สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

T050182

โดย

นาย คมสัน สวัสดี 43015298

นาย ประสิทธิ์ เทพสง 43015313

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50182
วัน,เดือน,ปี 27 เม.ย. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมคุมการฟักไข่

Incubation Controller

ผู้จัดทำ

1.นาย คมสัน สวัสดี

2.นาย ประสิทธิ์ เทพสง

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการฟักไข่

Incubation Controller

คมสัน สวัสดี 43015298
ประสิทธิ์ เทพสง 43015313
อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัตย์
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการปรับปรุง และพัฒนาระบบควบคุมการฟักไข่ โดยการประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล เอ็มซีเอส 51 โดยการใช้หลักการมัลติโปรเซสเซอร์ ระบบที่ออกแบบนี้จะประกอบไปด้วยหน่วยการทำงาน 2 หน่วย ได้แก่ ชุดประมวลผลหลัก และ ชุดควบคุมย่อย จะเชื่อมต่อระหว่างกันด้วยโครงข่ายสื่อสารมาตรฐาน อาร์เอส 485 ซึ่งสามารถขยายขีดความสามารถในการติดต่อกับชุดควบคุมย่อยได้สูงสุด 32 ชุด

ชุดควบคุมย่อยแต่ละชุดจะทำหน้าที่รับคำสั่งจากชุดประมวลผลหลักแล้วนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตู้ฟัก และ ตอบสนองข้อมูลให้กับชุดประมวลผลหลักเมื่อชุดประมวลผลหลักเรียกร้อง

ABTRACT

This Thesis presents an improvement and developmentt of Incubation Control System.The applicattion of microcontroller MCS-51 as the multiprocessor each incubator. The designed system composes of two units,namely,central processor unit and subcontroller unit.They are connected together by RS-485 nettwork that can extend the ability to maximum reach up to 32 terminals.

The subcontroller unit has to read data from central processor unit to command electrical equipment in the incubator and send data to central processor unit when it required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญภาพ	IX
สารบัญตาราง	∇II
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ สร้างและพัฒนาระบบ	1-2
1.3 หลักการที่ใช้ในการออกแบบ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	3-4
2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051	5-10
2.3 TIMER	10-20
2.4 การอินเตอร์รัพท์	20-25
2.5 ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature Sensors IC :DS-1820)	25-26
2.6 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย	26-27
2.7 คุณสมบัติของไทม์สล็อต	27-30
2.8 คุณสมบัติของไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ DS-1820	31-33
2.9 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (Real Time Clock :RTC) DS-1307	33-39
2.10 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก	39-44
2.11 วงจรการสร้างสัญญาณกระตุ้น	44-46
2.12 เซนเซอร์ความชื้น	47-49
2.13 ชุดสร้างความชื้น	49-51
2.14 รายละเอียดของบอร์ด ANT-32	51-52
2.15 ปัจจัยในการฟักประกอบด้วย	52-55
บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบระบบ	56
3.1 การออกแบบเครื่องฟักไข่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	57-70
บทที่4 ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง	
4.1 การทดลองควบคุมการจ่ายกำลังงานให้กับขดลวดทำความร้อน	71-72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2 การทดลองเซนเซอร์อุณหภูมิกับเซนเซอร์ความชื้น	72-74
4.3 การทดลองชุดเก็บข้อมูล(Data Locker)	75-86
4.4 สรุปผลการทดลอง	87
บทที่5 บทสรุป วิจารณ์ ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา	
5.1 บทสรุป	88
5.2 บทวิจารณ์	88
5.3 ปัญหาที่พบ	89
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	89
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้งาน	
ภาคผนวก ข. แผ่นพิมพ์ลายวงจร	
ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลและชุดควบคุมย่อย	
ภาคผนวก ง. ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ที่สำคัญบนบอร์ด	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

1.1 แสดงการออกแบบโครงข่ายการควบคุมตู้ฟัก 2
2.1 การจัดขาของ 8051 5
2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 6
2.3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 6
2.4 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน 7
2.5 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register 8
2.6 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR 10
2.7 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer 11
2.8 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง 14
2.9 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer 16
2.10 การใช้บิตควบคุม TR 17
2.11 ระบบทั้งหมดของ Timer 1 18
2.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์ 21
2.13 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพท์ 23
2.14 ไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบสนองของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย 28
2.15 ไทม์สล็อตของการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และไทม์สล็อต
ของการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ 29
2.16 แสดงไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูล"1"ของอุปกรณ์มาสเตอร์
ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ 30
2.17 แสดงไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูล "0"ของอุปกรณ์มาสเตอร์
ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ 30
2.18 แสดงลักษณะไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ DS-1820 32
2.19 แสดงการจัดขาของไอซี DS-1307 34
2.20 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเรียลไทม์คล็อกเบอร์ DS-1307 35
2.21 (ก) การจัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน DS 1307 36
(ข) รายละเอียดของรีจิสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS 1307 36
2.22 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล 37
2.23 แสดงรูปแบบของข้อมูลสำหรับการติดต่อกับ DS-1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.24 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 ร่วมกับDS-1307	39
2.25 แสดงการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก	40
2.26 วงจรDACแบบใช้ตัวต้านทานหลายค่า	42
2.27 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบ R/2R Ladder	43
2.28 วงจรDACของโมโตโรลา MC1408	44
2.29 บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785	45
2.30 แสดงสัญญาณรูปต่างๆ ตามตำแหน่งขา IC TCA 785	46
2.31 แสดงโครงสร้างภายในของ SHT11	47
2.32 แสดงการต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน	47
2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิจิตอล กับ ความชื้นสัมพัทธ์	48
2.34 แสดงค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับเบอร์อื่นๆ	49
2.35 แสดงส่วนประกอบของชุดสร้างความชื้น	49
3.1 แสดงระบบควบคุมเครื่องฟักไข่	56
3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดประมวลผลหลัก	57
3.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมย่อย	57
3.4 วงจรตรวจสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์	58
3.5 วงจรสร้างฐานเวลาจริง	59
3.6 วงจรการต่อใช้งานคีย์แพดกับบอร์ด ANT-32	59
3.7 วงจรการต่อใช้งาน LCD กับบอร์ด ANT-32	60
3.8 วงจร D/A	61
3.9 วงจรขยายแรงดัน 2 เท่า	62
3.10 วงจรแยกกราวด์และวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน	62
3.11 วงจรการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ	63
3.12 วงจรเซนเซอร์ความชื้น	64
3.13 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดประมวลผลหลัก	65
3.14.1 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย	66
3.14.2 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)	67
3.14.3 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมความร้อน	69
3.16 แสดงโฟล์วชาร์ตส่วนการติดต่อสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์	70
4.1 แสดงสัญญาณที่ขา 5 ของไอซี TCA 785	71
4.2 แสดงสัญญาณที่ขา 10 ของไอซี TCA 785	72
4.3 แสดงสัญญาณที่ขา14 หรือขา 15 ของไอซี TCA 785	72
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้ระหว่าง DS1820 กับ Thermo Hygro	74
4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นที่วัดได้ระหว่าง SHT11 กับ Thermo Hygro	74
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นของชุดดาต้าล็อกเกอร์	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน้าที่พิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3	4
2.2 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	11-12
2.3 รีจีสเตอร์ TMOD (Timer Mode)	12
2.4 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	13
2.5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ TCON (Timer Control)	13
2.6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	20
2.7 บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IE	22
2.8 แสดงการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์	22
2.9 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IP	23
2.10 แฟลกที่จะทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์	24
2.11 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ	25
2.12 ตำแหน่งขาต่างๆของ DS-1820	31
2.13 สรุปขั้นตอนการติดต่อกับ DS-1820 โดยอุปกรณ์มาสเตอร์คือ MCS-51	33
2.14 แสดงการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม	36
2.15 การปรับค่าความกว้างของพัลส์	45
2.16 แสดงการทำงานของขา SHT11	47
2.17 แสดงค่าพารามิเตอร์ของ SHT11	48
2.18 แสดง MEMORY MAP ของบอร์ด ANT-32	52
2.19 แสดงระยะเวลาการฟักไข่และข้อกำหนดในการปรับตู้ฟักไข่	54
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับมุมเฟสที่ถูกทริกของไอซี TCA785	71
4.2 แสดงค่าการวัดอุณหภูมิและความชื้นเทียบกับเครื่องมือวัดทดสอบ(Thermo Hygro)	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ประเทศไทยนั้นเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาไปสู่ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี โดยเราสามารถสังเกตุได้จากการลงทุนด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์มีการลงทุนเป็นอย่างมาก ซึ่งการลงทุนนั้นส่วนหนึ่งได้รับการส่งเสริมจากรัฐบาลอย่างจริงจัง แต่อย่างไรก็ตามอาชีพหลักและสินค้าส่งออกของประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันก็ยังเป็นสินค้าทางด้านการเกษตร ดังนั้นการเลี้ยงไก่เพื่อการบริโภคก็เป็นอีกหนึ่งอาชีพที่เป็นที่นิยมอย่างสูง เนื่องจากสามารถสร้างรายได้ค่อนข้างสูงอีกทั้งยังมีตลาดรองรับผลผลิตทั้งภายในและต่างประเทศ ดังนั้นการเลี้ยงไก่ให้ได้คุณภาพที่ดี ก็ควรมีการดูแลไก่ตั้งแต่ตอนเป็นไข่ไปจนถึงเจริญเติบโต ในการเลี้ยงไก่นั้น เราต้องมีตู้ฟักไข่เพื่อที่จะฟักไข่ให้เป็นลูกไก่ที่สมบูรณ์แข็งแรง เพื่อที่จะได้ขายให้เกษตรกรหรือจะเอาไว้เลี้ยงเอง ถ้าเราให้แม่ไก่ฟักไข่เอง ก็อาจทำให้เสียเวลาที่จะให้แม่ไก่ออกไข่ได้อีก อีกทั้งยังเสี่ยงต่อการที่ทำให้ไข่ไก่แตกได้ เพราะฉะนั้นเกษตรกรหรือผู้เลี้ยงไก่ ควรมีตู้ฟักไข่ เพื่อที่จะทำให้การฟักไข่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการผลิตก็เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในการฟักไข่เราจะใช้ความร้อนในการฟักไข่ โดยจะอาศัยขดลวดความร้อนซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-70 %RH และเวลาในการฟักไข่นั้นก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของไข่ เช่น ไข่ไก่จะใช้ระยะเวลาในการฟักประมาณ 21 วัน ส่วนไข่ชนิดอื่นๆก็จะแตกต่างกันออกไป

ดังนั้นการควบคุมแบบอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อเกษตรกร เนื่องจากการใช้งานง่ายและมีความเที่ยงตรงสูง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ในการควบคุมอุณหภูมินั้นเราจะใช้ วงจร Phase Control ICs ในการควบคุมขดลวดความร้อนและใช้พัดลมเป่าให้อุณหภูมิภายในตู้กระจายเท่าๆกัน และจะมีช่องระบายอากาศให้อากาศถ่ายเทตลอดเวลา อีกทั้งยังมีส่วนแสดงผลออกทาง LCD แสดงวัน เวลา เดือน ปี และจำนวนวัน การทำงานของระบบจะถูกควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS – 51) เพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ใช้งานนั้น ใช้งานง่ายและสะดวกในการใช้ การประยุกต์ใช้งานเครื่องฟักไข่นั้นสามารถที่จะนำไปใช้ในฟาร์มเลี้ยงไก่ที่มีขนาดใหญ่ๆ เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูง และลดปัญหาอัตราการตายของไข่ไก่ได้อีกวิธีหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างและพัฒนาระบบ

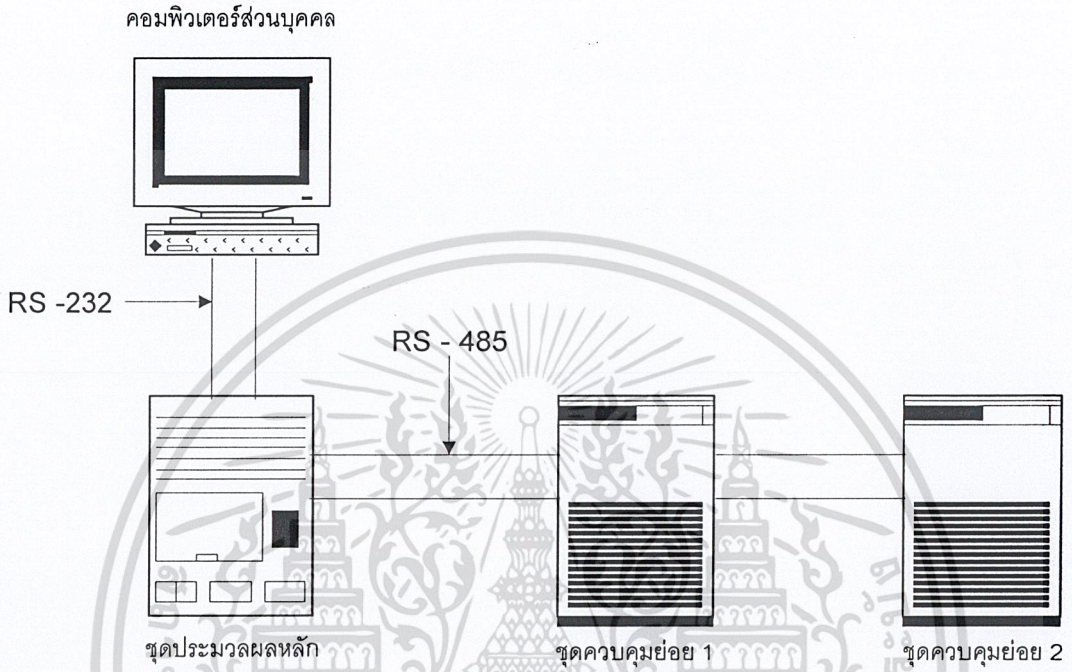
1.สามารถออกแบบระบบการควบคุมตู้ฟักโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล เอมซีเอส 51 (MCS-51) ติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.สามารถใช้ระบบสื่อสารแบบอนุกรมผ่านโครงข่าย อาร์เอส 485 (RS-485) แบบฮาฟดูเพล็ก (Half-Duplex) ซึ่งใช้คู่สายเพียง 2 เส้น ในการรับส่งสัญญาณ

3.สามารถพัฒนาโปรแกรมการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบมัลติไมโครโปรเซสเซอร์ได้

4.สามารถนำระบบที่ออกแบบไว้มาประยุกต์ใช้งานได้อย่างเหมาะสม



รูปที่1.1 แสดงการออกแบบโครงข่ายการควบคุมตู้ฟัก

1.3 หลักการที่ใช้ในการออกแบบ

ระบบควบคุมการฟักไข่โดยใช้หลักการของ

1.3.1การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส 51 แบบมัลติไมโครโปร-เซสเซอร์ (Multimicroprocessor Communication)

1.3.2.การใช้โครงข่าย อาร์เอส 485 และอาร์เอส 232(RS-232)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

V_{cc} : สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5v.)

V_{ss} : สำหรับต่อกราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ 8051 ที่มีขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทาง ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น โดยแต่ละบิตเมื่อเป็นเอาต์พุตจะสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และยังเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณ Address 8 บิตแรก ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ 8051 ขนาด 8 บิตชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้พอร์ต2นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใด ๆ ไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 3 ของ 8051 ขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi bi-directional เช่นเดียวกับขาพอร์ต 1 และพอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	R x D (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	T x D (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุตของ Timer 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุตของ Timer 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
P3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาต่าง ๆ ของ PORT 3

ดังนั้น เมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าว จึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานของ 8051 ผิดพลาดได้

RST : เป็นขาสำหรับรีเซตการทำงานของ 8051 โดยการให้ลอจิกหนึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ช่วง Machine Cycle

ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขา พอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

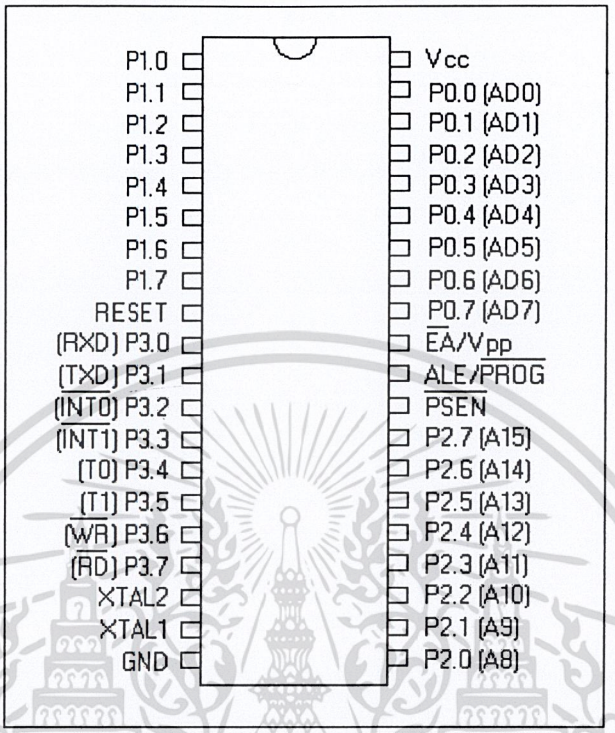
PSEN : เป็นขาสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : เป็นขาใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ให้ลอจิก 0 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

XTAL2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

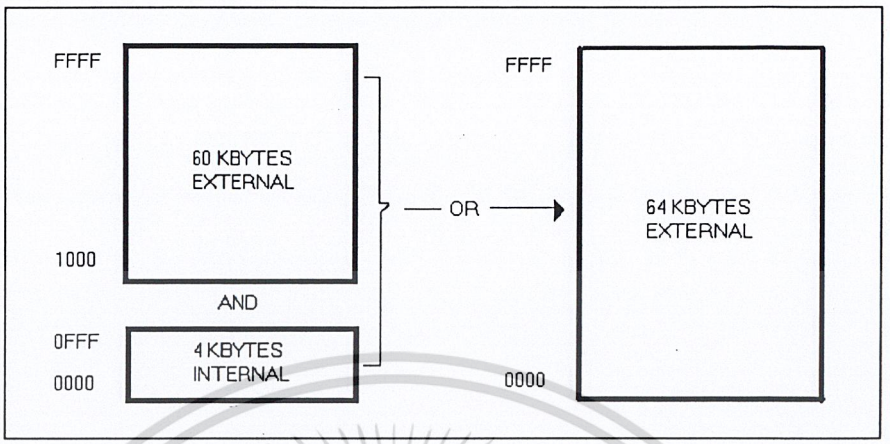


รูปที่ 2.1 การจัดขาของ 8051

2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ 8051

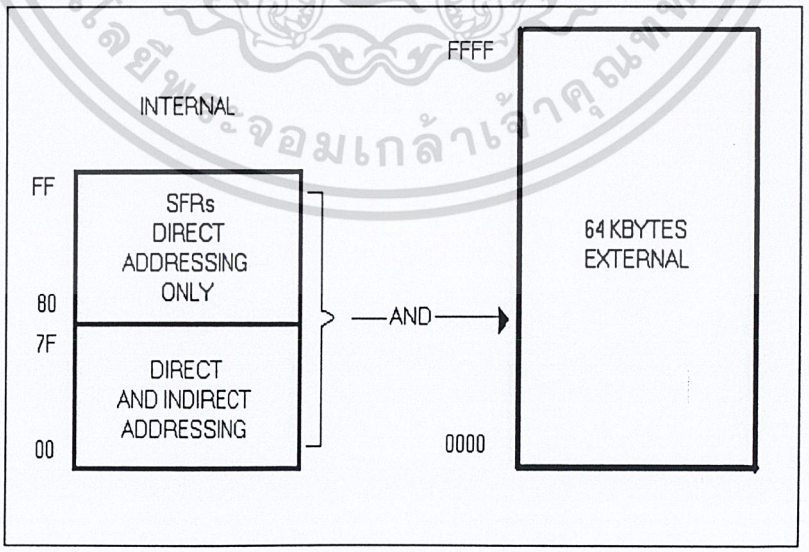
ดังที่กล่าวมาแล้ว 8051 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ 64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียว โดยที่ 8051 จะใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 จะสามารถอ่านและเขียนได้โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถรวมหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลเข้าด้วยกันได้โดยนำสัญญาณ RD และ PSEN มาต่อเข้าวงจรแอนเกต สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำนอกจากนี้หน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.2 รูปที่ 2.3 โดยรูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกใช้หน่วยความจำภายนอกและภายใน ในด้านซ้ายมือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ของ 8051 ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สามารถแบ่งออกเป็นภายนอกและภายใน โดยหน่วยความจำภายนอกแสดงไว้ด้านขวามือของรูปที่ 2.3 ซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงไว้ด้านซ้ายของรูปที่ 2.3 โดยหน่วยความจำภายในของ 8051 แบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบ Direct และ Indirect ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะแบบ Direct หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Function Register) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้

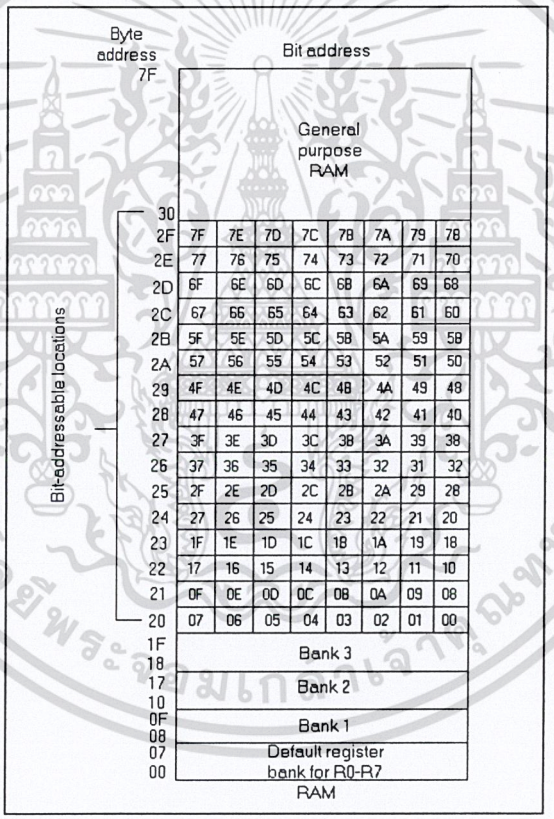


รูปที่ 2.3 แสดงหน่วยความจำข้อมูลของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ Direct และ Indirect นั้นจะสามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 เรียกว่า Register Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยจะแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 8 ไบต์จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 จะเป็น Register ที่ใช้งาน โดยเมื่อ 8051 ถูกรีเซต Register Bank 0 จะถูกเลือกใช้
- ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Addressable Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง 2FH ในส่วนนี้สามารถที่จะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิตถึง 128 บิต โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิต ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH



รูปที่ 2.4 แสดงหน่วยความจำข้อมูลภายใน

- ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในเอนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรง นอกจากนี้ยังสามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ Stack ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรับเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.5

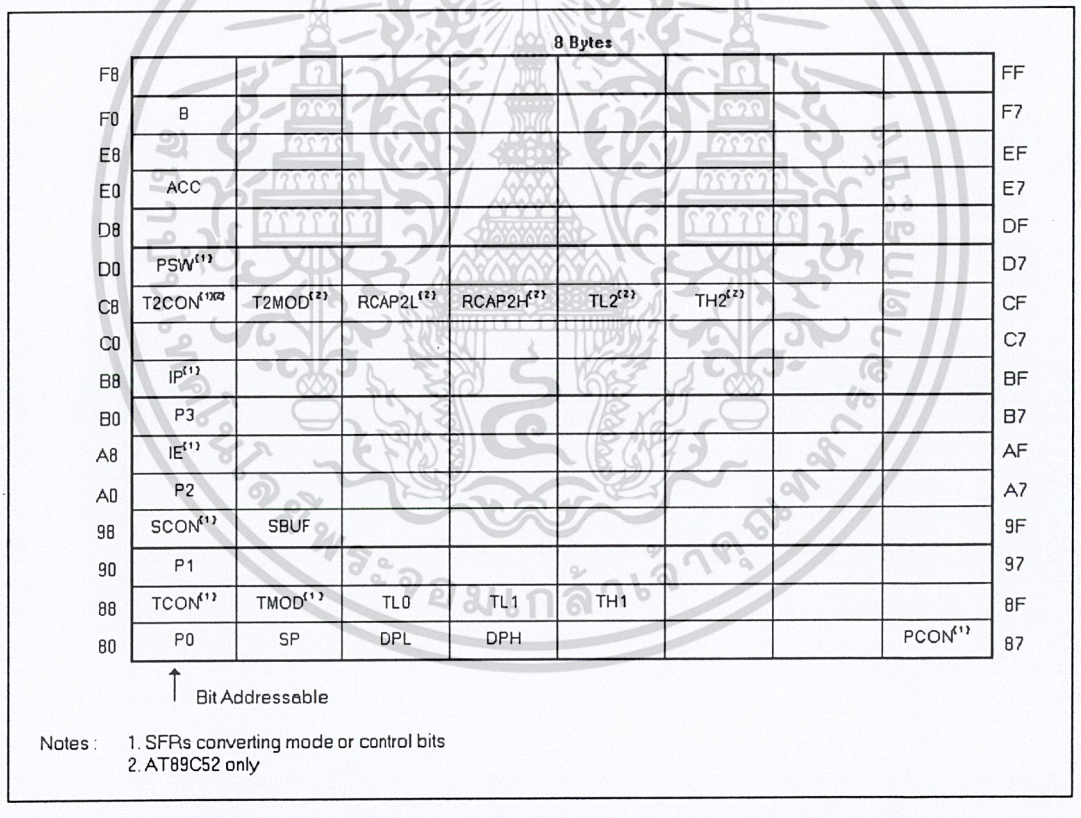
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.5เท่านั้น หากผู้ใช้อ้างตำแหน่งนอกเหนือจากนี้นั้นจะได้ข้อมูลที่คาดเดาไม่ได้ โดยแต่ละตำแหน่งจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์สำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์หรือระดับบิตได้

B : เป็นรีจีสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

PSW : เป็นรีจีสเตอร์ Program Status Word หรือแฟลกจะแสดงสถานะการทำงานของ 8051 สำหรับการตรวจสอบซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในภายหลัง



รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register

SP : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการเก็บแบบ Stack

DPTR : เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 0 ของ 8051

P1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 1 ของ 8051

P2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 2 ของ 8051

P3 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับพอร์ต 3 ของ 8051

IP : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

IE : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับกำหนดการรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์ของ 8051

TMOD : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ 8051

TCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ 8051

T2CON: เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 2 ของ 8052

TH0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตบน

TL0 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8บิตล่าง

TH1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตบน

TL1 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8บิตล่าง

TH2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

TL2 : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8บิตล่างของ 8052

RCAP2H : เป็น Capture Register ของ Timer/Counter 2 8บิตบนของ 8052

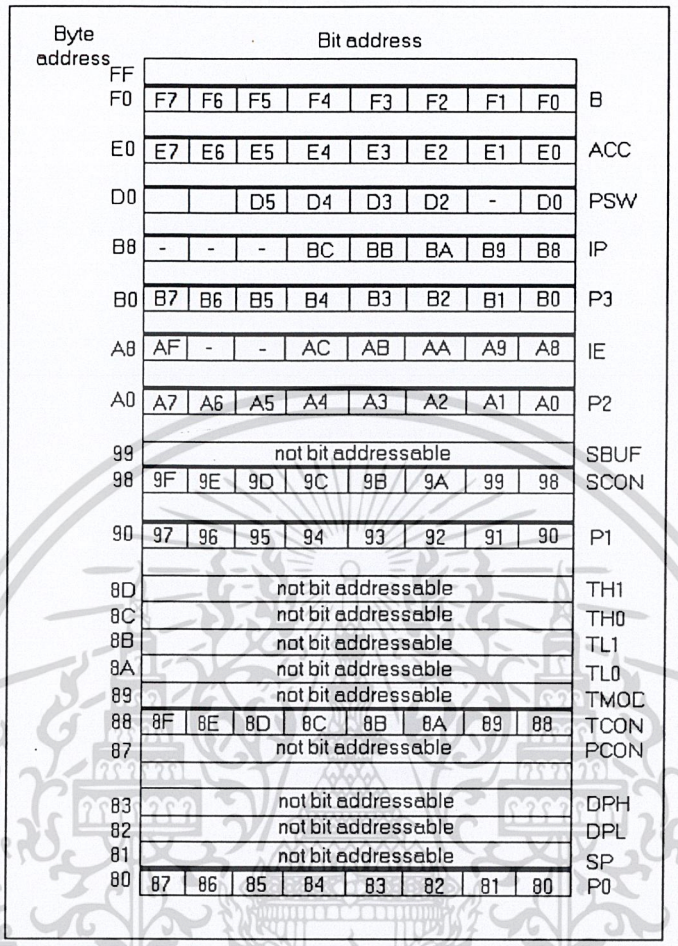
SCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

SBUF : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

PCON : เป็นรีจีสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

ในส่วนของรีจีสเตอร์ SFR นี้สามารถที่จะอ้างอิงในระดับบิตได้โดยตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR

2.3 TIMER

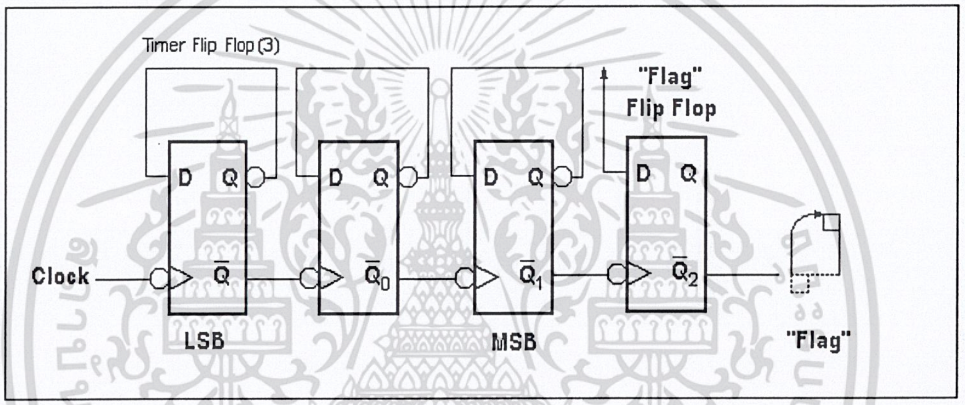
ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่าย ๆ ว่าเป็นตัวฟลิปฟลอปมาต่อเรียงกัน โดยมี Clock เป็นอินพุต สำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อฟลิปฟลอปตามรูปที่ 2.7 ถ้าใส่ Clock เข้าไปในฟลิปฟลอปตัวแรก ความถี่ของ Clock ที่ออกจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับฟลิปฟลอปตัวที่สอง และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้น ถ้ามีฟลิปฟลอปต่ออยู่ n Stages จะหารสัญญาณนาฬิกาได้ 2^n ถ้าให้เอาต์พุต Stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มีฟลิปฟลอปต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH เมื่อฟลิปฟลอปเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H จะให้บิต Overflow ออกมา

พิจารณารูป 2.7(ก) เป็น 3 bit Timer โดยฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะนำขา Q มาต่อกับ D ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ฟลิปฟลอปแบบ Divide-by-two Mode โดยความถี่ของสัญญาณที่ได้จาก

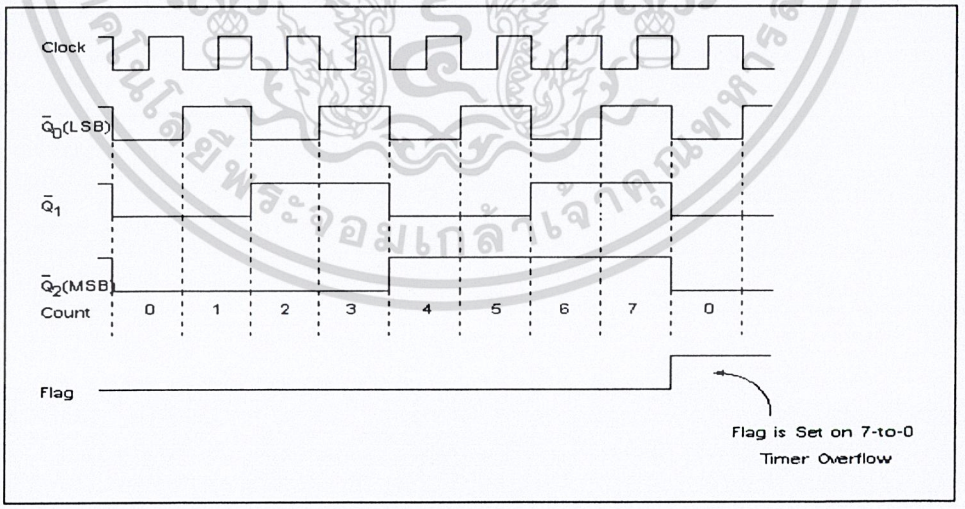
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะมีค่าหารสองจากสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา เมื่อนับไปถึงค่า 111 (หรือ $Q_2 = 1$, $Q_1 = 1$, $Q_0 = 1$) และเปลี่ยนกลับมาเป็น 000 จะให้บิต Flag ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.7(ข)

ใน MCS – 51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในชิพ ถ้าเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8031 จะมี 2 ตัว คือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 รีจีสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงได้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งจะเห็นว่ามีรีจีสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ (Counter) ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในรีจีสเตอร์ TMOD



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.7 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจีสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

* มีในเบอร์ 8032 / 8052

ตารางที่ 2.2 รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจีสเตอร์ TMOD เป็นรีจีสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 2.3 ซึ่งตัวรีจีสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใด และเป็น Timer หรือ Counter รีจีสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ (Not Bit-Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมเข้าไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	Gate bit ถ้าบิตนี้เซตวงจรจะทำงาน เมื่อ INT1 เป็น High
A	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter / Timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1 (ดูตาราง 5-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	M0	1	Mode bit 0 (ดูตาราง 5-3)
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter / Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	M0	0	Timer 0 M0 bit

ตารางที่ 2.3 รีจีสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13-bit (8048 Mode)
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16-bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8-bit Auto-reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 บิตสองตัวคือ TL0 และ TH0 โดยไม่ใช้ Timer 1

ตารางที่ 2.4 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

2.3.2 Timer Control Register (TCON)

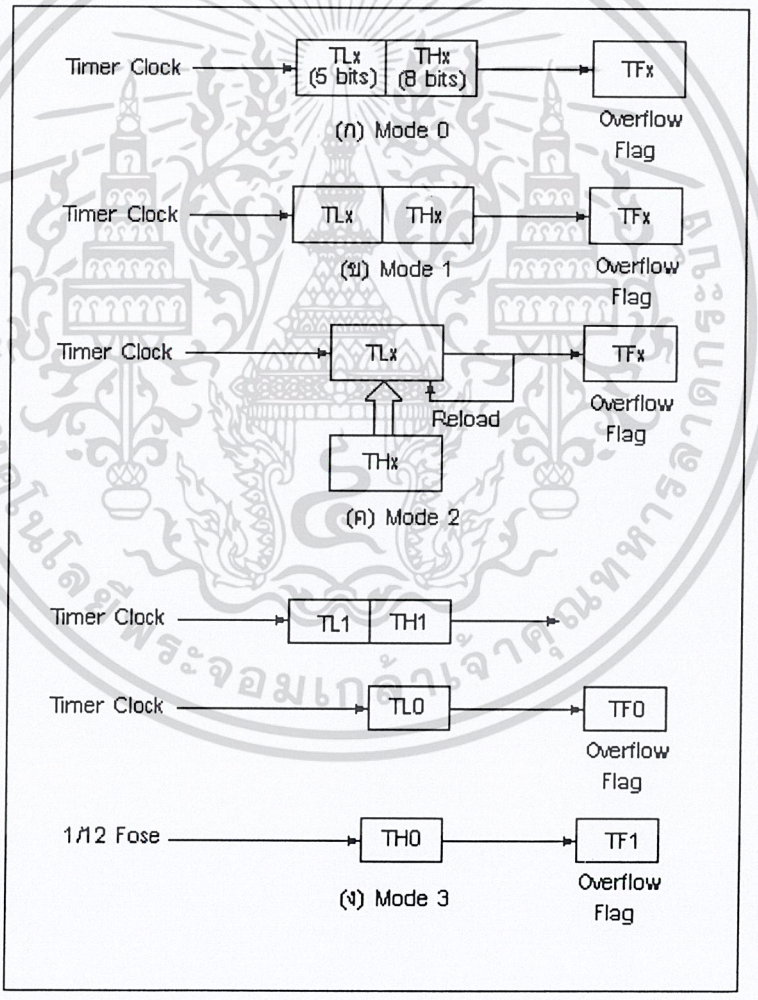
รีจีสเตอร์ TCON เป็นรีจีสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer 0 และ Timer 1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2.5 รีจีสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT0
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT0

ตารางที่ 2.5 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ TCON (Timer Control)



รูปที่ 2.8 การทำงานของ Timer ในโหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Timer Mode And Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer 0 และ Timer 1 จะต้องใช้รีจีสเตอร์คู่ TLx และ THx โดยค่า x จะเป็นตัวบอกว่าเป็น Timer 0 หรือ Timer 1 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ซึ่งเราสามารถเซตค่าโหมดการทำงานได้ โดยการโปรแกรมในรีจีสเตอร์ TMOD

13-Bit Timer Mode (Mode 0)

การทำงานในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้ Timer แบบ 13 บิต ดังแสดงในรูป 2.8(ก) ซึ่งจะใช้ 5 บิตล่างของ TLx โดยไม่สนใจ 3 บิตที่เหลือ และ 8 บิต ของ THx การทำงานในโหมดนี้ เมื่อบิตของ TLx นับไปจนเป็น "1" ทุกบิตจะส่ง Clock 1 ลูกให้ หนึ่งลูกให้ THx นับต่อและเมื่อนับเป็น "1" ทุกบิต และเปลี่ยนกลับเป็น "0" จะเกิด Overflow Flag เกิดขึ้น

16-Bit Timer Mode (Mode 1)

การทำงานในโหมดนี้จะเหมือนกับการทำงานในโหมด 0 แต่เป็น Timer แบบ 16 บิต ซึ่งการนับจะเริ่มตั้งแต่ 0000H,0001H,0002H ไปเรื่อย ๆ และจะเกิด Overflow ขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ดังรูปที่ 2.8(ข) ซึ่งเป็นการเซต Overflow Flag และค่านี้จะเกิดขึ้นในบิต TFx ของรีจีสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถอ่านและเขียนด้วยโปรแกรม

การใช้ตัว Timer นี้ค่าของบิตสูงสุด (MSB) คือค่าบิต 7 ของ THx ส่วนบิตต่ำสุด (LSB) คือ บิต 0 ของ TLx บิต LSB จะเป็น Toggles เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามา ถูกหารด้วย 2 ดังนั้นจะพบว่าบิต MSB จะ Toggles ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตหารด้วย 65,536 (2^{16}) และค่า Timer รีจีสเตอร์นี้ (TLx/THx) สามารถอ่านและเขียนได้ด้วยการโปรแกรม ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ

8-Bit Auto – Reload Mode (Mode 2)

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8-bit Auto – reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำ (TLx) เป็น Timer แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflows หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในไบต์สูง (THx) ไปเก็บไว้ในไบต์ต่ำ (TLx) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้ การทำงานในโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 2.8(ค)

Split Timer Mode (Mode 3)

การทำงานในโหมด 3 นี้ ตัว Timer 1 จะไม่ทำงาน ตัว Timer 0 จะแยกเป็น 2 ตัว ตัวละ 8 บิต คือ TL0 และ TH0 เมื่อ Timer เกิด Overflows จะมีการเซตบิต TF0 และ TF1 ดังแสดงในรูปที่ 2.8(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

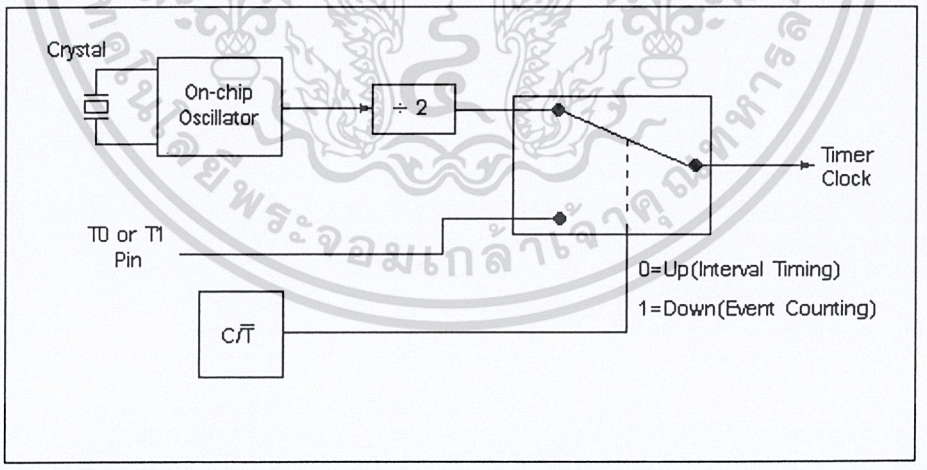
การทำงานในโหมด 3 นี้ Timer 1 จะไม่ถูกใช้งานแต่เราสามารถสวิตช์ให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่นได้ แต่การทำงานของ Timer 1 จะไม่มีการอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น เพราะบิต TF1 ถูกใช้ในการนับของ TH0 ในการทำงานของโหมด 3 ไปแล้ว เราอาจมองว่าถ้าให้ Timer ทำงานในโหมด 3 ทำให้เรามี Timer เพิ่มขึ้นคือ TH0 และTL0 ในTimer 0 โหมด 3 และโปรแกรมให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่น ๆ

2.3.4 Clocking Source

ในรูปที่ 2.8 ไม่ได้แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้าที่ คือเป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซตหรือรีเซตบิต C / Tในรีจีสเตอร์ TMOD

การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C / Tใน TMOD เป็นลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุก ๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ถ้า MCS – 51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz



รูปที่ 2.9 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา Timer

การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C / T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer 0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer 1 ดังรูปที่ 2.9 หรืออาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 และ T1 ในการใช้เป็น Counter

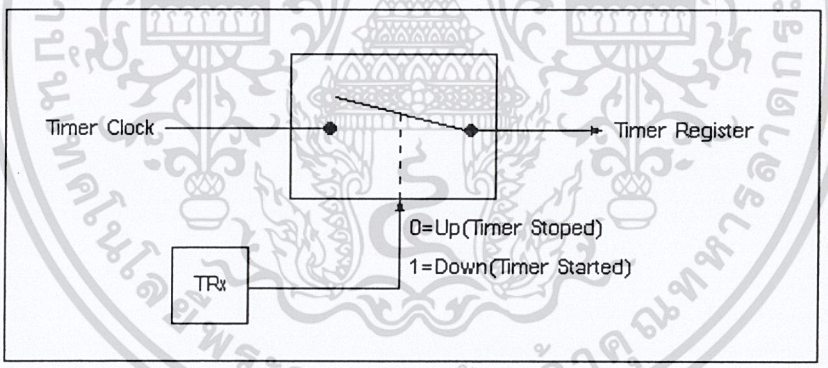
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS – 51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการนับ 1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 kHz ถ้า MCS – 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz

2.3.5 การเริ่ม, หยุด และการควบคุม Timer

ในรูปที่ 2.8 จะแสดงลักษณะของ Timer Registers ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วย TLx และ THx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFx สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Time จะมาจาก 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.9 ต่อไปจะกล่าวถึงว่าเราจะควบคุมให้เริ่ม , หยุดตัว Timer ได้อย่างไร วิธีเริ่มและหยุดตัว Timers สามารถควบคุมได้ที่บิต TRx ในรีจีสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะเคลียร์หลังจากที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะเซตได้จากชุดคำสั่ง หรือการโปรแกรม พิจารณารูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การใช้บิตควบคุม TRx

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable)ใน รีจีสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ TIMER 0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

SETB TR0

ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

CLR TR0

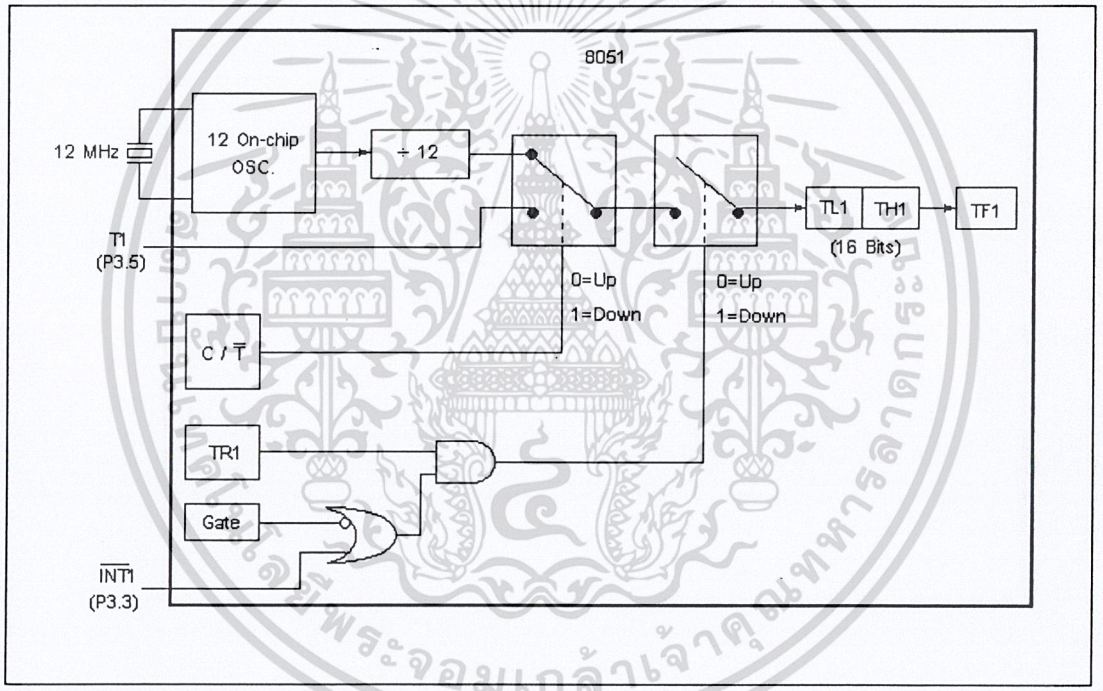
ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 เลยได้ เพราะตัวแอสแซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50182

วิธีควบคุม Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต GATE ใน TMOD และขาอินเตอร์รัพท์จากภายนอก INTx ถ้า INT0 เป็นลอจิก “0” และโปรแกรมให้ Timer 0 ทำงานในโหมด 2 เมื่อ TL0/TH0 = 0000H, GATE = 1 และ TR0 = 1 เมื่อ INT0 ขึ้นเป็นลอจิก “1” ตัว Timer จะ “Gate On” และจะให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1 MHz เมื่อ INT0 ลงเป็น “0” ตัว Timer “ Gate Off “ สัญญาณที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณนาฬิกา 1 μs ส่งเข้าไปใน TL0/TH0

รูปที่ 2.11 จะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของ Timer 1 เมื่อทำงานในโหมด 1 ซึ่งเป็น 16-bit Timer โดยใช้รีจีสเตอร์ TL1 / TH1 และ Overflow Flag TF1 ในรูปจะเห็นถึงการควบคุมแหล่งกำเนิด Clock การเริ่มทำงาน และการหยุดทำงาน



รูปที่ 2.11 ระบบทั้งหมดของ Timer 1

2.3.6 Initializing And Accessing Timer Register

การใช้งาน Timer เริ่มแรกจะต้องโปรแกรมเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer ก่อนเมื่อเริ่มใช้งานก็โปรแกรมให้ เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, อ่าน และ เคลียร์ค่า Flag Bits อ่านค่า Timer Registers ตามลำดับ เพื่อนำไปประยุกต์การใช้งานต่อไป

TMOD คือ รีจีสเตอร์ที่ต้องโปรแกรม โดยเซตโหมดการทำงานก่อน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ Timer 1 เป็น 16-bits Timer (โหมด 1) นับสัญญาณนาฬิกาบนชิพ สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV TMOD, #00010000B
```

ผลที่ได้จากคำสั่งข้างบนคือ เซตบิต M1 = 0 และ M0 = 1 ซึ่งเป็นการเลือกโหมด 1 และให้ C / T= 0 และ GATE = 0 ซึ่งเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือใช้เป็น Timer และตัว Timer นี้จะยังไม่ทำงาน ถ้าบิตควบคุม TR1 ยังไม่ได้เซต

ถ้าให้ Timer นี้นับขึ้นโดยใช้รีจีสเตอร์ TL1 / TH1 และจะเซตบิต Overflow Flag เมื่อรีจีสเตอร์เปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H โดยให้นับเวลาไป 100 μS หรือให้ TL1 / TH1 นับสัญญาณนาฬิกาได้ 100 ลูก ดังนั้นค่าเริ่มต้นของ TL1 / TH1 จะไม่เริ่มที่ 0000H จะต้องเริ่มที่ FFFFH ลบด้วย 100 ลูก หรือ FF9CH เพื่อให้นับไปถึง FFFFH และเปลี่ยนเป็น 0000H ได้สัญญาณนาฬิกา 100 ลูกพอดี สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TL1 , # 9CH
MOV TH1 , # 0FFH
```

ถ้าให้ Timer เริ่มทำงานก็ให้บิตควบคุมดังนี้

```
SETB TR1
```

จากนั้นบิต Overflow Flag จะส่งออกมาหลังเวลาผ่านไป 100 μS ซึ่งเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมวนลูป 100 μS ได้ โดยตรวจสอบบิต TF1 ว่าถูกเซตหรือไม่ ถ้าไม่เซตก็ให้วนลูปต่อไปดังนี้

```
CLR TR1
CLR TF1
```

การใช้แบบ Reading a Timer “On the Fly”

การใช้งานแบบประยุกต์บางงานจะต้องอ่านค่าจาก Timer Register เนื่องจากตัว Timer Register มีขนาด 2 ไบต์ ถ้าหากไบต์ต่ำเกิด Overflow จะทดเข้าไบต์สูง ถ้าหากเขียนโปรแกรมให้อ่านค่าจากไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงอ่านไบต์สูงข้อมูลที่ได้อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากไบต์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าไบต์สูง การอ่านข้อมูลควรอ่านจากไบต์สูงก่อน แล้วจึงกลับมาอ่านไบต์ต่ำ จากนั้นอ่านข้อมูลไบต์สูงอีกครั้ง ถ้าค่าไบต์สูงที่อ่านได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ค่านั้นได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้อ่านอีกครั้ง ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจาก TL1 / TH1 เข้าในรีจีสเตอร์ R6 / R7 อาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
AGAIN :  MOV A, TH1
         MOV R6, TL1
         CJNE A, TH1, AGAIN
         MOV R7, A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 Short Intervals And Long Intervals

ถ้า MCS – 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz ถ้าให้ Timers ใช้วงจร Oscillator บนชิพ สัญญาณนาฬิกาจะถูกหารด้วย 12 และ Timer จะทำงานด้วยความถี่ 1 MHz ถ้าต้องการใช้โปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาอาจทำได้โดยง่าย ซึ่งพิจารณาจากการทำงานชุดคำสั่งต่าง ๆ ของ MCS – 51 ใน 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1μS ในตารางที่ 2.6 จะแสดงความกว้างของสัญญาณที่สร้างขึ้นจาก MCS – 51 ที่ทำงานด้วย Crystal ความถี่ 12 MHz

Maximum Interval in Microseconps	Technique
≈10	Software Turning
256	8 – bit Timer with Auto-reload
65536	8 – bit Timer
No Limit	16 – bit Timer Plus Software Loops

ตารางที่ 2.6 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

2.4 การอินเตอร์รัพท์

การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมักมีอุปกรณ์ภายนอกต่อร่วมอยู่ ถ้าคอมพิวเตอร์ต้องการทำงานกับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์เหล่านั้นเสมอ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากให้คอมพิวเตอร์พอร์ทหนึ่งต่ออยู่กับหลอด LED 7 ส่วน อีกพอร์ทหนึ่งต่อกับสวิตช์ ถ้าระบบของเราทำงานเป็นนาฬิกาเดินไปให้คอยตรวจสอบสวิตช์ด้วยว่ามีการกดหรือยัง การทำงานแบบนี้เรียกว่า Polling Method คือตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตตลอดเวลาว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือยัง การทำงานแบบนี้ ถ้ามีอุปกรณ์ภายนอกหลายตัวระบบต้องตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอกหลายตัว ทำให้เสียเวลาในการทำงานหลักไป การทำงานอีกแบบหนึ่งจะให้ CPU ทำงานหลัก ถ้ามีการกดสวิตช์เมื่อไรให้นาฬิกาหยุดเดินทันที การทำงานในลักษณะนี้ CPU ไม่ต้องเสียเวลาในการตรวจอุปกรณ์ภายนอก ถ้าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับ CPU อุปกรณ์ภายนอกจะส่งสัญญาณมาบอก CPUเอง ระบบนี้เรียกว่า การอินเทอร์รัพท์ (Interrupt)

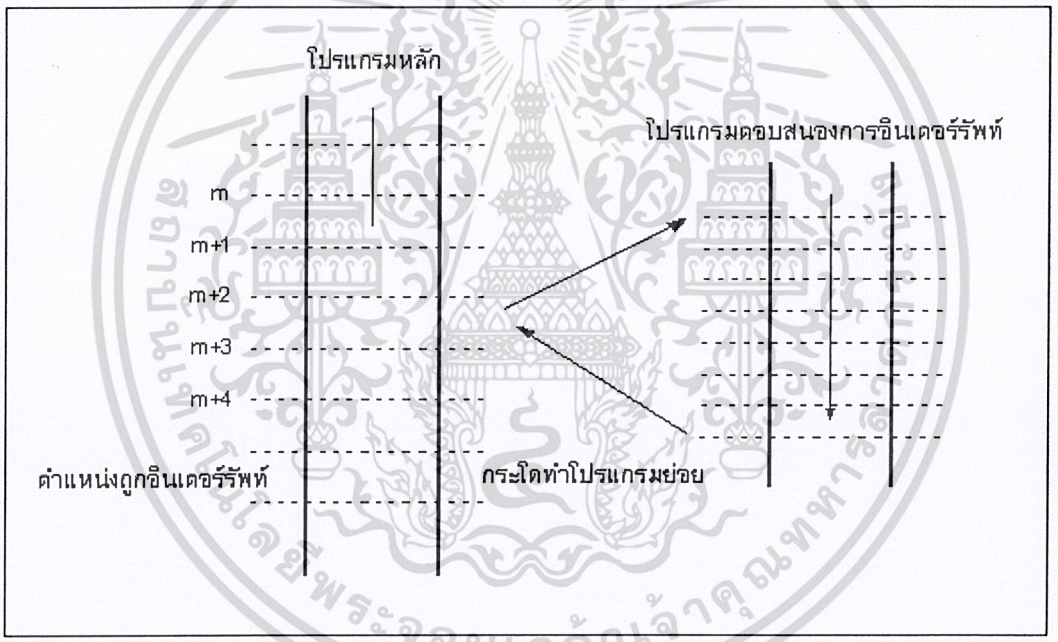
2.4.1 ขบวนการเกิดอินเตอร์รัพท์

ถ้าหากคอมพิวเตอร์กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามา คอมพิวเตอร์จะละทิ้งโปรแกรมหลัก แต่ไปทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Service Routine) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัพท์เสร็จ คอมพิวเตอร์จะกลับมาทำโปรแกรมเดิม พิจารณารูปที่ 2.12

ถ้า CPU กำลังทำงานโปรแกรมหลักอยู่ เช่นกำลังทำคำสั่งในตำแหน่งของหน่วยความจำที่ m, m+1, m+2 ไปเรื่อย ๆ โดย PC จะชี้ที่ตำแหน่งที่จะอ่านค่าคำสั่งถัดมา เมื่อโปรแกรมทำงานมาถึงตำแหน่งที่ m+3 แล้วเกิดการอินเตอร์รัพท์ขึ้น (ขณะนั้น PC อยู่ที่ m+4) โปรแกรมจะต้องทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ โดยย้าย PC ไปที่ตำแหน่งที่เก็บโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ จากนั้นจะเก็บค่า PC เดิมลงในหน่วยความจำสแตค เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เสร็จสิ้นลง จะคืนค่าในสแตค (m+4) ให้กับ PC ทำโปรแกรมหลักต่อไป



