สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

T055674

โดย

นายสรายุทธ บัวเฮง

นายอนุรักษ์ คล้ายศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55674
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

โดย

นายสรายุทธ บัวเฮง

นายอนุรักษ์ คล้ายศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

ผู้จัดทำ

1. นายสรายุทธ บัวเฮง
2. นายอนุรักษ์ กล้ายศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

สรายุทธ บัวเฮง 44015309

อนุรักษ์ คล้ายศรี 44015313

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ **ทรงสัตย์**

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นฉบับปรับปรุง และพัฒนาระบบควบคุมการฟักไข่ โดยการประยุกต์ไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล MCS 51 โดยการใช้หลักมัลติโปรเซสเซอร์ ระบบที่ออกแบบนี้จะประกอบด้วย การ์ดข้อมูล และ ชุดควบคุมย่อย ซึ่งจะสามารถแยกกันทำงานได้

ABTRACT

This Thesis presents an improvement and development of Incubation Control System. The application of microcontroller MCS-51 as the multiprocessor each incubator. The designed system composes of two units, data card, central processor unit and subcontroller that can standalone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญภาพ	IV
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างและพัฒนาระบบ	2
1.3 หลักการที่ใช้ในการออกแบบ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 P89C51RD2ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจาก Phillips	3
2.2 การเชื่อมต่อกับไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS 1820	21
2.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1 WIRE COMMUNICATION PROTOCOL)	24
2.4 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS 1820	24
2.5 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I^2C Bus	25
2.6 การรับส่งข้อมูลของ I^2C Bus	26
2.7 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591	29
2.8 DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (RTC)	30
2.9 วงจรการสร้างสัญญาณกระตุ้น	32
2.10 เซนเซอร์ความชื้น	33
2.11ปัจจัยในการฟักประกอบด้วย	35
บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบระบบ	
3.1 การ์ดข้อมูล	38
3.2 ส่วนวงจรการสร้างฐานเวลาจริง	38
3.3 ส่วนควบคุมขดลวดความร้อน	39
3.4 ส่วนเซนต์เซอร์อุณหภูมิ	41
3.5 ส่วนเซนเซอร์ความชื้นและสร้างความชื้น	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 ส่วนแสดงผล	42
3.7 ส่วนที่กำหนดรหัสประจำตู้ฟัก	42
3.8 ส่วนควบคุมการกลับไข่	42
3.9 ส่วนของการแจ้งเตือนผลของค่าพารามิเตอร์ซึ่งเกินจากขอบเขตที่กำหนด	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง	
4.1 การทดลองควบคุมการจ่ายกำลังงานให้กับขดลวดทำความร้อน	45
4.2 สรุปผลการทดลอง	47
ภาคผนวก ก. แผ่นพิมพ์ลายวงจร	
ภาคผนวก ข. ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ที่สำคัญบนบอร์ด	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1-1 ส่วนประกอบของการ์ดข้อมูล กับชุดควบคุมย่อย	2
2-1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	4
2-2 แสดงการจัดขาของ P89C51RD2	5
2-3 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	7
2-4 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	7
2-5 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับ สัญญาณของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2	13
2-6 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติของไทเมอร์ 2 เมื่อบิต DCEN = "0"	14
2-7 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติของไทเมอร์ 2 เมื่อบิต DCEN = "1"	14
2-8 ไดอะแกรมการทำงานของไทเมอร์ 2 ในโหมดกำเนิดอัตราบอดสำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	15
2-9 แสดงรายละเอียดของกลไกในการตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลในสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	19
2-10 แสดงรายละเอียดของกลไกในการใช้งานพอร์ตอนุกรมเพื่อติดต่อในลักษณะมัติโปรเซสเซอร์ โดยใช้ความสามารถการรับรู้แอดเดรสอัตโนมัติของ P89C51RD2	20
2-11 แสดงไทม์สล็อทของอุปกรณ์	22
2-12 ไทม์สล็อทของอุปกรณ์มาสเตอร์	23
2-13 ไทม์สล็อทของอุปกรณ์สลาฟ	24
2-14 ลักษณะขาไอซี DS 1820	24
2-15 รูปแสดงลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบ I^2C	26
2-16 แสดงลักษณะของ Control Byte ของ I^2C Bus	26
2-17 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น	28
2-18 ไดอะแกรมเวลาแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซักเซศซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น	29
2-19 การจัดขาของไอซี ADC/DAC ขนาด 8 บิตผ่านบัส I^2C เบอร์ PCF8591	30
2-20 การจัดขาของไปซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-21 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับไอซีรีลไทม์คล็อก	32
2-22 บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785	33
2-23 แสดงโครงสร้างภายในของ SHT11	34
2-24 แสดงการต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน	34
2-25 แสดงส่วนประกอบของชุดสร้างความชื้น	34
3-1 วงจรการ์ดข้อมูล	38
3-2 วงจรสร้างฐานเวลาจริง	38
3-3 วงจร D/A	40
3-4 วงจรขยายแรงดัน 2 เท่า	40
3-5 วงจรแยกกราวด์และวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน	40
3-6 วงจรการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ	41
3-7 วงจรเซนเซอร์ความชื้น	41
3-8 วงจรการต่อใช้งาน Seven Segment	42
3-9 แสดงการโปรแกรมข้อมูลของไบ่ลงการ์ดข้อมูล	43
3-10 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย	44
4-1 แสดงสัญญาณที่ขา 5 ของไอซี TCA785	45
4-2 แสดงสัญญาณที่ขา 10 ของไอซี TCA 785	46
4-3 แสดงสัญญาณที่ขา 14 หรือขา 15 ของไอซี TCA 785	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 รายละเอียดเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม	5
2-2 แสดงรายละเอียดโดยสรุปของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษทั้งหมด ของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2	8
2-3 การเลือกโหมดทำงานของไทเมอร์/เคาร์เตอร์	13
2-4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L เมื่อใช้งานไทเมอร์ 2 ในการสร้างอัตราบอดเพื่อติดต่อกับพอร์ตอนุกรม	15
2-5 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ T2CON เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นไทเมอร์	16
2-6 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ T2CON เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์	16
2-7 การปรับค่าความกว้างของพัลส์	33
2-8 แสดงระยะเวลาการฟักไข่และข้อกำหนดในการปรับตู้ฟักไข่	37
4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับมุมเฟสที่ถูกทริกของไอซี TCA785	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

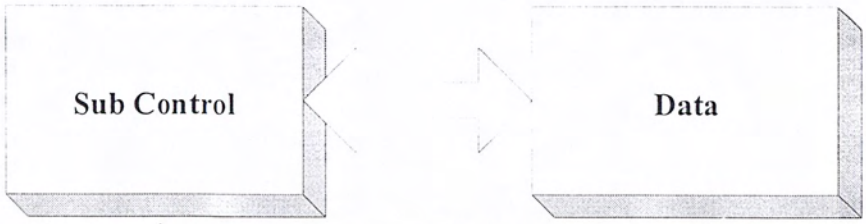
ประเทศไทยนั้น เป็นประเทศที่กำลังพัฒนาไปสู่ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี โดยเราสามารถสังเกตได้จากการลงทุนด้านอุสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์มีการลงทุนเป็นอย่างมาก ซึ่งการลงทุนนั้นส่วนหนึ่งที่ได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลอย่างจริงจัง แต่อย่างไรก็ตามอาชีพหลักและสินค้าส่งออกของประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ก็ยังเป็นสินค้าทางด้านการเกษตร ดังนั้นการเลี้ยงไก่เพื่อการบริโภคก็เป็นอีกหนึ่งอาชีพที่เป็นที่นิยมอย่างสูง เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ค่อนข้างสูงอีกทั้งยังมีตลาดรองรับผลผลิตทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นการเลี้ยงไก่ให้ได้คุณภาพที่ดี ก็ควรมีการดูแลไก่ตั้งแต่ตอนเป็นไข่ไปจนถึงเจริญเติบโต ในการเลี้ยงไก่นั้น เราต้องมีตู้ฟักไข่ เพื่อที่จะฟักไข่ให้เป็นลูกไก่ที่สมบูรณ์แข็งแรง เพื่อที่จะได้ขายให้เกษตรกรหรือจะเอาไว้เลี้ยงเอง ถ้าเราให้แม่ไก่ฟักไข่เอง ก็อาจทำให้เสียเวลาที่จะให้แม่ไก่ออกไข่ได้อีก อีกทั้งยังเสี่ยงต่อการที่ทำให้ไข่ไก่แตกได้ เพราะฉะนั้นเกษตรกรหรือผู้เลี้ยงไก่ ควรมีตู้ฟักไข่ เพื่อที่จะทำให้การฟักไข่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการผลิตก็เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในการฟักไข่เราจะใช้ความร้อนในการฟักไข่ โดยจะอาศัยขดลวดความร้อนซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-70 %RH และเวลาในการฟักไข่นั้นก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของไข่ เช่น ไข่ไก่จะใช้ระยะเวลาในการฟักประมาณ 21 วัน ส่วนไข่ชนิดอื่น ๆ ก็จะแตกต่างกันออกไป

ดังนั้นการควบคุมแบบอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อเกษตรกร เนื่องจากการใช้งานง่ายและมีความเที่ยงตรงสูง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ในการควบคุมอุณหภูมินี้เราจะใช้วงจร Phase Control ICS ในการควบคุมขดลวดความร้อน และใช้พัดลมเป่าให้อุณหภูมิภายในตู้กระจายเท่า ๆ กัน และจะมีช่องระบายอากาศถ่ายเทตลอดเวลา และยังมีส่วนแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกโปรแกรมไว้ในการ์ดข้อมูล โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ใช้ในการประมวลผล เพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ใช้งานเครื่องฟักไข่นี้ สามารถที่จะนำไปใช้ในฟาร์มเลี้ยงไก่ ใช้งานเครื่องฟักไข่นั้นสามารถที่จะนำไปใช้ในฟาร์มเลี้ยงไก่ที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูง เพื่อลดปัญหาอัตราการตายของลูกไก่ได้อีกวิธีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างและพัฒนาระบบ

1. สามารถเลือกฟังก์ชันในการควบคุมการฟักของไข่แต่ละชนิดได้ ด้วยการเปลี่ยนการ์ดข้อมูล



รูปที่1-1 ส่วนประกอบของการ์ดข้อมูล กับชุดควบคุมย่อย

2. เพื่อให้การทำงานของชุดควบคุมแต่ละตู้ มีการทำงานที่เป็นอิสระต่อกัน

1.3 หลักการที่ใช้ในการออกแบบ

1. การโปรแกรมข้อมูลเข้าตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบ (ISP : In-system programming)
2. ใช้การดึงข้อมูลจากการ์ดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
หลักการและทฤษฎี

2.1 P89C51RD2ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจาก Phillips

คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้อ้างอิงเพื่อการเรียนรู้และใช้งานในที่นี้เป็นไมโครคอนโทรล-เลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช (flash memory) ของ Phillps Semiconductor ในอนุกรม P89C51Rx2 โดยจะเน้นไปที่เบอร์ P89C51RD2

สำหรับคุณสมบัติทางเทคนิคที่โดดเดนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อนุกรมนี้มีดังต่อไปนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิตที่เข้ากันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 พื้นฐานของอินเทล
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ถึงหนึ่งหมื่นครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตขอองไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมสูงถึง 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลแรมภายในมีขนาด 1 กิโลไบต์
- สามารถเขียนหรือโปรแกรมข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมโดยไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ (ISP : In-system programming) โดยภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำที่บรรจุโปรแกรมสำหรับเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรมหรือเรียกว่า บูตรอม (boot ROM) ทำหน้าที่ในส่วนนี้ แรงดันที่ใช้ในการโปรแกรมแบบ ISP ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

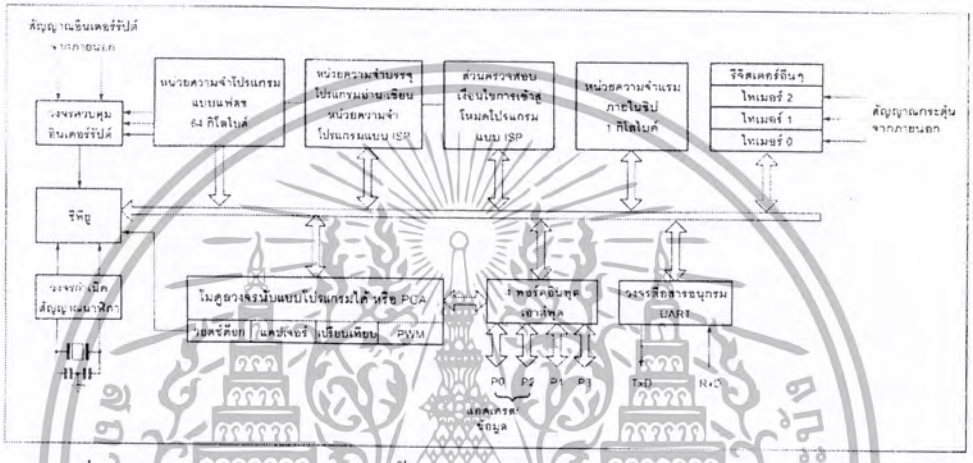
P89C51RD2 ใช้แรงดันในการโปรแกรมได้ทั้ง +5V และ +12V โดยถ้าใช้แรงดัน +12V จะสามารถโปรแกรมได้ 1,000 ครั้งและถ้าใช้แรงดัน +5V สามารถโปรแกรมได้ 10,000 ครั้ง

- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 33 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 12 ลูกต่อแมชีนไซเกิล และ 20 MHz ในกรณีทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาภายใน 6 ลูกต่อแมชีนไซเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P89C51RD2 ได้รับการกำหนดให้ทำงานเบื้องต้นในโหมดสัญญาณนาฬิกา 6 ลูกต่อแมชีนไซเกิล สามารถเลือกเปลี่ยนเป็น 12 สัญญาณนาฬิกาต่อแมชีนไซเกิลได้

- ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็น Intel, Siemens หรือ Dallas Semiconductor
- ขาพอร์ต 8 บิต จำนวน 4 พอร์ตเป็นแบบกึ่งสองทิศทาง (quasi-bidirectional) สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 2-1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 3 ตัว (ไทเมอร์ 0, 1 และ 2)
- มีรีจิสเตอร์ตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลหรือ DPTR 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 7 ประเภท
- กำหนดนัยสำคัญของการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ได้ 4 ระดับ
- สามารถติดต่อหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์
- มีโมดูลวงจรนับโปรแกรมได้ (PCA : Programmable Counter Array) ซึ่งบรรจุวงจรตรวจจับสัญญาณ (capture), เปรียบเทียบสัญญาณ (compare), วงจรมอดูเลชั่นทางความกว้างพัลส์ (PWM) 5 โมดูล และวอตช์ด็อกไทเมอร์ (watchdog timert)

ในรูปที่ 2-1 เป็นโครงสร้างพื้นฐานของ P89C51RD+ และ P89C51RD2 จะเห็นได้ว่าคล้ายคลึงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน แต่มีส่วนประกอบที่เพิ่มเติม อาทิ หน่วยความจำเก็บโปรแกรมบูตรอม สำหรับทำการอ่าน – เขียนข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมแบบ ISP มูลวงจรนับแบบโปรแกรมได้หรือ PCA (Programmable Counter Array) ซึ่งภายใน

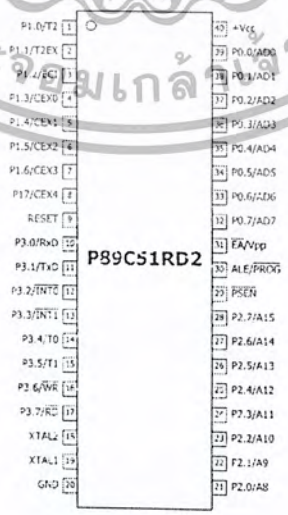
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCA นี้บรรจุวอตช์ด็อกไทเมอร์, วงจรตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์, วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ และวงจร PWM รวมถึงไทเมอร์ 2 (Timer 2)

อย่างไรก็ตาม P89C51RD2 ต่างก็มีเบอร์อื่น ๆ ที่อยู่ร่วมอนุกรมเดียวกัน ดังแสดงรายละเอียดเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรมนี้ของ Philips ในตารางที่ 2-1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน แต่ P89C51RD2 ที่ขาพอร์ต 1 คือ P1.0-P1.7 จะมีความสามารถพิเศษเพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 2-2 และมีรายละเอียดขั้นต้น สรุปในตารางที่ 2-1

เบอร์ไมโครคอลโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช	หน่วยความจำข้อมูลแรม	ความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักที่ใช้งาน	
			โหมด6สัญญาณนาฬิกา	โหมด12สัญญาณนาฬิกา
P89051RC+	32 กิโลไบร์	512 ไบร์	-	0-33MHz
P89051RD+	64 กิโลไบร์	1 กิโลไบร์	-	0-33MHz
P89051RB2	16 กิโลไบร์	512 ไบร์	0-20MHz	0-33MHz
P89051RC2	32 กิโลไบร์	512 ไบร์	0-20MHz	0-33MHz
P89051RD2	64 กิโลไบร์	1 กิโลไบร์	0-20MHz	0-33MHz

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดเบื้องต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม P89C51Rx+ และ Rx2



รูปที่ 2-2 แสดงการจัดขาของ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

นอกจาก Philips จะทำการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรมนี้ขึ้นเพื่อรองรับการโปรแกรมแบบ ISP และขนาดของหน่วยความจำแบบแฟลชที่สูงถึง 64 กิโลไบต์ แล้วยังได้พัฒนาเรื่องของความเร็วในการทำงานด้วย โดย P89C51RD2 ถูกกำหนดให้ทำงานได้เร็ว 6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาภายในต่อ 1 แมชีนไซเกิล ซึ่งเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐาน 2 เท่า แต่ก็สามารถลดความเร็วให้เท่ากับแบบมาตรฐานได้ได้ด้ยการโปรแกรมแบบขนาน(Parallel programming) ซึ่งต้องใช้เครื่องโปรแกรมภายนอก อาทิ All-11 ของ Hi – Lo Systems เป็นต้น แต่เมื่อลดความเร็วลงแล้วจะไม่สามารถเปลี่ยนกลับมาได้อีก นั่นคือ สามารถเปลี่ยนความเร็วได้เพียงครั้งเดียว

ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐานจะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ ที่สัญญาณนาฬิกา 12MHz เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1 μs หรือ มีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วของการทำงานภายในสามารถหาได้จาก ค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมชีนไซเกิล ทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่เนื่องจาก P89C51RD2 มีความเร็วปกติ 2 เท่าจึงสามารถสรุปเป็นสูตรหาความเร็วในการทำงานใหม่ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายใน = ความถี่สัญญาณนาฬิกา (ค่าคริสตอลที่ขา XTAL1 และ XTAL2)/6

เวลา 1 แมชีนไซเกิล = 1/ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Philips เบอร์ P89C51RD2 มีหน่วยความจำภายในหลัก ๆ อยู่ 3 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรม (program memory)ขนาด 64 กิโลไบต์, หน่วยความจำข้อมูล (data memory) 1 กิโลไบต์ และหน่วยความจำบูตรอม (boot ROM) ขนาด 1 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ FC00H-FFFFH ซึ่งเก็บโปรแกรมการอ่าน-เขียนข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบ ISP อย่างไรก็ตามหากมีการใช้งานบูตรอม หน่วยความจำโปรแกรมจะสามารถเข้าถึงและทำงานได้ 63 กิโลไบต์ หรือถ้าหากต้องการใช้งานเต็มที่คือ 64 กิโลไบต์ ก็สามารถทำได้ โดยการปิดและไม่ติดต่อกับบูตรอมนี้ อันจะส่งผลให้ไม่สามารถโปรแกรมหน่วยความจำแบบ ISP ในทางซอฟต์แวร์ได้ (ดูรายละเอียดในดาต้าชีตของ P89C51RD2 ในหัวข้อ IAP : In-System Application Programming) แต่ยังคงสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

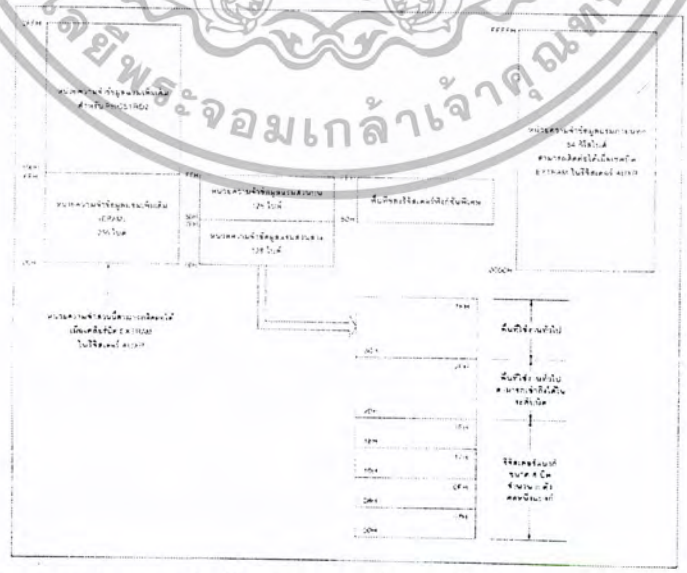
โปรแกรมด้วยกระบวนการ ISP ทางฮาร์ดแวร์ได้ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป ในรูปที่ 2-3 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

สำหรับหน่วยความจำข้อมูล 1 กิโลไบต์นั้นยังแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนล่าง 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้ทั้งแบบโดยตรงและโดยอ้อม หน่วยควาจำส่วนนี้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

หน่วยความจำข้อมูลแรมส่วนบน 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR (Special Function Register) สามารถเข้าถึงแบบโดยตรงได้ ในขณะเดียวกันยังใช้เป็นพื้นที่เก็บข้อมูลโดยสามารถเข้าถึงได้แบบโดยอ้อมเท่านั้น ซึ่งหน่วยความจำในส่วนนี้มีลักษณะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐานทุกประการ

รูปที่ 2-3 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2



รูปที่ 2-4 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลแรมเพิ่มเติม 768 ไบต์ หรือ ERAM(Expanded RAM) สามารถเข้าถึงได้แบบโดยอ้อม ด้วยการใช้คำสั่ง MOVX เหมือนกับการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก โดยหน่วยความจำในส่วนนี้จะสามารถติดต่อได้เมื่อมีการเคลียร์บิต EXTRAM ในรีจิสเตอร์ AUXR แต่ถ้าหากบิต EXTRAM นี้เซตเป็น "1" จะเป็นการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน

ในรูปที่ 2-4 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register : SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนสามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direct addressing) ในตารางที่ 1-3 แสดงรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัว

รีจิสเตอร์ที่สำคัญโดยส่วนใหญ่เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พื้นฐาน ที่เพิ่มเติมขึ้นมาได้แก่ รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไทเมอร์ 2, โมดูล PCA และรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานในหน้าที่พิเศษ

ชื่อย่อรีจิสเตอร์	รายละเอียด	แอดเดรส	รายละเอียดและการทำงานในแต่ละบิต								ค่าหลังจากรีเซต
			บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0	
PSW	Program Status Word	D0H	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P	000000x0B
RCAP2H*	Timer2 Capture High	CBH	ข้อมูล 8 บิต								00H
RCAP2L*	Timer2 Capture Low	CAH	ข้อมูล 8 บิต								00H
SADDR*	Slave Address	A9H	ข้อมูล 8 บิต								00H
SADEN*	Slave Address Mask	B9H	ข้อมูล 8 บิต								00H
SBUF	Serial Data Buffer	99H	ข้อมูล 8 บิต								xxxxxxxxB
SCON	Serial Control	98H	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	00H
SP	Stack Pointer	81H	ข้อมูล 8 บิต								07H
TCON	Timer Control	88H	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	00H
T2CON	Timer2 Control	C8H	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/$\overline{T2}$	CP/$\overline{RL2}$	00H
T2MOD*	Timer2 Mode Control	C9H	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN		xxxxxx00B
TH0	Timer0 High	8CH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TH1	Timer1 High	8DH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TH2*	Timer2 High	CDH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TL0	Timer0 Low	8AH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TL1	Timer1 Low	8BH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TL2*	Timer2 Low	CCH	ข้อมูล 8 บิต								00H
TMOD	Timer Mode	89H	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	00H
			Timer0				Timer1				
WDTRST*	Watchdog Timer Reset	A6H	ข้อมูล 8 บิต								00H

ตารางที่ 2-2 แสดงรายละเอียดโดยสรุปของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ความสามารถพิเศษที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/counter) เป็นอีกหนึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการเก็บและตรวจสอบค่าของเวลา และจำนวนของสัญญาณนาฬิกาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสร้างฐานเวลา สร้างสัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบค่าเวลาหรือเปรียบเทียบค่าของการนับ รวมไปถึงการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ P89C51RD2 ของ Philips มีวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 3 ตัวประกอบด้วย ไทเมอร์ 1(Timer0), ไทเมอร์ 1 (Timer1) และ ไทเมอร์ 2 เรียกสั้น ๆ ว่า T0, T1 และ T2 โดยรีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งสามตัวสามารถกำหนดให้ทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์ และตัวนับหรือเคาน์เตอร์ได้อย่างอิสระต่อกัน

2.1.6 การทำงานเป็นไทเมอร์

เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์ *ค่าของรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ แมชีนไซเกิล* ดังนั้น เมื่อทำงานเป็นไทเมอร์ รีจิสเตอร์จะทำการนับค่าของแมชีนไซเกิลนั่นเอง และเนื่องจากแมชีนไซเกิลประกอบด้วย คาบเวลาของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 6 คาบเวลาสำหรับ P89C51RD2 ดังนั้นอัตราในการนับของรีจิสเตอร์จึงเท่ากับ 1/6 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

2.1.7 การทำงานเป็นเคาน์เตอร์

เมื่อทำงานเป็นตัวนับหรือเคาน์เตอร์ ค่าของรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" เกิดขึ้นที่ขาอินพุตทางฮาร์ดแวร์ของวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ซึ่งก็คือขา T0 (P3.4), ขา T1 (P3.5) และขา T2(P1.0) โดยจะมีการสุ่มรับสัญญาณจากขาอินพุตในทุก ๆ คาบเวลาที่ 2 ของเสตตที่ 5 (S5P2) ในแต่ละแมชีนไซเกิล (สามารถดูรายละเอียด เรื่องของแมชีนไซเกิลได้ในหนังสือเรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรล-เลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ AT89C5x ของบริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด)

เมื่อสัญญาณอินพุตเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" เป็นเวลาหนึ่งไซเกิล ในไซเกิลต่อมาค่าของการนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่งค่า และจะไปปรากฏในรีจิสเตอร์ภายในคาบเวลาที่ 1 ของสเตตที่ 3 (S3P1) ของแมชชีนไซเกิลต่อไปหลังจากที่ตรวจจับพบการเปลี่ยนแปลงที่ขาไทเมอร์อินพุตแล้ว เมื่อเป็นเช่นนี้ในกระบวนการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตที่ขาไทเมอร์จะต้องใช้ 2 แมชีนไซเกิล อัตราการนับของเคาน์เตอร์จึงเท่ากับ 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกาใน P89C51RD2 ดังนั้น ความถี่สูงสุดของสัญยาณอินพุตที่ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถตรวจจับได้จึงเท่ากับความเสี่ยงของของสัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 ยกตัวอย่าง ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ P89C51RD2 ซึ่งใช้ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาได้สูงสุด 20 MHz จะสามารถตรวจจับความถี่ของสัญญาณได้สูงสุดประมาณ 1.667 MHz

2.1.8 ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษที่เกี่ยวข้องกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 มี 6 ตัวคือ รีจิสเตอร์ไทเมอร์ 2 ซึ่งประกอบด้วย TL2 และ TH2, รีจิสเตอร์ T2MOD สุดท้ายคือ รีจิสเตอร์แคปเจอร์ ซึ่งประกอบด้วย RCAP2L และ RCAP2H

ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 สามารถทำงานเป็นไทเมอร์หรือตัวตั้งเวลา และเคาน์เตอร์หรือตัวนับได้เช่นเดียวกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 โดยการกำหนดที่บิต C/T ในรีจิสเตอร์ T2CON เมื่อเทียบกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 ก็คือ รีจิสเตอร์ TCON สำหรับโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 มีด้วยกัน 3 โหมดคือ โหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture), โหมดตั้งค่าอัตโนมัติ (auto-reload) และโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด (baud rate generator)

รายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 มีดังนี้

รีจิสเตอร์ไทเมอร์

มีด้วยกัน 2 ตัวคือ TL2 มีแอดเดรสอยู่ที่ CCH และ TH2 มีแอดเดรสอยู่ที่ CDH รีจิสเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะอยู่ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR รีจิสเตอร์แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต แต่ในการใช้งานโดยทั่วไปมักใช้รวมกันเป็นรีจิสเตอร์ไทเมอร์ 2 ขนาด 16 บิต โดยใน TL2 จะเก็บข้อมูล 8 บิตล่าง ส่วน TH2 เก็บข้อมูล 8 บิตบน รีจิสเตอร์ไทเมอร์ทั้งคู่เมื่อนำมาใช้งานร่วมกันจะสามารถเก็บค่าของการนับได้สูงสุด 65,536 ค่าหรือ FFFFH เมื่อนับถึงค่านี้แล้วก็จะวนไปเริ่มนับ 0000H ใหม่ และเมื่อเกิดการนับรอบใหม่ จะมีการเซตบิต TF2 ในรีจิสเตอร์ T2CON ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าเกิดการนับเกินค่าสูงสุด

รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 หรือ T2CON (Timer/Counter 2 Control Register)

มีขนาด 8 บิต แอดเดรสอยู่ที่ C8H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR เข้าถึงได้ในระดับบิต มีรายละเอียดดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
TF2	**EXF2**	**RCLK**	**TCLK**	**EXEN2**	**TR2**	**C/T2**	**CP/RL2**

TR2 : บิตนี้จะใช้ในควบคุมการเริ่มต้นและหยุดการทำงานของไทเมอร์ 2 เป็นการควบคุมทางซอฟต์แวร์

"0" หยุดการทำงานของไทเมอร์ 2 (STOP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"1" เริ่มต้นการทำงานของไทเมอร์ 2 (START)

C/T2 (Timer of Counter selector) : ใช้เลือกลักษณะการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

"0" เลือกให้ทำงานเป็นไทเมอร์ โดยใช้สัญญาณอินพุตจากสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากับความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักหาร 6 ในโหมด 6 ไซเกิล และหาร 12 เมื่อทำงานในโหมด 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา

"1" เลือกให้ทำงานเป็นเคาน์เตอร์ โดยรับสัญญาณอินพุตทางขา T2 (P1.0) ทำงานที่ขอบขาลงของสัญญาณ

