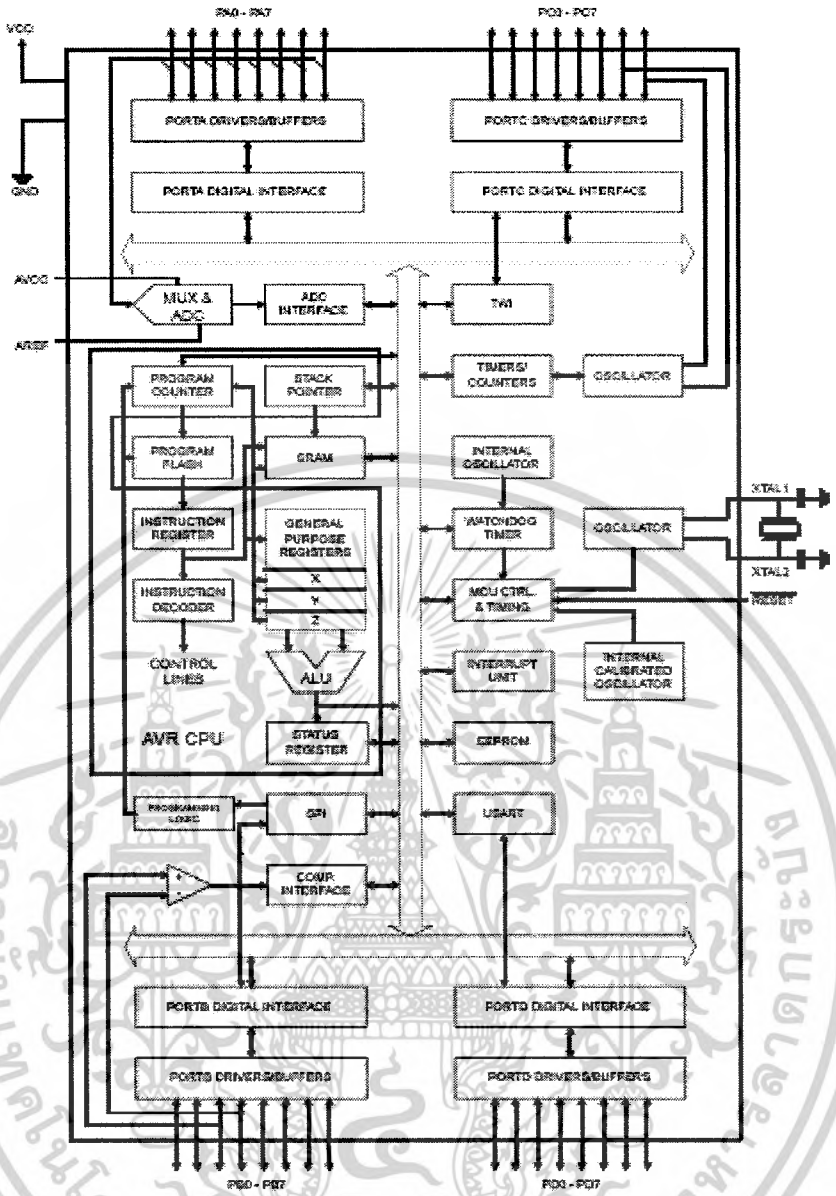
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลAVR เบอร์ ATMEGA32

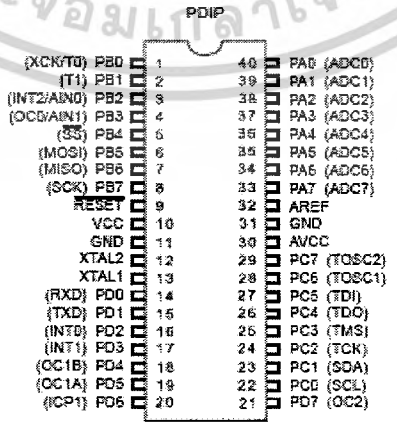
3.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR เบอร์ ATMEGA32

- สถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ Advanced RISC (Reduce Instruction Set Computer)
- มีคำสั่งควบคุมการทำงานมากกว่า 100 คำสั่ง โดยมีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา(1MIP/1MHz)
- หน่วยความจำ ROM แบบ Flash (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 32 กิโลไบต์(เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง)
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 512 ไบต์ (เขียน/ลบได้ 10,0000 ครั้ง)
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM 2 กิโลไบต์
- ไทเมอร์/เคาร์เตอร์ทั้งแบบ8บิตและ16บิต พร้อมปรีสเกลเลอร์
- มีโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล(ADC)ขนาด 10 บิต มากถึง 8 ช่อง
- โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก(Analog Comparator)
- การสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีทั้งแบบ UART,SPI,และแบบ I2C เป็นต้น
- โมดูลสร้างสัญญาณ PWM(Pulse Width Modulator) มีจำนวน 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6บล็อกไดอะแกรมของ AVR เบอร์ ATMEGA32



รูปที่ 3.7 การจัดขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATMEGA32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 พอร์ของ AVR เบอร์ ATMEGA32

AVR เบอร์ ATMEGA32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีรายละเอียดขาต่างๆดังนี้

- VCC

  ขาแรงดันไฟตรง

- GND

  ขากราวด์

- PortA(PA0..PA7)

  ขาพอร์ตเป็นอินพุตเอาร์พุทดิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ตได้(internal pull-up register) และสามารถกำหนดใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทสัญญาณอะนาลอก(A/D Converter) ได้

- PortB(PB0..PB7)

  ขาพอร์ตเป็นอินพุตเอาร์พุทดิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ตได้(internal pull-up register)และเป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษอีกด้วย เช่นขาสำหรับการโปรแกรมชิพ ขาป้อนสัญญาณนาฬิกาภายนอก เป็นต้น

- PortC(PC0..PC7)

  ขาพอร์ตเป็นอินพุตเอาร์พุทดิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ตได้(internal pull-up register)แล้วยังเป็นขาพอร์ตหน้าที่พิเศษ เช่นขาเชื่อมต่อกับดีบักและโปรแกรมด้วยการเชื่อมต่อแบบ JTAG เป็นต้น

- PortD(PD0..PD7)

  ขาพอร์ตเป็นอินพุตเอาร์พุทดิจิตอล กำหนดการพูลอัพภายในขาพอร์ตได้(internal pull-up register)และขาพอร์ตทำหน้าที่พิเศษ เช่นขาเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม เป็นต้น

- /RESRT

  ขารีเซตวงจร

- XTAL1

  ขาต่อคริสตอลออสซิเลเตอร์ ช่องที่ 1 ด้านอินพุท

- XTAL2

  ขาต่อคริสตอลออสซิเลเตอร์ ช่องที่ 1 ด้านเอาร์พุท

- AVCC

  ขาแรงดันสำหรับพอร์ต A และโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล

- AREF

  ขาแรงดันอะนาลอกอ้างอิงสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล

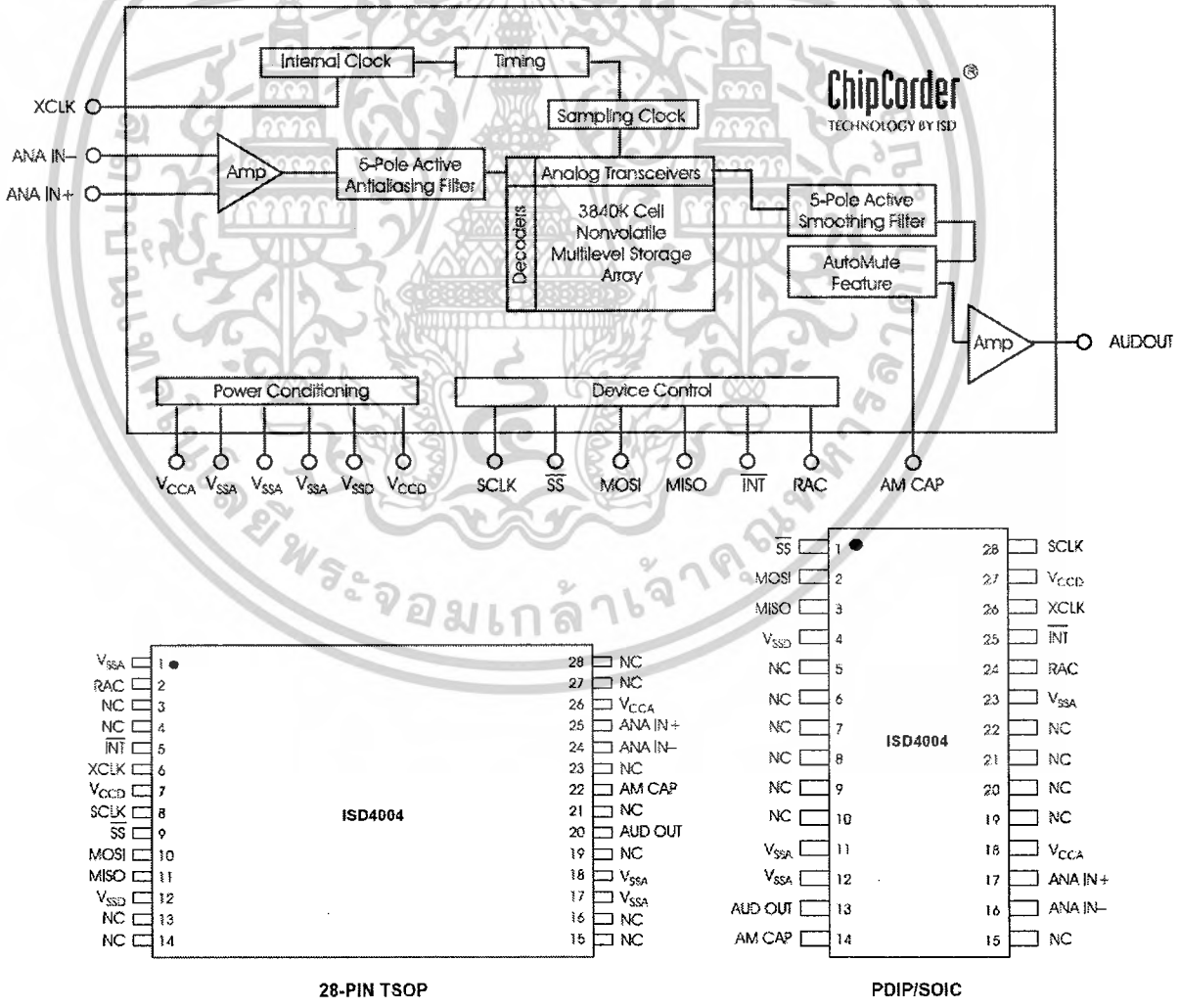
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ISD 4004

อุปกรณ์ประเภทไอซีบันทึกเสียง ISD 4004 นั้นได้มีการพัฒนาความยาวในการบันทึกเสียงได้ยาวนานมากกว่าตระกูล ISD 25xx โดยสามารถบันทึกเสียงได้ตั้งแต่ 8,10,12,16 นาที ใช้ microcontrollerในการควบคุมการบันทึกและเล่นกลับเสียง

3.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของ ISD 4004

1. เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ง่ายดาย
2. ไม่มีอุปกรณ์ประเภทอื่นต่อร่วมภายนอก
3. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
4. ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ
5. สามารถควบคุมโดยใช้ microprocessor,microcontroller โดยเชื่อมต่อแบบ SPI
6. มีระยะเวลาในการบันทึกเล่นกลับตั้งแต่ 8,10,12,16 นาที
10. มีวงรอบการบันทึกถึง 100,000 ครั้ง



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 2590 และตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 รายละเอียดคำสั่งต่างของไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004

Instruction	Opcode <8 bits> Address <16 bits>	Operational Summary
POWERUP	00100XXX	Power-Up: Device will be ready for an operation after T_{PUD}.
SETPLAY	11100XXX <A15–A0>	Initiates Playback from address <A15–A0>.
PLAY	11110XXX	Playback from the current address (until EOM or OVF).
SETREC	10100XXX <A15–A0>	Initiates a Record operation from address <A15–A0>.
REC	10110XXX	Records from current address until OVF is reached.
SETMC	11101XXX <A15–A0>	Initiates Message Cueing (MC) from address <A15–A0>.
MC[1]	11111XXX	Performs a Message Cue. Proceeds to the end of the current message (EOM) or enters OVF condition if no more messages are present.
STOP	0X110XXX	Stops current operation.
STOPPWRDN	0X01XXXX	Stops current Operation and enters stand-by (power-down) mode.
RINT[2]	0X110XXX	Read Interrupt status bits: Overflow and EOM.