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

2.4.2 สัญญาณอินเตอร์รัพท์

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ที่ใช้กับ MCS – 51 มีสองชนิดคือ อินเตอร์รัพท์ภายในและภายนอก โดยอินเทอร์รัพท์ภายในจะเกิดขึ้นจากภายในตัว MCS – 51 เอง ได้แก่สัญญาณจากไทเมอร์แฟลก 0 (TF0) ไทเมอร์แฟลก 1 (TF1) และพอร์ทอนุกรม สำหรับอินเตอร์รัพท์ภายนอกเกิดจากสัญญาณที่กระตุ้นเข้ามาทางขา INT0 และ INT1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ เข้ามา เราสามารถโปรแกรมได้ว่าจะให้ MCS – 51 ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์ได้หรือไม่ โดยการโปรแกรมไปที่ รีจีสเตอร์ IE (Interrupt Enable) และถ้ามีสัญญาณอินเตอร์รัพท์มากจากแหล่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายแหล่งพร้อมกันเราสามารถจัดลำดับได้ว่า จะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดก่อน โดยการโปรแกรมไปที่ อินเตอร์รัพท์ไพออริตี้ IP (Interrupt Priority) รีจีสเตอร์ทั้งสองตัวมีรายละเอียดดังนี้

Interrupt Enables

เป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ใช้สำหรับกำหนดค่าว่าถ้าเกิดการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ จะทำอินเตอร์รัพท์เหล่านั้นหรือไม่ โดยรายละเอียดของบิตต่าง ๆ มีดังตารางที่ 2.7 **บิต 7** **บิต 0**

EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IE.7	EA	AFH	ถ้าเซตยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์
IE.6	-	AEH	ไม่ใช้งาน
IE.5	ET2	ADH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 2 (ใช้กับ 8052)
IE.4	ES	ACH	Enable อินเตอร์รัพท์จากพอร์ทอนุกรม
IE.3	ET1	ABH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 1
IE.2	EX1	AAH	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT1
IE.1	ET0	A9H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก Timer 0
IE.0	EX0	A8H	Enable อินเตอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2.7 บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IE

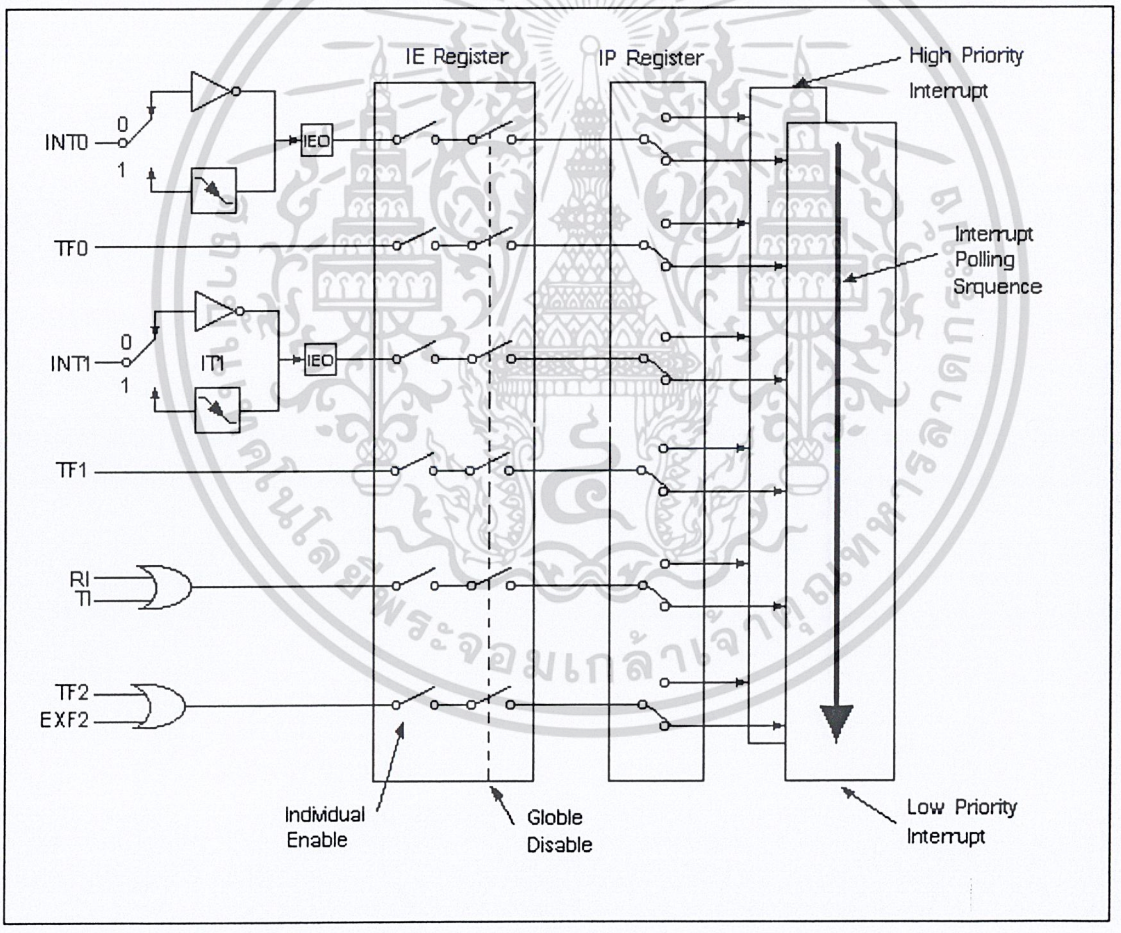
Interrupt Priority

เป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์ซึ่งสามารถจัดได้สองลำดับ ถ้าเป็น "1" หมายความว่ามีความสำคัญสูงสุด ถ้าเป็น "0" หมายความว่ามีลำดับความสำคัญต่ำสุด ความหมายของบิตต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.8 ถ้าหากกำหนดให้มีความสำคัญเป็น "1" เหมือนกันหมด MCS – 51 จะจัดลำดับความสำคัญใหม่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	อินเตอร์รัพท์
1 (สูงสุด)	IE0
2	TF0
3	IE1
4	TF1
5 (ต่ำสุด)	Serial Port

ตารางที่ 2.8 แสดงการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์



รูปที่ 2.13 รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่งบิต	รายละเอียด
IP.7	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.6	-	-	ไม่ใช้งาน
IP.5	PT2	0BDH	ใช้กับ Timer 2 (8052)
IP.4	PS	0BCH	ใช้กับพอร์ทอนุกรม
IP.3	PT1	0BBH	ใช้กับ Timer 1
IP.2	PX1	0BAH	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT1
IP.1	PT0	0B9H	ใช้กับ Timer 0
IP.0	PX0	0B8H	ใช้กับอินเทอร์รัพท์จาก INT0

ตารางที่ 2.9 บิตและหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ IP

จากรูปที่ 2.13 แสดงการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ที่มีผลกับ MCS – 51 ถ้าเป็นเบอร์ 8051 8031 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง ถ้าเป็นเบอร์ 8052,8032 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง โดยเพิ่มอินเตอร์รัพท์จาก Timer 2 ในรูปที่ 2.13 จะแสดงให้เห็นว่า ถ้า MCS – 51 จะถูกอินเตอร์รัพท์ได้จะต้องเซตค่า Global Enable ในรีจีสเตอร์ IE นอกจากนี้ยังกำหนดได้ว่าจะให้อินเตอร์รัพท์ใดเกิดได้ โดยการเซตค่า Interrupt Enable ของอินเตอร์รัพท์จากแหล่งต่าง ๆ ในรีจีสเตอร์ IE จากรูปยังแสดงให้เห็นอีกว่าเมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เข้ามาจะมีผลต่อแฟลกใด เช่นถ้า INT0 เป็น “1” บิต IE0 จะเป็น “1” หมายความว่าถูกอินเตอร์รัพท์ โดยแฟลกต่าง ๆ ที่มีผลจากการถูกอินเตอร์รัพท์แสดงได้ดังตารางที่ 2.9

อินเตอร์รัพท์	แฟลก	ประกอบอยู่ในรีจีสเตอร์
External 0	IE0	TCON.1
External 1	IE1	TCON.3
Timer 1	TF1	TCON.7
Timer 0	TF0	TCON.5
Serial port	T1	SCON.1
Serial port	RI	SCON.0
Timer 2	TF2	T2CON.7 (8052)
Timer 2	EXF2	T2CON.6 (8052)

ตารางที่ 2.10 แฟลกที่ทำงานเมื่อถูกอินเตอร์รัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นว่า ถ้ามีการอินเตอร์รัพท์จากภายนอกเข้ามา ตัวที่จะอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 คือ บิตแฟลก IE0 ซึ่งอยู่ในรีจีสเตอร์ TCON ถ้ามีการสื่อสารแบบอนุกรม เมื่อข้อมูลถูกส่งไปหมดแล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 ทางบิตแฟลก TI ถ้ารับข้อมูลหมดแล้วจะอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 ทางบิตแฟลก RI ซึ่งอยู่ในรีจีสเตอร์ SCON และถ้าใช้ Timer 0 ในการนับเมื่อเกิด Overflow สามารถอินเตอร์รัพท์ MCS – 51 ได้ทางบิต TF0

2.4.3 การทำงานของระบบหลังถูกอินเตอร์รัพท์

เมื่อ MCS – 51 ถูกอินเทอร์รัพท์จะต้องกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์-รัพท์โดยตำแหน่งที่จะกระโดดไปเรียกว่า อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ (Interrupt Vectors) เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เรียบร้อยแล้ว MCS – 51 จะกระโดดมาทำงานยังตำแหน่งเดิม โดยก่อนที่จะกระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์จะต้องเก็บค่าตำแหน่งเดิมไว้ โดยเก็บค่า PC ลงหน่วยความจำสแตคซึ่งอยู่ที่หน่วยความจำที่ถูกชี้โดยรีจีสเตอร์ SP เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัพท์เสร็จแล้วจะคืนค่าในหน่วยความจำสแตคให้ PC ตามเดิม ค่าอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของ MCS – 51 แสดงได้ดังตารางที่ 2.10

อินเตอร์รัพท์	อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์
System Reset	0000H
External 0	0003H
Timer 0	000BH
External 1	0013H
Timer 1	001BH
Serial Port	0023H
Timer 2	002BH

ตารางที่ 2.11 อินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ของอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ

จากตารางจะเห็นว่าถ้าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จากภายนอกทาง INT0 ตัว MCS – 51 จะกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่ง 0003H ถ้าระบบถูกอินเตอร์รัพท์จาก Timer 0 จะกระโดดไปทำงานตำแหน่ง 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature Sensors IC :DS-1820)

การตรวจสอบอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเราสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิได้หลายชนิด เช่น การใช้งานเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท เทอร์โมคัปเปอร์(เทอร์โมพลาย),เทอร์โมมิสเตอร์ ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิกึ่งสำเร็จรูป (LM-335) หรือไอซีตรวจสอบอุณหภูมิแบบสำเร็จรูป (DS-1820) สำหรับโครงงานนี้ผู้จัดทำเลือกใช้ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ(DS-1820)มาทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายประการซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อ "คุณสมบัติของไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ DS-1820" ต่อไป

2.5.1 ระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย (1-*Wire* ^{TM} Serial Bus)

DS-1820 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบอุณหภูมิ ซึ่งผลิตขึ้นโดยบริษัทดัลลัสเซมิคอนดัคเตอร์ DS –1820จัดเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสาย(1) ซึ่งเป็นระบบที่ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดยบริษัทดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์เช่นกัน ในบางครั้งเราเรียกระบบสื่อสารข้อมูลแบบนี้ว่า ระบบสื่อสารข้อมูลดัลลัสหนึ่งสาย ระบบการสื่อสารข้อมูลรูปแบบนี้เป็นระบบที่มีความชาญฉลาดใช้สายสัญญาณในการถ่ายทอดข้อมูลเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยที่ไม่ต้องมีสายสัญญาณนาฬิกามาทำการควบคุมจังหวะการทำงานดังเช่นกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในรูปแบบอื่นๆ เนื่องจากสายข้อมูลเพียง 1 เส้นดังกล่าวสามารถทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณในและช่องของเวลาหรือต่อไปนี้เราจะเรียกกันว่า "ไทม์สล็อต"(Time-Slot) โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้ในแต่ละไทม์สล็อตนั้นรูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครไนซ์ในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์

2.6 คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบบัสหนึ่งสาย

สายสัญญาณบนระบบแบบบัสหนึ่งสายนี้จะเป็นสายสัญญาณแบบสองทิศทาง แต่ข้อมูลจะสามารถเดินทางได้ในทิศทางเดียวภายในช่วงเวลาหนึ่งๆ นั่นก็คือมีลักษณะคล้ายกับการสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-Duplex) อุปกรณ์บนระบบบัสแบบหนึ่งสายนี้จะต้องมีการระบุอย่างชัดเจนว่าอุปกรณ์ตัวใดเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์ และอุปกรณ์ตัวใดที่เป็นสเลฟ โดยส่วนใหญ่แล้ว อุปกรณ์มาสเตอร์มักจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนอุปกรณ์สเลฟได้แก่ไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ หน่วยความจำแรม เป็นต้น อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวจัดเตรียมความพร้อมของสายสัญญาณและควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลลงบนสายสัญญาณนั้น ข้อมูลทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นข้อมูลของคำสั่งควบคุมต่างๆหรือข้อมูลใช้งานทั่วๆไปจะถูกส่งลงบนสายสัญญาณที่มีเพียงเส้นเดียวนี้ทั้งหมด ในระหว่างการทำงานของอุปกรณ์มาสเตอร์หรืออุปกรณ์สเลฟสามารถเป็นได้ทั้งตัวส่งและตัวรับทั้งนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา

ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการทำงานในขณะนั้น ตัวอย่างเช่นหากมีการเขียนข้อมูลจากอุปกรณ์ มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์อุปกรณ์สเลฟ ตัวที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลก็คืออุปกรณ์มาสเตอร์ และตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลก็คืออุปกรณ์มาสเตอร์นั้นเอง แต่ถ้าหากเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ตัวที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลคืออุปกรณ์สเลฟ และตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลก็คืออุปกรณ์มาสเตอร์นั้นเอง ในระบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสายนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์มาสเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้น

2.6.1 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1-*Wire* ™ Communication Protocal)

การติดต่อสื่อสารข้อมูลในระบบบัสหนึ่งสายอุปกรณ์มาสเตอร์จะสามารถทำการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟได้เพียงครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวจะต้องมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสเฉพาะตัว โดยจะเก็บไว้ในหน่วยความจำรอมภายในอุปกรณ์สเลฟนั้นๆ โดยปกติอุปกรณ์บนบัสหนึ่งสายของบริษัทดัลลัสจะมีหน่วยความจำขนาด 64 บิต หรือ 8ไบต์สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆที่สำคัญของตัวอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วย

1. รหัสประจำตระกูล จำนวน 8 บิต เช่น DS-1820มีรหัสประจำตระกูล 10H
2. เลขหมายประจำตัว(Serial Number) จำนวน 48 บิต
3. รหัสตรวจสอบความผิดพลาด (CRC : Cyclical Check) 8 บิต

เราสามารถอ่านข้อมูลประจำตัวอุปกรณ์สเลฟได้ด้วยการใช้คำสั่งอ่านหน่อยความจำรอม (Real Rom) ในกรณีที่บนสายสัญญาณมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวก็ไม่จำเป็นจะต้องอ้างแอดเดรสในการติดต่อ

รูปแบบการติดต่อบนระบบบัสหนึ่งสายจะเริ่มต้นขั้น เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ทำการรีเซตและกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ทำการติดต่อ ถ้าหากมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวสามารถข้ามขั้นตอนการติดต่อหน่วยความจำรอมในอุปกรณ์สเลฟ โดยการเรียนวิธีการดังกล่าวว่า “การไม่ติดต่อหน่วยความจำรอม หรือ สคริปรอม” จากนั้นก็จะรอการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟ เมื่อการตอบรับสมบูรณ์ก็จะสามารถเริ่มต้นขั้นตอนการอ่านหรือเขียนข้อมูลต่อไปได้

2.7 คุณสมบัติของไทม์สล็อต

อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นเพียงอุปกรณ์ตัวเดียวบนระบบบัสหนึ่งสายที่สามารถทำการอินนิเชียลสายสัญญาณได้ โดยอุปกรณ์มาสเตอร์จะกำเนิดจุดเริ่มต้นของไทม์สล็อตด้วยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำในช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นจะทำให้กลับเป็นลอจิกสูง ถ้าหากอุปกรณ์สเลฟต้องการทำการส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์มาสเตอร์ อุปกรณ์สเลฟก็จะเป็นตัวควบคุมสถานะของสายสัญญาณต่อไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่หากอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการทำการส่งข้อมูลก็จะสามารถดำเนินการต่อไปได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

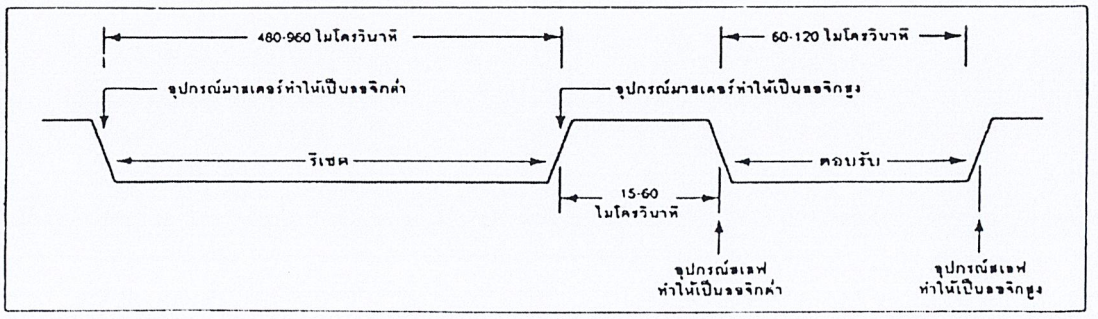
ฟังก์ชั่นของไทม์สล็อตที่กำหนดโดยอุปกรณ์มาสเตอร์มีด้วยกัน 4 ฟังก์ชั่นคือไทม์สล็อตของการรีเซต(Reset) การอ่านข้อมูล(Read Data) การเขียนข้อมูล"1" (Write One) และการเขียนข้อมูล"0" (Write Zero) ไทม์สล็อตของการรีเซตใช้ในการเริ่มต้นการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ ส่วนไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูล "1" และ "0" ใช้สำหรับการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟผ่านทางสายสัญญาณของระบบ

ทางด้านด้านอุปกรณ์สเลฟมีฟังก์ชั่นของไทม์สล็อตอยู่ทั้งสิ้น 3 ฟังก์ชั่นคือ ไทม์สล็อตของการตอบสนอง (Presence) เขียนข้อมูล "1" (Write Zero) ไทม์สล็อตของการตอบสนองการติดต่อจากอุปกรณ์มาสเตอร์ โดยอุปกรณ์สเลฟตัวที่ถูกเลือกจากอุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องส่งสัญญาณการตอบสนองลงบนสายสัญญาณเพื่อแจ้งอุปกรณ์รับทราบว่าขณะนี้สามารถติดต่อกันได้แล้ว ส่วนไทม์สล็อตการเขียนข้อมูล "1" และ "0" ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ผ่านทางสัญญาณของระบบ ซึ่งจะสัมพันธ์กับไทม์สล็อตของการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

การแยกแยะแต่ละฟังก์ชั่นของไทม์สล็อตจะใช้ความยาวของคาบเวลาและลักษณะของรูปสัญญาณเป็นตัวกำหนด และทุกครั้งที่ทำการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชั่นต้องทำให้สายสัญญาณอยู่ในสภาวะว่างเสมอ ซึ่งก็คือการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงเป็นเวลาอย่างน้อยเป็นเวลา 1ไมโคร–วินาที

- ไทม์สล็อตการรีเซตและตอบสนอง

อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้เกิดการรีเซตบนสายสัญญาณเพื่อแจ้งแก่อุปกรณ์สเลฟโดยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกจฃต่ำต่อเนื่องอย่างน้อย 480 ไมโครวินาทีจะต้องทำให้สายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูงภายใน 480 ไมโครวินาทีหลังจากนั้น ถ้าหากอุปกรณ์สเลฟต่ออยู่บนสายสัญญาณ จะมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตนั้นด้วยการตอบสนอง (Presence) โดยจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องนานเป็นเวลาประมาณ 60-240 ไมโครวินาที หลังจากสัญญาณรีเซตปรากฏประมาณ 15-60 ไมโครวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2.14

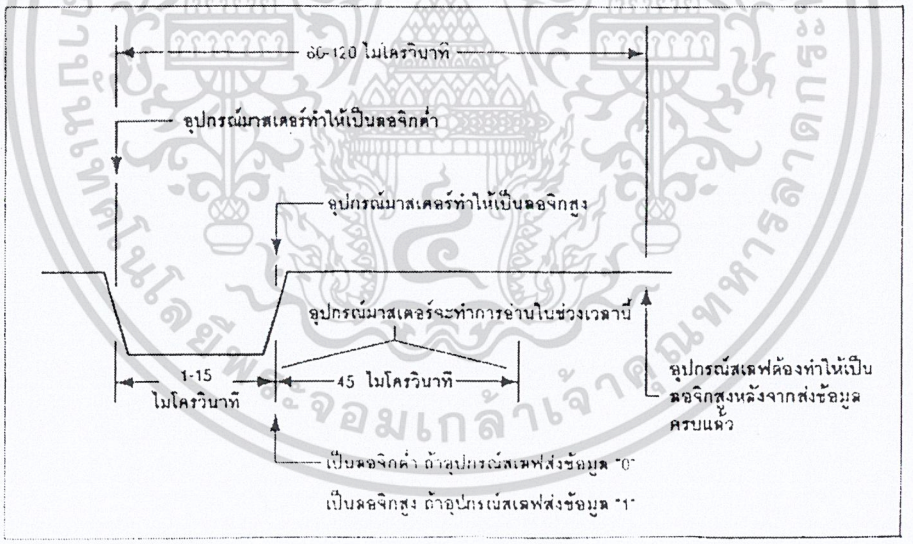


รูปที่ 2.14 ไทม์สล็อตการรีเซตและการตอบสนองของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์และการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1 – 15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สายสัญญาณกลับมาเป็นลอจิกสูง อุปกรณ์สเลฟจะส่งข้อมูลมาให้กับอุปกรณ์มาสเตอร์โดยถ้าหากข้อมูลเป็น "0" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำนานประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณเป็น ลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าหากข้อมูลเป็น "1" อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 60-120 ไมโครวินาที นั่นคือในไทม์สล็อตนี้จะต้องใช้เวลารวมไม่เกิน 120 ไมโครวินาที ในขณธที่อุปกรณ์มาสเตอร์ใช้เวลาในการอ่านข้อมูลอยู่ระหว่าง 15 และ 60 ไมโครวินาทีหลังจากไทม์สล็อตนี้ ในรูปที่ 3.2 แสดงรูปสัญญาณของไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ และไทม์สล็อตทั้งสองจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์อ่าน อุปกรณ์สเลฟก็จะทำการเขียนข้อมูล



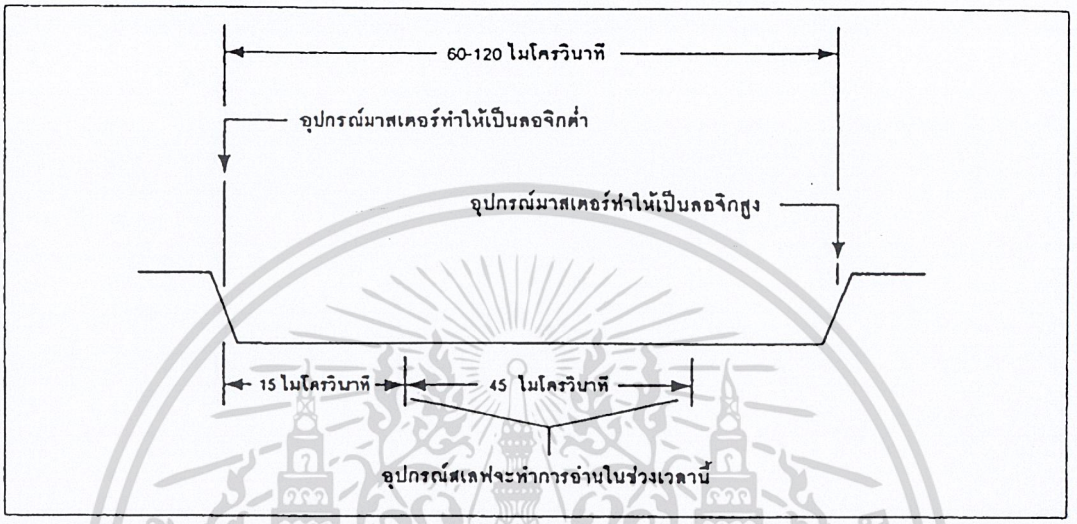
รูปที่ 2.15 ไทม์สล็อตของการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์และไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

- ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

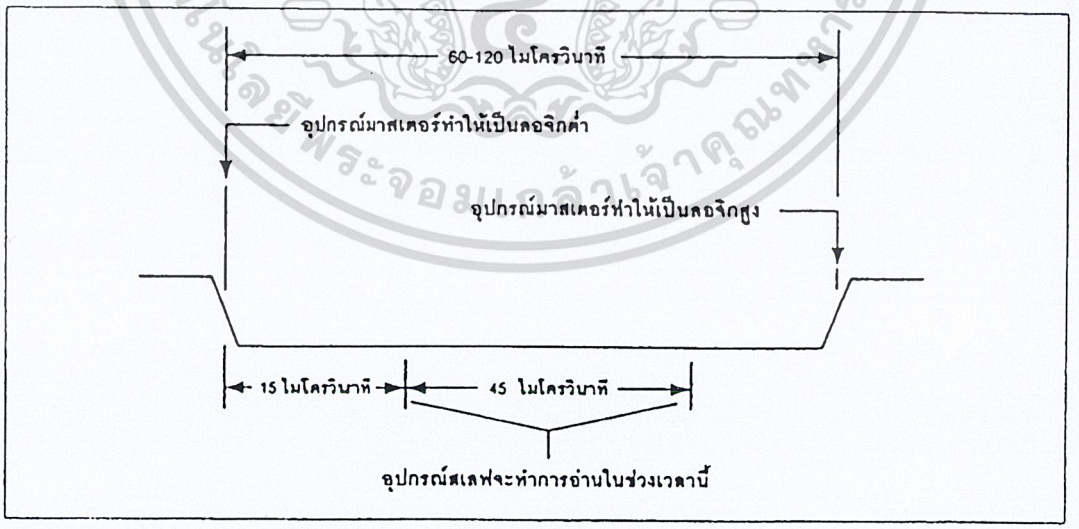
เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการทำการเขียนข้อมูล อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1- 15ไมโครวินาทีจากนั้นต้องทำให้สถานะของสายสัญญาณกลับมาเป็นสถานะลอจิกสูง แล้วดำเนินการเขียนข้อมูลได้ทันที ถ้าหากข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอุปกรณ์สเลฟเป็น "0" อุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้ว

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำให้สายสัญญาณกลับมาสู้สภาวะลอจิกสูงอีกครั้ง แต่ถ้าหากอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการเขียนข้อมูล "1" อุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องทำให้สายสัญญาณมีสถานะเป็นลอจิกสูงเป็นเวลานาน 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดแล้วในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60-120 ไมโครวินาที



รูปที่ 2.16 แสดงไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูล"1"ของอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ



รูปที่ 2.17 แสดงไทม์สล็อตของการเขียนข้อมูล "0"ของอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งตรงกับไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 คุณสมบัติของไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ DS-1820

-สามารถวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ตั้งแต่ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส หรือวัดอุณหภูมิตั้งแต่ –67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮน์

- สามารถอ่านข้อมูลของอุณหภูมิในรูปแบบของข้อมูลดิจิตอล ขนาด9 บิต

- ใช้เวลาในการแปลงอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลเพียง 200 มิลลิวินาที

- ต้องการสายสัญญาณหรือช่องทางการถ่ายทอดข้อมูลเพียง 1ช่องสัญญาณ (1บิต) เท่านั้น ทำให้ระบบโดยรวมมีขนาดเล็ก

- สามารถต่อ DS-1820 และอุปกรณ์ชนิดอื่นมากกว่าหนึ่งตัวบนช่องสัญญาณเดียวกันก็ได้ โดยการทำงานจะเป็นอิสระไม่รบกวนซึ่งกันละกัน ทั้งนี้เนื่องจาก DS-1820 แต่ละตัวจะมีประจำตัว (Unique Silicon Serial Number) ที่ใช้ในการสื่อสารในระบบสื่อสารแบบหนึ่งสายฝังไว้ในตัวชิพแต่ละตัวนั่นเอง

- ไม่ต้องการอุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติม (นอกจากการต่อตัวตานทานเพื่อพูลอัพที่ขาข้อมูล)จึงทำให้ความคลาดเคลื่อนของระบบเนื่องจากอุปกรณ์ภายนอกและการต่อวงจรลดลงอย่างมาก

- ใช้พลังงานในโหมดสแตนซ์บายต่ำมาก

-DS-1820 เป็นอุปกรณ์ที่ถูกบรรจุในรูปแบบของไอซี จึงมีผลความผิดพลาดอันเนื่องจากสิ่งรบกวนภายนอกน้อยมาก

-ต้นทุนโดยรวมของระบบต่ำกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้อุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิชนิดอื่นต่อร่วมกับอุปกรณีภายนอก

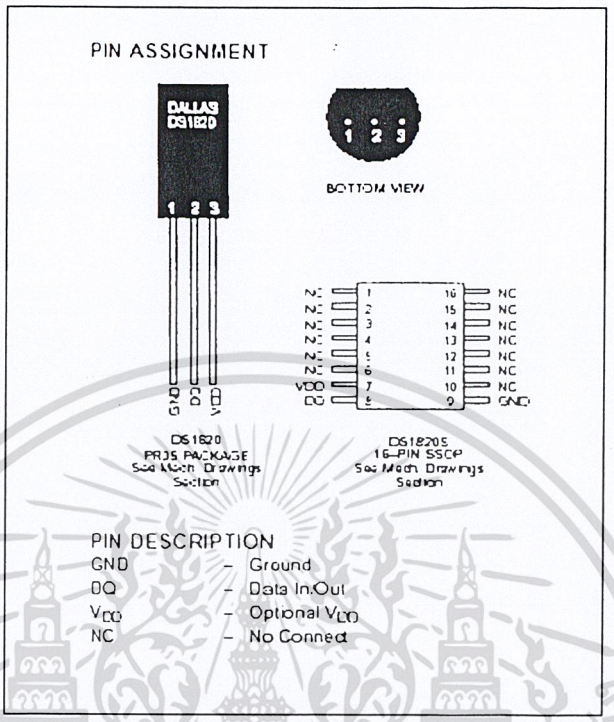
-มีขนาดที่เล็กกระทัดรัด ทำให้ระบบโดยรวมเล็กลง สะดวกการเคลื่อนย้าย

-เมื่อระบบมีปัญหาสามารถตรวจสอบหาปัญหาที่เกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว

ขาที่ แบบSSOP	ขาที่ แบบ PR35	สัญลักษณ์	รายละเอียด
9	1	GND	ต่อกราวด์ของระบบ
8	2	DQ	ใช้เป็นขารับ-ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งและข้อมูลของอุณหภูมิ
7	3	VCC	ต่อกับไฟเลี้ยงของระบบ 5 โวลต์

ตารางที่ 2.12 ตำแหน่งขาต่างๆ ของ DS-1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะไอซีตรวจสอบอุณหภูมิ DS-1820

2.8.1 คำสั่งควบคุมการทำงานของDS-1820

ในการติดต่อกับ DS-1820 จำมีคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS-1820 เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่นิยมใช้มากที่สุดมีด้วยกัน 3 คำสั่งต่อไปนี้

-คำสั่งที่ไม่ติดต่อกับหน่อยความจำรอม หรือสคริปรอม (Skip ROM) เนื่องจากในการใช้งาน DS-1820 โดยปกติแล้วจะมี DS-1820 อยู่ในระบบเพียง 1ตัวเท่านั้นจึงไม่มีความจำเป็นจะต้องกำหนดแอดเดรสในการติดต่อ ดังนั้นในกรณีนี้สามารถข้ามการติดต่อกับรอมเพื่ออ่านข้อมูลได้ ข้อมูลของคำสั่งสคริปรอมที่ต้องการส่งให้ DS-1820 คือ 0CCH

-คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (Convert Temperature) มีรหัสคำสั่งเป็น 044H เมื่อทำการส่งคำสั่งนี้ให้แก่ DS-1820 แล้วจะต้องทำการวนลูปเพื่อรอการแปลงอุณหภูมิอย่างน้อง 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS-1820 ได้ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำสแครตซ์แพด

-คำสั่งอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสแครตซ์แพด (Read Scratchpad) มีรหัสคำสั่งเท่ากับ OBEH หลังจาก DS-1820 ได้รับคำสั่งนี้ก็จะทยอยทำการส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกมาทั้งหมด 9 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่	สถานะของ อุปกรณ์มาสเตอร์	ข้อมูลหรือสภาวะ	รายละเอียด
1	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
2	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS-1820
3	ตัวส่ง	0CCH	ส่งคำสั่ง Skip ROM
4	ตัวส่ง	044H	คำสั่งเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
5	ตัวรับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านแฟลก BUSY 8 ครั้ง
6	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
7	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS-1820
8	ตัวส่ง	0CCH	ส่งคำสั่ง Skip ROM
9	ตัวส่ง	0BEH	คำสั่งอ่านค่าจากสแครตซ์แพด
10	ตัวรับ	ข้อมูล 9 ไบต์	อ่านค่าอุณหภูมิจากสแครตซ์แพด
11	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
12	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS-1820

ตารางที่ 2.13 สรุปขั้นตอนการติดต่อกับ DS-1820 โดยอุปกรณ์มาสเตอร์คือ MCS-51

2.9 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (Real Time Clock :RTC) DS-1307

ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (Real Time Clock: RTC) มีหน้าที่ในการสร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย DS-1307 จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมดตั้งแต่วินาที นาที ชั่วโมง วันที่ วันในสัปดาห์ เดือน ปี โดยสามารถปรับวัน เดือน และปี ให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการกำหนดวันในปีอธิกสุทินได้ด้วย

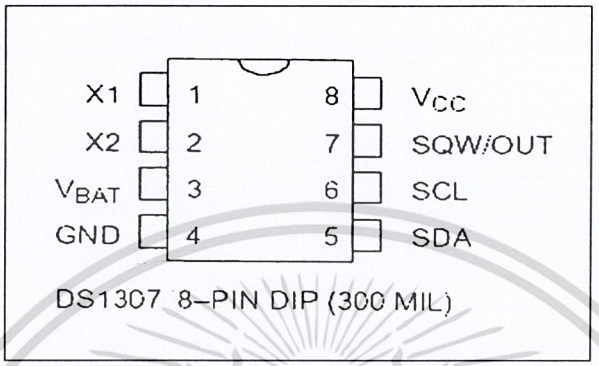
2.9.1 คุณสมบัติทางด้านเทคนิคที่สำคัญ

- เป็นรีลไทม์คล็อกที่ให้ข้อมูลตั้งแต่วินาทีจนถึงปี รวมถึงการปรับวัน เดือน และปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้องสามารถให้ข้อมูลของเวลาได้อย่างเที่ยงตรงปีคริสตศักราช 2100
- มีหน่วยความจำนอนโวลาไทม์แรม 56 ไบต์อยู่ภายในสามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
- ใช้การเชื่อมต่อแบบระบบบัส I ²C
- มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำหรือหายไปอย่างอัตโนมัติสามารถรักษาข้อมูลเวลาได้ แม้ไม่มีไฟเลี้ยง(ต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ในวงจร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 รายละเอียดขาต่อใช้งานของ DS-1307

จากรูปที่3.6แสดงการจัดตำแหน่งขาขอ DS-1307 โดยแต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.19 แสดงการจัดขาของไอซี DS-1307

Vcc (ขา8) ต่อกับไฟเลี้ยงของระบบ +5โวลท์

GND (ขา4) ต่อกับกราวด์ของระบบ

V_{BAT} (ขา3) ต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 3 โวลท์ เพื่อรักษาการทำงานของการสร้างวงจรสร้างฐานเวลาของ DS-1307 ให้คงอยู่ต่อไป แม้ว่าไม่มีเลี้ยงจ่ายให้แก่ DS-1307 ชนิดของแบตเตอรี่ ที่เหมาะสมคือ แบตเตอรี่แบบลิเธียม ซึ่งมีความจุ 40 mAhr หรือมากกว่า

SDA (ขา5) เป็นขาสำหรับรับ-ส่งข้อมูลระบบบัส I^2C

SCL (ขา6) เป็นขาสำหรับกำหนดจังหวะการรับ-ส่งข้อมูลระบบบัส I^2C

SQW/OUT (ขา7) ที่ขานี้จะมีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยสามารถเลือกความถี่ได้ 1 Hz , 4.096KHz , 8.192KHz และ 32 KHz ในการใช้งานต้องต่อตัวตานทาน 1 กิโลโอห์มพูลอัปที่ขานี้ด้วย

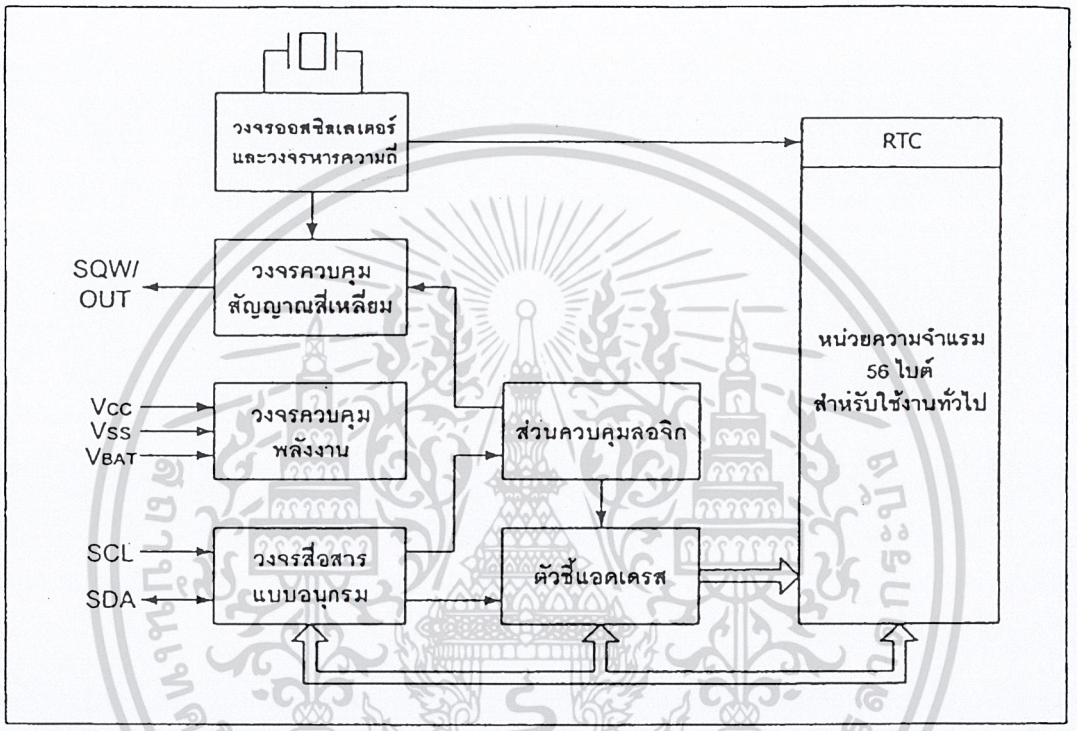
X1,X2 (ขา12) ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 KHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างเวลาในการสร้างค่าเวลาจริง ในการใช้งานจะต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้และต้องต่อร่วมกับตัวเก็บประจุค่าต่ำๆประมาณ 15 pF คร่อมกับขากราวด์

2.9.3 การทำงานของ DS-1307

ไอซี DS-1307 จัดการเชื่อมต่อในรูปแบบบัส I^2C' โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ I^2C ในรูปที่ 3.7 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญของ DS-1307 วงจรออสซิลเลเตอร์จัดเป็นหัวใจสำคัญหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มของการสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมออกมาตลอกเวลาในกรณีที่มีการอินาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ริจิสเตอร์ควบคุม ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกานี้สามารถเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ 4 ค่า คือ 1 Hz , 4.096KHz , 8.192KHz และ 32 KHz พร้อมกันนั้นก็จะทำการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจะแบบนอนโวลาไทม์แรมที่มีขนาด 64 ไบต์ แต่ถูกจัดเก็บไว้ให้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และสำหรับเป็นหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วไปอีก 56 ไบต์



รูปที่ 2.20 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเรียลไทม์คล็อกเบอร์ DS-1307

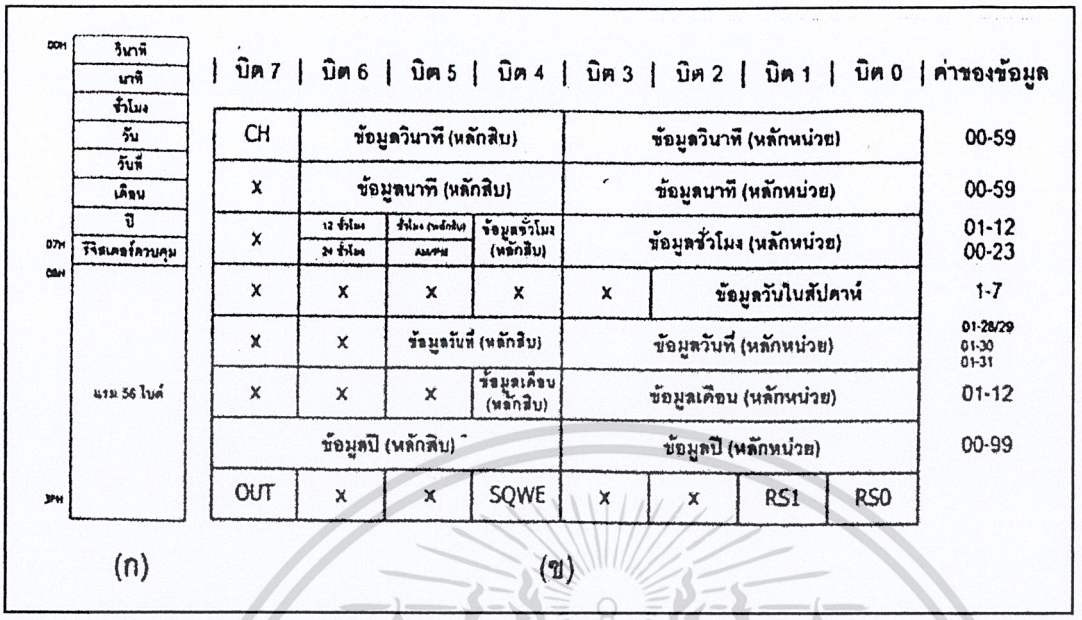
วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS-1307 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบของบัส I^2C เป็นช่องการสื่อสารระหว่าง DS-1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์

2.9.4 การจัดสรรหน่วยความจำของ DS-1307

ในรูปที่ 2.21(ก) แสดงการจัดสรรพื้นที่หน่วยความจะภายใน DS-1307 พื้นที่ 7 ไบต์แรกตั้งแต่แอดเดรส 00H – 06H เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ค่าเวลาใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ไบต์ต่อมาที่แอดเดรส 07 H เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของ DS-1307 ส่วนในรูปที่ 2.21(ข) แสดงรายละเอียดของรีจีสเตอร์ค่าเวลาและรีจีสเตอร์ควบคุมของ DS-1307

ด้วยการจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำรูปแบบนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนดูข้อมูลของเวลาที่ออกมาได้ตามต้องการ โดยไม่จำเป็นจะต้องอ่านออกมาทั้งหมดก็ได้ ค่าของเวลาทั้งหมดจะถูกเก็บอยู่ในเลขฐานสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 (ก) การจัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน DS 1307

(ข) รายละเอียดของรีจิสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจิสเตอร์ควบคุมของ DS 1307

2.9.5 รีจีสเตอร์ควบคุม

มีแอดเดรสอยู่ที่ 07 H โดยมีรายละเอียดในแต่ละบิตดังต่อไปนี้

- OUT (Output Control) ใช้ในการควบคุมระดับลอจิกที่ขา SQW/OUT ในกรณีที่ทำการดิสเอเบิลการกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” ที่ขา SQW/OUT ก็จะเป็น “1” โดยถ้าบิตนี้เป็น “0” ที่ขา SQW/OUT ก็จะเป็น “0”

- SQWE (Square Wave Enable) ใช้ในการอีนาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณที่ขา SQW/OUT ถ้าหากต้องการให้มีสัญญาณสี่เหลี่ยมออกมาให้กำหนดให้บิตนี้เป็น “1”

-RS1,RS0 (Rate Select) ใช้ในการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ออกจากขา SQW/OUT มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

RS1	RS0	ความถี่ของสัญญาณ
0	0	1 Hz
0	1	4.096 KHz
1	0	8.192 KHz
1	1	32.768 KHz

ตารางที่ 2.14 แสดงการเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม

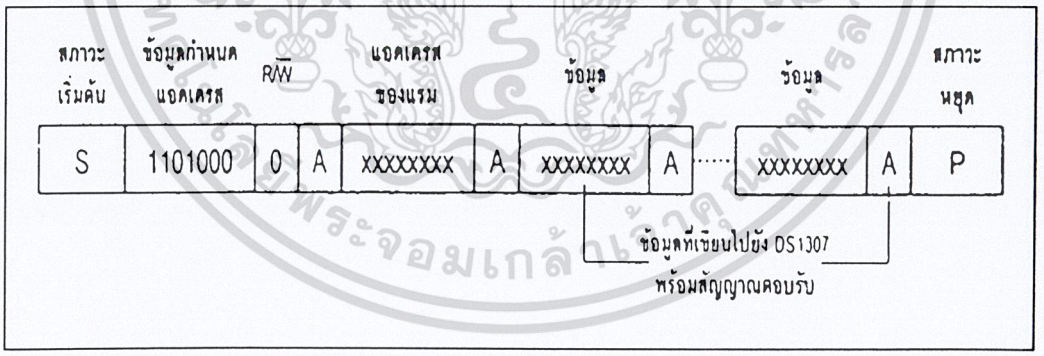
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.6 โหมดการทำงานของ DS-1307

โหมดการทำงานของ DS-1307 มีด้วยกัน 2 โหมด คือ โหมดการเขียนข้อมูล และโหมดการอ่านข้อมูล ในการใช้งาน DS-1307 ตามปกติจะใช้งานในโหมดการอ่านข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานติดต่อกับ DS-1307 เพื่อทำการอ่านข้อมูลของเวลาไปใช้งาน โหมดการเขียนข้อมูลจะถูกใช้ก็ต่อเมื่อต้องการตั้งค่าเวลาใหม่และต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำใช้งานทั่วไป อย่างไรก็ตามเที่อเริ่มต้นติดต้อกับ DS-1307 จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อนเพื่อกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านขิอมูล จากนั้นจึงค่อยเปลี่ยนการทำงานมาสู่โหมดการอ่านข้อมูลต่อไป

-โหมดการเขียนข้อมูล

มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.22 เริ่มต้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการกำหนดสภาวะเริ่มต้น (START : S) จากนั้นทำการส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส 1101000 ตามด้วยข้อมูลเลือกการเขียนนั้นคือค่า “0” จากนั้นรอการตอบรับจาก DS-1307 ขั้นตอนต่อมาคือ ส่งข้อมูลเพื่อเลือกแอดเดรสที่ต้องการเขียน จากนั้นรอการตอบรับจาก DS-1307 เมื่อมีการตอบรับมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะหยุดรอการตอบรับจาก DS-1307 ทุกครั้งจึงสามารถเขียนข้อมูลต่อไปได้ เมื่อเขียนเรียนร้อยแล้วก็จะส่งสภาวะหยุด (STOP : P) เป็นอันว่าสิ้นสุดกระบวนการเขียนข้อมูลเข้าสู่ DS-1307



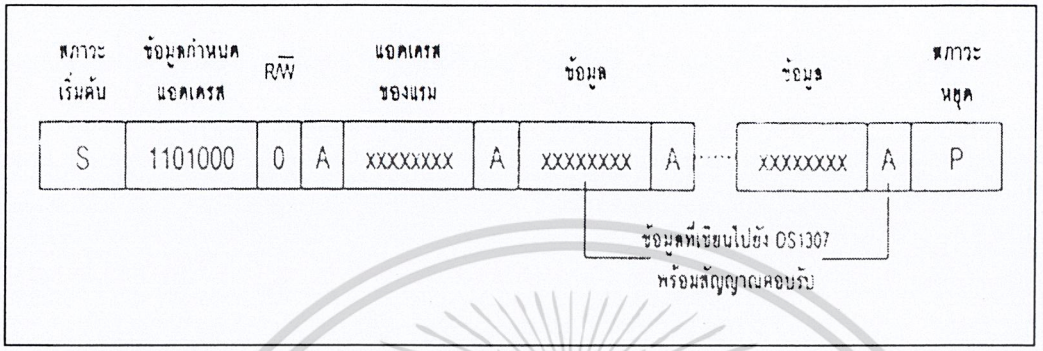
รูปที่ 2.22 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล

-โหมดการอ่านข้อมูล

มีรูปแบบดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.22 เริ่มต้นการทำงานเหมือนกับโหมดการเขียนข้อมูล คือไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดสภาวะเริ่มต้นแล้วส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสและตามด้วยข้อมูลการอ่านซึ่งเท่ากับ 1 จากนั้นรอการตอบรับจาก DS-1307 เมื่อตอบรับเรียบร้อยแล้ว DS-1307 จะทยอยส่งข้อมูลออกมาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์คราวละ 1 แอดเดรส หรือ 1 ไบต์ โดยแอดเดรสที่เลือกอ่านข้อมูลจะต้องมีการกำหนดมาก่อนล่วงหน้าด้วยโหมดการเขียนข้อมูลวิธีง่ายๆคือ เข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อน แต่เมื่อถึงจังหวะการเขียนข้อมูลให้ทำการสร้างสภาวะการเริ่มต้นและส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลกำหนดแอดเดรสใหม่อีกครั้งตามด้วยโหมดการอ่านข้อมูล ข้อมูลที่อ่านออกมาจาก DS-1307 จะเป็นข้อมูล ณ แอดเดรสที่มีการกำหนดไว้ก่อนหน้านี้

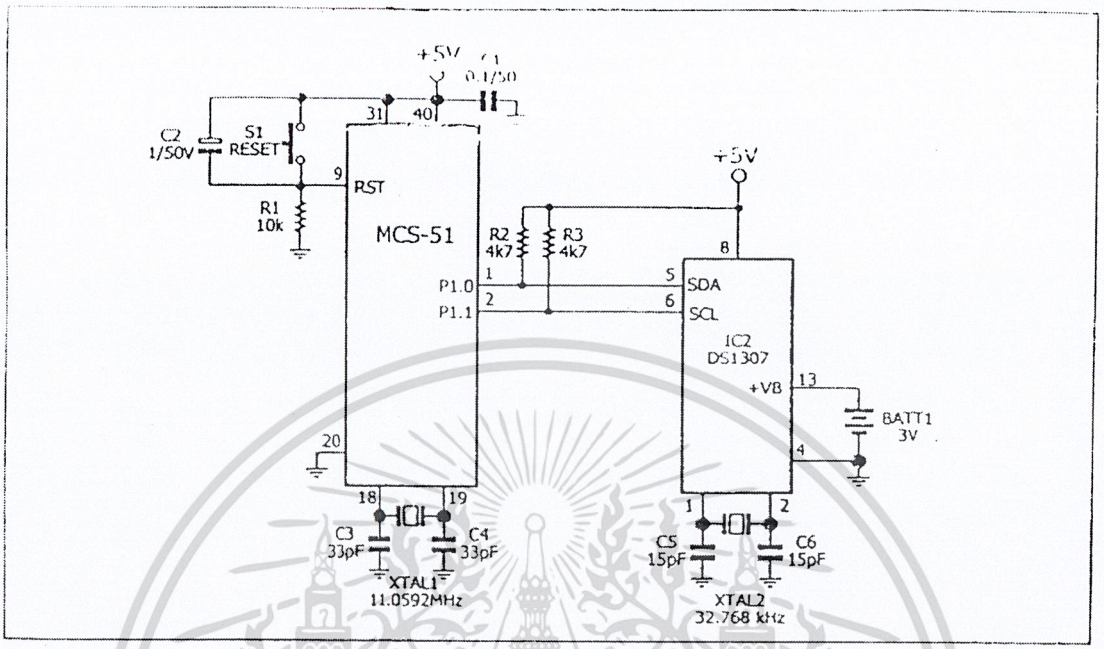


รูปที่ 2.23 แสดงรูปแบบของข้อมูลสำหรับการติดต่อกับ DS-1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล

2.9.7 การเชื่อมต่อข้อมูล DS-1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

วงจรตัวอย่างในรูปที่2.24 แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อ DS-1307 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับอุปกรณ์บนบัส I^2C ทุกประการ และสามารถที่จะต่อไอซีร่วมกันบนสาย SDA และ SCL ได้โดยอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนระบบบัส I^2C จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างทางหน้าที่การงาน จากวงจรในรูปที่ 2.24 ไอซี DS-1307 จำเป็นจะต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ก็ตามทั้งนี้เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่องไปเมื่อใดที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะได้ข้อมูลเวลาที่เป็นจริงตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 ร่วมกับDS-1307

2.10 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก

เครื่องมือบางชนิดนำดิจิตอลมาใช้เพียง เพื่อความสะดวกในการอ่านของมนุษย์ เช่น เทอร์โมมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ต้องเสียเวลาเพ่งสเกลคราวละนานๆ แต่อุปกรณ์บางชนิดจำเป็นที่ต้องใช้สัญญาณดิจิตอลมาแทนสัญญาณอะนาลอกในการทำงานบางอย่าง เช่น การส่งสัญญาณภาพหรือเสียงระยะไกล ทั้งโทรศัพท์ โทรสาร หรือการสื่อสารดาวเทียม ได้พยายามเอาระบบดิจิตอลเข้ามาช่วยทั้งสิ้น เพราะสัญญาณอะนาลอกมีจุดอ่อนตรงที่สัญญาณรบกวนเข้าไปแทรกซ้อนได้ง่าย

ไมโครโพรเซสเซอร์จะมีการทำงานในเชิงของดิจิตอลเสมอดังมีระดับสัญญาณเป็น “0” และ “1” แต่ในการประยุกต์ใช้งานจริงมักจะเกี่ยวข้องกับสัญญาณที่เป็นอะนาลอกสัญญาณอะนาลอกก็คือสัญญาณที่มีความแตกต่างหลายๆระดับ สัญญาณเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิ , ความดัน , น้ำหนักเสียง ในทางอิเล็กทรอนิกส์เราสามารถเปลี่ยนแรงดันให้อยู่ในรูปของสัญญาณเหล่านี้ได้และระบบก็จะต้องเปลี่ยนสัญญาณลอจิก “0” และ “1” ให้เป็นแรงดันได้เช่นกัน ซึ่งสัญญาณลอจิก “0” และ “1” นี้จะไม่อยู่ในรูปของข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

2.10.1 คุณสมบัติทั่วๆไปของ DAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **RESOLUTION** คือ ความสามารถในการแบ่งแยกระดับของสัญญาณหรืออีกในหนึ่งก็คือจำนวนบิตของสัญญาณดิจิตอลนั่นเอง เช่นขนาด 8บิต จะหมายความว่า สามารถแยกสัญญาณ