CP/RL2 (Capture/Reload flag) : เป็นบิตแสดงสถานะการทำงานของไทเมอร์ 2

"0" มีการรีโหลดค่าของการนับแบบอัตโนมัติเกิดขึ้น เมื่อไทเมอร์ 2 เกิดโอเวอร์โฟลว หรือเกิดการเปลี่ยนระดับลอจิกแบบลบ (เปลี่ยนจาก "1" เป็น "0") ที่ขา T2EX ในกรณีที่บิต EXEN2 เป็น "1" แต่ถ้าหากบิต RCLK หรือ TCLK เป็น "1" จะยอมให้การรีโหลดแบบอัตโนมัติเกิดขึ้นเมื่อไทเมอร์ 2 เกิดโอเวอร์โฟลวเท่านั้น

"1" แสดงว่ามีการแคปเจอร์เกิดขึ้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนระดับลอจิกแบบลบ (เปลี่ยนจาก "1" เป็น "0") ที่ขา T2EX ในกรณีที่บิต EXEN2 เป็น "1"

รีจิสเตอร์เลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 หรือ T2MOD (Timer/Counter 2 Mode Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ C9H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต มีบิตสำหรับกำหนดการทำงานเพียง 2 บิตคือ

บิต7	บิต7	บิต7	บิต7	บิต7	บิต7	บิต7	บิต7
-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

T2OE (Timer 2 Output Enable bit) : ใช้เอ็นเอเบิลเอาต์พุตของไทเมอร์ 2

"0" ดิสเอเบิล

"1" เอ็นเอเบิล

DCEN (Timer 2 Counter Enable bit) : กำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นตัวนับหรือเคาน์เตอร์แบบขึ้นและลง

"0" ดิสเอเบิล

"1" เอ็นเอเบิลให้ทำงานเป็นตัวนับหรือเคาน์เตอร์แบบขึ้นและลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของไทเมอร์ 2

ไทเมอร์ 2 สามารถเลือกการทำงานได้ 3 โหมด โดยการกำหนดที่บิต RCLK + TCLK, CO/RL2 และ TR2 ในรีจิสเตอร์ T2CON ดังแสดงในตารางที่ 2-4 โหมดการทำงานของไทเมอร์ 2 ได้แก่ โหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture), โหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติ (auto-reload) และโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด (baud rate generator) ต่อไปนี้จะเป็นการอธิบายการทำงานในแต่ละโหมดของไทเมอร์ 2

การทำงานในโหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณ (capture)

การทำงานในโหมดนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อกำหนดให้บิต EXEN2 เป็น "1"หลังจากที่เลือกให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์แล้ว เมื่อเลือกให้ทำงานในโหมดนี้ขาอินพุตที่ทำการตรวจจับคือ ขาอินพุต T2EX ซึ่งตรงกับขา P1.1 ที่ขา T2EX จะมีวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" รีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 จะทำการนับค่าเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกว่าที่ขา T2EX จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อตรวจจับได้ ค่าของรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 จะถูกส่งต่อไปยังรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต EXF2 ให้เป็น "1" เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ให้เกิดขึ้น ในรูปที่ 2-5 แสดงการทำงานของไทเมอร์ 2 ในโหมดแคปเจอร์นี้

การทำงานในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติ

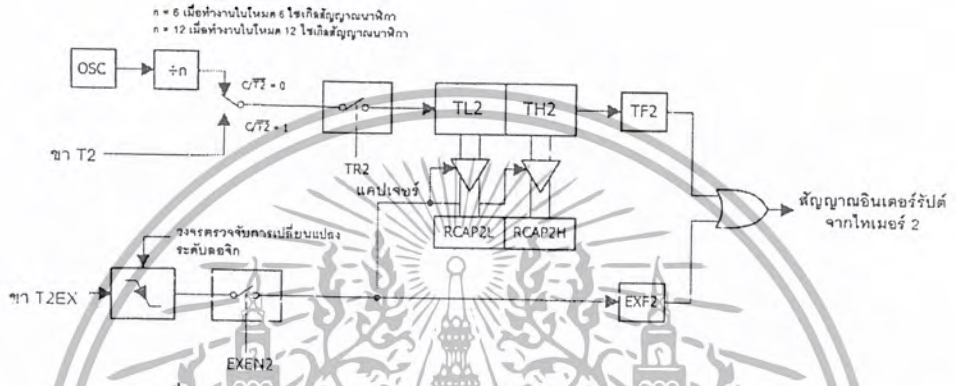
การทำงานในโหมดนี้ การกำหนดสถานะที่บิต EXEN2 จะทำให้เกิดการทำงานใน 2 ลักษณะคือ ถ้าบิต EXEN2 เป็น "0" เมื่อไทเมอร์ 2 ทำการนับค่าเกินรอบแล้ว จะเกิดการเซตบิต TF2 และจะทำการเรียกค่าการนับใหม่จากรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H โดยอัตโนมัติ การกำหนดค่าของรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H สามารถกระทำได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

ในกรณีที่บิต EXEN2 เป็น "1" หลังจากที่เลือกให้ไทเมอร์ 2 จะทำการนับเหมือนเดิม แต่เงื่อนไขของการตั้งค่าการนับใหม่โดยอัตโนมัติจากรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H จะใช้การเปลี่ยนแปลงของระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" ที่ขา T2EX เป็นตัวกำหนด และทำการเซตบิต EXF2 เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์แทนบิต TF2 ในรูปที่ 2-6 แสดงไดอะแกรมการทำงานของไทเมอร์ 2 ในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติเมื่อบิต DCEN เป็น "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RCLK+TCLK	CP/RL2	TR2	โหมด
0	0	1	16 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติหรือรีโหลด
0	1	1	แคปเจอร์หรือตรวจสอบสัญญาณ
1	x	0	กำหนดอัตราบอด
x	x	0	ดิสเอเบิล

ตารางที่ 2-3 การเลือกโหมดทำงานของไทเมอร์/เคาร์เตอร์



รูปที่ 2-5 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดแคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

ถ้าหากบิต DCEN เป็น "1" จะเป็นการเอ็นเอเบิลให้ไทเมอร์ 2 สามารถนับค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยขา T2EX ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางของการนับ โดยถ้าขา T2EX ได้รับลอจิก "1" ไทเมอร์ 2 จะทำการนับค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดโอเวอร์โฟลว และเซตบิต T2F เป็น "1" ทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น ถ้ามีการเอ็นเอเบิลไว้ เมื่อไทเมอร์เกิดโอเวอร์โฟลวจะทำให้ข้อมูล 16 บิตในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L (ตัวละ 8 บิต) ถูกโหลดลงในรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 อย่างอัตโนมัติ ถ้าหากขา T2EX ได้รับลอจิก "0" ไทเมอร์ 2 จะนับค่าลง จนกระทั่งค่าของข้อมูลใน TL2 และ TH2 เท่ากับ RCAP2L และ RCAP2H ทำให้เกิดการเซตแฟลก TF2 และโหลดข้อมูล FFFFH ลงในรีจิสเตอร์ T2 อย่างอัตโนมัติ แล้วทำงานต่อไป ในรูปที่ 2-7 แสดงการทำงานของไทเมอร์ในโหมดนี้

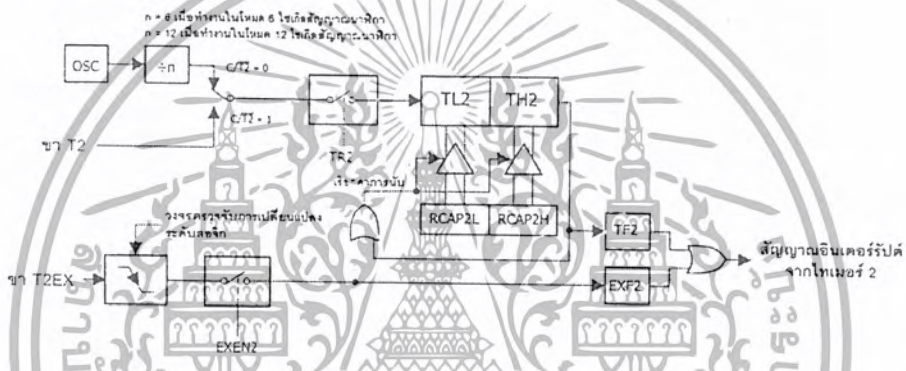
การทำงานในโหมดกำเนิดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมหรืออัตราบอด

การทำงานในโหมดนี้จะเกิดขึ้น เมื่อทำการเซตบิต RCLK และ/หรือ TCLK ในรีจิสเตอร์ T2CON ให้เป็น "1" เมื่อเข้าสู่การทำงานในโหมดนี้ บิต TF2 จะไม่เกิดการเซต และไม่มีการสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ แต่การอินเตอร์รัปต์ในไทเมอร์ 2 ก็ไม่ได้ถูกดิสเอเบิล เมื่ออยู่ใน

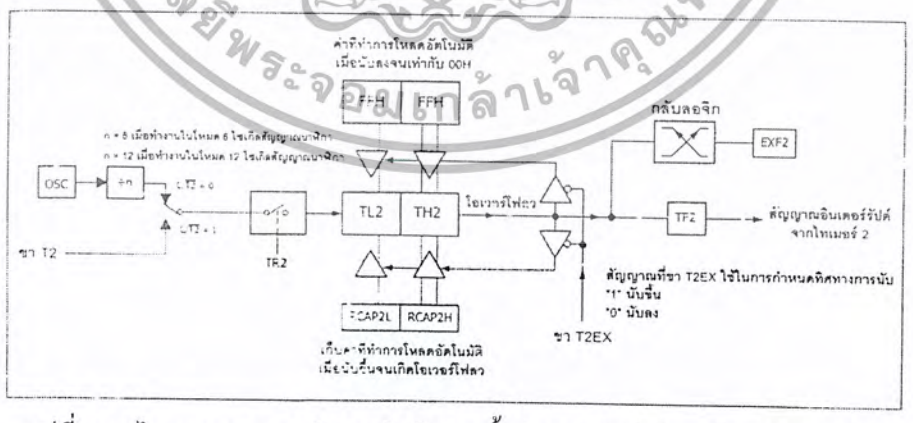
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดนี้ บิต EXEN2 ถูกเซต การเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก "1" เป็น "0" ที่ขา T2EX จะส่งผลให้บิต EXF2 เกิดการเซต แต่จะไม่มีการเรียกค่าจากรีจิสเตอร์ RCAP2L และ RCAP2H เมื่อเป็นเช่นนี้ขา T2EX จึงสามารถใช้เป็นขาอินพุตสำหรับการอินเตอร์รัปต์ได้เป็นกรณีพิเศษ

เมื่อไทเมอร์ 2 ทำงาน (บิต TR2 เป็น "1") จะถูกกำหนดให้ทำงานเป็นไทเมอร์ จึงไม่สามารถอ่านหรือเขียนค่ากับรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ได้ ค่าของรีจิสเตอร์ไทเมอร์จะเพิ่มขึ้นทุก ๆ สเตต (1 สเตตเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา) ค่าการนับของรีจิสเตอร์นำมาใช้สร้างสัญญาณนาฬิกาของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ในรูปที่ 2-8 แสดงการทำงานของไทเมอร์ 2 ในการกำเนิดอัตราบอด



รูปที่ 2-6 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติของไทเมอร์ 2 เมื่อบิต DCEN = "0"



รูปที่ 2-7 ไดอะแกรมการทำงานในโหมดตั้งค่าการนับอัตโนมัติของไทเมอร์ 2 เมื่อบิต DCEN = "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

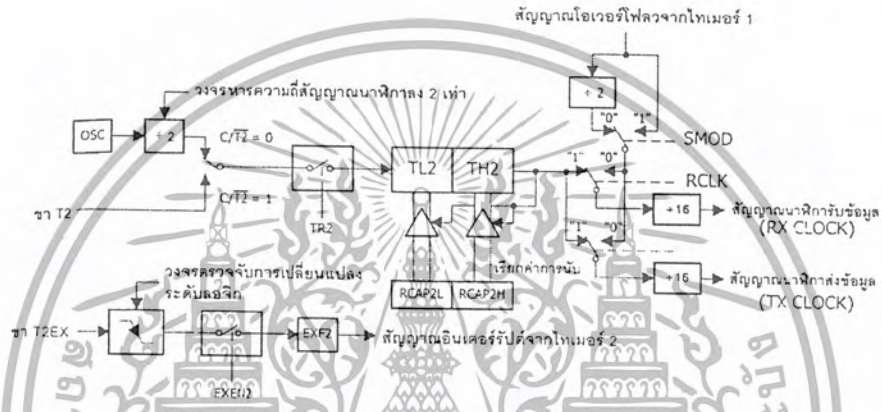
การคำนวณหาค่าอัตราบอดในโหมด 1 และ 3 ของไทเมอร์ 2 สามารถหาได้จากสูตร

อัตราบอด = fosc/[n[65536-((256*RCAP2H)+RCAP2L)]]

โดยที่ RCAP2H, RCAP2L เป็นข้อมูลขนาด 16 บิตแบบไม่คิดเครื่องหมาย

n มีค่าเท่ากับ 16 เมื่อทำงานในโหมด 6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา และเท่ากับ 32 เมื่อทำงานในโหมด 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา

ในตารางที่ 2-5 แสดงการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L เพื่อสร้างอัตราบอดที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาค่าต่าง ๆ ในโหมดการทำงาน 6 และ 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 2-8 ไดอะแกรมการทำงานของไทเมอร์ 2 ในโหมดกำเนิดอัตราบอดสำหรับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

อัตราบอด		ความถี่สัญญาณนาฬิกา	ค่าของรีจิสเตอร์	
โหมด 12 ไซเคิล	โหมด 6 ไซเคิล		RCAP2H	RCPA2L
375 Kbps	750 Kbps	12MHz	FFH	FFH
9.6 Kbps	19.2 Kbps	12MHz	FFH	D9H
2.8 Kbps	5.6 Kbps	12MHz	FFH	B2H
2.4 Kbps	4.8 Kbps	12MHz	FFH	64H
1.2 Kbps	2.4 Kbps	12MHz	FEH	C8H
300 bps	600 bps	12MHz	FBH	1EH
110 bps	220 bps	6MHz	F2H	AFH
300 bps	600 bps	6MHz	FDH	8FH
110 bps	220 bps	12MHz	F9H	57H

ตารางที่ 2-4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L เมื่อใช้งานไทเมอร์ 2 ในการสร้างอัตราบอดเพื่อติดต่อกับพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	T2CON	
	การควบคุมจากภายใน	การควบคุมจากภายนอก
16บิตแบบตั้งค่านับอัตโนมัติหรือรีโหลด	00H	08H
แคปเจอร์หรือตรวจสอบสัญญาณ	01H	09H
กำเนิดอัตราบอดโดยอัตรารับและส่งเท่ากัน	34H	36H
รับข้อมูลเท่านั้น	24H	26H
ส่งข้อมูลเท่านั้น	14H	16H

ตารางที่ 2-5 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ T2CON เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นไทเมอร์

โหมดการทำงานของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	T2CON	
	การควบคุมภายใน	การควบคุมภายนอก
16บิตแบบตั้งค่าอัตโนมัติหรือรีโหลด	02H	0AH
แคปเจอร์หรือตรวจจับสัญญาณแบบ16บิต	03H	0BH

ตารางที่ 2-6 แสดงข้อมูลของรีจิสเตอร์ T2CON เพื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานเป็นเคาน์เตอร์

ข้อมูลที่ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

เนื่องจากมีตัวแปรอยู่หลายตัวที่ใช้ในการควบคุม และเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 เช่นเดียวกับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งโหมดของการทำงานที่แตกต่างกันมาก และมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานจึงได้ทากรสรุปข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ไว้ในตารางที่ 2-6 และ 2-7

การใช้งานไทเมอร์ 2 เพื่อกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบโปรแกรมได้

อีกความสามารถพิเศษหนึ่งที่ไทเมอร์ 2 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ทำได้ คือ กำเนิดสัญญาณพัลส์ดิวตี้ไซเกิล 50% แบบโปรแกรมค่าความถี่ได้ออกทางขา T2(P1.0) โดยค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่กำเนิดได้นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 61Hz – 4MHz เมื่อทำงานในโหมด 12 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา และ 122 Hz – 8MHz เมื่อทำงานในโหมด 6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา ที่ความถี่ของคริสตอล 16MHz การกำหนดให้ไทเมอร์ 2 กำเนิดสัญญาณพัลส์ในโหมดนี้สามารถทำได้โดย

1. เคลียร์บิต C/T2 ในรีจิสเตอร์ T2CON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. เซตบิต TR2 (บิต 2) ในรีจิสเตอร์ T2CON
3. เซตบิต T2OE ในรีจิสเตอร์ T2MOD
4. กำหนดค่าในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L โดยคำนวณได้จากสูตร

Fosc/[n[65536-((256*RCAP2H)+RCAP2L)]

โดยที่ f_{osc} คือความถี่สัญญาณนาฬิกาหลักหรือคริสตอล มีหน่วยเป็น MHz

n เท่ากับ 2 เมื่อทำงานในโหมด 6 ไซเกิล และ 4 เมื่อทำงานในโหมด 12 ไซเกิล

ค่าในรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L รวมกันเป็นข้อมูลขนาด 16 บิตแบบไม่คิดเครื่องหมาย

อย่างไรก็ตาม เมื่อกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมดนี้ ไทเมอร์ 2 ต้องไม่กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์เช่นเดียวกับการสร้างอัตราบอด

ความสามารถที่เพิ่มเติมในพอร์ตอนุกรมของ P89C51RD2

ในพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ได้มีการเพิ่มเติมความสามารถพิเศษอีก 2 อย่างคือ *ตรวจจับการหายไปของบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย* ซึ่งเรียกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า ความผิดพลาดของเฟรมข้อมูล (framing error) และสามารถเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าด้วยกันหลาย ๆ ตัวหรือที่เรียกว่า มัลติ-โปรเซสเซอร์ (multi-processor) โดยใช้ความสามารถรับรู้แอดเดรสในการติดต่ออัตโนมัติ (automatic address recognition)

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องในความสามารถนี้คือ SCON ดังมีรายละเอียดการทำงานในแต่ละบิตต่อไปนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต1
SMO/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SMO/FE (Serial port mode bit 0/Framing error bit) : ปกติจะใช้ร่วมกับบิต SM1 เพื่อกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม การเข้าถึงบิตนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งก็คือ บิต 6 ของรีจิสเตอร์ PCON ในกรณีที่ใช้ความสามารถตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูล บิตนี้จะใช้แจ้งความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยจะเซตเป็น "1" ทันทีเมื่อพบว่า ไม่สามารถตรวจจับบิตหยุดหรือบิตปิดท้ายของข้อมูลของพอร์ตอนุกรมได้ การเอ็นเอเบิลความสามารถนี้ทำได้โดยการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON การเคลียร์บิตนี้ต้องกระทำทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

SM1 (Serial port mode bit 1) : ใช้ร่วมกับบิต SMO ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55674

SM0	SM1	โหมด	รายละเอียด	อัตราบอด
0	0	0	ชิฟต์รีจิสเตอร์	ความถี่สัญญาณนาฬิกา/6(ในโหมด6ไซเกิดสัญญาณนาฬิกา)
0	1	1	UART 8 บิต	ปรับค่าได้
1	0	2	UART 9 บิต	ความถี่สัญญาณนาฬิกา/32(ในโหมด 6 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกา)
1	1	3	UART 9 บิต	ปรับค่าได้

SM2 (Serial port mode bit 2) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลความสามารถการรับรู้แอดเดรสในการติดต่ออัตโนมัติ เมื่อมีการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน โดยความสามารถนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อวงจรพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในโหมด 2 หรือ 3 ถ้าบิต SM2 เป็น "1" บิต RI จะไม่เซต เว้นแต่ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น "1" เป็นแจ้งว่า สามารถติดต่อได้และข้อมูลที่รับเข้ามาคือ ค่าแอดเดรสที่ต้องการติดต่อด้วย

ในกรณีที่พอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 ถ้าบิต SM2 เซต บิต RI จะไม่เปลี่ยนแปลง จนกว่าจะได้รับข้อมูลบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย และข้อมูลที่รับได้จะเป็นข้อมูลแอดเดรสที่ต้องการติดต่อด้วย

ในกรณีที่วงจรพอร์ตอนุกรมทำงานในโหมด 0 บิต SM2 นี้เป็น "0"

REN(Received enable bit) : ใช้สำหรับเอ็นเอเบิลความสามารถในการรับข้อมูลของวงจรพอร์ตอนุกรม

"1" เอ็นเอเบิลการรับข้อมูล

"0" ดิสเอเบิลการรับข้อมูล

การเซตหรือเคลียร์บิตนี้ต้องกระทำด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

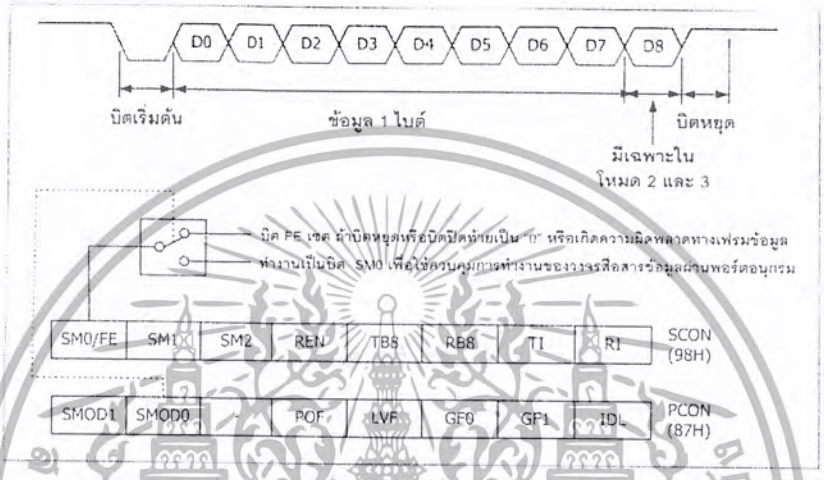
TB8 (Receive data bit 8) : ใช้เก็บข้อมูลบิต 8 หรือบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกผ่านทางพอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 2 และ 3

RB8 (Receive data bit 8) : ใช้เก็บข้อมูลบิต 8 ของข้อมูลที่รับเข้ามาได้ของพอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 2 และ 3 ในกรณีทำงานในโหมด 1 ถ้าบิต SM2 = 0 ข้อมูลของบิตหยุดเก็บไว้ที่บิต RB8 บิตนี้จะไม่ใช้งานในโหมด 0

TI (Transmit interrupt flag) : บิตแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์ เนื่องจากการส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 0 บิตนี้จะเซตเมื่อมีการส่งข้อมูลบิต 7 หรือบิตที่ 8 ออกไป แต่ถ้าทำงานในโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย การเคลียร์บิตนี้ต้องกระทำด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RI (Receive interrupt flag) : บิตแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์ เนื่องจากการรับข้อมูลเข้ามาของพอร์ตอนุกรม เมื่อทำงานในโหมด 0 บิตนี้จะเซตเมื่อรับข้อมูลบิต 7 หรือบิตที่ 8 เสร็จสมบูรณ์ แต่ถ้าทำงานในโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อการรับบิตปิดท้ายดำเนินไปได้ครึ่งทาง นอกจากนี้การเซตบิตนี้ยังมีเงื่อนไขที่กำหนดโดยบิต SM2 ร่วมด้วยการเคลียร์บิตนี้ต้องกระทำด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์



รูปที่ 2-9 แสดงรายละเอียดของกลไกในการตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลในสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2

การตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูล

ความผิดพลาดนี้จะเกิดขึ้นเมื่อบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย (stop bit) ในเฟรมของข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ เกิดหายไปแล้วมีการส่งข้อมูลในชุดต่อไปมา ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถรับรู้การสิ้นสุดลงของข้อมูลแต่ละชุดได้ การรับข้อมูลจึงเกิดความผิดพลาดเกิดขึ้น ในวงจรสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 สามารถตรวจจับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้ได้ โดยต้องทำการเอ็นเอเบิลความสามารถนี้ โดยการเซตบิต 6 ของรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งก็คือบิต SMOD0 ในรูปที่ 2-9 แสดงกลไกการตรวจจับความผิดพลาดของเฟรมข้อมูล

เมื่อเกิดความผิดพลาดของเฟรมข้อมูลขึ้น บิต 7 ของรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งก็คือ บิต FE จะเซต หากต้องการเคลียร์บิต FE นี้ต้องใช้กรบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

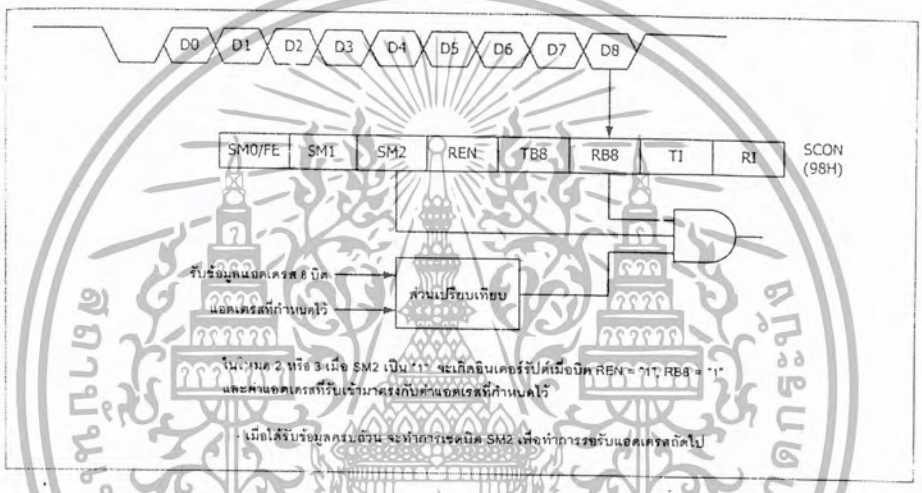
การรับรู้แอดเดรสอัตโนมัติ

เมื่อมีการต่อพ่วงไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 เข้าด้วยกันหลายตัว โดยใช้พอร์ตอนุกรม ในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันจึงต้องมีการกำหนดแอดเดรสประจำตัว ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสน ในไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 จึงมีความสามารถในการรับรู้แอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติ เพื่อช่วยให้การติดต่อแบบมัลติโปรโซสเซอร์สามารถกระทำได้อย่างสะดวกมากขึ้น โดยการเอ็นเอเบิลความสามารถนี้กระทำได้โดยการเซตบิต SM2 และต้องกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในโหมด 2 หรือ 3

กระบวนการทำงานคือ ในระบบมัลติ-โปรเซสเซอร์จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นตัวหลักหรือมาสเตอร์ (master) เพียงตัวเดียว ที่เหลือทั้งหมดจะเป็นตัวพ่วงหรือสเลฟ (slave) ดังนั้นในแต่ละสเลฟก็จะต้องมีการกำหนดแอดเดรสประจำตัว โดยการเก็บค่าแอดเดรสจะใช้รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ 2 ตัว ประกอบด้วย SADDR และ SADEN โดยแอดเดรสที่ได้จะเกิดจากการแอนด์กันระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้ ยกตัวอย่าง



รูปที่ 2-10 แสดงรายละเอียดของกลไกในการใช้งานพอร์ตอนุกรมเพื่อติดต่อในลักษณะมัติโปรเซสเซอร์ โดยใช้ความสามารถการรับรู้แอดเดรสอัตโนมัติของ P89C51RD2

ที่สเลฟ 0 ค่าในรีจิสเตอร์ SADDR เท่ากับ 1100 0000
ค่าในรีจิสเตอร์ SADEN เท่ากับ 1111 1101
ค่าแอดเดรสที่ได้คือ 1100 00X0

ที่สเลฟ 1 ค่าในรีจิสเตอร์ SADDR เท่ากับ 1100 0000
ค่าในรีจิสเตอร์ SADEN เท่ากับ 1111 1110
ค่าแอดเดรสที่ได้คือ 1100 000X

จะเห็นว่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ SADDR เหมือนกัน แต่ต่างกันที่ข้อมูลในรีจิสเตอร์ SADEN ทำให้แอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟทั้งสองตัวต่างกัน อุปกรณ์สเลฟ 0 ต้องการข้อมูล "0" ที่บิต 0 และไม่สนใจข้อมูลที่บิต 1 ส่วน อุปกรณ์สเลฟ 1 ต้องการข้อมูล "0" ที่บิต 1 และไม่สนใจข้อมูลที่บิต 0 ทำให้ค่าแอดเดรสของสเลฟ 0 จึงเท่ากับ 11000010 ส่วนแอดเดรสของสเลฟ 1 เท่ากับ 11000001 และถ้าต้องการติดต่ออุปกรณ์สเลฟทั้งสองตัวพร้อมกัน สามารถทำได้โดยกำหนดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสเป็น 11000000 ในรูปที่ 2-10 แสดงให้เห็นถึงไดอะแกรมของกระบวนการรับรู้แอดเดรสอัตโนมัติ เมื่อเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบมัลติ-โปรเซสเซอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม

ด้วยความสามารถเหล่านี้ทำให้การติดต่ออุปกรณ์ในระบบมัติ-โปรเซสเซอร์ลดความซับซ้อนลง เพียงเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SADDR และ SADEN ของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัว และเมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 หรือ 3 ก็จำติดต่อกันได้ทันที รวมถึงจำนวนของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อเข้ามาในระบบก็สามารถทำได้มากมาย ถ้าดูจากตัวอย่าง ด้วยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ SADDR ทีเหมือนกัน จะเกิดอุปกรณ์สเลฟ 8 ตัว และค่าในรีจิสเตอร์ SADDR กำหนดได้มากถึง 255 ค่า จึงทำให้สามารถสร้างระบบมัลติ-โปรเซสเซอร์ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อร่วมกันมากถึง 2,040 ตัว หากไม่ใช้ความสามารถดังกล่าวการสร้างระบบมัลติ-โปรเซสเซอร์จะยุ่งยากมาก ต้องเสียขาพอร์ตเพื่อกำหนดแอดเดรส และต้องมีการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนมาก ทั้งยังมีข้อจำกัดในจำนวนของการติดต่อด้วย

ส่วนแจ้งเตือนผลของค่าพารามิเตอร์ซึ่งเกินจากขอบเขตที่กำหนด

จะใช้หลอดไฟแสดงสภาวะการทำงานผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ภายในตู้ฟัก โดยจะมีสัญญาณไฟติด-ดับ สลับกันเมื่อเกิดอุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้ประมาณ 2 องศาเซลเซียส และสัญญาณไฟจะติดตลอดเมื่อครบกำหนดวันทำการฟัก

2.2 การเชื่อมต่อกับไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS 1820

1. ทฤษฎีการส่งข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1 WIRE SERIAL BUS)