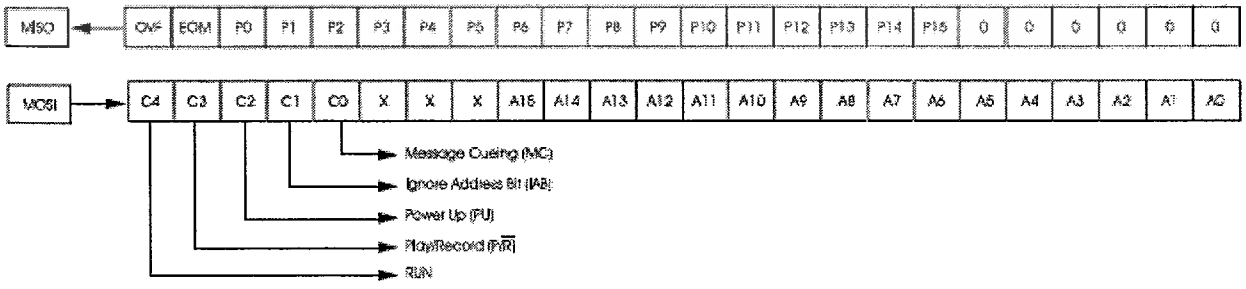
ตารางที่ 3.4 ตารางรายละเอียดคำสั่งต่างของไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 4004

3.3.3 ขั้นตอนการเล่นกลับเสียง

1. ส่งคำสั่ง POWERUP
2. รอเป็นเวลา T_{PUD}(ประมาณ 25 ms)
3. ส่งคำสั่ง SETPLAY ตามด้วยตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการเล่นกลับเสียง
4. ส่งคำสั่ง PLAY

3.3.4 ขั้นตอนการบันทึกเสียง

1. ส่งคำสั่ง POWERUP
2. รอเป็นเวลา T_{PUD}(ประมาณ 25 ms)
3. ส่งคำสั่ง POWERUP
4. รอเป็นเวลา $2T_{PUD}$(ประมาณ 50 ms)
5. ส่งคำสั่ง SETREC ตามด้วยตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการบันทึกเสียง
6. ส่งคำสั่ง REC



รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบของคำสั่งที่ส่งให้กับไอซีบันทึกเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 NOKIA LCD 5110

รูปที่ 3.10 ตำแหน่งขาสัญญาณต่างๆ ของ LCD

คุณสมบัติของ LCD 5110

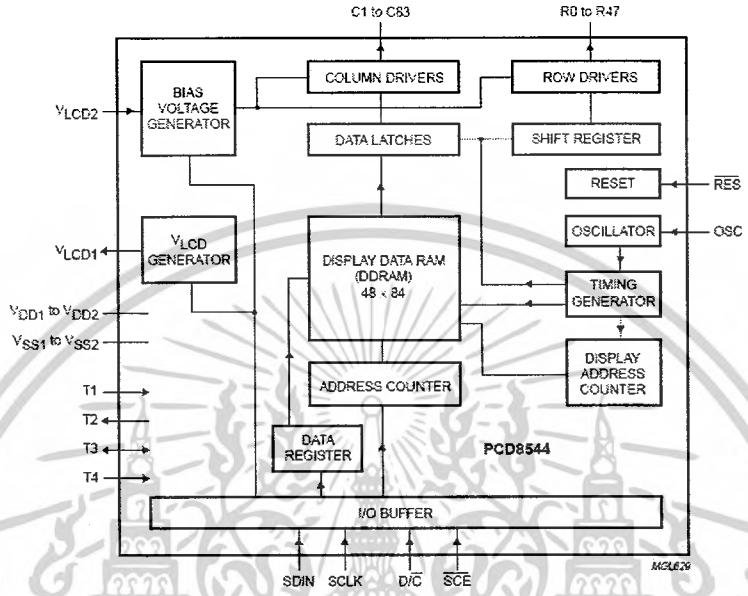
- หน้าจอแสดงผลความละเอียด 48 x 84 Dot
- ติดต่อสื่อสารแบบระบบบัสอนุกรม (Serial Bus Interface) ความเร็วสูงสุด 4.0 Mbits/S
- มีคอนโทรลเลอร์เบอร์ PCD8544 ภายในควบคุมการทำงาน
- มีหลอดไฟ Back-Light
- ทำงานที่แรงดัน 2.7 - 5.0 โวลท์
- กินกำลังงานต่ำ เหมาะกับฟังก์ชันการใช้งานกับพวกแบตเตอรี่
- ช่วงอุณหภูมิการทำงาน -25 ถึง +70 องศาเซลเซียส
- รองรับสัญญาณอินพุทแบบ CMOS

ตารางที่ 3.5 หน้าที่ของขาสัญญาณ LCD

ชื่อขาสัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
1. VCC	เป็นขาสัญญาณไฟเลี้ยงบวก ใช้ได้ตั้งแต่ 2.7 – 5 VDC
2. GND	ขาสัญญาณกราวด์
3. SCE	ขาสัญญาณ CHIP ENABLE ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของของขาสัญญาณควบคุมต่างๆ
4. RESET	สัญญาณรีเซตการทำงานของ LCD
5. D/C	เป็นขาสัญญาณที่ใช้กำหนดประเภทของข้อมูล ระหว่าง ข้อมูล(Data) กับ คำสั่ง (Command)
6. SDIN	ขาสัญญาณข้อมูล (SERIAL DATA LINE)
7. SCLK	ขาสัญญาณนาฬิกา (SERIAL CLOCK LINE)
8. LED	ขาสัญญาณควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED (Back Light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

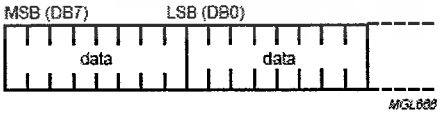
LCD 5110 เป็น LCD Graphic ขนาด 48x84 Dot ซึ่งมี Controller/Driver ภายใน คือ PCD8544 ทำหน้าที่ควบคุม การแสดงผล และ การทำงานทั้งหมด โดยภายใน Controller PCD8544 จะมีโครงสร้างไดอะแกรมดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.11 โครงสร้างภายในของ Controller PCD8544

3.4.1 รูปแบบข้อมูลการสื่อสาร

รูปแบบของคำสั่งสำหรับใช้ติดต่อสื่อสารกับ LCD จะแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดของคำสั่ง (Command) และ โหมดของข้อมูล (Data) ซึ่งจะแยกโดยใช้ขาสัญญาณควบคุม D/C ซึ่ง ถ้า D/C = 0 ข้อมูลที่ส่งให้กับ LCD จะเป็นข้อมูลคำสั่ง (ดูรายละเอียดของคำสั่งต่างๆ ได้ในตารางที่ 1) และ หาก D/C = 1 ข้อมูลที่ส่งให้LCD จะถูกมองเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล โดยจะถูกนำส่งไปวางในหน่วยความจำ DDRAM (Display DataRAM) เพื่อทำการแสดงผลที่หน้าจอ LCD โดยหลังจากเขียนข้อมูลเข้าไป 1 ไบต์ ค่าของตำแหน่งแอดเดรสของDDRAM จะเพิ่มขึ้น 1 ทันทีโดยอัตโนมัติ รูปแบบของข้อมูลจะเป็นแบบอนุกรม โดยจะส่งบิตที่มีนัยความสำคัญสูงสุดก่อน (MSB) ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นดังรูปต่อไปนี้

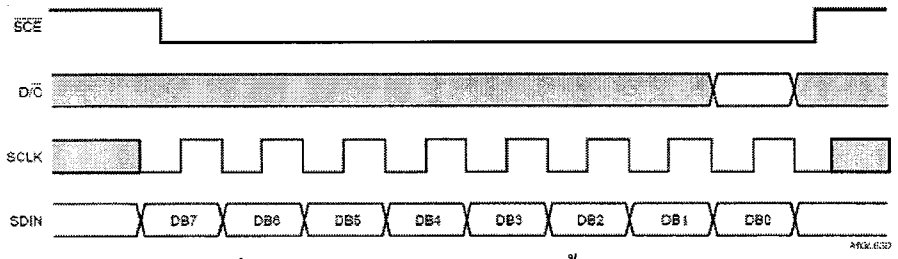


รูปที่ 3.12 รูปแบบทั่วไปของข้อมูล

ในการส่งข้อมูลให้กับ LCD สามารถส่งได้ทั้งแบบครั้งละ 1 ไบต์ หรือ ส่งครั้งละหลายๆ ไบต์ต่อเนื่องกันโดยมีรูปแบบดังนี้

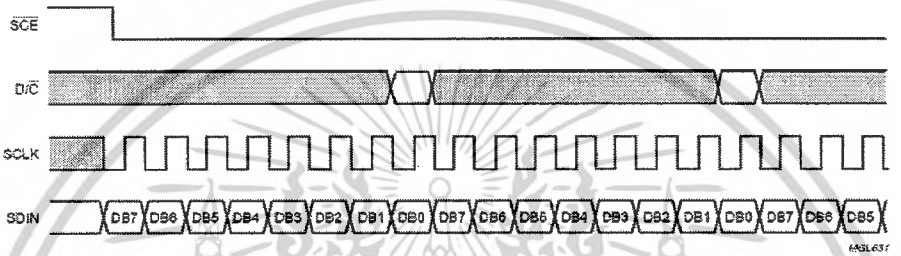
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปแบบการส่งขอมูลแบบครั้งละ 1 ไบต์