อะนาลอกไว้เป็น 256 ระดับ (2^8) ถ้าขนาด 12 บิต ก็จะแยกสัญญาณได้เป็น 4096 ระดับ (2^{12}) ค่า RESOLUTION บางครั้งก็จะแสดงอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ โดยขนาด 8 บิต จะมีค่าเท่ากับ 100/256 คือ 0.39%

2. **FULL SCALE OUTPUT VOLTAGE** คือค่าแรงดันสูงสุดที่จะเป็นไปได้ของสัญญาณอะนาลอกสมมุติว่าใช้ D/A ขนาด 8 บิต เราจะเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

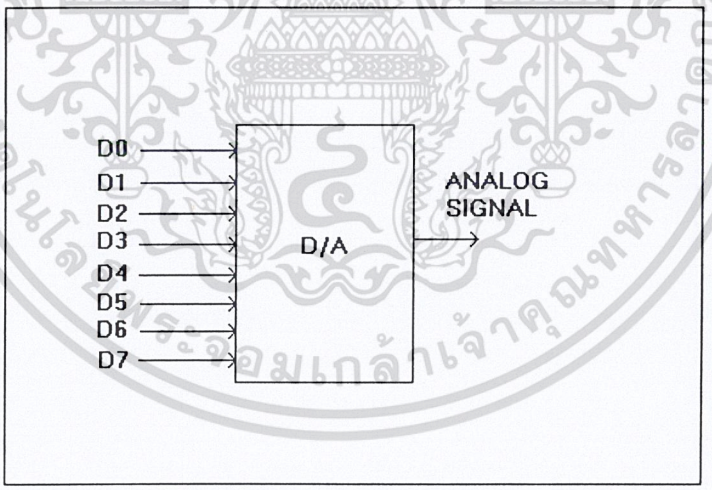
$$V_{OUT} = V_{REF}\left(\frac{D0}{2} + \frac{D1}{4} + \frac{D2}{8} + \frac{D3}{16} + \frac{D4}{32} + \frac{D5}{64} + \frac{D6}{128} + \frac{D7}{256}\right)$$

D1 ถึง D8 คือ สัญญาณดิจิตอลมีค่าเป็น 0 หรือ 1 ตามข้อมูลในที่นี้ถ้าสมมุติว่า V_{REF} = 10 V ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้คือ ให้ D1 ถึง D8 = 1 ดังนี้

$$Vo = 10\left(\frac{255}{256}\right) = 9.9609 \text{ V}$$

นั่นหมายความว่า สัญญาณอะนาลอกจะมีต่ำสูงสุดน้อยกว่า V_{REF} อยู่ 1 ระดับและในที่นี้ความแตกต่างของแต่ระดับจะเท่ากับ

$$V_{diff} = \frac{10}{256} = 0.03906 \text{ volt}$$



รูปที่ 2.25 แสดงการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก

3. **ACCURACY** คือ ค่าเปรียบเทียบระหว่าง VOLT จริงๆ ที่ได้กับ Vo ที่กำหนดให้เป็น ถ้า D/A มีคุณสมบัติ เป็น 10 V และ +0.15% ACCULACY นั่นหมายถึง D/A ชุดนี้จะมีค่าโอกาสผิดพลาดได้สูงคือ 0.0015*10 = 0.015 V ปกติค่า ACCURACY ในทางปกติแล้วไม่ควรจะมีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของระดับสัญญาณอะนาลอกหรือเท่ากับ +1/2 ของบิตต่ำที่สุด (LSB) ในที่นี้คือ 0.039/2 = 0.0195 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **LINEARITY** คือ ค่าความคงที่ในการเปลี่ยนระดับของสัญญาณมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ปกติ D/A ควรจะมีค่าการเปลี่ยนระดับเป็นเส้นตรง แต่ความเป็นจริงอาจจะมีการเบี่ยงเบนเกิดขึ้นได้ ในทางปกติไม่ความมีค่ามากกว่า +1/2 LSB ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ของ RESOLUTION หารด้วย2 คือ 0.39122 = 0.019%

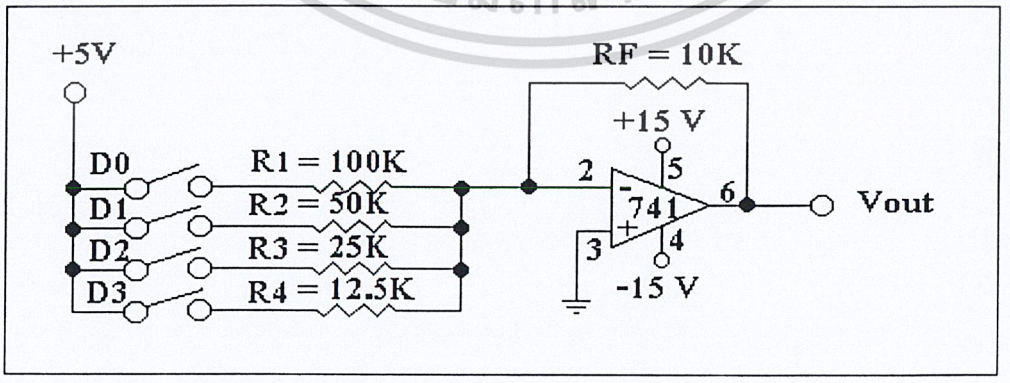
5. **SETTING TIME** คือ ค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณเท่ากับ 1/2 ตัวอย่าง เช่น ไอซีเบอร์ DAC 0808 จะมีค่าเท่ากับ 150 ns ค่านี้มีความสำคัญต่อความเร็วในการเปลี่ยนหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ความถี่ของสัญญาณอะนาลอกนั่นเอง

วงจรพื้นฐานของ D/A จะมีอยู่ 2 แบบ คือ WEIGHTERED – RESISTOR D/A และ R-2R D/A ในการทดลอง อย่างไรก็ตามปัจจุบันเรามักจะใช้ไอซีสำเร็จรูป ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน และมีประสิทธิภาพมากกว่า

2.10.2 วงจรดีทูเอชนิดต่างๆ

2.10.2.1 แบบใช้ตัวต้านทานหลายค่า (Binary weight Resister D/A Converter)

วงจรชนิดนี้ใช้ตัวต้านทานต่างๆ กับออปแอมป์เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณลอจิก 2 ระดับ เป็นแรงดันที่ได้สัดส่วนกันรูปที่ 2.25 แสดงวงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลขนาด 4 บิท ออปแอมป์ที่ใช้มีอัตราขยายสูงมาก (โดยทั่วไปจะสูงกว่า 100,000 เท่า) มีความต้านทานเอาท์พุทต่ำ สัญญาณเอาท์พุทที่ถูกป้อนมายังอินพุทแบบกลับเฟส (การป้อนกลับแบบลบ) เพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ขาอินพุทแบบไม่กลับเฟส เอาท์พุทของออปแอมป์จะเป็นตัวจ่ายกระแส (Source Or Sink) เพื่อให้แรงดันที่เปรียบเทียบกันนั้นมีค่าเดียวกัน วงจรในรูปที่ 2.25 ต่อขาไม่กลับเฟสลงกราวด์ ดังนั้นหากกลับเฟสก็จะมีแรงดัน 0 โวลท์ด้วย การที่อินพุทที่ขากลับเฟสเป็น 0 Volt ด้วยโดยไม่ได้ต่อลงกราวด์โดยตรง จึงเรียกว่า กราวด์เทียม (Virtual Ground)



รูปที่ 2.26 วงจร DAC แบบใช้ตัวต้านทานหลายค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสวิตช์ D_0 ปิด ตัวต้านทาน R1 ค่า 100 กิโลโอห์ม จะมีแรงดัน 5 โวลต์ที่ปลายข้างหนึ่ง อีกค่าหนึ่งเป็น 0 โวลต์ (กราวด์เทียม) จากกฎของโอห์มจะมีแรงดันตกคร่อม 5 โวลต์ซึ่งให้กระแสไหลผ่าน 0.05 มิลลิแอมป์กระแสนี้ไม่อาจเข้าไปยังอินพุทของออปแอมป์ได้ เนื่องจากออปแอมป์มีความต้านทานอินพุทสูงมากและไม่สามารถส่งหรือรับกระแสมากๆได้ ดังนั้นกระแส 0.05มิลลิ-แอมป์จึงต้องไหลผ่านไปยังเอาท์พุท โดยผ่านตัวต้านทานป้อนกลับ R_F 10 กิโลโอห์ม จะได้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ (10 กิโลโอห์ม) * 0.05 มิลลิแอมป์) = -0.5 โวลต์ เพื่อรับกระแสผ่านสวิตช์ D_0 และรักษาสภาวะกราวด์เทียมไว้

เมื่อเปิดวงจรที่สวิตช์ D_0 และปิดวงจรที่สวิตช์ D_1 (ขณะที่ R_2 มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ R_1) กระแสเพิ่มเป็นสองเท่า หรือ 0.1 แอมป์ ไหลผ่าน R_F , กราวด์เทียม และ R_2 ทำให้มีแรงดันเอาท์พุท –1 โวลต์ ต่อไปก็เปิดวงจรทั้งที่ D_0 และ D_1 จะได้กระแส 0.05 มิลลิแอมป์ไหลผ่าน R_1 และ 0.1 มิลิ-แอมป์ผ่าน R_2 รวมกระแส 0.15 แอมป์ ได้แรงดันเอาท์พุท –1.5 โวลต์

เมื่อเปลี่ยนการเปิดปิดสวิตช์ไปเรื่อยๆ จะได้แรงดันเอาท์พุทค่าต่างๆกัน กระแสที่ผ่านสวิตช์แต่ละตัวจะถูกรวมกันที่จุดกราวด์เทียม แล้วเปลี่ยนเป็นแรงดันที่เอาท์พุท โดยตัวต้านทานป้อนกลับ R_F

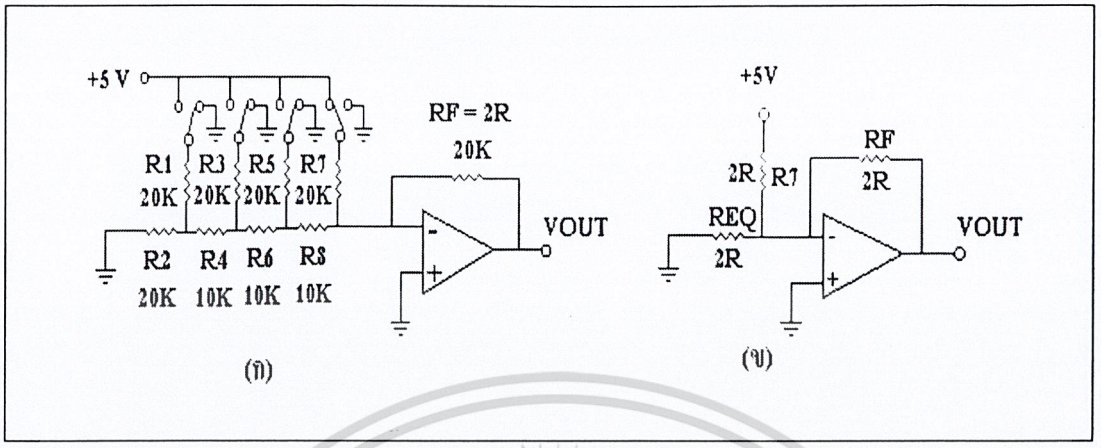
แรงดันเอาท์พุทจะเพิ่มเป็นระดับๆ เหมือนขั้นบันได ดังนั้น 4 บิทจึงได้ 15 ระดับ แต่ละระดับต่างกัน –0.5 โวลต์ อาจกำหนดระยะห่างของแต่ระดับได้โดย เปลี่ยนขนาดของ R_F แต่ถ้า R_F มีค่ามากเกินไประดับบนสุดจะขับออปแอมป์ถึงจุดอิ่มตัว(ที่แรงดัน –14 โวลต์)

2.10.2.2 แบบใช้ตัวต้านทาน 2 ค่า (R/2R Larder D/A Converter)

เมื่อวงจรดีทูเอมีขนาดมากกว่า 4 บิท วงจรตามรูปที่ 2.27 จะเกิดปัญหาเนื่องจากต้องการค่าความต้านทานที่มีช่วงกว่ามาก วิธีนี้ใช้หลักการไบนารี่เวตเหมือนกัน แต่ใช้ความต้านทานเพียง 2 ค่า แสดงในรูปที่ 2.27 (ก). ซึ่งกระแสจะถูกเปลี่ยนเป็นค่าแรงดัน โดยออปแอมป์และตัวต้านทานป้อนกลับ R_F เหมือนรูปที่ 2.27 วิธีนี้เรียกว่า การใช้ความต้านทาน 2 ค่า

สังเกตให้ดี หลักการความต้านทาน 2 ค่าดูไปก็คล้ายกับกฎของเคอร์ชอฟ์ เพียงแต่ว่าค่าความต้านทานที่ใช้เป็นอัตราส่วนที่ทำให้คำนวณได้ง่าย ขั้นแรกให้สมมุติว่าสวิตช์ D_2 ซึ่งเป็นสวิตช์ในบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุดนั้น ต่อกับแรงดันอ้างอิง 5 โวลต์ ในขณะที่สวิตช์ตัวอื่นปิดลงกราวด์ ดังนั้น R_1 และ R_2 จึงต่อขนานกับกราวด์ สังเกตตัวต้านทาน 2R ต่อขนานกับ 2R อีกตัวหนึ่ง จึงมีค่าเท่ากับ R ค่า R นี้จะถูกบวกรวมกับ R_4 กลายเป็นค่า 2R แล้วขนานกันกับ R_3 ต่อลงกราวด์ การรวมของ R_3 และตัวต้านทานก่อนหน้าจึงทำให้เหลือเพียงค่า R ต่ออนุกรมกับ R_0 พิจารณาเช่นเดียวกับวงจรส่วนที่เหลือก็จะได้เป็นวงจรง่ายขั้น ดังรูปที่ 2.27 (ข)

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ **2.27** วงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบ R/2R Ladder

2.10.3 แบบใช้ไอซี (Monolithic and Hybrid D/A Converter)

โมโนลิทิค (Monolithic) วงจรๆหนึ่งถูกบรรจุรวมอยู่บนสารกึ่งตัวนำเพียงชิ้นเดียว

ส่วนไฮบริดจ์ (Hybrid) บรรจุสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่าชิพ (Chip) เพียงชิ้นเดียวหรือมากกว่า มีตัวต้านทานหรือตัวประกอบวงจรอื่นๆ อยู่ในกรอบไอซีตัวเดียว

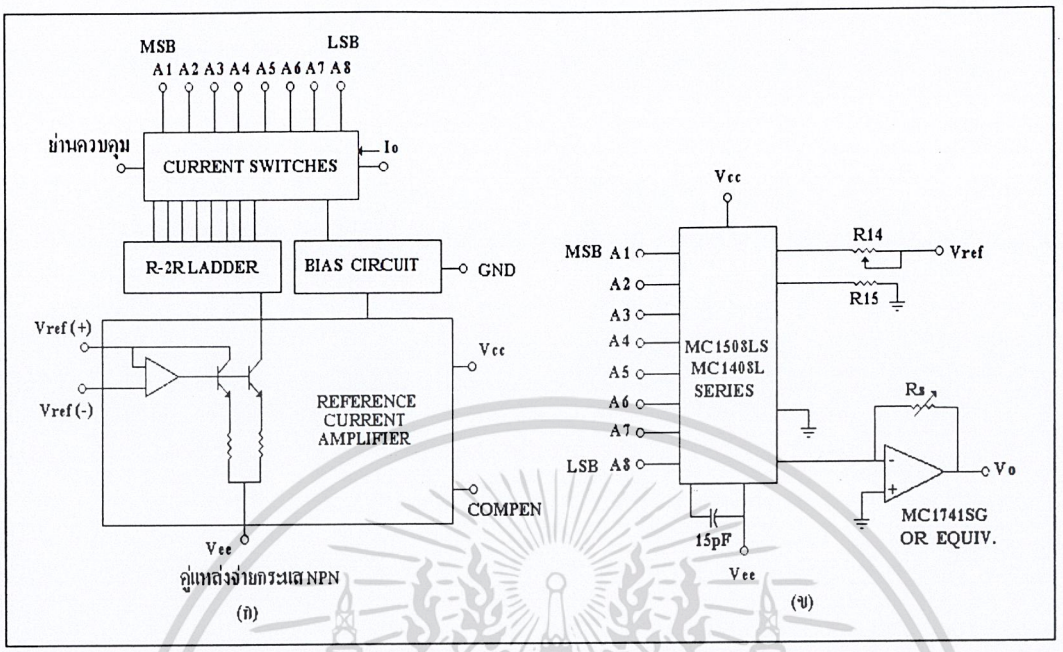
ตัวอย่างไอซีเบอร์ MC1408L เป็นโมโนลิทิคขนาด 8 บิท ซึ่งมีผังการทำงานดังรูปที่ 4.4ก มี ขา 16 ขา ใช้ V_{CC} = 5 โวลต์ และ V_{EE} จาก –5 โวลต์ (ค่าต่ำสุด) ถึง -15 โวลต์(ค(สูงสุด)

ในไอซีตัวนี้เป็น R/2R Ladder แบ่งกระแสที่ได้จากภาคขยายเป็น 8 ระดับ ขึ้นอยู่กับค่าทางเลขฐานสอง (Binary) ทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์จะสวิตช์ให้กระแสที่ได้สอดคล้องกับอินพุท A_1- A_8 การเรียงจากบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุดถึงบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุดจะกลับกันกับวงจรนับทั่วๆไป

MC1408L มีกระแสเอาท์พุทที่สามารถเปลี่ยนเป็นแรงดันได้ด้วยออปแอมป์และตัวต้านทานดังแสดงในรูปที่ 2.4ข แรงดันนี้สามารถแสดงได้โดยใช้สูตร (2.1)

$$V_{OUT} = \frac{V_{REF} R_O}{R_F} \left(\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256} \right) \quad \text{----- (2.1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 วงจรDACของโมโตโรลา MC1408

2.11 วงจรการสร้างสัญญาณกระตุ้น

ไอซี TCA 785 ใช้ในการควบคุมลำดับของการทริกซึ่งมีวงจรหลัก คือวงจรการควบคุมแรงดันภายใน (Vref) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้ TCA 785 สามารถรับแรงดันได้ในช่วง คือ V= 8-18 V โดยขา 1 จะต่องกราวด์ และขา 16 ต่อ Supply 15 V เมื่อไม่มีโหลดจะกินกระแสประมาณ 10 mA ที่ขา 8 จะต่อ Capacitor และต่อกราวน์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น (Synchronization) ซึ่งจะนำแรงดันไฟสลับ จากเฟสภายนอกที่ต้องการควบคุม ที่ต่อผ่านตัวต้านทาน 220 KΩ เพื่อลดแรงดัน 220 V ต่อเข้ามาทางขา 5 สัญญาณจะผ่านซีโร่ดีเทคเตอร์ (Zero - Detector) เพื่อส่งสัญญาณฟันเลื่อย (Saw Tooth) อีกส่วน คือ ตัวควบคุมแหล่งจ่ายกระแสตรง โดยตัวต้านทานภายนอกปรับค่าได้แบบเกือกม้าขนาด 100KΩ ต่อเข้าที่ขา9เป็นตัวปรับกระแส และต่อตัวคาปาซิเตอร์กับขา 10 ขนาด 100 nF เป็นตัวชาร์จให้เป็นเชิงเส้น ตัวต่อต้านทาน และคาปาซิเตอร์ที่ขา 9,10 จะทำหน้าที่เป็น RC Network ใช้กำหนดความชันของสัญญาณฟันเลื่อน ซึ่งจะต้องใช้ในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟตรงจากภายนอกที่มาจากวงจรควบคุมที่ขา11 นั่นคือแรงดันที่ขา 11 จะไปตัดกับสัญญาณสามเหลี่ยมที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจะเป็นพัลส์ขนาดความกว้างเท่าขนาดช่วงตัดยอดสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นสัญญาณทริกเกอร์ที่ขา 14 และขา 15 ซึ่งเราสามารถสร้างสัญญาณทริกตั้งแต่ 0-180 องศาโดยปรับแรงดันที่ขา 11 ซึ่งถ้าปรับแรงดันต่ำ พัลส์ที่ได้จะเริ่ม

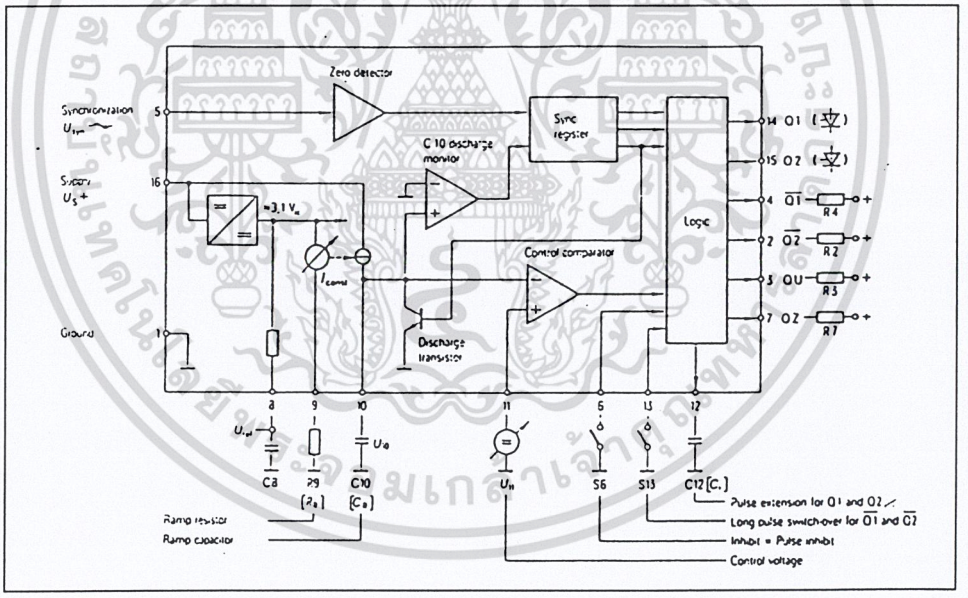
เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นเข้าใกล้ 0 องศา หรือถ้าปรับแรงดันให้สูงโดยปรับเพียงปลายยอดของสัญญาณพัลส์ที่ได้จะเริ่มต้นเข้าใกล้ 180 องศา

จะเห็นว่าสัญญาณควบคุมแรงดัน (Control Voltage) ที่ขา 11ตัดกับสัญญาณฟันเลื่อย ที่ขา 10 พัลส์เอาท์พุทที่ได้จะมีความกว้างเท่ากับช่วงตัดสัญญาณ ซึ่งเราสามารถลดขนาดความกว้างของพัลส์ลงได้โดยค่ามุมทริกไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งทำได้โดยปรับค่าคาปาซิเตอร์ที่ขา 12 ซึ่งขนาดพัลส์จะได้ขนาดตามตารางที่ 2.15

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

ตารางที่ 2.15 การปรับค่าความกว้างของพัลซ์



รูปที่ 2.29 บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785

2.11.1 การต่อวงจรของ IC TCA 785

ขา 1 เป็นขาต่อลงกราวด์

ขา 5 เป็นขารับสัญญาณซิงโครไนซ์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V

ขา 9 เป็นขารับไฟจากตัวต้านทานเพื่อปรับความชันของรูปคลื่นสัญญาณสามเหลี่ยมที่ออกจากขา 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 10 เป็นขาที่มีสัญญาณเป็นสามเหลี่ยม

ขา 11 เป็นขารับไฟควบคุมจากตัวต้านทานตัวที่ 1 เพื่อใช้ควบคุมมุมทริก

ขา 14,15 เป็นขาสัญญาณพัลส์เอาท์พุท

ขา 16 เป็นขารับไฟเลี้ยงของ IC 785 ใช้แรงดัน 15 V

R1 เป็นตัวควบคุมแรงดันที่จ่ายให้ขา 11 เพื่อใช้ควบคุมมุมทริก

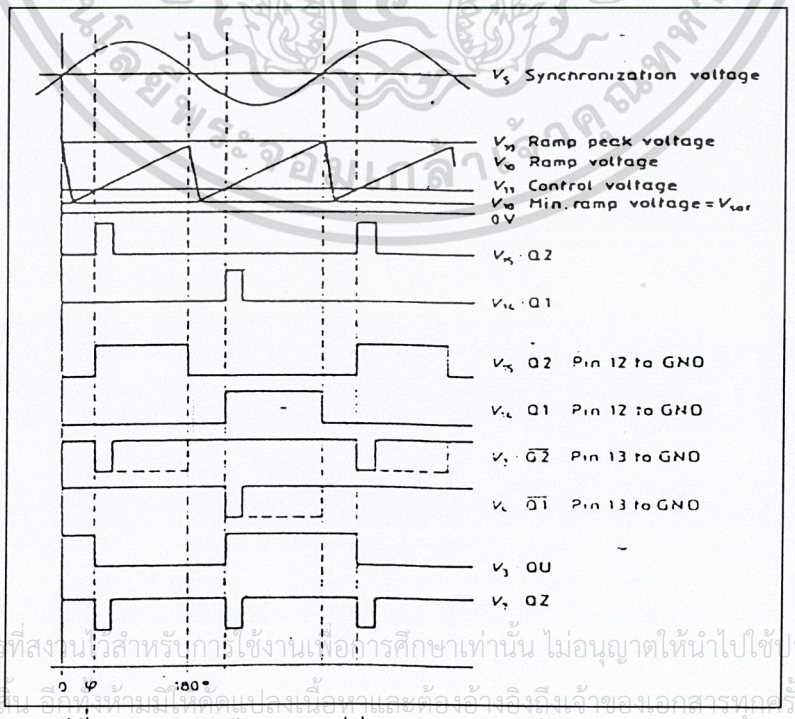
R2 เป็นตัวควบคุมแรงดันที่จ่ายให้ขา 9 เพื่อปรับสัญญาณสามเหลี่ยมที่ขา 10 มีความชันตามความต้องการ

C1 เป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ ซึ่งถ้าต้องการเปลี่ยนขนาดความกว้างของพัลส์ก็จะทำได้ โดยการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์ที่1

C3,C4,C5 เป็นตัวลดสัญญาณการรบกวน

D1,D2 เป็นตัวรักษาระดับแรงดันระหว่างขา 1 และขา 5 ให้ได้ประมาณ 0.6V

สำหรับขา 6 คือขาอินหิบิท(INHIBIT) สำหรับกำหนดรูปแบบของสัญญาณเอาท์พุท และใช้เป็นสวิทช์ ON-OFFการทริกเกอร์ในการควบคุมเอสซีอาร์นั่น ความกว้างของพัลส์ในสัญญาณทริกจะต้องมีระยะเวลานานจนกระทั่งกระแสที่ผ่านเอสซีอาร์ มากกว่ากระแสค้าง ถ้าสัญญาณทริกสิ้นสุดก่อนที่กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์จะน้อยกว่ากระแสค้างจะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส เมื่อสัญญาณทริกสิ้นสุดลง ซึ่งสัญญาณที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับโหลดว่าเป็นโหลดชนิดใดดังแสดงในรูปที่ 2.30

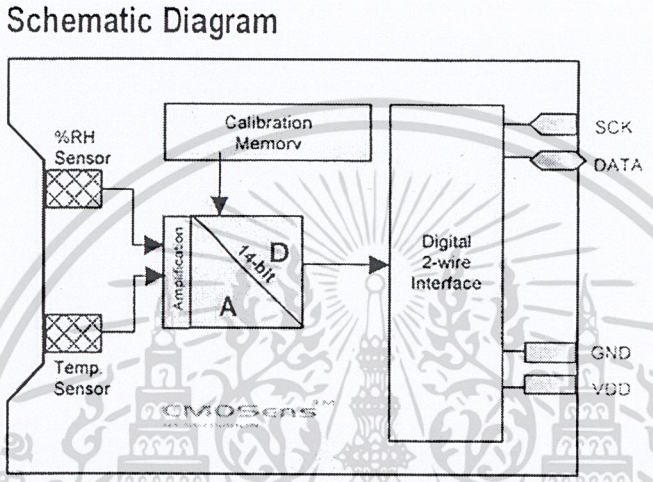


รูปที่ 2.30 แสดงสัญญาณรูปต่างๆตามตำแหน่งขา IC TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 เซนเซอร์ความชื้น

เซนเซอร์ความชื้นที่ใช้จะทำมาจาก เซมิคอนดักเตอร์ เบอร์ SHT11 ของบริษัท SENSION,Switzerland ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ ±3.5 %RH สำหรับการอ่านค่าความชื้นจากตัว SHT11 จะติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ภายนอกแบบ I^2C

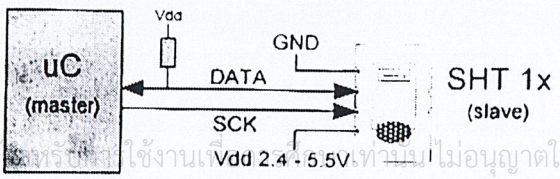


รูปที่2.31 แสดงโครงสร้างภายในของ SHT11

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4-5.5V
5-8	Nc	Do not connect pins on right side

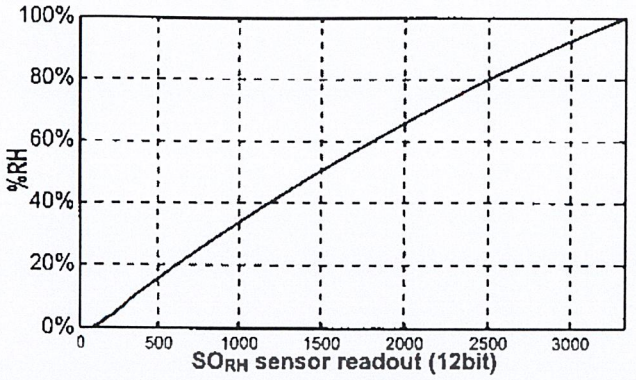
ตารางที่ 2.16 แสดงการทำงานของขา SHT11

2.12.1 การต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.32 แสดงการต่อ SHT11 เพื่อใช้งาน



รูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดิจิตอล กับ ความชื้นสัมพัทธ์

2.12.2 สูตรแสดงการคำนวณ ค่าความชื้น

$RH_{linear}=c_1+(c_2*SO_{RH})+(c_3*SO_{RH}^2)$

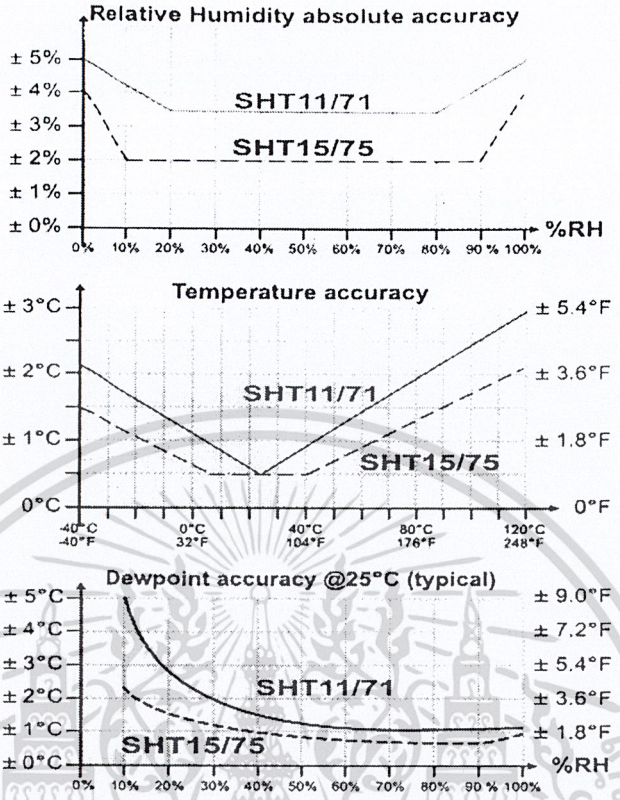
$c_1=-4$ $c_2=0.0404$ $c_3=-2.8*10^{-6}$ for 12bit SO_{RH}

$c_1=-4$ $c_2=.648$ $c_3=-7.2*10^{-6}$ for 8bit SO_{RH}

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	<1(5)		±3(5)	% 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
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Accuracy		see figure 1			
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

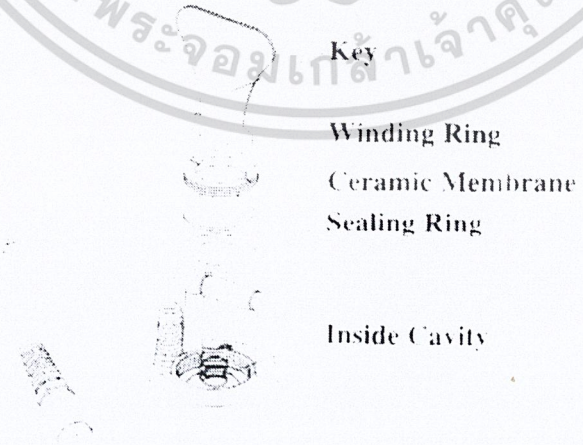
ตารางที่ 2.17 แสดงค่าพารามิเตอร์ของ SHT11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 แสดงค่าความผิดพลาดเมื่อเทียบกับเบอร์อื่นๆ

2.13 ชุดสร้างความชื้น



รูปที่ 2.35 แสดงส่วนประกอบของชุดสร้างความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1 หลักการทำงานของชุดสร้างความชื้น

การทำงานจะผลิตความถี่อัลตร้าโซนิก โดยที่แผ่นเซรามิกจะเปลี่ยนความถี่ทางไฟฟ้าให้เป็นความถี่ทางกล ซึ่งจะสร้างหมอกและสเปรย์น้ำ ที่ความถี่นี้จะผลิตไอออนลบ ซึ่งจะช่วยให้อากาศสดชื่นและหมอกจะช่วยเพิ่มความชื้นภายในห้อง

เพื่อความปลอดภัยควรอ่านเงื่อนไขในการทำงานก่อน

1. ใช้ในห้องปิด ห้ามใช้ในที่โล่ง
2. ใช้หม้อแปลงในการจ่ายพลังงาน
3. อย่าสัมผัสแผ่นเซรามิก ของตัวผลิตหมอกในขณะทำงาน
4. อย่าเปิด/ปิดสวิทช์ของตัวผลิตหมอกในขณะเคลื่อนย้าย
5. ปิดสวิทช์ก่อนการเคลื่อนย้ายหรือซ่อมแซม
6. อย่านำแหล่งจ่ายไฟไปไว้ในที่เปียกหรือมีความชื้น
7. อย่าให้จุดต่อไฟหรือปลั๊กอยู่ในที่เปียก
8. อย่าบรรจุตัวผลิตหมอกในกล่อง,แก้ว หรือภาชนะที่ปิดกลั้นหมอกที่ผลิตออกมา น้ำจะช่วยระบายความร้อนให้ตัวผลิตหมอกได้ดี

ข้อแนะนำในการใช้งาน

1. ใส่ตัวผลิตหมอกในภาชนะที่น้ำบรรจุอยู่ ขนาดของภาชนะไม่มีความสำคัญต่อการทำงานของตัวผลิตหมอก ถ้าเป็นไปได้ควรให้น้ำสูงกว่า แผ่นเซรามิก ประมาณ 40 มิลลิเมตร (ถ้ามีน้ำน้อยเกินไป อาจจะไม่มีหมอกเกิดขึ้น)
2. ทำการต่อสายไฟจากตัวเครื่องเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ
3. เสียบปลั๊กไฟของแหล่งจ่ายไฟเข้ากับไฟกระแสสลับเมื่อหลอดไฟสีแดงติดแสดงว่าอยู่ในสภาวะทำงานเมื่อถึงขั้นตอนนี้แล้วจะเริ่มกระบวนการสร้างความชื้น

คำแนะนำทั่วไปสำหรับผู้ใช้ทั่วไป

1. ไม่ควรเปิดเครื่องใช้งานเกิน 8 ชม./วัน ทำการต่อสายไฟเข้ากับตัวจับเวลา (Timer) เมื่อต้องการที่จะใช้งานเท่านั้น
2. เครื่องทำหมอกขณะทำงานจะทำหน้าที่กระจายไอน้ำขนาดเล็ก ควรหลีกเลี่ยงการใส่น้ำเข้าไปในเครื่องมากเกินไป เพราะจะทำให้น้ำกระเซ็นออกมานอกภาชนะ อาจเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ หรือทำให้พื้นลื่น
3. ควรใช้น้ำที่มีความสะอาดถ้าน้ำสกปรกควรเปลี่ยนน้ำใหม่
4. ไม่ควรใช้วัสดุที่มีความหยาบและแข็งทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องทำหมอกควรใช้ผ้านุ่มๆเช็ดทำความสะอาดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำรุงและการเปลี่ยนแผ่นเซรามิก

1.หลังจากสิ้นสุดการทำงานของเครื่อง พบว่าการผลิตไอน้ำมีค่าลดน้อยลงกว่าเดิมควรจะหยุดการทำงานทั้งหมดชั่วคราวเพื่อทำความสะอาดแผ่นเซรามิก หรือทำการเปลี่ยนตัวแผ่นเซรามิก ทำการเช็ด แผ่นเซรามิก และ O – ring ให้แห้งก่อนที่จะเปลี่ยนลงแทนตัวเดิมที่เปลี่ยนออก ทำการขันสกรูให้แน่น ถ้าการทำหมอกไม่เหมือนเดิมอีก ให้ทำการเปลี่ยนตัวใหม่เข้าไปแทนอีก การเปลี่ยนแผ่นเซรามิก มีขั้นตอนดังนี้

a. ถอดปลั๊กแล้วเอาน้ำออกให้หมด
b. ใช้ Key (ดังรูป) เป็นตัวหมุน (Winding Ring) หมุนตามเข็มนาฬิกา
c. ถอดเอาตัวเซรามิก และตัว Sealing Ring ออก
d. ทำความสะอาดแผ่นหน้าตัวแผ่นเซรามิกด้วยผ้านิ่มๆหรือจะเปลี่ยนตัวแผ่นเซรามิกใหม่
e. ภายในของเครื่องทำหมอกจะต้องแห้งเสียก่อนจึงจะทำการประกอบเข้าใช้งาน

2.13.2 ปัจจัยในการทำงานของเครื่องสร้างความชื้น

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 24 โวลท์

กระแสน้อยกว่า 0.8 แอมป์

อุณหภูมิที่ใช้ +5~40องซาเซลเซียส

สามารถทำงานได้ 80 มิลลิลิตรต่อชั่ว

ความลึกของน้ำ 50~60มิลลิเมตร

ความยาวสายไฟ 1.8 เมตร

คุณสมบัติของหม้อแปลง

แรงดังไฟฟ้าด้านอินพุต กระแสสลับ 220~240 โวลท์ 50 เฮิร์ทหรือ 110~120 โวลท์ 60 เฮิร์ท

กำลังที่จ่าย 20 วัตต์

แรงดันเอาท์พุต 24 โวลท์

กระแส 0.8 แอมป์

2.14 รายละเอียดของบอร์ด ANT-32

-เป็นบอร์ดคอนโทรลเลอร์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 (8031/8032)ใช้กับเบอร์ 80C32 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz

-ใช้งานหน่วยความจำบนบอร์ดได้ 3 ตำแหน่งด้วยกันคือ

U2 เป็นหน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory) ใช้กับ EPROM ขนาด 8-32 Kbyte เบอร์ 2764,27128 หรือ 27256

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U3 เป็นหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)ใช้กับแรม ขนาด 8 Kbyte เบอร์ 6264 หรือ32 Kbyte เบอร์ 62256 สามารถแบคอัพข้อมูลโดยใช้แบตเตอรี่ลิเธี่ยม

U4 เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูล (Program and Data Memory)ใช้กับ EPROM,RAM หรือ EPROM ขนาด 8-32 Kbyte โดยใช้ EPROM เบอร์ 2764, 27256ใช้แรมเบอร์ 6264,62256 หรือ EPROM เบอร์2864(A),28256(A)

-มีพอร์ต I/O เบอร์ 8255 จำนวน 2ตัว (48 บิท) สำหรับการต่อใช้งานภายนอก

-มีพอร์ต LCD สำหรับการต่อใช่งานกับ LCD แบบ DOT MATRIX

-มีวงจร RTC (Real Time Clock) ใช้ชิพเบอร์ DS1302

0000H	**U2(0000H-7FFFH)** **CODE PROGRAM** EPROM 2764 27128 27256	**U3(0000H-7FFFH)** **DATA MEMORY** RAM(backup) 6264 62256
8000H	**U4(8000H-F7FFH) CODE AND DATA MEMORY** EPROM EEPROM RAM 2764 2864 6264 27256 28256 62256	
F800H	U10(F800H-F9FFH) 8255 USER PORT1	
FA00H	**(FA00H-FBFF) LCD PORT**	
FC00H	**U10(FC00H-FDFFH) 8255 USER PORT2**	

ตารางที่ 2.18 แสดง MEMORY MAP ของบอร์ด ANT-32

2.15 ปัจจัยในการฟักประกอบด้วย

2.15.1 อุณหภูมิ(Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการฟักไข่ อุณหภูมิฟักที่เหมาะสมมีความแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในตัวสัตว์นั้นๆ ขนาดไข่ ความพรุนของเปลือกไข่ และระยะเวลาในการฟักไข่ อุณหภูมิฟักแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือระยะ 18 วันแรก ใช้อุณหภูมิ 99.5-100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

°ฟ และระยะ 3 วันหลังใช้อุณหภูมิ 99-99.5°ฟ อุณหภูมิในฟองไข่ใหม่จะแปรผันไปตามอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม ในขณะตัวอ่อนภายในไข่ฟักกำลังพัฒนามีความร้อนเกิดขึ้นภายในฟองไข่ ดังนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ฟักไม่ให้สูงเกิน โดยเพิ่มการระบายอากาศ และถ้าสามารถนำประโยชน์ขอองความร้อนจากไข่ฟักมาร่วมกับการใช้ความร้อนจากตู้ฟัก จะช่วยประหยัดกระแสไฟฟ้าได้ การควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอจะต้องควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตุ้ฟัก ถ้ามีการการหมุนเวียนของอากาศมากเกินไปจะทำให้อุณหภูมิภายในตู้ฟักลดลงและยังมีผลต่อความชื้นและการระเหยของน้ำในตู้ฟักอีกด้วย

2.15.2 ความชื้น(Humidity)

ในการเจริญขอตัวอ่อนจำเป็นต้องได้รับความชื้นที่เหมาะสม เพื่อทำให้กระบวนการต่างๆ ดำเนินไปตามปกติ ไข่จะสูญเสียความชื้นตลอดเวลาในการฟักอัตราการสูญเสียความชื้นประมาณ 11-13 % การสูญเสียความชื้นจะมากในระยะแรกและจะลดลงเรื่อยๆ และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายของการฟัก ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidy) เป็นเปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิกำหนดโดยทั่วๆ ไปในช่วงครึ่งแรกของการฟักจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 % แต่ในช่วง 3 วันสุดท้ายของการฟักจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-75 % เพื่อลูกไก่สามารถเจาะเข้าเข้าไปในช่องอากาศได้สะดวกและช่วยให้ขนฟูเมื่อฟักออกมา ซึ่งการระเหยของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณของผิวน้ำ ลมที่พัดผ่าน อุณหภูมิและการอิ่มตัวของน้ำในอากาศในระยะการฟัก ดังนั้นในระหว่างการฟักจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นที่เหมาะสม

2.15.3 การถ่ายเทอากาศในตู้ฟัก

ปริมาณของอากาศและอัตราการไหลเวียนของอากาศในตู้ฟักจะต้องเหมาะสม ปริมาณของอากาศทีเปลี่ยนแปลงในตุ้ฟักไข่นั้นถูกควบคุมโดยตำแหน่งของรูอากาศในตู้
ฟักซึ่งสามารถปรับขนาดได้ตามต้องการ ความต้องการอากาศจะมาขึ้นในช่วงท้ายๆ ของการฟัก โดยในระยะแรกของการฟัก การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นน้อย แต่การแลกเปลี่ยนก๊าซจะมากขึ้นเมื่อลูกไก่เจริญมากขึ้น ความเข้มของก๊าซออกซิเจนในอากาศบริสุทธิ์มีค่าประมาณ 20 % ซึ่งถ้ามีความเข้มของก๊าซออกซิเจนลดลง 17 % จะมีผลทำให้การ ฟักออกน้อยลง ส่วนความเข้มของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมคือ 0.4% ถ้าความเข้มเพิ่มถึง 2% จะมีผลทำให้ตัวอ่อนตายได้ และถ้าจนถึง 5% ตัวอ่อนภายในไข่จะตายหมดดังนั้นในตู้ฟักควรมีการระบายอากาศอย่างเพียงพอ จะทำให้การฟักไข่ได้ผลดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.4 การวางไข่ในตู้ฟัก

โดยธรรมชาติแล้วการเจริญเติบโตของลูกไก่ในฟองไข่นั้น ลูกไก่จะหันด้านป้านขึ้นเสมอ เมื่อไข่ฟักมีอายุมากขึ้น ส่วนหัวและปากของลูกไก่จะอยู่ใกล้ช่องอากาศมากขึ้นจึงควรวางไข่ให้เหมาะสมกับธรรมชาติ

2.15.5 การกลับไข่

โดยธรรมชาติการกกไข่ของแม่ไก่จะมีการกลับไข่เฉลี่ยทุกๆ 35 นาที และถ้าไม่มีการกลับไข่เลยจะทำให้ไข่ฟักไม่ออก ดังนั้นอย่างน้อยที่สุดควรมีการกลับไข่วันละ 3 ครั้ง แต่ตู้ฟักที่มีการกลับไข่แบบอัตโนมัติ ควรตั้งให้กลับไข่ทุกๆ ชั่วโมง การกลับไข่เป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับการฟักไข่ในช่วงแรก และจะหยุดกลับไข่ใน 3 วันสุดท้าย การกลับไข่บ่อยเกินไป ไม่มีผลต่อการฟักออกสูงแต่อย่างใด มุมของการกลับไข่ที่เหมาะสมคือ 45 องศา จากแนวดิ่งกลับไปมา การทำมุมกลับไข่ในระดับอื่นจะมีผลทำให้การฟักออกลดลง

	ไก่	เป็ด	เป็ดเทศ	ห่าน	ไก่งวง	นกกระทา
ระยะการฟักไข่(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(เปอร์เซ็นต์)	59	55-59	55-59	59-75	54-75	54-75
หยุดกลับไข่วันที่	19	25	31	25	25	15
ความชื้นสัมพัทธ์ 3 วันสุดท้าย (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
เปิดช่องอากาศ ¼ ในวันที่	10	12	15	1	14	8
เปิดช่องอากาศอีกครั้งเพื่อควบคุม อุณหภูมิในวันที่	18	25	30	25	25	14

ตารางที่ 2.19 แสดงระยะเวลาการฟักไข่และข้อกำหนดในการปรับตู้ฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Stromberg (1975)

<u>หมายเหตุ</u>

1.ในตารางข้างบนเป็นการปรับอุณหภูมิสำหรับตู้ฟักที่มีพัดลมกวนอากาศ

2. ในการฟักตู้ฟักที่ไม่มีพัดลม ควรเพิ่มอุณหภูมิอีก 2-3 ° ฟ จากระดับที่กำหนดในตาราง

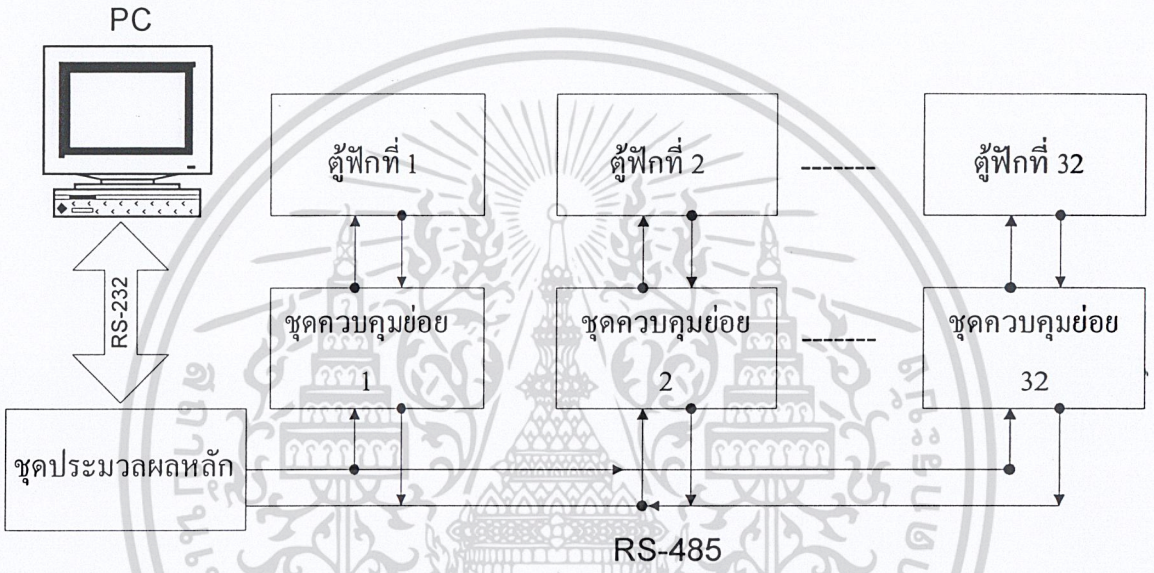
3. การฟักไข่เป็ด จะได้ผลดีในตู้ที่ไม่มีพัดลม

4. การฟักไข่ห่าน จะให้การฟักออกดีควรจุ่มไข่ในน้ำอุ่นวันละ ½ นาที ในช่วงครึ่งหลังของการฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างและการออกแบบระบบ

โครงสร้างของระบบควบคุมเครื่องฟักไข่ที่ได้ออกแบบแบ่งอออกเป็น 2 ส่วน คือ ชุดประมวลผลหลัก และ ชุดควบคุมย่อย สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างกันได้โดยผ่านระบบโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันตามมาตรฐานอาร์เอส 485 ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงระบบควบคุมเครื่องฟักไข่

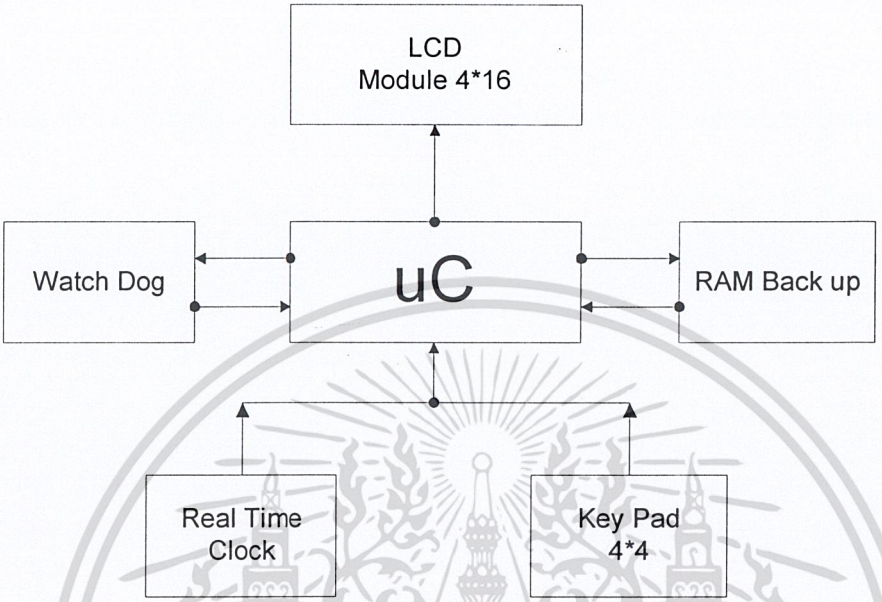
จากรูปเป็นการติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรมระหว่างชุดประมวลผลหลัก กับชุดควบคุมย่อย เป็นการติดต่อสื่อสารผ่านโครงข่ายอาร์เอส 485 สามารถติดต่อกันได้สูงสุด 32 ตัว ส่วนชุดประมวลผลหลักกับคอมพิวเตอร์ติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบ อาร์เอส 232 ซึ่งหน้าที่หลักชุดประมวลผลหลักและชุดควบคุมย่อยมีดังต่อไปนี้คือ

<u>ชุดประมวลผลหลัก</u> มีหน้าที่สั่งงานชุดควบคุมย่อยและติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

<u>ชุดควบคุมย่อย</u> มีหน้าที่ รับคำสั่งจากชุดประมวลผลหลักเพื่อควบคุมการทำงานของตู้ฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

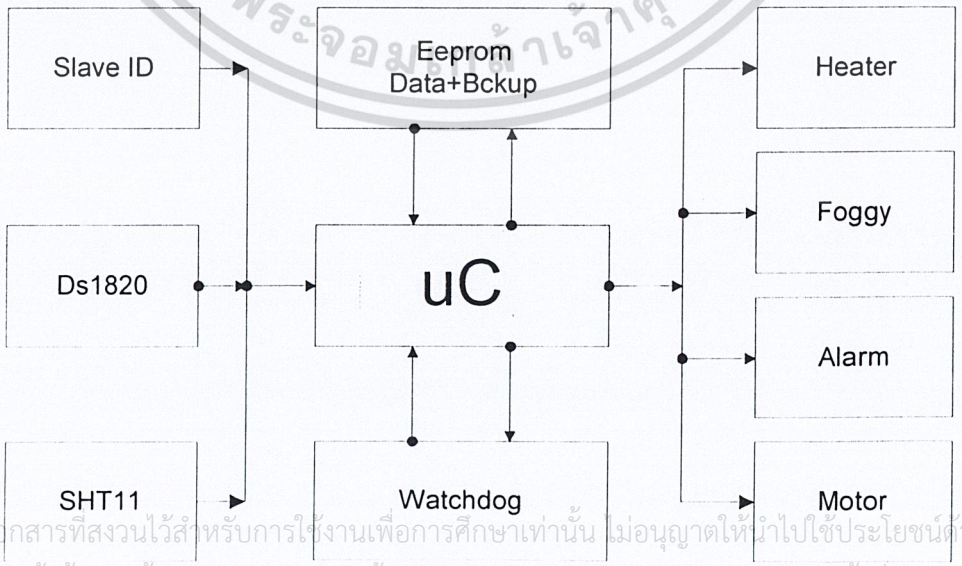
3.1 การออกแบบเครื่องฟักไข่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดประมวลผลหลัก

ชุดประมวลหลักสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้คือ

- ชุดตรวจสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์(Watchdog Timer)
- ส่วนวงจรการสร้างฐานเวลาจริง(Real Time Clock)
- หน่วยสำรองข้อมูล(Data Backup)
- ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน



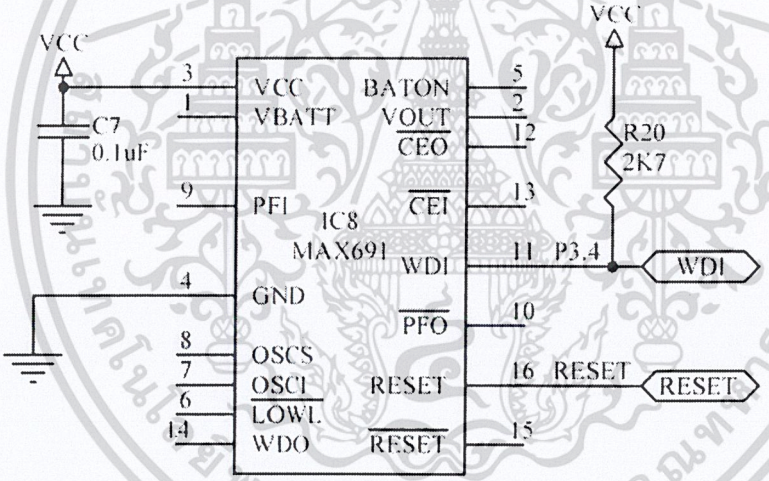
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมย่อย

ชุดควบคุมย่อยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 9 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้คือ

- ส่วนควบคุมขดลวดความร้อน
- ส่วนควบคุมความชื้น
- ส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิ
- ส่วนเซนเซอร์ความชื้นและสร้างความชื้น
- ส่วนที่กำหนดรหัสประจำตู้ฟัก
- ชุดตรวจสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
- ส่วนควบคุมการกลับไข่
- ส่วนแจ้งเตือนผลของค่าพารามิเตอร์ซึ่งเกินจากขอบเขตที่กำหนด

ชุดตรวจสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์



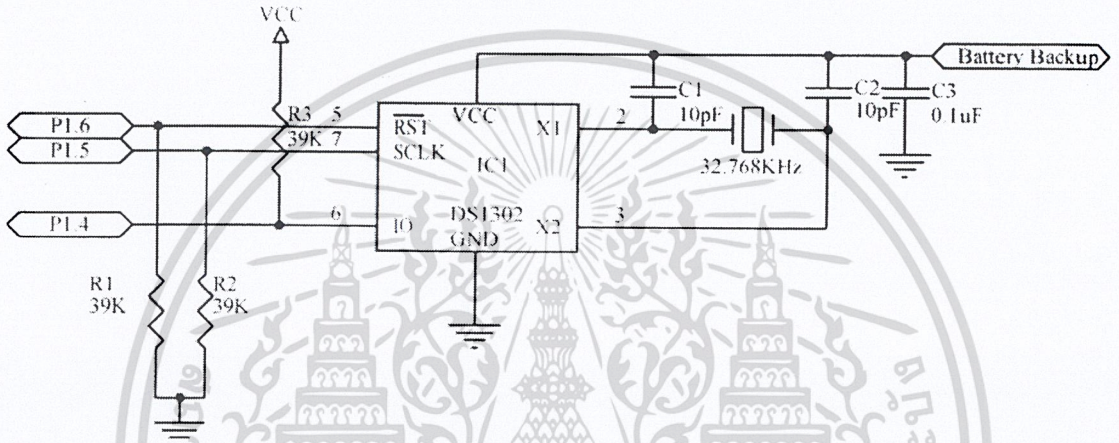
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจสอบการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

หลักการของ Watchdog Timer ก็คือ CPU ต้องส่งสัญญาณไปกระตุ้นที่ขา WDI (Watchdog Input) ของ MAX691 โดยใช้ P1.7 ที่ขา OSC IN และ OSC SEL ของ MAX691 ไม่ได้ต่อใช้งาน CPU ต้องทำการเปลี่ยนสภาวะ(Toggle) ที่ขา WDI ทุกๆ 1.6 วินาที โดยใช้คำสั่ง CPL P1.7 เพื่อให้แน่ใจว่า ซอฟท์แวร์ได้ทำงานอย่างถูกต้อง ถ้าฮาร์ดแวร์หรือซอฟท์แวร์ทำงานผิดพลาด ซึ่งจะมีผลทำให้สภาวะที่ขา WDI ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่กำหนดไว้ MAX691 จะส่งสัญญาณรีเซตเป็นพัลส์บวกที่ขารีเซตกว้าง 50 วินาที เพื่อรีเซตให้ CPU กลับไปทำงานใหม่อีกครั้ง และที่ขารีเซตนี้จะส่งพัลส์รีเซตออกมาทุกๆ 1.6 วินาที จนกว่าจะมีการเปลี่ยนสถานะที่ขา WDI อีกครั้ง

เอกสารนี้ได้รับการสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนวงจรการสร้างฐานเวลาจริง

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



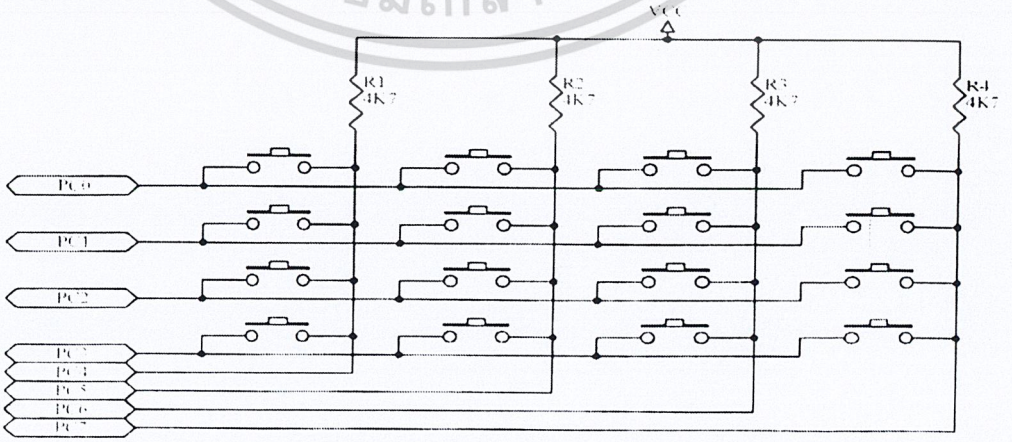
รูปที่ 3.5 วงจรสร้างฐานเวลาจริง

3.1.3 หน่วยสำรองข้อมูล

สำหรับการสำรองข้อมูลกรณีไฟฟ้าเกิดขัดข้องของชุดประมวลผลหลัก จะสำรองข้อมูลไว้ภายในแรม ซึ่งมีแบตเตอรี่ต่ออยู่ตลอดเวลา

3.1.4 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

3.1.4.1 ส่วนอินพุท

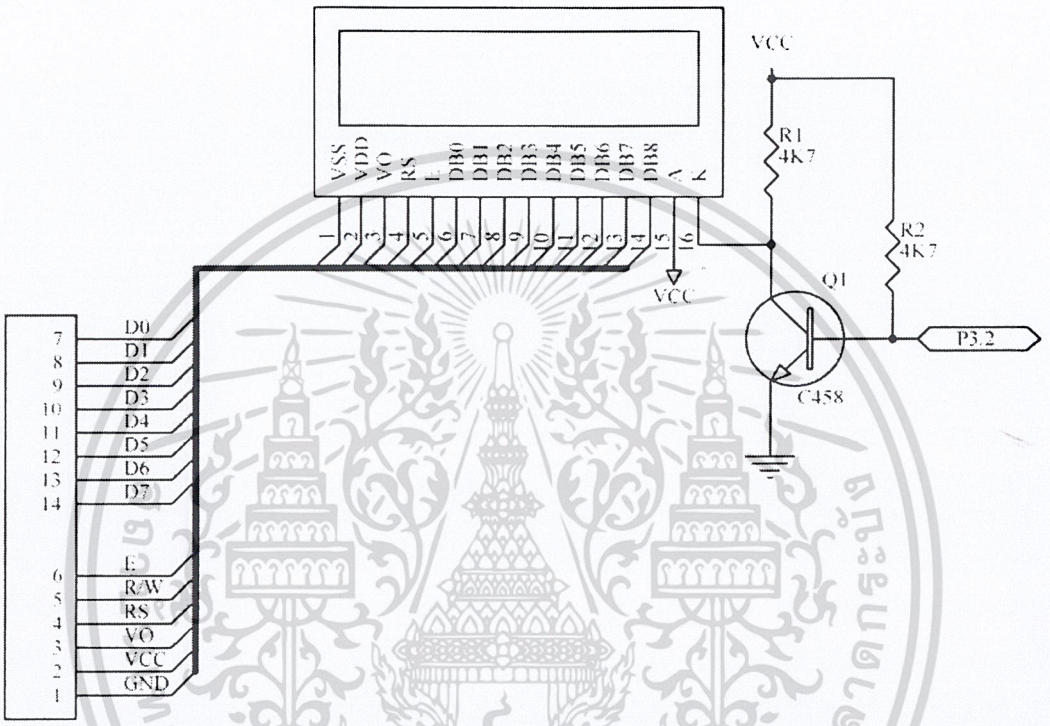


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 วงจรการต่อใช้งานคีย์แพด กับบอร์ด ANT-32

เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการสั่งงานจากผู้ใช้งาน ซึ่งใช้ Keypad แบบ Matrix ขนาด 4*4

3.1.4.2 ส่วนแสดงผล



รูปที่ 3.7 วงจรการต่อใช้งาน LCD กับบอร์ด ANT-32

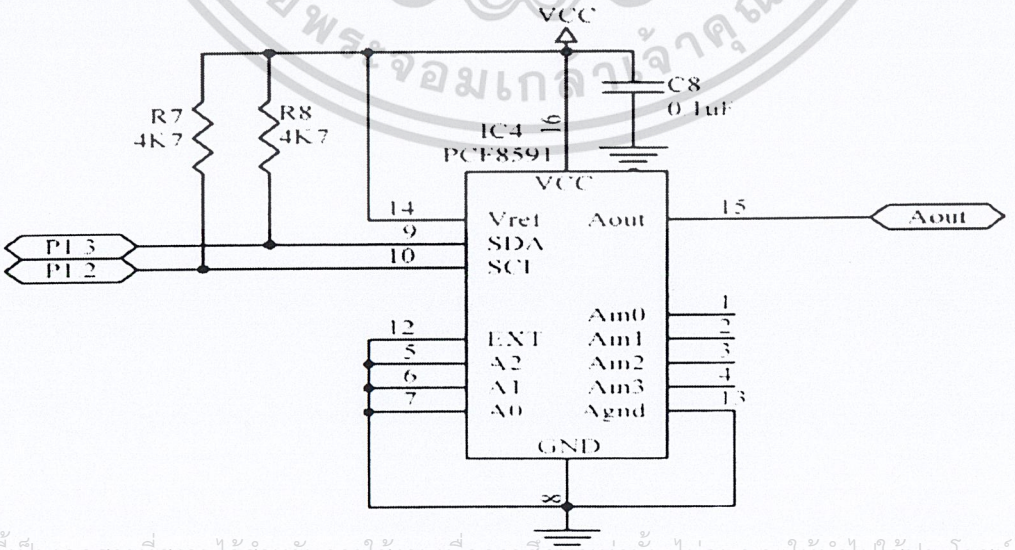
ใช้แอลซีดีเป็นส่วนแสดงผลเป็นแอลวีดีชนิดดอทแมทริกซ์(Dot matrix)มีความต้านทานปรับความมืดสว่างของแอลซีดีจะใช้สัญญาณเชื่อมต่อทั้งหมด 14 เส้น

3.1.5 ส่วนควบคุมขดลวดความร้อน

ส่วนควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราจะใช้ไอซี TCA785 (Phase Control Ics) ซึ่งไอซี TCA 785 นี้ จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่จะไปกระตุ้นไทรีสเตอร์ (ไตรแอก : Triac) ซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณกระตุ้นนี้แสดงดังรูปที่ 5.2 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้คือ นำสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งได้มาจากหม้อแปลง (15 Vac) จะถูกป้อนเข้ามาที่ขา 5 เพื่อที่จะให้ไอซีนำสัญญาณนี้มาสร้างสัญญาณแรมพ์ (Ramp Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะแสดงออกมาที่ขา 10 ซึ่งสัญญาณที่ได้ออกมานี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้ากระแสตรงที่ขา 11 ซึ่งศักดาไฟฟ้านี้จะถูกเรียกว่า ศักดาไฟฟ้าควบคุม (Control Voltage) และจุดที่ศักดาไฟฟ้าควบคุมและสัญญาณแรมพ์ตัดกัน จะทำให้เกิด

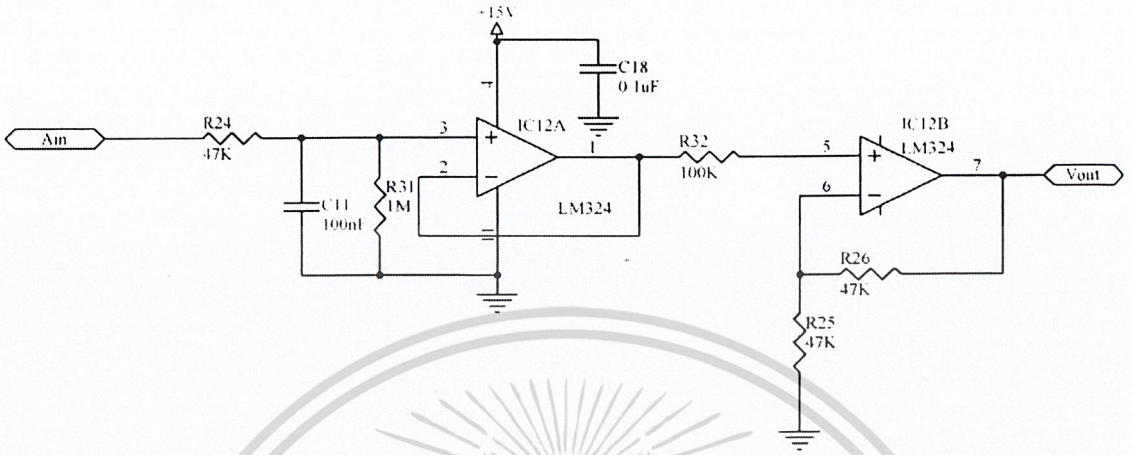
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกระตุ้นออกมาที่ขา 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 ซึ่งเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจรDAC (เบอร์ PCF8591)นั้นจะเป็นกระแส ดังนั้นเราต้องทำการเปลี่ยนจากกระแสให้เป็นแรงดัน โดยใช้Op-Amp (LM 324) ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ 0-5 โวลท์แต่ในการควบคุมขดลวดความร้อนนั้นเราจะใช้แรงดันตั้งแต่ 0-10 โวลท์ ซึ่งเราจะต้องทำการขยายแรงดันที่ออกมา โดยใช้Op-Amp มาต่อแบบ Noninverting ซึ่งมีอัตราขยาย 2 เท่า เอาท์พุทที่ได้นั้นจะถูกต่อไปยังขา 11 ของ TCA 785 ดังแสดงดังรูปที่5.3 เราสามารถที่จะปรับสัญญาณแรมพ์นี้ได้โดยปรับความต้านทานที่ขา 9 ของไอซี TCA 785 เนื่องจากการควบคุมขดลวดความร้อนนี้เราใช้ไอซี TCA 785 ในการสร้างสัญญาณกระตุ้น ทำให้เมื่อนำไปต่อกับอุปกรณ์ไทรีสเตอร์โดยตรงอาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกราวด์ร่วมกันของวงจรแรงดันต่ำกับแรงแรงดันสูง ซึ่งอาจจะทำให้วงจร สร้างสัญญาณกระตุ้นเกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อการป้องกันเราจึงใช้วิธีแยกกราวด์ AC กับ DC ออกจากกันโดยใช้ออฟโตไอโซเลเตอร์ ซึ่งใช้ไอซี MOC 3021 แต่เนื่องจาก เมื่อเราใช้วิธีการแยกกราวด์แบบนี้จึงทำให้สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจากไอซี TCA 785 นั้นไม่สามารถที่จะไปขับ ออฟโตไอโซเลเตอร์ได้เพียงพอ ดังนั้นเราจึงใช้ทรานซิลเตอร์ทำการขยายสัญญาณเพื่อที่จะไปขับออฟโตไอโซเลเตอร์ให้ทำงาน



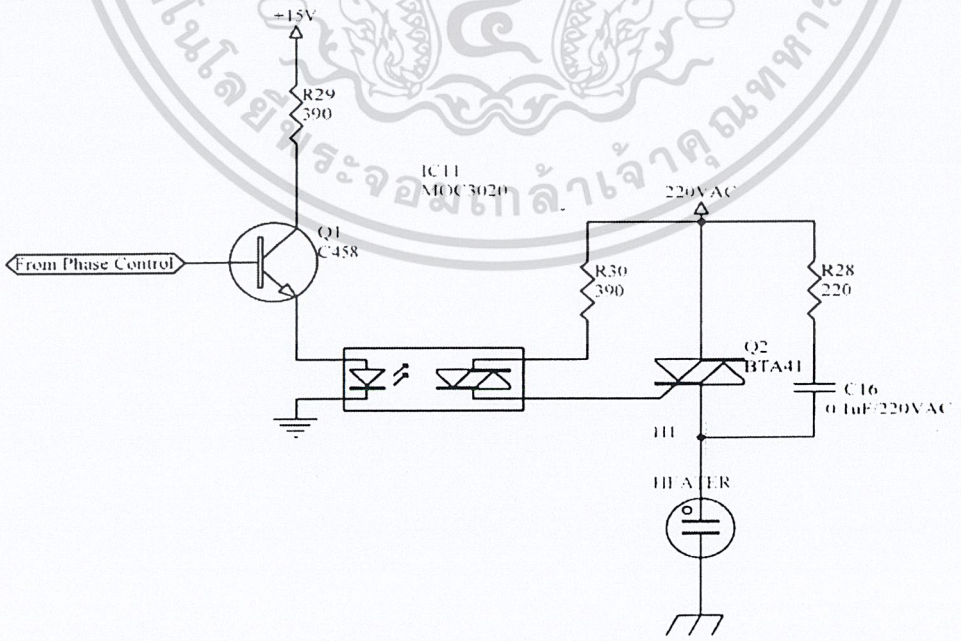
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 วงจร D/A



รูปที่ 3.9 วงจรขยายแรงดัน 2 เท่า

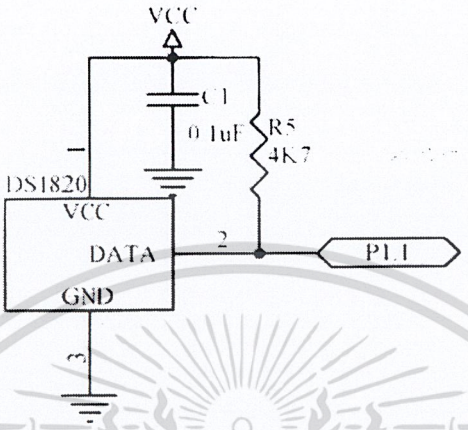
ทางด้านการควบคุมโหลดทางเอาท์พุทนั้น เราจะใช้ไตรแอกในการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนโดยที่ไดแอก(Diac) ที่อยู่ภายในไอซี MOC 3021 นั้นจะเป็นตัวกระตุ้นกระแสที่ให้ไตรแอก โดยจะมี R9 และ R10 เป็นตัวกำหนดกระแสร่วมกับไดแอก(Diac) ส่วน R11 และC4 จะทำหน้าที่เป็นวงจรสนับเบอร์ (Snubber) ดังแสดงในรูปที่ 3.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.10 วงจรแยกกราวด์และวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดความร้อน

3.1.5 ส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิ



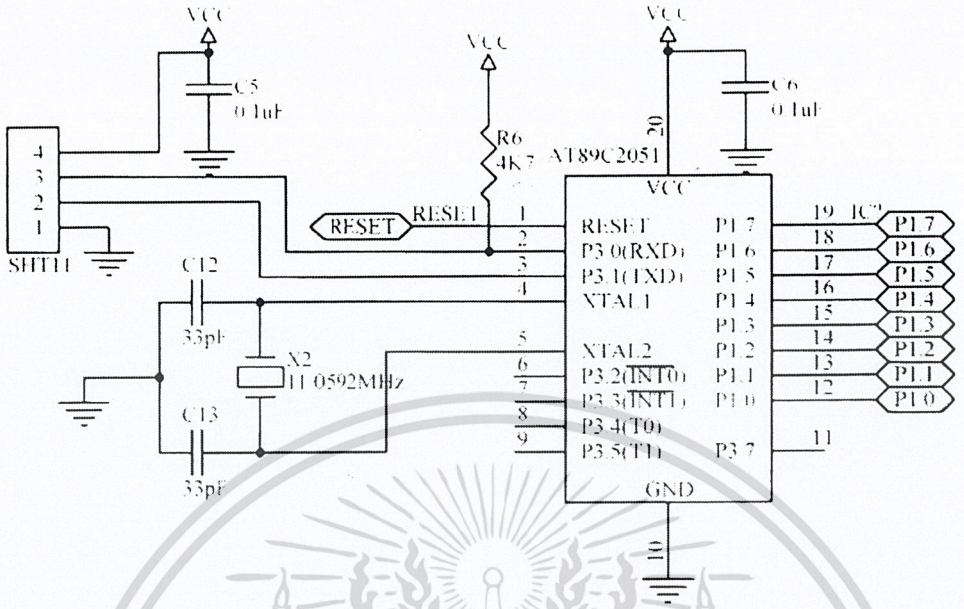
รูปที่ 3.11 วงจรการต่อใช้งานเซนเซอร์อุณหภูมิ

เป็นส่วนตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ(IC1*Wire* ™ Digital Thermometer: DS1802) ซึ่งจะใช้ตัวถังของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ และส่งข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมขดลวดความร้อน

3.1.6 ส่วนเซนเซอร์ความชื้นและสร้างความชื้น

เป็นส่วนที่ตรวจสอบความชื้นโดยใช้ไอซีตรวจจับความชื้นเบอร์ SHT11 ซึ่งจะส่งข้อมูลให้กับคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของชุดสร้างความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรเซนเซอร์ความชื้น

3.1.7 ส่วนที่กำหนดรหัสประจำตู้ฟัก

จะใช้ดิพสวิตช์ในการกำหนดรหัสประจำตู้ฟักแต่ละตู้ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารระหว่างชุดควบคุมย่อยแต่ละตู้กับชุดประมวลผลหลักแยกเป็นอิสระต่อกัน

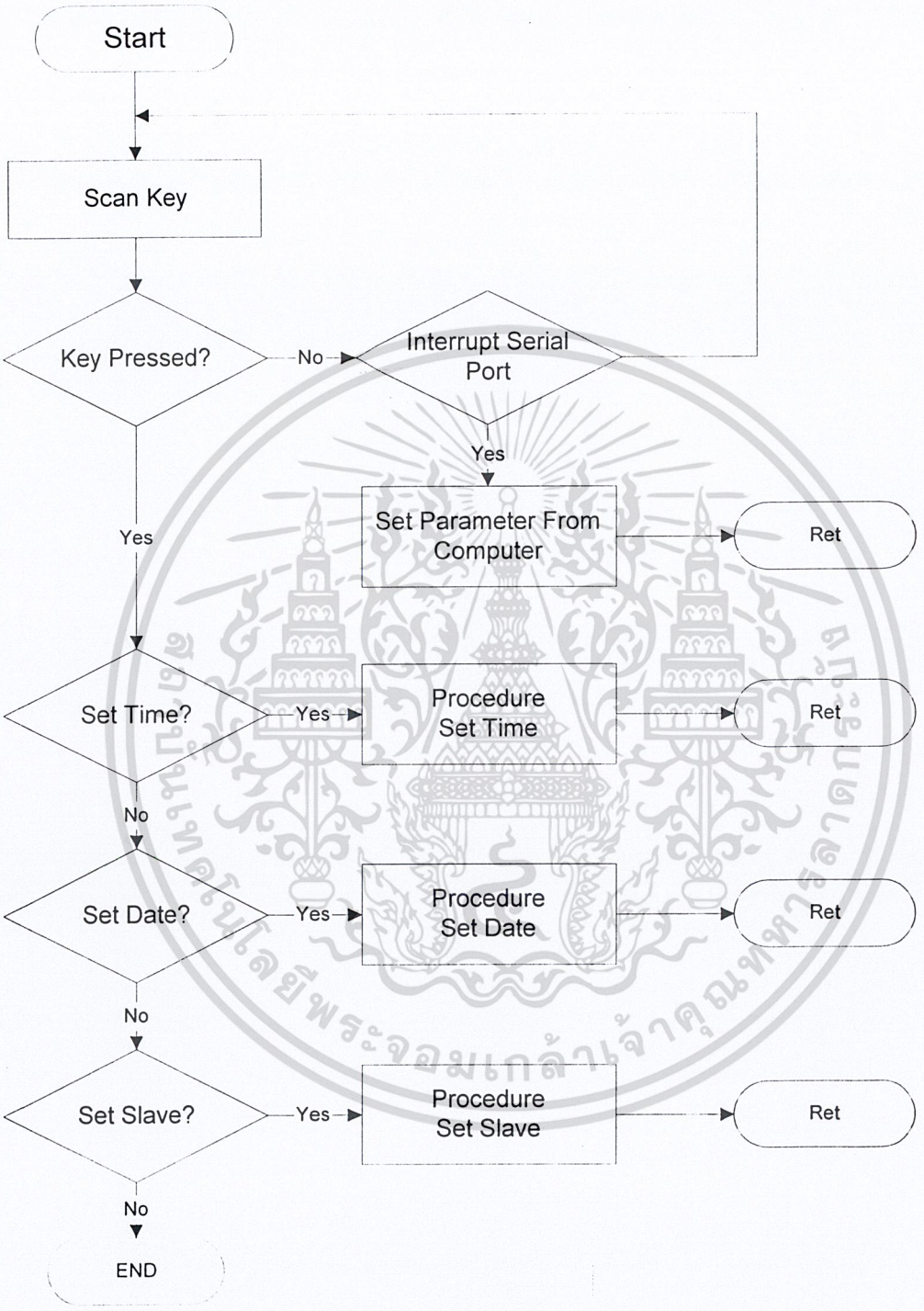
3.1.8 ส่วนควบคุมการกลับไข่

การกลับไข่จะกลับครั้งละ 45 องศา วัดจากแนวดิ่ง ซึ่งใช้มอเตอร์กระแสตรงในการควบคุม มีลิมิตสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่งการกลับไข่ และใช้ฐานเวลาจริงในการตั้งเวลาการกลับไข่

3.1.9 ส่วนแจ้งเตือนผลของค่าพารามิเตอร์ซึ่งเกินจากขอบเขตที่กำหนด

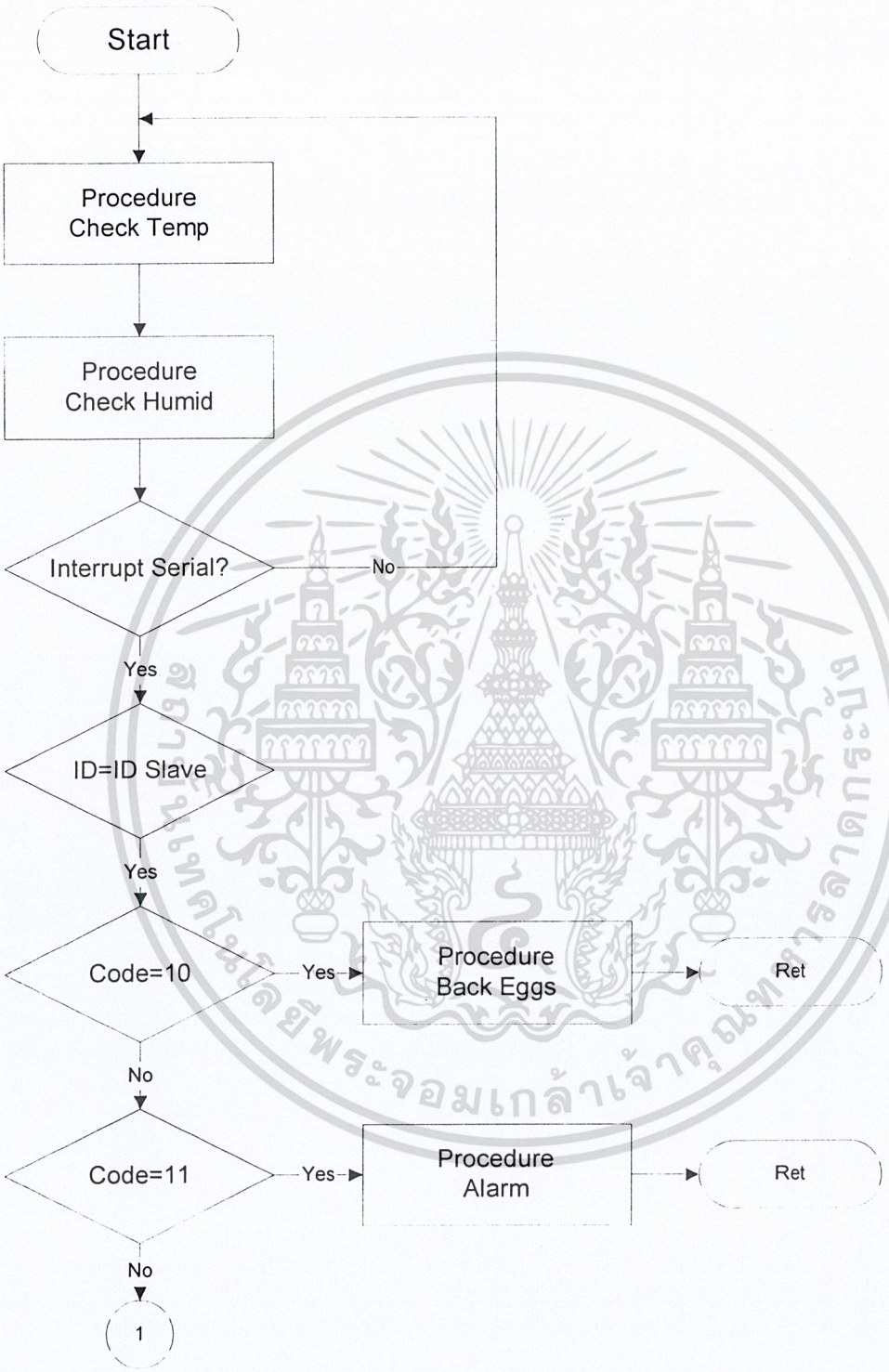
จะใช้หลอดไฟแสดงสภาวะการทำงานผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ภายในตู้ฟัก โดยจะมีสัญญาณไฟติด-ดับ สลับกันเมื่อเกิดอุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้ประมาณ 2 องศาเซลเซียส และสัญญาณไฟจะติดตลอดเมื่อครบกำหนดวันทำการฟัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



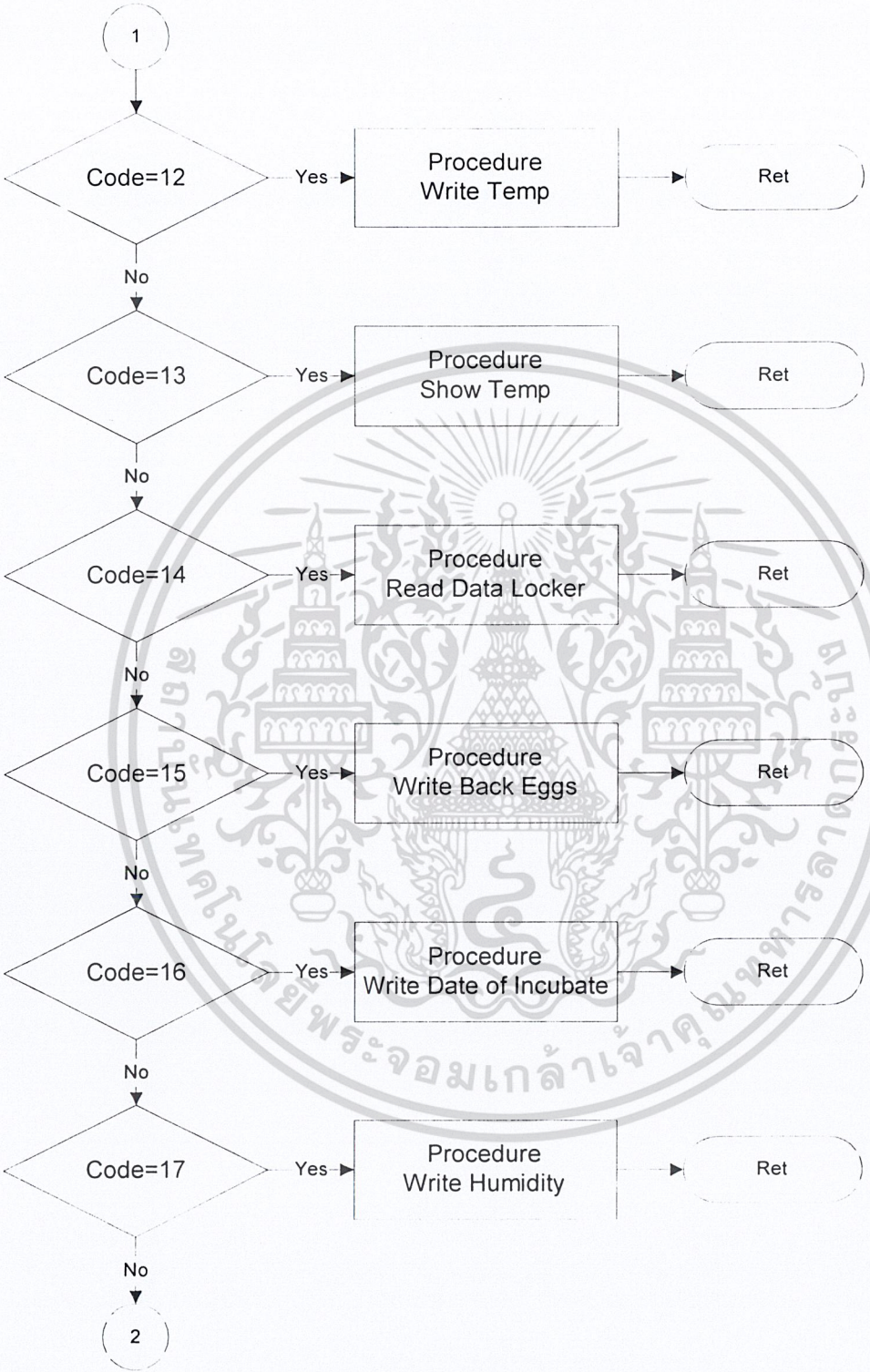
รูปที่ 3.13 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดประมวลผลหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



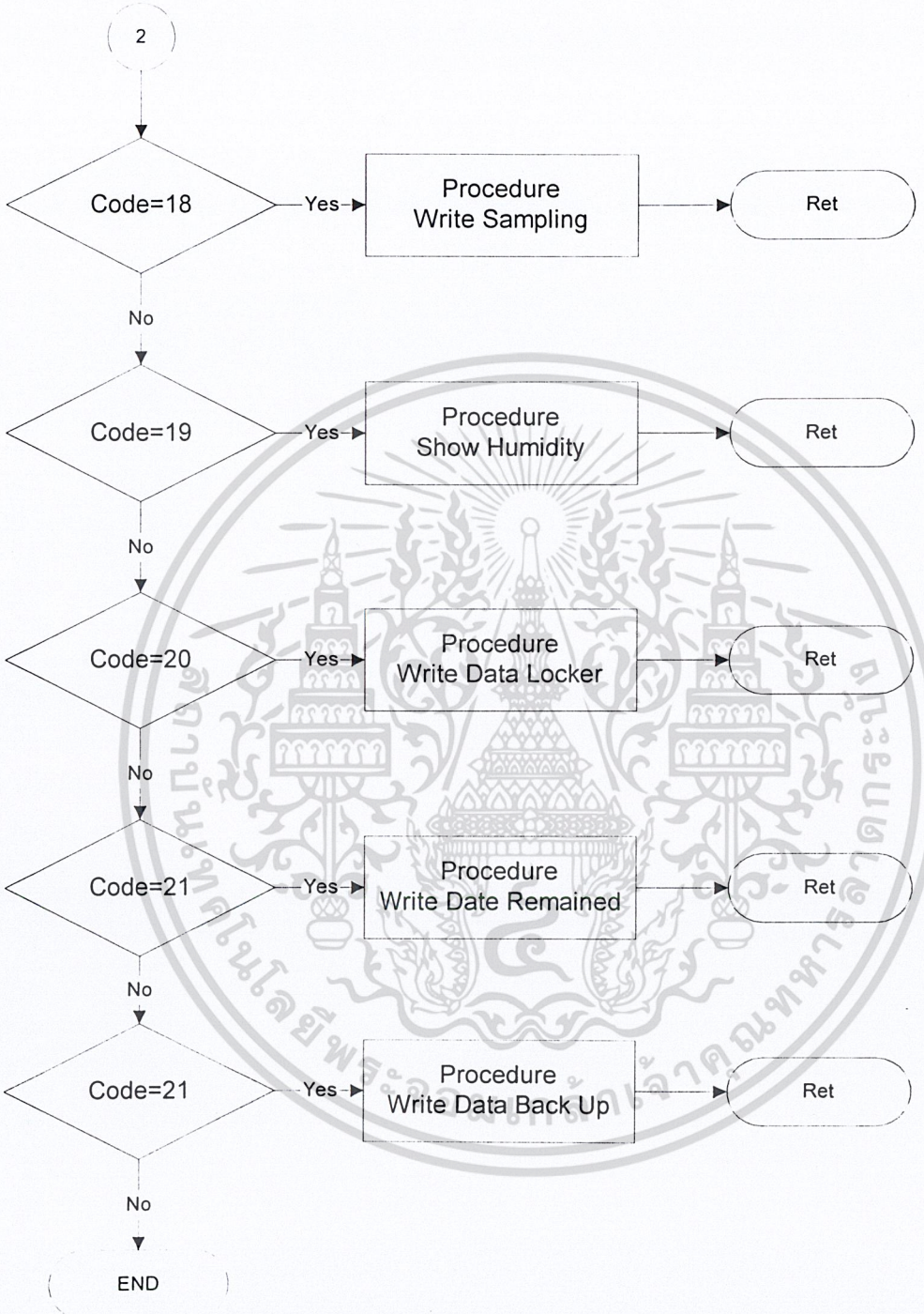
รูปที่ 3.14.1 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



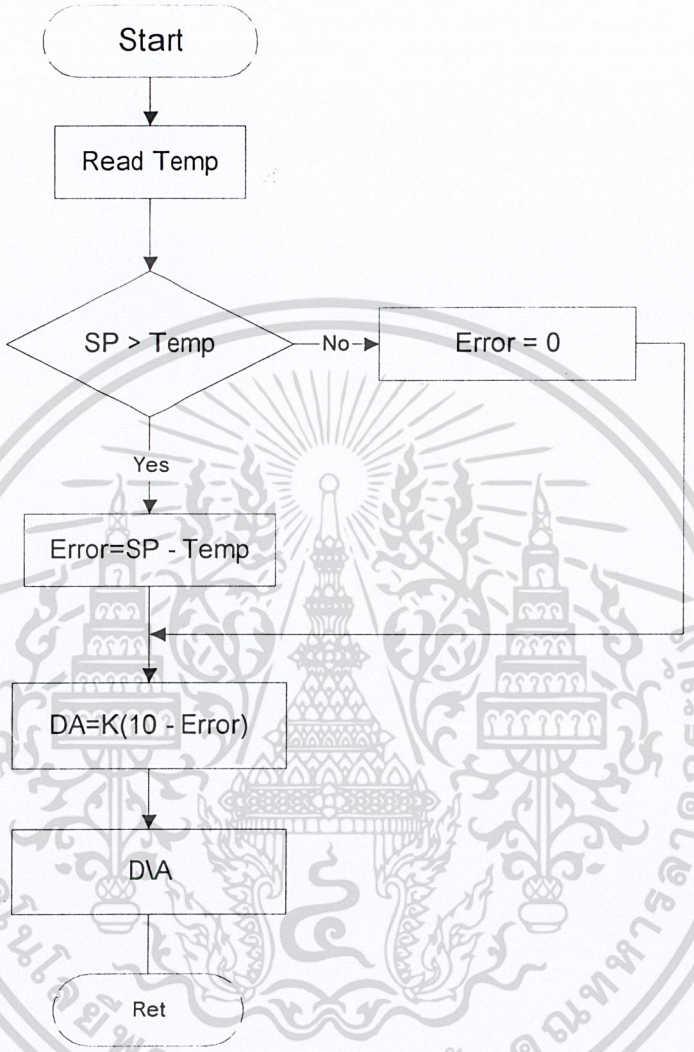
รูปที่ 3.14.2 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



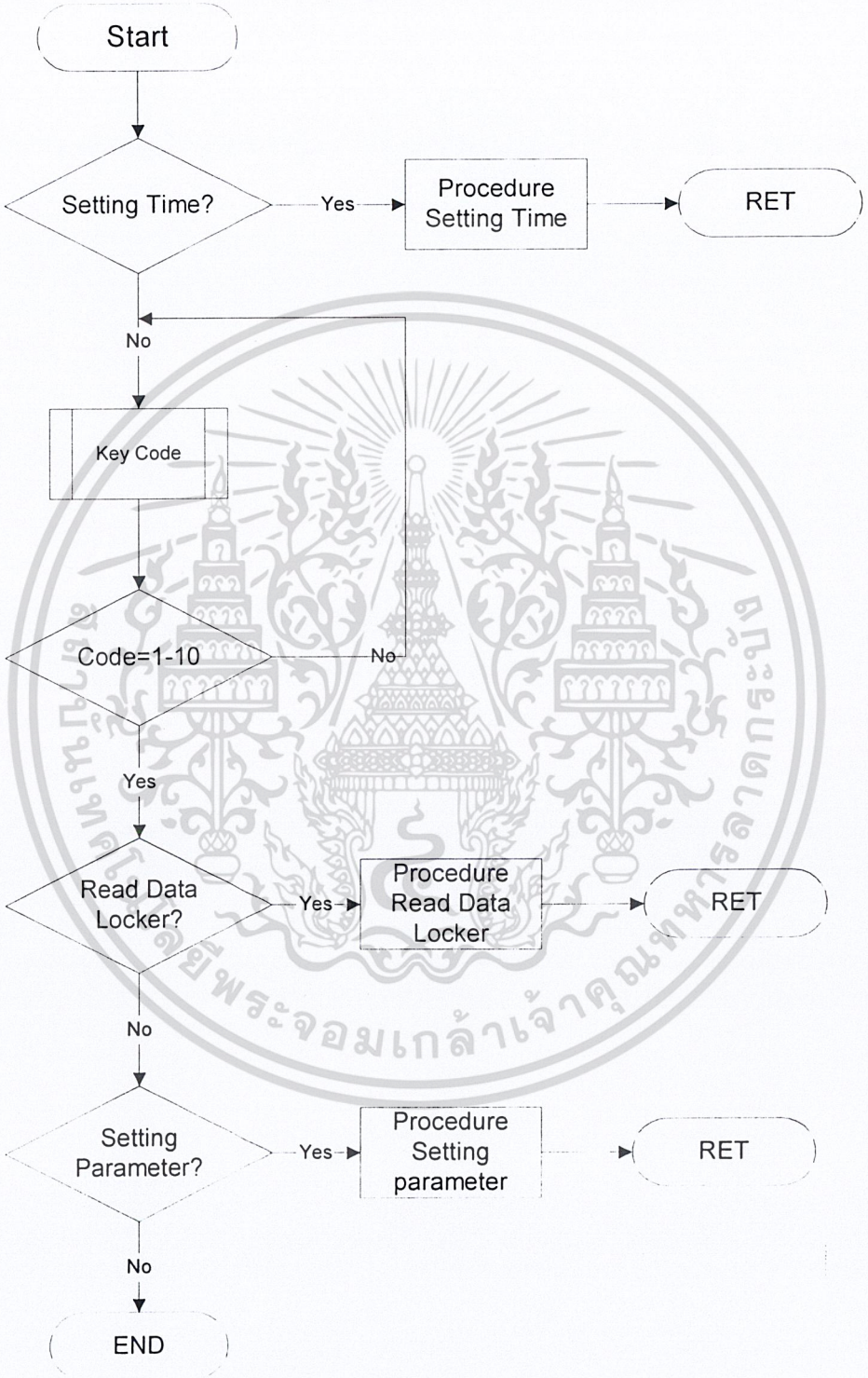
รูปที่ 3.14.3 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงโฟล์วชาร์ตการทำงานของชุดควบคุมความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงโฟล์วชาร์ตส่วนการติดต่อสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

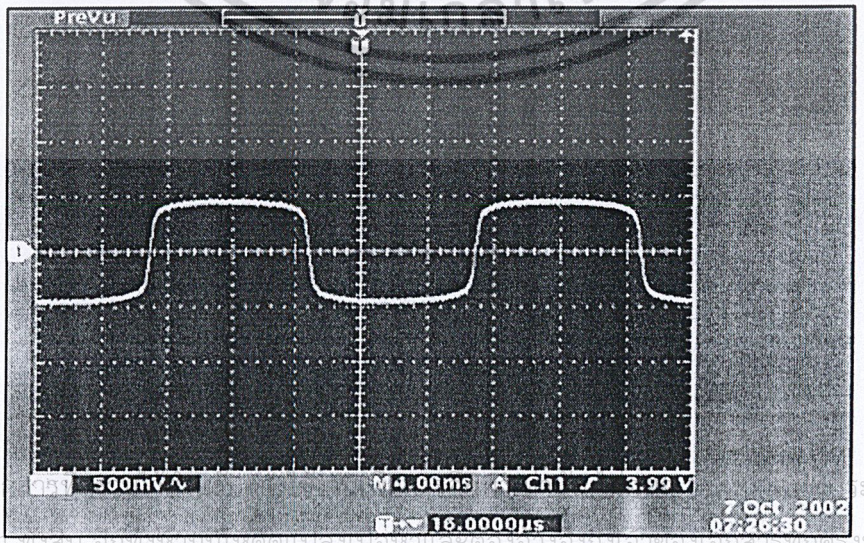
ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

การทดลองควบคุมการจ่ายกำลังงานให้กับขดลวดทำความร้อน

แรงดันที่ออกจาก D/A (V)	แรงดันเมื่อขยาย 2 เท่า (V)	มุมเฟสที่ถูกทริก (องศา)
0.5	1	21.6
1	1.9	36
1.5	2.8	64.8
2	3.8	79.2
2.5	4.8	100.8
3	5.6	122.4
3.5	6.4	144
4	7.6	176.4
4.5	8	180
5	9	180

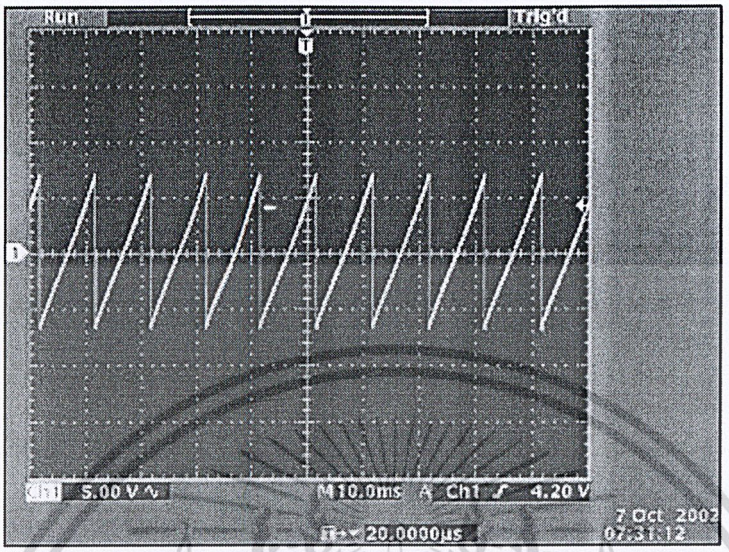
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับมุมเฟสที่ถูกทริกของไอซี TCA785

จากการทดลองจะเห็นว่าค่าแรงดันที่ใช้ควบคุมการทริกของไอซี TCA785 จะอยู่ในช่วง 0-8 V แต่เนื่องจากแรงดันที่ส่งออกมาจาก D/A มีค่า 0-5V จำเป็นจะต้องขนาดแรงดันเป็น 2 เท่าเพื่อควบคุมการทำงานของไอซี TCA785

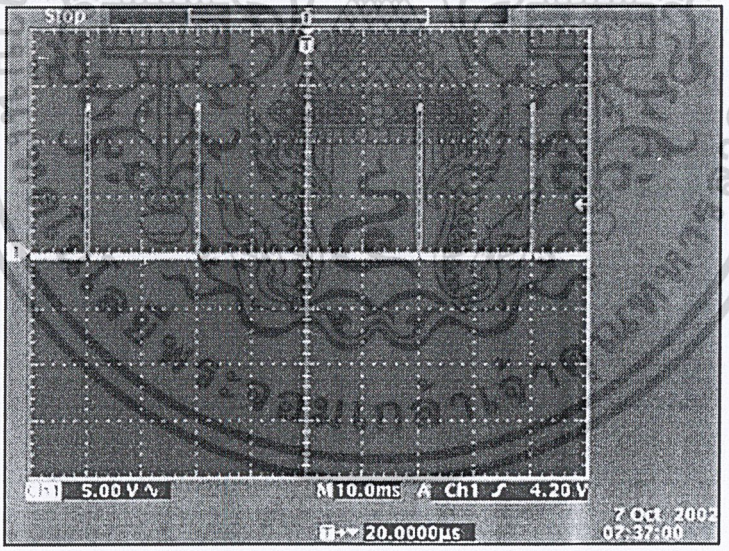


รูปที่4.1 แสดงสัญญาณที่ขา 5 ของไอซี TCA 785

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.2 แสดงสัญญาณที่ขา 10 ของไอซี TCA 785



รูปที่4.3 แสดงสัญญาณที่ขา14 หรือขา 15 ของไอซี TCA 785

4.2 การทดลองเซนเซอร์อุณหภูมิกับเซนเซอร์ความชื้น

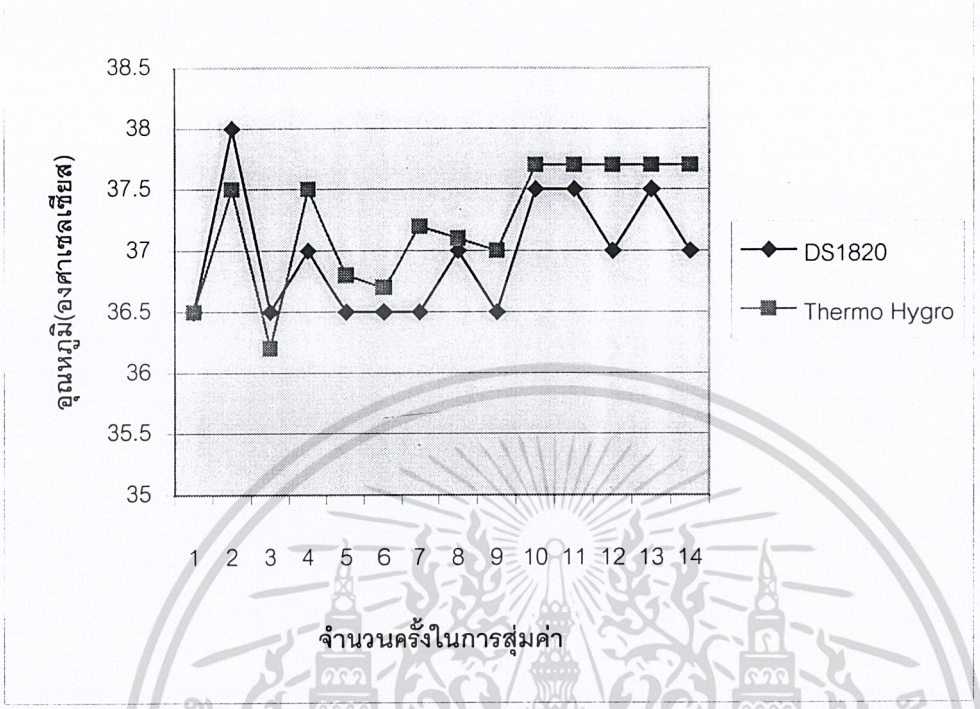
นำ Thermo Hygro วางใกล้ๆกับตัวตรวจจับอุณหภูมิ (DS1820) และตัวตรวจจับความชื้น (SHT11) หลังจากนั้นทำการอ่านค่าที่ Thermo Hygro เป็นหลัก โดยจะอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิและความชื้นตามค่าเวลาที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

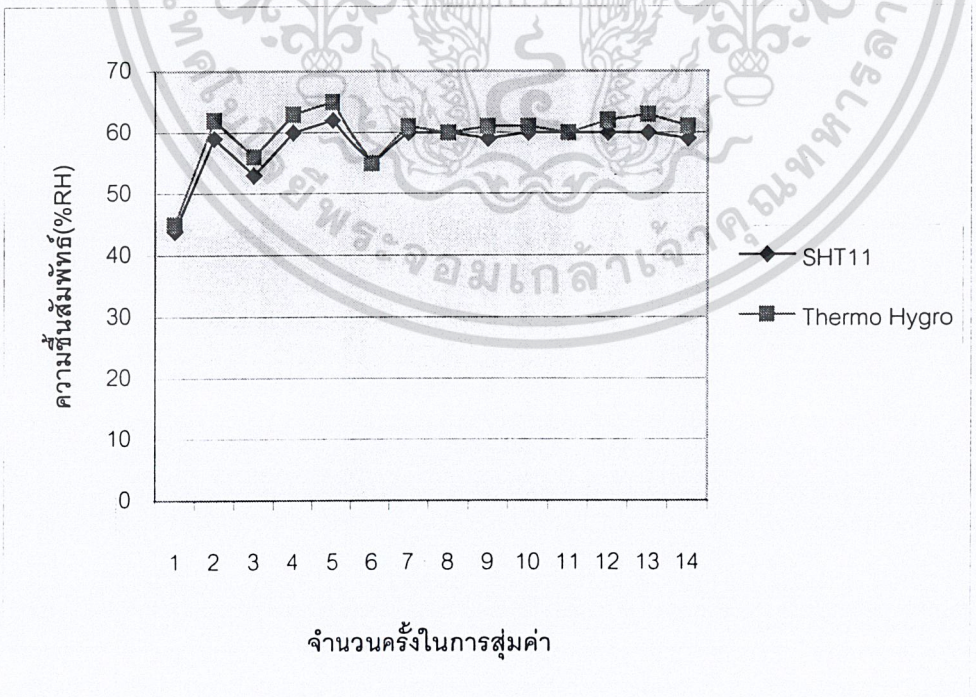
ลำดับที่	เวลา	ทดสอบ		อ้างอิง	
		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์(%RH)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
1	06/03/46 16.22 น.	36.5	44	36.5	45
2	06/03/46 21.23 น.	38	59	37.5	62
3	07/03/46 10.32 น.	36.5	53	36.2	56
4	07/03/46 15.10 น.	37	60	37.5	63
5	08/03/46 11.06 น.	36.5	62	36.8	65
6	08/03/46 19.36 น.	36.5	55	36.7	55
7	09/03/46 12.34 น.	36.5	60	37.2	61
8	09/03/46 19.22 น.	37	60	37.1	60
9	10/03/46 13.02 น.	36.5	59	37	61
10	10/03/46 20.30 น.	37.5	60	37.7	61
11	11/03/46 11.20 น.	37.5	60	37.7	60
12	11/03/46 20.41 น.	37	60	37.7	62
13	12/03/46 10.12 น.	37.5	60	37.7	63
14	13/03/46 14.00 น.	37	59	37.7	61

ตารางที่4.2 แสดงค่าการวัดอุณหภูมิและความชื้นเทียบกับเครื่องมือวัดทดสอบ(Thermo Hygro)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้ระหว่าง DS1820 กับ Thermo Hygro



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นที่วัดได้ระหว่าง SHT11กับ Thermo Hygro

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ให้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	37	60	7:06:05
31	36.5	60	7:36:05
32	36.5	60	8:06:05
33	36.5	59	8:36:05
34	36.5	60	9:06:05
35	36.5	60	9:36:05
36	36.5	59	10:06:05
37	37	60	10:36:05
38	37	60	11:06:05
39	37	60	11:36:05
40	37	60	12:06:05
41	36.5	59	12:36:05
42	37	58	13:06:05
43	36.5	64	13:36:05
44	37	62	14:06:05
45	37	60	14:36:05
46	37	59	15:06:05
47	36.5	65	15:36:05
48	37	63	16:06:05
49	37	60	16:36:05
50	37	59	17:06:05
51	36.5	65	17:36:05
52	37	62	18:06:05
53	37	61	18:36:05
54	37	59	19:06:05
55	37	62	19:36:05
56	36.5	66	20:06:05
57	37	62	20:36:05
58	37	60	21:06:05
59	37	63	21:36:05
60	36.5	67	22:06:05
61	37	62	22:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	37	60	7:06:05
31	36.5	60	7:36:05
32	36.5	60	8:06:05
33	36.5	59	8:36:05
34	36.5	60	9:06:05
35	36.5	60	9:36:05
36	36.5	59	10:06:05
37	37	60	10:36:05
38	37	60	11:06:05
39	37	60	11:36:05
40	37	60	12:06:05
41	36.5	59	12:36:05
42	37	58	13:06:05
43	36.5	64	13:36:05
44	37	62	14:06:05
45	37	60	14:36:05
46	37	59	15:06:05
47	36.5	65	15:36:05
48	37	63	16:06:05
49	37	60	16:36:05
50	37	59	17:06:05
51	36.5	65	17:36:05
52	37	62	18:06:05
53	37	61	18:36:05
54	37	59	19:06:05
55	37	62	19:36:05
56	36.5	66	20:06:05
57	37	62	20:36:05
58	37	60	21:06:05
59	37	63	21:36:05
60	36.5	67	22:06:05
61	37	62	22:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62	37	60	23:06:05
63	37	59	23:36:05
64	37	59	0:06:05
65	36.5	66	0:36:05
66	37	63	1:06:05
67	37	61	1:36:05
68	37	59	2:06:05
69	36.5	67	2:36:05
70	37	61	3:06:05
71	37	60	3:36:05
72	37	62	4:06:05
73	37	61	4:36:05
74	37	63	5:06:05
75	36.5	57	5:36:05
76	36.5	60	6:06:05
77	36.5	59	6:36:05
78	36.5	58	7:06:05
79	36.5	53	7:36:05
80	36.5	41	8:06:05
81	36.5	38	8:36:05
82	36.5	37	9:06:05
83	36.5	37	9:36:05
84	36.5	36	10:06:05
85	36.5	54	10:36:05
86	36.5	62	11:06:05
87	37	59	11:36:05
88	37	62	12:06:05
89	36.5	66	12:36:05
90	37	64	13:06:05
91	36.5	67	13:36:05
92	37	62	14:06:05
93	37	64	14:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