ระบบนี้ใช้สัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณนาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอื่น ๆ เนื่องจากสายข้อมูลนั้นจะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาไปในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณในแต่ละช่องของเวลาหรือต่อไปนี้จะขอเรียกว่าไทม์สล๊อต (TIMESLOT) โดยคำนวณเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่าง ๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล๊อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นอะซิงโครนัสระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีบนแผงวงจรเดียวกัน หรือสร้างเป็นโครงข่ายสื่อสารแบบทวิสต์แพร์ก็ได้

2. คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย

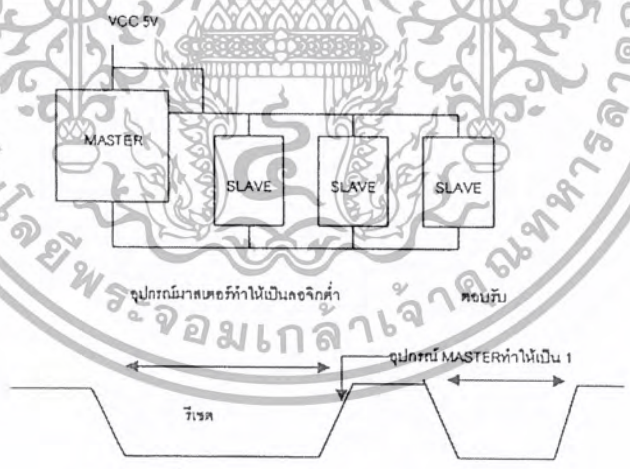
สายสัญญาณบนระบบบัสแบบหนึ่งสายนี้จะเป็นสายสัญญาณแบบสองทิศทางแต่ข้อมูลจะสามารถเดินทางได้ในทิศทางเดียวภายในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ นั่นคือ มีลักษณะคล้ายกับระบบสื่อสารแบบ HALF DUPLEX อย่างเช่นการใช้งานวิทยุสื่อสาร อุปกรณ์บนระบบบัสต้องมีการระบุอย่างชัดเจนว่าตัวใดเป็นอุปกรณ์ MASTER ตัวใดเป็น SLAVE โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์ MASTER คือ MICROCONTROLLER และอุปกรณ์ SLAVE คือ ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ หรือไอซีหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจำแรม อุปกรณ์ MASTER จะเป็นอุปกรณ์เตรียมความพร้อมของสายสัญญาณและควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลบนสายสัญญาณนั้น ข้อมูลทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นข้อมูลควบคุมหรือข้อมูลใช้งานจะถูกส่งลงบนสายสัญญาณที่มีอยู่เพียงเส้นเดียวในระหว่างทำงานอุปกรณ์ MASTER และ SLAVE เป็นได้ทั้งตัวส่งและตัวรับข้อมูล ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการกระทำงานนั้น ๆ สายสัญญาณของระบบบัสนี้ต้องกำหนดสภาวะปกติไว้ที่ลอจิกสูง สามารถทำได้โดยการต่อตัวต้านทานประมาณ 4.7 K PULL UP กับไฟเลี้ยง 5V ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำเข้ามาต่อกับระบบบนระบบบัสตอนนี้จึงต้องถอดออกให้ภาคเอาต์พุต ที่ต้องต่อกับสายสัญญาณมีลักษณะเป็น COLLECTOR เปิดหรือเดรนเปิด

3. คุณสมบัติของ TIMESLOT

อุปกรณ์ MASTER จะเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวบนระบบบัสหนึ่งสายนี้ที่สามารถทำการ INNITIAL สายสัญญาณได้ โดยอุปกรณ์ MASTER จะกำเนิดจุดเริ่มต้นของ TIMESLOT ด้วยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำ จากนั้นก็จะทดให้กลับมาเป็นลอจิกสูง ถ้าหากอุปกรณ์ SLAVE ต้องการส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์ MASTER อุปกรณ์ SLAVE จะเป็นตัวควบคุมสภาวะของสายสัญญาณต่อไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่ถ้าหากอุปกรณ์ MASTER ต้องการส่งข้อมูลก็จะสามารถดำเนินการต่อไปได้เลย



รูปที่ 2-11 แสดงไทม์สล็อทของอุปกรณ์

ฟังก์ชันของ TIME SLOT ทีกำหนดโดยอุปกรณ์มาสเตอร์มีด้วยกัน 4 ฟังก์ชันคือ TIMESLOT ของการรีเซต การอ่านข้อมูล การเขียนข้อมูล1 และการเขียนข้อมูล0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้าน SLAVE นั้นจะมีฟังก์ชัน TIMESLOT อยู่ทั้งสิ้น 3 ฟังก์ชันคือ ไทม์สล๊อตของการตอบสนอง การเขียนข้อมูล1 การเขียนข้อมูล0 ไทม์สล๊อตของการตอบสนองใช้ในการตอบสนองการติดต่อจากอุปกรณ์ MASTER

การแยกแยะฟังก์ชันของแต่ละไทม์สล๊อตจะใช้ความยาวของคาบเวลาและลักษณะของรูปสัญญาณเป็นตัวกำหนด

4. ไทม์สล๊อตการรีเซตและการตอบสนอง

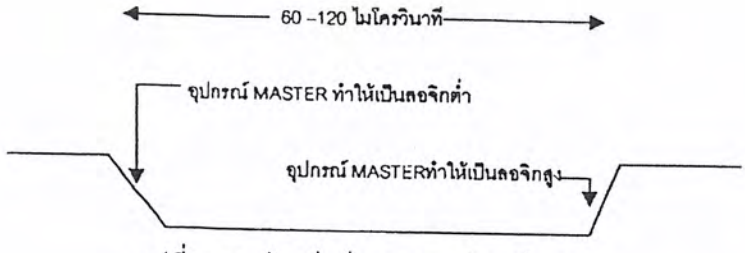
อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้เกิดการรีเซตบนสายสัญญาณเพื่อแจ้งแก่อุปกรณ์ SLAVE โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องอย่างน้อย 480 ไมโครวินาที และจะต้องทำให้สายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูงภายใน 480 ไมโครวินาที หลังจากนั้นถ้าหากมีอุปกรณ์ SLAVE ต่ออยู่บนสายสัญญาณ จะมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตนั้นด้วยสัญญาณตอบสนอง โดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องนานประมาณ 60-24 ไมโครวินาที หลังจากสัญญาณรีเซตปรากฏประมาณ 15-60 ไมโครวินาที

รูปที่ 2-12 ไทม์สล๊อทของอุปกรณ์มาสเตอร์

5. ไทม์สล๊อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์ MASTER และการเขียนข้อมูลของ SLAVE

เมื่อต้องการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์ SLAVE อุปกรณ์ MASTER จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1-15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายกลับมาเป็นลอจิกสูง อุปกรณ์ SLAVE จะส่งข้อมูลมาให้อุปกรณ์ MASTER โดยถ้าข้อมูลเป็น 0 อุปกรณ์ SLAVE จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 45 ไมโครวินาทีแล้วทำให้สัญญาณกลับมาสู่สภาวะลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าต้องการเขียนข้อมูล 1 อุปกรณ์ MASTER จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดประมาณ 60-120 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 ไทม์สล็อทของอุปกรณ์สลาฟ

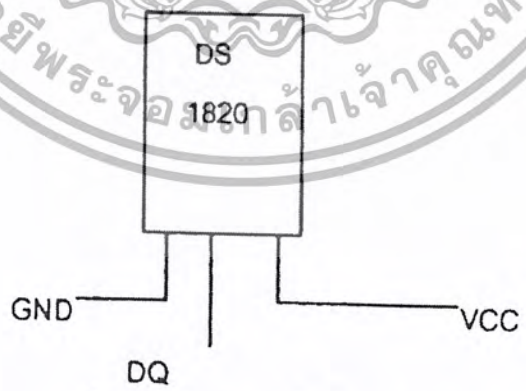
2.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1 WIRE COMMUNICATION PROTOCOL)

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลระบบบัสหนึ่งสาย อุปกรณ์มาสเตอร์จะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวต้องมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสเฉพาะของตัว โดยจะเก็บไว้ในหน่วยความจำรอมภายในอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น ๆ โดยปกติอุปกรณ์สเลฟในระบบบัสหนึ่งสายนี้จะมีหน่วยความจำขนาด 64 บิต หรือ 8 ไบต์สำหรับเก็บข้อมูลอุปกรณ์แต่ละตัวซึ่งประกอบด้วย

1. รหัสตระกูล จำนวน 8 บิต
2. เลขหมายประจำตัว (SERIAL NUMBER) จำนวน 48 บิต
3. รหัสตรวจสอบความผิดพลาด (CRC: CYCLICAL REDUNDANCY CHECK)

2.4 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS 1820

เป็นไอซีที่ตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ เป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอกขากราวด์



รูปที่ 2-14 ลักษณะขาไอซี DS 1820

หัวใจสำคัญของ DS 1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า SCRATCHPAD ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ โดยเมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จำนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน SCRATCHPAD ที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS 1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นฐานข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียส และ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์

คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS 1820

ในการติดต่อกับไอซีนี้จะมีคำสั่งที่ต้องใช้เพื่อกำหนดรูปแบบงาน คำสั่งที่ใช้มากที่สุด 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอม หรือสคริปรอม - เนื่องจากในงานนั้นโดยปกติแล้วจะมี DS 1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส จึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรอม

2. คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (CONVERT T) – เมื่อคำสั่งนี้ให้ DS 1820 จะต้องทำงานวนลูปรออย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ได้เวลานี้ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอบมาเก็บไว้ใน SCRATCHPAD

3. คำสั่งอ่านข้อมูลจาก SCRATCHPAD - มีค่าเท่ากับ 0BEH เมื่อคำสั่งค่าคำสั่งนี้ทำให้จะทยอยส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกาทั้งหมด 9 ไบต์

2.5 ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I^2C Bus

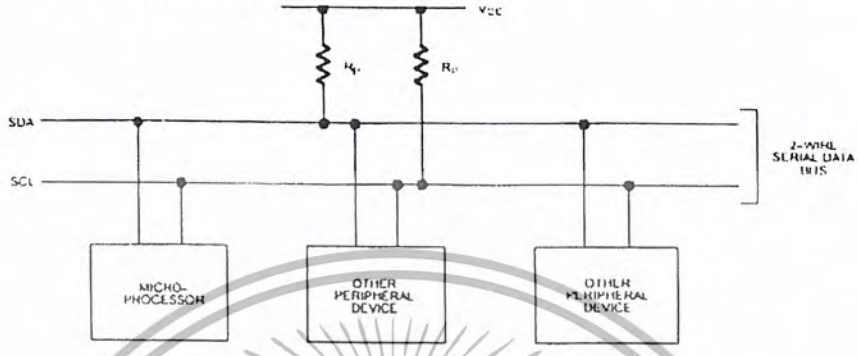
ความรู้เรื่องการสื่อสารแบบ I^2C Bus I^2C Bus ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit Bus (IIC Bus) ซึ่งนิยมเรียกกันสั้น ๆ ว่า "I^2C Bus" ซึ่งเป็นชื่อของวิธีการติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบหนึ่ง ซึ่งถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย "PHILIPS SEMICONDUCTOR" เท่านั้นที่ทำการผลิตออกใช้งานแต่ในปัจจุบันเริ่มมีผู้ผลิตรายอื่น ๆ หันมาให้ความสนใจและผลิตอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบ I^2C Bus นี้กันมากขึ้น เช่น บริษัท ATMEL บริษัท MICROCHIPS และบริษัท DALLAS เป็นต้น เนื่องจากรูปแบบในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ด้วยระบบบัสแบบนี้ จะมีข้อดีคือ ใช้สัญญาณในการเชื่อมต่อเพียงสองเส้น (SCL และ SDA) แต่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลาย ๆ ตัวร่วมในบัสเดียวกันได้ ซึ่งในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นยุคสมัยของไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กเนื่องจากระบบการทำงานของวงจรต่าง ๆ จะมุ่งเน้นออกแบบให้มีขนาดเล็กกระทัดรัดและสามารถใช้งานได้หลากหลาย ดังนั้นอุปกรณ์จำพวก Chips Support ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ไอซีหน่วยความจำไอซี ADC ไอซีฐานเวลา (RTC) หรือไอซีจำพวก Port I/O ต่าง ๆ ก็เริ่มมีการออกแบบให้ใช้การเชื่อมต่อกับ CPU เป็นบัสแบบ I^2C Bus กันมากยิ่งขึ้น ซึ่งข้อกำหนดของการเชื่อมต่อบัสแบบนี้จะมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานเหมือนกัน แต่อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางจุด

การเชื่อมต่อบัสแบบ I^2C Bus

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ โดยใช้บัสแบบ I^2C Bus นี้จะใช้สัญญาณทั้งหมด 2 เส้น คือ SCL และ SDA โดยการติดต่อระหว่างอุปกรณ์จะเป็นแบบ 2 ทิศทาง โดยสัญญาณทั้งสองเส้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

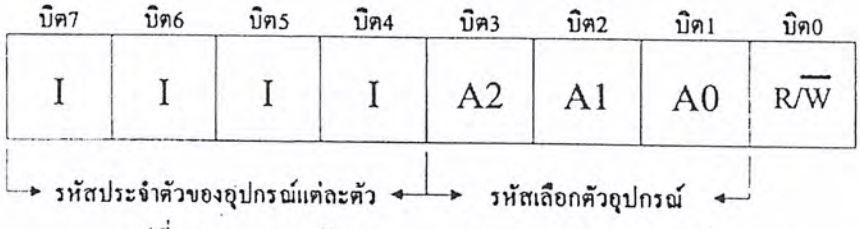
ต้องต่อกับตัวต้านทาน Pull-Up ไว้ เพื่อให้สถานะของบัสในขณะไม่ถูกใช้งานจะมีสภาวะเป็นบัสว่างหรือ "1" ทั้งคู่ โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ถูกออกแบบมาเชื่อมต่อกับระบบบัสแบบนี้ จะต้องสร้างวงจรภาคเอาต์พุต ให้เป็นแบบ Open Drain หรือ Open Collector เสมอ เพื่อให้สามารถต่ออุปกรณ์ร่วมกันในระบบบัสเดียวกันได้มากกว่าหนึ่งอุปกรณ์



รูปที่ 2-15 รูปแสดงลักษณะโครงสร้างการต่อบัสแบบ I^2C

2.6 การรับส่งข้อมูลของ I^2C Bus

การรับส่งข้อมูลของอุปกรณ์ I^2C Bus จะเริ่มต้นด้วยการที่ตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้น (Start Condition) เพื่อขอใช้บัสจากนั้นจึงเริ่มการส่งรหัสควบคุม (Control Byte) เพื่อใช้ระบุตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูกที่ต้องการจะติดต่อด้วยในระบบบัส โดยค่าตำแหน่งแอดเดรสนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะมีรหัสแอดเดรสเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ไม่มีการซ้ำกันในระบบบัสเดียวกัน โดยรหัส Control Byte นี้จะมีขนาด 8 บิต ซึ่ง 7 บิตแรก (เริ่มจาก MSB) จะเป็นค่าตำแหน่งแอดเดรสของตัวลูก ส่วนบิตที่ 8 (LSB) จะเป็นบิตสุดท้ายของไบต์ใช้สำหรับระบุทิศทางของข้อมูลในการรับส่ง (R/W) โดยถ้าบิต LSB มีค่าเป็น "1" จะหมายถึง ตัวแม่ (CPU) ต้องการอ่านข้อมูลจากตัวลูก (อุปกรณ์) โดยข้อมูลจะทำการรับส่งกันครั้งละหนึ่งไบต์ (8 บิต) และปิดท้ายข้อมูลของแต่ละไบต์ด้วยบิตแสดงการตอบรับ (Acknowledge Bit) โดยลักษณะโครงสร้างของ Control Byte ของอุปกรณ์แบบ I^2C มีดังนี้



รูปที่ 2-16 แสดงลักษณะของ Control Byte ของ I^2C Bus

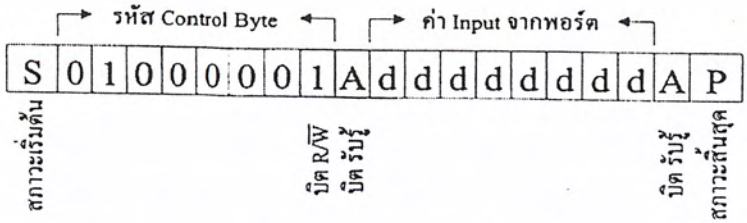
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่ารหัส Control Byte ของอุปกรณ์ I^2C นั้นจะมีขนาด 8 บิต โดยที่ บิต 7 – บิต 4 จะเป็นรหัสประจำตัวของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ถูกกำหนดไว้ตายตัวจากโรงงาน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องศึกษาจากคู่มือ Data Sheet ของอุปกรณ์นั้น ๆ เองว่าอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานมีรหัสประจำตัวเป็นเท่าใด ส่วนบิต 3 – บิต 1 นั้นจะมีไว้สำหรับเลือกเบอร์อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัส โดยค่าของทั้ง 3 บิตนี้จะต้องมีค่าตรงกับการกำหนดสถานะทางลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และ A0 ของอุปกรณ์ด้วย ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัวเป็น "0111" อาจถูกออกแบบให้สามารถต่อร่วมกันภายในบัสเดียวกันได้จำนวน 8 ตัว โดยการกำหนดสภาวะลอจิกให้กับขาสัญญาณ A2, A1 และ A0 ของอุปกรณ์ให้มีความแตกต่างกันจากวงจรที่ต่ออยู่ ดังนั้นเมื่อตัวแม่ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว "0111" ตัวใดในระบบบัสก็จะส่งค่า Control Byte ด้วยค่าใน บิต 3 – บิต 1 ตรงกับสถานะทางลอจิกของอุปกรณ์ตัวนั้น ๆ ออกไป ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวแม่ส่งรหัส Control Byte ด้วยค่า "01110000" ออกไปในบัส ก็จะหมายถึงว่า ตัวแม่ต้องการจะเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่มีรหัสประจำตัว "0111" ตัวที่ขาสัญญาณ A2, A1 และ A0 ไม่ตรงกับ "000" ก็จะไม่สนใจรหัสนั้น

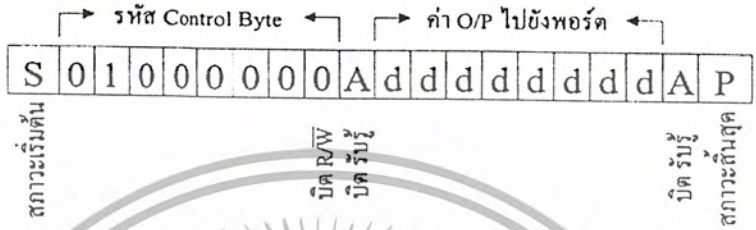
แต่อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ I^2C บางตัว อาจถูกออกแบบให้ต่อได้ในระบบบัสเดียวกันเพียงตัวเดียวโดยไม่มีขาสัญญาณในการเลือกตำแหน่งของอุปกรณ์อยู่ด้วยค่าของ Control Byte ในตำแหน่ง บิต3 – บิต1 ก็อาจถูกกำหนดไว้ตายตัวเป็น "000" เสมอก็เป็นได้ ส่วนค่า Control Byte ในตำแหน่งของ บิต0 มีค่าเป็น "1" จะหมายถึงตัวแม่ต้องการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์เป็นต้น

สำหรับจำนวน ไบต์ ข้อมูลในการรับส่งกันนั้น ไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าจะต้องส่งกันครั้งละกี่ไบต์ ขึ้นอยู่กับข้อตกลงระหว่างอุปกรณ์แต่ละชนิดจะกำหนดขึ้น โดยในการรับส่งแต่ละครั้งนั้น ตัวแม่จะเป็นตัวควบคุมการรับส่งเองทั้งหมด ซึ่งในกรณีที่ตัวแม่ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวนั้น หลังจากตัวแม่สร้างสภาวะเริ่มต้น (Start Condition) ขึ้นมาและทำการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวหนึ่งเสร็จแล้ว ไม่จำเป็นต้องสร้างสภาวะสิ้นสุด (Stop Condition) เพื่อกลับไปเริ่มต้นรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ตัวต่อไปอีกก็ได้ แต่ตัวแม่สามารถสร้างสภาวะเริ่มต้น (Start Condition) ขึ้นมาซ้ำใหม่พร้อมกับส่งค่า Control Byte ซึ่งระบุตำแหน่งแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวต่อไปที่ต้องการติดต่อด้วยได้ทันที แต่เมื่อทำการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ทุกตัวในบัสเสร็จจะรียบร้อยแล้วจึงสร้างสภาวะสิ้นสุด (Stop Condition) เพื่อเป็นการเลิกใช้บัสและทำให้บัสอยู่ในสภาวะว่างในภายหลังก็ได้เช่นกัน

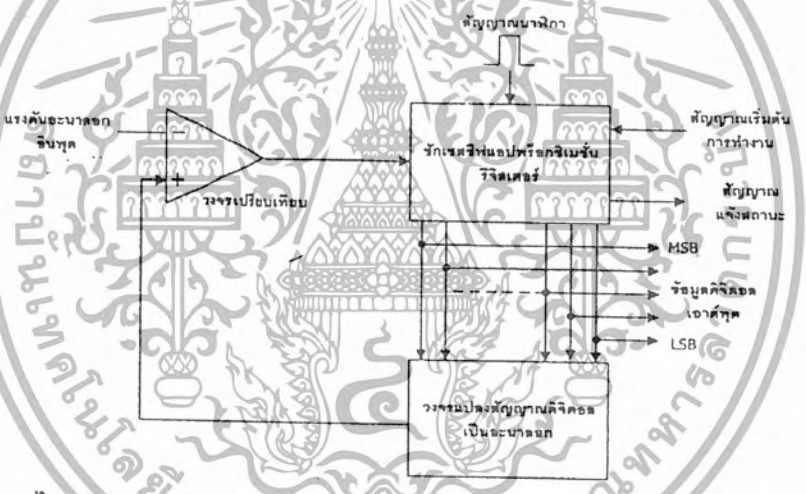
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดง ตัวอย่างรูปแบบของการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ I/O แบบ I^2C Bus ตัวหนึ่ง

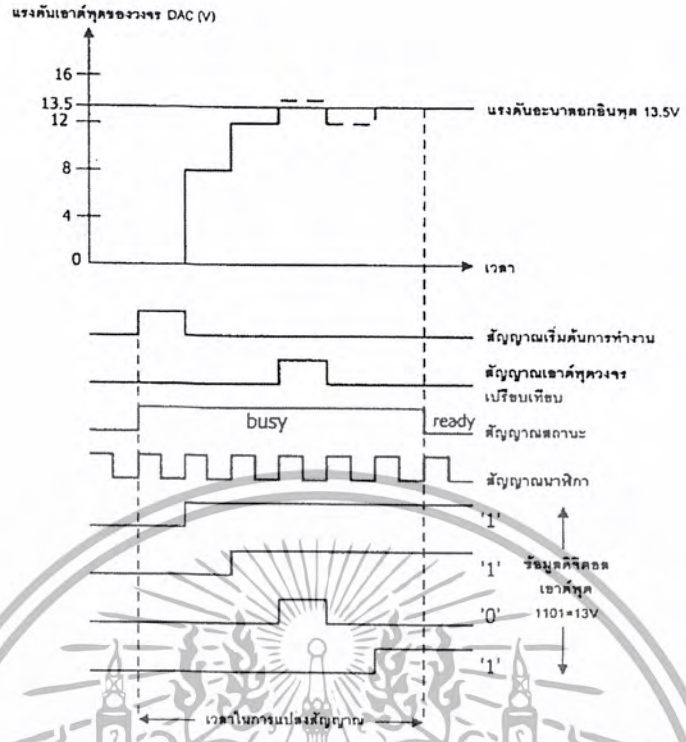


แสดง ตัวอย่างรูปแบบของการเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์ I/O แบบ I^2C Bus ตัวหนึ่ง



รูปที่ 2-17 ไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-18 ไดอะแกรมเวลาแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น

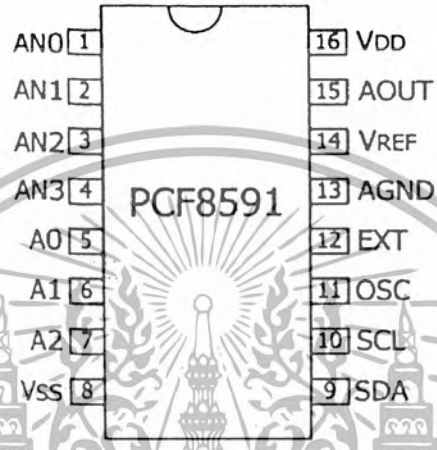
2.7 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591

ในการทดลองนี้จะใช้ ไอซี ที่มีความสามารถสูงเบอร์ PCF8591 เนื่องจากในตัวมันมีวงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชันขนาด 8 บิต สูงถึง 4 ช่อง ทั้งยังมีวงจร DAC อีก 1 ช่องด้วย ระบบการเชื่อมต่อเป็นแบบบัส I^2C ทำให้ใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น ทั้งยังสามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุด 8 ตัว ทำให้ได้วงจร ADC รวมสูงถึง 32 ช่อง และวงจร DAC รวม 4 ช่อง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง มีรายละเอียดคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

- ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว
- ทำงานที่แรงดัน 2.5V ถึง 6V
- กินกระแสขณะอยู่ในสภาวะสแตนบายต์ต่ำ
- ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบบัส I^2C
- เลือกตำแหน่งแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์จากขา A0, A1, A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุดถึง 8 บิต
- อัตราการสุ่มข้อมูล (samping) ขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกาบนบัส I^2C
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) สามารถรับสัญญาณอะนาลอกได้ 4 ช่อง ทั้งยังเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบแยกช่องหรือทำงานเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอ่านค่าสามารถกำหนดให้เลื่อนช่องอินพุตโดยอัตโนมัติ
- สัญญาณอะนาลอกมีระดับแรงดันตั้งแต่ V_{SS} ไปจนถึง V_{DD}
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นแบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น ขนาด 8 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด 8 บิต 1 ช่อง



รูปที่ 2-19 การจัดขาของไอซี ADC/DAC ขนาด 8 บิตผ่านบัส I^2C เบอร์ PCF8591

สามารถทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต 4 ช่อง และทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกได้ในคราวเดียวกัน ด้านการควบคุมผ่านระบบบัส I^2C ทำให้สามารถต่อพ่วงไอซี PCF8591 ได้สูงสุดถึง 8 ตัว รองรับการอ่านค่าสัญญาณอะนาลอกอินพุตได้สูงสุดถึง 32 ช่อง และสามารถส่งสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตสูงสุดได้ถึง 8 ช่อง ด้วยการกำหนดแอดเดรสจากขา A0, A1 และ A2 การจัดขา PCF8591 แสดงในรูปที่ 2-19

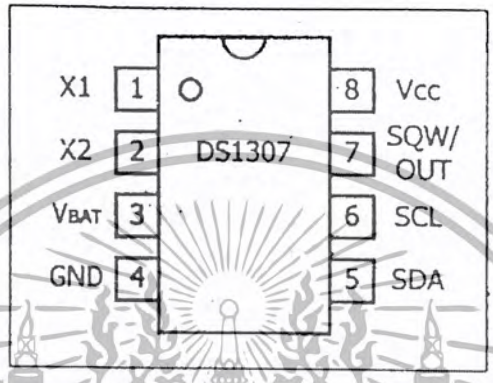
2.8 DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (RTC)

ผู้ผลิตคือ ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas semiconductor) มีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย DS1307 จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ละเอียดถึงหลักวินาที, นาที, ชั่วโมง, วันที่ (DATE), วันในสัปดาห์ (DAY), เดือน และปี โดยสามารถปรับวันเดือนปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้องรวมถึงการกำหนดวันในปีอธิกสุรทินด้วย คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้

- เป็นไอซีรีลไทม์คล็อกให้ข้อมูลตั้งแต่วินาทีจนถึงปี รวมถึงการปรับวันในปีอธิกสุรทินด้วย สามารถให้ข้อมูลเวลาได้อย่างเที่ยงตรงถึงปีคริสศักราช 2100
-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน่วยความจำนอนโวลาไทล์แรม 56 ไบต์อยู่ภายในสามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
- ใช้การเชื่อมต่อแบบระบบบัส I^2C
- มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำหรือหายไปอย่างอัตโนมัติ และสามารถรักษาข้อมูลเวลาไว้ได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง



รูปที่ 2-20 การจัดขาของไปซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)

การทำงานของ DS1307

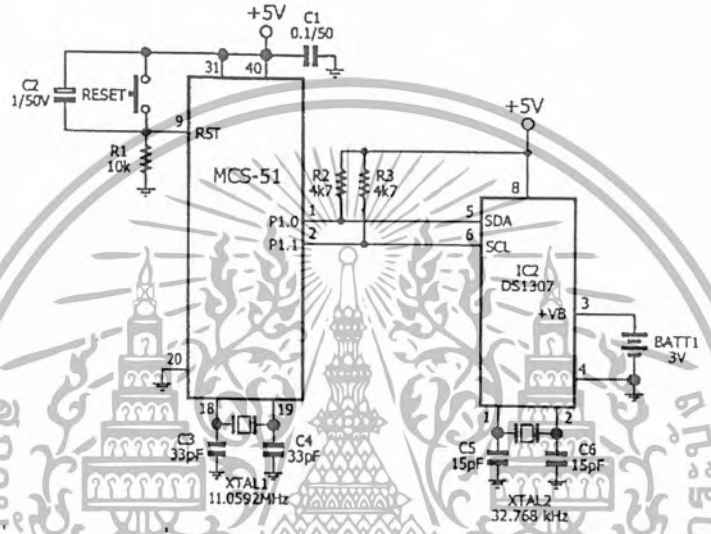
ไอซี จัดการเชื่อมต่อในแบบบัส I^2C โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ I^2C ในรูปที่ 2-20 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญและไดอะแกรมการทำงานของ DS1307 วงจรออสซิลเลเตอร์ถือเป็นหัวใจหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างฐานข้อมูลเวลาจริง ในขณะที่ DS1307 ทำงานที่ขา SQW/OUT จะมีสัญญาณพัลส์เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการอีนาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่รีจิสเตอร์ควบคุม ค่าความถี่ของสัญญาณนี้สามารถเลือกได้ 4 ค่า คือ 1Hz, 4.096kHz และ 32kHz พร้อมกันนั้นก็จะมีการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำนอนโวลาไทล์แรม ซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์ แต่จัดสรรให้ใช้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56 ไบต์

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบสภาวะของไฟเลี้ยงไอซี หากไฟเลี้ยงต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ ก็จะควบคุมให้หยุดการทำงาน รีเซตค่าตัวนับแอดเดรสภายใน ทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1307 ได้ ดังนั้นในการใช้งาน DS1307 ตั้งระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงตกต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ หรือ ประมาณ 3.75V ในกรณีที่ใช้ V_{BAT} เท่ากับ 3V ถ้าหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า V_{BAT} ไอซี DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันที จะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SQW/OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด เมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็จะสามารถให้ค่าของเวลาที่เป็นจริงแก่ผู้ใช้งานได้ต่อไป

วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1307 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบของบัส I^2C เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำใช้งานทั่วไปได้โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส I^2C



รูปที่ 2-21 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับไอซีรีลไทม์คล็อก

จากวงจรในรูปที่ 2-21 ไอซี DS1307 จำเป็นจะต้องต่อแบตเตอรี่ได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ทั้งนี้เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่องไป เมื่อใดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะได้ข้อมูลเวลาที่เป็นจริงตลอดเวลา

2.9 วงจรการสร้างสัญญาณกระตุ้น

ไอซี TCA 785 ใช้ในการควบคุมลำดับของการทริกซึ่งมีวงจรหลัก คือวงจรการควบคุมแรงดันภายใน (Vref) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้ TCA 785 สามารถรับแรงดันได้ในช่วง คือ V=8-18V โดยขา 1 จะต้องต่อลงกราวน์และขา 16 ต่อ Supple 15 V เมื่อไม่มีโหลดจะกินกระแสประมาณ 10 mA ที่ขา 8 จะต่อ Capacitor และต่อกราวน์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน สัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น (Synchronization) ซึ่งจะนำแรงไฟสลับจากเฟสภายนอก ที่ต้องการควบคุมที่ต่อผ่านตัวต้านทาน 220 KΩ ต่อเข้าที่ขา 9 เป็นตัวปรับกระแสและต่อตัวคาปาซิเตอร์กับขา 10 ขนาด 100nF เป็นตัวชาร์จให้เป็นเชิงเส้น ตัวต่อต้านทานและคาปาซิเตอร์ที่ขา 9,10 จะทำหน้าที่เป็น RC Network ใช้กำหนดความชันของสัญญาณฟันเลื่อย ซึ่งจะต้องใช้ในการเปรียบ

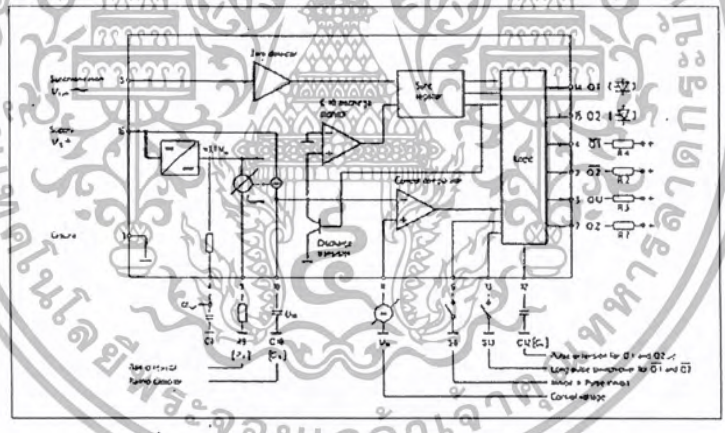
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบค่าแรงดันไฟตรงจากภายนอกที่มาจากวงจรควบคุมที่ขา 11 นั่นคือแรงดันที่ขา 11 จะไปตัดกับสัญญาณสามเหลี่ยมที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาจะเป็นพัลส์ขนาดความกว้างเท่าขนาดช่วงตัดยอดสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นสัญญาณทริกเกอร์ที่ขา 14 และขา 15 ซึ่งเราสามารถสร้างสัญญาณทริกตั้งแต่ 0-180 องศาโดยปรับแรงดันที่ขา 11 ซึ่งถ้าปรับแรงดันต่ำพัลส์ที่ได้จะเริ่มต้นเข้าใกล้ 0 องศา หรือถ้าปรับแรงดันให้สูงโดยปรับเพียงปลายยอดของสัญญาณพัลส์ที่ได้จะเริ่มต้นเข้าใกล้ 180 องศา

จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมแรงดัน (Control Voltage) ที่ขา 11 ตัดกับสัญญาณฟันเลื่อยที่ขา 10 พัลส์เอาท์พุตที่ได้จะมีความกว้างเท่ากับช่วงตัดสัญญาณ ซึ่งเราสามารถลดขนาดความกว้างของพัลส์ลงได้โดยค่ามุมทริกไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งทำได้โดยปรับค่าคาปาซิเตอร์ 12 ซึ่งขนาดพัลส์จะได้ขนาดตามตารางที่ 2-8

C12(pf)	0	150	220	330	500	1000
Triger pulse width	30us	93us	137us	205us	422us	620us

ตารางที่2-8 การปรับค่าความก้างของพัลส์

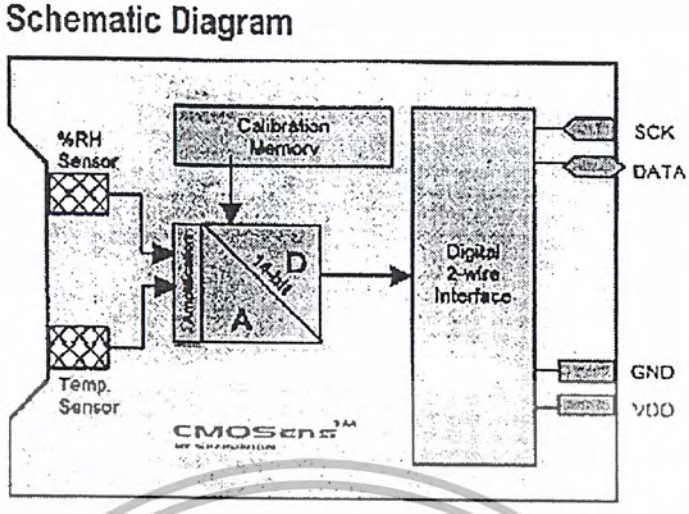


รูปที่ 2-22 บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785

2.10 เซนเซอร์ความชื้น

เซนเซอร์ความชื้นที่ใช้จะทำมาจาก เซมิคอนดักเตอร์ เบอร์ SHT 11 ของบริษัท SENSION, Switzerland ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ $\pm$ 3.5 %RH สำหรับการอ่านค่าความชื้นจากตัว SHT11 จะติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ภายนอกแบบ I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-23 แสดงโครงสร้างภายในของ SHT11

การต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน

รูปที่ 2-24 แสดงการต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน

ชุดสร้างความชื้น

รูปที่ 2-25 แสดงส่วนประกอบของชุดสร้างความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ปัจจัยในการฟักประกอบด้วย

2.11.1 อุณหภูมิ(Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการฟักไข่ ซึ่งไข่แต่ละชนิดจะฟักที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในตัวสัตว์นั้นๆ ขนาดไข่ ความพรุนของเปลือกไข่ และระยะเวลาในการฟักไข่ อุณหภูมิจะแบ่งเป็น 2 ระยะคือระยะ 18 วันแรก ใช้อุณหภูมิ 99.5-100 องศาฟาเรนไฮร์ และระยะ3 วันหลัง ใช้อุณหภูมิ 99-99.5 องศาฟาเรนไฮร์ อุณหภูมิในฟองไข่ใหม่จะแปรผันไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ในขณะตัวอ่อนภายในไข่กำลังพัฒนามีความร้อนเกิดขึ้นภายในฟองไข่ ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไม่ให้สูงเกิน โดยเพิ่มการระบายอากาศ และถ้าสามารถนำประโยชน์ของความร้อนจากไข่ฟักมาร่วมกับการใช้ความร้อนจากตู้ฟัก จะช่วยประหยัดกระแสไฟฟ้าได้การควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอจะต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้ ถ้ามีการหมุนเวียนของอากาศมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิภายในตู้ลดลงและยังมีผลต่อความชื้นและการระเหยของน้ำในตู้ฟักอีกด้วย

2.11.2 ความชื้น(Humidity)

ในการเจริญเติบโตของตัวอ่อนจำเป็นต้องได้รับความชื้นที่เหมาะสม เพื่อให้กระบวนการต่างๆ ดำเนินไปตามระบบ ไข่จะสูญเสียความชื้นตลอดเวลาในการฟักอัตราการสูญเสียความชื้นประมาณ 11-13% การสูญเสียความชื้นจะมากในระยะแรกและจะลดลงเรื่อยๆ และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งท้ายของการฟัก ความชื้นสัมพัทธ์(Relative Humidity) เป็นเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิกำหนดโดยทั่วๆไปในช่วงครึ่งแรกของการฟักจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60% แต่ใน 3 วันสุดท้ายของการฟักจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-75% เพื่อลูกไก่จะได้เจาะเข้าไปในช่องอากาศได้สะดวกและช่วยให้ขนฟูเวลาฟักออกมา ซึ่งการระเหยของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาตรของผิวน้ำ ถมที่พัดผ่าน อุณหภูมิและการอิ่มตัวของน้ำในอากาศในระยะการฟัก ดังนั้นในระหว่างการฟักนั้นจำเป็นต้องควบคุมความชื้นที่เหมาะสม

2.11.3 การถ่ายเทอากาศในตู้ฟัก

ปริมาณของอากาศและอัตราการไหลเวียนของอากาศในตู้ฟักจะต้องเหมาะสม ปริมาณของอากาศที่เปลี่ยนแปลงในตู้ฟักไข่นั้นถูกควบคุมโดยตำแหน่งของรูอากาศในตู้ฟัก ซึ่งสามารถปรับขนาดได้ตามต้องการ ความต้องการอากาศจะมากขึ้นในช่วงท้ายๆของการฟัก โดยในระยะแรกนั้นการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นน้อย แต่การแลกเปลี่ยนก๊าซจะมากขึ้นเมื่อลูกไก่เจริญมากขึ้น ความเข้มของก๊าซออกซิเจนในอากาศบริสุทธิ์มีค่าประมาณ 20% ซึ่งถ้ามีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงน้อยกว่า 17% จะมีผลทำให้การฟักออกลดน้อยลง ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมคือ 0.4% ถ้ามีความเข้มข้นเพิ่มถึง 2% จะมีผลทำให้ตัวอ่อนตายได้ ดังนั้นตู้ฟักควรมีการระบายอากาศที่เพียงพอจะทำให้การฟักไข่ได้ผลดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 การวางไข่ในตู้ฟัก

โดยธรรมชาติแล้วการเจริญเติบโตของลูกไก่ในฟองไข่นั้น ลูกไก่จะหันด้านป้านขึ้นเสมอ เมื่อไข่ฟักมีอายุมากขึ้น ส่วนหัวและปากของลูกไก่จะอยู่ใกล้ช่องอากาศมากขึ้นจึงควรวางให้เหมาะสมกับธรรมชาติ

2.11.4 การกลับไข่

โดยธรรมชาติการกกไข่ของแม่ไก่จะมีการกลับไข่เฉลี่ยทุกๆ 35 นาที และถ้าไม่มีการกลับไข่เลยจะทำให้ไข่ฟักไม่ออก ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดควรมีการกลับไข่วันละ 3 ครั้ง แต่ตู้ฟักที่มีการกลับไข่แบบอัตโนมัติควรตั้งกลับไข่ทุกๆชั่วโมง การกลับไข่เป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับการฟักไข่ในช่วงแรก และจะหยุดกลับไข่ใน 3 วันสุดท้าย การกลับไข่บ่อยเกินไปไม่มีผลต่อการฟักออกสูงแต่อย่างใด มุมการกลับไข่ที่เหมาะสมคือ 45 องศาจากแนวดิ่งกลับไปมา การทำมุมกลับไข่ในระดับอื่นจะมีผลทำให้การฟักออกลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2-8 แสดงระยะเวลาการฟักไข่และข้อกำหนดในการปรับตู้ฟักไข่

	ไก่	เป็ด	เป็ดเทศ	ห่าน	ไก่งวง	นกกระทา
ระยะเวลาการฟักไข่(วัน)	21	28	35-37	28-34	28	17
อุณหภูมิ(F)	99.8	99.5	99.3	99.3	99.3	99.8
อุณหภูมิ(C)	37.7	37.5	37.4	37.4	37.4	37.7
ความชื้นสัมพัทธ์(%)	59	55-59	55-59	59-75	54-75	54-75
หยุดกลับไข่วันที่	19	25	31	25	25	15
ความชื้นสัมพัทธ์3วันสุดท้าย (เปอร์เซ็นต์)	70-80	70-80	70-80	70-80	70-80	70-80
อุณหภูมิ(F)	99	98.8	98.8	98.8	98.5	99
อุณหภูมิ(C)	37.2	37.1	37.1	37.1	36.9	37.2
เปิดช่องอากาศ1/4ในวันที่						
เปิดช่องอากาศอีกครั้งเพื่อควบคุม	10	12	15	1	14	8
อุณหภูมิในวันที่	18	25	30	25	25	14

หมายเหตุ

1. ตารางข้างบนเป็นการปรับปรุงอุณหภูมิสำหรับตู้ฟักที่มีพัดลมกวนอากาศ
2. ในการฟักตู้ที่ไม่มีพัดลมกวนอากาศ ควรเพิ่มอุณหภูมิอีก 2-3 องศาจากระดับที่กำหนดในตาราง
3. การฟักไข่เป็ด จะได้ผลดีในตู้ที่ไม่มีพัดลม
4. การฟักไข่ห่าน จะให้ฟักออกดีควรจุ่มไข่ในน้ำอุ่นวันละ1/2นาที ช่วงครึ่งหลังของการฟัก

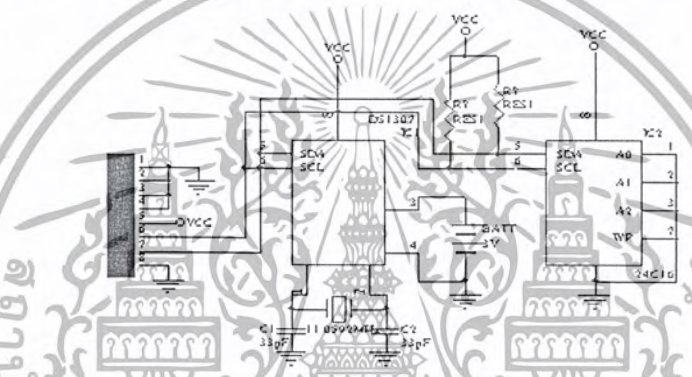
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
โครงสร้างและการออกแบบระบบ

3.1 การ์ดข้อมูล

การ์ดข้อมูลประกอบไปด้วย

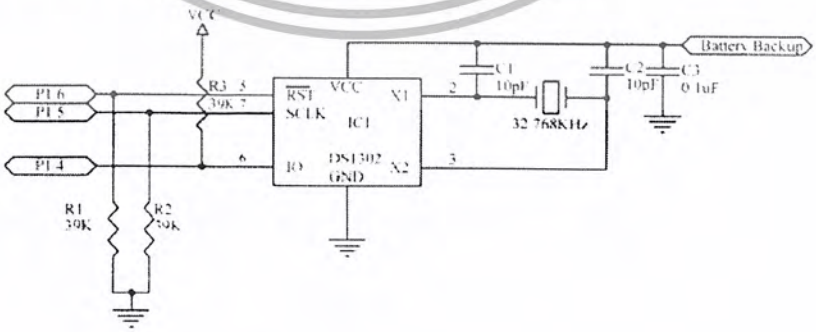
1. หน่วยความจำถาวร (EEPROM) ทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูลของไข่แต่ละชนิด เช่น ข้อมูลอุณหภูมิ, ความชื้น, ระยะเวลาในการฟัก เมื่อเวลาไฟดับข้อมูลในนั้นจะไม่สูญหาย
2. ไอซีสร้างฐานความจริง (DS1307) ทำหน้าที่เสี่ยงกับระบบฐานเวลา
3. ระบบ BUS : I^2C ทำหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3-1 วงจรการ์ดข้อมูล

3.2 ส่วนวงจรการสร้างฐานเวลาจริง

เป็นส่วนที่ผลิตสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ในการกำหนดเวลาและอ้างอิงการนับเวลา โดยใช้ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (IC Real Time Clock: DS1307) ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ระบบการเชื่อมต่อแบบ I^2C ตามทฤษฎีที่กล่าวไว้แล้ว โดยจะสามารถตั้งค่าวัน (วัน เดือน ปี) เวลา (ชั่วโมง นาที วินาที) และสามารถกำหนดจำนวนวันที่ต้องการฟักได้ (วัน)



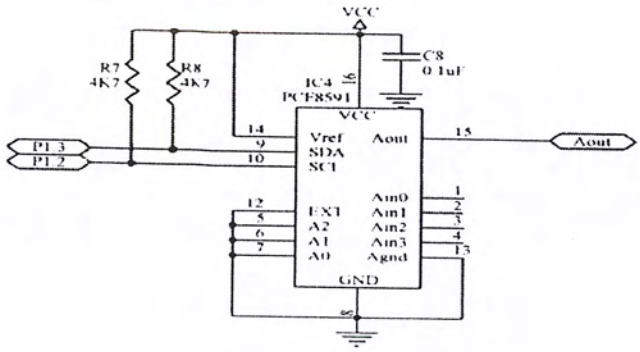
รูปที่ 3-2 วงจรสร้างฐานเวลาจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

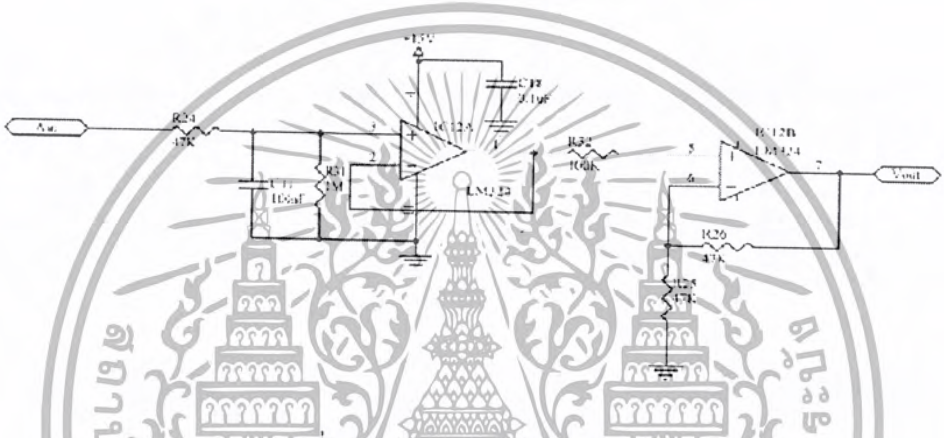
3.3 ส่วนควบคุมขดลวดความร้อน

ส่วนควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราจะใช้ไอซี TCA785 (Phase Control Ics) ซึ่งไอซี TCA785 นี้ จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่จะไปกระตุ้นไทรีสเตอร์ (ไตรแอก : Triac) ซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณกระตุ้นนี้ มีหลักการทำงานดังนี้คือ นำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งได้มาจากหม้อแปลง (15 Vac) จะถูกป้อนเข้ามาที่ขา 5 เพื่อที่จะให้ไอซีนำสัญญาณนี้มาสร้างสัญญาณแรมพ์ (Ramp Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะแสดงออกมาที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณที่ได้ออกมานี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11 ซึ่งศักดาไฟฟ้านี้จะถูกเรียกว่า ศักดาไฟฟ้าควบคุม (Control Voltage) และจุดที่ศักดาไฟฟ้าควบคุมและสัญญาณแรมพ์ตัดกัน จะทำให้เกิดสัญญาณกระตุ้นออกมาที่ขา 14 และขา 15 โดยขา 15 นั้นสัญญาณกระตุ้นจะมีเฟสเดียวกับศักดาไฟฟ้ากระแสสลับที่ขา 5 และที่ขา 14 จะมีเฟสเลื่อนไปล้าหลัง 180 องศา ศักดาควบคุม (Control Voltage) ที่เข้าที่ขา 11 นั้นจะมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog: DAC) ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก ซึ่งข้อมูลที่รับเข้ามาจะเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ 8 บิต และใช้ Reference Voltage (Vref) 5 โวลท์ เป็นระดับไฟฟ้าอ้างอิง ซึ่งเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจร DAC (เบอร์ PCF8591) นั้นจะเป็นกระแส ดังนั้นเราต้องทำการเปลี่ยนจากกระแสให้เป็นแรงดัน โดยใช้ Op-Amp (LM 324) ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ 0-5 โวลท์แต่ในการควบคุมขดลวดความร้อนนั้นเราจะใช้แรงดันตั้งแต่ 0-10 โวลท์ ซึ่งเราจะต้องทำการขยายแรงดันที่ออกมา โดยใช้ Op-Amp มาต่อแบบ Noninverting ซึ่งมีอัตราขยาย 2 เท่า เอาท์พุทที่ได้นั้นจะถูกต่อไปยังขา 11 ของ TCA 785 ดังแสดงดังรูปที่ 3 เราสามารถที่จะปรับสัญญาณแรมพ์นี้ได้โดยปรับความต้านทานที่ขา 9 ของไอซี TCA 785 เนื่องจากการควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราใช้ไอซี TCA 785 ในการสร้างสัญญาณกระตุ้น ทำให้เมื่อนำไปต่อกับอุปกรณ์ไทรีสเตอร์โดยตรง อาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกราวด์ร่วมกันของวงจรแรงดันต่ำกับแรงดันสูง ซึ่งอาจจะทำให้วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อการป้องกันเราจึงใช้วิธีแยกกราวด์ AC กับ DC ออกจากกันโดยใช้ออฟโตไอโซเลเตอร์ ซึ่งใช้ไอซี MOC 3021 แต่เนื่องจาก เมื่อเราใช้วิธีการแยกกราวด์แบบนี้จึงทำให้สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจากไอซี TCA 785 นั้นไม่สามารถที่จะไปขับ ออฟโตไอโซเลเตอร์ได้เพียงพอ ดังนั้นเราจึงใช้ทรานซิสเตอร์ทากรขยายสัญญาณเพื่อที่จะไปขับออฟโตไอโซเลเตอร์ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

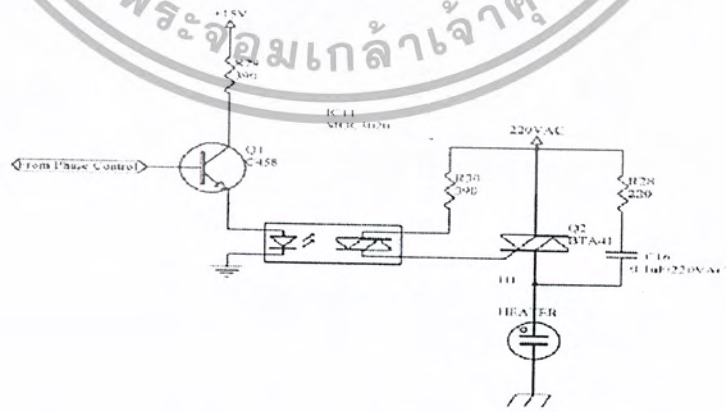


รูปที่ 3-3 วงจร D/A



รูปที่ 3-4 วงจรขยายแรงดัน 2 เท่า

ทางด้านการควบคุมโหลดทางเอาท์พุทนั้น เราจะใช้ไตรแอกในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนโดยที่ไดแอก (Diac) ที่อยู่ภายในไอซี MOC 3021 นั้นจะเป็นตัวกระตุ้นกระแสที่ให้ไตรแอก โดยจะมี R9 และ R10 เป็นตัวกำหนดกระแสร่วมกับไดแอก (Diac) ส่วน R11 และ C4 จะทำหน้าที่เป็นวงจรสนับเบอร์ (Snubber)

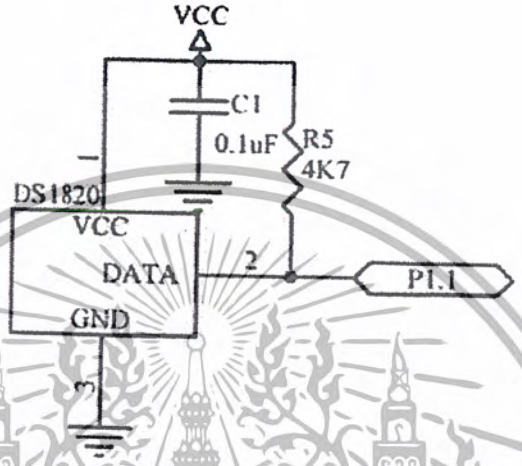


รูปที่ 3-5 วงจรแยกกราวด์และวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนเซนต์เซอร์อุณหภูมิ

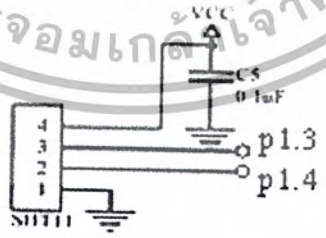
เป็นส่วนตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ (IC WireTM Digital Thermometer: DS1802) ซึ่งจะใช้ตัวถังของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ และส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมขดลวดความร้อน



รูปที่ 3-6 วงจรการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ

3.5 ส่วนเซนเซอร์ความชื้นและสร้างความชื้น

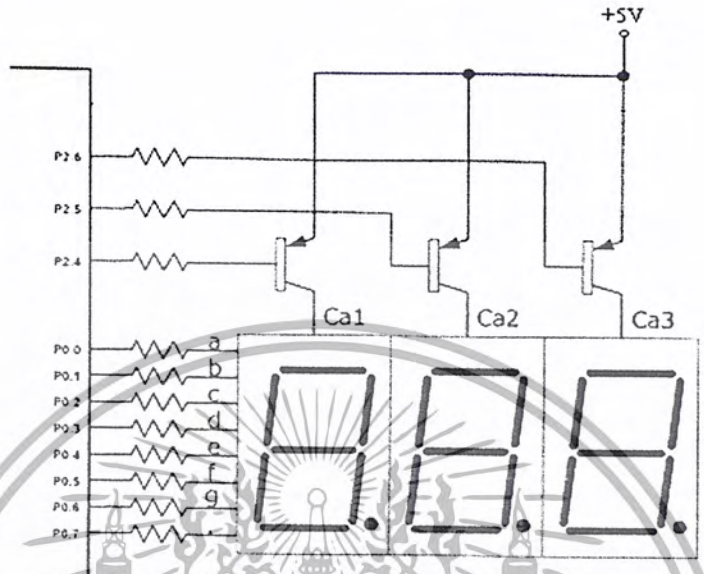
เป็นส่วนที่ตรวจสอบความชื้นโดยใช้ไอซีตรวจจับความชื้นเบอร์ SHT11 ซึ่งจะส่งข้อมูลให้กับคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของชุดสร้างความชื้น



รูปที่ 3-7 วงจรเซนเซอร์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนแสดงผล



รูปที่3-8 วงจรการต่อใช้งาน Seven Segment

ใช้ Seven Segment เป็นส่วนแสดงผล ซึ่งเลือกทรานซิสเตอร์แบบ PNP เพราะเราใช้ Seven Segment แบบ Common Anode

3.7 ส่วนที่กำหนดรหัสประจำตู้ฟัก

จะใช้ดิพสวิตช์ในการกำหนดรหัสประจำตู้ฟักแต่ละตู้ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารระหว่างชุดควบคุมย่อยแต่ละตู้กับชุดประมวลผลหลักแยกอิสระต่อกัน

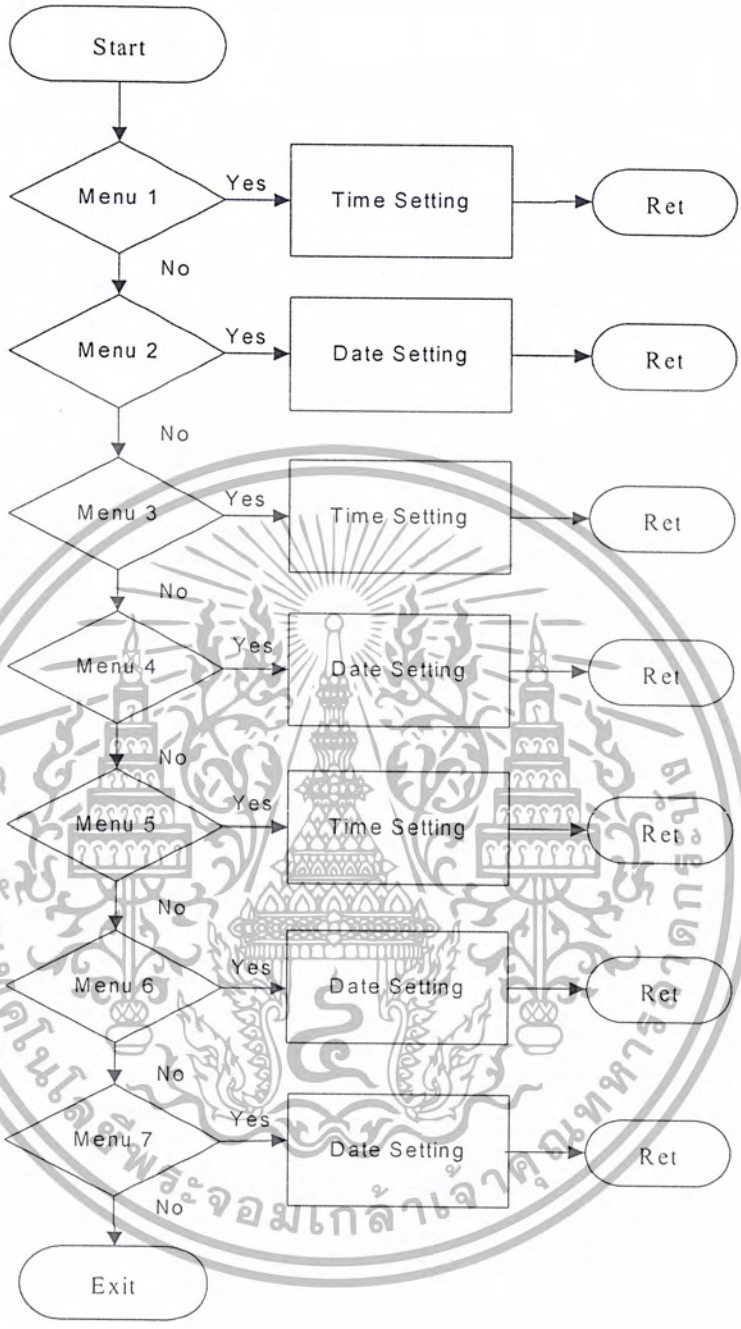
3.8 ส่วนควบคุมการกลับไข่

การกลับไข่จะกลับครั้งละ 45 องศา วัดจากแนวดิ่ง ซึ่งใช้มอเตอร์กระแสตรงในการควบคุมมีลิมิตสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่งการกลับไข่ และใช้ฐานเวลาจริงในการตั้งเวลาการกลับไข่