รูปที่ 3.13 รูปแบบการส่งข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์

- รูปแบบการส่งข้อมูลต่อเนื่องมากกว่า 1 ไบต์



รูปที่ 3.13 รูปแบบการส่งข้อมูลครั้งละหลายไบต์

3.4.2 รายละเอียดของคำสั่ง NOKIA 5110

คำสั่ง **NOP** คำสั่งนี้ไม่มีการกระทำใดๆ เกิดขึ้น (No Operation)

D/C	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

คำสั่ง **Function Set** เป็นคำสั่งเซตค่าฟังก์ชันการทำงานของ LCD

D/C	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	0	0	PD	V	H

- PD คือ บิตเลือกโหมดการทำงาน

PD = 0 คือ โหมดการทำงานปกติ (Active Mode)

PD = 1 คือ โหมดพลังงานต่ำ (Power-down mode)

- V คือ บิตเลือกรูปแบบการเพิ่มค่าของตำแหน่งหน่วยความจำแสดงผล (DDRAM)

V = 0 คือ การเพิ่มค่าแอดเดรสทางแนวนอน (Horizontal Addressing mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = 1 คือ การเพิ่มค่าแอดเดรสทางแนวตั้ง (Vertical addressing mode)

- H คือ บิตเลือกรูปแบบการใช้คำสั่งของแอสซีดี

H = 0 คือ เลือกใช้คำสั่งพื้นฐาน

H = 1 คือ เลือกใช้คำสั่งเพิ่มเติมพิเศษ

คำสั่ง **Write data** คำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปที่หน่วยความจำ DDRAM เพื่อแสดงผลที่หน้าจอ LCD

D/$\overline{C}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

D7 – D0 คือ ข้อมูลขนาด 8 บิต ที่ต้องการเขียนลงไปแสดงผลที่หน้าจอ LCD

คำสั่ง **Display Control** คำสั่งควบคุมการแสดงผลที่หน้าจอ LCD

D/$\overline{C}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	D	0	E

ตารางที่ 3.6 แสดงความหมายของการกำหนดค่าในบิต D และ E

D	E	ความหมาย
0	0	ข้อมูลบนหน้าจออยู่ในสภาวะแบล็กหรือไม่แสดงผล (Display Blank)
0	1	หน้าจอแสดงผลตามข้อมูลปรกติ (Normal Mode)
1	0	ข้อมูลทุกตำแหน่งในหน้าจออยู่ในสภาวะ ON
1	1	แสดงผลข้อมูลบนหน้าจอ LCD เป็นแบบตรงกันข้าม (Inverse Mode)

คำสั่ง **Set Y-Address of RAM** คำสั่งกำหนดค่า Y-Address ในหน่วยความจำ RAM โดย Y จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 5

D/$\overline{C}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	0	0	Y2	Y1	Y0

ตารางที่ 3.7 แสดงความหมายของการกำหนดค่าให้กับ Y2,Y1 และ Y0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y2	Y1	Y0	ตำแหน่ง Y-Address
0	0	0	Bank 0
0	0	1	Bank 1
0	1	0	Bank 2
0	1	1	Bank 3
1	0	0	Bank 4
1	0	1	Bank 5

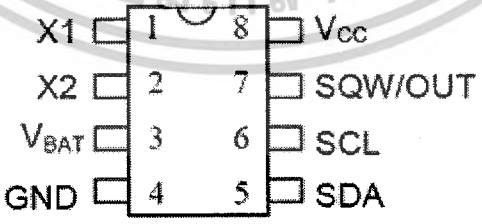
คำสั่ง **Set X-Address of RAM** คำสั่งกำหนดค่าแอดเดรส X-Address ของหน่วยความจำ RAM

D/$\overline{C}$	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0

ค่าของ X-Address บนหน้าจอ LCD มีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 83 ดังนั้น การกำหนดตำแหน่งของ X-Address ของX6,X5,X4,X3,X2,X1 และ X0 จะอยู่ในช่วง 0000000 (00H) ถึง 1010011 (53H)

3.5 DS1307(Real Time Clock)

DS1307 เป็น IC ฐานเวลาของดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีบัสรับส่งข้อมูลแบบ I2C ซึ่งเป็นแบบ 2 wire สามารถสื่อสารได้ 2 ทิศทาง (bi-direction bus) ฐานเวลาของ DS1307 นั้นสามารถเก็บข้อมูล วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี ได้ ระบบเวลาสามารถทำงานโหมดรูปแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง AM/PM ก็ได้ ภายมีระบบตรวจจับแหล่งจ่ายไฟ โดยถ้าแหล่งจ่ายไฟหลักถูกตัดไป DS1307 สามารถสวิตซ์ไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ และทำงานต่อไป โดยที่ยังสามารถรักษาข้อมูลไว้ได้ โครงสร้างมีขาทั้งหมด 8 ขาดังแสดงในรูปที่ 3.15 และมีรายละเอียดการทำงานของขาต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งขาไอซี RTC DS1307

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VCC: ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

GND: ใช้ต่อกราวด์

VBAT: ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย

SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

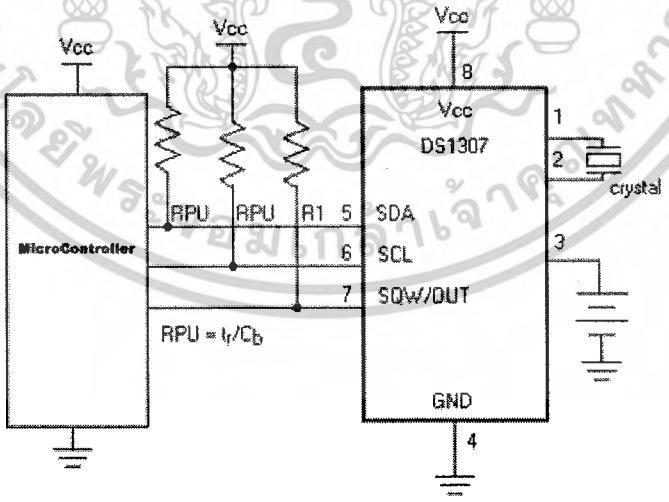
SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C

SQW/OUT: ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave สามารถเลือกความถี่ได้

X1, X2: ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 kHz เพื่อสร้างฐานเวลาจริงให้กับ IC

ระบบบัสข้อมูลแบบ I2C (Inter-IC Communication) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลิปส์ (Phillips) การรับส่งข้อมูลใช้สายสัญญาณเพียงแค่ 2 เส้น คือสายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock line) มีการทำงานเป็นแบบ Master, Slave โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master (ไมโครคอนโทรลเลอร์) จะควบคุมการรับส่งข้อมูล และควบคุมสัญญาณนาฬิกาบน SCL ส่วนอุปกรณ์ Slave (DS1307) นั้นจะทำงานภายใต้การควบคุมของอุปกรณ์ Master

การต่อใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส I2C นั้นสามารถทำได้โดยต่อตัวต้านทาน Pull up ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ในกรณีที่ต้องการต่อร่วมกับอุปกรณ์ Slave หลายตัว ก็สามารถทำได้โดยต่ออุปกรณ์ Slaveขนานกันไป การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ Master กับ Slave แต่ละตัวนั้น จะถูกแยกโดย Address ของอุปกรณ์ Slave ซึ่งจะถูกส่งจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave ก่อนเริ่มการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อ DS1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัสแบบ I2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งข้อมูลแบบ I2C นั้นมีข้อกำหนดอยู่ 2 ประการด้วยกันคือ

1.การรับส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้นได้เมื่อบัสมีสถานะว่างเท่านั้น

2.ในช่วงที่ทำการรับส่งข้อมูลอยู่ สายสัญญาณ SDA ต้องไม่เปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็นลอจิก "1" ถ้า SDA มีการเปลี่ยนสถานะในช่วงที่ SCL เป็นลอจิก "1" จะถือว่าเป็นสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูล

สถานะของการรับส่งข้อมูลแบบ I2C สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 สถานะด้วยกันดังแสดงในรูปที่ 3 และมีรายละเอียดดังนี้

1.สถานะว่าง (Bus not busy): สัญญาณ SDA และ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High

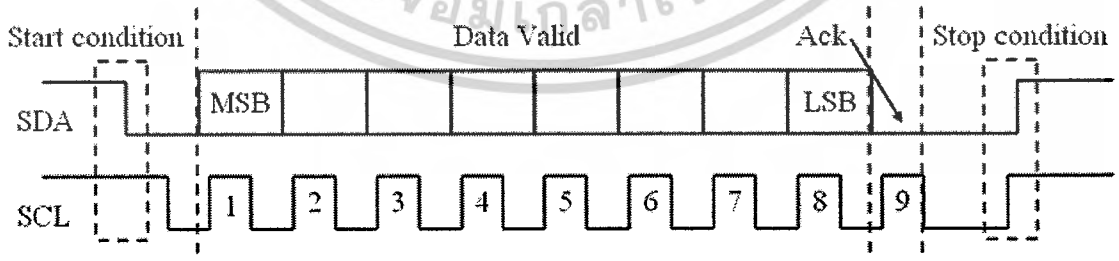
2.เริ่มส่งข้อมูล (Start data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก High เป็น Low ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้

3.หยุดส่งข้อมูล (Stop data transfer): มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณของ SDA จาก Low เป็น High ในขณะที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น High ค้างไว้

4.รับส่งข้อมูล (Data valid): มีการรับส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณ SDA โดยข้อมูลแต่ละบิตจะถูกส่งในช่วงที่ SCL มีระดับเป็น High โดยในช่วงที่ SCL มีสถานะเป็น High อยู่นั้น SDA จะต้องไม่เกิดการเปลี่ยนระดับสัญญาณ

SDA จะเปลี่ยนระดับของสัญญาณ ในช่วงที่ SCL มีระดับสัญญาณเป็น Low เท่านั้น ตามมาตรฐานการส่งข้อมูล แบบ I2C นี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 100 kHz ที่โหมดการทำงานธรรมดา และ 400 kHz ที่โหมดการทำงานแบบเร็ว แต่สำหรับ DS1307 สามารถทำงานได้ในโหมดธรรมดาเท่านั้น

ตอบรับ (Acknowledge): เกิดขึ้นหลังจากที่มีการรับส่งข้อมูลครบแล้ว โดยอุปกรณ์ Master ต้องสร้างสัญญาณ Clock บน SCL เพิ่มอีกลูก อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลจะดึงระดับสัญญาณบน SDA ให้เป็น Low เพื่อให้ตัวส่งรับรู้ว่าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้ว

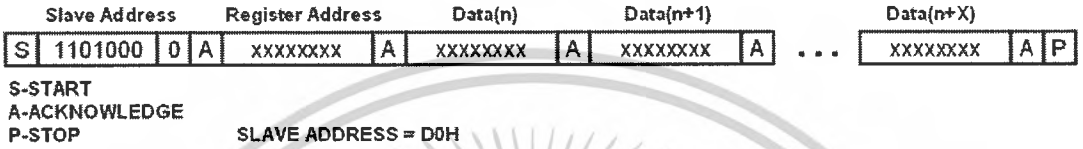


รูปที่ 3.16 การรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C

ในการรับส่งข้อมูลผ่านบัส I2C อุปกรณ์ Master จะเป็นผู้สร้างสัญญาณ Clock บน SDA และเป็นตัวควบคุมสถานะ Start และ Stop เพื่อควบคุมการรับส่งข้อมูลทั้งหมด