94	37	61	15:06:05
95	37	59	15:36:05
96	37	62	16:06:05
97	37	67	16:36:05
98	37	61	17:06:05
99	37	62	17:36:05
100	37	63	18:06:05
101	36.5	65	18:36:05
102	36.5	59	19:06:05
103	36.5	55	19:36:05
104	36.5	61	20:06:05
105	36.5	64	20:36:05
106	37	59	21:06:05
107	37	61	21:36:05
108	37	64	22:06:05
109	37	62	22:36:05
110	37	62	23:06:05
111	37	64	23:36:05
112	36.5	69	0:06:05
113	36.5	63	0:36:05
114	37	61	1:06:05
115	37	63	1:36:05
116	36.5	67	2:06:05
117	36.5	66	2:36:05
118	37	59	3:06:05
119	37	60	3:36:05
120	37	61	4:06:05
121	37	62	4:36:05
122	36.5	66	5:06:05
123	36.5	65	5:36:05
124	37	59	6:06:05
125	37	59	6:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

126	37	60	7:06:05
127	36.5	65	7:36:05
128	36.5	65	8:06:05
129	37	61	8:36:05
130	37	61	9:06:05
131	37	63	9:36:05
132	37	60	10:06:05
133	37	60	10:36:05
134	37	63	11:06:05
135	36.5	62	11:36:05
136	36.5	59	12:06:05
137	36.5	55	12:36:05
138	36.5	50	13:06:05
139	36.5	59	13:36:05
140	36.5	60	14:06:05
141	36.5	59	14:36:05
142	36	59	15:06:05
143	36.5	60	15:36:05
144	36.5	60	16:06:05
145	36.5	60	16:36:05
146	36.5	59	17:06:05
147	36.5	60	17:36:05
148	37	59	18:06:05
149	37	60	18:36:05
150	37	60	19:06:05
151	36.5	59	19:36:05
152	36.5	60	20:06:05
153	36.5	60	20:36:05
154	37	60	21:06:05
155	36.5	60	21:36:05
156	36.5	60	22:06:05
157	37	59	22:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

158	37	60	23:06:05
159	37	60	23:36:05
160	37	59	0:06:05
161	37	59	0:36:05
162	37	60	1:06:05
163	37	60	1:36:05
164	37	59	2:06:05
165	37	59	2:36:05
166	37	59	3:06:05
167	37	60	3:36:05
168	37	60	4:06:05
169	37	59	4:36:05
170	36.5	60	5:06:05
171	36.5	60	5:36:05
172	37	60	6:06:05
173	37	60	6:36:05
174	36.5	59	7:06:05
175	37	51	7:36:05
176	37	50	8:06:05
177	37	49	8:36:05
178	37	49	9:06:05
179	37	49	9:36:05
180	36.5	48	10:06:05
181	36.5	48	10:36:05
182	37	48	11:06:05
183	36.5	46	11:36:05
184	37	60	12:06:05
185	37	59	12:36:05
186	37	60	13:06:05
187	37.5	59	13:36:05
188	37	60	14:06:05
189	37.5	59	14:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

190	37.5	59	15:06:05
191	37.5	60	15:36:05
192	37.5	59	16:06:05
193	37	60	16:36:05
194	37.5	60	17:06:05
195	37	55	17:36:05
196	37	50	18:06:05
197	37	60	18:36:05
198	37	59	19:06:05
199	37	60	19:36:05
200	37.5	60	20:06:05
201	37.5	60	20:36:05
202	37	59	21:06:05
203	37	60	21:36:05
204	37.5	59	22:06:05
205	37.5	60	22:36:05
206	37.5	60	23:06:05
207	37.5	59	23:36:05
208	37.5	59	0:06:05
209	37.5	59	0:36:05
210	37	60	1:06:05
211	37.5	59	1:36:05
212	37	59	2:06:05
213	37.5	60	2:36:05
214	37.5	60	3:06:05
215	37.5	60	3:36:05
216	37.5	60	4:06:05
217	37.5	60	4:36:05
218	37.5	59	5:06:05
219	37	60	5:36:05
220	37.5	60	6:06:05
221	37.5	60	6:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

222	37	59	7:06:05
223	37.5	60	7:36:05
224	37.5	60	8:06:05
225	37.5	59	8:36:05
226	37.5	59	9:06:05
227	37.5	60	9:36:05
228	37.5	52	10:06:05
229	37.5	50	10:36:05
230	37	60	11:06:05
231	37.5	60	11:36:05
232	37	60	12:06:05
233	37	59	12:36:05
234	37.5	60	13:06:05
235	37.5	60	13:36:05
236	37.5	60	14:06:05
237	37	59	14:36:05
238	37.5	59	15:06:05
239	37	60	15:36:05
240	37	59	16:06:05
241	37	60	16:36:05
242	37	59	17:06:05
243	37	59	17:36:05
244	37	59	18:06:05
245	37	60	18:36:05
246	37	60	19:06:05
247	37	59	19:36:05
248	37	60	20:06:05
249	37.5	60	20:36:05
250	37.5	59	21:06:05
251	37.5	60	21:36:05
252	37.5	60	22:06:05
253	37.5	60	22:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

254	37.5	60	23:06:05
255	37.5	59	23:36:05
256	37.5	59	0:06:05
257	37	60	0:36:05
258	37	60	1:06:05
259	37.5	60	1:36:05
260	37	60	2:06:05
261	37	59	2:36:05
262	37	59	3:06:05
263	37	59	3:36:05
264	37	59	4:06:05
265	37	59	4:36:05
266	37	60	5:06:05
267	36.5	59	5:36:05
268	37	59	6:06:05
269	36.5	59	6:36:05
270	37	59	7:06:05
271	36.5	60	7:36:05
272	37	60	8:06:05
273	37.5	59	8:36:05
274	37	60	9:06:05
275	37.5	60	9:36:05
276	37	60	10:06:05
277	37.5	60	10:36:05
278	37	59	11:06:05
279	37	60	11:36:05
280	37	60	12:06:05
281	37.5	59	12:36:05
282	37.5	59	13:06:05
283	37.5	59	13:36:05
284	37.5	59	14:06:05
285	37.5	59	14:36:05

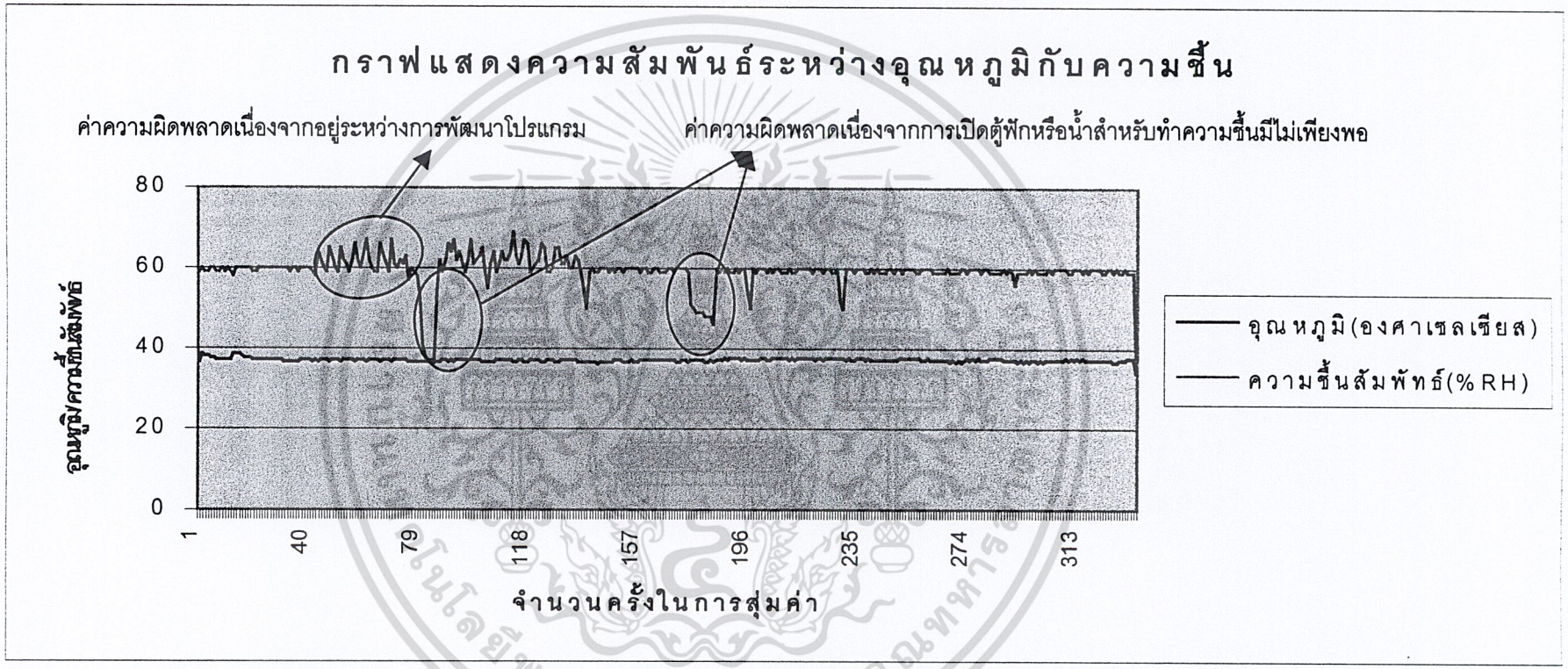
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

286	37	60	15:06:05
287	37	59	15:36:05
288	37	60	16:06:05
289	37	59	16:36:05
290	37	56	17:06:05
291	36.5	59	17:36:05
292	37	59	18:06:05
293	36.5	59	18:36:05
294	37	59	19:06:05
295	36.5	60	19:36:05
296	37	59	20:06:05
297	37	60	20:36:05
298	36.5	59	21:06:05
299	37	59	21:36:05
300	36.5	59	22:06:05
301	37	59	22:36:05
302	37	60	23:06:05
303	37	59	23:36:05
304	37	60	0:06:05
305	37	60	0:36:05
306	37	60	1:06:05
307	37	60	1:36:05
308	37.5	60	2:06:05
309	37	59	2:36:05
310	37.5	59	3:06:05
311	37	60	3:36:05
312	37.5	60	4:06:05
313	37	60	4:36:05
314	37.5	59	5:06:05
315	37	60	5:36:05
316	37	59	6:06:05
317	37	60	6:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

318	37	60	7:06:05
319	37	60	7:36:05
320	37	60	8:06:05
321	37	59	8:36:05
322	37	59	9:06:05
323	37	60	9:36:05
324	37	60	10:06:05
325	36.5	59	10:36:05
326	36.5	60	11:06:05
327	37	59	11:36:05
328	37	59	12:06:05
329	37	60	12:36:05
330	37.5	59	13:06:05
331	37.5	59	13:36:05
332	37.5	59	14:06:05
333	34	37	14:36:05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นของชุดคาต้าล็อกเกอร์

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโครงงาน"เครื่องฟักไข่ควบคุมการฟักไข่" เราสามารถที่จะสรุปผลการทดลองได้ว่า แรงดันเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจร DAC เมื่อนำมาผ่านวงจรขยาย 2 เท่า ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณ เราจะเห็นได้ว่าค่าผิดพลาดของแรงดันเอาท์พุทกับแรงดันที่เรากำหนดจะมีค่าผิดพลาดเล็กน้อย แรงดันที่ถูกขยายขึ้น 2 เท่า ก็จะมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่เราคำนวณเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเรานำแรงดันเอาท์พุทจากวงจร Noninverting ซึ่งถูกขยาย 2 เท่า ป้อนเข้าที่ขา Control Voltage ของ IC TCA 785 เราจะพบว่าแรงดันที่จะไปควบคุมขดลวดความร้อนนั้นจะอยู่ในช่วง 0-8 โวลท์ ซึ่งในการทดลองเราจะใช้หลอดไฟขนาด 220V 200W แทนขดลวดความร้อน เมื่อเราป้อนแรงดัน 0 โวลท์เข้าที่ขา Control Voltage ของ TCA 785 เราจะสังเกตได้ว่าความสว่างของหลอดไฟจะมีความสว่างมากที่สุด แต่เมื่อแรงดันที่ขา Control Voltage ของ TCA 785 มีค่า 8 โวลท์ ความสว่างของหลอดไฟจะมีความสว่างต่ำสุด และจากผลของค่าในตารางที่4.1 จะสังเกตได้ว่าค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงที่ขา 11 ของ TCA785 ส่งผลให้มุมทริกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเชิงเส้น ในส่วนของการปรับรูปสัญญาณแรมพ์ที่ขา 9 ของTCA 785 เราก็สามารถปรับได้โดยการปรับค่าความต้านทานที่ขา 9 ของไอซี TCA 785

ในส่วนของการเซ็นเซอร์อุณหภูมิ,ความชื้น และการสร้างฐานเวลา ซึ่งเราจะใช้ไอซี DS1820 เพื่อตรวจจับอุณหภูมิ,SHT11 เพื่อตรวจจับความชื้น และDS1307 เพื่อสร้างฐานเวลาตามลำดับ ในการทดลองเราจะพบว่าการใช้ Thermo Hygro ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นกับการใช้ไอซี DS1820ในการวัดอุณหภูมิ และ SHT11ในการวัดความชื้นนั้นจะมีค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในการใช้ไอซี DS1307 สร้างฐานเวลานั้นได้ทำการเปรียบเทียบเวลากับนาฬิกาจะพบว่าเวลาที่ได้นั้นมีค่าตรงกับเวลาที่อ่านจากไอซี DS1307 ส่วนในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมขดลวดความร้อนนั้นเราก็สามารถที่จะส่งค่าดิจิตอล 8 บิตออกจาก Port ได้อย่างถูกต้อง โดยป้อนเข้าวงจรDAC จากนั้นทำการวัดแรงดันเอาท์พุทซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เราคำนวณ ซึ่งเมื่อทำการทดลองแล้วเราสามารถที่จะควบคุมความสว่างของหลอดไฟได้อย่างถูกต้อง ในการนับวันในการฟักนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถที่จะนับวันได้ตรงตามเวลาซึ่งในการนับจำนวนวันนั้นก็จะมีความสำคัญมากในการฟักไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
บทสรุป วิจารณ์ ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา

5.1 บทสรุป

การทำงานของหน่วยประมวลผลหลัก และ ชุดควบคุมย่อยที่ใช้ในระบบควบคุมการฟักไข่นี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความยืดหยุ่นตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือ สามารถประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส 51 มาใช้ได้ รวมทั้งสามารถใช้อนุกรมมาตรฐานภายใต้โครงข่าย อาร์เอส 485 (1 เซิร์ฟเวอร์ ต่อ 32 เทอร์มินอล)และอาร์เอส 232 ได้ดีในระดับหนึ่ง รวมทั้งมีโปรแกรมควบคุมและจัดการที่มีความยืดหยุ่นตรงตามความต้องการ

5.2 บทวิจารณ์

จะทำการวิจารณ์เป็นหัวข้อดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 หน่วยประมวลผลหลัก

จากการออกแบบหน่วยประมวลผลหลัก เราได้เลือกใช้บอร์ดกึ่งสำเร็จรูป มีชุดสำรองข้อมูล ชุดสร้างฐานเวลาจริง และแอลซีดีแสดงผลการทำงาน ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับชุดควบคุมย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การเขียนโปรแกรมจะมีความซับซ้อนมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมย่อย

5.2.2 ชุดควบคุมย่อย

จากการออกแบบชุดควบคุมย่อยจะประกอบไปด้วยชุดควบคุมที่ต้องควบคุมหลายชุดได้แก่ ชุดควบคุมขดลวดความร้อน ชุดควบคุมความชื้น ชุดมอเตอร์กลับไข่ ชุดเก็บค่าพารามิเตอร์ ชุดสำรองข้อมูล และหลอดไฟเตือน การเขียนโปรแกรมจะแยกออกเป็นส่วนๆไปตามชุดควบ วึ่งมีความซับซ้อนน้อยกว่าหน่วยประมวลผลหลัก

5.2.3 ระบบโครงข่ายอาร์เอส 485

เป็นมาตรฐานที่มีความยืดหยุ่นเหมาะแก่การนำไปใช้งานเป็นอย่างมาก จากการติดต่อสื่อสารอนุกรมโดยใช้โครงข่ายแบบนี้จึงไม่ต้องกังวลว่าข้อมูลจะเกิดการผิดพลาดเพราะไม่ได้เป็นการส่งข้อมูลแบบทั่วๆไปแต่เป็นการใช้หลักการของความต่างกันทางแรงดันของทางด้านส่งและด้านรับดังนั้นจึงไม่ต้องมีการต่อกาวน์ร่วมให้ยุ่งยาก จึงใช้สายน้อยเส้นเนื่องจากเป็นฮาร์ฟดูเพลกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบสมดุลย์

5.2.4 ความคล่องตัวและความยืดหยุ่นของระบบ

ระบบที่ออกแบบไว้หน่วยประมวลผลหลักสามารถติดต่อกับชุดควบคุมย่อยโดยการติดต่อสื่อสารมาตรฐานแบบ อาร์เอส 485 ได้จำนวนมากสุด 32 ชุดควบคุมย่อยซึ่งมีความยืดหยุ่นมากสำหรับตู้ฟักไข่ขนาดเล็กโดยมีการโปรแกรมที่เหมาะสมกับการควบคุม มีชุดป้องกันการทำงานผิดพลาดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดเก็บค่าพารามิเตอร์ภายในตู้ฟัก ชุดสำรองข้อมูลเวลาไฟดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาที่พบ

5.3.1 ในการติดต่อระหว่างหน่วยประมวลผลหลักกับชุดควบคุมย่อย ชุดควบคุมย่อยจะไม่สามารถติดต่อหน่วยประมวลผลหลักได้พร้อมกัน

5.3.2 การทำงานของชุดควบคุมย่อย ยังมีสัญญาณรบกวนจากรีเลย์ไปรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นอยู่

5.3.3 ขาดอุปกรณ์สำหรับสอบเทียบ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ที่มีความแม่นยำสูง

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.4.1 เนื่องจากฐานเวลาจริงอยู่ที่หน่วยประมวลผลหลัก จึงไม่สามารถถอดสายสัญญาณออกจากหน่วยประมวลผลหลักได้ ดังนั้นเราจึงคิดที่จะสร้างฐานเวลาจริงไว้ที่ชุดควบคุมย่อย

5.4.2 เพิ่มจำนวนตู้ฟักไข่ที่มีอยู่ให้มากขึ้น

5.4.3 ออกแบบวงจรในส่วนของชุดควบคุมย่อยใหม่เพื่อลดปัญหาสัญญาณรบกวน

5.4.4 ปรับปรุงกลไกการกลับไข่เพื่อให้มีความสะดวกต่อการนำไข่เข้าตู้ฟัก

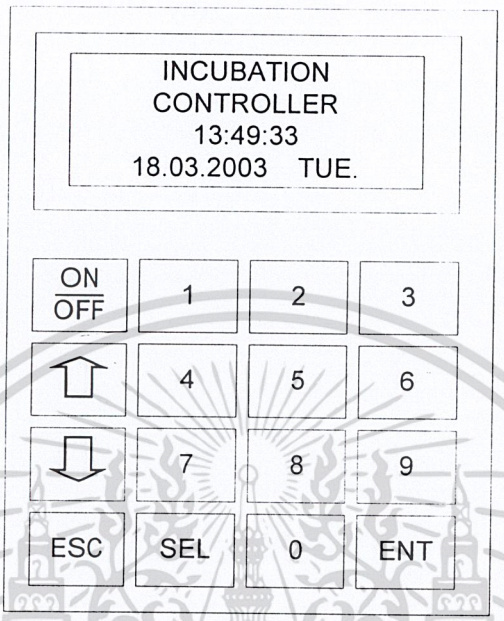
5.4.5 เขียนซอฟท์แวร์การฟักไข่แต่ละชนิดจากระยะแรกต่อเนื่องไปจนถึงระยะสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

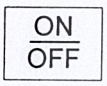
ภาคผนวก ก

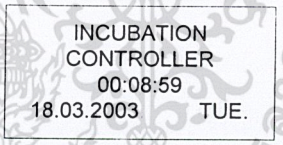
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน



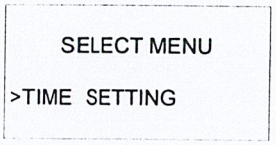
1. การเปิด-ปิดเครื่อง

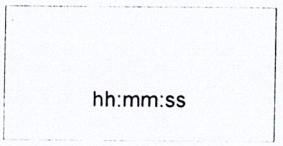




จะใช้ปุ่ม ON/OFF ทั้งเปิดและปิดเครื่อง ถ้าเครื่องปิดอยู่เมื่อกดปุ่มนี้ก็จะทำให้เครื่องเปิด และจะแสดงข้อความต่างๆบนจอ LCD แต่ถ้าเครื่องเปิดอยู่เมื่อกดปุ่มนี้อีกครั้งทำให้เครื่องปิด จะไม่แสดงข้อความบนจอ LCD และไม่สามารถสั่งงานจากเครื่องนี้ได้แต่สามารถสั่งงานผ่านระบบคอมพิวเตอร์ได้

2.การตั้งเวลา

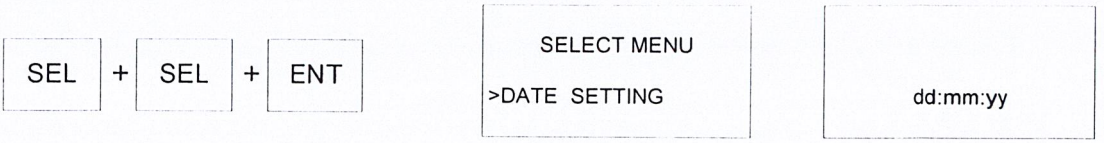




การตั้งเวลาสามารถตั้งได้ 2 วิธีคือ จากคอมพิวเตอร์กับจากเมนู การตั้งเวลาจากเมนู โดยการกดปุ่ม SEL+ENT จะแสดงช่องให้เติม hh:mm:ss เมื่อป้อนค่าเวลาเรียบร้อยแล้วก็กด ENT ระบบจะทำการเซ็ตค่าเวลาตามที่เราตั้งไว้

3. การตั้ง วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

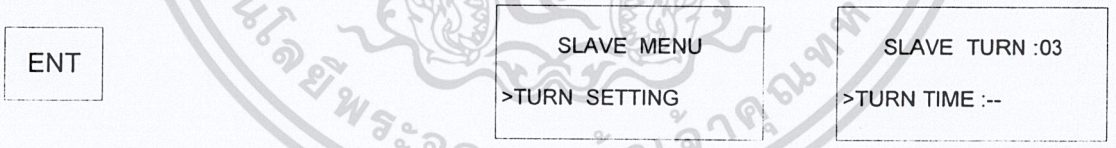


การตั้งเวลาสามารถตั้งได้ 2 วิธี เช่นเดียวกับการตั้งเวลาคือ จากคอมพิวเตอร์กับจากเมนู การตั้งเวลาจากเมนู โดยการกดปุ่ม SEL+SEL+ENT จะแสดงช่องให้เติม hh:mm:ss เมื่อป้อนค่าเวลาเรียบร้อยแล้วก็กด ENT ระบบจะทำการเซ็ตค่าเวลาตามที่เราตั้งไว้

4. การเซ็ตค่าพารามิเตอร์ต่างให้กับตู้ฟักโดยผ่านชุดประมวลผลหลัก

การเซ็ตค่าพารามิเตอร์หรือการดูข้อมูลต่างๆ ของตู้ฟักจะทำได้ก็ต่อเมื่อตู้ฟัก ตู้นั้นมีอยู่ในระบบ โดยการกดปุ่ม SEL+SEL+SEL+ENT จะแสดงหน้าจอดังรูป แล้วให้ป้อนตำแหน่ง Address ของตู้ฟักตู้นั้น แล้วกด ENT ถ้าสามารถเข้าสู่ระบบการเซ็ตค่าพารามิเตอร์แสดงว่า ตำแหน่ง Address ที่ป้อนเข้าไปมีอยู่ในระบบของการฟักไข่ แต่ถ้าแสดงคำว่า " Not Found" แสดงว่าไม่มีตำแหน่ง Address ดังกล่าวอยู่ในระบบ

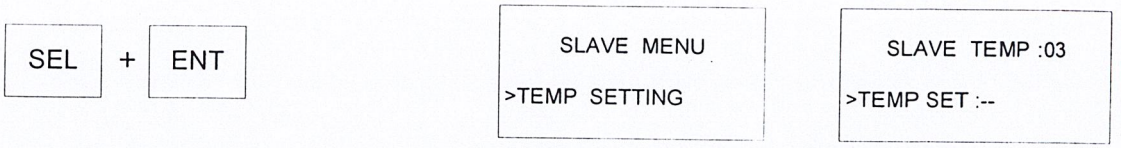
4.1 การตั้งเวลาการกลับไข่



เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด ENT จะแสดงข้อความดังรูปก็สามารถตั้งเวลาการกลับไข่โดยเติมตัวเลข แล้วกด ENT ระบบจะทำเก็บข้อมูลเวลาการกลับไข่ไว้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับฐานเวลาจริงและส่งข้อมูลการกลับไข่ไปให้กับชุดควบคุมย่อยเพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลเมื่อต้องการดูจากคอมพิวเตอร์

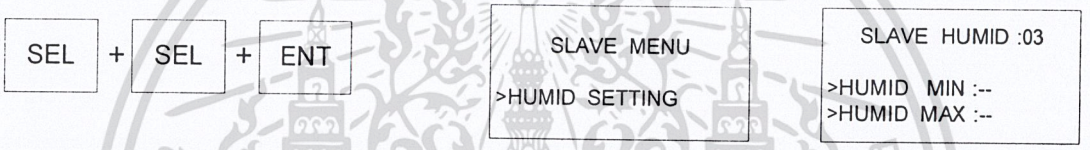
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตั้งค่าอุณหภูมิ



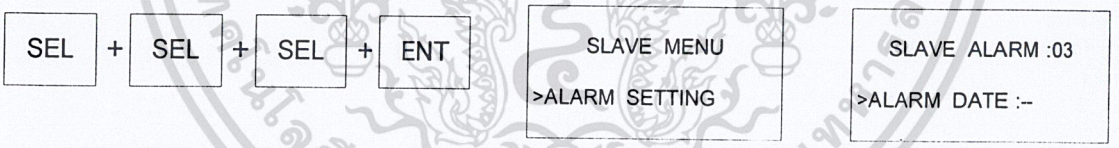
เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด SEL+ENT แล้วป้อนค่าอุณหภูมิเนื่องจากเซนเซอร์อุณหภูมิมีความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส ค่าทศนิยมจึงสามารถตั้งได้ 0.0 กับ 0.5

4.3 การตั้งค่าความชื้น



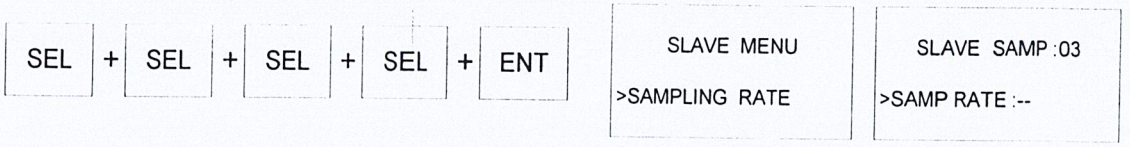
เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด SEL+SEL+ENT แล้วป้อนค่าความชื้น MIN และค่าความชื้น MAX ตามต้องการ แล้วกด ENT

4.4 การตั้งค่าเวลาในการฟักไข่



เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด SEL+SEL+SEL+ENT แล้วป้อนค่าซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของไข่ที่ทำการฟัก เช่น ไข่ไก่ 18 วัน เป็นต้น การตั้งเวลาการฟัก เมื่อครบกำหนดเวลาทำการฟักจะแสดงไฟเตือนที่ตู้ฟักแต่ละตู้ เพื่อทำการย้ายไข่ไปยังตู้เกิดต่อไป

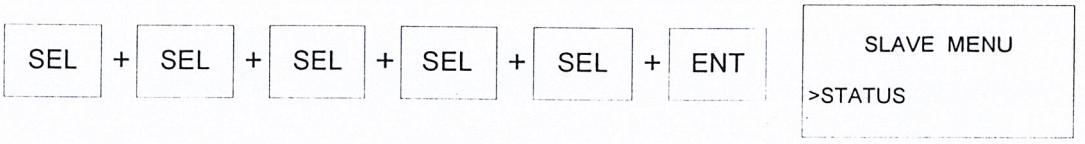
4.5 การตั้งอัตราการสุ่มเพื่อเก็บตัวอย่างค่าอุณหภูมิและความชื้น



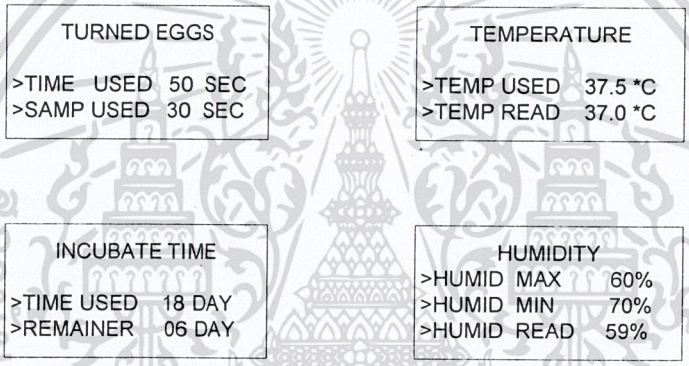
เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด SEL+SEL+SEL+SEL+ENT แล้วป้อนค่า ช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งค่าที่เก็บได้สูงสุดประมาณ 1000 ตัวอย่างการสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆของตู้ฟักแต่ละตู้



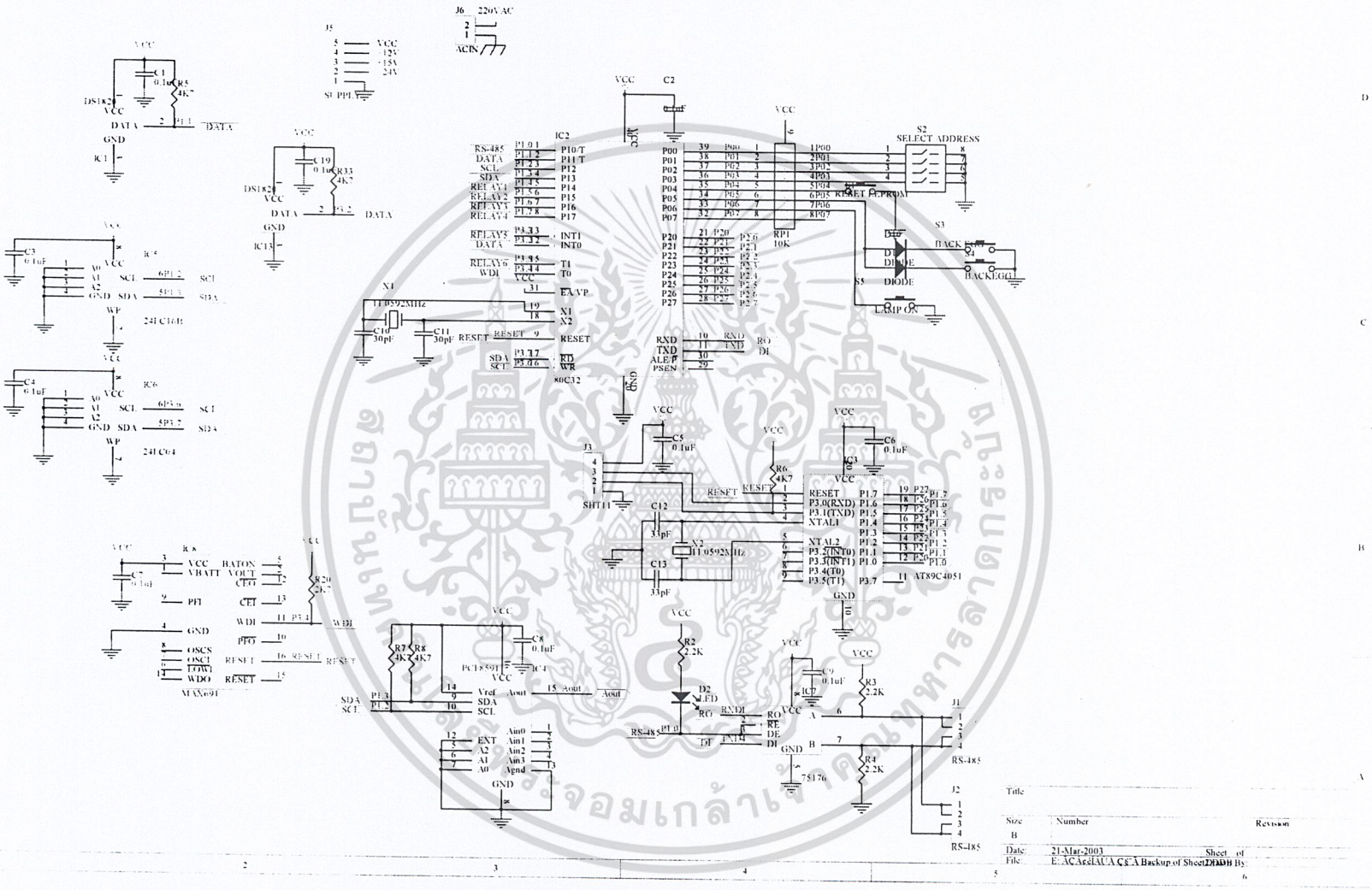
เมื่ออยู่ในเมนูการเซ็ตค่าพารามิเตอร์และกด SEL+SEL+SEL+SEL+SEL+ENT แล้วจะแสดงหน้าจอต่างดังนี้ถ้าต้องการเปลี่ยนไปดูค่าพารามิเตอร์อื่นโดยการกดปุ่ม ⇧⇩



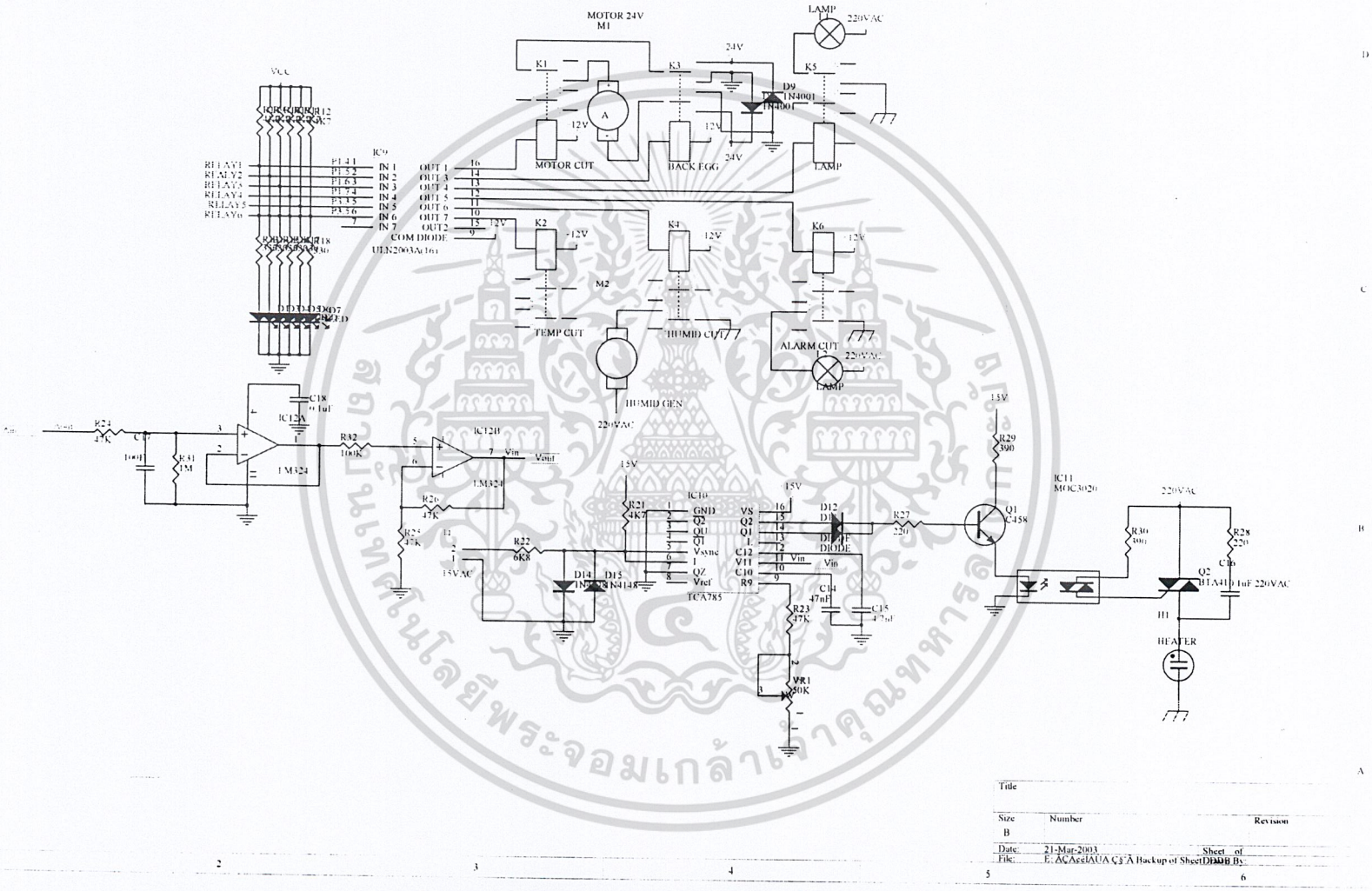
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

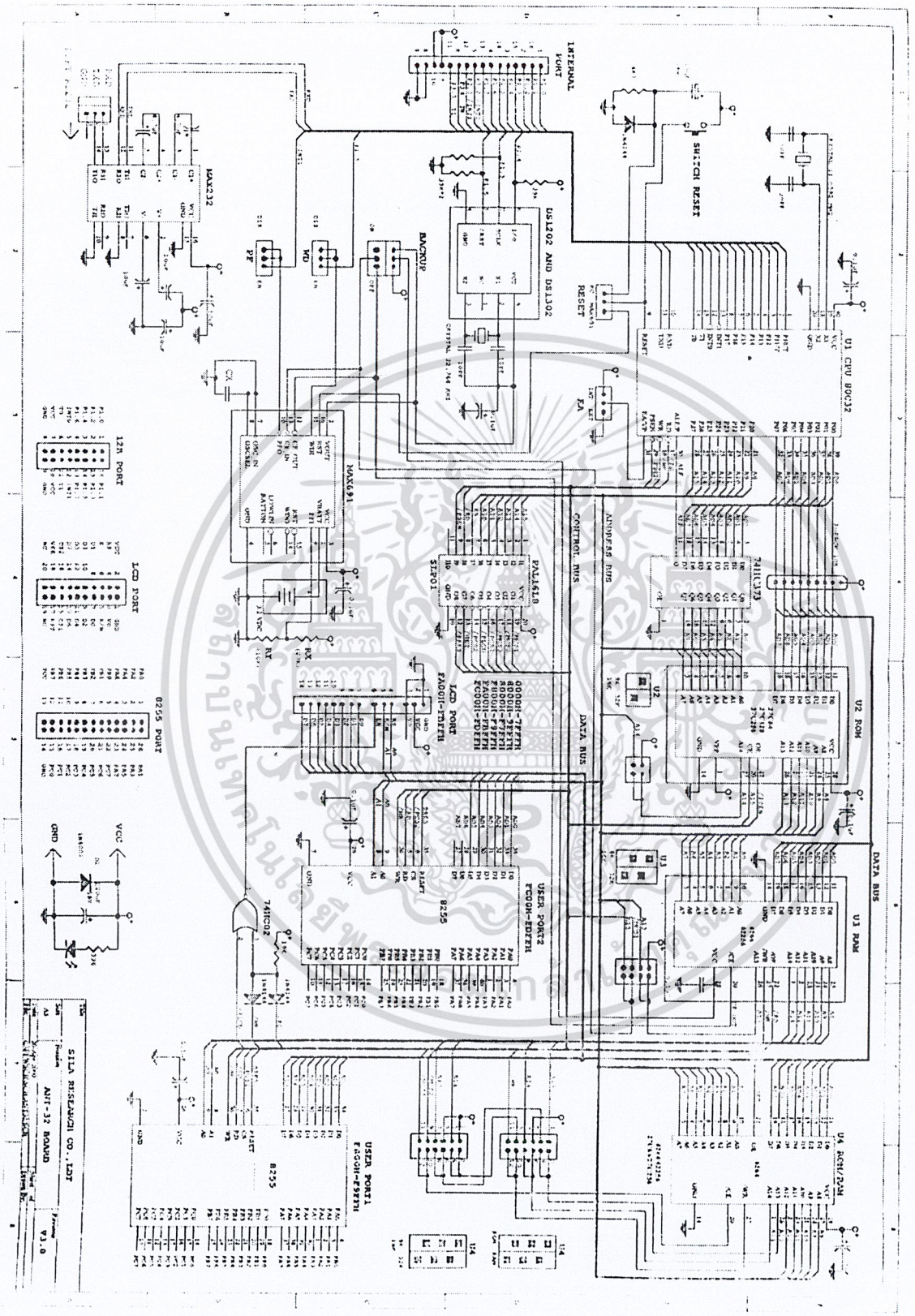
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรการทำงานของชุดควบคุมย่อย



รูปแสดงวงจรการทำงานของชุดควบคุมย่อย(ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรการทำงานของบอร์ด ANT-32