3.9 ส่วนของการแจ้งเตือนผลของค่าพารามิเตอร์ซึ่งเกินจากขอบเขตที่กำหนด

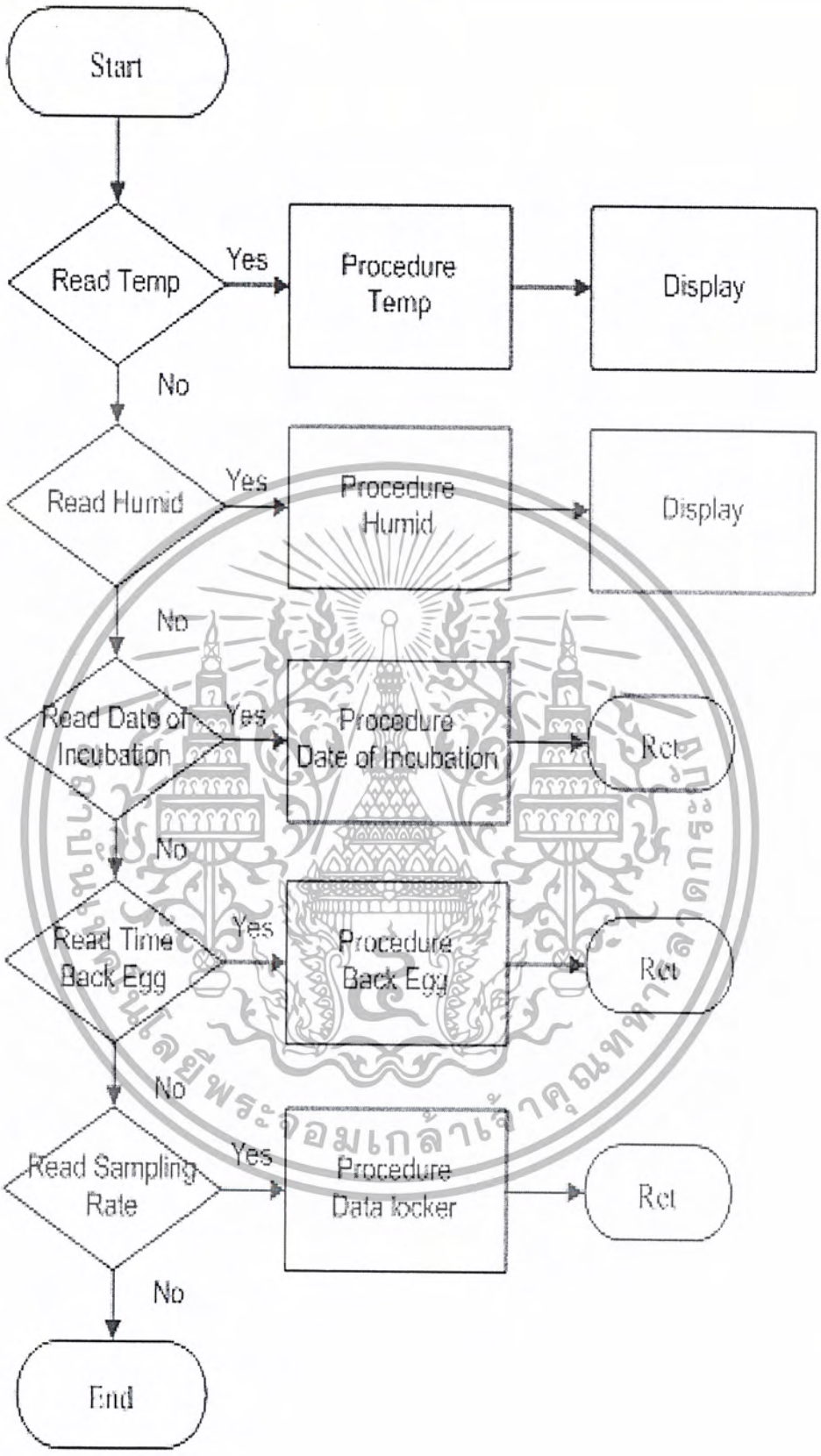
จะใช้หลอดไฟแสดงสภาวะการทำงานผิดพลาดของพารามิเตอร์ภายในตู้ฟัก โดยจะมีสัญญาณไฟติด-ดับ สลับกันเมื่ออุณหภูมิสูงเกิดค่าที่ตั้งไว้ประมาณ 2 องศา และสัญญาณไฟจะติดตลอดเมื่อครบกำหนดวันทำการฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3-9 แสดงการโปรแกรมข้อมูลของไข่ลงการ์ดข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3-10 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

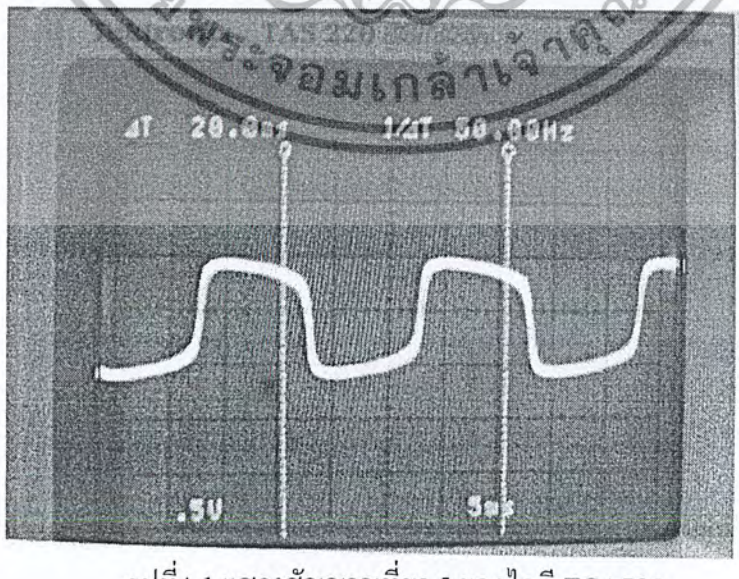
บทที่4
ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

4.1 การทดลองควบคุมการจ่ายกำลังงานให้กับขดลวดทำความร้อน

แรงดันที่ออกจากD2A	แรงดันเมื่อขยาย 2 เท่า	มุมเฟสที่ถูกทริก(องศา)
0.5	0.9	21.6
1	1.8	36
1.5	2.8	64.8
2	3.7	79
2.5	4.7	100.5
3	5.6	122.4
3.5	6.2	140
4	7.4	176
4.5	8.2	179
5	9	179

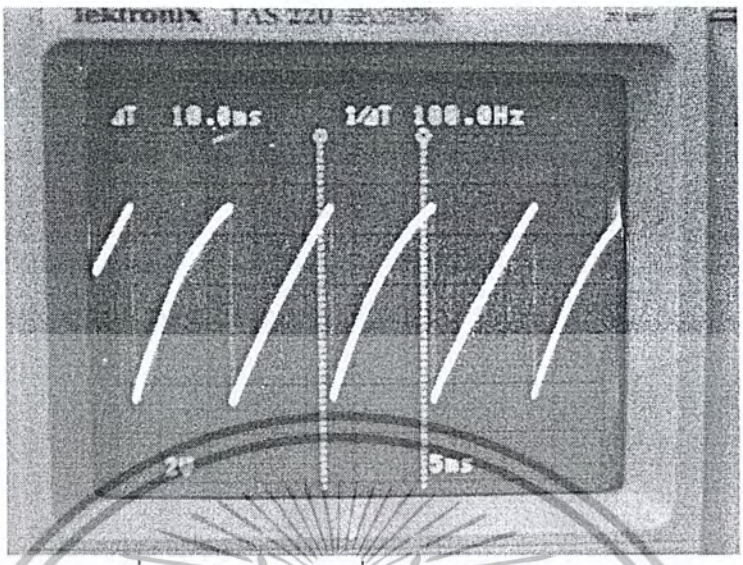
ตารางที่4-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับมุมเฟสที่ถูกทริกของไอซี TCA785

จากการทดลองจะเห็นว่าค่าแรงดันที่ใช้ควบคุมการทริกของไอซี TCA 785 จะอยู่ในช่วง 0-8V แต่เนื่องจากแรงดันที่ส่งมาจาก D/A มีค่า 0-5V จำเป็นต้องมีขนาดแรงดันเป็น 2 เท่า เพื่อควบคุมการทำงานของไอซี TCA 785

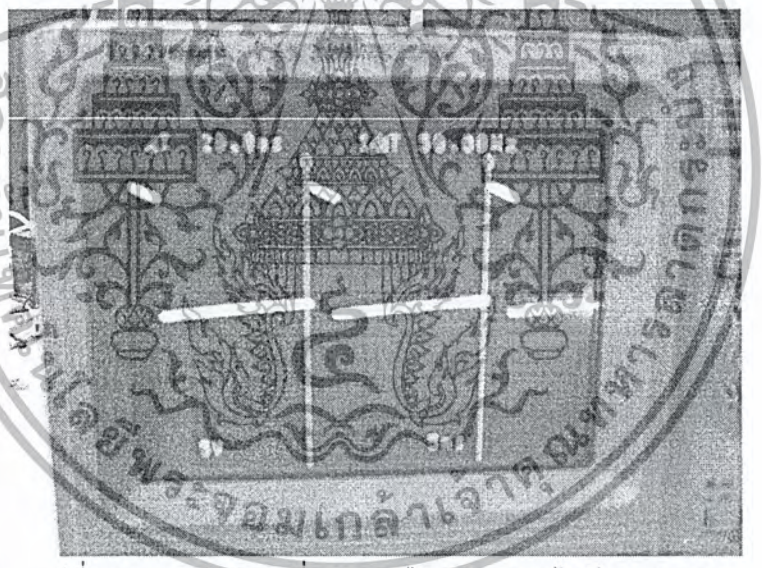


รูปที่4-1 แสดงสัญญาณที่ขา 5 ของไอซี TCA785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4-2 แสดงสัญญาณที่ขา 10 ของไอซี TCA 785



รูปที่4-3 แสดงสัญญาณที่ขา 14 หรือขา 15 ของไอซี TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโครงงาน เครื่องควบคุมการฟักไข่ เราสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า แรงดันเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจร DAC เมื่อผ่านวงจรขยายแรงดัน ค่าแรงดันที่ได้ออกมามีค่าใกล้เคียงกับทางทฤษฎี ดังนั้นเมื่อนำแรงดันเอาท์พุทจากวงจร Noninverting ซึ่งถูกขยาย 2 เท่า ป้อนเข้าที่ขา Control Voltage ของ IC TCA 785 เราจะพบว่าแรงดันที่จะไปควบคุมขดลวดความร้อนนั้นจะอยู่ในช่วง 0-8 โวลต์ ดั้งนั้น เมื่อเราป้อนแรงดัง 0 โวลต์ นั้นหลอดไฟจะสว่างมากที่สุด แต่เมื่อเราป้อนแรงดัน 8 โวลต์ ความสว่างของหลอดไฟจะมีค่าต่ำสุดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา

บทสรุป

เนื่องจากโครงงานที่แล้วไม่สามารถถอดสายข้อมูลออกได้ ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้เพิ่มการ์ดข้อมูลเข้าไปเพื่อทำหน้าที่สำรอง และเก็บข้อมูลเอาไว้ถึงแม้ว่าสายจะถูกถอดออกแล้วก็ตาม โดยไม่ต้องอาศัยชุดประมวลผลหลักอีก ทำให้สะดวกในการใช้งานอีกระดับหนึ่ง

ปัญหาที่พบ

ในการทำงานของชุดควบคุมย่อยนั้น ยังมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนจากรีเลย์ และอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคบนบอร์ดอยู่ และยังขาดอุปกรณ์สอบเทียบค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ที่มีความแม่นยำ

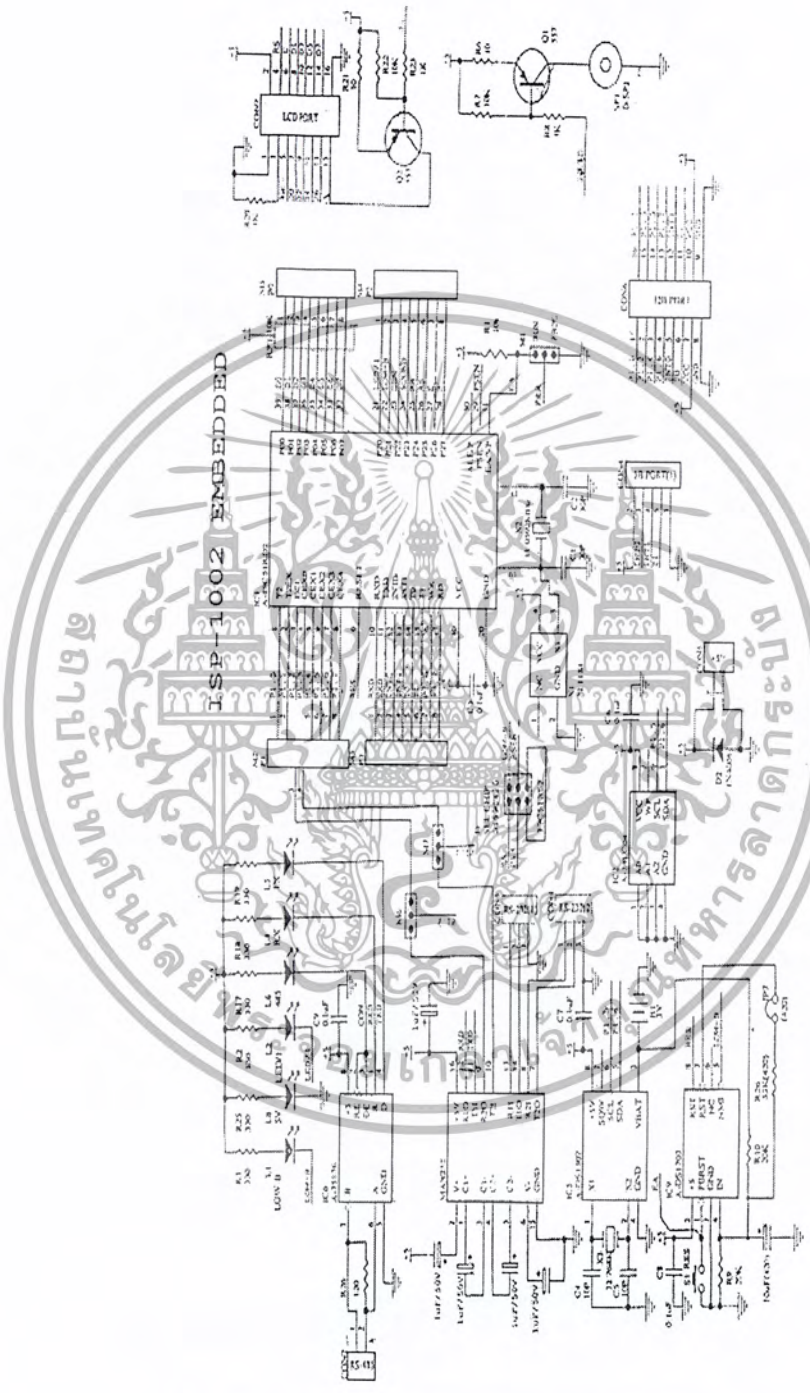
แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากการใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อนั้น ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ดังนั้นผลที่ได้จึงไม่ตรงกับหลักการทางทฤษฎี ดั้งนั้นควรเปลี่ยนมาใช้ ทรานซิสเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่มีสัญญาณรบกวนน้อยกว่าแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

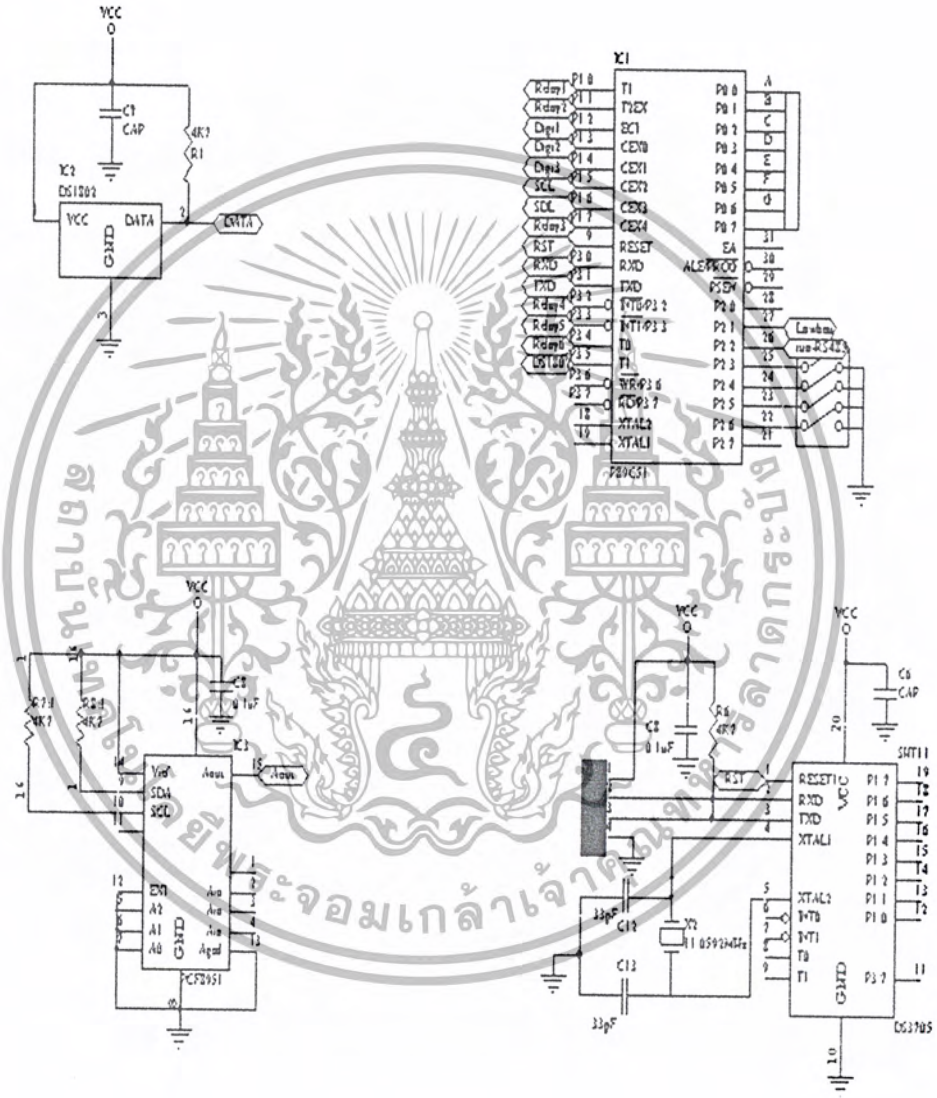
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



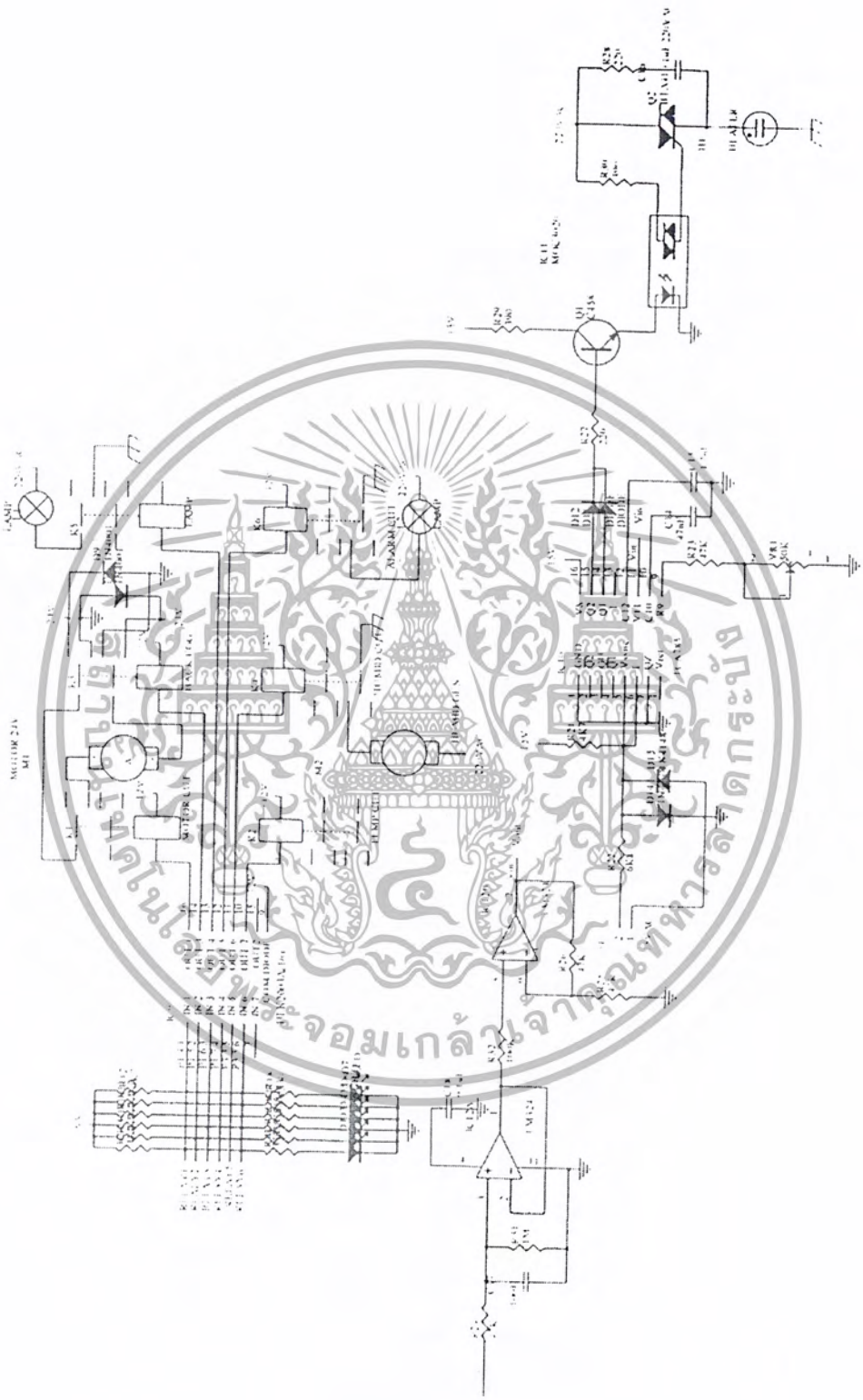
รูปแสดงวงจรของบอร์ด ISP-1002 EMBEDDED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรการทำงานชุดควบคุมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/************************************/
/* Win-speed measure version 1.0   */
/************************************/

#include <at89x52.h>
#include <math.h>
#include <stdarg.h>
#include <string.h>
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <stdlib.h>
#include <intrins.h>
#include <absacc.h>



#define  PCFADD     0x90   /* A/D PCF8591 */

sbit   TMDAT = P3^5;
sbit   SCL   = P1^5;     /* I2c SCL bit */
sbit   SDA   = P1^6;     /* I2c SDA bit */

unsigned   char   TEMBUF[2];
char       data   ASCBUF[16];
unsigned   char   dat;
float      data   setp,tmp, kp, error, result;
char       code   seg[]={0xef, 0xdf,0xbf};
char       code   digit[]={0xc0, 0xf9, 0xa4, 0xb0,0x99,0x92,0x82,0xf8,0x80,0x90,0xff};

bit        data   TempFlag,TempTime;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            /*****************************/
            /*  Delay function          */
            /*  input : int loop counter */
            /*****************************/

void delay (unsigned int count)
{
  for (; count; count--);
}

            /************************/
            /*    scan function    */
            /************************/
void scanseg (void)
{
  char   data   aa, bb;

  for (aa=0; aa<3; aa++)
  {
    bb=ASCBUF[aa];
    P0=digit[bb];
    P2=seg[aa];
    delay (256);
  }
}

            /***************************************/
            /*         TEMPERATER DS1820           */
            /***************************************/

void dmsec (unsigned int count) {    // mSec Delay 11.0592 Mhz
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    unsigned int i;              // Keil v5.2
    while (count) {
      i = 115; while (i>0) i--;
      count--;
    }
}

void tmreset (void) {            // Reset TX
    unsigned int i;
    TMDAT = 0;
    i = 103; while (i>0) i--;    // Approx 900 uS
    TMDAT = 1;
    i = 4; while (i>0) i--;
}

void tmpre (void) {              // Wait for Presence RX
    unsigned int i;
    while (TMDAT);
    while (~TMDAT);
    i = 4; while (i>0) i--;
}

bit tmrbit (void) {              // read one bit
    unsigned int i;
    bit dat;
    TMDAT = 0; i++;
    TMDAT = 1; i++; i++;
    dat = TMDAT;
    i = 8; while (i>0) i--;      // Approx 65 uS
    return (dat);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unsigned char tmrbyte (void) {        // read one byte
   unsigned char i,j,dat;
   dat = 0;
   for (i=1;i<=8;i++) {
      j = tmrbit ();
      dat = (j << 7) | (dat >> 1);
   }
   return (dat);
}

void tmwbyte (unsigned char dat) {          // write one byte
   unsigned int i;
   unsigned char j;
   bit testb;
   for (j=1;j<=8;j++) {
      testb = dat & 0x01;
      dat = dat >> 1;
      if (testb) {
         TMDAT = 0;                    // Write 1
         i++; i++;                     // Approx 4 uS
         TMDAT = 1;
         i = 8; while (i>0) i--;       // Approx 65 uS
      }
      else {
         TMDAT = 0;                    // Write 0
         i = 8; while (i>0) i--;       // Approx 65 uS
         TMDAT = 1;
         i++; i++;                     // Approx 4 uS
      }
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void tmstart (void) {              // ds1820 start convert
   tmreset ();
   tmpre ();
   dmsec (1);
   tmwbyte (0xcc);                 // skip rom
   tmwbyte (0x44);                 // convert
}

void tmrtemp (void) {              // read temp
   unsigned char a,b;
   TEMBUF[0] = 0;
   TEMBUF[1] = 0;
   tmreset ();
   tmpre ();
   dmsec (1);
   tmwbyte (0xcc);                 // skip rom
   tmwbyte (0xbe);                 // convert
   a = tmrbyte ();                 // LSB
   b = tmrbyte ();                 // MSB
   if (b==1) return;               // don't care negative temp
   TEMBUF[1] = a & 0x1;            // 0=x.0 1=x.5
   a = a >> 1;
   TEMBUF[0] = a+1 ;               // adjust for thailand
}

            /******************/
            /*  Bit delay   */
            /******************/

void Bitdl (void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    _nop_();   /* Delay time */
    _nop_();
}

            /*************************/
            /*   Clear(L) SCL line   */
            /*************************/

void Clrscl (void)
{
    SCL = 0;     /* clear line */
    Bitdl();
}

            /*************************/
            /*   Set(H) SCL line     */
            /*************************/

void Setscl (void)
{
    SCL = 1;     /* set line */
    while(!SCL);
    Bitdl();
}

            /*********************************/
            /*   Pulse gen for SCL line      */
            /*********************************/

void Plscl (void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Setscl();
    Clrscl();
}

        /*******************************/
        /*   Set stop condition     */
        /*******************************/

void Stop (void)
{
    SDA = 0;Setscl();
    SDA = 1;Bitdl();
}

        /*******************************/
        /*   Set start condition    */
        /*******************************/

void Start (void)
{
    SDA = 1;
    Setscl();
    SDA = 0;
    Bitdl();
    Clrscl();
}

        /*********************************************/
        /*   Receive data(byte) from I2C bus       */
        /*********************************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
char Rxbyte (void)
{
   unsigned char tmp, dat;

   dat = 0;
   for(tmp=1; tmp<=8; tmp++)  /* Send 1 byte to EEPROM */
   {
      dat <<= 1;Setscl();
      dat |= SDA;Clrscl();
   }
   return(dat);
}

         /*****************************************/
         /*   Transmit data(byte) to I2C bus      */
         /*****************************************/

bit Txbyte (unsigned com)
{
   bit erflag;

   unsigned char tmp;

   for(tmp=1; tmp<=8; tmp++)
   {
      SDA   = com & 0x80;
      com <<= 1;
      Plscl();
   }

   SDA = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Setscl();
    if(SDA) erflag = 1;
    else    erflag = 0;
    Clrscl();
    return(erflag);
}

/*  Get data from any register  */
/*  in  -->>  address(addr)     */
/*  in  -->>  register(reg)     */
/*  out <<--  data(*dat)        */
/*  err <<--  0 = no error,1 = error */

bit Getreg (char addr,char reg,char *dat)
{
   EA=0;
   if((SCL==0)||(SDA==0))
   {                    /* check line first     */
      EA=1;
      return(1);
   }

   Start();
   if(Txbyte(addr))
   {                    /* Xmit register address  */
      Stop();
      EA=1;
      return(1);
   }

   if(Txbyte(reg))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {                   /* Xmit register command  */
      Stop();
      EA=1;
      return(1);
    }
    Start();            /* Set start condition    */

    if(Txbyte(addr|0x01))
    {                   /* Xmit register address + receive command */
      Stop();
      EA=1;
      return(1);
    }

    *dat = Rxbyte();    /* Recv data byte         */
    SDA = 1;
    Plscl();
    Stop();
    EA=1;
    return(0);          /* return data to caller  */
}

/*  Put data to any register   */
/*  in -->> address(addr)    */
/*  in -->> register(reg)    */
/*  in -->> data(dat)        */
/*  err <<--  0 = no error,1 = error */

bit Putreg(char addr,char reg,char dat)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    EA=0;
    if((SCL==0) || (SDA==0))
    {                   /* Ckeck line first      */
      EA=1;
      return(1);        /* line is busy return 1 */
    }

    Start();            /* Set Start condition   */
    if(Txbyte(addr))
    {                   /* Xmit register address */
      Stop();
      EA=1;
      return(1);
    }

    if(Txbyte(reg))
    {                   /* Xmit register command */
      Stop();
      EA=1;
      return(1);
    }