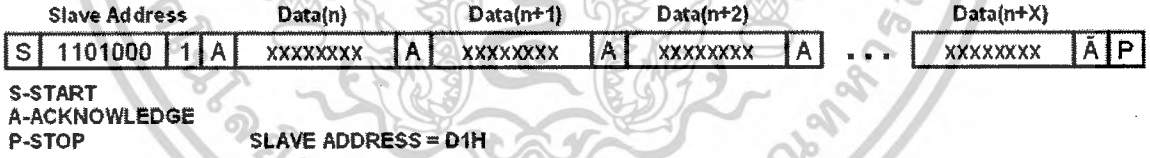
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ DS1307 ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสภาวะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของDS1307 ขนาด 7 บิตซึ่งมีค่าเป็น 1101000 และตามด้วยบิตระบุทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นการเขียนข้อมูลลง DS1307 จะต้องเป็น “0” จากนั้นไมโครคอนโทรเลอร์จะต้องส่งตำแหน่ง Address ภายในรีจิสเตอร์ของ DS1307 ที่ต้องการเขียนข้อมูลลง แล้วจึงค่อยเขียนข้อมูลลง โดยในการส่งข้อมูลแต่ละไบต์จะต้องรอบิต Ack จาก DS1307 ทุกไบต์ เมื่อส่งจนครบแล้ว ถึงจะสร้างสภาวะ Stop เพื่อกลับสู่สถานะว่าง



รูปที่ 3.17การเขียนข้อมูลอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I2C

การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ดังแสดงในรูปที่ 5 เริ่มแรกไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสร้างสภาวะ Start ก่อน จากนั้นต้องส่ง Address ของ DS1307 ขนาด 7 บิตซึ่งมีค่าเป็น 1101000 และตามด้วยบิตระทิศทางของข้อมูล ในกรณีที่เป็นการอ่านข้อมูลจาก DS1307 จะต้องเป็น “1” จากนั้นจึงค่อยรับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ทีละไบต์ โดยตำแหน่งที่อ่านเข้ามาจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งรีจิสเตอร์พอยท์เตอร์ ซึ่งจะเป็นตำแหน่งท้ายสุดที่ได้ทำการเขียนข้อมูลไว้ เมื่ออ่านข้อมูลครบแต่ละไบต์อุปกรณ์ Master ต้องส่ง Acknowledge บิตกลับไปให้อุปกรณ์ Slave ด้วย ในกรณีที่เป็นไบต์สุดท้าย อุปกรณ์ Master ต้องส่ง “not acknowledge” กลับไป



รูปที่ 3.18 การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave ผ่านบัส I2C

ภายใน DS1307 มีรีจิสเตอร์ภายในใช้เก็บข้อมูลเวลาขนาด 7 ไบต์ 00H-06H ดังแสดงในรูปที่ ข้อมูลค่าเวลา และวันที่จะถูกเก็บอยู่ในรูปของเลขฐาน 10 สามารถเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบ 12 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง โดยกำหนดที่บิตที่ 6 ที่แอดเดรส 02H โดยถ้าเป็น “1” จะเป็นการทำงานในโหมด 12 ชั่วโมง และเมื่อเลือกแบบ 12 ชั่วโมง ที่บิต 5 ในแอดเดรส 02H นั้นจะใช้แสดงค่า AM/PM โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็น PM ในกรณีที่แสดงแบบ 24 ชั่วโมง บิตนี้จะใช้ในการแสดงค่าของหลักสิบในของหน่วยชั่วโมงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	BIT7							BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS				00-59
	0	10 MINUTES			MINUTES				00-59
	0	12/24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01-12 00-23
	0	0	0	0	0	DAY			1-7
	0	0	10 DATE		DATE				
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12
	10 YEAR				YEAR				00-99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	

รูปที่ 3.19 รีจิสเตอร์ภายในไอซีฐานเวลา DS1307

ที่แอดเดรส 07H เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ SQW/OUT โดยมีรายละเอียดดังนี้

OUT (Out control): ใช้ควบคุมเอาต์พุต

SQWE (Square Wave Enable): ใช้ควบคุมออสซิลเลเตอร์ภายใน DS1307 โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นการเปิดออสซิลเลเตอร์

RS (Rate Select): ใช้ควบคุมความถี่ของ Square Wave เมื่อเปิดการทำงานของออสซิเลเตอร์ โดยสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ 4 ความถี่ด้วยกันดังแสดงในตารางที่ 3.8

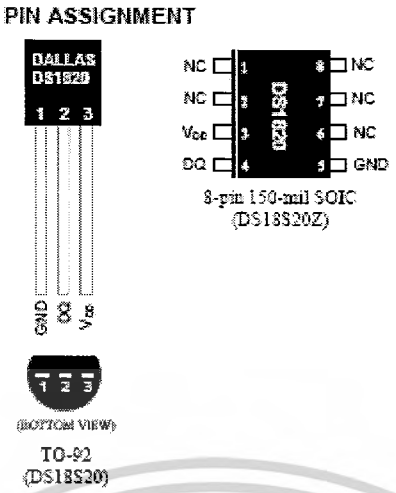
ตารางที่ 3.8การควบคุมความถี่ออสซิลเลเตอร์ด้วยการเซตบิต RS1, RS0

RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4.096 kHz
1	0	8.192 kHz
1	1	32.768 kHz

3.6 ไอซีวัดอุณหภูมิ DS1820

ไอซี DS1820(Programmable Resolution 1-Wire Digtital Termometer) เป็นไอซีวัดอุณหภูมิ(Temperature Sensor) ติดต่อด้วยระบบบัส 1 สาย(1-Wire Bus) ซึ่งพัฒนาโดย ดัลลัสเซมิคอนดัคเตอร์ เป็นระบบที่ใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้นในการติดต่อใช้งาน โดยอาศัยหลักการที่เรียกว่า ไทม์สล็อต(Time-slot) คือการทำงานที่สายสัญญาณเป็นทั้งสายสัญญาณนาฬิกาและสายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

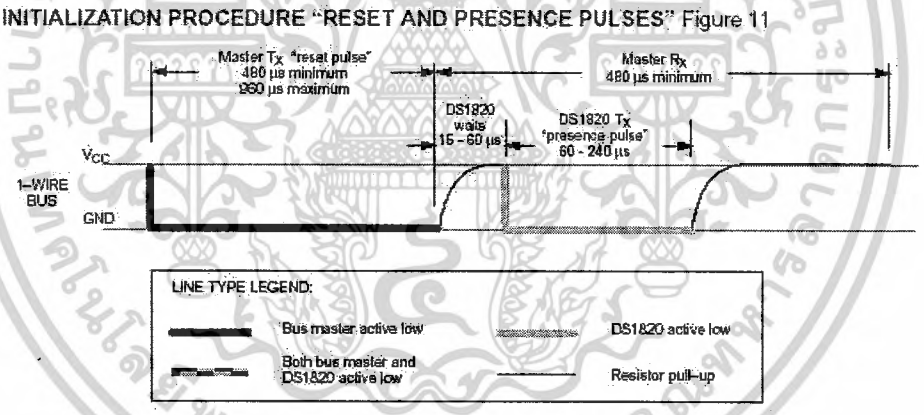


รูปที่ 3.20 แสดงตำแหน่งขาต่างๆของไอซีวัดอุณหภูมิ DS1820

3.6.1 การติดต่อระหว่างระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ DS1820

สัญญาณ RESET

ในการเริ่มติดต่อกับ DS1820 จะต้องเริ่มด้วยสัญญาณ RESET ก่อนทุกครั้ง ซึ่งสัญญาณ RESETเป็นดังรูปด้านล่าง

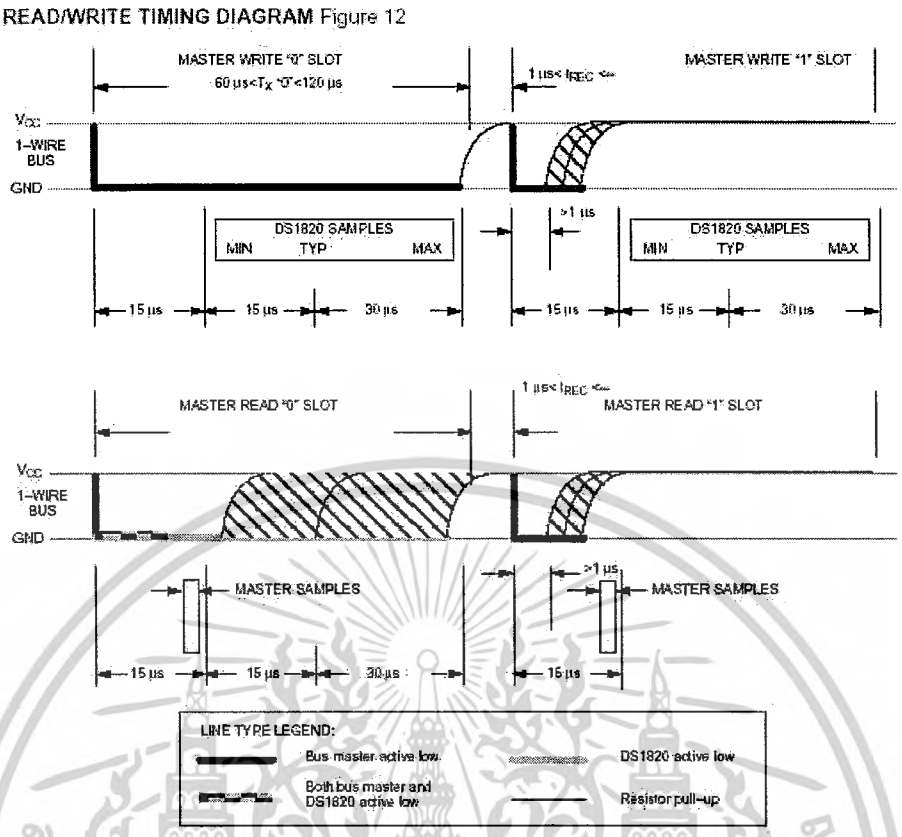


รูปที่ 3.21 สัญญาณ RESET

สัญญาณ READ/WRITE

รูปแบบ pattern ของสัญญาณ READ/WRITE เป็นดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



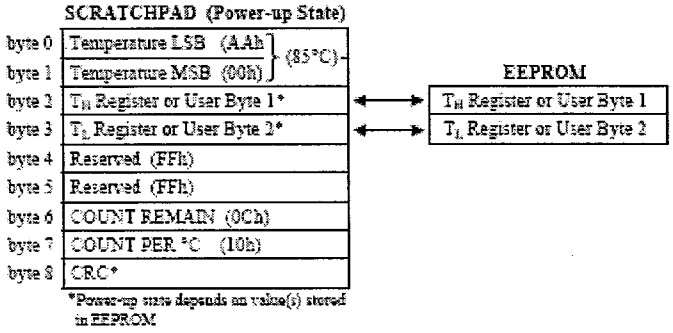
รูปที่ 3.22 สัญญาณ READ/WRITE

3.6.2 การใช้งานไอซี DS1820 กับระบบบัส 1 สาย

ไอซี DS1820 เป็นไอซีวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล ที่ใช้การติดต่อสื่อสารแบบระบบบัส 1 สาย การติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งอยู่ 3 คำสั่งที่ต้องใช้งานคือ