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดประมวลผลหลัก

```
PORTA1          EQU 0F800H
PORTB1          EQU 0F801H
PORTC1          EQU 0F802H
PORCTL1         EQU 0F803H
PORTA2          EQU 0FC00H
PORTB2          EQU 0FC01H
PORTC2          EQU 0FC02H
PORCTL2         EQU     0FC03H
MULTIPLEX       BIT     P3.2
I_ODATA         BIT     P1.4
SCLK            BIT     P1.5
RST             BIT     P1.6
DATA_IN         EQU     020H
SEC_DATA        EQU     021H
MIN_DATA        EQU     022H
HOUR_DATA       EQU     023H
DAY_DATA        EQU     024H
DATE_DATA       EQU     025H
MONTH_DATA      EQU     026H
YEAR_DATA       QU      027H
SEC_RD          EQU     028H
MIN_RD          EQU     029H
HOUR_RD         EQU     02AH
DATE_RD         EQU     02BH
DAY_RD          EQU     02CH
MONTH_RD        EQU     02DH
YEAR_RD         EQU     02EH
DATA_OUT        EQU     02FH
DATA            EQU     030H
ENTER_SCAN      EQU     031H
SLAV_ADDR       EQU     032H
ALARM_TIME      EQU     033H
LCD_ADDR        EQU     034H
LCD_DATA        EQU     035H
DEC_HEX_IN      EQU     036H
DEC_HEX_OUT     EQU     037H
HEX_DEC_IN      EQU     038H
HEX_DEC_OUT     EQU     039H
ASCII_DATA_IN   EQU     03AH
ASCII_DATA_OUT  EQU     03BH
LOW_ADDR_DATA   EQU     040H
HIGH_ADDR_DATA  EQU     041H
LOW_SEC_DATA    EQU     042H
HIGH_SEC_DATA   EQU     043H
LOW_MIN_DATA    EQU     044H
HIGH_MIN_DATA   EQU     045H
LOW_HOUR_DATA   EQU     046H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HIGH_HOUR_DATA      EQU     047H
LOW_DATE_DATA       EQU     048H
HIGH_DATE_DATA      EQU     049H
LOW_MONTH_DATA      EQU     04AH
HIGH_MONTH_DATA     EQU     04BH
LOW_YEAR_DATA       EQU     04CH
HIGH_YEAR_DATA      EQU     04DH
ADDR_DATA           EQU     051H
AD_LCD              EQU     052H
ALARM_SHOW          EQU     053H
ROI                 EQU     054H
DATA_SHOW           EQU     055H
SIP_NOI             EQU     056H
TEMP                EQU     057H
TEMP_SHOW           EQU     058H
TEMP_JUD            EQU     059H
TEMP_ALARM          EQU     05AH
FUNC_ADDR           EQU     05BH
SET_ADDR            EQU     05CH
TIMER_SHOW          EQU     05DH
DATA_TIMER          EQU     05EH
ID_SHOW             EQU     05FH
TIMER_DATA1         EQU     060H
TIMER_DEC1          EQU     061H
TIMER_DATA2         EQU     062H
TIMER_DEC2          EQU     063H
TIMER_CH1           EQU     064H
TIMER_CH2           EQU     065H
LM_DATE1            EQU     066H
LM_DATE2            EQU     067H
COM_DATE1           EQU     068H
COM_DATE2           EQU     069H
ST_DATE             EQU     06AH
ST_DATE0            EQU     06BH
ST_TURN             EQU     06CH
ST_TEMP             EQU     06DH
ST_TEMP1            EQU     06EH
ST_TEMP2            EQU     06FH
ST_TEMP_JUD1        EQU     075H
ST_TEMP_JUD2        EQU     076H
ST_TEMP_JUD         EQU     077H
TEST                EQU     078H
TEMP_DATA           EQU     079H
TEMP_DATA_IN        EQU     07AH
TEMP_JUD_IN         EQU     07BH
T_TEMP              EQU     07CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************INTERRUF SERIAL*********************
        ORG     0000H
        AJMP    INITIAL
        ORG     0023H
        MOV     DATA_IN,#00H
        JBC     REN,RECV
        AJMP    SEND
RECV:   CLR     MULTIPLEX
        MOV     A,SBUF
        CLR     RI
        MOV     DATA_IN,A
        AJMP    OUT
SEND:   MOV     DPTR,#PORTA1
        MOV     A,DATA_OUT
        MOVX    @DPTR,A
        SETB    MULTIPLEX
        CLR     TI
        CLR     ES
        MOV     A,DATA_OUT
        MOV     SBUF,A
        JNB     TI,$
        CLR     TI
OUT:    CLR     MULTIPLEX
        MOV     DATA_OUT,#00H
        RETI
;********************INITIAL************************
INITIAL:MOV  DPTR,#PORCTL1
        MOV  A,#80H
        MOVX @DPTR,A
        MOV  DPTR,#PORTA1
        MOV  DPTR,#PORCTL2
        MOV  A,#88H
        MOVX @DPTR,A
        MOV     DATA,#00H
        MOV     LM_DATE1,#00H
        MOV     LM_DATE2,#00H
        MOV     COM_DATE1,#00H
        MOV     COM_DATE2,#00H
        MOV     TIMER_DATA1,#00H
        MOV     TIMER_DATA2,#00H
        MOV     ST_DATE,#00H
        MOV     ST_TURN,#00H
        MOV     ST_DATE0,#00H
        MOV     ALARM_SHOW,#00H
        MOV     TEMP_SHOW,#00H
        MOV     TEMP_JUD,#00H
        MOV     ST_TEMP,#00H
        MOV     ST_TEMP1,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************Menu Slave*****************
MENU_SLAVE:             MOV     SLAV_ADDR,#06H
                        MOV     LCD_ADDR,#00H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     DPTR,#M_SLAVE
                        CALL    WRLINE_LCD
                        MOV     LCD_ADDR,#10H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     DPTR,#FUNC11
                        CALL    WRLINE_LCD
FUNCTION11:             MOV     A,ID_SHOW
                        CJNE    A,#00H,BACK_MAIN
                        AJMP    FUNC_NO_SET1
BACK_MAIN:              CALL    SLAVE_ID
                        CALL    SCAN
                        CJNE    R3,#77H,ESC_FUN1    ;Slave Function
BOUND408:               CALL    SCAN
                        CJNE    R3,#0FFH,BOUND408
                        MOV     A,SLAV_ADDR
;********************Set Timer*********************
SET_TIMER:              CJNE    A,#06H,SET_HUMID    ;Set Turn
                        CALL    CLR_LINE3
                        CALL    CLR_LINE4
                        CALL    TIM_COMP
                        AJMP    MENU_SLAVE
;********************Set Alarm*********************
SET_HUMID:              CJNE    A,#03H,SET_TEMP     ;Set Alarm
                        CALL    CLR_LINE3
                        CALL    CLR_LINE4
                        CALL    ALARM_DATE
                        JMP     MENU_SLAVE
;**********Set Humid*********************
SET_TEMP:               CJNE    A,#02H,SET_ALM      ;Set Humid
                        JMP     FUNCTION11
;******************Set Temp*********************
SET_ALM:                CJNE    A,#01H,SET_ST       ;Set Temp
                        CALL    TEMP_COMP
                        JMP     MENU_SLAVE
;********************Set Temp*********************
SET_ST:                 CJNE    A,#04H,DATA_LOCK;Set Status
                        CALL    LCD_CLR
                        CALL    STATUS_DISP
                        CALL    LCD_CLR
                        JMP     MENU_SLAVE
**********Data Locker*********************
DATA_LOCK:              CJNE    A,#05H,FUNCTION11   ;Data Locker
                        CALL    READ_LOCKER
                        JMP     MENU_SLAVE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ    R7,ERASER_RAM
                MOV     LCD_ADDR,#10H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FUNC01
                CALL    WRLINE_LCD
                MOV     R7,#100
                MOV     DPTR,#0000H
WRITE_RAM:      MOV     A,#09H
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR
                CALL    DELAY_10MS
                DJNZ    R7,WRITE_RAM
                MOV     LCD_ADDR,#10H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FUNC02
                CALL    WRLINE_LCD
                MOV     A,ID_SHOW
                MOV     DEC_HEX_IN,A
                CALL    DEC_HEX
                MOV     A,DEC_HEX_OUT
                CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_100MS
                MOV     DPTR,#0000H
SEND_AGAIN:     MOVX    A,@DPTR
                MOV     DEC_HEX_IN,A
                CALL DEC_HEX
                MOV     A,DEC_HEX_OUT
                CJNE    A,#00H,CON_SEND
                AJMP    SEND_END
CON_SEND:       CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_100MS
                INC     DPTR
                AJMP    SEND_AGAIN
SEND_END:MOV    LCD_ADDR,#10H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#FUNC03
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    DELAY_1S
                RET
SEND_DATA:      CLR     ES
                CLR     TI
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                RET
;**********DISPLAY STATUS**********
STATUS_DISP:    MOV     A,ID_SHOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     LCD_ADDR,#4EH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     A,ST_TURN
SWAP    A
MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#4DH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     LCD_ADDR,#10H
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     DPTR,#ST_TEMP_SHOW
CALL    WRLINE_LCD
MOV     A,ST_TEMP
ANL     A,#0FH
MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#16H
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     A,ST_TEMP
SWAP    A
MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#15H
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     A,ST_TEMP_JUD
ANL     A,#0FH
MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#18H
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
SETB    MULTIPLEX
CLR     ES
SETB    SM2
SETB    TB8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CALL    LCD_CLR
                    RET
;**********SLAVE ID**********
TEMP_DISPLAY:       MOV     A,TEMP_DATA_IN
                    JB      ACC.0,TEMP_JUD05
                    MOV     TEMP_JUD_IN,#00
                    AJMP    TEMP_DISPLAY0
TEMP_JUD05:         MOV     TEMP_JUD_IN,#05
TEMP_DISPLAY0:      MOV     A,TEMP_DATA_IN
                    MOV     B,#02H
                    DIV     AB
                    MOV     HEX_DEC_IN,A
                    CALL    HEX_DEC
                    MOV     TEMP_DATA_IN,HEX_DEC_OUT
                    MOV     A,TEMP_DATA_IN
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     A,TEMP_DATA_IN
                    SWAP    A
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1BH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD

                    MOV     A,TEMP_JUD_IN
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1EH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    RET
;**********SLAVE ID**********
SLAVE_ID:           MOV     A,ID_SHOW
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,A
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CALL    DATE_VALUE
                    RET
;**********SET ALARM**************************
ALM_DATE:           MOV     LCD_ADDR,#00H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#S_ALARM
                    CALL    WRLINE_LCD
                    CALL    SLAVE_ID
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_ADDR_NO3:      CALL SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,HIGH_ADDR_YES3
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     HIGH_ADDR_NO3
HIGH_ADDR_YES3:     CALL SCAN
                    CJNE    R3,#7EH,ADDR_NO_CANCEL3
                    CALL    LCD_CLR
                    JMP     NO_SET_ADDR3
ADDR_NO_CANCEL3:    CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
                    JC      HIGH_ADDR_NO3
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#1DH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_ADDR_NO3:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_ADDR_YES3
                    MOV     LCD_ADDR,#1DH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_ADDR_NO3
LOW_ADDR_YES3:      CALL KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        JNB     TI,$
                        CLR     TI
                        CALL    DELAY_10MS
TEMP3:                  RET
;************DATE VALUE**********************
DATE_VALUE:             MOV     A,ID_SHOW
DATE1:                  CJNE    A,#01H,DATE2
                        MOV     DEC_HEX_IN,ALARM_SHOW
                        CALL    DEC_HEX
                        MOV     LM_DATE1,DEC_HEX_OUT
                        CALL    TIME_READ
                        MOV     COM_DATE1,DATE_RD
                        AJMP    DATE3
DATE2:                  CJNE    A,#02H,DATE3
                        MOV     DEC_HEX_IN,ALARM_SHOW
                        CALL    DEC_HEX
                        MOV     LM_DATE2,DEC_HEX_OUT
                        CALL    TIME_READ
                        MOV     COM_DATE2,DATE_RD
DATE3:                  RET
;************TIMER COMPARATOR***************
TIME_COM:               MOV     A,TIMER_DATA1
                        CJNE    A,#00H,TIME_COM_CON1
                        AJMP    TIME_COM2
TIME_COM_CON1:          CALL    TIME_READ
                        MOV     A,MIN_RD
                        CJNE    A,TIMER_CH1,TIME_COM11
                        AJMP    TIME_COM2
TIME_COM11:             MOV     TIMER_CH1,MIN_RD
                        DEC     TIMER_DEC1
                        MOV     A,TIMER_DEC1
                        CJNE    A,#00H,TIME_COM2
                        MOV     DEC_HEX_IN,TIMER_DATA1
                        CALL    DEC_HEX
                        MOV     TIMER_DEC1,DEC_HEX_OUT
                        SETB    MULTIPLEX
                        CLR     ES
                        SETB    SM2
                        SETB    TB8
                        CLR     REN
                        MOV     DATA_OUT,#01H
                        MOV     A,DATA_OUT
                        MOV     SBUF,A
                        JNB     TI,$
                        CLR     TI
                        CALL    DELAY_100MS
                        SETB    MULTIPLEX
                        CLR     ES
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DATE_COM:       MOV     A,LM_DATE1
                CJNE    A,#00H,DATE1_AGIAN
                JMP     DATE_COM2
DATE1_AGIAN:    CALL    TIME_READ
                MOV     A,DATE_RD
DATE_COM1:      CJNE    A,COM_DATE1,DATE_COM11
                JMP     DATE_COM2
DATE_COM11:     MOV     COM_DATE1,A
                DEC     LM_DATE1
                MOV     A,LM_DATE1
                CJNE    A,#00H,DATE_COM2
                SETB    MULTIPLEX
                CLR     ES
                SETB    SM2
                SETB    TB8
                CLR     REN
                MOV     DATA_OUT,#01H
                MOV     A,DATA_OUT
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                CALL    DELAY_100MS
                SETB    MULTIPLEX
                CLR     ES
                SETB    SM2
                CLR     TB8
                CLR     REN
                MOV     DATA_OUT,#11H
                MOV     A,DATA_OUT
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                CALL    DELAY_10MS
DATE_COM2:      MOV     A,LM_DATE2
                CJNE    A,#00H,DATE2_AGIAN
                JMP     DATE_COM3
DATE2_AGIAN:    CALL    TIME_READ
                MOV     A,DATE_RD
                CJNE    A,COM_DATE2,DATE_COM22
                JMP     DATE_COM3
DATE_COM22:     MOV     COM_DATE2,A
                DEC     LM_DATE2
                MOV     A,LM_DATE2
                CJNE    A,#00H,DATE_COM3
                SETB    MULTIPLEX
                CLR     ES
                SETB    SM2
                SETB    TB8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************SERIALI************************
SER_INT:                MOV     SCON,#0D8H
                        MOV     TMOD,#20H
                        MOV     TH1,#0FDH
                        SETB    TR1
                        SETB    EA
                        CLR     RI
                        SETB    ES
                        CLR     MULTIPLEX
                        SETB    REN
                        RET
;***********TIME_SET_DISP**************************
TIME_SET_DISP:          MOV     LCD_ADDR,#14H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     DPTR,#TIME_SHOW
                        CALL    WRLINE_LCD
                        CLR     C
                        CALL    SET_HOUR
                        JNC     NO_SET_TIME
                        CALL    SET_MIN
                        CALL    SET_SEC
NO_SET_TIME:            CALL    CLR_LINE3
                        RET
;***********DATE_SET_DISP**************************
DATE_SET_DISP:          MOV     LCD_ADDR,#14H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     DPTR,#DATE_SHOW
                        CALL    WRLINE_LCD
                        CLR     C
                        CALL    SET_DATE
                        JNC     NO_DATE
                        CALL    SET_MONTH
                        CALL    SET_YEAR
NO_DATE:                CALL    CLR_LINE3
                        RET
;***********SET ADDRESS********************
SET_ID:                 MOV     LCD_ADDR,#10H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     DPTR,#FUNC_INCUB
                        CALL    WRLINE_LCD
                        MOV     LCD_ADDR,#1CH
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     LCD_DATA,#0FEH
                        CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_ADDR_NO:           CALL    SCAN
                        CJNE    R3,#0FFH,HIGH_ADDR_YES
                        MOV     LCD_ADDR,#1CH
                        CALL    SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BOUND164:           CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND164
NO_SET_ADDR:        RET
;**********SET BACK EGGS TIMER*************
BACK_EGGS:          MOV     LCD_ADDR,#00H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#S_TIME
                    CALL    WRLINE_LCD
                    CALL    SLAVE_ID
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_ADDR_NO1:      CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,HIGH_ADDR_YES1
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     HIGH_ADDR_NO1
HIGH_ADDR_YES1:     CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#7EH,ADDR_NO_CANCEL1
                    CALL    LCD_CLR
                    JMP     NO_SET_ADDR1
ADDR_NO_CANCEL1:    CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
                    JC      HIGH_ADDR_NO1
                    MOV     HIGH_ADDR_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_ADDR_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#1DH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_ADDR_NO1:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_ADDR_YES1
                    MOV     LCD_ADDR,#1DH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_ADDR_NO1
LOW_ADDR_YES1:      CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#1AH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_ADDR_NO2:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_ADDR_YES2
                    MOV     LCD_ADDR,#1AH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_ADDR_NO2
LOW_ADDR_YES2:      CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
                    JC      LOW_ADDR_NO2
                    MOV     LOW_ADDR_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1AH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     A,LOW_ADDR_DATA
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     A,HIGH_ADDR_DATA
                    SWAP    A
                    ADD     A,LOW_ADDR_DATA
                    MOV     R7,A
                    MOV     TEMP_SHOW,A
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_ADDR_NO22:      CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_ADDR_YES22
                    MOV     LCD_ADDR,#1CH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_ADDR_NO22
LOW_ADDR_YES22:     CALL    KEY
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#00H,DATA_1
                    MOV     TEMP_JUD,#00H
                    JMP     JUD_SET
DATA_1:             CJNE    A,#05H,LOW_ADDR_NO22
                    MOV     TEMP_JUD,#05H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        CALL    WRCHAR_LCD
LOW_HOUR_NO:            CALL    SCAN
                        CJNE    R3,#0FFH,LOW_HOUR_YES
                        MOV     LCD_ADDR,#15H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        CALL    LCD_BLINK
                        JMP     LOW_HOUR_NO
LOW_HOUR_YES:           CALL    KEY
                        MOV     A,DATA
                        CJNE    A,#0FFH,LOW_HOUR_PASS
                        JMP     LOW_HOUR_YES
LOW_HOUR_PASS:          MOV     A,HIGH_HOUR_DATA
                        CJNE    A,#02H,LOW_HOUR_TWO
                        CLR     C
                        MOV     A,#03
                        SUBB    A,DATA
                        JC      LOW_HOUR_NO
LOW_HOUR_TWO:           MOV     LOW_HOUR_DATA,DATA
                        MOV     ASCII_DATA_IN,DATA
                        CALL    ASCII
                        MOV     LCD_ADDR,#15H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     A,LOW_HOUR_DATA
                        MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                        CALL    WRCHAR_LCD
                        MOV     A,HIGH_HOUR_DATA
                        SWAP    A
                        ADD     A,LOW_HOUR_DATA
                        MOV     HOUR_DATA,A
                        SETB    C
NO_SET_HOUR:            RET
;*********SET MIN*************************
SET_MIN:                MOV     LCD_ADDR,#17H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        MOV     LCD_DATA,#0FEH
                        CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_MIN_NO:            CALL    SCAN
                        CJNE    R3,#0FFH,HIGH_MIN_YES
                        MOV     LCD_ADDR,#17H
                        CALL    SET_ADDR_LCD
                        CALL    LCD_BLINK
                        JMP     HIGH_MIN_NO
HIGH_MIN_YES:           CALL    KEY
                        CLR     C
                        MOV     A,#05
                        SUBB    A,DATA
                        JC      HIGH_MIN_NO
                        MOV     HIGH_MIN_DATA,DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SUBB    A,DATA
                    JC      HIGH_SEC_NO
                    MOV     HIGH_SEC_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_SEC_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1AH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#1BH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_SEC_NO:         CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_SEC_YES
                    MOV     LCD_ADDR,#1BH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_SEC_NO
LOW_SEC_YES:        CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
                    JC      LOW_SEC_NO
                    MOV     LOW_SEC_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1BH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     A,LOW_SEC_DATA
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     A,HIGH_SEC_DATA
                    SWAP    A
                    ADD     A,LOW_SEC_DATA
                    MOV     SEC_DATA,A
LOOP_SEC_SET:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#77H,LOOP_SEC_SET
                    CALL    SET_TIME
                    RET
;**********SET DATE*************************
SET_DATE:           MOV     LCD_ADDR,#14H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_DATE_NO:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,HIGH_DATE_YES
                    MOV     LCD_ADDR,#14H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     A,HIGH_DATE_DATA
                    SWAP    A
                    ADD     A,LOW_DATE_DATA
                    MOV     DATE_DATA,A
                    SETB    C
NO_SET_DATE:        RET
;***********SET MONTH**********************
SET_MONTH:          MOV     LCD_ADDR,#17H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
HIGH_MONTH_NO:      CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,HIGH_MONTH_YES
                    MOV     LCD_ADDR,#17H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     HIGH_MONTH_NO
HIGH_MONTH_YES:     CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#01
                    SUBB    A,DATA
                    JC      HIGH_MONTH_NO
                    MOV     HIGH_MONTH_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,HIGH_MONTH_DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#17H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#18H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     LCD_DATA,#0FEH
                    CALL    WRCHAR_LCD
LOW_MONTH_NO:       CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,LOW_MONTH_YES
                    MOV     LCD_ADDR,#18H
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_MONTH_NO
LOW_MONTH_YES:      CALL    KEY
                    MOV     A,DATA
                    CJNE    A,#0FFH,LOW_MONTH_PASS
                    JMP     LOW_MONTH_YES
LOW_MONTH_PASS:     MOV     A,HIGH_MONTH_DATA
                    CJNE    A,#01H,LOW_MONTH_TWO
                    CLR     C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CALL    LCD_BLINK
                    JMP     LOW_YEAR_NO
LOW_YEAR_YES:       CALL    KEY
                    CLR     C
                    MOV     A,#09
                    SUBB    A,DATA
                    JC      LOW_YEAR_NO
                    MOV     LOW_YEAR_DATA,DATA
                    MOV     ASCII_DATA_IN,DATA
                    CALL    ASCII
                    MOV     LCD_ADDR,#1BH
                    CALL    SET_ADDR_LCD
                    MOV     A,LOW_YEAR_DATA
                    MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                    CALL    WRCHAR_LCD
                    MOV     A,HIGH_YEAR_DATA
                    SWAP    A
                    ADD     A,LOW_YEAR_DATA
                    MOV     YEAR_DATA,A
LOOP_YEAR_SET:      CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#77H,LOOP_YEAR_SET
                    CALL    SETED_DATE
                    RET
;**********ACSII*****************************
ASCII:              MOV     A,ASCII_DATA_IN
                    PUSH    ACC
                    SWAP    A
                    LCALL   HTOAS
                    MOV     R4,A
                    POP     ACC
                    LCALL   HTOAS
                    MOV     ASCII_DATA_OUT,A
                    RET
HTOAS:              ANL     A,#0FH
                    CJNE    A,#0AH,$+3
                    JNC     HTOAS1
                    ORL     A,#30H
                    RET
HTOAS1:             SUBB    A,#9
                    ORL     A,#40H
                    RET
;**********DEC TO HEX**********************
DEC_HEX:            PUSH    ACC
                    MOV     R0,DEC_HEX_IN
                    MOV     A,R0
                    SWAP    A
                    ANL     A,#0FH
                    MOV     R1,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    DJNZ    R2,LP_SCAN
                    MOV     R3,#0FFH
SN_RET:             RET
;***********READ KEY DATA ******************
KEY:                CJNE    R3,#0EEH,KEY2
BOUND1:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND1
                    MOV     DATA,#0FFH
                    JMP     KEY_END
KEY2:               CJNE    R3,#0EDH,KEY3           ;1
BOUND2:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND2
                    MOV     DATA,#1
                    JMP     KEY_END
KEY3:               CJNE    R3,#0EBH,KEY4           ;2
BOUND3:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND3
                    MOV     DATA,#2
                    JMP     KEY_END
KEY4:               CJNE    R3,#0E7H,KEY5           ;3
BOUND4:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND4
                    MOV     DATA,#3
                    JMP     KEY_END
KEY5:               CJNE    R3,#0DEH,KEY6
BOUND5:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND5
                    MOV     DATA,#0FFH
                    JMP     KEY_END
KEY6:               CJNE    R3,#0DDH,KEY7           ;4
BOUND6:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND6
                    MOV     DATA,#4
                    JMP     KEY_END
KEY7:               CJNE    R3,#0DBH,KEY8           ;5
BOUND7:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND7
                    MOV     DATA,#5
                    JMP     KEY_END
KEY8:               CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND8
                    MOV     DATA,#6
                    JMP     KEY_END
KEY9:               CJNE    R3,#0BEH,KEY10
BOUND9:             CALL    SCAN
                    CJNE    R3,#0FFH,BOUND9
                    MOV     DATA,#0FFH
                    JMP     KEY_END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SWAP    A
ANL     A,#0FH
MOV     ASCII_DATA_IN,A
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#0EH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     LCD_ADDR,#0DH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,#':'
CALL    WRCHAR_LCD
CALL    TIME_READ
MOV     A,MIN_RD
ANL     A,#0FH
MOV     ASCII_DATA_IN,A
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#0CH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
CALL    TIME_READ
MOV     A,MIN_RD
SWAP    A
ANL     A,#0FH
MOV     ASCII_DATA_IN,A
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#0BH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
MOV     LCD_ADDR,#0AH
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,#':'
CALL    WRCHAR_LCD
CALL    TIME_READ
MOV     A,HOUR_RD
ANL     A,#0FH
MOV     ASCII_DATA_IN,A
CALL    ASCII
MOV     LCD_ADDR,#09H
CALL    SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
CALL    WRCHAR_LCD
CALL    TIME_READ
MOV     A,HOUR_RD
SWAP    A
ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                CALL    WRCHAR_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#4AH
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,#'/'
                CALL    WRCHAR_LCD
                CALL    DATE_READ
                MOV     A,DATE_RD
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA_IN,A
                CALL    ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#49H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                CALL    WRCHAR_LCD
                CALL    DATE_READ
                MOV     A,DATE_RD
                SWAP    A
                ANL     A,#0FH
                MOV     ASCII_DATA_IN,A
                CALL    ASCII
                MOV     LCD_ADDR,#48H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     LCD_DATA,ASCII_DATA_OUT
                CALL    WRCHAR_LCD
                RET
;**********TIME INITIAL SUB R6-R7**********
INIT_TIME:      MOV     R6,#8EH
                MOV     R7,#00H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#80H
                MOV     R7,#00H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#82H
                MOV     R7,#00H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#84H
                MOV     R7,#00H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#86H
                MOV     R7,#00H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#88H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                MOV     R6,#8EH
                MOV     R7,#80H
                LCALL   BYTEWR
                CALL    DELAY_10MS
                RET
;*********BYTEWR SUB**********************
BYTEWR:         CLR     I_ODATA
                LCALL   DELAY
                SETB    RST
                LCALL   DELAY
                MOV     B,#8
                CLR     C
BYTEWR1:        MOV     A,R6
                RRC     A
                MOV     R6,A
                MOV     I_ODATA,C
                LCALL   SCLKRW
                DJNZ    B,BYTEWR1
                MOV     B,#8
                CLR     C
BYTEWR2:        MOV     A,R7
                RRC     A
                MOV     R7,A
                MOV     I_ODATA,C
                LCALL   SCLKRW
                DJNZ    B,BYTEWR2
                CLR     RST
                LCALL   DELAY
                RET
;*********BYTERD SUB**********************
BYTERD:         SETB    I_ODATA
                LCALL   DELAY
                SETB    RST
                LCALL   DELAY
                MOV     B,#8
                CLR     C
BYTERD1:        MOV     A,R6
                RRC     A
                MOV     R6,A
                MOV     I_ODATA,C
                LCALL   SCLKCOM
                DJNZ    B,BYTERD1
                MOV     B,#8
                MOV     R7,#0
BYTERD2:        LCALL   SCLKRW
                MOV     A,R7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***********LCD MODUAL*********************
INIT_LCD:       CALL    DELAY_100MS
                PUSH    DPL
                PUSH    DPH
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00111000B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                CALL    DELAY_10MS
                CALL    LCD_OFF
                CALL    LCD_CLR
                CALL    MODE_ENTRY
                CALL    LCD_HOME
                RET
;*************CLR LCD*******************
LCD_CLR:        PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#0FA00H
                MOV     A,#00000001B
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPH
                POP     DPL
                CALL    LCD_CLK
                RET
;************CLR_LINE1*******************
CLR_LINE1:      MOV     LCD_ADDR,#00H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#CLR
                CALL    WRLINE_LCD
                RET
;************CLR_LINE2*******************
CLR_LINE2:      MOV     LCD_ADDR,#40H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#CLR
                CALL    WRLINE_LCD
                RET
;***********CLR_LINE3*******************
CLR_LINE3:      MOV     LCD_ADDR,#10H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#CLR
                CALL    WRLINE_LCD
                RET
;***********CLR_LINE4*******************
CLR_LINE4:      MOV     LCD_ADDR,#50H
                CALL    SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#CLR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        MOVX    @DPTR,A
                        POP     DPH
                        POP     DPL
                        CALL    LCD_CLK
                        RET
;**********LCD_BLINK**********************
LCD_BLINK:              PUSH    DPH
                        PUSH    DPL
                        MOV     DPTR,#0FA00H
                        MOV     A,#00001111B
                        MOVX    @DPTR,A
                        POP     DPH
                        POP     DPL
                        CALL    LCD_CLK
                        RET
;**********LCD LEFT SHIFT DISPLAY**************
LCD_LSHF:               PUSH    DPH
                        PUSH    DPL
                        MOV     DPTR,#0FA00H
                        MOV     A,#00011000B
                        MOVX    @DPTR,A
                        POP     DPH
                        POP     DPL
                        CALL    LCD_CLK
                        RET
;**********LCD RIGHT SHIFT DISPLAY*************
LCD_RSHF:               PUSH    DPH
                        PUSH    DPL
                        MOV     DPTR,#0FA00H
                        MOV     A,#00011100B
                        MOVX    @DPTR,A
                        POP     DPH
                        POP     DPL
                        CALL    LCD_CLK
                        RET
;**********LCD_ADDR**********************
SET_ADDR_LCD:           PUSH    DPH
                        PUSH    DPL
                        MOV     DPTR,#0FA00H
                        MOV     A,LCD_ADDR
                        SETB    ACC.7
                        MOVX    @DPTR,A
                        POP     DPH
                        POP     DPL
                        CALL    LCD_CLK
                        RET
;**********WRCHAR_LCD**********************
WRCHAR_LCD:             PUSH    DPH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    DJNZ            74H,DELAY_1S_1
                    RET
FUNC1:      DB      '>TIME  SETTING     '
FUNC2:      DB      '>SLAVE SETTING     '
FUNC3:      DB      '>DATE  SETTING     '
FUNC33:     DB      '>TEMP  SETTING     '
FUNC22:     DB      '>HUMID SETTING     '
FUNC11:     DB      '>TURN  SETTING     '
FUNC00:     DB      '>ALARM SETTING     '
FUNC44:     DB      '>STATUS            '
FUNC55:     DB      '>DATA LOCKER       '
FUNC01:     DB      ' !...READING...!   '
FUNC02:     DB      ' !...SENDING...!   '
FUNC03:     DB      '!...COMPLETE...!   '
FUNC_INCUB: DB      '  INCUBATOR:--     '
FUNC_INCUB1:DB      '  INCUBATOR:       '
FUNC_ALARM: DB      ' TURN  TIME:--     '
FUNC_ALM:   DB      'ALARM  DATE:--     '
FUNC_TEMP:  DB      'TEMP SET:--.-',0DFH,'c '
TEMPDISP:   DB      'TEMP: . .',0DFH,'C     '
MENU_SHOW:  DB      '  SELECT MENU      '
M_SLAVE:    DB      '  SLAVE MENU       '
TIME_SHOW:  DB      'hh:mm:ss           '
DATE_SHOW:  DB      'dd:mm:yy           '
CLR:        DB      '                   '
S_TEMP:     DB      '  SLAVE TEMP:      '
S_TIME:     DB      ' SLAVE  TURN:      '
S_ALARM:    DB      ' SLAVE ALARM:      '
ALARM_DTE:  DB      'ALARM DATE ',7EH,'     '
ALARM_TRN:  DB      'TURN TIME  ',7EH,'     '
ST_TEMP_SHOW: DB    'TEMP',7EH,'  .  00.0  '
                    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดควบคุมย่อย

```
DATA_IN                 EQU   20H
HEX_DATA                EQU   21H
DEC_DATA        EQU   22H
ONEWIRE_DATA            EQU   23H
I2C_ADDR                EQU   24H
I2C_DATA                EQU   25H
DA_DATA                 EQU   26H
EEPROM_DATA             EQU   27H
EEPROM_ID1              EQU   28H
ALARM_CHK               EQU   29H
COUNT_TIMER1            EQU   2AH
COUNT_TIMER2            EQU   2BH
COUNT_TIMER3            EQU   2CH
COUNT_TIMER4            EQU   2DH
DATA_COM                EQU   2EH
FLAG                    EQU   2FH
COUNT_TIMER5            EQU   30H
CHK_BACK                EQU   31H
HUMID_COMX              EQU   32H
DA_ERROR                EQU   33H
DA_COM                  EQU   34H
FLAG_MOTOR              EQU   2FH
BUSY_MOTOR              BIT   FLAG_MOTOR.4
BUSY                    BIT   FLAG.0
I2C_ACK                 BIT   FLAG.0
WATCHDOG                BIT   P3.4
LAMP_SW                 BIT   P0.4
P_LAMP                  BIT   P0.6
POSITION                BIT   P0.7
MULTIPLEX               BIT   P1.0
ONEWIRE1                BIT   P1.1
ONEWIRE2                BIT   P3.2
P_MOTOR                 BIT   P1.5
C_MOTOR                 BIT   P1.4
P_ALARM                 BIT   P1.6
P_TEMP                  BIT   P3.5
P_HUMID                 BIT   P3.3
SCL                     BIT   P3.6
SDA                     BIT   P3.7
SCL1                    BIT   P3.6
SDA1                    BIT   P3.7
SCL2                    BIT   P1.3
SDA2                    BIT   P1.2
MOTOR_SW                BIT   P0.5
PCF8591_ID              EQU   10010000B
EEPROM_CODE             EQU   10100000B
;**********************BACKUP***************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEMP_COM                EQU   40H
HUMID_MIN               QU    41H
HUMID_MAX               EQU   42H
EEPROM_ID2              EQU   43H
EEPROM_BLK              EQU   44H
COUNT_L                 EQU   45H
COUNT_H                 EQU   46H
CHK_MOTOR               EQU   47H
                        ORG   0000H
                        LJMP  MAIN
                        ORG   0023H
                        JNB   RI,$
                        MOV   A,SBUF
                        MOV   DATA_COM,A
                        CLR   RI
                        MOV   A,P0
                        ANL   A,#0FH
                        MOV   HEX_DATA,A
                        LCALL HEX_DEC
                        MOV   A,DEC_DATA
                        CJNE  A,DATA_COM,END_INT
                        LCALL LOOP_CHK1
END_INT:                RETI
;**********RESTORE FROM BACKUP*****************
MAIN:                   MOV   COUNT_TIMER1,#04H
                        MOV   COUNT_TIMER2,#00H
                        MOV   COUNT_TIMER3,#80H
                        MOV   COUNT_TIMER4,#05H
                        MOV   COUNT_TIMER5,#05H
                        MOV   DATA_COM,#00H
                        MOV   ALARM_CHK,#00H
                        MOV   CHK_BACK,#00H
                        MOV   R0,#40H
                        MOV   R1,#00H
RESTORE1:               CPL   WATCHDOG  ;RESTORE BACKUP
                        MOV   EEPROM_ID1,R1
                        LCALL READ_EEPROM1
                        MOV   A,EEPROM_DATA
                        MOV   @R0,A
                        INC   R0
                        INC   R1
                        LCALL DELAY_100MS
                        CPL   WATCHDOG
                        CJNE  R1,#08H,RESTORE1
                        MOV   P0,#0FFH
                        CLR   P_MOTOR
                        SETB  C_MOTOR
                        CLR   P_ALARM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CLR    P_LAMP
                    CLR    P_TEMP
                    CLR    P_HUMID
                    MOV    DA_DATA,#200
                    LCALL  PCF8591_WR
                    MOV    PCON,#80H
                    MOV    SCON,#0F0H
                    MOV    TMOD,#20H
                    MOV    TH1,#0FDH
                    SETB   TR1
                    SETB   EA
LOOP_MAIN:          DJNZ   COUNT_TIMER2,NO_PRESS
                    MOV    COUNT_TIMER2,#00H
                    CPL    WATCHDOG
                    DJNZ   COUNT_TIMER3,NO_PRESS
                    MOV    COUNT_TIMER3,#80H
                    CPL    WATCHDOG
                    LCALL  TEMP_CUT
                    CPL    WATCHDOG
NO_PRESS:           CLR    MULTIPLEX
                    SETB   REN
                    SETB   SM2
                    SETB   ES
                    AJMP   LOOP_MAIN
;**********LOOP CHKI**********
LOOP_CHKI:          MOV    DATA_COM,#00H
                    CLR    MULTIPLEX
                    CLR    ES
                    SETB   REN
                    CLR    SM2
                    JNB    RI,$
                    MOV    A,SBUF
                    MOV    DATA_IN,A
                    CLR    RI
                    MOV    A,DATA_IN
                    CJNE   A,#0FH,LOOP1   ;SEND ADDRESS
                    LCALL  DELAY_10MS
                    CPL    WATCHDOG
                    SETB   MULTIPLEX
                    CLR    ES
                    SETB   SM2
                    CLR    TB8
                    CLR    REN
                    MOV    A,P0
                    ANL    A,#0FH
                    MOV    HEX_DATA,A
                    LCALL  HEX_DEC
                    MOV    A,DEC_DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV    SBUF,A
                    JNB    TI,$
                    CLR    TI
                    MOV    DATA_IN,#00H
                    LJMP   LOOP
LOOP1:              CJNE   A,#10H,LOOP2    ;BACK EGG
                    CPL    WATCHDOG
                    MOV    A,CHK_MOTOR
                    CJNE   A,#01H,YES_BACK
                    AJMP   NO_BACK
YES_BACK:           MOV    CHK_BACK,#01H
                    CPL    WATCHDOG
NO_BACK:            MOV    DATA_IN,#00H
                    LJMP   LOOP
LOOP2:              CJNE   A,#11H,LOOP3    ;ALARM
                    MOV    ALARM_CHK,#01
                    SETB   P_ALARM
                    MOV    CHK_MOTOR,#01H
                    MOV    EEPROM_ID1,#07H
                    MOV    EEPROM_DATA,#01H
                    LCALL  WRITE_EEPROM1
                    LJMP   LOOP
LOOP3:              CJNE   A,#12H,LOOP4 ;TEMP COMPARATOR
                    PUSH   EEPROM_ID2
                    PUSH   EEPROM_BLK
                    CLR    MULTIPLEX
                    CLR    ES
                    SETB   REN
                    CLR    SM2
                    CPL    WATCHDOG
                    JNB    RI,$
                    MOV    A,SBUF
                    MOV    TEMP_COM,A
                    CLR    RI
                    MOV    EEPROM_BLK,#00H
                    MOV    EEPROM_ID2,#08H
                    MOV    EEPROM_DATA,A
                    LCALL  WRITE_EEPROM2
                    LCALL  DELAY_100MS
                    MOV    EEPROM_ID1,#00H
                    MOV    EEPROM_DATA,TEMP_COM
                    LCALL  WRITE_EEPROM1
                    POP    EEPROM_BLK
                    POP    EEPROM_ID2
                    MOV    DATA_IN,#00H
                    LJMP   LOOP
LOOP4:              CJNE   A,#13H,LOOP5 ;SHOW  TEMP
TEMP_READ:          SETB   MULTIPLEX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     EEPROM_BLK
                MOV     EEPROM_ID2,#00H
                LCALL   DELAY_100MS
NO_BLANK3:      CPL     WATCHDOG
                MOV     A,EEPROM_DATA
                CJNE    A,#0FFH,SEND_LOOP
                POP     EEPROM_ID2
                POP     EEPROM_BLK
                MOV     DATA_IN,#00H
                SETB    P_TEMP
                LJMP    LOOP
LOOP6:          CJNE    A,#15H,LOOP7    BACK EGG WRITE
                PUSH    EEPROM_ID2
                PUSH    EEPROM_BLK
                CLR     MULTIPLEX
                CLR     ES
                SETB    REN
                CLR     SM2
                CPL     WATCHDOG
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                CLR     RI
                MOV     EEPROM_BLK,#00H
                MOV     EEPROM_ID2,#01H
                MOV     EEPROM_DATA,A
                LCALL   WRITE_EEPROM2
                LCALL   DELAY_10MS
                POP     EEPROM_BLK
                POP     EEPROM_ID2
                MOV     DATA_IN,#00H
                LJMP    LOOP
LOOP7:          CJNE    A,#16H,LOOP8    ;ALARM WRITE
                PUSH    EEPROM_ID2
                PUSH    EEPROM_BLK
                CLR     MULTIPLEX
                CLR     ES
                SETB    REN
                CLR     SM2
                CPL     WATCHDOG
                JNB     RI,$
                MOV     A,SBUF
                MOV     DATA_IN,A
                CLR     RI
                MOV     EEPROM_BLK,#00H
                MOV     EEPROM_ID2,#00H
                MOV     EEPROM_DATA,DATA_IN
                LCALL   WRITE_EEPROM2
                LCALL   DELAY_100MS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    EEPROM_DATA,HUMID_MAX
                LCALL  WRITE_EEPROM1
                POP    EEPROM_BLK
                POP    EEPROM_ID2
                MOV    DATA_IN,#00H
                LJMP   LOOP
LOOP9:          CJNE   A,#18H,LOOP10  ;SAMPLING RATE
                CLR    MULTIPLEX
                CLR    ES
                SETB   REN
                CLR    SM2
                CPL    WATCHDOG
                JNB    RI,$
                MOV    A,SBUF
                MOV    DEC_DATA,A
                LCALL  DEC_HEX
                MOV    A,HEX_DATA
                CLR    RI
                MOV    EEPROM_BLK,#00H
                MOV    EEPROM_ID2,#11
                MOV    EEPROM_DATA,A
                LCALL  WRITE_EEPROM2
                LCALL  DELAY_10MS
                MOV    R1,#02
DATE_WR:        JNB    RI,$
                MOV    A,SBUF
                CLR    RI
                MOV    EEPROM_ID2,R1
                MOV    EEPROM_DATA,A
                LCALL  WRITE_EEPROM2
                LCALL  DELAY_10MS
                INC    R1
                CJNE   R1,#08,DATE_WR
                MOV    EEPROM_BLK,#00H
                MOV    EEPROM_ID2,#15
                MOV    DATA_IN,#00H
                MOV    COUNT_L,#00H
                MOV    COUNT_H,#00H
                LJMP   LOOP
LOOP10:         CJNE   A,#19H,LOOP11  ;SHOW  HUMID
HUMID_READ:     SETB   MULTIPLEX
                SETB   SM2
                CLR    ES
                CLR    TB8
                CLR    REN
                MOV    A,P2
                MOV    SBUF,A
                JNB    TI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV     COUNT_L,A
                    CJNE    A,#100,NO_INCH
                    MOV     COUNT_L,#00H
                    INC     COUNT_H
NO_INCH:            LCALL   DELAY_100MS
                    PUSH    EEPROM_ID2
                    PUSH    EEPROM_BLK
                    MOV     EEPROM_ID2,#13
                    MOV     EEPROM_DATA,COUNT_L
                    LCALL   WRITE_EEPROM2
                    LCALL   DELAY_100MS
                    MOV     EEPROM_ID2,#14
                    MOV     EEPROM_DATA,COUNT_H
                    LCALL   WRITE_EEPROM2
                    LCALL   DELAY_100MS
                    POP     EEPROM_BLK
                    POP     EEPROM_ID2
                    LJMP    LOOP
LOOP12:             CJNE    A,#21H,LOOP13     ;DEC DATE
                    PUSH    EEPROM_ID2
                    PUSH    EEPROM_BLK
                    CLR     MULTIPLEX
                    CLR     ES
                    SETB    REN
                    CLR     SM2
                    CPL     WATCHDOG
                    JNB     RI,$
                    MOV     A,SBUF
                    MOV     DATA_IN,A
                    CLR     RI
                    MOV     EEPROM_BLK,#00H
                    MOV     EEPROM_ID2,#12
                    MOV     EEPROM_DATA,A
                    LCALL   WRITE_EEPROM2
                    LCALL   DELAY_10MS
                    POP     EEPROM_BLK
                    POP     EEPROM_ID2
                    MOV     DATA_IN,#00H
                    LJMP    LOOP
LOOP13:             CJNE    A,#22H,LOOP14
                    MOV     R0,#40H
                    MOV     R1,#00H
RESTORE2:           MOV     EEPROM_ID1,R1
                    MOV     A,@R0
                    MOV     EEPROM_DATA,A
                    LCALL   WRITE_EEPROM1
                    INC     R0
                    INC     R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        MOV     A,ALARM_CHK
                        CJNE    A,#00H,TEMP_MIN
                        CLR     P_ALARM
;***********CHECK ERROR*************************
TEMP_MIN:               LCALL   TEMP_READ1
                        MOV     A,ONEWIRE_DATA
                        MOV     B,A
                        MOV     A,TEMP_COM
                        CLR     C
                        SUBB    A,B
                        JNC     T_SKIP1
                        MOV     A,#00H
T_SKIP1:                MOV     DA_ERROR,A
                        MOV     A,#10
                        CLR     C
                        SUBB    A,DA_ERROR
                        JNC     NO_ERROR1
                        MOV     A,#00H
NO_ERROR1:              MOV     B,#18
                        MUL     AB
                        MOV     DA_COM,A
                        CLR     C
                        MOV     A,DA_DATA
                        SUBB    A,DA_COM
                        JC      TEMP_DEC;READ MORE THAN SETPOINT
                        MOV     A,DA_DATA
                        CJNE    A,DA_COM,P_SKIP1
                        AJMP    TEMP_END
P_SKIP1:                DEC     DA_DATA
                        LCALL   PCF8591_WR
                        AJMP    TEMP_END
TEMP_DEC:               MOV     A,DA_DATA
                        CJNE    A,DA_COM,P_SKIP2
                        AJMP    TEMP_END
P_SKIP2:                INC     DA_DATA
                        LCALL   PCF8591_WR
;***********CHECK SW*************************
TEMP_END:               JB      MOTOR_SW,SKIP_8
                        CLR     C_MOTOR
SKIP_8:                 JB      LAMP_SW,SKIP_POSITION
SKIP_10:                LCALL   DELAY_100MS
                        CPL     WATCHDOG
                        JNB     LAMP_SW,SKIP_10
                        JNB     P_ALARM,SKIP_12
                        CLR     P_ALARM
                        MOV     ALARM_CHK,#00H
                        AJMP    SKIP_END
SKIP_12:                CPL     P_LAMP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV   I2C_DATA,EEPROM_ID1
                    LCALL I2C_WR1
                    LCALL EEPROM_RD1
                    MOV   EEPROM_DATA,I2C_DATA
                    RET
I2C_WR1:            PUSH  ACC
                    MOV   A,I2C_DATA
                    MOV   R5,#8
I2C_WR11:           RLC   A
                    MOV   SDA1,C
                    LCALL I2C_CLK1
                    DJNZ  R5,I2C_WR11
                    SETB  SDA1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    SETB  SCL1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    CLR   SCL1
                    POP   ACC
                    RET
I2C_RD1:            PUSH  ACC
                    CLR   A
                    MOV   R5,#8
I2C_RD11:           LCALL I2C_DELAY1
                    SETB  SCL1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    MOV   C,SDA1
                    RLC   A
                    CLR   SCL1
                    DJNZ  R5,I2C_RD11
                    MOV   I2C_DATA,A
                    POP   ACC
                    RET
EEPROM_RD1:         CALL  I2C_START1
                    MOV   I2C_DATA,#EEPROM_CODE+1
                    LCALL I2C_WR1
                    LCALL I2C_RD1
                    LCALL I2C_STOP1
                    RET
I2C_START1:         SETB  SCL1
                    SETB  SDA1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    CLR   SDA1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    CLR   SCL1
                    RET
I2C_STOP1:          CLR   SDA1
                    LCALL I2C_DELAY1
                    SETB  SCL1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    CLR   SCL2
                    POP   ACC
                    RET
I2C_RD2:            PUSH  ACC
                    CLR   A
                    MOV   R5,#8
I2C_RD22:           LCALL I2C_DELAY2
                    SETB  SCL2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    MOV   C,SDA2
                    RLC   A
                    CLR   SCL2
                    DJNZ  R5,I2C_RD22
                    MOV   I2C_DATA,A
                    POP   ACC
                    RET
EEPROM_RD2:         LCALL I2C_START2
                    MOV   A,EEPROM_BLK
                    RL    A
                    ORL   A,#EEPROM_CODE+1
                    MOV   I2C_DATA,A
                    LCALL I2C_WR2
                    LCALL I2C_RD2
                    LCALL I2C_STOP2
                    RET
I2C_START2:         SETB  SCL2
                    SETB  SDA2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    CLR   SDA2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    CLR   SCL2
                    RET
I2C_STOP2:          CLR   SDA2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    SETB  SCL2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    SETB  SDA2
                    RET
I2C_CLK2:           LCALL I2C_DELAY2
                    SETB  SCL2
                    LCALL I2C_DELAY2
                    CLR   SCL2
                    RET
I2C_DELAY2:         MOV   R6,#03
I2C_DELAY22:        NOP
                    NOP
                    DJNZ  R6,I2C_DELAY22
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    LCALL  I2C_DELAY
                    CLR    SDA
                    LCALL  I2C_DELAY
                    CLR    SCL
                    RET
I2C_STOP:           JNB    SCL,I2C_STOP01
                    CLR    SCL
I2C_STOP01:         CLR    SDA
                    LCALL  I2C_DELAY
                    CLR    SCL
                    LCALL  I2C_DELAY
                    SETB   SDA
                    RET
I2C_CLK:            LCALL  I2C_DELAY
                    SETB   SCL
                    LCALL  I2C_DELAY
                    CLR    SCL
                    RET
I2C_DELAY:          MOV    R6,#0CH
I2C_DELAY01:        NOP
                    NOP
                    DJNZ   R6,I2C_DELAY01
                    RET