    Txbyte(dat);        /* Xmit data             */
    Stop();             /* Set stop condition    */
    EA=1;
    return(0);
}
```

/********** SET RS232 PARAMETER **********/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void init_uart()
{SCON  = 0x52;     //19200 bps @ 11.059 MHz
 TMOD  = 0x20;
 TCON  = 0x69;
 TH1   = 0xfd;
 TR1   = 1;
}


                /*****************/
                /* main program */
                /*****************/

void main (void)
{
        int a;

   ET0=1;
   EA=1;            /* Enable all interrupt */
   while (1)
   {

                tmp=(float)TEMBUF[0];
     sprintf (ASCBUF,"%0.1f",tmp);

     ASCBUF[0]-=0x30;
     ASCBUF[1]-=0x30;
     ASCBUF[2]-=0x30;
     ASCBUF[3]-=0x30;
                scanseg ();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        setp=37;  /* SET TEMPERATOR */
    kp=5;     /* SET KP */
    error=setp-tmp;
    error*=kp;
    result+=error;
    if (result<0)
      result=0;
    if (result>255)
      result=255;
    dat=255-(unsigned char)result;
    Putreg (PCFADD, 0x40, dat);  /* Set speed motor */



    if  (!TempTime)
    {
      TempFlag^=1;
      if  (TempFlag)
          tmstart ();              // ds1820 start convert
       else
          tmrtemp ();              // read temperature
    }
  init_uart();
                for(a=0;a<30;a++)
                {
                        scanseg();
                        printf("temp:%0.1fC\n",tmp);
                }
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้ง	อุณหภูมิds1820&ปรอท		เวลา
1	36	34	7:06:05
2	36	34	7:36:05
3	36	34	8:06:05
4	36	34	8:36:05
5	36	34	9:06:05
6	36	34	9:36:05
7	36	34	10:06:05
8	36	34	10:36:05
9	36	34	11:06:05
10	37	35	11:36:05
11	37	35	12:06:05
12	37	35	12:36:05
13	37	35	13:06:05
14	37	35	13:36:05
15	38	36	14:06:05
16	38	36	14:36:05
17	38	36	15:06:05
18	38	36	15:36:05
19	39	37	16:06:05
20	39	37	16:36:05
21	39	37	17:06:05
22	39	37	17:36:05
23	39	37	18:06:05
24	40	38	18:36:05
25	40	38	19:06:05
26	40	38	19:36:05
27	40	38	20:06:05
28	40	38	20:36:05
29	39	37	21:06:05
30	39	37	21:36:05
31	39	37	22:06:05
32	39	37	22:36:05
33	38	36	23:06:05
34	38	36	23:36:05
35	38	36	0:06:05
36	38	36	0:36:05
37	38	36	1:06:05
38	38	36	1:36:05
39	38	36	2:06:05
40	37	35	2:36:05
41	37	35	3:06:05
42	37	35	3:36:05
43	37	35	4:06:05
44	37	35	4:36:05
45	37	35	5:06:05
46	37	35	5:36:05
47	37	35	6:06:05
48	37	35	6:36:05
49	37	35	7:06:05
50	37	35	7:36:05
51	37	35	8:06:05
52	37	35	8:36:05
53	37	35	9:06:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54	37	35	9:36:05
55	37	35	10:06:05
56	37	35	10:36:05
57	36	34	11:06:05
58	36	34	11:36:05
59	36	34	12:06:05
60	36	34	12:36:05
61	36	34	13:06:05
62	36	34	13:36:05
63	36	34	14:06:05
64	37	35	14:36:05
65	37	35	15:06:05
66	37	35	15:36:05
67	37	35	16:06:05
68	37	35	16:36:05
69	37	35	17:06:05
70	37	35	17:36:05
71	37	35	18:06:05
72	37	35	18:36:05
73	37	35	19:06:05
74	37	35	19:36:05
75	37	35	20:06:05
76	37	35	20:36:05
77	37	35	21:06:05
78	37	35	21:36:05
79	37	35	22:06:05
80	37	35	22:36:05
81	37	35	23:06:05
82	37	35	23:36:05
83	37	35	0:06:05
84	37	35	0:36:05
85	37	35	1:06:05
86	37	35	1:36:05
87	37	35	2:06:05
88	37	35	2:36:05
89	37	35	3:06:05
90	37	35	3:36:05
91	37	35	4:06:05
92	37	35	4:36:05
93	37	35	5:06:05
94	37	35	5:36:05
95	37	35	6:06:05
96	37	35	6:36:05
97	37	35	7:06:05
98	37	35	7:36:05
99	37	35	8:06:05
100	38	36	8:36:05
101	38	36	9:06:05
102	38	36	9:36:05
103	38	36	10:06:05
104	38	36	10:36:05
105	38	36	11:06:05
106	38	36	11:36:05
107	38	36	12:06:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

108	38	36	12:36:05
109	38	36	13:06:05
110	38	36	13:36:05
111	38	36	14:06:05
112	37	35	14:36:05
113	37	35	15:06:05
114	37	35	15:36:05
115	37	35	16:06:05
116	37	35	16:36:05
117	37	35	17:06:05
118	37	35	17:36:05
119	37	35	18:06:05
120	37	35	18:36:05
121	37	35	19:06:05
122	37	35	19:36:05
123	37	35	20:06:05
124	37	35	20:36:05
125	37	35	21:06:05
126	37	35	21:36:05
127	37	35	22:06:05
128	37	35	22:36:05
129	37	35	23:06:05
130	37	35	23:36:05
131	37	35	0:06:05
132	37	35	0:36:05
133	37	35	1:06:05
134	37	35	1:36:05
135	37	35	2:06:05
136	36	34	2:36:05
137	36	34	3:06:05
138	36	34	3:36:05
139	36	34	4:06:05
140	36	34	4:36:05
141	36	34	5:06:05
142	36	34	5:36:05
143	36	34	6:06:05
144	37	35	6:36:05
145	37	35	7:06:05
146	37	35	7:36:05
147	37	35	8:06:05
148	37	35	8:36:05
149	37	35	9:06:05
150	37	35	9:36:05
151	37	35	10:06:05
152	37	35	10:36:05
153	37	35	11:06:05
154	37	35	11:36:05
155	37	35	12:06:05
156	37	35	12:36:05
157	37	35	13:06:05
158	37	35	13:36:05
159	37	35	14:06:05
160	37	35	14:36:05
161	37	35	15:06:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

162	37	35	15:36:05
163	37	35	16:06:05
164	37	35	16:36:05
165	37	35	17:06:05
166	37	35	17:36:05
167	37	35	18:06:05
168	37	35	18:36:05
169	37	35	19:06:05
170	37	35	19:36:05
171	37	35	20:06:05
172	37	35	20:36:05
173	37	35	21:06:05
174	37	35	21:36:05
175	37	35	22:06:05
176	37	35	22:36:05
177	38	36	23:06:05
178	38	36	23:36:05
179	38	36	0:06:05
180	38	36	0:36:05
181	38	36	1:06:05
182	38	36	1:36:05
183	38	36	2:06:05
184	38	36	2:36:05
185	38	36	3:06:05
186	39	37	3:36:05
187	39	37	4:06:05
188	39	37	4:36:05
189	38	37	5:06:05
190	38	37	5:36:05
191	38	37	6:06:05
192	38	37	6:36:05
193	38	37	7:06:05
194	38	37	7:36:05
195	37	35	8:06:05
196	37	35	8:36:05
197	37	35	9:06:05
198	37	35	9:36:05
199	37	35	10:06:05
200	37	35	10:36:05
201	37	35	11:06:05
202	37	35	11:36:05
203	37	35	12:06:05
204	37	35	12:36:05
205	37	35	13:06:05
206	37	35	13:36:05
207	37	35	14:06:05
208	37	35	14:36:05
209	37	35	15:06:05
210	37	35	15:36:05
211	37	35	16:06:05
212	37	35	16:36:05
213	37	35	17:06:05
214	37	35	17:36:05
215	37	35	18:06:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

216	37	35	18:36:05
217	37	35	19:06:05
218	37	35	19:36:05
219	37	35	20:06:05
220	37	35	20:36:05
221	37	35	21:06:05
222	37	35	21:36:05
223	37	35	22:06:05
224	37	35	22:36:05
225	37	35	23:06:05
226	37	35	23:36:05
227	37	35	0:06:05
228	37	35	0:36:05
229	37	35	1:06:05
230	37	35	1:36:05
231	37	35	2:06:05
232	37	35	2:36:05
233	37	35	3:06:05
234	37	35	3:36:05
235	37	35	4:06:05
236	37	35	4:36:05
237	37	35	5:06:05
238	37	35	5:36:05
239	37	35	6:06:05
240	37	35	6:36:05
241	37	35	7:06:05
242	37	35	7:36:05
243	37	35	8:06:05
244	37	35	8:36:05
245	37	35	9:06:05
246	37	35	9:36:05
247	37	35	10:06:05
248	37	35	10:36:05
249	37	35	11:06:05
250	37	35	11:36:05
251	37	35	12:06:05
252	37	35	12:36:05
253	37	35	13:06:05
254	37	35	13:36:05
255	37	35	14:06:05
256	37	35	14:36:05
257	37	35	15:06:05
258	37	35	15:36:05
259	37	35	16:06:05
260	37	35	16:36:05
261	37	35	17:06:05
262	37	35	17:36:05
263	37	35	18:06:05
264	37	35	18:36:05
265	37	35	19:06:05
266	37	35	19:36:05
267	37	35	20:06:05
268	37	35	20:36:05
269	37	35	21:06:05

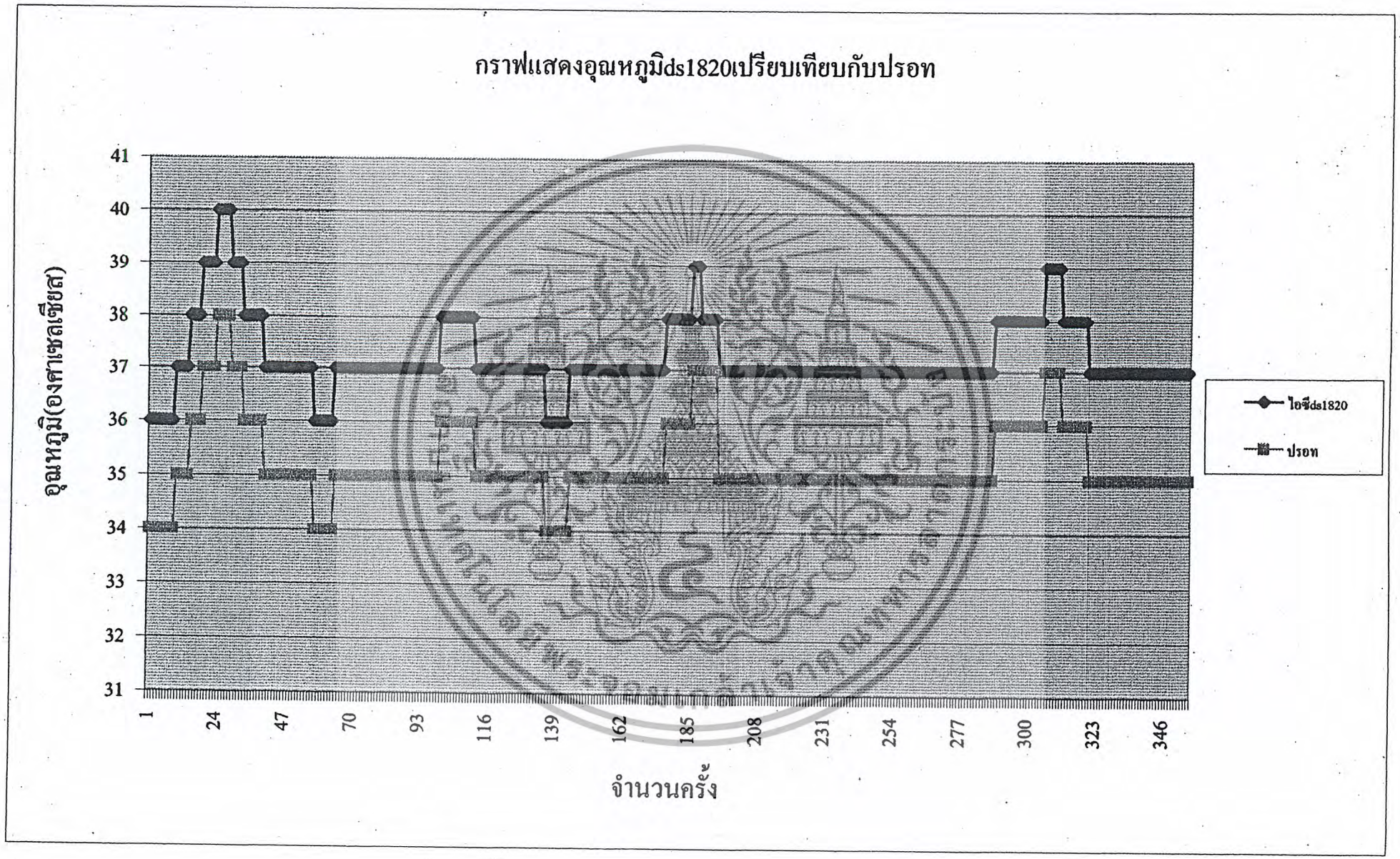
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

270	37	35	21:36:05
271	37	35	22:06:05
272	37	35	22:36:05
273	37	35	23:06:05
274	37	35	23:36:05
275	37	35	0:06:05
276	37	35	0:36:05
277	37	35	1:06:05
278	37	35	1:36:05
279	37	35	2:06:05
280	37	35	2:36:05
281	37	35	3:06:05
282	37	35	3:36:05
283	37	35	4:06:05
284	37	35	4:36:05
285	37	35	5:06:05
286	37	35	5:36:05
287	37	35	6:06:05
288	37	35	6:36:05
289	38	36	7:06:05
290	38	36	7:36:05
291	38	36	8:06:05
292	38	36	8:36:05
293	38	36	9:06:05
294	38	36	9:36:05
295	38	36	10:06:05
296	38	36	10:36:05
297	38	36	11:06:05
298	38	36	11:36:05
299	38	36	12:06:05
300	38	36	12:36:05
301	38	36	13:06:05
302	38	36	13:36:05
303	38	36	14:06:05
304	38	36	14:36:05
305	38	36	15:06:05
306	39	37	15:36:05
307	39	37	16:06:05
308	39	37	16:36:05
309	39	37	17:06:05
310	39	37	17:36:05
311	39	37	18:06:05
312	38	36	18:36:05
313	38	36	19:06:05
314	38	36	19:36:05
315	38	36	20:06:05
316	38	36	20:36:05
317	38	36	21:06:05
318	38	36	21:36:05
319	38	36	22:06:05
320	38	36	22:36:05
321	37	35	23:06:05
322	37	35	23:36:05
323	37	35	0:06:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

324	37	35	0:36:05
325	37	35	1:06:05
326	37	35	1:36:05
327	37	35	2:06:05
328	37	35	2:36:05
329	37	35	3:06:05
330	37	35	3:36:05
331	37	35	4:06:05
332	37	35	4:36:05
333	37	35	5:06:05
334	37	35	5:36:05
335	37	35	6:06:05
336	37	35	6:36:05
337	37	35	7:06:05
338	37	35	7:36:05
339	37	35	8:06:05
340	37	35	8:36:05
341	37	35	9:06:05
342	37	35	9:36:05
343	37	35	10:06:05
344	37	35	10:36:05
345	37	35	11:06:05
346	37	35	11:36:05
347	37	35	12:06:05
348	37	35	12:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


กราฟแสดงอุณหภูมิds1820เปรียบเทียบกับปรอท
อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
1
24
47
70
93
116
139
162
185
208
231
254
277
300
323
346
จำนวนครั้ง
ไอซีds1820
ปรอท

24LC16B

16K 2.5V I²C™ Serial EEPROM

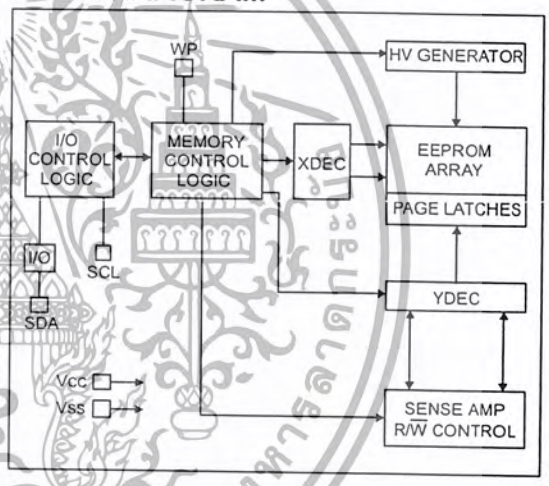
FEATURES

- Single supply with operation down to 2.5V
- Low power CMOS technology
  - 1 mA active current typical
  - 10 µA standby current typical at 5.5V
  - 5 µA standby current typical at 3.0V
- Organized as 8 blocks of 256 bytes (8 x 256 x 8)
- 2-wire serial interface bus, I²C™ compatible
- Schmitt trigger inputs for noise suppression
- Output slope control to eliminate ground bounce
- 100 kHz (E-temp.) and 400 kHz (C/I-temp.) compatibility
- Self-timed write cycle (including auto-erase)
- Page-write buffer for up to 16 bytes
- 2 ms typical write cycle time for page-write
- Hardware write protect for entire memory
- Can be operated as a serial ROM
- Factory programming (QTP) available
- ESD protection > 4,000V
- 1,000,000 erase/write cycles
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC, TSSOP and MSOP packages
- Available for extended temperature ranges:
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

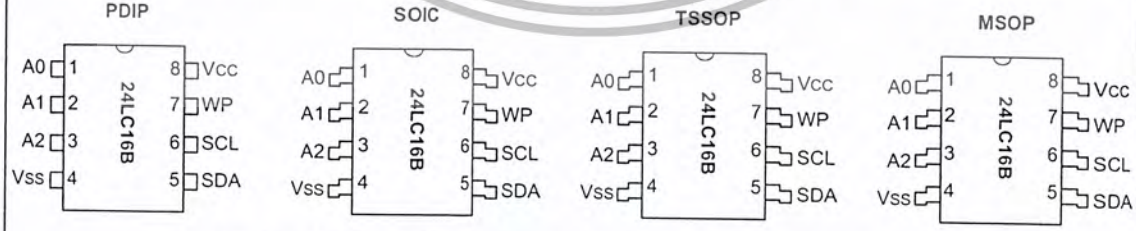
DESCRIPTION

The Microchip Technology Inc. 24LC16B is a 16 Kbit Electrically Erasable PROM. The device is organized as eight blocks of 256 x 8-bit memory with a 2-wire serial interface. Low voltage design permits operation down to 2.5V with standby and active currents of only 5 µA and 1 mA respectively. The 24LC16B also has a page-write capability for up to 16 bytes of data. The 24LC16B is available in the standard 8-pin DIP, surface mount SOIC, TSSOP and MSOP packages.

BLOCK DIAGRAM



PACKAGE TYPES



Note: Pins A0, A1 and A2 are not used by the 24LC16B. (No internal connections).

I²C™ is a trademark of the Philips Corporation

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings†

Vcc.....7.0V
All inputs and outputs w.r.t. Vss ..... -0.3V to Vcc +1.0V
Storage temperature .....-65°C to +150°C
Ambient temp. with power applied .....-65°C to +125°C
Soldering temperature of leads (10 seconds) ..... +300°C
ESD protection on all pins .....≥ 4 KV

† NOTICE: Stresses above those listed under "Maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

1.1 DC Characteristics

DC CHARACTERISTICS			Vcc = +2.5V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	**Sym.**	**Characteristic**	**Min.**	**Max.**	**Units**	**Conditions**
D1	VIH	**WP, SCL and SDA pins**	—	—	—	—
D2	—	High level input voltage	.7 Vcc	—	V	—
D3	VIL	Low level input voltage	—	.3 Vcc	V	—
D4	VHYS	Hysteresis of Schmitt trigger inputs	.05 Vcc	—	V	**(Note)**
D5	VOL	Low level output voltage	—	.40	V	IOL = 3.0 mA, Vcc = 2.5V
D6	ILI	**Input leakage current**	-10	10	µA	VIN = .1V to Vcc
D7	ILO	**Output leakage current**	-10	10	µA	VOUT = .1V to Vcc
D8	CIN, COUT	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	10	pF	Vcc = 5.0V **(Note)** TAMB = 25°C, FCLK = 1 MHz
D9	ICC write	**Operating current**	—	3	mA	Vcc = 5.5V, SCL = 400 kHz
D10	ICC read		—	1	mA	—
D11	ICCS	**Standby current**	— —	30 100	µA µA	Vcc = 3.0V, SDA = SCL = Vcc Vcc = 5.5V, SDA = SCL = Vcc WP = Vss

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

© 2001 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 AC Characteristics

AC CHARACTERISTICS			Vcc = +2.5V to +5.5V Industrial (I): TAMB = -40°C to +85°C Automotive (E): TAMB = -40°C to +125°C			
Param. No.	Sym.	Characteristic.	Min.	Max.	Units	Conditions
1	FCLK	Clock frequency	— —	400 100	kHz	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
2	THIGH	Clock high time	600 4000	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
3	TLOW	Clock low time	1300 4700	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
4	TR	SDA and SCL rise time (Note 1)	— —	300 1000	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (Note 1) 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range) (Note 1)
5	TF	SDA and SCL fall time	—	300	ns	(Note 1)
6	THD:STA	START condition hold time	600 4000	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
7	TSU:STA	START condition setup time	600 4700	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
8	THD:DAT	Data input hold time	0	—	ns	(Note 2)
9	TSU:DAT	Data input setup time	100 250	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
10	TSU:STO	STOP condition setup time	600 4000	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
11	TAA	Output valid from clock (Note 2)	— —	900 3500	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
12	TBUF	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	1300 4700	— —	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
13	TOF	Output fall time from VIH minimum to VIL maximum	20+0.1CB —	250 250	ns	2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V 2.5V ≤ Vcc ≤ 5.5V (E-temp. range)
14	TSP	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	(Notes 1 and 3)
15	TWC	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
16	—	Endurance	1M	—	cycles	25°C, Vcc = 5.0V, Block Mode (Note 4)

Note 1: Not 100% tested. CB = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of START or STOP conditions.

3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt trigger inputs which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance Model which can be obtained on Microchip's website: www.microchip.com.

© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA

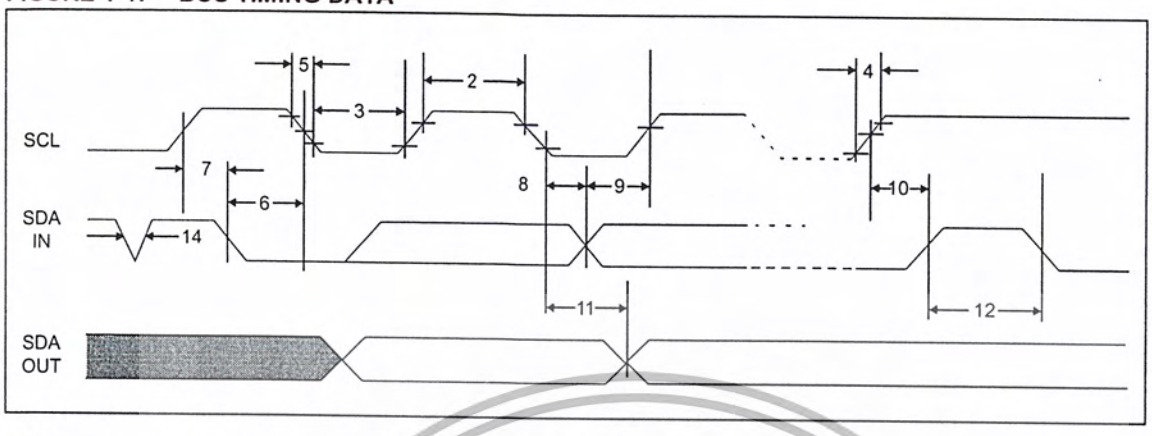
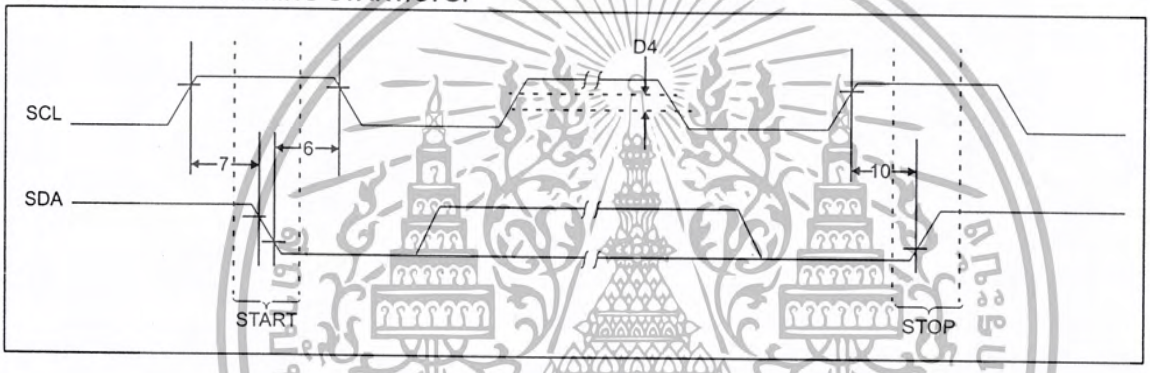


FIGURE 1-2: BUS TIMING START/STOP



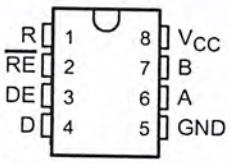
© 2001 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

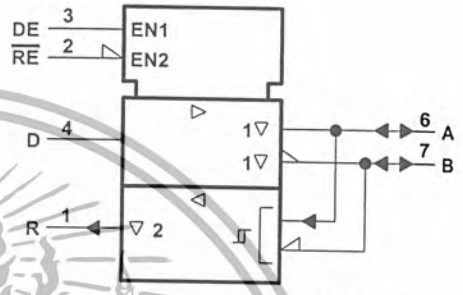
SLLS101A – JULY 1985 – REVISED MAY 1995

- Bidirectional Transceivers
- Meet or Exceed the Requirements of ANSI Standards EIA/TIA-422-B and RS-485 and ITU Recommendations V.11 and X.27
- Designed for Multipoint Transmission on Long Bus Lines in Noisy Environments
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Individual Driver and Receiver Enables
- Wide Positive and Negative Input/Output Bus Voltage Ranges
- Driver Output Capability . . . ±60 mA Max
- Thermal Shutdown Protection
- Driver Positive and Negative Current Limiting
- Receiver Input Impedance . . . 12 kΩ Min
- Receiver Input Sensitivity . . . ±200 mV
- Receiver Input Hysteresis . . . 50 mV Typ
- Operate From Single 5-V Supply

D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



logic symbol†

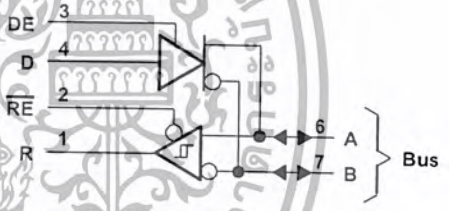


† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

description

The SN65176B and SN75176B differential bus transceivers are monolithic integrated circuits designed for bidirectional data communication on multipoint bus transmission lines. They are designed for balanced transmission lines and meet ANSI Standards EIA/TIA-422-B and RS-485 and ITU Recommendations V.11 and X.27.

logic diagram (positive logic)



The SN65176B and SN75176B combine a 3-state differential line driver and a differential input line receiver, both of which operate from a single 5-V power supply. The driver and receiver have active-high and active-low enables, respectively, that can be externally connected together to function as a direction control. The driver differential outputs and the receiver differential inputs are connected internally to form differential input/output (I/O) bus ports that are designed to offer minimum loading to the bus whenever the driver is disabled or V_{CC} = 0. These ports feature wide positive and negative common-mode voltage ranges making the device suitable for party-line applications.

Function Tables

DRIVER

INPUT D	ENABLE DE	OUTPUTS A	OUTPUTS B
H	H	H	L
L	H	L	H
X	L	Z	Z

RECEIVER

DIFFERENTIAL INPUTS A – B	ENABLE $\overline{RE}$	OUTPUT R
$V_{ID} \geq 0.2$ V	L	H
-0.2 V < V_{ID} < 0.2 V	L	?
$V_{ID} \leq -0.2$ V	L	L
X	H	Z
Open	L	H

H = high level, L = low level, ? = indeterminate, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1995, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

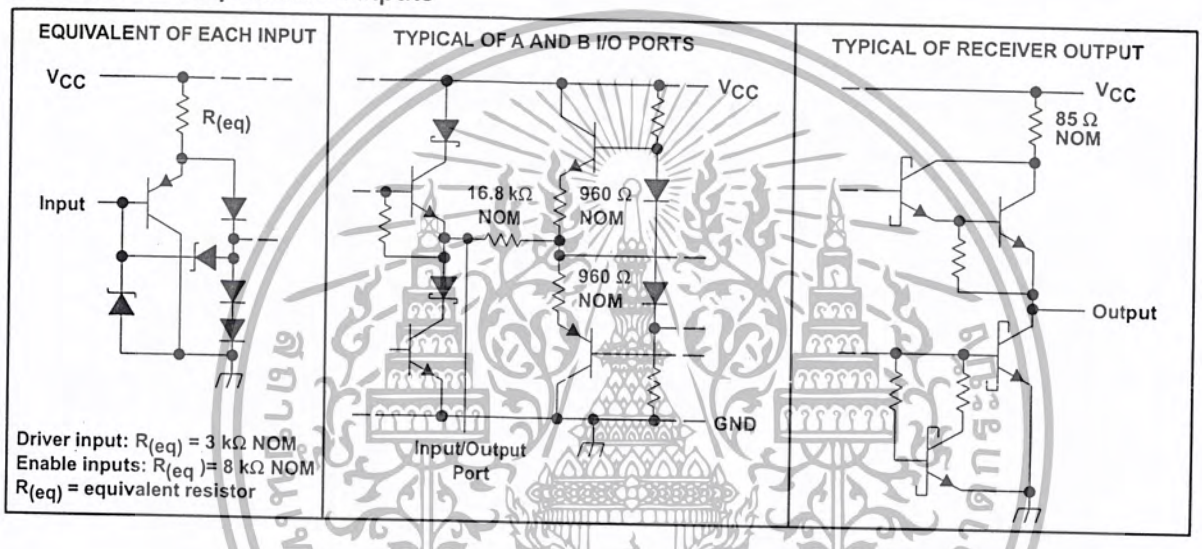
description (continued)

The driver is designed for up to 60 mA of sink or source current. The driver features positive- and negative-current limiting and thermal shutdown for protection from line-fault conditions. Thermal shutdown is designed to occur at a junction temperature of approximately 150°C. The receiver features a minimum input impedance of 12 kΩ, an input sensitivity of ±200 mV, and a typical input hysteresis of 50 mV.

The SN65176B and SN75176B can be used in transmission line applications employing the SN75172 and SN75174 quadruple differential line drivers and SN75173 and SN75175 quadruple differential line receivers.

The SN65176B is characterized for operation from –40°C to 105°C and the SN75176B is characterized for operation from 0°C to 70°C.

schematics of inputs and outputs



TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1) ..... 7 V
Voltage range at any bus terminal ..... −10 V to 15 V
Enable input voltage, V_I ..... 5.5 V
Continuous total power dissipation ..... See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range, T_A: SN65176B ..... −40°C to 105°C
SN75176B ..... 0°C to 70°C