1. **คำสั่งสคิปรอม(Skip ROM)** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการข้ามการติดต่อกับหน่วยความจำรอมของไอซีเนื่องจากในโครงงานนี้มีการต่อ DS1820 ใช้งานเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดแอดเดรสไอซีที่จะอ่าน การใช้คำสั่งนี้ทำได้ด้วยการส่งค่า 0xCC ให้กับบัส
2. **คำสั่งแปลงอุณหภูมิ(Convert T)** ต้องรอการแปลงอุณหภูมิอย่างน้อย 200 ms เพื่อนำค่าที่แปลงได้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพด ก่อนที่จะอ่านค่าอุณหภูมิมาใช้งาน การใช้คำสั่งนี้ทำได้ด้วยการส่งค่า 0x44 ให้กับบัส
3. **คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครตช์แพด(Read Scratchpad)** เมื่อส่งคำสั่งอ่านค่าโดยการส่งค่า 0xBE ให้กับบัสแล้ว DS1820 จะส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิกลับมาให้ทั้งหมด 9 ไบต์ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของ SCRATCHPAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบของเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอด แบ่งออกได้เป็น2 ส่วนคือ

1. ส่วน Hardware ซึ่งประกอบด้วย
   - โมดูลวัดสี TCS-230
   - ไอซีบันทึกเสียง ISD 4004
   - NOKIA LCD 5110
   - ออปแอมป์ขยายเสียง LM386
   - ไอซี RTC เบอร์ DS1307
   - ไอซีวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS1820

   วงจรทั้งหมดได้ถูกออกแบบเป็นดังรูปที่4.1
2. ส่วน Software ซึ่งประกอบด้วย
   - โปรแกรมแยกแยะสี
   - โปรแกรมเกี่ยวกับการอ่านข้อมูลวันและเวลาจากไอซี RTC
   - โปรแกรมเกี่ยวกับการอ่านข้อมูลอุณหภูมิจากไอซีวัดอุณหภูมิ
   - โปรแกรมแสดงผล LCD
   - โปรแกรมแสดงข้อความเสียง

ในส่วนของโปรแกรมเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอด โปรแกรมหลักที่สำคัญของโครงงานชิ้นนี้คือ โปรแกรมแยกแยะสี ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการแยกแยะสีดังต่อไปนี้

1. ใช้โมดูล ET-TCS230 วัดค่าสี RGB จากผ้าสีตัวอย่าง 6 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีม่วง สีฟ้า สีเหลือง โดยใช้การเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าสีจากโมดูล ET-TCS230 แล้วแสดงผลออกมาทาง LCD
2. หลังจากได้ค่าสี RGB ของผ้าสีตัวอย่างทั้ง 6 สีแล้ว นำมาคำนวณหา ค่า x,y ในระบบสี CIE Chromaticity coordinate ดังสมการ

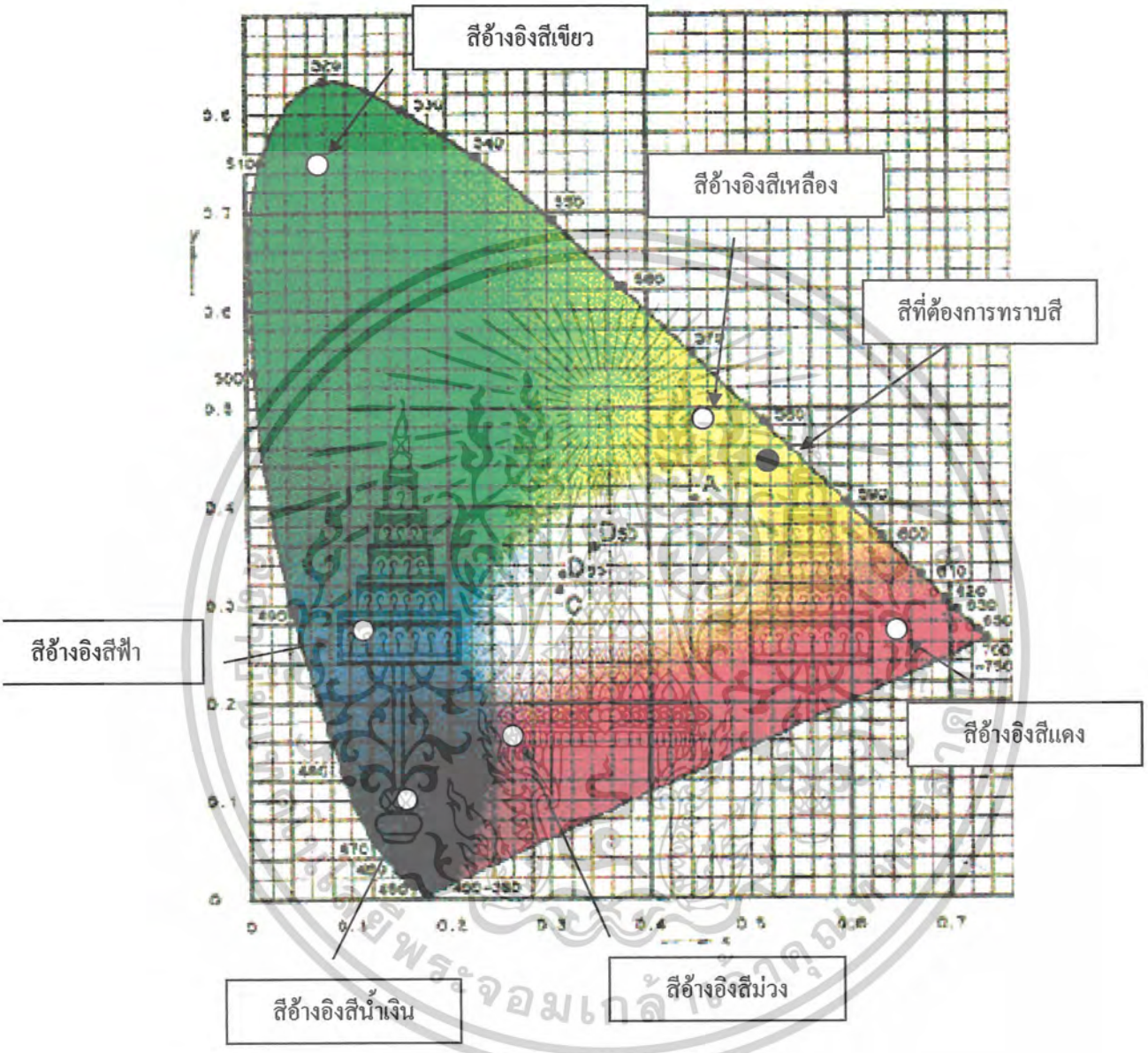
$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \qquad \text{สมการ 1}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \qquad \text{สมการ 2}$$

โดยที่ X= ค่าความเป็นสีแดงของวัตถุ(R) Y= ค่าความเป็นสีเขียวของวัตถุ(G) และ Z =ค่าความเป็นสีน้ำเงินของวัตถุ(B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

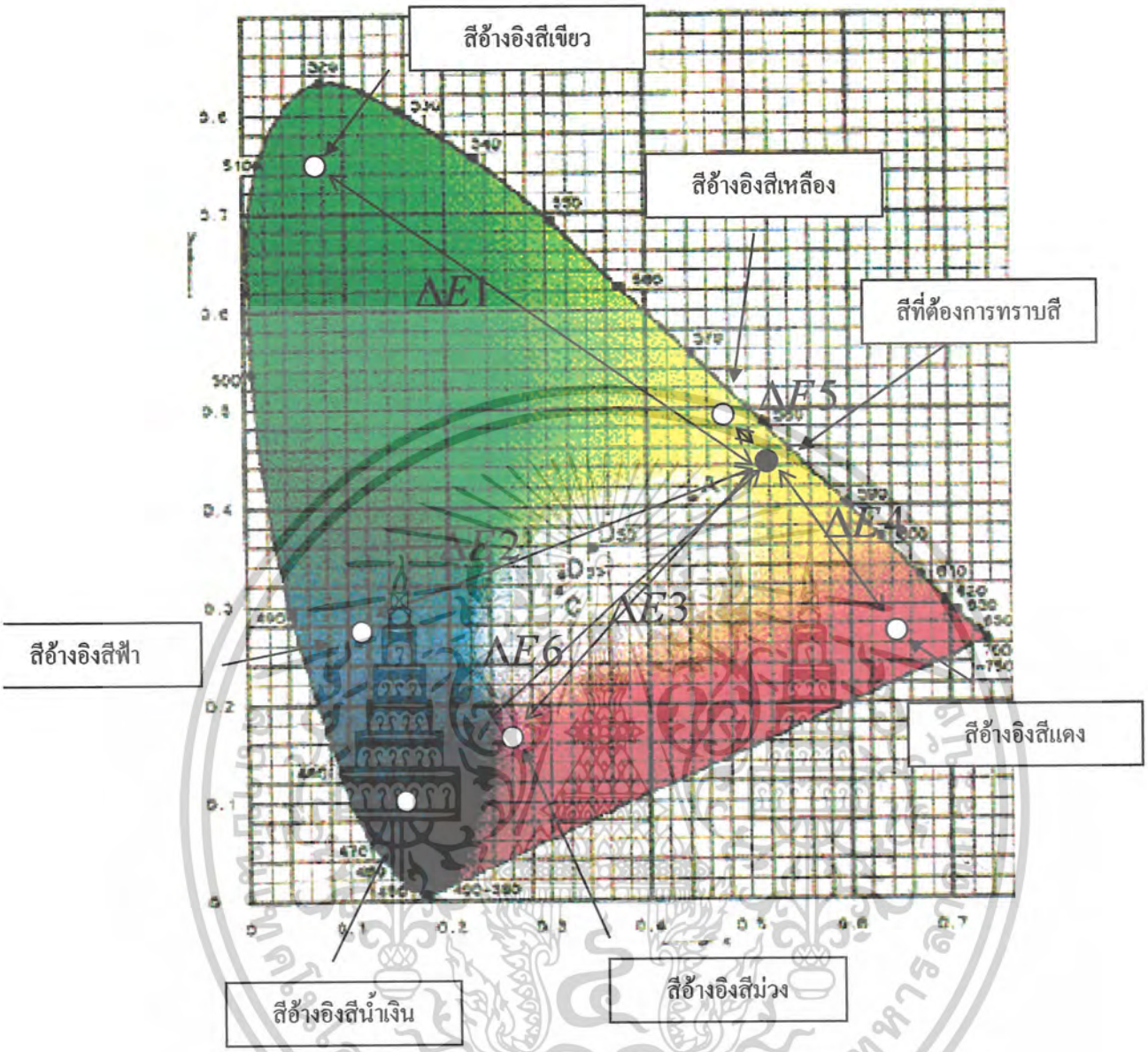
ค่า x,y ที่คำนวณได้จากสมการ 1และสมการ 2 เปรียบเสมือนกับจุดอ้างอิงต่างๆในแผนภาพ CIE Chromaticity Diagram ดังรูปด้านล่าง และค่า x,y ของผ้าสีตัวอย่างทั้ง 6 สีนี้ จะถูกเก็บไว้เป็นค่าสีอ้างอิงในส่วนโปรแกรมแยกแยะสี