;**********DS1820 READ**********
TEMP_READ1:         LCALL  DS1820_RST1
                    LCALL  DS1820_PRES1
                    MOV    ONEWIRE_DATA,#0CCH
                    LCALL  DS1820_WR1
                    MOV    ONEWIRE_DATA,#044H
                    LCALL  DS1820_WR1
                    SETB   BUSY
PRES_LOOP1:         LCALL  DS1820_RST1
                    LCALL  DS1820_PRES1
                    JB     BUSY,PRES_LOOP1
                    NOP
                    NOP
                    NOP
                    NOP
                    LCALL  DS1820_RST1
                    LCALL  DS1820_PRES1
                    MOV    ONEWIRE_DATA,#0CCH
                    LCALL  DS1820_WR1
                    MOV    ONEWIRE_DATA,#0BEH
                    LCALL  DS1820_WR1
                    LCALL  DS1820_RD1
                    LCALL  DS1820_RST1
                    LCALL  DS1820_PRES1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        DJNZ   R4,DS1820_PRES11
                        RET
DS1820_PRES13:          JNB    ONEWIRE1,$
                        MOV    R4,#8
                        DJNZ   R4,$
                        CLR    BUSY
                        RET
;**********DS1820 AUXILARY**********************
TEMP_READ2:             LCALL  DS1820_RST2
                        LCALL  DS1820_PRES2
                        MOV    ONEWIRE_DATA,#0CCH
                        LCALL  DS1820_WR2
                        MOV    ONEWIRE_DATA,#044H
                        LCALL  DS1820_WR2
                        SETB   BUSY
PRES_LOOP2:             LCALL  DS1820_RST2
                        LCALL  DS1820_PRES2
                        JB     BUSY,PRES_LOOP2
                        NOP
                        NOP
                        NOP
                        NOP
                        LCALL  DS1820_RST2
                        LCALL  DS1820_PRES2
                        MOV    ONEWIRE_DATA,#0CCH
                        LCALL  DS1820_WR2
                        MOV    ONEWIRE_DATA,#0BEH
                        LCALL  DS1820_WR2
                        LCALL  DS1820_RD2
                        LCALL  DS1820_RST2
                        LCALL  DS1820_PRES2
                        RET
DS1820_RD2:             MOV    R4,#8
                        CLR    A
DS1820_RD20:            CLR    ONEWIRE2
                        NOP
                        NOP
                        SETB   ONEWIRE2
                        NOP
                        NOP
                        NOP
                        NOP
                        MOV    C,ONEWIRE2
                        LCALL  DS_DELAY
                        RRC    A
                        DJNZ   R4,DS1820_RD20
                        MOV    ONEWIRE_DATA,A
                        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV    B,#10
                    DIV    AB
                    SWAP   A
                    ORL    A,B
                    MOV    DEC_DATA,A
                    POP    ACC
                    RET
DEC_HEX:            PUSH   ACC
                    MOV    A,DEC_DATA
                    SWAP   A
                    ANL    A,#0FH
                    MOV    B,#06
                    MUL    AB
                    MOV    B,A
                    MOV    A,DEC_DATA
                    SUBB   A,B
                    MOV    HEX_DATA,A
                    POP    ACC
                    RET
DELAY_1MS:          MOV    70H,#0E6H
DELAY_1MS1:         NOP
                    DJNZ   70H,DELAY_1MS1
                    RET
DELAY_10MS:         MOV    71H,#10
DELAY_10MS1:        MOV    72H,#0E6H
DELAY_10MS2:        NOP
                    NOP
                    DJNZ   72H,DELAY_10MS2
                    DJNZ   71H,DELAY_10MS1
                    RET
DELAY_100MS:        MOV    73H,#100
DELAY_100MS1:       MOV    74H,#0E6H
DELAY_100MS2:       NOP
                    DJNZ   74H,DELAY_100MS2
                    DJNZ   73H,DELAY_100MS1
                    RET
DELAY_1S:           MOV    75H,#100
DELAY_1S1:          LCALL  DELAY_10MS
                    DJNZ   75H,DELAY_1S1
                    RET
                    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการสั่งงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์

```
Option Explicit
Dim i, Count1, Dhh, Dmm, Dss, Hour_count, Min_count, Sec_count, Min_inc As Integer
Dim Data_show, List_Data, Head_List As String
Dim S_date, S_month, S_year, S_hour, S_min, S_sec As String
Dim file1, Text5_data, Text6_data As String
Dim Temp, Data_temp, Temp_true, Humid_true, Chk_temp1, D_humid1 As String
Dim Check, X_count, Temp_min, Temp_max, Temp_com, Humid_com, Humid_min, Humid_max As Integer
Dim Chk_t3, New_temp, Turn_data, Alarm_data, Hud_max, Hud_min, Count_day, Chk_day As Integer
Dim Temp_data, Chk_temp, Chk_zero, Data_humid As Variant
Dim Sec_data, Min_data, Hour_data, Date_data, Month_data, Day_data, Year_data As Integer
Dim Count_L, Count_H, Count_F, Pro_count, Count_send As Integer
Private Sub CmbPort_Click()
 On Error GoTo Err_Handle
   If MSComm.PortOpen = True Then MSComm.PortOpen = False
   MSComm.CommPort = Right(CmbPort.Text, 1)
   MSComm.PortOpen = True
   Text1 = CmbPort.Text & "," & "19200,N,8,1"
     Exit Sub
     Err_Handle:
   If Err.Number = 8002 Or 8018 Then MsgBox "Invalid port", vbInformation
 End Sub
Private Sub Cmdgraph_Click()
MSChart1.Visible = True
End Sub
Private Sub CmdSet_Click()
Pro1 = 0
Text10 = ""
Chk_zero = Text2
Hud_min = text19
Hud_max = text20
If CmbPort.Text = "" Then
   MsgBox "Unknow ComPort!", vbQuestion
   Else
         If Text2.Text = "" Or Chk_zero = 0 Then
           MsgBox "Please fill address !", vbQuestion
           CmdSet.Caption = "SET"
           Text2 = ""
           Exit Sub
           Else
           CmdSet.Enabled = False
                If CmdSet.Caption = "SET" Then
                  Turn_data = text4
                       If Turn_data <= 60 Then
                          Alarm_data = text17
                               If Alarm_data <= 31 Then
                               Temp_data = text18 * 10
                                    Chk_temp = Temp_data Mod 5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                If Chk_temp = 0 Then
                    If Hud_max >= Hud_min Then
                      CmdSet.Caption = "STOP"
            Text10 = "   Please Wait       !....Setting....!   Incubator " & Text2
                      MSComm.Output = "~"
                       Delay
                       MSComm.Output = Chr(Text2)
                        Delay
                        MSComm.Output = "8"
                        Delay
                        Timer3.Enabled = True
                      Exit Sub
                      Else
                     Text10 = "              Data is incorrect  !...Try again...! "
                       text19 = ""
                       text20 = ""
                       CmdSet.Enabled = True
                       Exit Sub
                       End If
                   Else
                   Text10 = "              Data is incorrect  !...Try again...! "
                   CmdSet.Caption = "SET"
                   text18 = ""
                   CmdSet.Enabled = True
                   Exit Sub
                   End If
                Else
                  Text10 = "                  Data is incorrect  !...Try again...! "
               CmdSet.Caption = "SET"
               text17 = ""
               CmdSet.Enabled = True
               Exit Sub
               End If
          Else
             Text10 = "                    Data is incorrect  !...Try again...! "
          CmdSet.Caption = "SET"
          text4 = ""
          CmdSet.Enabled = True
          Exit Sub
          End If
     Else
     CmdSet.Caption = "SET"
     Exit Sub
     End If
  End If
  Exit Sub
  End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub CmdSettime_Click()
Pro1 = 0
If CmbPort.Text = "" Then
Exit Sub
Else
CmdSettime.Enabled = False
 If CmdSettime.Enabled = False Then
            MSComm.Output = "~"
           Delay
           Pro1.Max = 100
           Pro1 = 10
            MSComm.Output = "1"
            Delay
            Pro1 = 20
            MSComm.Output = "7"
              Delay
              Pro1 = 30
                Delay
                Pro1 = 40
           Sec_data = Second(Time)
           MSComm.Output = Chr(Sec_data)
          Delay
          Pro1 = 50
          Min_data = Minute(Time)
           MSComm.Output = Chr(Min_data)
          Delay
          Pro1 = 60
           Hour_data = Hour(Time)
           MSComm.Output = Chr(Hour_data)
          Delay
          Pro1 = 70
          Date_data = Day(Date)
           MSComm.Output = Chr(Date_data)
          Delay
          Pro1 = 80
          Month_data = Month(Date)
           MSComm.Output = Chr(Month_data)
          Delay
          Pro1 = 90
           Day_data = Weekday(Date)
           MSComm.Output = Chr(Day_data)
          Delay
          Pro1 = 95
          Year_data = Right(Year(Date), 2)
          MSComm.Output = Chr(Year_data)
          Delay
          Pro1 = 100
          CmdSettime.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Text10 = "                    !...Complete...!"
             End If
            End If
End Sub

Private Sub cmdStart_Click()
Dim i As Integer
Dim Data_out As String
 Pro1 = 0
X_count = 0
Text10 = ""
Timer3.Enabled = False
   If CmbPort.Text = "" Then
   MsgBox "Unknow ComPort!", vbQuestion
   Exit Sub
   Else
If Text2 = "" Then
        MsgBox "Unknow Address!", vbQuestion
        Exit Sub
        ElseIf Text2 = "0" Then
        Text2 = ""
        MsgBox "Unknow Address!", vbQuestion
        Else
           If CmdStart.Caption = "READ" Then
            CmdStart.Caption = "STOP"
            MSComm.Output = "~"
             Delay1
             MSComm.Output = Chr(Text2)
              Delay1
             MSComm.Output = "9"
              Delay1
             Timer2.Enabled = True
           Exit Sub
           Else
           CmdStart.Caption = "READ"
           Timer2.Enabled = False
          End If
          Exit Sub
       End If
       Exit Sub
Exit Sub
End If
End Sub
Private Sub editsave_Click()
CommonDialog1.ShowSave
file1 = CommonDialog1.FileName
If file1 = "" Then
Exit Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ElseIf Asc(Temp) = "65" Then
            CmdStart.Caption = "STOP"
            Text3 = Text2
            CmdStart.Enabled = True
            tmrUARTIn.Enabled = True
             CmdStart.Enabled = False
            Else
            End If
        Else
        End If
            Else
  Exit Sub
  End If
Else
Exit Sub
End If
End Sub
Private Sub Timer3_Timer()
Dim i As Integer
Temp = 0
 tmrUARTIn.Enabled = False
 Timer2.Enabled = False
If CmdSet.Caption = "STOP" Then
   MSComm.DTREnable = False
   MSComm.DTREnable = True
   MSComm.InputLen = 0
      If MSComm.InBufferCount Then
         MSComm.InputMode = comInputModeText
         Temp = MSComm.Input
         If Asc(Temp) = "66" Then
        Text10 = "   !...Not found...!      Incubator " & Text2 & "  !... Try again...!"
         CmdSet.Caption = "SET"
         CmdSet.Enabled = True
         Text2 = ""
         ElseIf Asc(Temp) = "65" Then
         Text10 = "Writing..!"
         CmdSet.Caption = "SET"
        CmdSet.Enabled = False
         Pro1.Max = 100
         Delay
         Pro1 = 10
         MSComm.Output = Chr(text4)
         Delay
         Pro1 = 20
        MSComm.Output = Chr(text17)
        Delay
        Pro1 = 30
         New_temp = text18 * 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        S_sec = 0
        S_min = 0
        S_hour = 0
        S_date = 0
        S_month = 0
        S_year = 0
        Temp_min = 0
        Humid_min = 0
    ElseIf Count1 = 2 Then
    ElseIf Count1 = 3 Then
    Text2 = Asc(Temp)
    ElseIf Count1 = 4 Then
     Text9 = Asc(Temp)
     Chk_day = Asc(Temp)
    ElseIf Count1 = 5 Then
    Text7 = Asc(Temp)
    ElseIf Count1 = 6 Then
    S_sec = Temp
    Sec_count = Asc(S_sec)
    Text6 = Format(Asc(S_hour), "00") & ":" _
    & Format(Asc(S_min), "00") & ":" & Format(Asc(S_sec), "00")
    ElseIf Count1 = 7 Then
    S_min = Temp
    Min_count = Asc(S_min)
    Text6 = Format(Asc(S_hour), "00") & ":" _
    & Format(Asc(S_min), "00") & ":" & Format(Asc(S_sec), "00")
    ElseIf Count1 = 8 Then
    S_hour = Temp
    Hour_count = Asc(S_hour)
    Text6 = Format(Asc(S_hour), "00") & ":" _
    & Format(Asc(S_min), "00") & ":" & Format(Asc(S_sec), "00")
    ElseIf Count1 = 9 Then
    S_date = Temp
    Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/" _
    & Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
    ElseIf Count1 = 10 Then
    S_month = Temp
    Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/" _
    & Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
    ElseIf Count1 = 11 Then
    S_year = Temp
    Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/"
    & Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
    ElseIf Count1 = 12 Then
    Text8 = Asc(Temp) / 2
    ElseIf Count1 = 13 Then
    Text11 = Asc(Temp)
    ElseIf Count1 = 14 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                If Temp_max >= Temp_com Then
                Text14 = Temp_max
                Else
                Temp_max = Temp_com
                Text14 = Temp_max
                End If
            Else
                If Count1 = 20 Then
                Data_humid = Asc(Temp)
                Humid_min = Data_humid
                Humid_max = Data_humid
                Else
                End If
            Data_humid = Temp
            Humid_true = Asc(Data_humid)
            MSChart1.Column = 2
            MSChart1.ColumnLabel = "HUMID (%)        "
            MSChart1.RowCount = X_count
            MSChart1.Row = MSChart1.RowCount
            MSChart1.Data = Asc(Data_humid)
            Humid_com = Humid_true
                If Humid_min <= Humid_com Then
                Text15 = Humid_min
                Else
                Humid_min = Humid_com
                Text15 = Humid_min
                End If
                If Humid_max >= Humid_com Then
                Text16 = Humid_max
                Else
                Humid_max = Humid_com
                Text16 = Humid_max
                End If
        List_Data1.Text = List_Data1.Text & vbCrLf & (Count1 - 18) / 2 & Chr(9) & Format(Asc(Data_temp) / 2, ".0") & Chr(9) & Asc
(Data_humid) _
        & Chr(9) & Format(Hour_count, "00") & ":" & Format(Min_count, "00") _
        & ":" & Format(Sec_count, "00")
        Min_count = Min_count + Min_inc
          If Min_count = 60 Then
            Min_count = 0
            Hour_count = Hour_count + 1
            ElseIf Min_count > 60 Then
            Min_count = Min_count - 60
            Hour_count = Hour_count + 1
            Else
            End If
            If Hour_count = 24 Then
                        Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Option Explicit
Dim i, Count1, Count2, Count3, Dhh, Dmm, Dss, Hour_count, Min_count, Sec_count, Min_inc As Integer
Dim Data_show, List_Data, Head_List As String
Dim S_date, S_month, S_year, S_hour, S_min, S_sec As String
Dim file1, Text5_data, Text6_data As String
Dim Temp, Data_temp, Temp_true, Humid_true, Chk_temp1, D_humid1 As String
Dim Check, Temp_min, Temp_max, Temp_Com, Humid_Com, Humid_min, Humid_max As Integer
Dim Chk_t3, New_temp, Turn_data, Alarm_data, Hud_max, Hud_min, Count_day As Integer
Dim Temp_data, Chk_temp, Chk_zero, Data_humid As Variant
Dim Sec_data, Min_data, Hour_data, Date_data, Month_data, Day_data, Year_data As Integer
Dim Pro_count, Count_send As Integer
Dim Count_L, Count_H, Count_f, Chk_port As Integer
Dim Temp_Co, Humid_Co As String
Dim Chk_error As Integer

Private Sub Cmdgraph_Click()
If Combo1.Text = "" Then
Exit Sub
Else
If L_Limit > X_count Then
MsgBox "Value Error"
Else
X_count31 = 0
Temp = 0
Form3.Show
End If
End If
End Sub
Private Sub CmdSelect_Click()
Dim Select_Type As Integer
Select_Type = Left(CmdSelect.Text, 2)
Select Case Select_Type
Case 1
text4 = 50
text17 = 18
text18 = 37.5
text19 = 60
text20 = 70
text21 = 30
Case 2
text4 = 0
text17 = 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
text17 = 25
text18 = 37.5
text19 = 60
text20 = 70
text21 = 30
Case 10
text4 = 0
text17 = 3
text18 = 37
text19 = 70
text20 = 75
text21 = 30
Case 11
text4 = 50
text17 = 15
text18 = 37.5
text19 = 60
text20 = 70
text21 = 30
Case 12
text4 = 0
text17 = 2
text18 = 37
text19 = 60
text20 = 70
text21 = 30
End Select
End Sub

Private Sub CmdSet_Click()
CmdSet.Enabled = False
LED1.ColorScheme = Green_LED
LED1.Blink = False
LED1.State = LED_On
If CmdSet.Enabled = False Then
        If MSComm.PortOpen = False Then
         MSComm.CommPort = PortData
        MSComm.PortOpen = True
        Else
        MSComm.PortOpen = False
        End If
Text10 = ""
Chk_zero = Text2
Hud_min = text19
Hud_max = text20
        If Text2.Text = "" Or Chk_zero = 0 Then
        MsgBox "กรุณาเลือกชุดความคุมย่อยมีกครั้ง", vbQuestion
        CmdSet.Caption = "เซ็ตค่า"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Else
                    Text10 = "      ข้อมูลไม่ถูกต้อง      พยายามอีกครั้ง "
                    MSComm.PortOpen = False
                CmdSet.Caption = "เซ็ตค่า"
                text4 = ""
                CmdSet.Enabled = True
                Exit Sub
                End If
            Else
            CmdSet.Caption = "เซ็ตค่า"
             MSComm.PortOpen = False
            Exit Sub
            End If
        Exit Sub
        End If
    End If
End Sub

Private Sub CmdSettime_Click()
Text10 = ""
CmdSettime.Enabled = False
LED1.ColorScheme = Green_LED
LED1.Blink = False
LED1.State = LED_On
If CmdSettime.Enabled = False Then
            If MSComm.PortOpen = False Then
        MSComm.CommPort = PortData
        MSComm.PortOpen = True
        Else
        MSComm.PortOpen = False
        End If
        Pro1.Max = 100
            MSComm.Output = "~"
            Delay
             MSComm.Output = "1"
             Delay
              MSComm.Output = "7"
              Pro1.Visible = True
              Pro1 = 10
                Delay
                Pro1 = 20
                 Delay
             Sec_data = Second(Time)
             MSComm.Output = Chr(Sec_data)
             Pro1 = 30
            Delay
            Min_data = Minute(Time)
             MSComm.Output = Chr(Min_data)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MsgBox "กรุณาเลือกชุดควบคุมย่อยอีกครั้ง", vbQuestion
         MSComm.PortOpen = False
        Exit Sub
        ElseIf Text2 = "0" Then
        Text2 = ""
        MsgBox "กรุณาเลือกชุดควบคุมย่อยอีกครั้ง", vbQuestion
         MSComm.PortOpen = False
        Else
        Timer7.Enabled = True
           If CmdStart.Caption = "อ่าน" Then
             CmdStart.Caption = "หยุด"
             MSComm.Output = "~"
              Delay1
              MSComm.Output = Chr(Text2)
               Delay1
              MSComm.Output = "9"
               Delay1
              Timer2.Enabled = True
           Exit Sub
           Else
           CmdStart.Caption = "อ่าน"
           Timer2.Enabled = False
          End If
          Exit Sub
          End If
        Exit Sub
      End Sub
Private Sub EditPrint_Click()
CommonDialog1.ShowPrinter
End Sub


Private Sub Combo1_Click()
If Right(Combo1.Text, 3) = 100 Then
L_Limit = 1
H_Limit = 100
ElseIf Right(Combo1.Text, 3) = 200 Then
L_Limit = 101
H_Limit = 200
ElseIf Right(Combo1.Text, 3) = 300 Then
L_Limit = 201
H_Limit = 300
ElseIf Right(Combo1.Text, 3) = 400 Then
L_Limit = 301
H_Limit = 400
ElseIf Right(Combo1.Text, 3) = 500 Then
L_Limit = 401
H_Limit = 500
ElseIf Right(Combo1.Text, 3) = 600 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Else
Timer3.Enabled = False
End If
CmdSettime.Enabled = True
 End Sub



Private Sub Setport_Click()
LED1.ColorScheme = Green_LED
LED1.State = LED_On
LED1.Blink = False
Timer5.Enabled = False
Form2.Show
End Sub



Private Sub Timer1_Timer()
StatusBar1.Panels(1).Text = "Com" & PortData & ":19200,N,8,1"
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
Dim i As Integer
Temp = 0
If CmdStart.Caption = "หยุด" Then
   MSComm.DTREnable = False
   MSComm.DTREnable = True
   MSComm.InputLen = 0
   If tmrUARTIn.Enabled = False Then
      If MSComm.InBufferCount Then
         MSComm.InputMode = comInputModeText
         Temp = MSComm.Input
         If Asc(Temp) = "66" Then
         CmdStart.Caption = "อ่าน"
        Text10 = "   ไม่พบตู้ฟักที่ " & Text2 & "   พยายามอีกครั้ง"
         MSComm.PortOpen = False
         Text2 = ""
          CmdStart.Enabled = True
         ElseIf Asc(Temp) = "65" Then
         CmdStart.Caption = "หยุด"
         Text3 = Text2
         CmdStart.Enabled = True
         tmrUARTIn.Enabled = True
          CmdStart.Enabled = False
         Else
         End If
      Else
      End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Delay
            Pro1 = 60
            MSComm.Output = Chr(text21)
            Delay
            Pro1 = 70
            Delay
            Pro1 = 80
            Delay
            Pro1 = 90
            Delay
            Pro1 = 100
            CmdSet.Enabled = True
          Text10 = "                    !...เสร็จแล้ว...!"
          MSComm.PortOpen = False
          Delay
          Pro1.Visible = False
           Text2 = ""
           Else
           Exit Sub
           End If
       Else
       Exit Sub
       End If

Else
Exit Sub
End If

End Sub

Private Sub Timer4_Timer()
tmrUARTIn.Enabled = False
End Sub
Private Sub Timer5_Timer()
PortData = 1
End Sub

Private Sub Timer6_Timer()
Dim Min_data1 As Integer
Hour_data = Hour(Time)
If Hour_data >= Hour_count Then
Min_data = Minute(Time)
Min_data1 = Min_data - Min_count
      If Min_data1 > Min_inc Then
            Count2 = Count2 + 1
          Count1 = Count1 + 1
          Check = Count1 Mod 2
              If Check = 1 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Min_count = Min_count + Min_inc
                 If Min_count = 60 Then
                    Min_count = 0
                    Hour_count = Hour_count + 1
                    ElseIf Min_count > 60 Then
                    Min_count = Min_count - 60
                    Hour_count = Hour_count + 1
                    Else
                    End If
                    If Hour_count = 24 Then
                    Hour_count = 0
                    Count_day = Count_day + 1
                    Else
                    Exit Sub
                    End If
                Exit Sub
                End If
                Else
                End If
ElseIf Hour_data < Hour_count Then
Else
End If
End Sub

Private Sub Timer7_Timer()
Chk_error = Chk_error + 1
If Chk_error = 5 Then
Text10 = "   ระบบไม่ตอบสนอง   กรุณาตรวจเช็คสายพอร์ต"
CmdStart.Caption = "อ่าน"
LED1.State = LED_On
LED1.ColorScheme = Red_LED
LED1.Blink = True
If MSComm.PortOpen = True Then
MSComm.PortOpen = False
Else
End If
Else
End If
End Sub

Private Sub Timer8_Timer()
LED1.ColorScheme = Green_LED
LED1.Blink = False
LED1.State = LED_On
End Sub

Private Sub tmrUARTIn_Timer()
Dim i, Chk As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/"
& Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
ElseIf Count1 = 10 Then
S_month = Temp
Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/" _
& Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
ElseIf Count1 = 11 Then
S_year = Temp
Text5 = Format(Asc(S_date), "00") & "/" _
& Format(Asc(S_month), "00") & "/20" & Format(Asc(S_year), "00")
ElseIf Count1 = 12 Then
Text8 = Asc(Temp) / 2
ElseIf Count1 = 13 Then
Text11 = Asc(Temp)
ElseIf Count1 = 14 Then
Text12 = Asc(Temp)
ElseIf Count1 = 15 Then
Min_inc = Asc(Temp)
Text23 = Asc(Temp)
ElseIf Count1 = 16 Then
Text24 = Asc(Temp)
ElseIf Count1 = 17 Then
Count_L = Asc(Temp)
ElseIf Count1 = 18 Then
Count_H = Asc(Temp)
Count_f = (Count_H * 100) + Count_L
Else
Count2 = Count2 + 1
If Asc(Temp) = "165" Then
Delay
CmdStart.Caption = "อ่าน"
CmdStart.Enabled = False
Timer6 = False
Text10 = "                    !...เสร็จแล้ว...!"
Text2 = ""
MSComm.PortOpen = False
Timer4.Enabled = True
CmdGraph.Enabled = True
LED1.Blink = False
Exit Sub
Else
If Count2 > 254 Then
Chk = (Count2 + 1) Mod 256
If Chk = 0 Then
Temp = Temp_Co
Chk = 2
ElseIf Chk = 1 Then
Temp = Humid_Co
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    Text15 = Humid_min
                    Else
                    Humid_min = Humid_Com
                    Text15 = Humid_min
                    End If
                    If Humid_max >= Humid_Com Then
                    Text16 = Humid_max
                    Else
                    Humid_max = Humid_Com
                    Text16 = Humid_max
                    End If
                List_Data1.Text = List_Data1.Text & vbCrLf & (Count1 - 18) / 2 & Chr(9) & Format(Asc(Data_temp) / 2, ".0") & Chr(9) & Asc
(Data_humid) _
                & Chr(9) & Format(Hour_count, "00") & ":" & Format(Min_count, "00") _
                & ":" & Format(Sec_count, "00")
                Count3 = Count3 + 1
                DigitBox1.DigitDisplay = Count3
                LED1.Blink = True
                Min_count = Min_count + Min_inc
                  If Min_count = 60 Then
                    Min_count = 0
                    Hour_count = Hour_count + 1
                    ElseIf Min_count > 60 Then
                    Min_count = Min_count - 60
                    Hour_count = Hour_count + 1
                    Else
                    End If
                    If Hour_count = 24 Then
                    Hour_count = 0
                    Count_day = Count_day + 1
                    Else
                    Exit Sub
                    End If
                Exit Sub
                End If

            End If
            Exit Sub
          End If
      Else
      Exit Sub
      End If
  Else
  Exit Sub
  End If
End Sub
Private Sub Delay()
Dim a As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    a = Timer + 1#
    Do While Timer < a
      'DoEvents
    Loop
End Sub
Private Sub Delay1()
Dim a As Single
    a = Timer + 0.8
    Do While Timer < a
      'DoEvents
    Loop
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

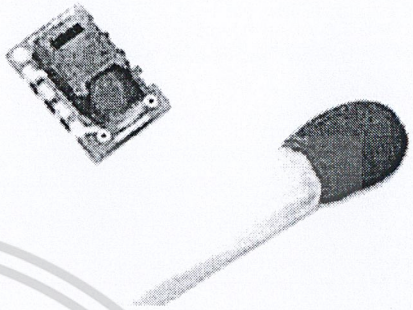
ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

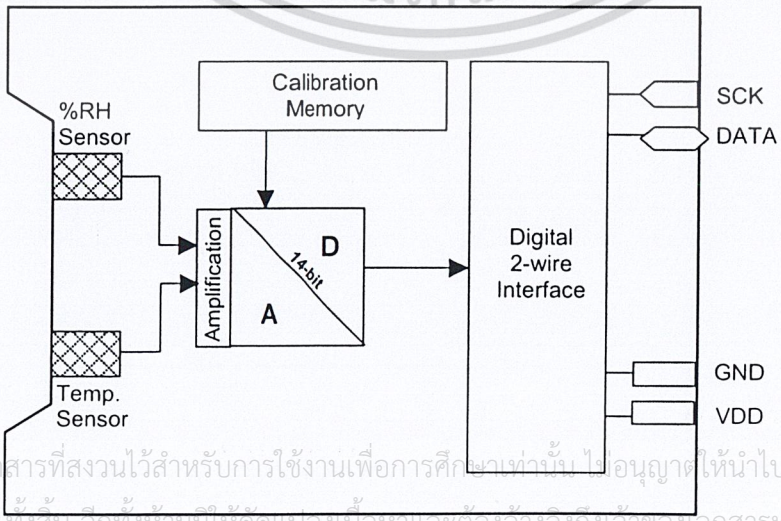
The SHT1x is a single chip relative humidity and temperature multi sensor module comprising a calibrated digital output. Application of industrial CMOS processes with customized post processing (CMOSens™ technology) ensures highest reliability and excellent long term stability. The device includes two 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

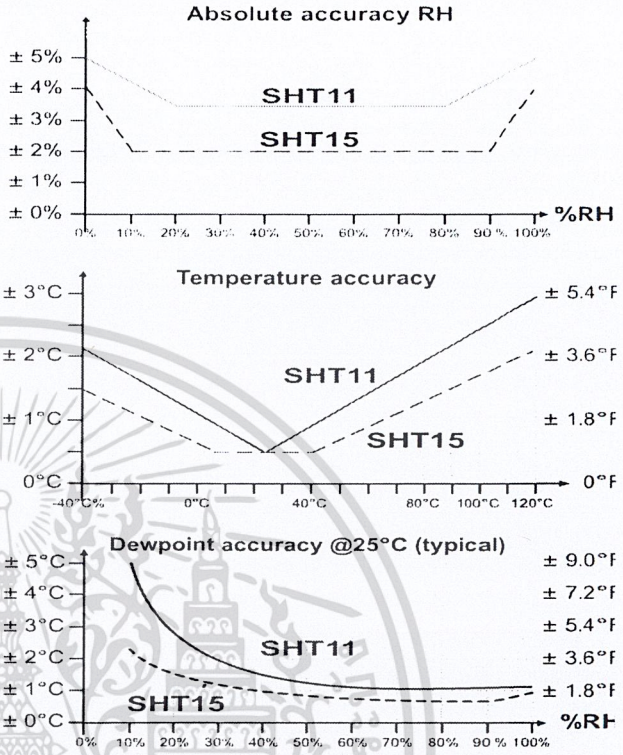


Figure 1 RH, Temperature and dewpoint accuracies

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:

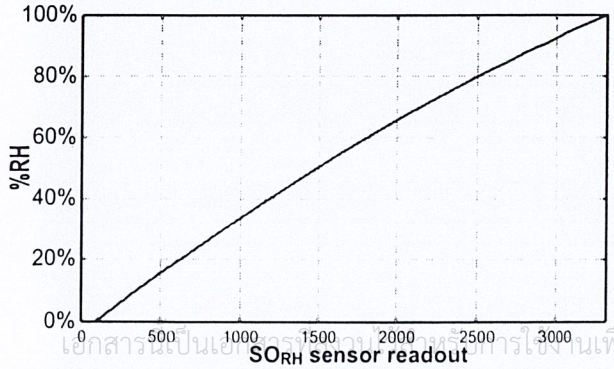
$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \bullet SO_{RH} + c_3 \bullet SO_{RH}^2$$

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[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.

2 Serial Interface

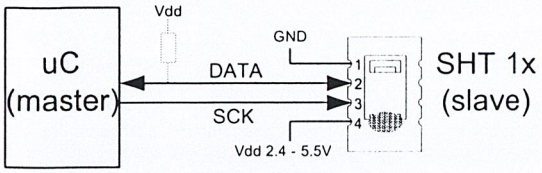


Figure 2 Typical application circuit

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.

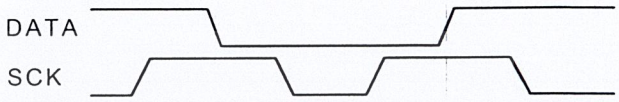


Figure 3 "Transmission Start" sequence

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.

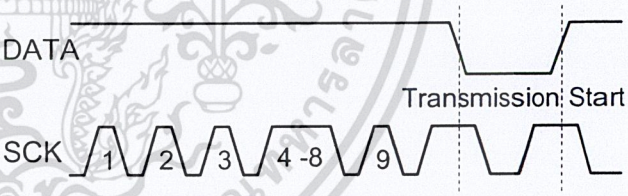
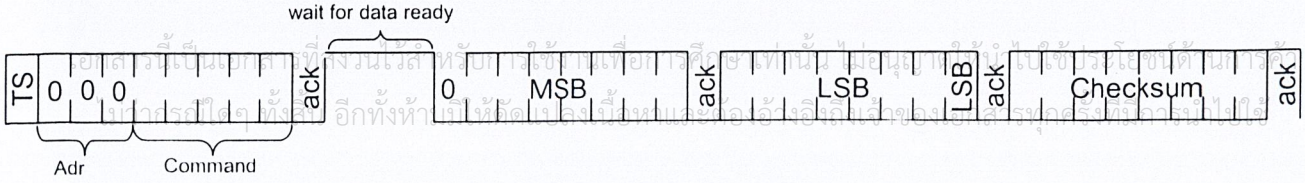


Figure 4 Connection reset sequence

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



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.

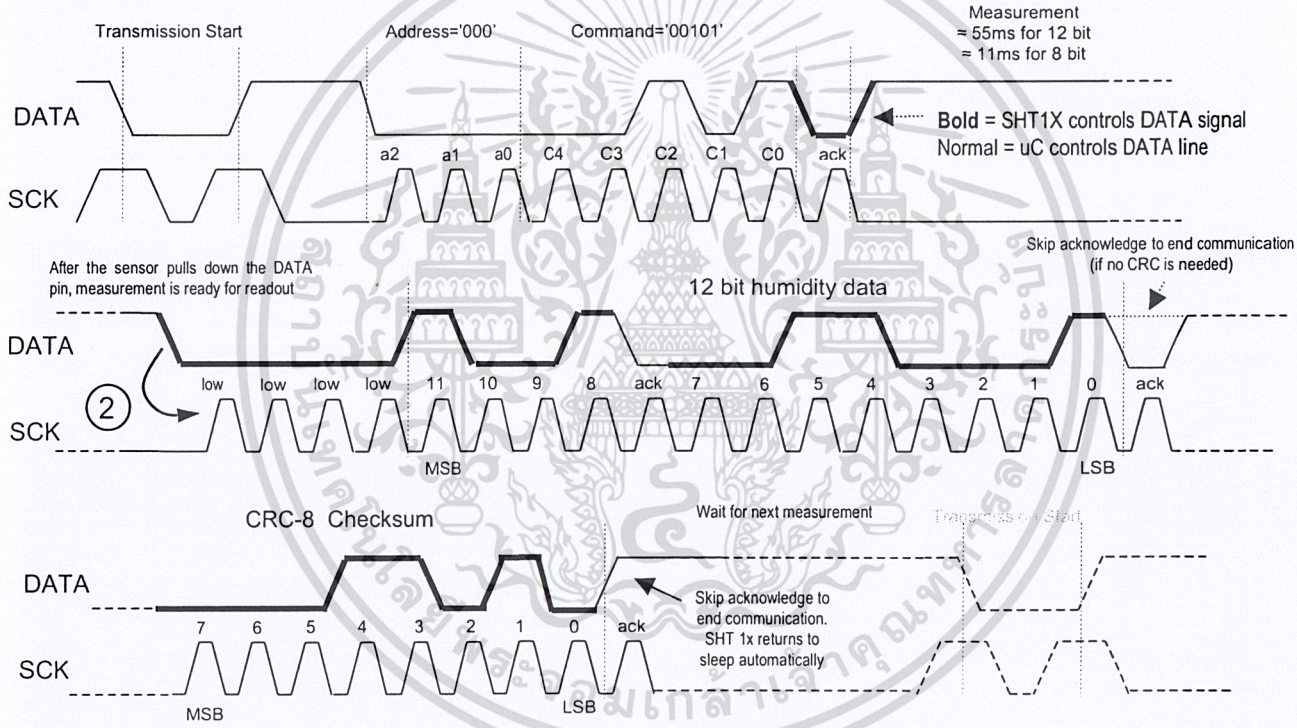


Figure 5 Example RH measurement sequence for value "0000'1001 ' 0011'0001"= 2353 = 75.79%RH

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 ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Specifications SHT1x

3.1 Absolute Maximum Ratings

Ambient Storage Temperature: -40°C to 120°C

3.2 Operating Conditions

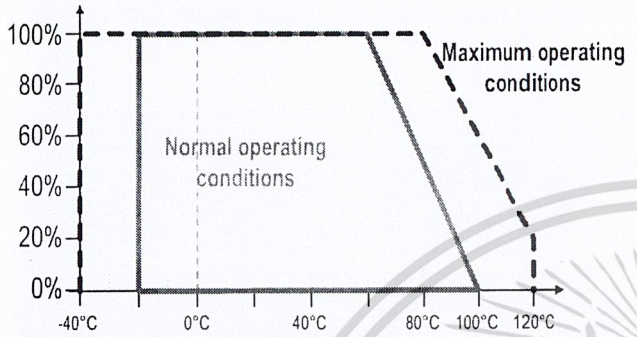


Figure 6 Recommended operating conditions

Temperatures outside the recommended range may temporarily offset the RH signal by up to +3%RH. The sensor will slowly return to calibration conditions but heating the device up to 90°C at <5%RH for 24h will reverse the effect of high RH, high temperature environments promptly. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing of the sensor.

3.3 Special Conditions

Extensive tests were performed in various environments. Please contact us for complete qualification results.

3.4 Electrical Specifications[1]

3.4.1 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)).
Latch-up immunity is provided at a force current of ±100 mA with T_{amb}=80°C according to JEDEC 17.

3.4.2 DC Characteristics

VDD=5V, Temperature= 25°C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	measuring		550		µA
	average	2[2]	28[3]		µA
	sleep		0.3	1	µA
Low level output voltage		0		20%	Vdd
High level output voltage		75%		100%	Vdd
Low level input voltage	Negative going	0		20%	Vdd
High level input voltage	Positive going	80%		100%	Vdd
Input current on pads				1	µA
Output peak current	on			4	mA
	Tristated (off)		10		µA

Table 4 SHT1x DC Characteristics

3.4.3 I/O Characteristics

	Parameter	Conditions	Min	Typ.	Max.	Unit
F_{SCK}	SCK frequency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T_{RFO}	DATA fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T_{CLH}	SCK high time		100			ns
T_{CLL}	SCK low time		100			ns
T_V	DATA valid from			50		ns
T_{HO}	Output hold time		0	10		ns
T_R/T_F	SCK rise/fall time				200	ns

Table 5 SHT1x I/O Signals Characteristics

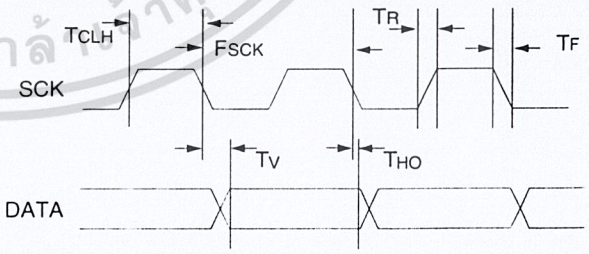


Figure 7 Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) Parameters are periodically sampled and not 100% tested
(2) With one measurement of 8 bit accuracy without OTP reload per second
(3) With one measurement of 12bit accuracy per second

4 Physical Dimensions and Mounting Information

4.1 Package type

The device is supplied in a surface-mountable LCC type package. The sensors housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate.
Device size is 7.62 x 5.08 x 2.5 mm. Weight 100mg
Other packaging options are available on request.

4.2 Mounting Recommendations

The relative humidity of a gas strongly depends on its temperature. It is therefore essential to keep the sensor at the same temperature as the air of which the humidity is to be measured.
If the SHT1x shares a PCB with heating electronic components it should be mounted below the heat source and the housing must remain well ventilated. To reduce heat conduction copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB should be minimized and a slit may be milled in between.

Prolonged direct exposure of the SHT1x to strong light or UV radiation should be avoided.

4.3 Wiring considerations and signal integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in crosstalk and loss of communication. This may be resolved by routing VDD and/or GND between the two signals.

4.4 Soldering Information

The SHT1x can be soldered using standard reflow ovens at maximum 225°C for 20 seconds. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C
Please consult the application note "Soldering procedure" for detailed instructions.

4.5 Delivery Conditions

The SHT1x will be delivered in standard IC tubes by max. 80 pieces per tube. Other delivery options may be available on request.

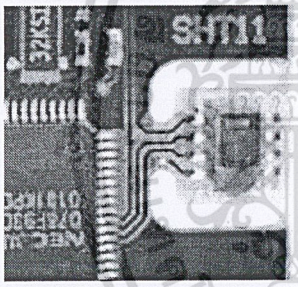
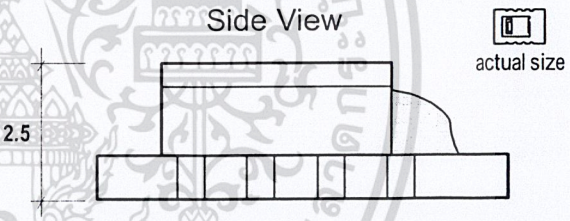
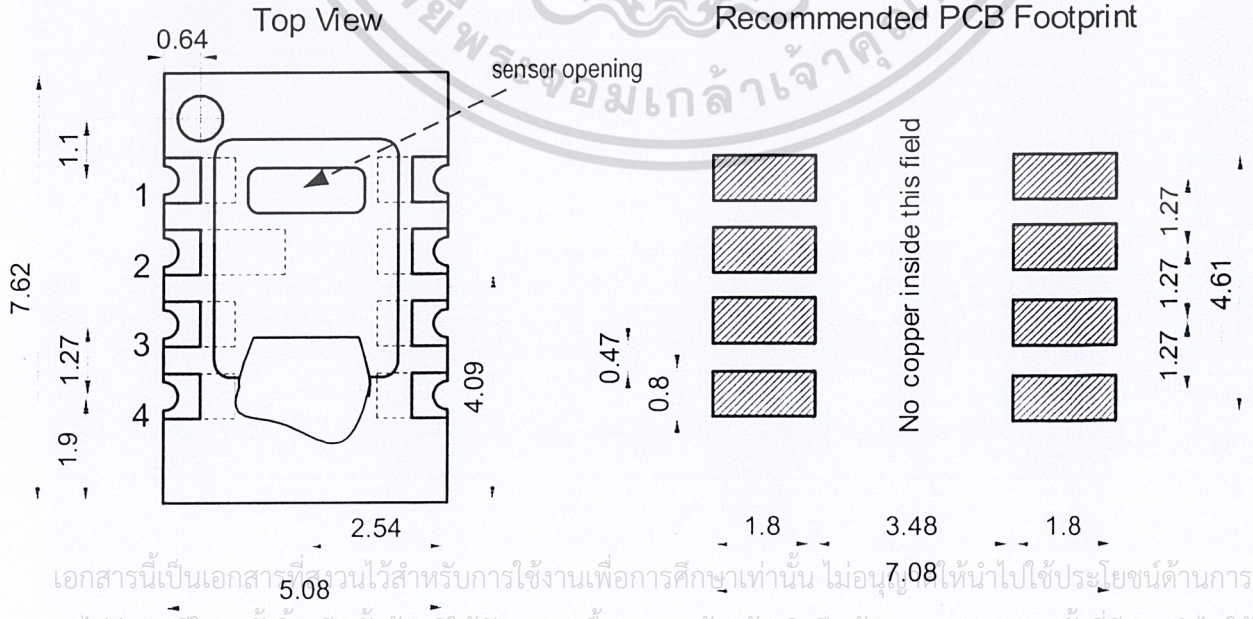


Figure 8 Mounting example





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

all measurements in mm

5 Revision history

Date	Page	Changes
February 2002	1-9	First public release
February (2) 2002	4	Corrected CRC information to match application note
March 2002	2	Extended SHT11 3.5 accuracy range to 20%-80%
	8	Added image of mounting example
	2	Changed coefficients of temperature conversion formula
		Various small modifications

The latest version of this document and all application notes can be found at:
www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

6 Important Notices

The warranty for each SENSIRION AG product comes in the form of a written warranty which governs sale and use of such product. Such warranty is contained in the printed terms and conditions under which such product is sold, or in a separate written warranty supplied with the product. Please refer to such written warranty with respect to its applicability to certain applications of such product.

These products may be subject to restrictions on use. Please contact SENSIRION AG for a list of the current additional restrictions on these products. By purchasing these products, the purchaser of these products agrees to comply with such restrictions. Please contact SENSIRION AG for clarification of any restrictions described herein.
SENSIRION AG reserves the right, without further notice, to change the SENSIRION SHT1x Relative Humidity and Temperature Sensor product specifications and/or information in this document and to improve reliability, functions and design.

SENSIRION AG assumes no responsibility or liability for any use of SENSIRION SHT1x product. Application examples and alternative uses of the SENSIRION SHT1x are for illustration purposes only and SENSIRION AG makes no representation or warranty that such applications shall be suitable for the use specified.

Copyright© 2001-2002, SENSIRION AG.
All rights reserved.

7 Caution

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
Eggbühlstr. 14
P.O. Box
CH-8052 Zürich
Switzerland

Phone: + 41 (0)1 306 40 00
Fax: + 41 (0)1 306 40 30
e-mail: info@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

SENSIRION

SHTxx
Humidity & Temperature
Sensmitter

Application Note
Status Register

1 Introduction

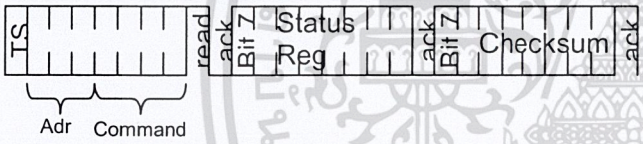
Some of the advanced functions of the SHTxx are available through the status register.
This document describes the required communication and the features available through the status register.

2 Revision History

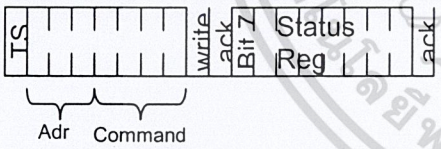
August 27, 2001	C2	URO	Revision 0.9 (Preliminary)
October 20, 2001	C2	URO	Revision 1.00 changed to new CI
November 12, 2001	C2	URO	Revision 1.10 added status register bit for resolution
November 22, 2001	C2	URO	Revision 1.11 corrected polarity of resolution bit
January 24,2002	C1	URO	Revision 1.2 default values bit 4-7, EOL paragraph, small typos

3 The Status Register

3.1.1 Status Register read



3.1.2 Status Register write



3.1.3 Status Register

Bit	Type	Description	Default	
7		reserved	0	
6	R	End of Life (low voltage detection)	X	
5		reserved	0	
4		reserved	0	
3		For Testing only, do not use	0	
2	R/W	Heater	0	off
1	R/W	no reload from OTP	0	reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0	12bit RH 14bit Temp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 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 SHT11 is heated!

3.1.5 End Of Life (EOL, low voltage detector)

The SHT11 End of Life (EOL) function detects VDD voltages below 2.45V. Accuracy is ±0.1V
Warning: This bit is only updated during a measurement.

3.1.6 Calibration reload before measurement

To save power and gain speed the OTP reload before every measurement may be bypassed. This saves ~8.2ms from each measurement time.
Explanation:
In rare ESD environments the SHT11 may temporarily lose the calibration data from the volatile memory. Default is therefore to reread it from the OTP memory before every measurement.

3.1.7 Measurement resolution

The 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
"0" is 12/14bit "1" is 8/12bit.

3.2 Digital state machine

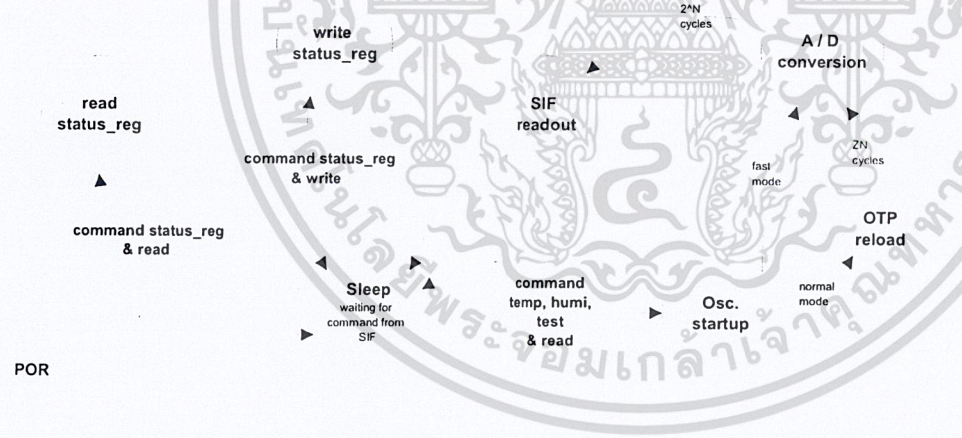


Figure 1 Digital Finite State Machine State Diagram

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
Eggbühlstr. 14
P.O. Box
CH-8052 Zürich
Switzerland

Phone: + 41 (0)1 306 40 00
Fax: + 41 (0)1 306 40 30
e-mail: info@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตกรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมถึงการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHTxx
Humidity & Temperature
Sensmitter

Application Note
CRC

1 Introduction

A CRC checksum is calculated over the whole transmission. If a CRC mismatch is detected, the SHTxx should be reset (command "00011110") and the measurement should be repeated.

2 Theory

CRC stands for Cyclic Redundancy Check. It is one of the most effective error detection schemes and requires a minimal amount of hardware.
For in-depth information on CRC we recommend the comprehensive: "A painless guide to CRC error detection algorithms" available at: http://www.repairfaq.org/filipg/LINK/F_crc_v3.html

The polynomial used in the SHTxx is: $x^8+ x^5+ x^4$. The types of errors that are detectable with this polynomial are:
1. Any odd number of errors anywhere within the transmission.
2. All double-bit errors anywhere within the transmission.
3. Any cluster of errors that can be contained within an 8-bit "window" (1-8 bits incorrect).
4. Most larger clusters of errors.

The CRC register initializes with the value of the lower nibble of the status register ("0000'$s_3s_2s_1s_0$", default "00000000"). It covers the whole transmission (command and response bytes) without the acknowledge bits. See the datasheet SHT11 on page 4 for an example of CRC readout.
The receiver can perform the CRC calculation upon the first part of the original message and then compare the result with the received CRC- 8. If a CRC mismatch is detected, the SHTxx should be reset (command "00011110") and the measurement should be repeated.

This application note will cover two methods for checking the CRC. The first "Bitwise" is more suited for hardware or lowlevel implementation while the later "Bytewise" is the preferred method for more powerful microcontroller solutions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Bitwise

With the bitwise method, the receiver copies the structure of the CRC generator in hard- or software.
An algorithm to calculate this could look like this:

1) Initialise CRC Register to low nibble of status register (reversed ($s_0s_1s_2s_3$'0000))
2) Compare each (transmitted and received) bit with bit 7
3) If the same: shift CRC register, bit0='0'
   else: shift CRC register and then invert bit4 and bit5, bit0='1' (see figure 1)
4) receive new bit and go to 2)
5) The CRC value retrieved from the SHTxx must be reversed (bit 0 = bit 7, bit 1=bit 6 … bit 7 = bit 0) and can then be compared to the final CRC value.[2]

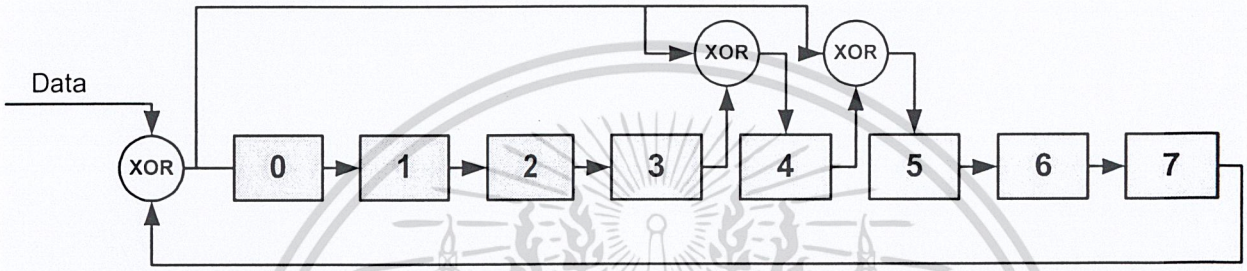


Figure 1 Internal structure of the SHTxx CRC-8 generator

2.1.1 Example for bitwise

Example 2: RH Measurement (as example in datasheet)

Input bit's	CRC Value 0011'0001	0x	dec	Comment
	0000'0000			Start with contents of status register[1]
0	0000'0000	00	0	1st bit of command
0	0000'0000	00	0	2nd bit of command
0	0000'0000	00	0	…
0	0000'0000	00	0	
0	0000'0000	00	0	
1	0011'0001			CRC EXOR polynom
0	0110'0010			
1	**1111'0101**	**F5**	**245**	**CRC after command**
0	1101'1011			1st byte (MSB) of measurement
0	1000'0111			
0	0011'1111			
0	0111'1110			
1	1100'1101			
0	1010'1011			
0	0110'0111			
1	**1111'1111**	**FF**	**255**	**CRC value**
0	1100'1111			2nd byte (LSB) of measurement
0	1010'1111			
1	0101'1110			
1	1000'1101			
0	0010'1011			
0	0101'0110			
0	1010'1100			
1	**0101'1000**	**58**	**88**	**Final CRC value**

Example 1: readout of status register containing 0x40

Input bit's	CRC Value 0011'0001	0x	dec	Comment
	0000'0000			Start with contents of status register[1]
0	0000'0000	00	0	1st bit of command
0	0000'0000	00	0	2nd bit of command
0	0000'0000	00	0	…
0	0000'0000	00	0	
0	0000'0000	00	0	
1	0011'0001			CRC EXOR polynom
1	0101'0011			
1	**1001'0111**	**97**	**151**	**CRC after command**
0	0001'1111			1st bit (MSB) of status register
1	0000'1111			
0	0001'1110			
0	0011'1100			
0	0111'1000			
0	1111'0000			
0	1101'0001			
0	**1001'0011**	**93**	**147**	**Final CRC value**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) Low nibble only, whole byte reversed ($s_0s_1s_2s_3$'0000)
(2) This is different to other CRC implementations

2.2 Bytewise

With this implementation the CRC data is stored in a 256 byte lookup table.
Perform the following operations:

1. Initialize the CRC register with the value of the lower nibble of the value of the status register (reversed ($s_0s_1s_2s_3$'0000)). (default '00000000' = 0)
2. XOR each (transmitted and received) byte with the previous CRC value.
   The result is the new byte that you need to calculate the CRC value from.
3. Use this value as the index to the table to obtain the new CRC value.
4. Repeat from 2.) until you have passed all bytes through the process.
5. The last byte retrieved from the table is the final CRC value.
6. The CRC value retrieved from the SHTxx must be reversed (bit 0 = bit 7, bit 1=bit 6 ... bit 7 = bit 0) and can then be compared to the final CRC value.[2]

2.2.1 256 byte CRC Lookup table

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**
0	49	98	83	196	245	166	151	185	136	219	234	125	76	31	46	67	114	33	16	135	182	229	212	250	203	152	169	62	15	92	109
32	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**62**	**63**
134	183	228	213	66	115	32	17	63	14	93	108	251	202	153	168	197	244	167	150	1	48	99	82	124	77	30	47	184	137	218	235
64	**65**	**66**	**67**	**68**	**69**	**70**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**	**76**	**77**	**78**	**79**	**80**	**81**	**82**	**83**	**84**	**85**	**86**	**87**	**88**	**89**	**90**	**91**	**92**	**93**	**94**	**95**
61	12	95	110	249	200	155	170	132	181	230	215	64	113	34	19	126	79	28	45	186	139	216	233	199	246	165	148	3	50	97	80
96	**97**	**98**	**99**	**100**	**101**	**102**	**103**	**104**	**105**	**106**	**107**	**108**	**109**	**110**	**111**	**112**	**113**	**114**	**115**	**116**	**117**	**118**	**119**	**120**	**121**	**122**	**123**	**124**	**125**	**126**	**127**
187	138	217	232	127	78	29	44	2	51	96	81	198	247	164	149	248	201	154	171	60	13	94	111	65	112	35	18	133	180	231	214
128	**129**	**130**	**131**	**132**	**133**	**134**	**135**	**136**	**137**	**138**	**139**	**140**	**141**	**142**	**143**	**144**	**145**	**146**	**147**	**148**	**149**	**150**	**151**	**152**	**153**	**154**	**155**	**156**	**157**	**158**	**159**
122	75	24	41	190	143	220	237	195	242	161	144	7	54	101	84	57	8	91	106	253	204	159	174	128	177	226	211	68	117	38	23
160	**161**	**162**	**163**	**164**	**165**	**166**	**167**	**168**	**169**	**170**	**171**	**172**	**173**	**174**	**175**	**176**	**177**	**178**	**179**	**180**	**181**	**182**	**183**	**184**	**185**	**186**	**187**	**188**	**189**	**190**	**191**
252	205	158	175	56	9	90	107	69	116	39	22	129	176	227	210	191	142	221	236	123	74	25	40	6	55	100	85	194	243	160	145
192	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**	**205**	**206**	**207**	**208**	**209**	**210**	**211**	**212**	**213**	**214**	**215**	**216**	**217**	**218**	**219**	**220**	**221**	**222**	**223**
71	118	37	20	131	178	225	208	254	207	156	173	58	11	88	105	4	53	102	87	192	241	162	147	189	140	223	238	121	72	27	42
224	**225**	**226**	**227**	**228**	**229**	**230**	**231**	**232**	**233**	**234**	**235**	**236**	**237**	**238**	**239**	**240**	**241**	**242**	**243**	**244**	**245**	**246**	**247**	**248**	**249**	**250**	**251**	**252**	**253**	**254**	**255**
193	240	163	146	5	52	103	86	120	73	26	43	188	141	222	239	130	179	224	209	70	119	36	21	59	10	89	104	255	206	157	172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[2] This is different to other CRC implementations

2.2.2 Code example for lookup table

The following procedure calculates the CRC-8. The result accumulates in the variable CRC.

```
Var
CRC : Byte;
Procedure calc_CRC(X: Byte);

Const
CRC_Table : Array[0..255] of Byte = (
0,   49,  98,  83,  196, 245, 166, 151, 185, 136, 219, 234, 125, 76,  31,  46,  67,  114, 33,  16,
135, 182, 229, 212, 250, 203, 152, 169, 62,  15,  92,  109, 134, 183, 228, 213, 66,  115, 32,  17,
63,  14,  93,  108, 251, 202, 153, 168, 197, 244, 167, 150, 1,   48,  99,  82,  124, 77,  30,  47,
184, 137, 218, 235, 61,  12,  95,  110, 249, 200, 155, 170, 132, 181, 230, 215, 64,  113, 34,  19,
126, 79,  28,  45,  186, 139, 216, 233, 199, 246, 165, 148, 3,   50,  97,  80,  187, 138, 217, 232,
127, 78,  29,  44,  2,   51,  96,  81,  198, 247, 164, 149, 248, 201, 154, 171, 60,  13,  94,  111,
65,  112, 35,  18,  133, 180, 231, 214, 122, 75,  24,  41,  190, 143, 220, 237, 195, 242, 161, 144,
7,   54,  101, 84,  57,  8,   91,  106, 253, 204, 159, 174, 128, 177, 226, 211, 68,  117, 38,  23,
252, 205, 158, 175, 56,  9,   90,  107, 69,  116, 39,  22,  129, 176, 227, 210, 191, 142, 221, 236,
123, 74,  25,  40,  6,   55,  100, 85,  194, 243, 160, 145, 71,  118, 37,  20,  131, 178, 225, 208,
254, 207, 156, 173, 58,  11,  88,  105, 4,   53,  102, 87,  192, 241, 162, 147, 189, 140, 223, 238,
121, 72,  27,  42,  193, 240, 163, 146, 5,   52,  103, 86,  120, 73,  26,  43,  188, 141, 222, 239,
130, 179, 224, 209, 70,  119, 36,  21,  59,  10,  89,  104, 255, 206, 157, 172);

Begin
CRC := CRC_Table[X xor CRC];
End;
```

3 Revision history

Date	Revision	Changes
December 30, 2001	0.9 (Preliminary)	Initial revision
February 18, 2001	1.01	
February 27, 2001	1.02	corrected bug in CRC register init. (byte must be reversed)
May 16, 2002	1.03	emphasize that command to SHTxx is also in CRC

The latest version of this document and all application notes can be found at:
www.sensirion.com/en/download/humiditysensor/SHT11.htm

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
Eggbühlstr. 14
P.O. Box
CH-8052 Zürich
Switzerland

Phone: +41 (0)1 306 40 00
Fax: +41 (0)1 306 40 30
e-mail: info@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHTxx
Humidity & Temperature
Sensmitter

Application Note
Compensation of RH non-Linearity

1 Introduction

The SHTxx devices show a small non-linearity of the humidity sensor.
This application note describes various ways to compensate it in the attached microcontroller.

2 Revision History

October 20, 2001	C2	URO	Revision 0.9 (Preliminary)
February 10, 2002	C2	URO	Revision 1.0 modified to final coefficients

3 Implementation

If the formula on page 2 of the SHT1x datasheet is to complex and therefore too computation intense, the follow calculations may provide simplified alternatives.

The examples are based on a 8 bit humidity readout. 12 bit readouts can be converted with similar formulas but with a slightly more complex calculation.

Type of calculation	Inaccuracy due to non-linearity (10-90%RH)	Complexity of calculation
linear	± 2.2% RH	Simple (8bit subtract, right shift)
2 * linear	± 0.8% RH	Quite simple (8bit multi, 16bit add/subtract)
Polynomial 2nd order	± 0.1% RH	Floating point multiplications

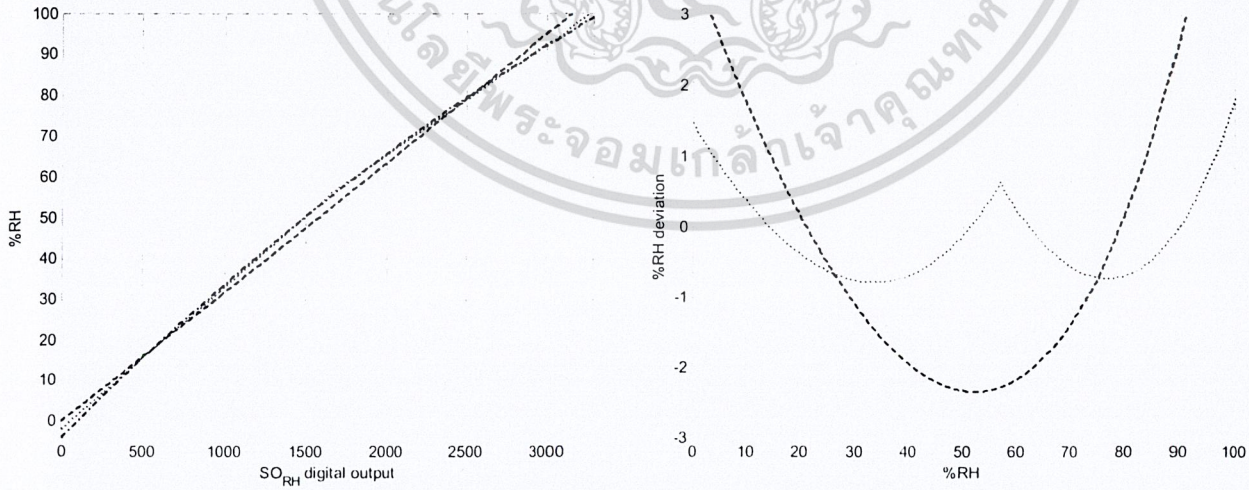


Figure 1 Inaccuracy due to non-linearity, original(from datasheet, black, dash-dotted), linear (blue, dashed) , 2* linear (red, dotted)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 Linear

The most basic conversion formula from sensor output to %RH is:

$RH_{simple} = c_1 + c_2 \bullet SO_{RH}$

with $c_1 = 0.5$; $c_2 = 0.5$

3.2 2* linear

For improved accuracy with minimal calculation complexity the following calculation is recommended:

$RH_{real} = (a*SO + b) / 256$

Where SO denotes the 8 bit humidity sensor output signal.

Validity	a	b
$0 \leq SO \leq 107$	143	-512
$108 \leq SO \leq 255$	111	2893

With the above values the calculation can be done with a single 8 bit multiplication followed by a 16bit addition / subtraction.

Sample Code:

```
u16 result;          // 16Bit unsigned for the result
u08 sensor_out;      // 8Bit unsigned for the sensoroutput

sensor_out = readSensor8(); // read 8 bit humidity value from SHTxx

If ( sensor_out <= 107 )
{
   result = mult8Bit( 143, sensor_out );      // result = a * sensor_out
   result < 512 ? result = 512;               // check for underflow
   result = result - 512                      // result = result + b
}
else
{
   result = mult8Bit( 111, sensor_out );      // result = a * sensor_out
   result = result + 2893                     // result = result + b
   result > 25600 ? result = 25600;           // check for overflow (optional)
}