Storage temperature range, T_{stg} ..... −65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values, except differential input/output bus voltage, are with respect to network ground terminal.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \le 25°C$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25°C$	$T_A = 70°C$ POWER RATING	$T_A = 105°C$ POWER RATING
D	725 mW	5.8 mW/°C	464 mW	261 mW
P	1100 mW	8.8 mW/°C	704 mW	396 mW

recommended operating conditions

		MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.75	5	5.25	V
Voltage at any bus terminal (separately or common mode), V_I or V_{IC}				12	V
				−7	
High-level input voltage, V_{IH}	D, DE, and $\overline{RE}$	2			V
Low-level input voltage, V_{IL}	D, DE, and $\overline{RE}$			0.8	V
Differential input voltage, V_{ID} (see Note 2)				±12	V
High-level output current, I_{OH}	Driver			−60	mA
	Receiver			−400	µA
Low-level output current, I_{OL}	Driver			60	mA
	Receiver			8	
Operating free-air temperature, T_A	SN65176B	−40		105	°C
	SN75176B	0		70	

NOTE 2: Differential-input/output bus voltage is measured at the noninverting terminal A with respect to the inverting terminal B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IK}	Input clamp voltage	I_I = –18 mA				–1.5	V
V_O	Output voltage	I_O = 0		0		6	V
$\|V_{OD1}\|$	Differential output voltage	I_O = 0		1.5	3.6	6	V
$\|V_{OD2}\|$	Differential output voltage	R_L = 100 Ω, See Figure 1		1/2 V_{OD1} or 2¶			V
		R_L = 54 Ω, See Figure 1		1.5	2.5	5	V
V_{OD3}	Differential output voltage	See Note 4		1.5		5	V
$\Delta\|V_{OD}\|$	Change in magnitude of differential output voltage§	R_L = 54 Ω or 100 Ω, See Figure 1				±0.2	V
V_{OC}	Common-mode output voltage					+3 –1	V
$\Delta\|V_{OC}\|$	Change in magnitude of common-mode output voltage§					±0.2	V
I_O	Output current	Output disabled, See Note 3	V_O = 12 V			1	mA
			V_O = – 7 V			–0.8	
I_{IH}	High-level input current	V_I = 2.4 V				20	µA
I_{IL}	Low-level input current	V_I = 0.4 V				–400	µA
I_{OS}	Short-circuit output current	V_O = –7 V				–250	mA
		V_O = 0				150	
		V_O = V_{CC}				250	
		V_O = 12 V				250	
I_{CC}	Supply current (total package)	No load	Outputs enabled		42	70	mA
			Outputs disabled		26	35	

† The power-off measurement in ANSI Standard EIA/TIA-422-B applies to disabled outputs only and is not applied to combined inputs and outputs.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.
§ $\Delta|V_{OD}|$ and $\Delta|V_{OC}|$ are the changes in magnitude of V_{OD} and V_{OC}, respectively, that occur when the input is changed from a high level to a low level.
¶ The minimum V_{OD2} with a 100-Ω load is either 1/2 V_{OD1} or 2 V, whichever is greater.
NOTES: 3. See ANSI Standard RS-485 Figure 3.5, Test Termination Measurement 2.
4. This applies for both power on and off; refer to ANSI Standard RS-485 for exact conditions. The EIA/TIA-422-B limit does not apply for a combined driver and receiver terminal.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, R_L = 110 kΩ, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{d(OD)}$	Differential-output delay time	R_L = 54 Ω, See Figure 3		15	22	ns
$t_{t(OD)}$	Differential-output transition time			20	30	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	See Figure 4		85	120	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level	See Figure 5		40	60	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	See Figure 4		150	250	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	See Figure 5		20	30	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

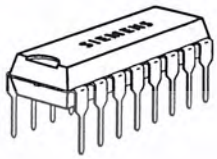
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range

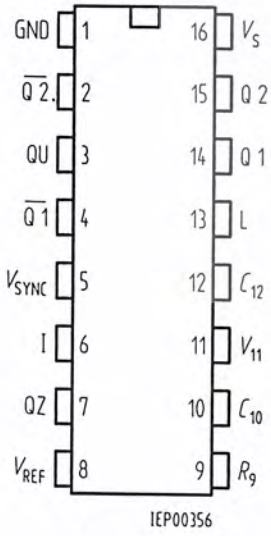


P-DIP-16-1

Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 ° and 180 °. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.



Pin Configuration
(top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	$\overline{Q2}$	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V_S	Supply voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_5). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11}, the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180°.

For every half wave, a positive pulse of approx. 30 µs duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12}. If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

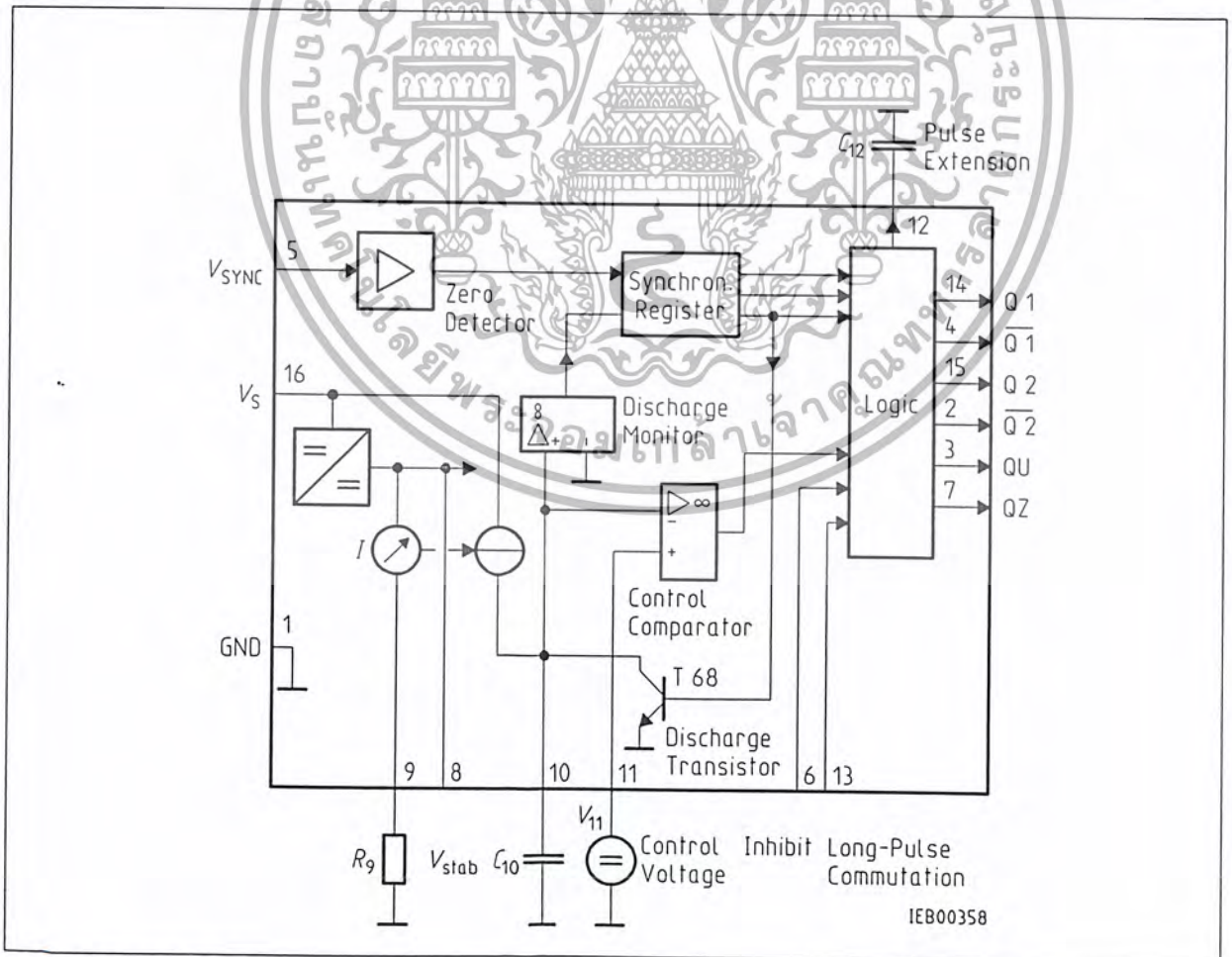
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of φ +180° which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

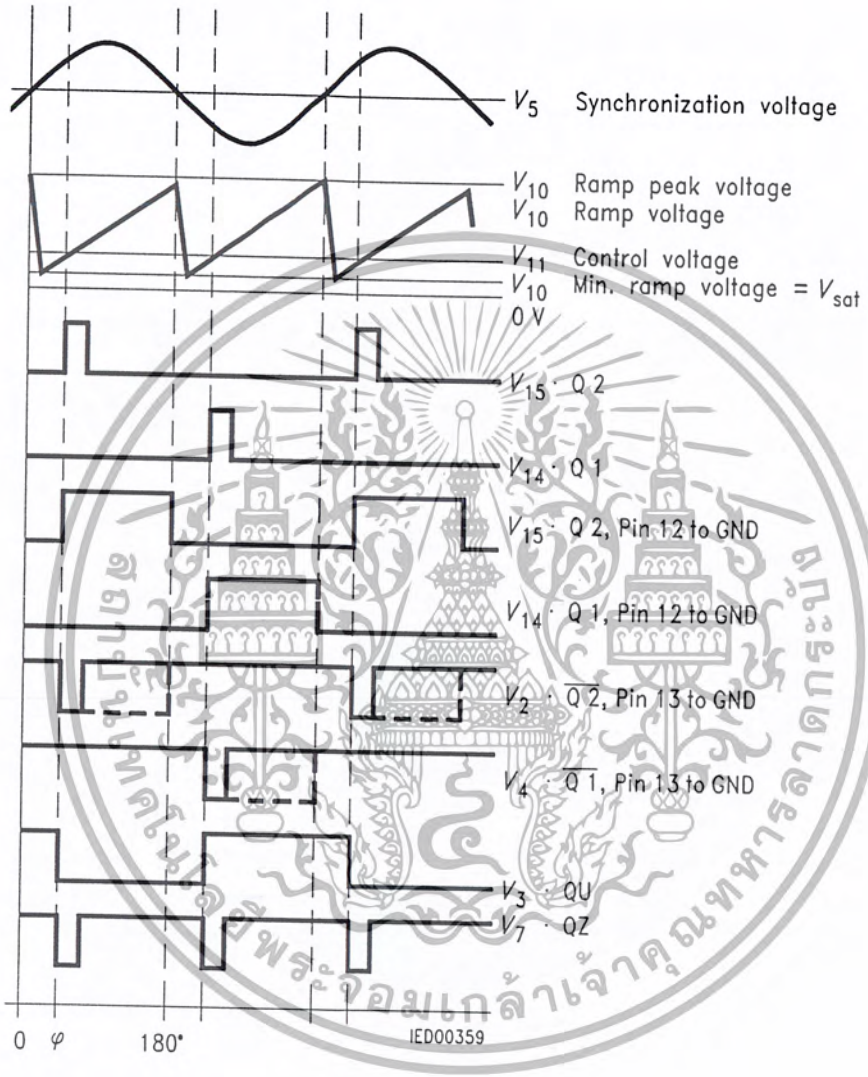
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length (180° – φ).



Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_S	– 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	– 10	400	mA
Inhibit voltage	V_6	– 0.5	V_S	V
Control voltage	V_{11}	– 0.5	V_S	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	– 0.5	V_S	V
Synchronization input current	V_5	– 200	± 200	µA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_S	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_S	V
Junction temperature	T_j		150	°C
Storage temperature	T_{stg}	– 55	125	°C
Thermal resistance system - air	$R_{th\ SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_S	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	– 25	85	°C

Characteristics

$8 \le V_S \le 18$ V; -25 °C $\le T_A \le 85$ °C; $f = 50$ Hz

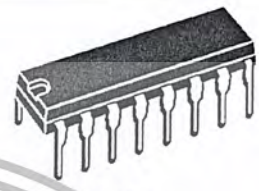
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 … S6 open $V_{11} = 0$ V $C_{10} = 47$ nF; $R_9 = 100$ kΩ	I_S	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current R_2 varied	$I_{5\,rms}$	30		200	µA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0.2		$V_{10\,peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		kΩ	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DIP16

ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A

SO16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

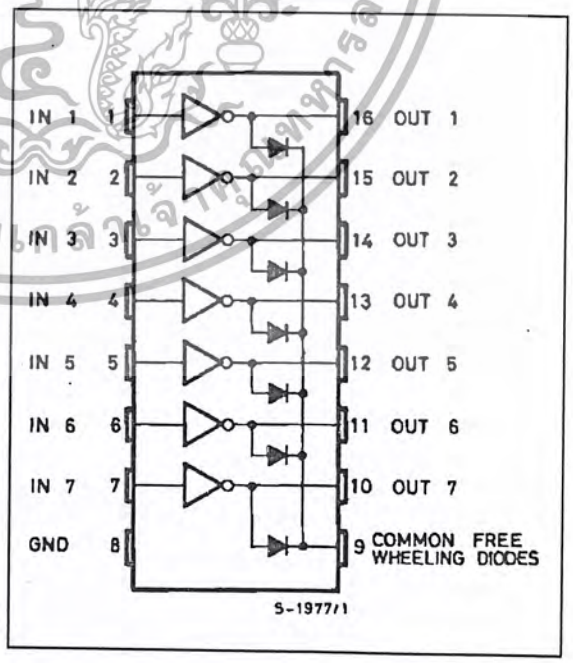
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6–15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal printheads and high power buffers.

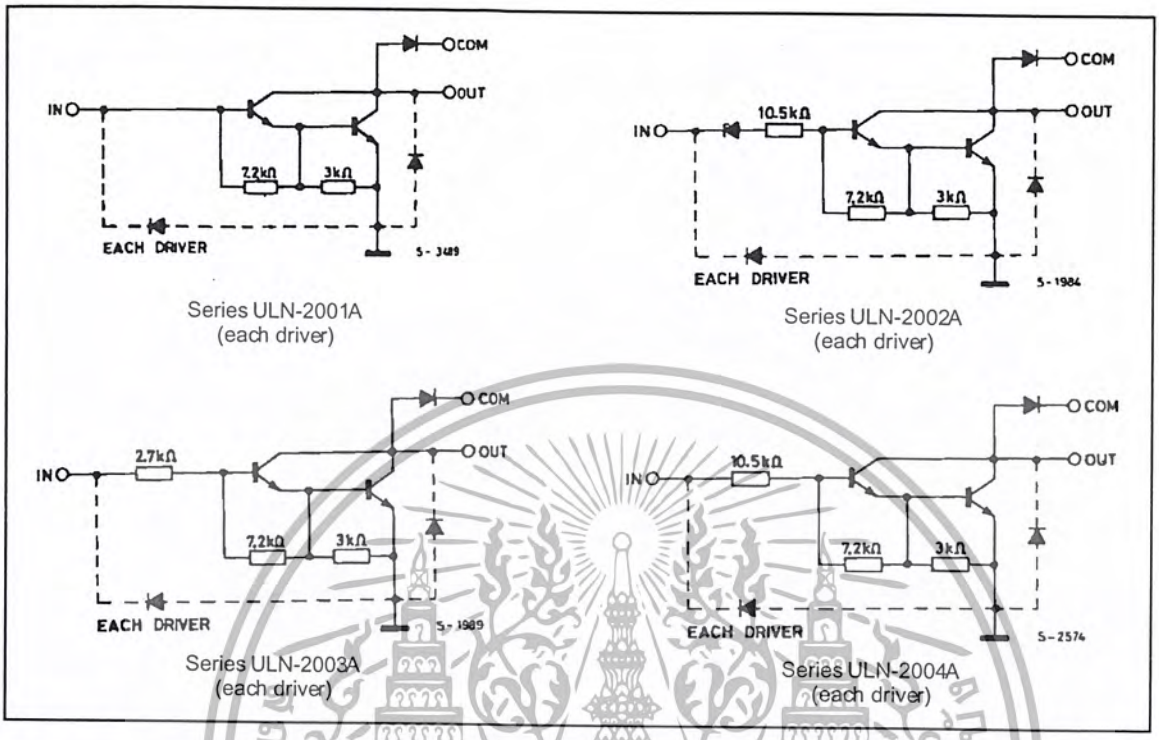
The ULN2001A/2002A/2003Aand 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHEMATIC DIAGRAM



Series ULN-2001A (each driver)

Series ULN-2002A (each driver)

Series ULN-2003A (each driver)

Series ULN-2004A (each driver)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	– 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	– 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter		DIP16	SO16	Unit
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	70	100	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	V_{CE} = 50V			50	µA	1a
		T_{amb} = 70°C, V_{CE} = 50V			100	µA	1a
		T_{amb} = 70°C for ULN2002A V_{CE} = 50V, V_i = 6V			500	µA	1b
		for ULN2004A V_{CE} = 50V, V_i = 1V			500	µA	1b
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	I_C = 100mA, I_B = 250µA		0.9	1.1	V	2
		I_C = 200 mA, I_B = 350µA		1.1	1.3	V	2
		I_C = 350mA, I_B = 500µA		1.3	1.6	V	2
$I_{i(on)}$	Input Current	for ULN2002A, V_i = 17V		0.82	1.25	mA	3
		for ULN2003A, V_i = 3.85V		0.93	1.35	mA	3
		for ULN2004A, V_i = 5V		0.35	0.5	mA	3
		V_i = 12V		1	1.45	mA	3
$I_{i(off)}$	Input Current	T_{amb} = 70°C, I_C = 500µA	50	65		µA	4
$V_{i(on)}$	Input Voltage	V_{CE} = 2V				V	5
		for ULN2002A I_C = 300mA			13		
		for ULN2003A I_C = 200mA			2.4		
		I_C = 250mA			2.7		
		I_C = 300mA			3		
		for ULN2004A I_C = 125mA			5		
		I_C = 200mA			6		
		I_C = 275mA			7		
		I_C = 350mA			8		
h_{FE}	DC Forward Current Gain	for ULN2001A V_{CE} = 2V, I_C = 350mA	1000				2
C_i	Input Capacitance			15	25	pF	
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	0.5 V_i to 0.5 V_o		0.25	1	µs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	V_R = 50V			50	µA	6
		T_{amb} = 70°C, V_R = 50V			100	µA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	I_F = 350mA		1.7	2	V	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

Figure 1a.

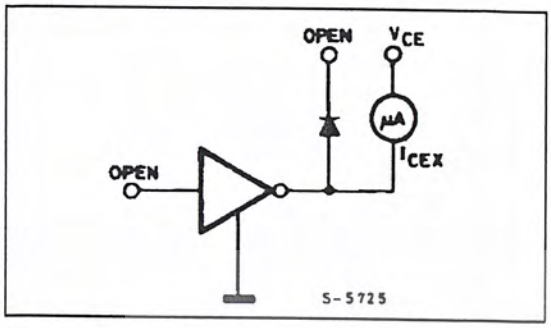


Figure 1b.

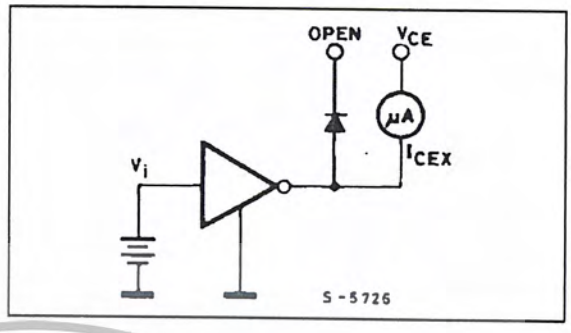


Figure 2.

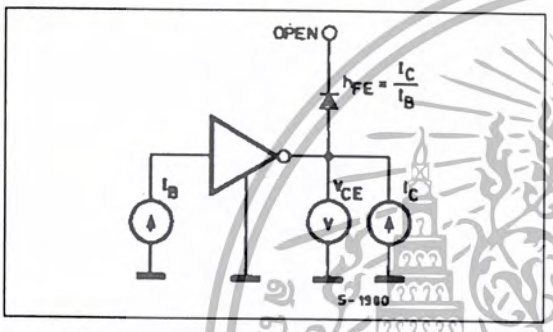


Figure 3.

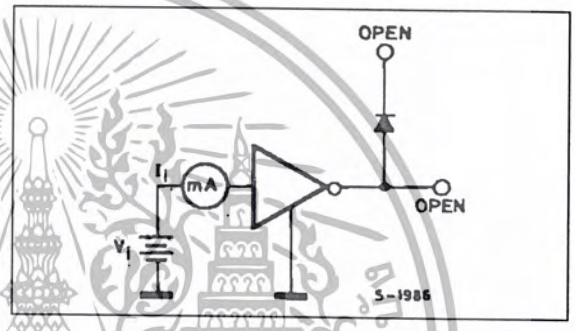


Figure 4.

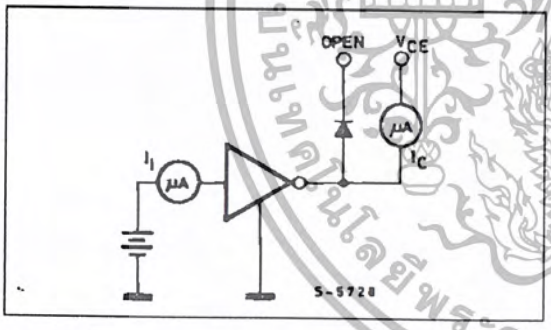


Figure 5.

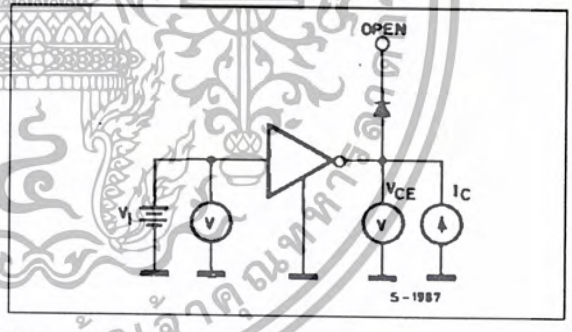


Figure 6.

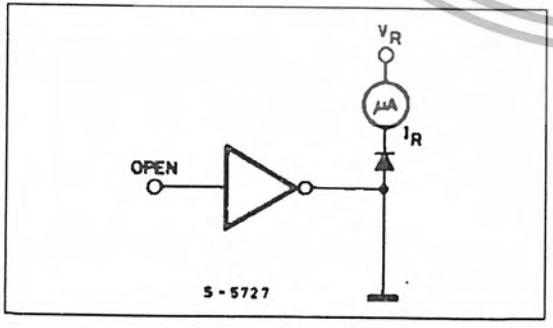
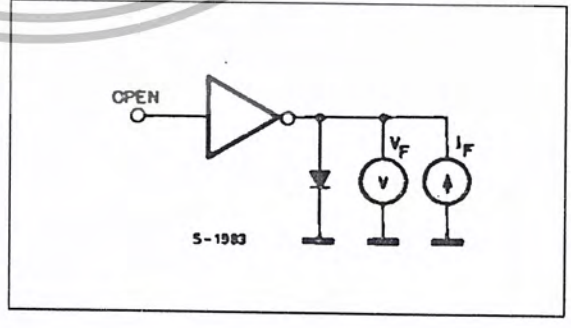


Figure 7.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1307
64 X 8 Serial Real Time Clock

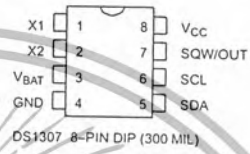
FEATURES

- Real time clock 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 nonvolatile RAM for data storage
- 2–wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode at 25°C
- Optional industrial temperature range –40°C to +85°C (IND)
- Available in 8–pin DIP or SOIC

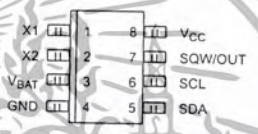
ORDERING INFORMATION

DS1307	Serial Timekeeping Chip; 8–pin DIP
DS1307Z	Serial Timekeeping Chip; 8–pin SOIC (150 mil)
DS1307N	8–pin DIP (IND)
DS1307ZN	8–pin SOIC (IND)

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8–PIN DIP (300 MIL)



DS1307Z 8–PIN SOIC (150 MIL)

PIN DESCRIPTION

V_{CC}	–	Primary Power Supply
X1, X2	–	32.768 KHz Crystal Connection
V_{BAT}	–	+3 Volt Battery Input
GND	–	Ground
SDA	–	Serial Data
SCL	–	Serial Clock
SQW/OUT	–	Square wave/Output Driver

DESCRIPTION

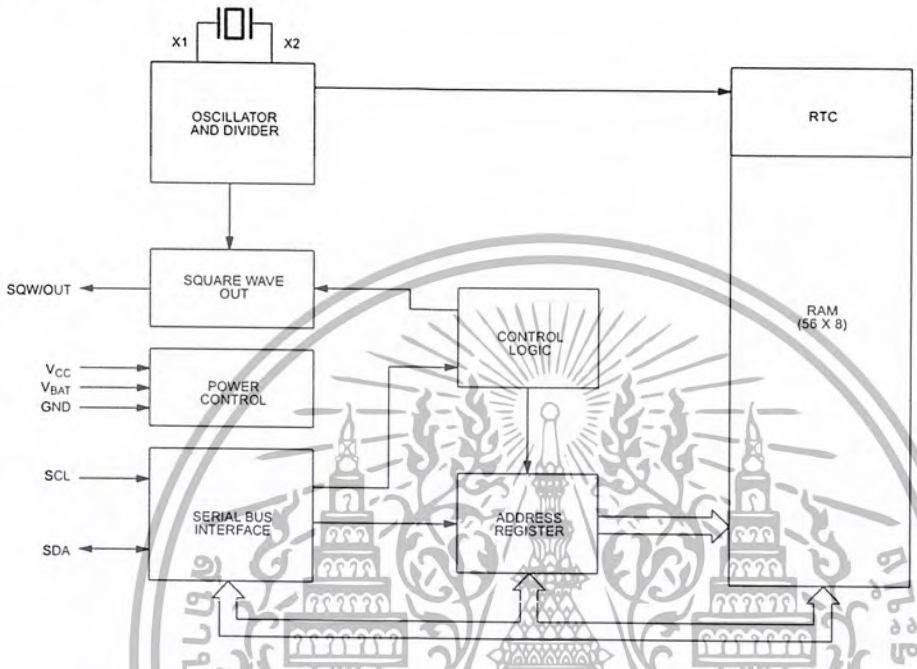
The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power full BCD clock calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2–wire bi–directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less 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 which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT} the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT}+0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock. The following paragraphs describe the function of each pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND – DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts are applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3 volt battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external 3 volt battery.

V_{BAT} – Battery input for any standard 3 volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.5 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A Lithium battery with 35 mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power.

SCL (Serial Clock Input) – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

SDA (Serial Data Input/Output) – SDA is the input/output pin for the 2–wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pull–up resistor.

SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver) – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 KHz, 8 KHz, 32 KHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pull–up resistor.

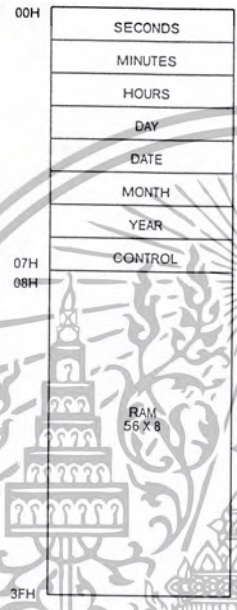
X1, X2 – Connections for a standard 32.768 KHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multibyte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2



CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary–Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a one, the oscillator is disabled. When cleared to a zero, the oscillator is enabled.

The DS1307 can be run in either 12–hour or 24–hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12– or 24–hour mode select bit. When high, the 12–hour mode is selected. In the 12–hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24–hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20–23 hours).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

	BIT7						BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS			00–59
	X	10 MINUTES			MINUTES			00–59
	X	12/24	10 HR A/P	10 HR	HOURS			01–12 00–23
	X	X	X	X	X	DAY		1–7
	X	X	10 DATE		DATE			01–28/29 01–30 01–31
	X	X	10 MONTH		MONTH			01–12
	10 YEAR				YEAR			00–99
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

CONTROL REGISTER

The DS1307 Control Register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

OUT (Output control): This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE = 0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0.

SQWE (Square wave Enable): This bit when set to a logic 1 will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends on the value of the RS0 and RS1 bits.

RS (Rate Select): These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4 KHz
1	0	8 KHz
1	1	32 KHz

2–WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi–directional 2–wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are slaves. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2–wire bus. A typical bus configuration using this 2–wire protocol is show in Figure 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

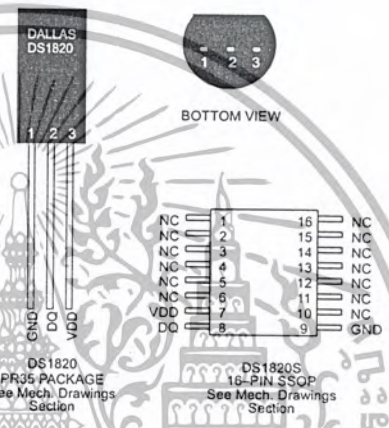
DALLAS SEMICONDUCTOR

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED PIN DESCRIPTION

PIN 16–PIN SSOP	PIN PR35	SYMBOL	DESCRIPTION
9	1	GND	**Ground.**
8	2	DQ	**Data Input/Output pin.** For 1–Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
7	3	V_{DD}	**Optional V_{DD} pin.** See "Parasite Power" section for details of connection.

DS1820S (16–pin SSOP): All pins not specified in this tabie are not to be connected.

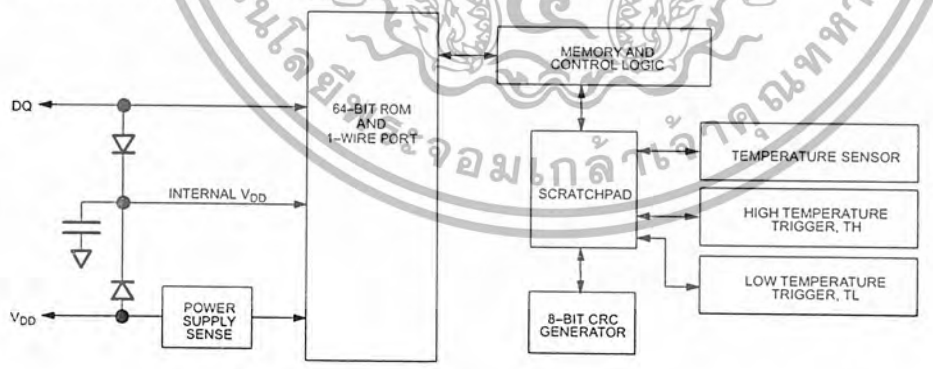
OVERVIEW

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64–bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1–Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1–Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS1820 may also be powered from an external 5 volts supply.

Communication to the DS1820 is via a 1–Wire port. With the 1–Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64–bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1–Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS1820 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS1820's scratchpad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of one byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS1820, these registers may be used as general purpose user memory. Writing TH and TL is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite powered circuitry. This circuitry "steals" power whenever the I/O or V_{DD} pins are high. I/O will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled "1–Wire Bus System"). The advantages of parasite power are two–fold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS1820 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the I/O line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS1820 is up to 1 mA, the I/O line will not have sufficient drive due to the 5K pull–up resistor. This problem is particularly acute if several DS1820's are on the same I/O and attempting to convert simultaneously.

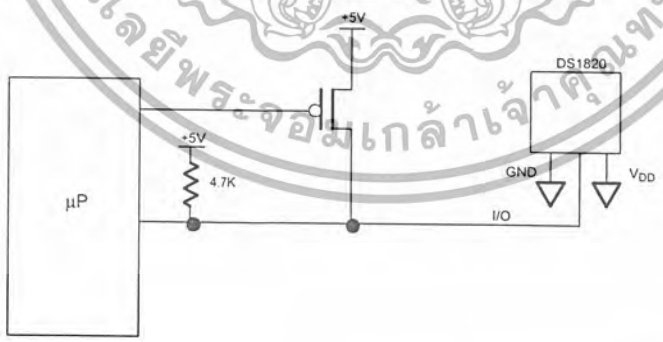
There are two ways to assure that the DS1820 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pull–up on the I/O line whenever temperature conversions or copies to the E^2 memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the I/O line directly to the power supply as shown in Figure 2. The I/O line must be switched over to the strong pull–up within 10 µs maximum after issuing any protocol that involves copying to the E^2 memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the V_{DD} pin must be tied to ground.

Another method of supplying current to the DS1820 is through the use of an external power supply tied to the V_{DD} pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pull–up is not required on the I/O line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1–Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS1820's may be placed on the 1–Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS1820 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V_{DD} be applied to the DS1820.

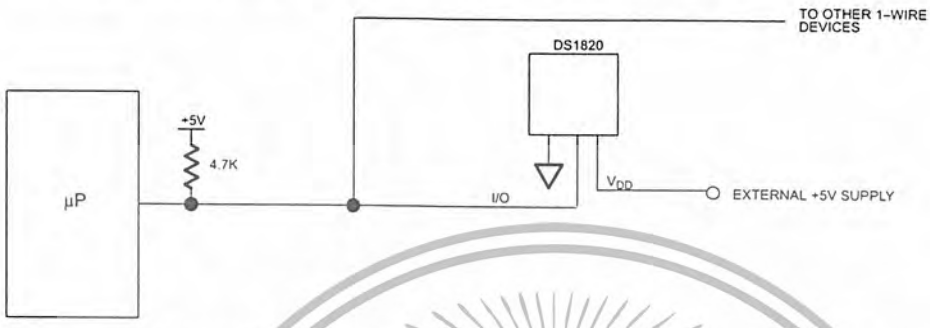
For situations where the bus master does not know whether the DS1820's on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD}, a provision is made in the DS1820 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS1820's are on the bus which require the strong pull–up by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS1820 will send back "0" on the 1–Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the V_{DD} pin. If the master receives a "0", it knows that it must supply the strong pull–up on the I/O line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

STRONG PULL–UP FOR SUPPLYING DS1820 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



OPERATION – MEASURING TEMPERATURE

The DS1820 measures temperature through the use of an on–board proprietary temperature measurement technique. A block diagram of the temperature measurement circuitry is shown in Figure 4.

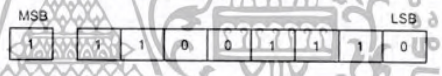
The DS1820 measures temperature by counting the number of clock cycles that an oscillator with a low temperature coefficient goes through during a gate period determined by a high temperature coefficient oscillator. The counter is preset with a base count that corresponds to –55°C. If the counter reaches zero before the gate period is over, the temperature register, which is also preset to the –55°C value, is incremented, indicating that the temperature is higher than –55°C.

At the same time, the counter is then preset with a value determined by the slope accumulator circuitry. This circuitry is needed to compensate for the parabolic behavior of the oscillators over temperature. The counter is then clocked again until it reaches zero. If the gate period is still not finished, then this process repeats.