3. ในส่วนของโปรแกรมแยกแยะสีจะนำค่าสี RGB ของวัตถุที่ต้องการทราบสีมาหาค่า Chromaticity coordinate(x,y) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงต่างๆในแผนภาพเพื่อหาความแตกต่างสี ΔE โดยใช้สมการด้านล่าง

$$\Delta E = \sqrt{(x1-x2)^2 + (y1-y2)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โปรแกรมแยกแยะสีจะตรวจสอบว่าจุดที่ต้องการทราบสีใกล้เคียงกับสีอ้างอิงใดมากที่สุด โดยดูได้จากค่าความแตกต่างสีที่มีค่าน้อยที่สุด (ΔE min) สีที่ต้องการทราบสีจะถูกตัดสินใจว่าเป็นสีนั้น ดังตัวอย่างในรูปด้านบน $\Delta E5$ มีค่าน้อยสุด ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างจุดสีที่ต้องการทราบสีกับสีอ้างอิงสีเหลือง ทำให้สีที่ต้องการทราบสีถูกตัดสินใจว่าเป็นสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.29 ตัวอย่างค่าสี RGB ที่วัดได้จากโมดูล TCS-230

กลุ่มสีแดง

ตัวอย่างสี	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
(ผ้าสี)	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	4608	877	1223	0.68694096	0.13073941	0.18231961
ตัวอย่างที่2	5834	895	1280	0.72843051	0.11174928	0.15982020
ตัวอย่างที่3	6219	1476	1947	0.64499066	0.15308027	0.20192906
ตัวอย่างที่4	4746	846	1184	0.70041322	0.12485242	0.17473435
ตัวอย่างที่5	5984	953	1328	0.72401693	0.11530550	0.16067755
ตัวอย่างที่6	4264	538	823	0.75804444	0.09564444	0.14631111

ตารางที่ 4.1 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีแดง

กลุ่มสีเขียว

ตัวอย่างสี	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
(ผ้าสี)	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	2776	1744	3103	0.36416109	0.22878131	0.40705758
ตัวอย่างที่2	3287	2049	3546	0.37007430	0.23069128	0.39923440
ตัวอย่างที่3	3353	2038	3591	0.37330215	0.22689824	0.39979959
ตัวอย่างที่4	1984	1395	2384	0.34426513	0.24206142	0.41367343
ตัวอย่างที่5	3096	1887	3346	0.37171329	0.22655781	0.40172889
ตัวอย่างที่6	3279	2035	3532	0.37067601	0.23004747	0.39927650

ตารางที่ 4.2 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสีน้ำเงิน

ตัวอย่างสี (ผ้าสี)	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	1825	2426	1621	0.39927650	0.41314713	0.27605585
ตัวอย่างที่2	1080	1406	964	0.31304347	0.40753623	0.27942028
ตัวอย่างที่3	1229	2038	1241	0.27262644	0.45208518	0.27528837
ตัวอย่างที่4	2435	2806	1980	0.33721091	0.38858883	0.27420024
ตัวอย่างที่5	1211	2019	1226	0.27176840	0.45309694	0.27513464
ตัวอย่างที่6	1088	1399	965	0.31517960	0.40527230	0.27954808

ตารางที่ 4.3 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีน้ำเงิน

กลุ่มสีม่วง

ตัวอย่างสี (ผ้าสี)	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	6328	2545	2377	0.56248888	0.22622222	0.21128888
ตัวอย่างที่2	6204	2682	2430	0.54825026	0.23700954	0.21474019
ตัวอย่างที่3	5865	1461	1448	0.66845224	0.16651470	0.16503305
ตัวอย่างที่4	4537	1267	1228	0.64519340	0.18017633	0.17463026
ตัวอย่างที่5	4753	1247	1231	0.65730880	0.17245194	0.17023924
ตัวอย่างที่6						

ตารางที่ 4.4 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสีเหลือง

ตัวอย่างสี (ผ้าสี)	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	6066	2222	4650	0.46885144	0.17174215	0.35940639
ตัวอย่างที่2	5540	1485	4114	0.49735164	0.13331537	0.36933297
ตัวอย่างที่3	5435	1550	4113	0.48972787	0.13966480	0.37060731
ตัวอย่างที่4	6088	2210	4578	0.47281764	0.17163715	0.35554520
ตัวอย่างที่5	5366	1526	4067	0.48964321	0.13924628	0.37111050
ตัวอย่างที่6	5513	1573	4166	0.48995734	0.13979736	0.37024528

ตารางที่ 4.5 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีเหลือง

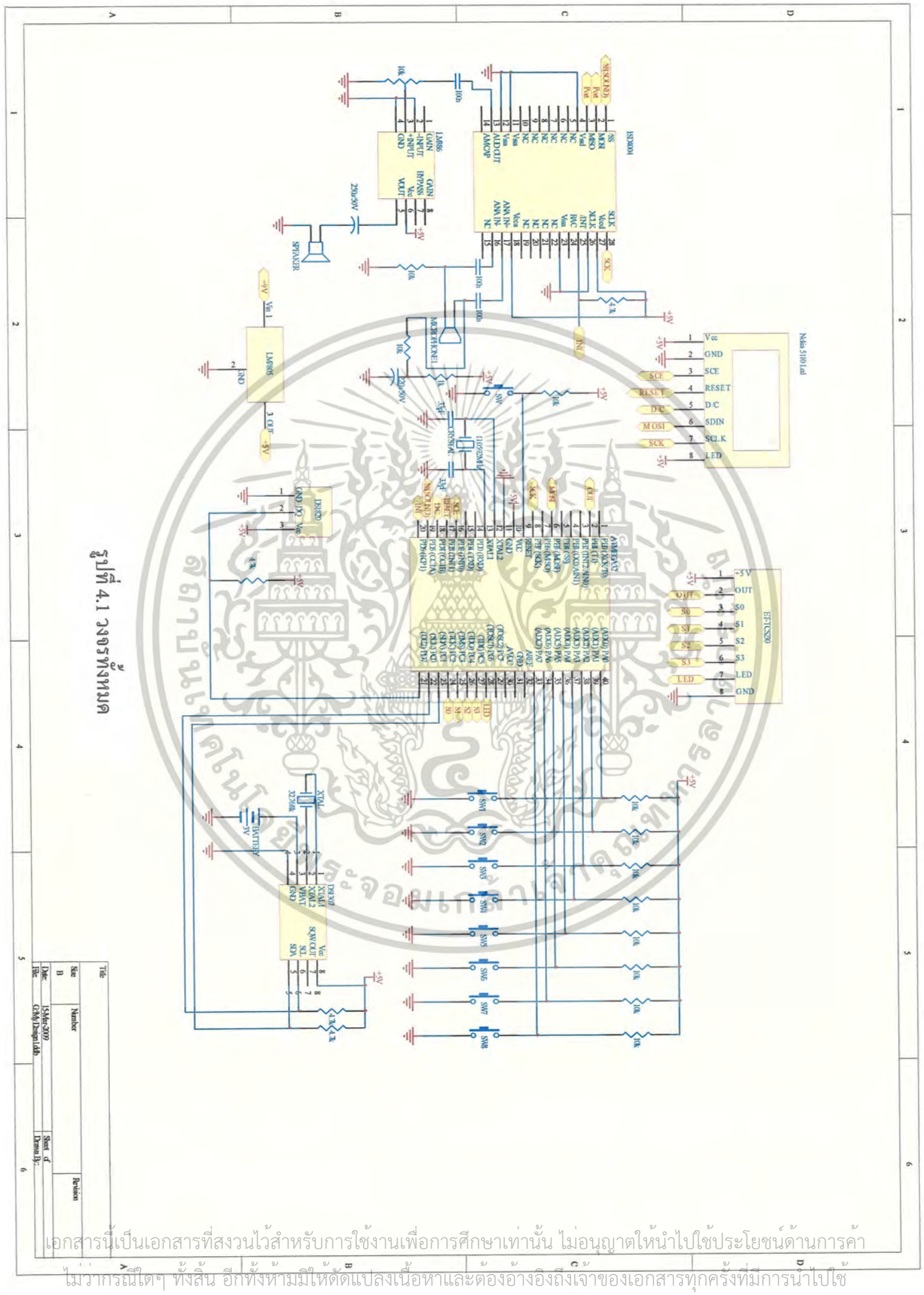
กลุ่มสีฟ้า

ตัวอย่างสี (ผ้าสี)	ค่าสีที่วัดได้จากET-TCS230			ค่าสัดส่วนสี		
	R(Hz)	B(Hz)	G(Hz)	x	y	z
ตัวอย่างที่1	3639	4977	4179	0.28440797	0.38898007	0.38898007
ตัวอย่างที่2	1259	3215	2024	0.19375192	0.49476762	0.31148045
ตัวอย่างที่3	2029	4534	3021	0.21170701	0.47308013	0.31521285
ตัวอย่างที่4	3436	5141	4148	0.27001964	0.40400785	0.32597249
ตัวอย่างที่5	2430	4661	3389	0.23187022	0.44475190	0.32337786
ตัวอย่างที่6	1476	3706	2391	0.19490294	0.48937013	0.31572692

ตารางที่ 4.6 ตารางค่า R,G,B,x,y,z ของกลุ่มสีฟ้า

หมายเหตุ $x = \frac{R}{R+G+B}, y = \frac{B}{R+G+B}, z = \frac{G}{R+B+G}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. ส่วนแยกแยะสี

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอดที่ออกแบบขึ้นมา เมื่อนำมาทดสอบกับผ้าสีทั้ง6 กลุ่มสี ปรากฏว่าได้ผลดีในระดับหนึ่ง คือเครื่องสามารถบอกสีได้อย่างถูกต้องในกรณีผ้าสีที่มีความอิ่มตัวของสีค่อนข้างมากหรือสีสด แต่เมื่อนำมาทดสอบกับผ้าสีที่มีความอิ่มตัวน้อย,สีซีด หรือสีหม่น ผลปรากฏว่ามีความผิดพลาดค่อนข้างมาก

2.ส่วนบอกเวลา

ในส่วนนี้ใช้ DS1307 เป็นตัวบอกวันและเวลา ผลการทดลองพบว่า DS1307 จะเดินช้าไปประมาณ 2วินาที เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 วัน

3.ส่วนบอกอุณหภูมิ

ในส่วนนี้ใช้ DS1820 เป็นตัวบอกอุณหภูมิ ผลการทดลองพบว่า DS1820 สามารถบอกอุณหภูมิได้และไม่พบปัญหาใดๆตรงส่วนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

เครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอดเป็นการประยุกต์ใช้โมดูล ET-TCS230 สร้างอุปกรณ์เพิ่มความสามารถให้แก่ผู้พิการทางด้านสายตา ให้สามารถรับรู้ถึงสีต่างๆ ที่เราใช้ในชีวิตประจำวันได้ โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ทำต่อเนื่องจากเทอมที่ 1 ซึ่งในส่วนของเทอมที่2 นี้ได้ทำการปรับปรุงวิธีการแยกแยะสี และสร้างส่วนบอกวัน,เวลา,และอุณหภูมิเพิ่มเติมเข้ามาเพื่อให้ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น ซึ่งเครื่องช่วยบอกสีสำหรับคนตาบอดที่สร้างขึ้นมานี้จากผลการทดลองพบว่าสามารถบอกสีได้ดีในระดับหนึ่ง คือเครื่องสามารถบอกสีได้อย่างถูกต้องในกรณีผ้าสีที่มีความอิ่มตัวของสีค่อนข้างมากหรือสีสด และมีความผิดพลาดค่อนข้างมากในกรณีเมื่อนำมาทดสอบกับผ้าสีที่มีความอิ่มตัวน้อย,สีซีด หรือสีหม่น ซึ่งในการที่จะบอกสีได้แม่นยำมากขึ้นนั้น อาจจะหาเซนเซอร์อื่นที่มีความละเอียดมากกว่านี้ หรือหาวิธีการแยกแยะสีแบบอื่นที่มีความแม่นยำและให้ผลถูกต้องมากกว่าวิธีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. http://www.taos.com/ , " Module ET-TCS230 "
2. http://www.atmel.com/ , " Microcontroller MCS-51 "
3. หนังสือ C Programming for AVR Microcontroller and WinAVR(C Compiler) เล่ม 1 ผู้แต่ง ประจิน พลังสันติสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM

DS1307
64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

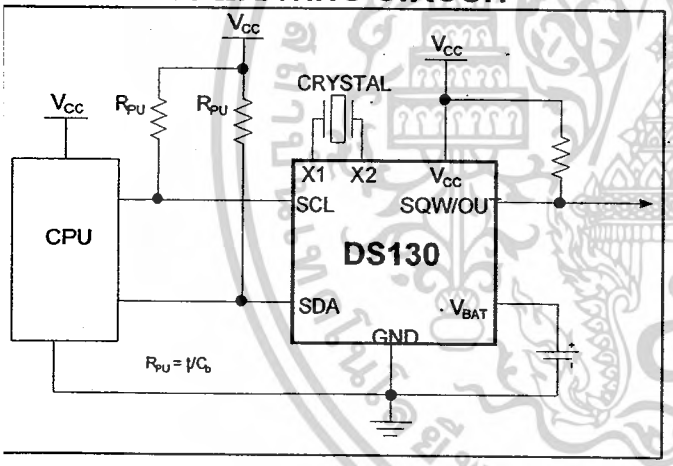
GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

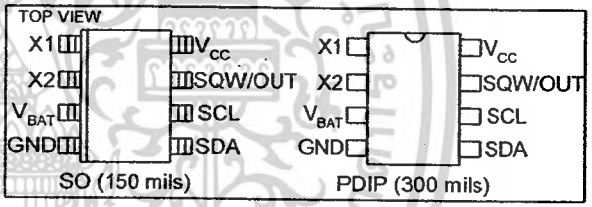
FEATURES

- Real-Time Clock (RTC) Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
- 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
- I²C Serial Interface
- Programmable Square-Wave Output Signal
- Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C
- Available in 8-Pin Plastic DIP or SO
- Underwriters Laboratories (UL) Recognized

TYPICAL OPERATING CIRCUIT



PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.
A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

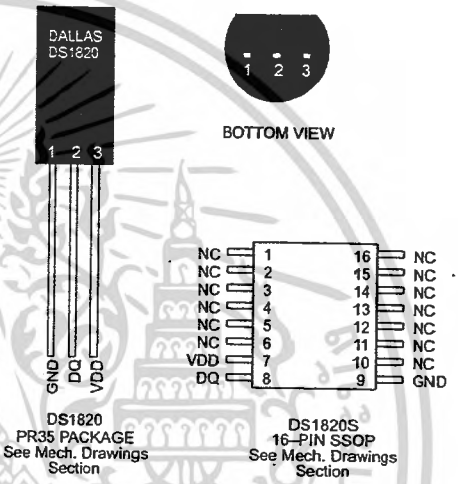
DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1820
1–Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1–Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from –55°C to +125°C in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is –67°F to +257°F in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9–bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User–definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



DS1820
PR35 PACKAGE
See Mech. Drawings Section

DS1820S
16–PIN SSOP
See Mech. Drawings Section

PIN DESCRIPTION

GND	–	Ground
DQ	–	Data In/Out
V_{DD}	–	Optional V_{DD}
NC	–	No Connect

DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9–bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1–Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1–Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

©Copyright 1995 by Dallas Semiconductor Corporation.
All Rights Reserved. For important information regarding patents and other intellectual property rights, please refer to Dallas Semiconductor data books.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller

Advanced RISC Architecture
- 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
- 32 x 8 General Purpose Working Registers
- Fully Static Operation
- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- On-chip 2-cycle Multiplier

High Endurance Non-volatile Memory segments
- 32K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
- 1024 Bytes EEPROM
- 2K Byte Internal SRAM
- Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
- Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C[1]
- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  In-System Programming by On-chip Boot Program
  True Read-While-Write Operation
- Programming Lock for Software Security

JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
- Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
- Extensive On-chip Debug Support
- Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface

Peripheral Features
- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Four PWM Channels
- 8-channel, 10-bit ADC
  - 8 Single-ended Channels
  - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
  - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface
- Programmable Serial USART
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
- On-chip Analog Comparator

Special Microcontroller Features
- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Internal Calibrated RC Oscillator
- External and Internal Interrupt Sources
- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby

I/O and Packages
- 32 Programmable I/O Lines
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF

Operating Voltages
- 2.7 - 5.5V for ATmega32L
- 4.5 - 5.5V for ATmega32

Speed Grades
- 0 - 8 MHz for ATmega32L
- 0 - 16 MHz for ATmega32

Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
- Active: 1.1 mA
- Idle Mode: 0.35 mA
- Power-down Mode: < 1 µA

8-bit AVR® Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash

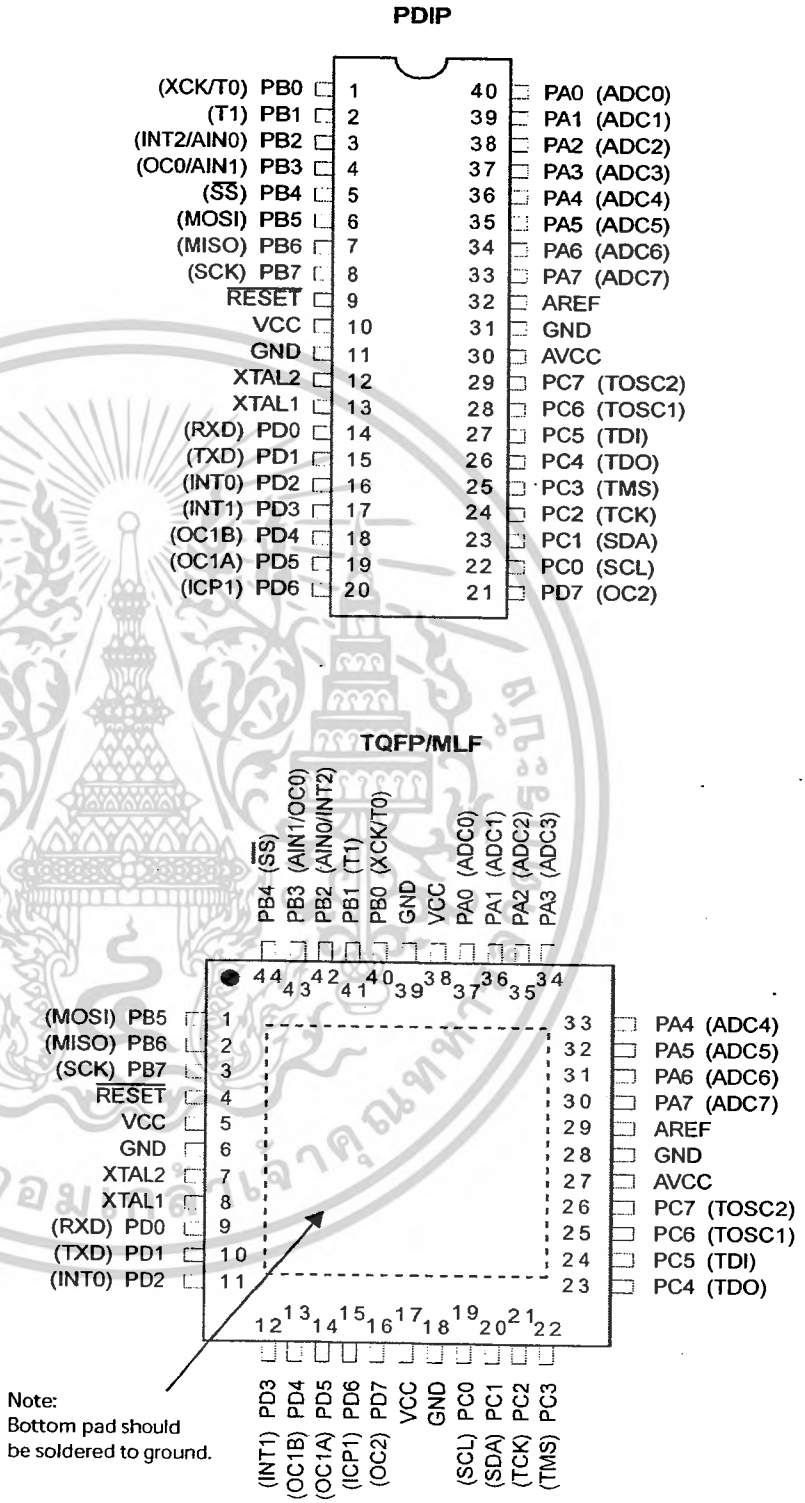
ATmega32
ATmega32L

Note: Not Recommended for new designs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง เผยแพร่ หรืออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32