The slope accumulator is used to compensate for the non–linear behavior of the oscillators over temperature, yielding a high resolution temperature measurement. This is done by changing the number of counts necessary for the counter to go through for each incremental degree in temperature. To obtain the desired resolution, therefore, both the value of the counter and the number of counts per degree C (the value of the slope accumulator) at a given temperature must be known.

Internally, this calculation is done inside the DS1820 to provide 0.5°C resolution. The temperature reading is provided in a 16–bit, sign–extended two's complement reading. Table 1 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The data is transmitted serially over the 1–Wire interface. The DS1820 can measure temperature over the range of –55°C to +125°C in 0.5°C increments. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion factor must be used.

Note that temperature is represented in the DS1820 in terms of a $^1/_2$°C LSB, yielding the following 9–bit format:



= –25°C

The most significant (sign) bit is duplicated into all of the bits in the upper MSB of the two–byte temperature register in memory. This "sign–extension" yields the 16–bit temperature readings as shown in Table 1.

Higher resolutions may be obtained by the following procedure. First, read the temperature, and truncate the 0.5°C bit (the LSB) from the read value. This value is TEMP_READ. The value left in the counter may then be read. This value is the count remaining (COUNT_REMAIN) after the gate period has ceased. The last value needed is the number of counts per degree C (COUNT_PER_C) at that temperature. The actual temperature may be then be calculated by the user using the following:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP_READ} - 0.25 + \frac{(\text{COUNT_PER_C} - \text{COUNT_REMAIN})}{\text{COUNT_PER_C}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

PCF8574
Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Integrated Circuits, IC12

1997 Apr 02

Philips Semiconductors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTENTS

1 FEATURES
2 GENERAL DESCRIPTION
3 ORDERING INFORMATION
4 BLOCK DIAGRAM
5 PINNING
6 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS
6.1 Bit transfer
6.2 Start and stop conditions
6.3 System configuration
6.4 Acknowledge
7 FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1 Addressing
7.2 Interrupt
7.3 Quasi-bidirectional I/Os
8 LIMITING VALUES
9 HANDLING
10 DC CHARACTERISTICS
11 I²C-BUS TIMING CHARACTERISTICS
12 PACKAGE OUTLINES
13 SOLDERING
13.1 Introduction
13.2 DIP
13.2.1 Soldering by dipping or by wave
13.2.2 Repairing soldered joints
13.3 SO and SSOP
13.3.1 Reflow soldering
13.3.2 Wave soldering
13.3.3 Repairing soldered joints
14 DEFINITIONS
15 LIFE SUPPORT APPLICATIONS
16 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10 µA maximum
- I²C to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I²C-bus
- Compatible with most microcontrollers
- Latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs
- Address by 3 hardware address pins for use of up to 8 devices (up to 16 with PCF8574A)
- DIP16, or space-saving SO16 or SSOP20 packages.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8574 is a silicon CMOS circuit. It provides general purpose remote I/O expansion for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I²C).

The device consists of an 8-bit quasi-bidirectional port and an I²C-bus interface. The PCF8574 has a low current consumption and includes latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs. It also possesses an interrupt line ($\overline{INT}$) which can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O can inform the microcontroller if there is incoming data on its ports without having to communicate via the I²C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

The PCF8574 and PCF8574A versions differ only in their slave address as shown in Fig.9.

3 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8574P; PCF8574AP	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT38-1
PCF8574T; PCF8574AT	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1
PCF8574TS	SSOP20	plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm	SOT266-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 BLOCK DIAGRAM

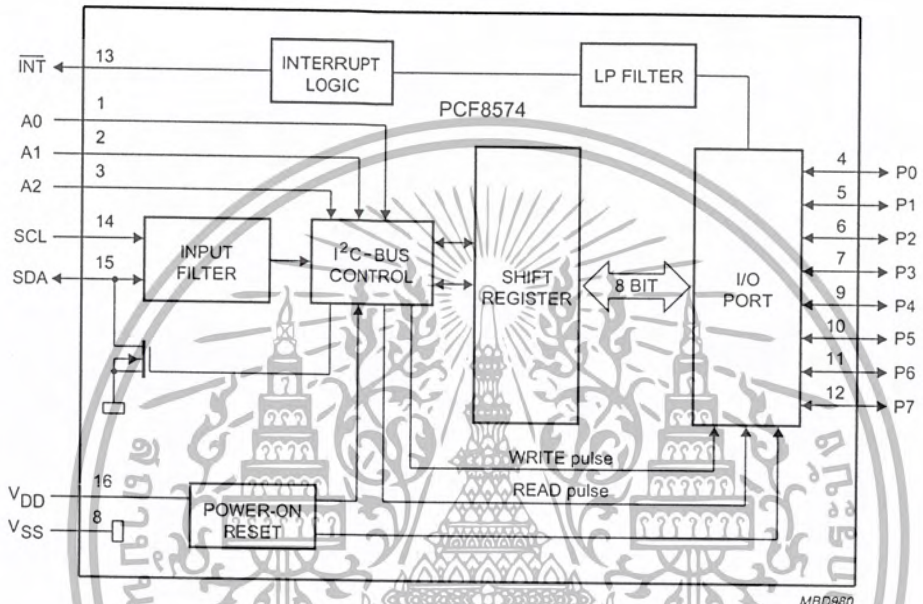


Fig.1 Block diagram (SOT38-1 and SOT162-1).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

PCF8591
8-bit A/D and D/A converter

Product specification
Supersedes data of 1997 Apr 02
File under Integrated Circuits, IC12

1998 Jul 02

Philips Semiconductors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHILIPS

CONTENTS

1 FEATURES
2 APPLICATIONS
3 GENERAL DESCRIPTION
4 ORDERING INFORMATION
5 BLOCK DIAGRAM
6 PINNING
7 FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1 Addressing
7.2 Control byte
7.3 D/A conversion
7.4 A/D conversion
7.5 Reference voltage
7.6 Oscillator
8 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS
8.1 Bit transfer
8.2 Start and stop conditions
8.3 System configuration
8.4 Acknowledge
8.5 I²C-bus protocol
9 LIMITING VALUES
10 HANDLING
11 DC CHARACTERISTICS
12 D/A CHARACTERISTICS
13 A/D CHARACTERISTICS
14 AC CHARACTERISTICS
15 APPLICATION INFORMATION
16 PACKAGE OUTLINES
17 SOLDERING
17.1 Introduction
17.2 DIP
17.2.1 Soldering by dipping or by wave
17.2.2 Repairing soldered joints
17.3 SO
17.3.1 Reflow soldering
17.3.2 Wave soldering
17.3.3 Repairing soldered joints
18 DEFINITIONS
19 LIFE SUPPORT APPLICATIONS
20 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter PCF8591

1 FEATURES

- Single power supply
- Operating supply voltage 2.5 V to 6 V
- Low standby current
- Serial input/output via I²C-bus
- Address by 3 hardware address pins
- Sampling rate given by I²C-bus speed
- 4 analog inputs programmable as single-ended or differential inputs
- Auto-incremented channel selection
- Analog voltage range from V_{SS} to V_{DD}
- On-chip track and hold circuit
- 8-bit successive approximation A/D conversion
- Multiplying DAC with one analog output.

2 APPLICATIONS

- Closed loop control systems
- Low power converter for remote data acquisition
- Battery operated equipment
- Acquisition of analog values in automotive, audio and TV applications.

3 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8591 is a single-chip, single-supply low power 8-bit CMOS data acquisition device with four analog inputs, one analog output and a serial I²C-bus interface. Three address pins A0, A1 and A2 are used for programming the hardware address, allowing the use of up to eight devices connected to the I²C-bus without additional hardware. Address, control and data to and from the device are transferred serially via the two-line bidirectional I²C-bus.

The functions of the device include analog input multiplexing, on-chip track and hold function, 8-bit analog-to-digital conversion and an 8-bit digital-to-analog conversion. The maximum conversion rate is given by the maximum speed of the I²C-bus.

4 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCA8591P	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body	SOT38-1
PCA8591T	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 BLOCK DIAGRAM

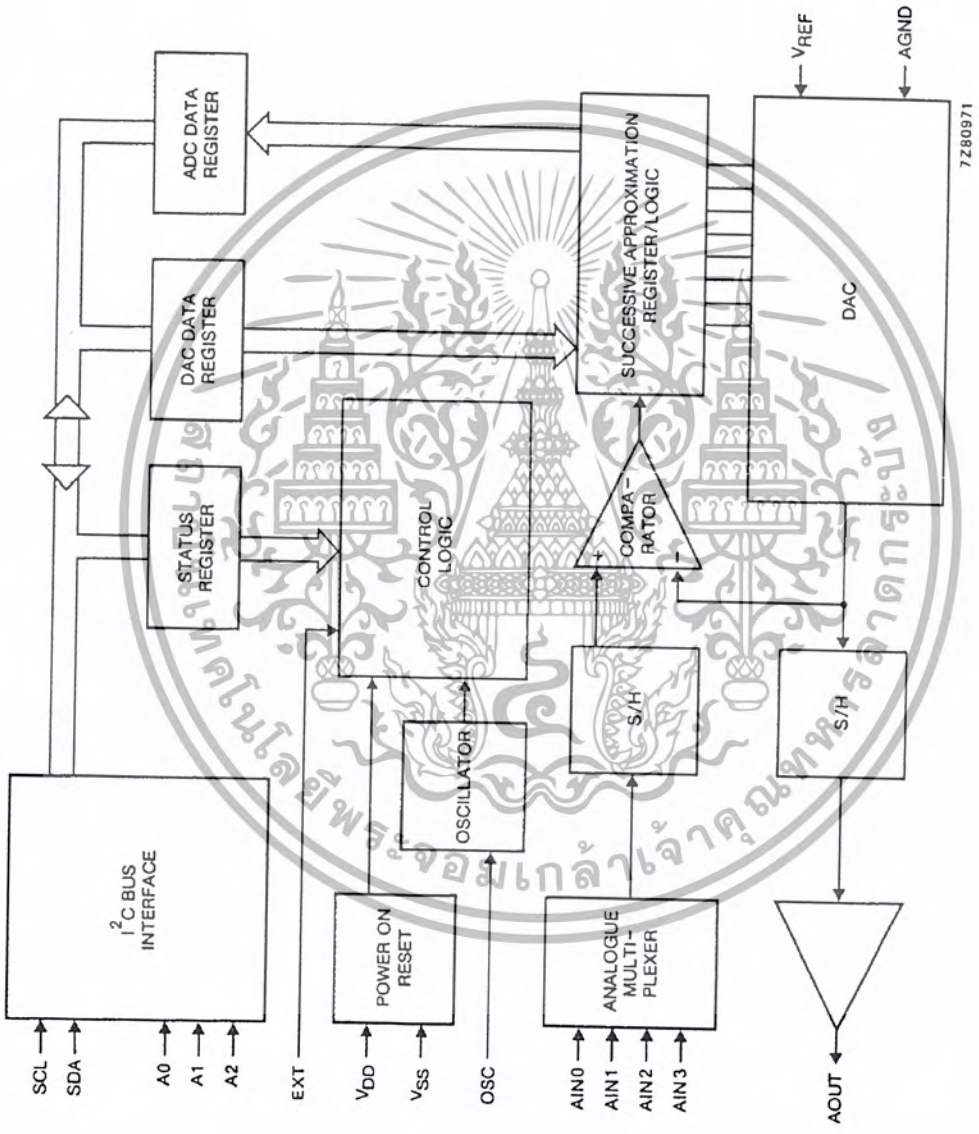


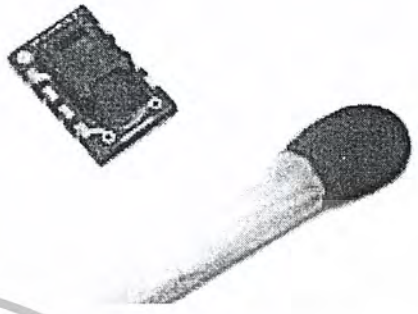
Fig.1 Block diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

SHT1x
Humidity & Temperature Sensmitter

- _ Relative humidity and temperature sensors
- _ Dew point
- _ Fully calibrated, digital output
- _ No external components required
- _ Ultra low power consumption
- _ Surface mountable package
- _ Excellent long-term stability
- _ Small size
- _ Automatic power down

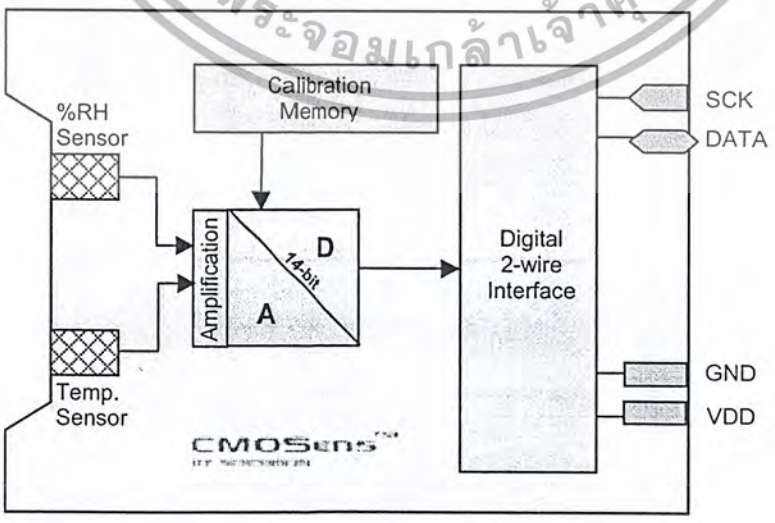


Preliminary Information March 2002

SHT1x Product Summary

The SHT1x is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with customized post processing (CMOSens™ technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes two calibrated microsensors for relative humidity and temperature which are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit on the same chip. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC) at a very competitive price.
Each sensor is calibrated in a precision humidity chamber and the calibration coefficients are programmed into the OTP memory. These coefficients are used internally during measurements to calibrate the signals from the sensors.
The 2-wire serial interface allows easy and fast system integration. Its tiny (7x5x3mm) size and low power consumption makes it the ultimate choice for even the most demanding applications including automotive, instrumentation, medical equipment, heating, ventilation and air conditioning systems (HVAC), portable consumer electronics and battery-operated controllers.
The device is supplied in a surface-mountable LCC type package. Other packaging options are available on request.

SHT1x Single Chip Relative Humidity and Temperature Sensor Module



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Sensor Performance Specifications[1]

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Humidity					
Resolution		0.5	0.03	0.03	% RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		% RH
Accuracy[2] & Interchangeability		see figure 1			
Nonlinearity	10 - 90 %RH		±3		% RH
Range		0		100	% RH
Response time	1/e (63%) slowly moving air		4		s
Hysteresis			±1		% RH
Long term stability	Typical		< 1		% RH/yr
Temperature					
Resolution		0.04	0.01	0.01	°C
					°F
		12	14	14	bit
Repeatability			+0.1		°C
			± 2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

Table 1 Sensor Performance Specifications

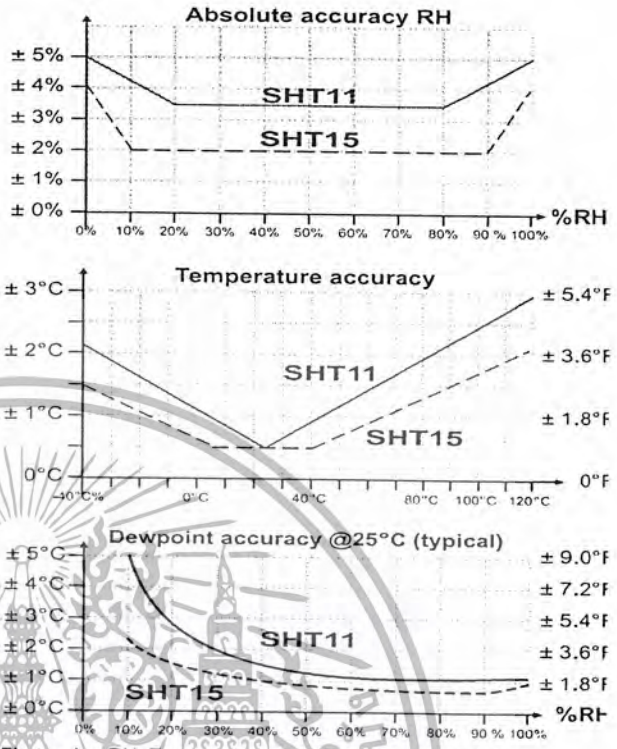


Figure 1 RH, Temperature and dewpoint accuracies

1.1 Converting the digital output to physical values

1.1.1 Humidity

To compensate for the non-linearity of the humidity sensor and to obtain the full accuracy it is recommended to convert the readout with the following formula:

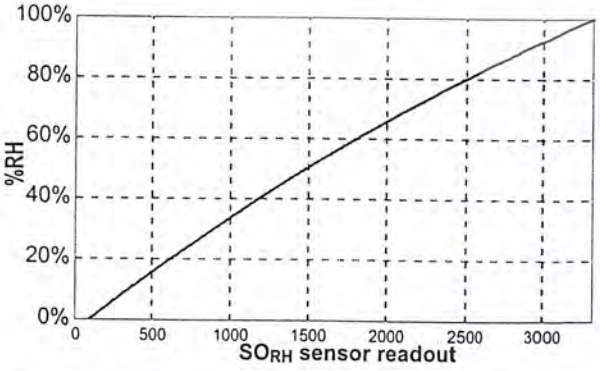
$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \bullet SO_{RH} + c_3 \bullet SO_{RH}^2$$

where SO_{RH} is the sensor readout for RH and with

$c_1 = -4$ $c_2 = 0.0405$ $c_3 = -2.8 * 10^{-6}$ for 12bit SO_{RH}

$c_1 = -4$ $c_2 = 0.648$ $c_3 = -7.2 * 10^{-4}$ for 8bit SO_{RH}

For simplified, less computation intense conversion formulas see application note "RH Non-Linearity Compensation".



For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the temperature coefficient of the RH sensor should be considered:

$$RH_{true} = (T_C - 25) \bullet (t_1 + t_2 \bullet SO_{RH}) + RH_{linear}$$

with $t_1 = 0.01$; $t_2 = 0.00008$, $t_2 = 0.00128$ for 8bit SO_{RH}

This equals ~0.12%RH / °C @ 50%RH

1.1.2 Temperature

The temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert from digital readout to temperature:

Temperature = $d_1 + d_2 * SO_T$

Use the appropriate table entries for 5V or 3V.

	Celsius		Fahrenheit	
SO_T	d_1	d_2	d_1	d_2
14bit 5V	-40	0.01	-40	0.018
12bit 5V	-40	0.04	-40	0.072
14bit 3V	-38.4	0.0098	-37.1	0.0176
12bit 3V	-38.4	0.0392	-37.1	0.0704

This equals a voltage dependency of ~ -0.2°C/V @ 25°C

1.1.3 Dewpoint

See application note "Dewpoint calculation" for more information.

[1] For operation within normal operation range as described in Chapter 3
[2] Not including non-linearity
[3] The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit through the status register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Serial Interface

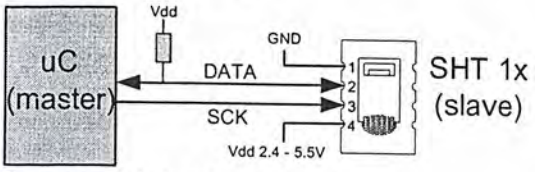


Figure 2 Typical application circuit

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4 – 5.5V

Table 2 SHT1x Pin Description

2.1 Power Pins

The SHT1x requires a voltage supply between 2.4V and 5.5V. After powerup the device requires 11ms to reach its "sleep" state. No commands should be sent before that time. Power supply pins (VDD, GND) may be decoupled with a 100 nF capacitor.

2.2 I/O Pins (Bidirectional 2-wire Interface)

See Table 5 for a detailed IO characteristics.

2.2.1 Serial clock input (SCK)

The SCK is used to synchronize the communication between a master and the SHT1x.

2.2.2 Serial data (DATA)

The DATA tristate pin is used to transfer data in and out of the device. Data must be updated on this pin after the falling edge and is valid on the rising edge of the serial clock SCK. An external pull-up resistor is required to pull the signal high. (See Figure 2). Pull-up resistors are often included in I/O circuits of microcontrollers

2.2.3 Command sequence

To initiate a transmission a "Transmission Start" sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high.

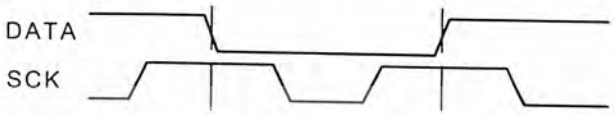


Figure 3 "Transmission Start" sequence

The subsequent command sequence consists of three address bits (only "000" is currently supported) and five command bits. The proper reception of a command by the SHT1x is indicated by pulling the ack bit low on the DATA pin.

See 2.2.5 "Measurement Sequence" for an application of the command sequence

2.2.4 Connection reset sequence

If communication with the SHT1x is lost the following signal sequence will reset its serial interface:

While leaving DATA high toggle SCK 9 or more times. This must be followed by a "Transmission Start" sequence preceding the next command.

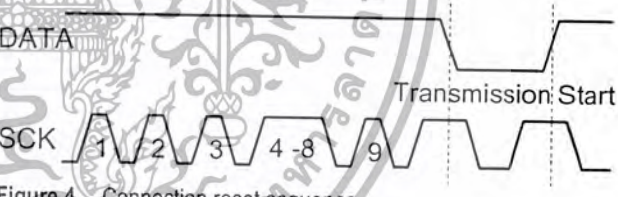
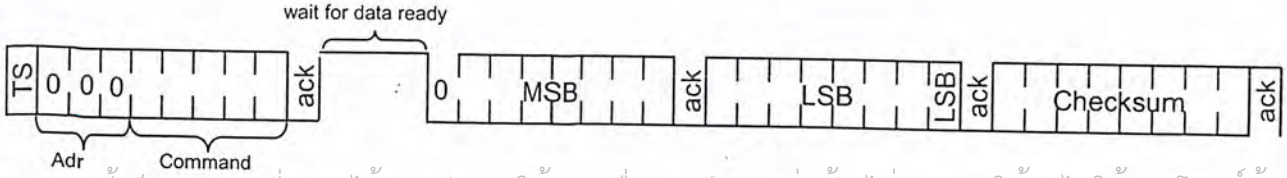


Figure 4 Connection reset sequence

Command	Code	Description
Reserved	0000x	Reserved
Measure Temperature	**00011**	**Temperature measurement**
Measure Humidity	**00101**	**Humidity measurement**
Status Register Read	00111	Read access to the status register (see application note)
Status Register Write	00110	Write access to the status register (see application note)
Reserved	0101x-1110x	Reserved
Soft reset	**11110**	**resets the chip, clears the status register to default values** wait 11ms before next command

Table 3 SHT1x list of commands



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 Measurement sequence (T and RH)

After issuing a measurement command ('00000101' for RH, '00000011' for Temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes approximately 11/55/210ms for a 8/12/14bit measurement. The exact time varies by up to ±15% with the speed of the internal oscillator. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls down the data line (2) and the controller must restart SCK. Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum will then be transmitted. The uC must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified. (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value).

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 Checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ack high.

The SHT 11 automatically returns to sleep mode after the measurement and communication have finished.

Warning: To keep heat up of the SHT1x below 0.1°C it should not be active for more than 15% of the time (e.g. max. 3 measurements / second for 12bit accuracy).

2.2.6 CRC-8 Checksum Calculation

Please consult application note "CRC-8 Checksum Calculation" for information on how to calculate the CRC.

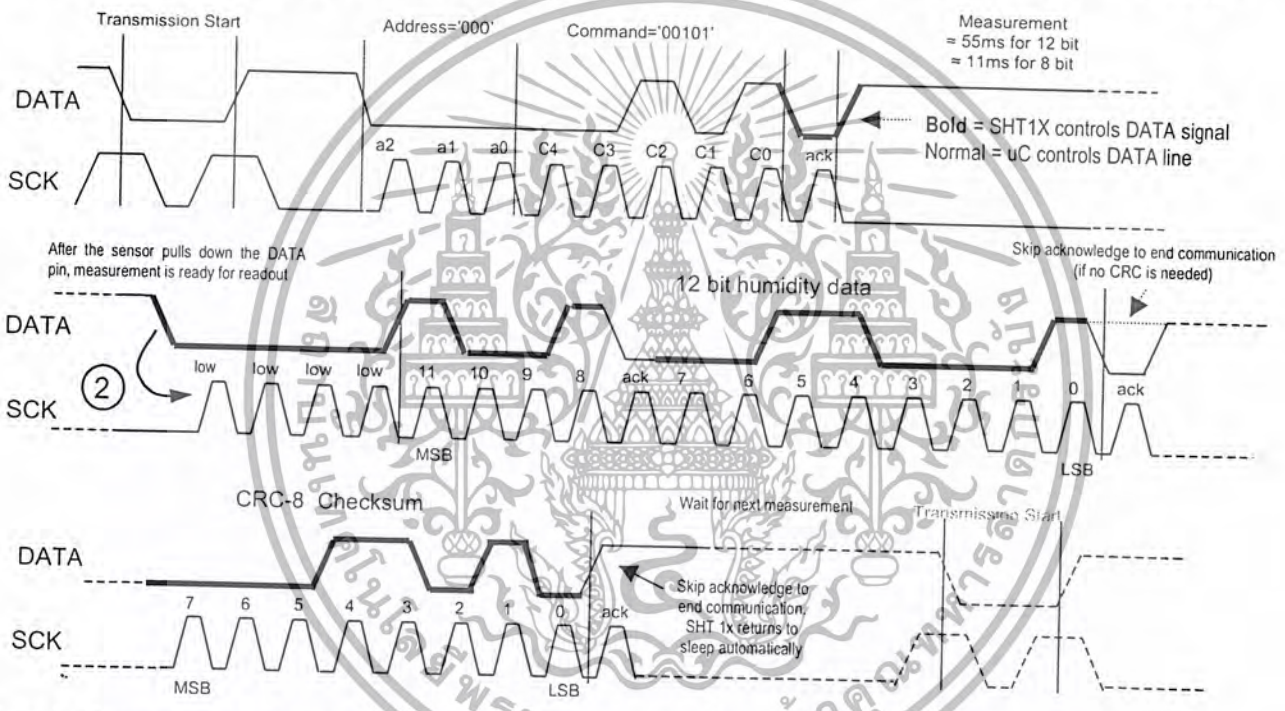


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001'0011'0001"= 2353 = 75.79%RH

2.3 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x are available through the status register. The following section gives a brief overview of these features. Please consult application note "Status Register" for more information.

2.3.1 Heater

An on chip heating element can be switched on. It will increase the temperature of the sensor by approximately 5°C. Power consumption will increase by 8mA @ 5V.

Applications:

- By comparing temperature and humidity values before and after switching on the heater, proper functionality of both sensors can be verified.
- In high RH environments heating the sensor element will avoid condensation.

Warning: The built-in calibration is not correct while the SHT1x is heated!

2.3.2 End Of Life (EOL)

The SHT1x End of Life (EOL) function detects VDD voltages below 2.47V. Accuracy is ±0.05V

2.3.3 Measurement resolution

The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8 bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

Please consult application note "Status Register" for more information on how to access and use these features.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ เป็นอย่างสูงที่ชี้แนะและเป็นที่ปรึกษาให้กับโครงงาน รวมทั้งความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทำงาน และสถานที่ทำโครงงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกๆท่าน ที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม และอาจารย์ทุกท่านที่เคยประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่นักศึกษาอย่างเต็มกำลัง รวมทั้งความรักความเมตตาที่มอบให้

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้เลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนตลอดมา และช่วยสนับสนุนทุนทรัพย์

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ภาควิชาและคนรู้จักคุ้นเคย ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือให้ยืมอุปกรณ์ และให้คำแนะนำที่ดีมีประโยชน์ยิ่ง

และสุดท้ายขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานศึกษาเป็นแหล่งความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่สำคัญต่อผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล ,"เรียนรู้การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม", อินโนเวตีฟ, 180 หน้า
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลม,"เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", อินโนเวตีฟ, 339 หน้า
3. "คู่มือ ISP-2001 ", ศิลารีเสริร์ช, 20 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้