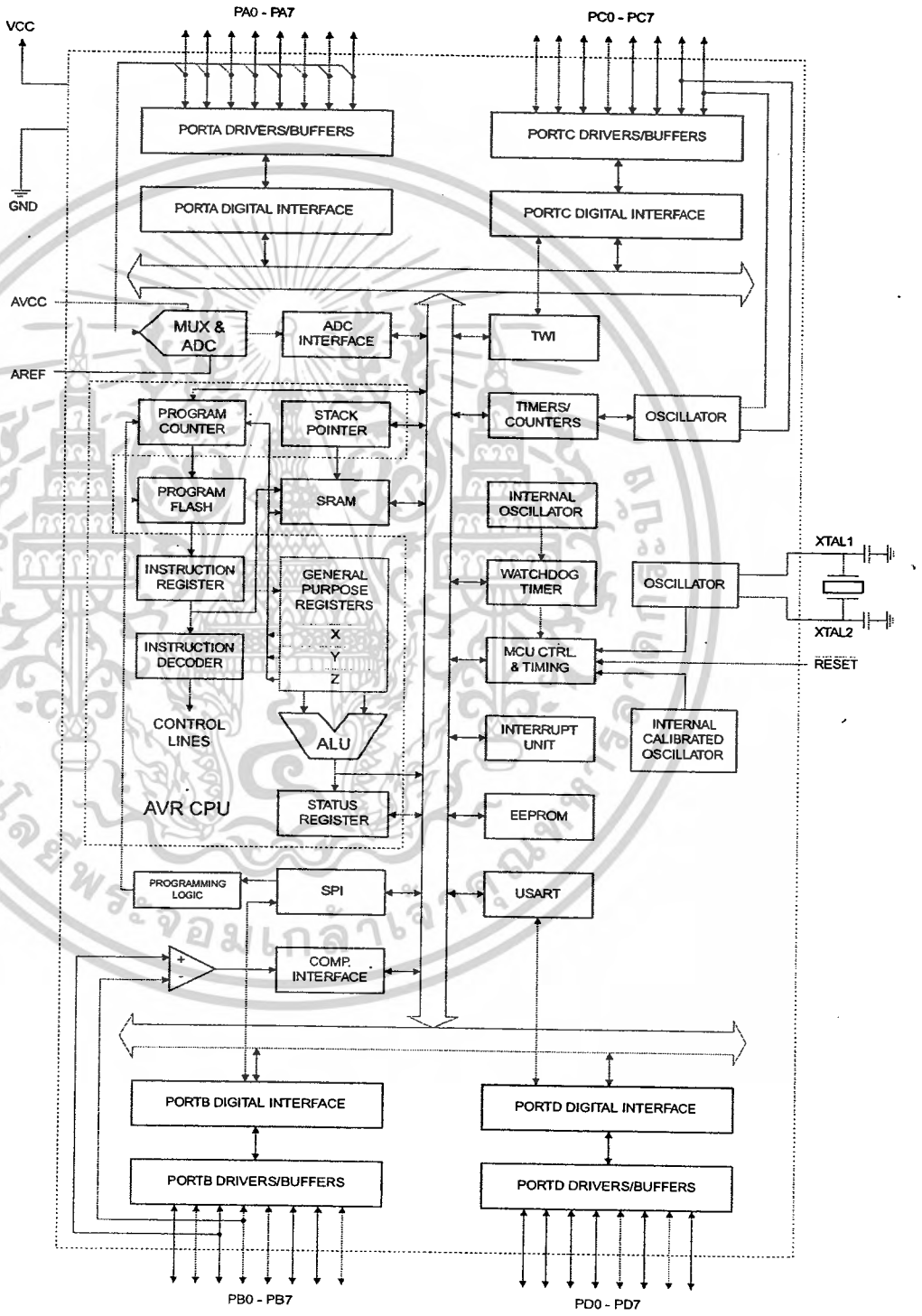
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview

The ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024 bytes EEPROM, 2K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega32 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Port B (PB7..PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 57.

Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 60.

Port D (PD7..PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 62.

$\overline{\text{RESET}}$

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

AVCC

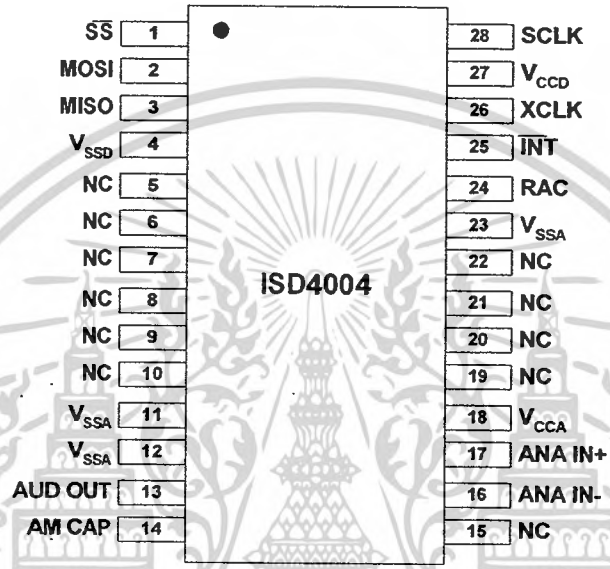
AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. PIN CONFIGURATION



SOIC / PDIP

TSOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. PIN DESCRIPTION

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
$\overline{SS}$	1	9	**Slave Select**: This input, when LOW, will select the ISD4004 device.
MOSI	2	10	**Master Out Slave IN**: This is the serial input to the ISD4004 device when it is configured as slave. The master microcontroller places data on the MOSI line one half-cycle before the rising edge of SCLK for clocking into the device.
MISO	3	11	**Master In Slave Out**: This is the serial output (open drain) of the ISD4004 device. This output goes into a high-impedance state if the device is not selected.
V_{SSA} / V_{SSD}	11, 12, 23 / 4	1, 17, 18 / 12	**Ground**: The ISD4004 series utilizes separate analog and digital ground busses. The analog ground (V_{SSA}) pins should be tied together as close as possible and connected through a low-impedance path to power supply ground. The digital ground (V_{SSD}) pin should be connected through a separate low-impedance path to power supply ground. These ground paths should be large enough to ensure that the impedance between the V_{SSA} pins and the V_{SSD} pin is less than 3 Ω. The backside of the die is connected to V_{SS} through the substrate. For chip-on-board design, the die attach area must be connected to V_{SS} or left floating.
NC	5-10, 15, 19-22	3, 4, 13-16, 19, 21, 23, 27, 28	Not connected
AUD OUT [1]	13	20	**Audio Output**: This pin provides an audio output of the stored data and is recommended be AC coupled. It is capable of driving a 5 KΩ impedance R_{EXT}.

[1] The AUD OUT pin is always at 1.2 volts when the device is powered up. When in playback, the output buffer connected to this pin can drive a load as small as 5 KΩ. When in record, a built-in resistor connects AUD OUT to the internal 1.2-volt analog ground supply. This resistor is approximately 850 KΩ, but will vary somewhat according to the sample rate of the device. This relatively high impedance allows this pin to be connected to an audio bus without loading it down.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN NAME	PIN NO		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
AM CAP	14	22	**AutoMute™ Feature**: The AutoMute feature only applies for playback operation and helps to minimize noise (with 6 dB of attenuation) when there is no signal (i.e. during periods of silence). A 1 µF capacitor to ground is recommended to connect to the AM CAP pin. This capacitor becomes a part of an internal peak detector which senses the signal amplitude. This peak level is compared to an internally set threshold to determine the AutoMute trip point. For large signals, the AutoMute attenuation is set to 0 dB automatically but 6 dB of attenuation occurs for silence. The 1 µF capacitor also affects the rate at which the AutoMute feature changes with the signal amplitude (or the attack time). The AutoMute feature can be disabled by connecting the AM CAP pin directly to V_{CCA}.
ANA IN-	16	24	**Inverting Analog Input**: This pin transfers the signal into the device during recording via differential-input mode. In this differential-input mode, a 16 mVp-p maximum input signal should be capacitively coupled to ANA IN- for optimal signal quality, as shown in Figure 1: ANA IN Modes. This capacitor value should be equal to that used on ANA IN+ pin. The input impedance at ANA IN- is normally 56 KΩ. In the single-ended mode, ANA IN- should be capacitively coupled to V_{SSA} through a capacitor equal to that used on the ANA IN+ pin.
ANA IN+	17	25	**Non-Inverting Analog Input**: This pin is the non-inverting analog input that transfers the signal to the device for recording. The analog input amplifier can be driven single ended or differentially. In the single-ended input mode, a 32 mVp-p (peak-to-peak) maximum signal should be capacitively connected to this pin for optimal signal quality. The external capacitor associated with ANA IN+ together with the 3 KΩ input impedance are selected to give cutoff at the low frequency end of the voice passband. In the differential-input mode, the maximum input signal at ANA IN+ should be 16 mVp-p capacitively coupled for optimal signal quality. The circuit connections for the two modes are shown in Figure 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
V_{CCA} / V_{CCD}	18 / 27	26 / 7	**Supply Voltage**: To minimize noises, the analog and digital circuits in the ISD4004 devices use separate power busses. These +3V busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.
RAC	24	2	**Row Address Clock**: This is an open drain output that provides the signal of a ROW with a 200 ms period for 8 KHz sampling frequency. (This represents a single row of memory.) This signal stays HIGH for 175 ms and stays LOW for 25 ms when it reaches the end of a row. The RAC pin stays HIGH for 109.37 µsec and stays LOW for 15.63 µsec in Message Cueing mode (see Message Cueing section for detailed description). Refer to the AC Parameters table for RAC timing information at other sample rates. When a record command is first initiated, the RAC pin remains HIGH for an extra T_{RACL} period. This is due to the need of loading the internal sample and hold circuits in the device. This pin can be used for message management techniques. A pull-up resistor is required to connect this pin to other device.
$\overline{INT}$	25	5	**Interrupt**: This is an open drain output pin. This pin goes LOW and stays LOW when an Overflow (OVF) or End of Message (EOM) marker is detected. Each operation that ends with an EOM or OVF will generate an interrupt. The interrupt will be cleared the next time an SPI cycle is initiated. The interrupt status can also be read by an R_{INT} instruction. A pull-up resistor is required to connect this pin to other device. *Overflow Flag (OVF)* – The Overflow flag indicates that the end of memory has been reached during a record or playback operation. *End of Message (EOM)* – The End of Message flag is set only during playback operation when an EOM is found. There are eight EOM flag position options per row.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<table>
<tr><th rowspan="2">PIN NAME</th><th colspan="2">PIN NO.</th><th rowspan="2">FUNCTION</th></tr>
<tr><th>SOIC / PDIP</th><th>TSOP</th></tr>
<tr><td>XCLK</td><td>26</td><td>6</td><td>External Clock Input: The pin has an internal pull-down device. The ISD4004 series is configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a –6/+4 percent tolerance over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:
<table>
<tr><th>Part Number</th><th>Sample Rate</th><th>Required Clock</th></tr>
<tr><td>ISD4004-08M</td><td>8.0 kHz</td><td>1024 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4004-10M</td><td>6.4 kHz</td><td>819.2 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4004-12M</td><td>5.3 kHz</td><td>682.7 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4004-16M</td><td>4.0 kHz</td><td>512 kHz</td></tr>
</table>
These recommended clock rates should not be varied because the anti-aliasing and smoothing filters are fixed. Otherwise, aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.</td></tr>
<tr><td>SCLK</td><td>28</td><td>8</td><td>Serial Clock: This is the input clock to the ISD4004 device. It is generated by the master device (typically microcontoller) and is used to synchronize the data transfer in and out of the device through the MOSI and MISO lines, respectively. Data is latched into the ISD4004 on the rising edge of SCLK and shifted out of the device on the falling edge of SCLK.</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้