//8 MSB's are 0-100%RH integers, 8 LSB's are remainder

result = result >> 8  // result = result / 256
```

3.3 Polynomial 2nd order

Please consult the Datasheet for formula and coefficients.

Headquarters and Sales Office

SENSIRION AG
Eggbühlstr. 14
P.O. Box
CH-8052 Zürich
Switzerland

Phone: + 41 (0)1 306 40 00
Fax: + 41 (0)1 306 40 30
e-mail: info@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

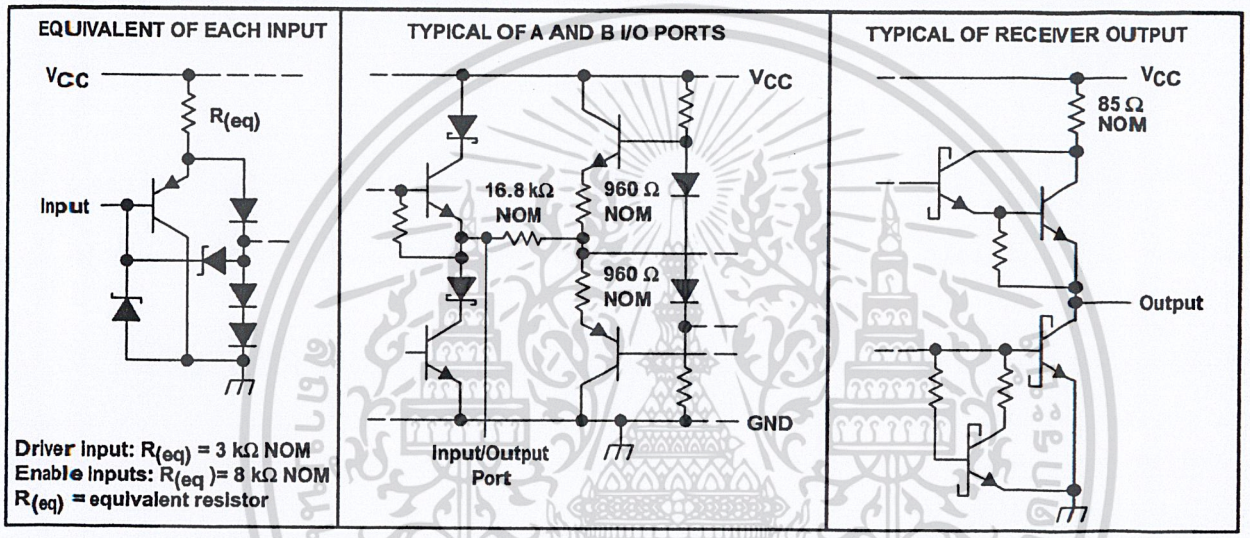
description (continued)

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

SYMBOL EQUIVALENTS

DATA SHEET PARAMETER	EIA/TIA-422-B	RS-485
V_O	V_{oa}, V_{ob}	V_{oa}, V_{ob}
$\|V_{OD1}\|$	V_o	V_o
$\|V_{OD2}\|$	V_t (R_L = 100 Ω)	V_t (R_L = 54 Ω)
$\|V_{OD3}\|$		V_t (Test Termination Measurement 2)
$\Delta\|V_{OD}\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V_t}\|\|$	$\|\|V_t\| - \|\overline{V_t}\|\|$
V_{OC}	$\|V_{os}\|$	$\|V_{os}\|$
$\Delta\|V_{OC}\|$	$\|V_{os} - \overline{V_{os}}\|$	$\|V_{os} - \overline{V_{os}}\|$
I_{OS}	$\|I_{sa}\|$, $\|I_{sb}\|$	
I_O	$\|I_{xa}\|$, $\|I_{xb}\|$	I_{ia}, I_{ib}

RECEIVER SECTION

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

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IT+}	Positive-going input threshold voltage	V_O = 2.7 V,	I_O = −0.4 mA			0.2	V
V_{IT-}	Negative-going input threshold voltage	V_O = 0.5 V,	I_O = 8 mA	−0.2‡			V
V_{hys}	Input hysteresis voltage ($V_{IT+} - V_{IT-}$)				50		mV
V_{IK}	Enable input clamp voltage	I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{ID} = 200 mV, See Figure 2	I_{OH} = −400 µA,	2.7			V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{ID} = −200 mV, See Figure 2	I_{OL} = 8 mA,			0.45	V
I_{OZ}	High-impedance-state output current	V_O = 0.4 V to 2.4 V				±20	µA
I_I	Line input current	Other input = 0 V, See Note 5	V_I = 12 V			1	mA
			V_I = −7 V			−0.8	
I_{IH}	High-level enable input current	V_{IH} = 2.7 V				20	µA
I_{IL}	Low-level enable input current	V_{IL} = 0.4 V				−100	µA
r_I	Input resistance	V_I = 12 V		12			kΩ
I_{OS}	Short-circuit output current			−15		−85	mA
I_{CC}	Supply current (total package)	No load	Outputs enabled		42	55	mA
			Outputs disabled		26	35	

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the less-positive (more-negative) limit is designated minimum, is used in this data sheet for common-mode input voltage and threshold voltage levels only.
NOTE 5: This applies for both power on and power off. Refer to EIA Standard RS-485 for exact conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low- to high-level output	V_{ID} = 0 to 3 V, See Figure 6		21	35	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high- to low-level output			23	35	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level	See Figure 7		10	20	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			12	20	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level	See Figure 7		20	35	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level			17	25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

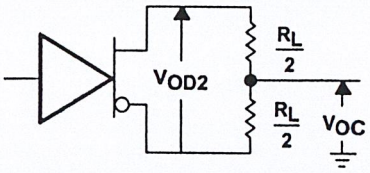


Figure 1. Driver V_{OD} and V_{OC}

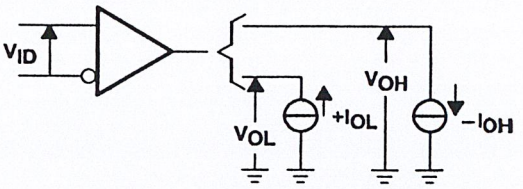


Figure 2. Receiver V_{OH} and V_{OL}

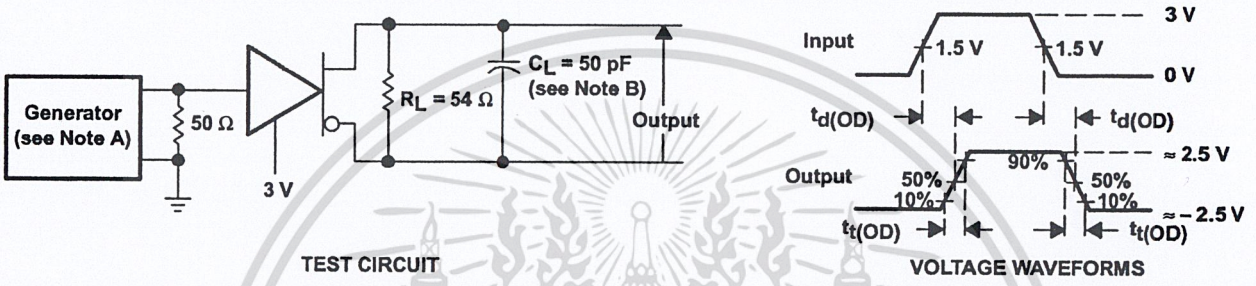


Figure 3. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms

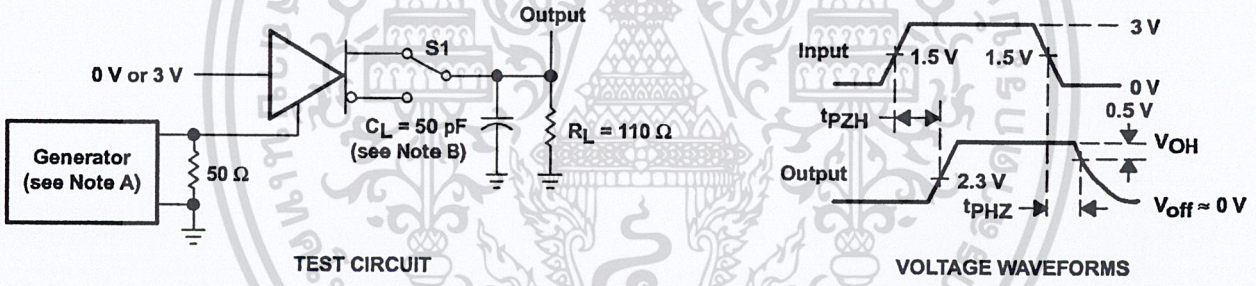


Figure 4. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms

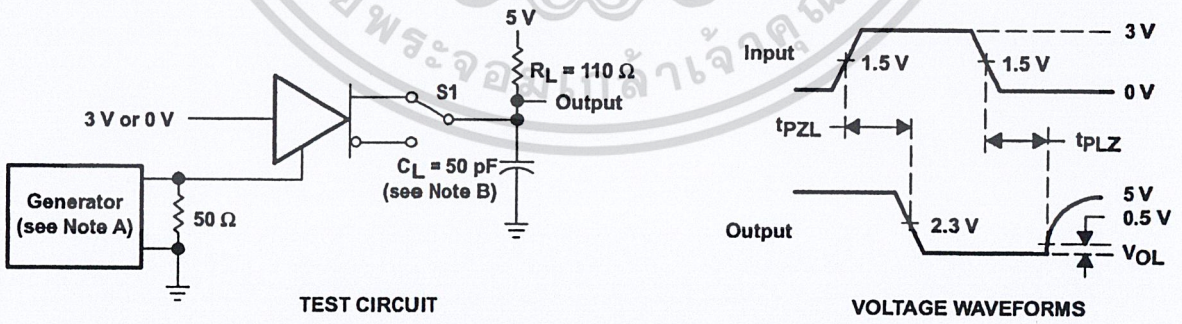


Figure 5. Driver Test Circuit and Voltage Waveforms

NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, 50% duty cycle, t_r ≤ 6 ns, t_f ≤ 6 ns, Z_O = 50 Ω.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

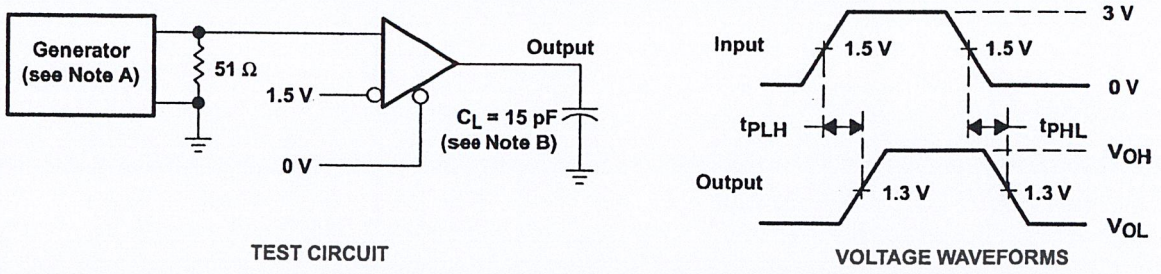


Figure 6. Receiver Test Circuit and Voltage Waveforms

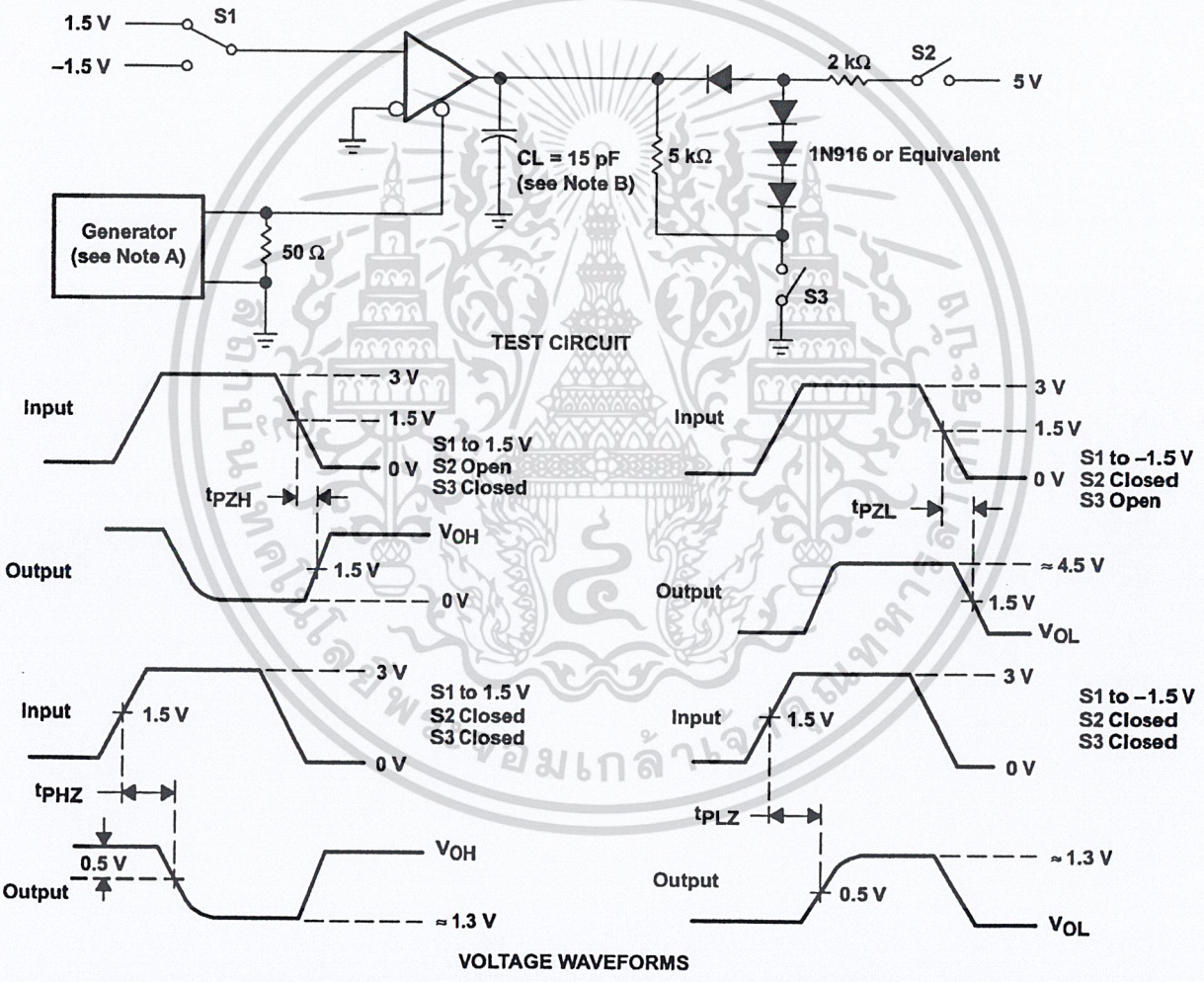


Figure 7. Receiver Test Circuit and Voltage Waveforms

NOTES: A. The input pulse is supplied by a generator having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, 50% duty cycle, t_r ≤ 6 ns, t_f ≤ 6 ns, Z_O = 50 Ω.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPICAL CHARACTERISTICS

DRIVER
HIGH-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
HIGH-LEVEL OUTPUT CURRENT

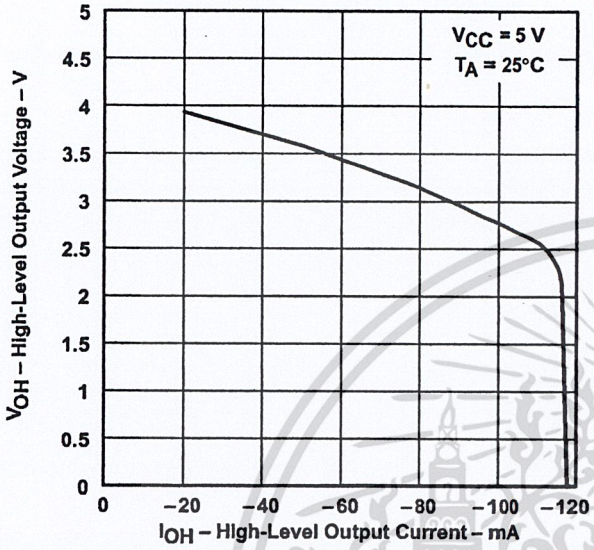


Figure 8

DRIVER
LOW-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
LOW-LEVEL OUTPUT CURRENT

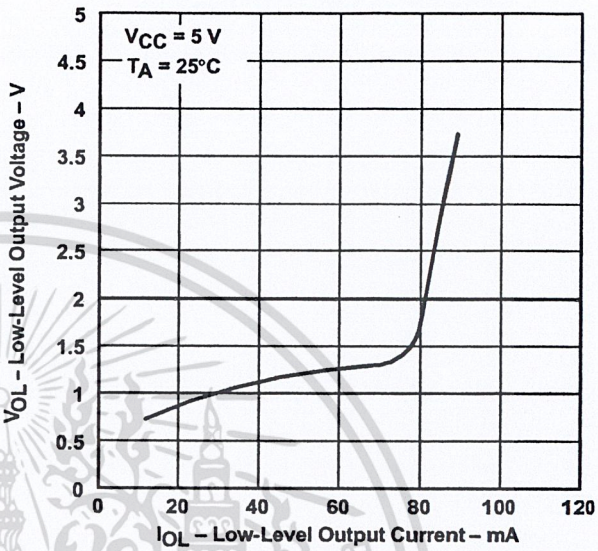


Figure 9

DRIVER
DIFFERENTIAL OUTPUT VOLTAGE
vs
OUTPUT CURRENT

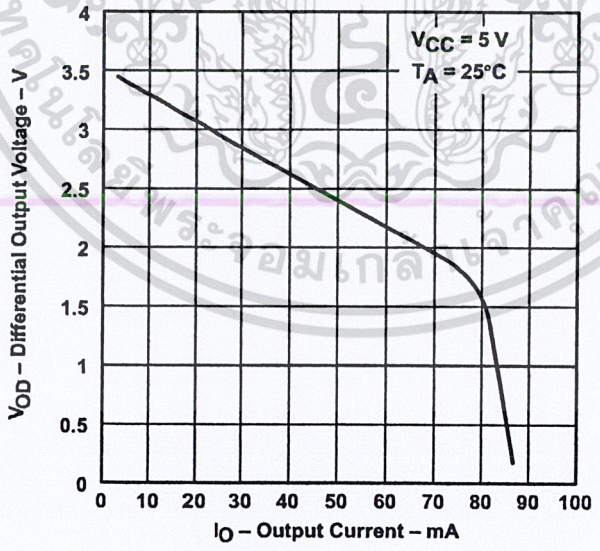


Figure 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

RECEIVER
HIGH-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
HIGH-LEVEL OUTPUT CURRENT

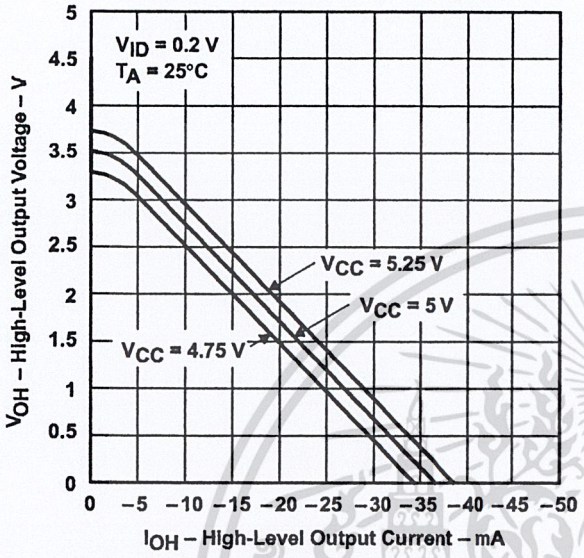
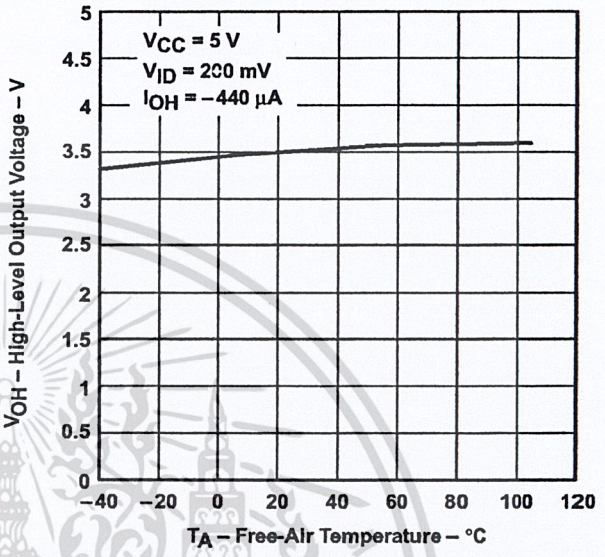


Figure 11

RECEIVER
HIGH-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
FREE-AIR TEMPERATURE†



†Only the 0°C to 70°C portion of the curve applies to the SN75176B.

Figure 12

RECEIVER
LOW-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
LOW-LEVEL OUTPUT CURRENT

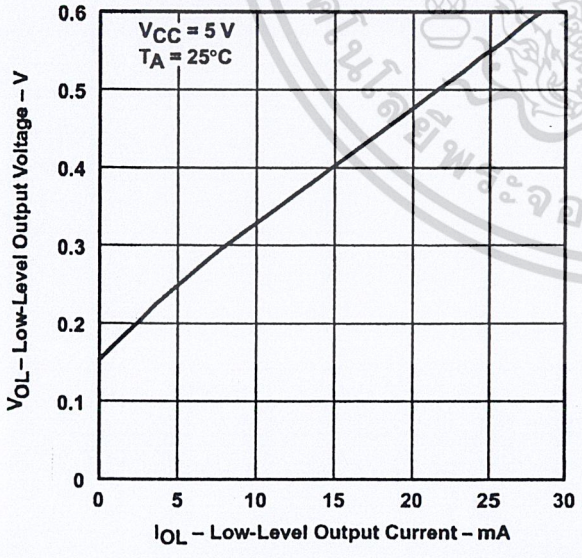


Figure 13

RECEIVER
LOW-LEVEL OUTPUT VOLTAGE
vs
FREE-AIR TEMPERATURE

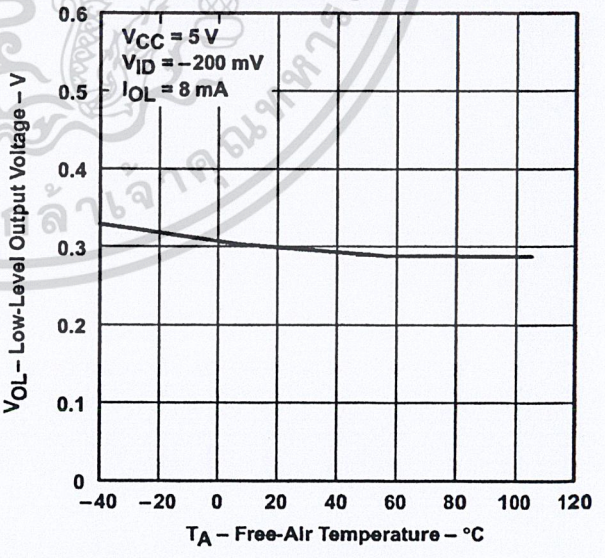


Figure 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPICAL CHARACTERISTICS

RECEIVER
OUTPUT VOLTAGE
vs
ENABLE VOLTAGE

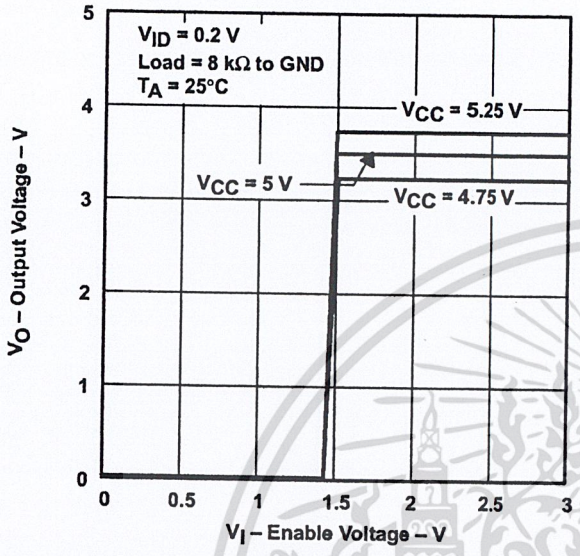


Figure 15

RECEIVER
OUTPUT VOLTAGE
vs
ENABLE VOLTAGE

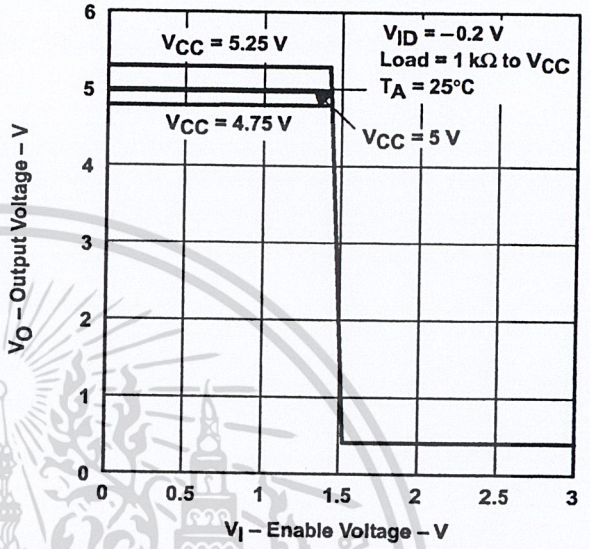


Figure 16

APPLICATION INFORMATION

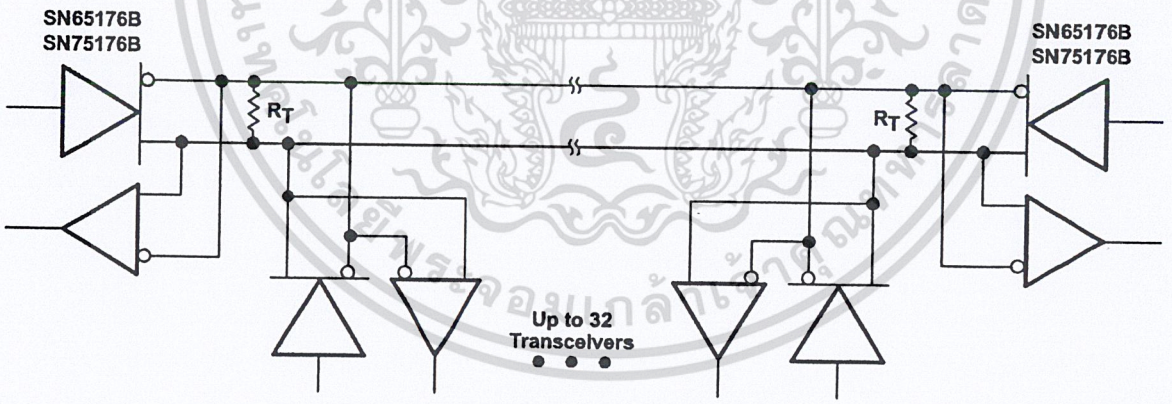


Figure 17. Typical Application Circuit

NOTE: The line should be terminated at both ends in its characteristic impedance ($R_T = Z_O$). Stub lengths off the main line should be kept as short as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIEMENS

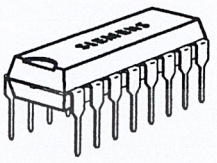
Phase Control IC

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

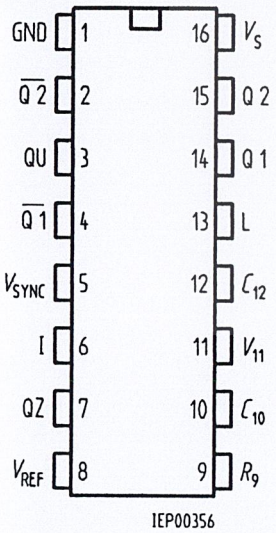


P-DIP-16-1

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.



IEP00356

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

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

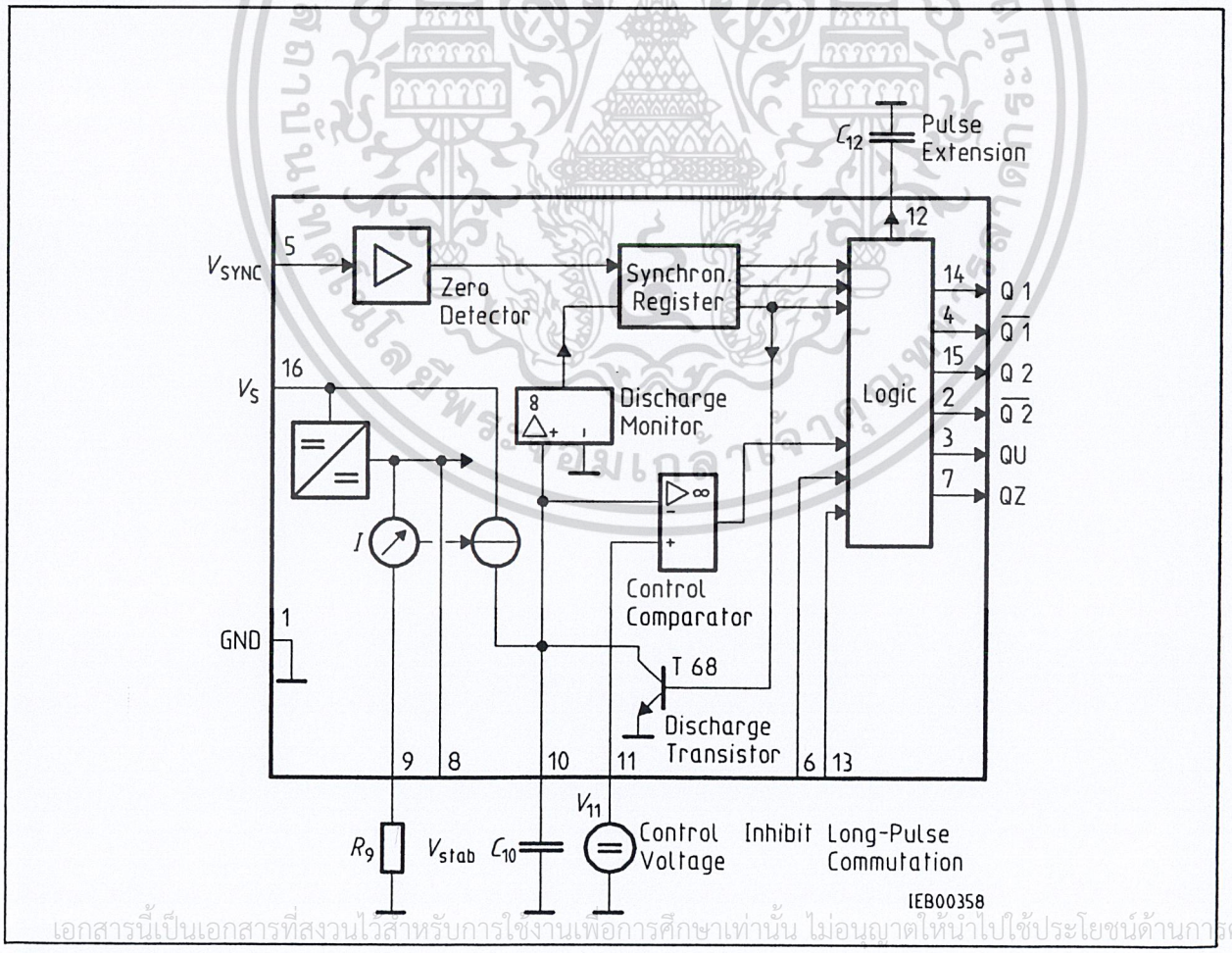
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

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).

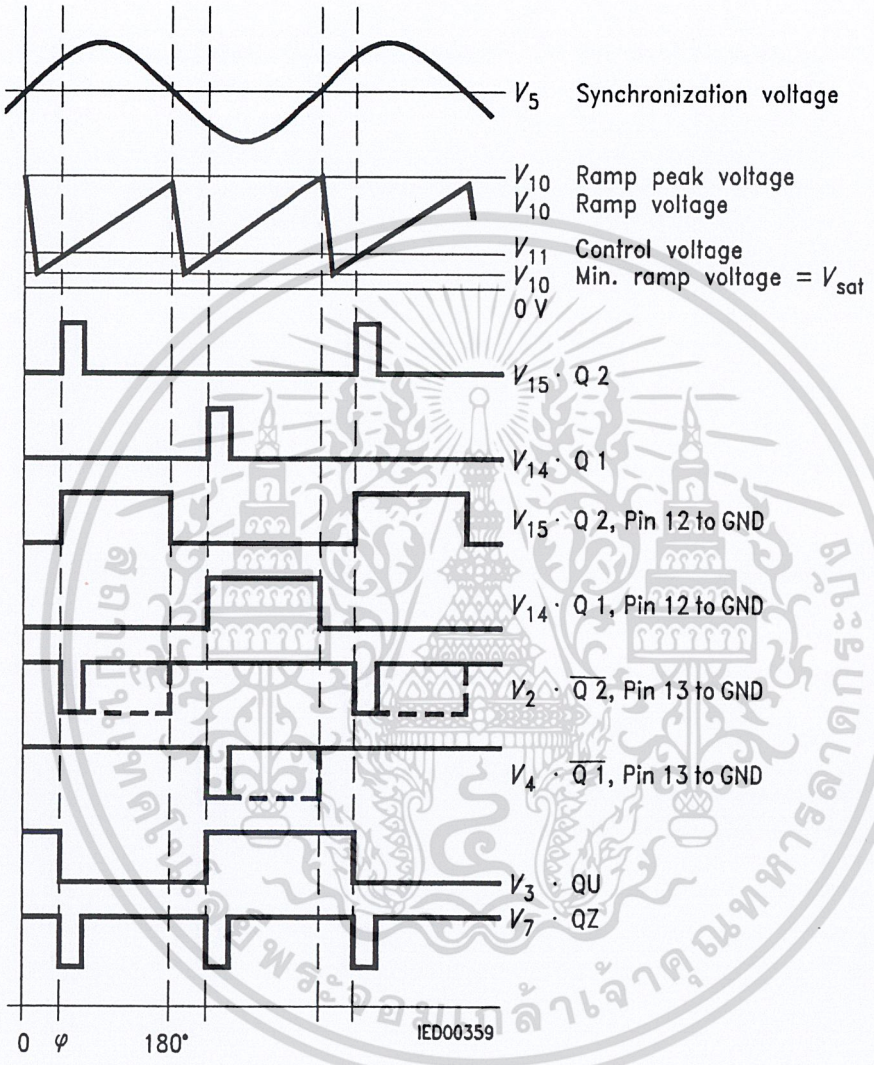
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q1}$, $\overline{Q2}$.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)
$8 \le V_S \le 18$ V; -25 °C $\le T_A \le 85$ °C; $f = 50$ Hz

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	I_{10}	10		1000	µA	
Max. ramp voltage	V_{10}			$V_2 - 2$	V	1
Saturation voltage at capacitor	V_{10}	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	R_9	3		300	kΩ	1
Sawtooth return time	t_f		80		µs	1
Inhibit pin 6 switch-over of pin 7						
Outputs disabled	V_{6L}		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	V_{6H}	4	3.3		V	1
Signal transition time	t_r	1		5	µs	1
Input current $V_6 = 8$ V	I_{6H}		500	800	µA	1
Input current $V_6 = 1.7$ V	$-I_{6L}$	80	150	200	µA	1
Deviation of I_{10} R_9 = const. $V_S = 12$ V; $C_{10} = 47$ nF	I_{10}	-5		5	%	1
Deviation of I_{10} R_9 = const. $V_S = 8$ V to 18 V	I_{10}	-20		20	%	1
Deviation of the ramp voltage between 2 following half-waves, V_S = const.	$\Delta V_{10\,max}$		± 1		%	
Long pulse switch-over pin 13 switch-over of S8						
Short pulse at output	V_{13H}	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	V_{13L}		2.5	2	V	1
Input current $V_{13} = 8$ V	I_{13H}			10	µA	1
Input current $V_{13} = 1.7$ V	$-I_{13L}$	45	65	100	µA	1
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current $V_Q = V_S$	I_{CEO}			10	µA	2.6
Saturation voltage $I_Q = 2$ mA	V_{sat}	0.1	0.4	2	V	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)
$8 \le V_S \le 18$ V; -25 °C $\le T_A \le 85$ °C; $f = 50$ Hz

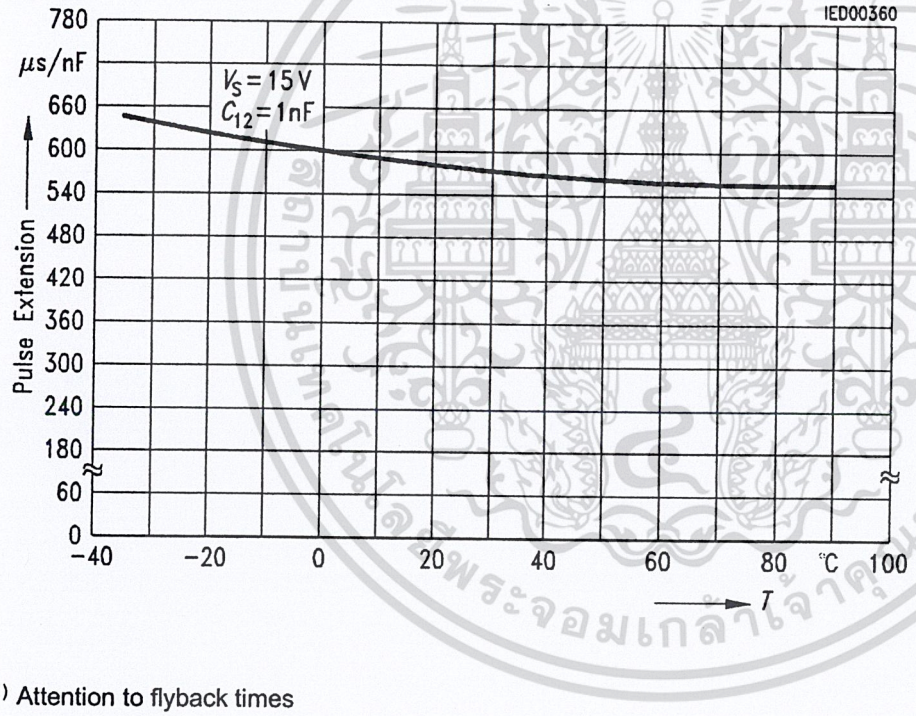
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15						
H-output voltage $-I_Q = 250$ mA	$V_{14/15\,H}$	$V_S - 3$	$V_S - 2.5$	$V_S - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_Q = 2$ mA	$V_{14/15\,L}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_p	20	30	40	µs	1
Pulse width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	µs/ nF	1
Internal voltage control						
Reference voltage Parallel connection of 10 ICs possible	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
TC of reference voltage	α_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints for External Components

		min	max	
Ramp capacitance	C_{10}	500 pF	1 µF[1]	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$		[2]	
Charge current	$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9}$		[2]	Ramp voltage $V_{10\,max} = V_S - 2\,V$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ [2]

Pulse Extension versus Temperature

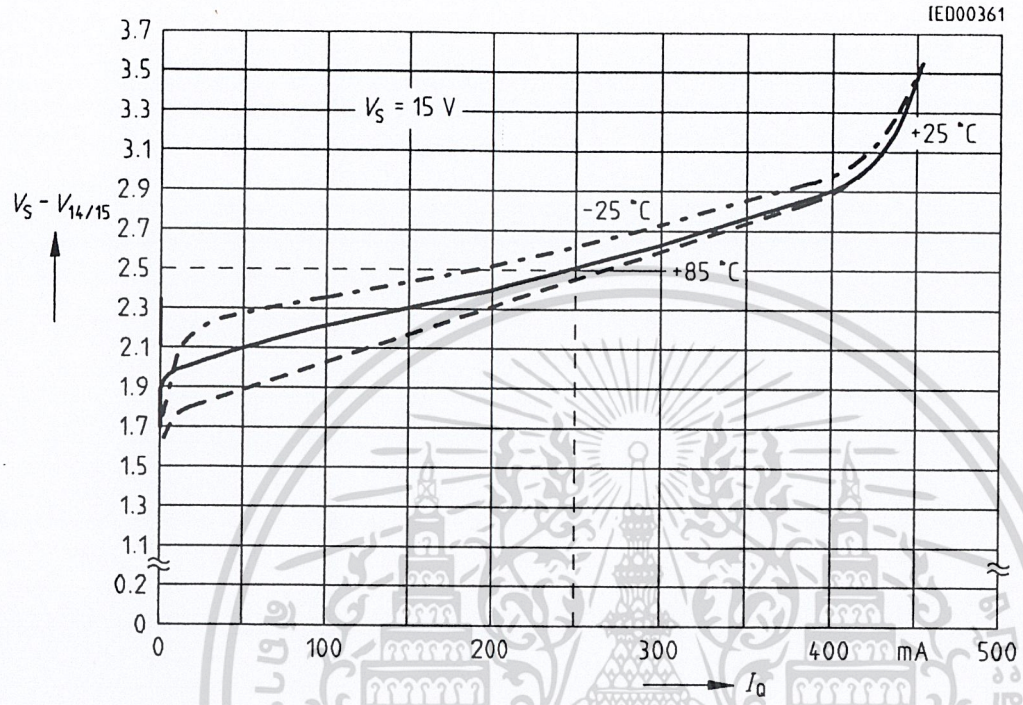


[1] Attention to flyback times

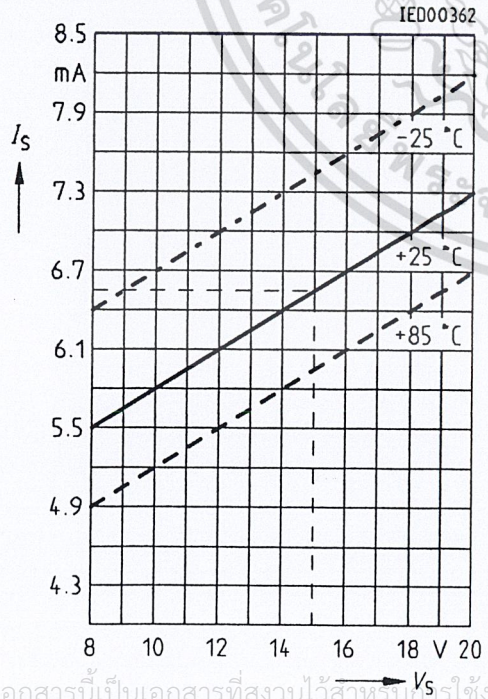
[2] K = 1.10 ± 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

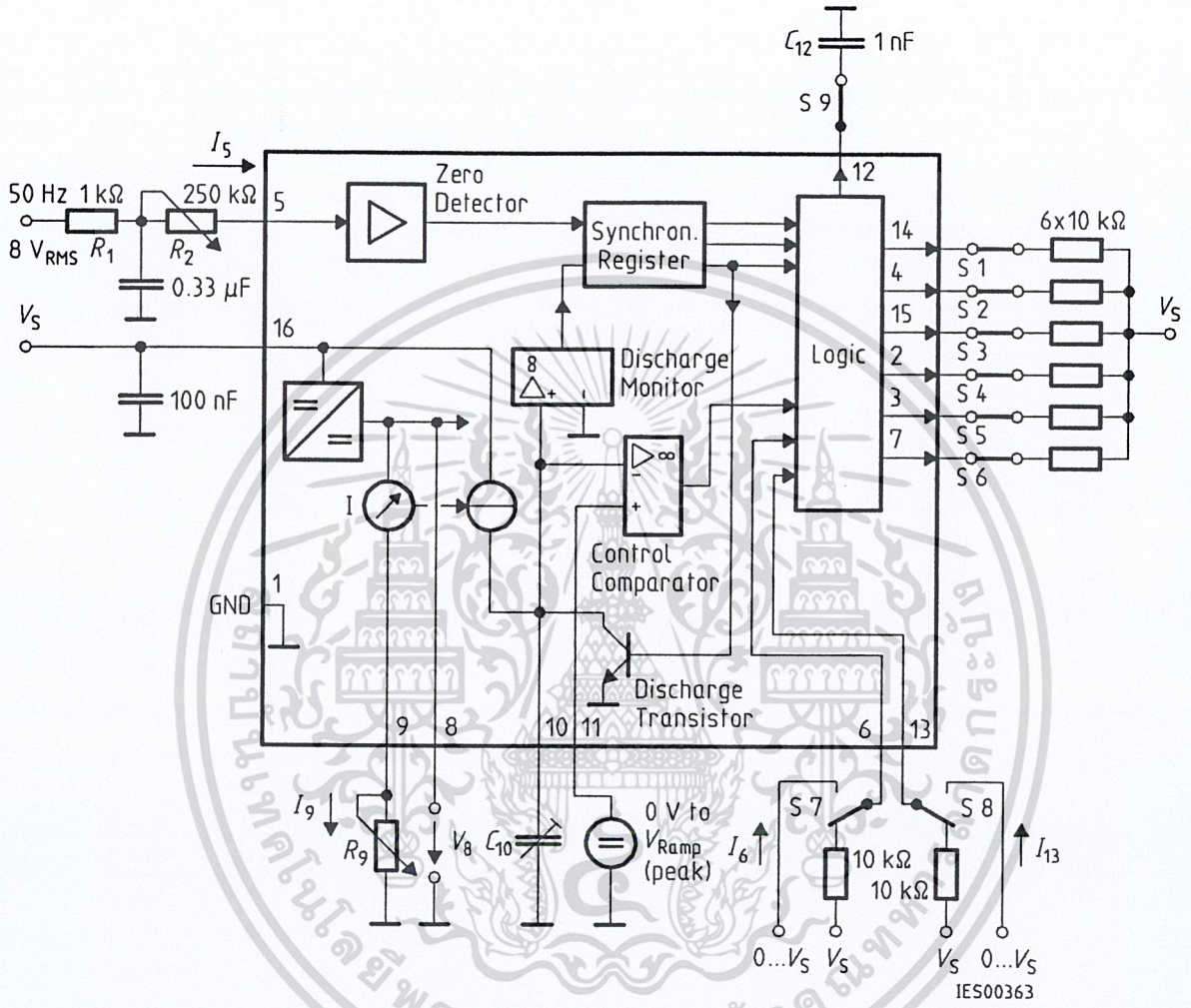
Output Voltage measured to + V_S



Supply Current versus Supply Voltage



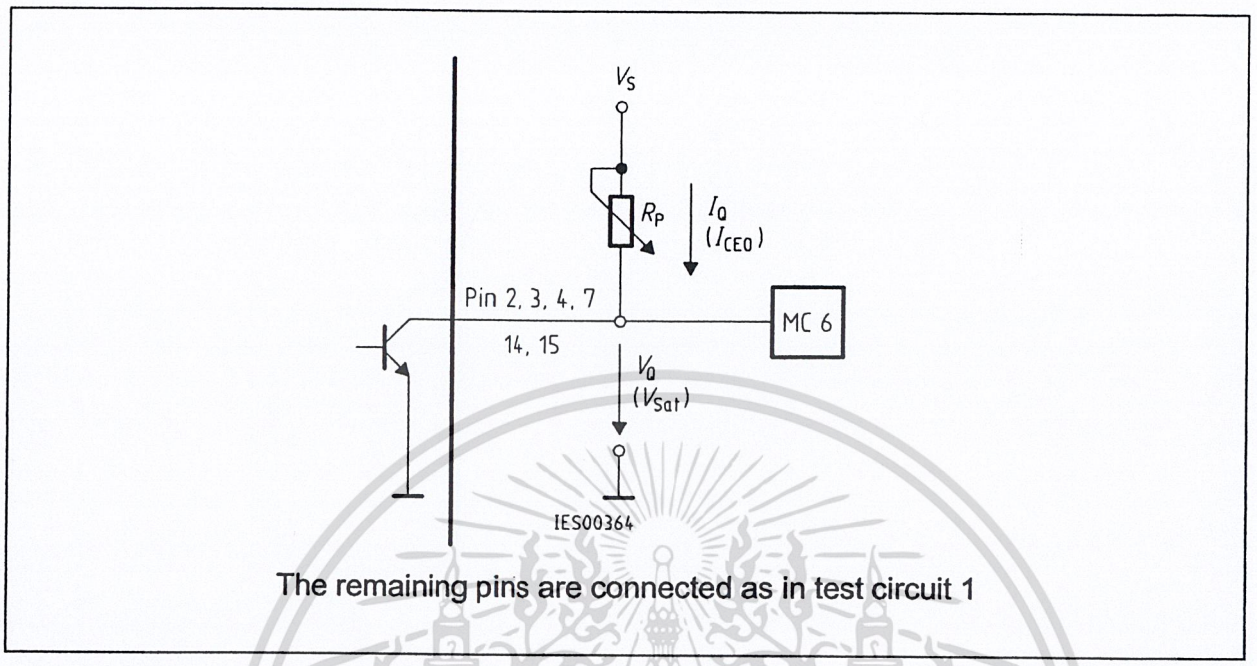
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3\,V \leq V_{ramp\,max} \leq V_S - 2\,V$
e.g. C_{10} = 47 nF; 18 V: R_9 = 47 kΩ; 8 V: R_9 = 120 kΩ

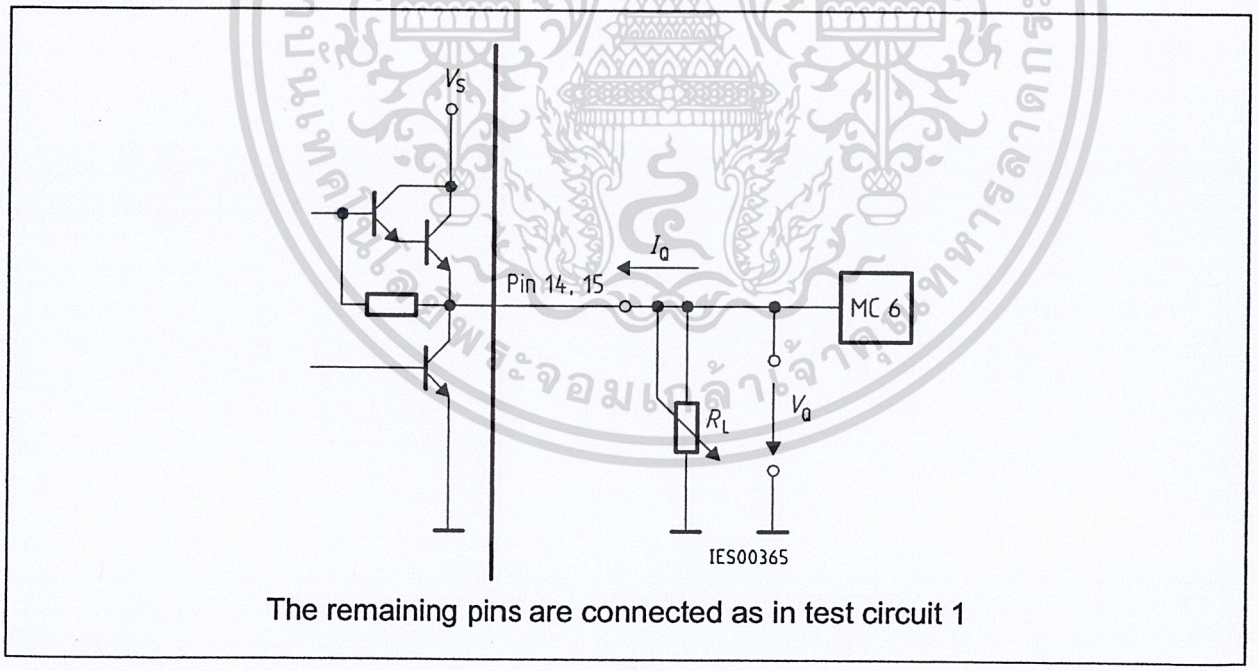
Test Circuit 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The remaining pins are connected as in test circuit 1

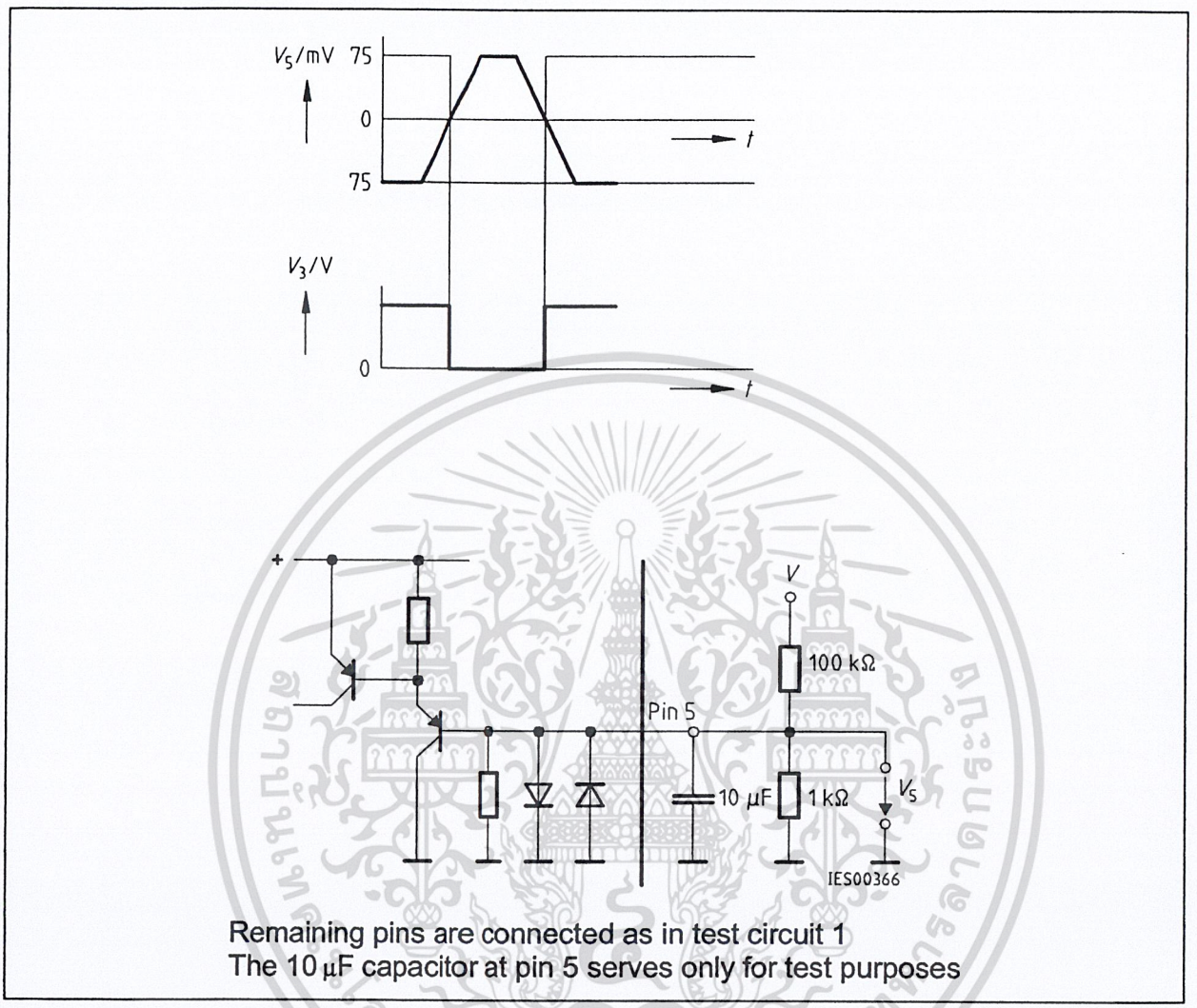
Test Circuit 2



The remaining pins are connected as in test circuit 1

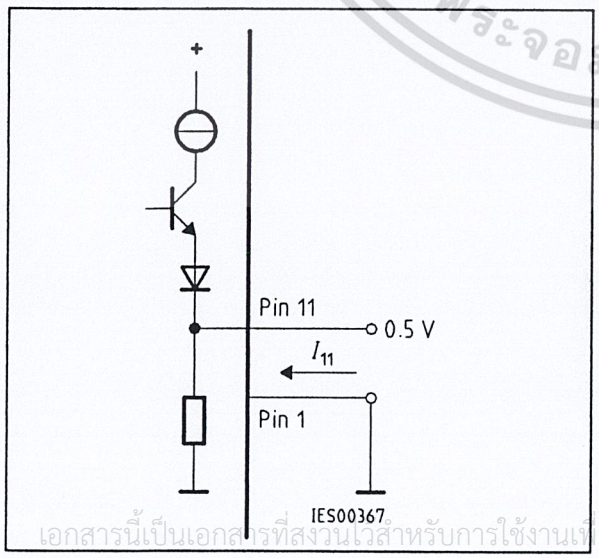
Test Circuit 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

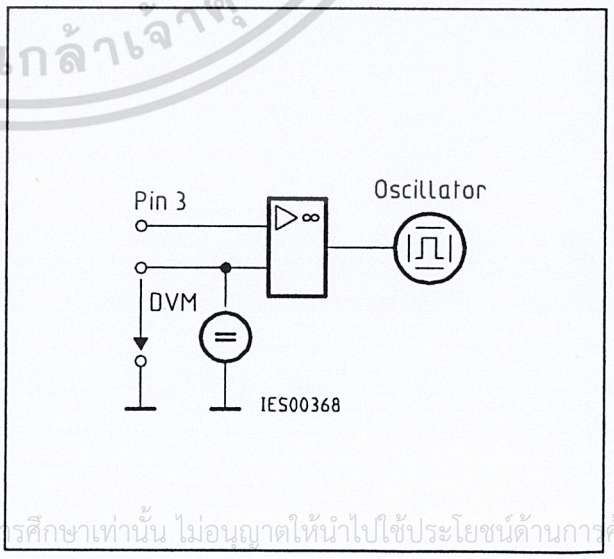


Remaining pins are connected as in test circuit 1
The 10 µF capacitor at pin 5 serves only for test purposes

Test Circuit 4

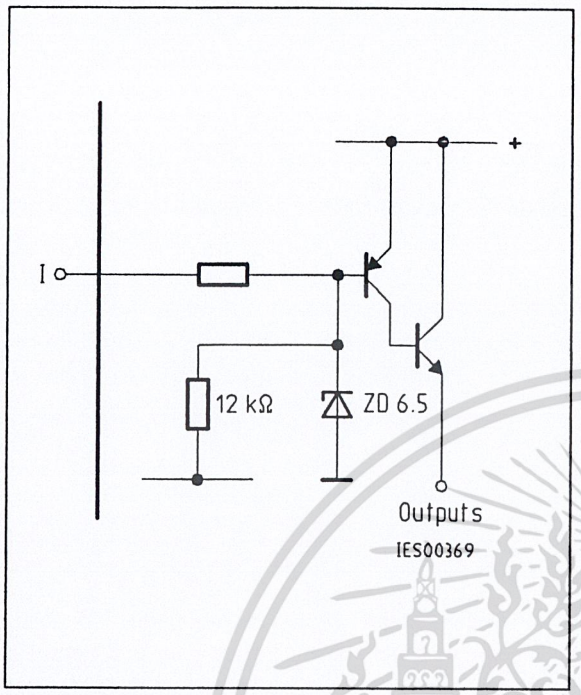


Test Circuit 5

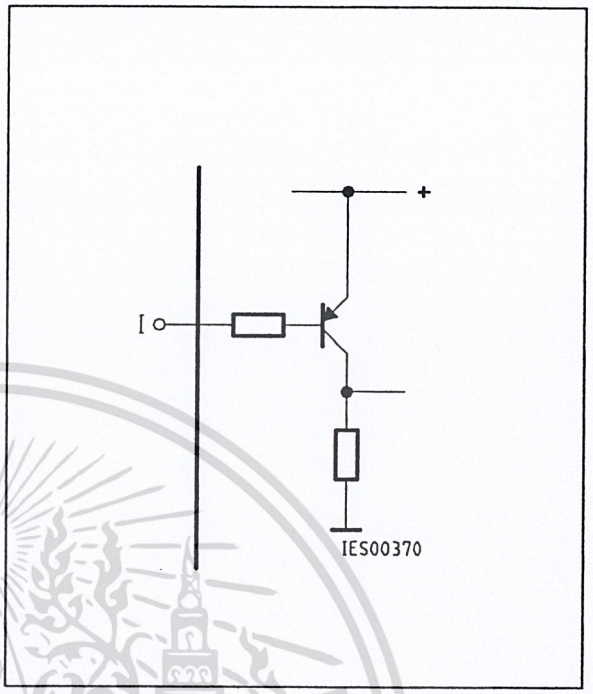


Test Circuit 6

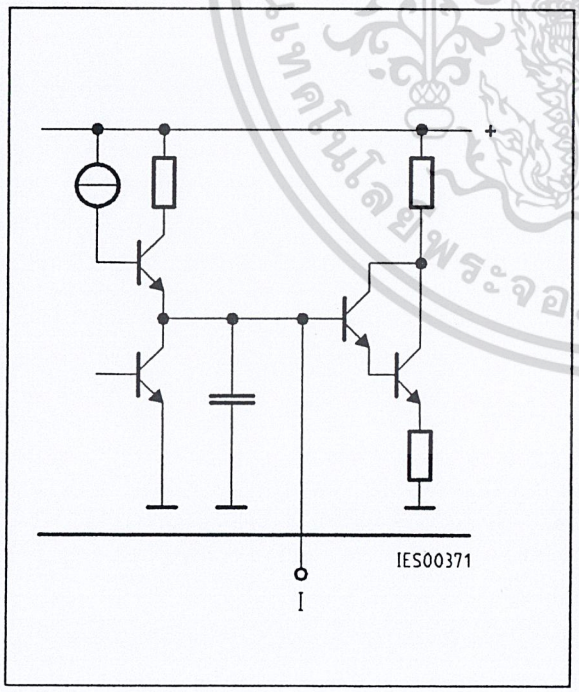
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
และการแสวงหาผลกำไรทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



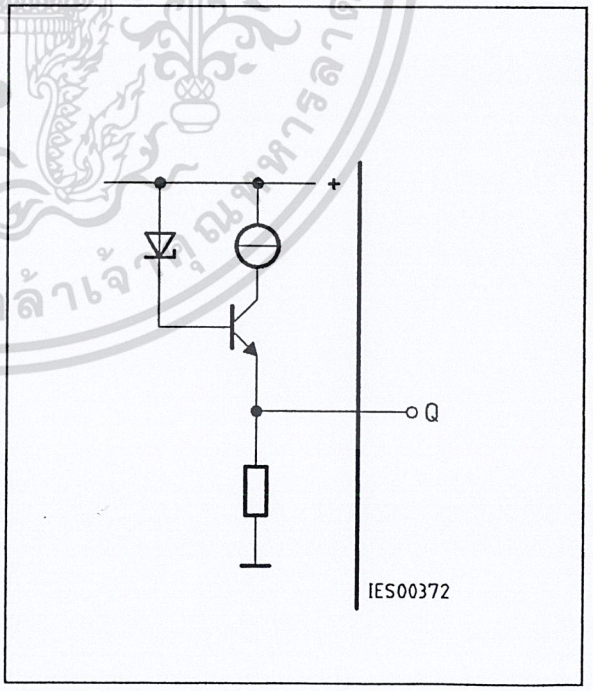
Inhibit 6



Long Pulse 13

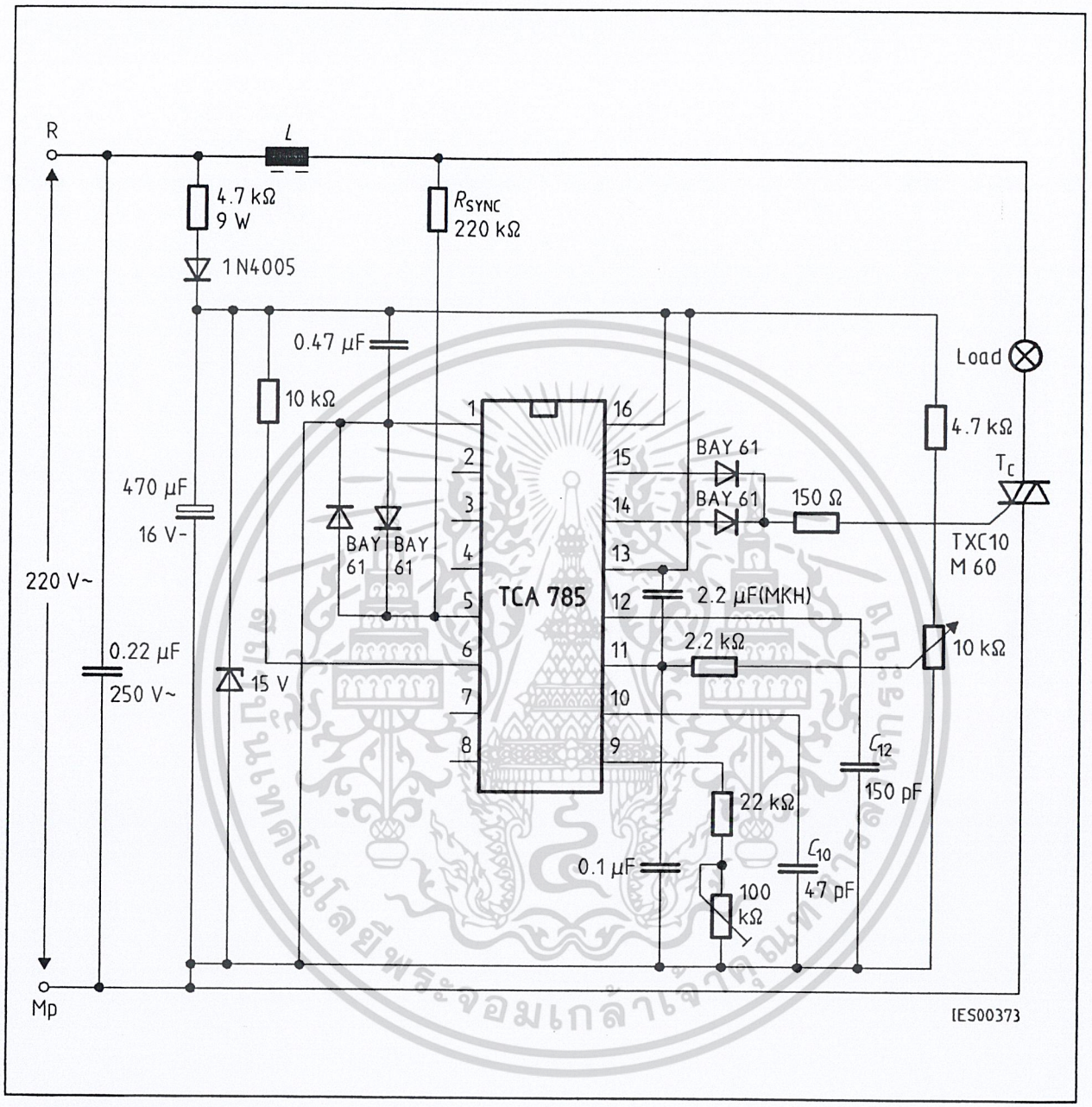


Pulse Extension 12



Reference Voltage 8

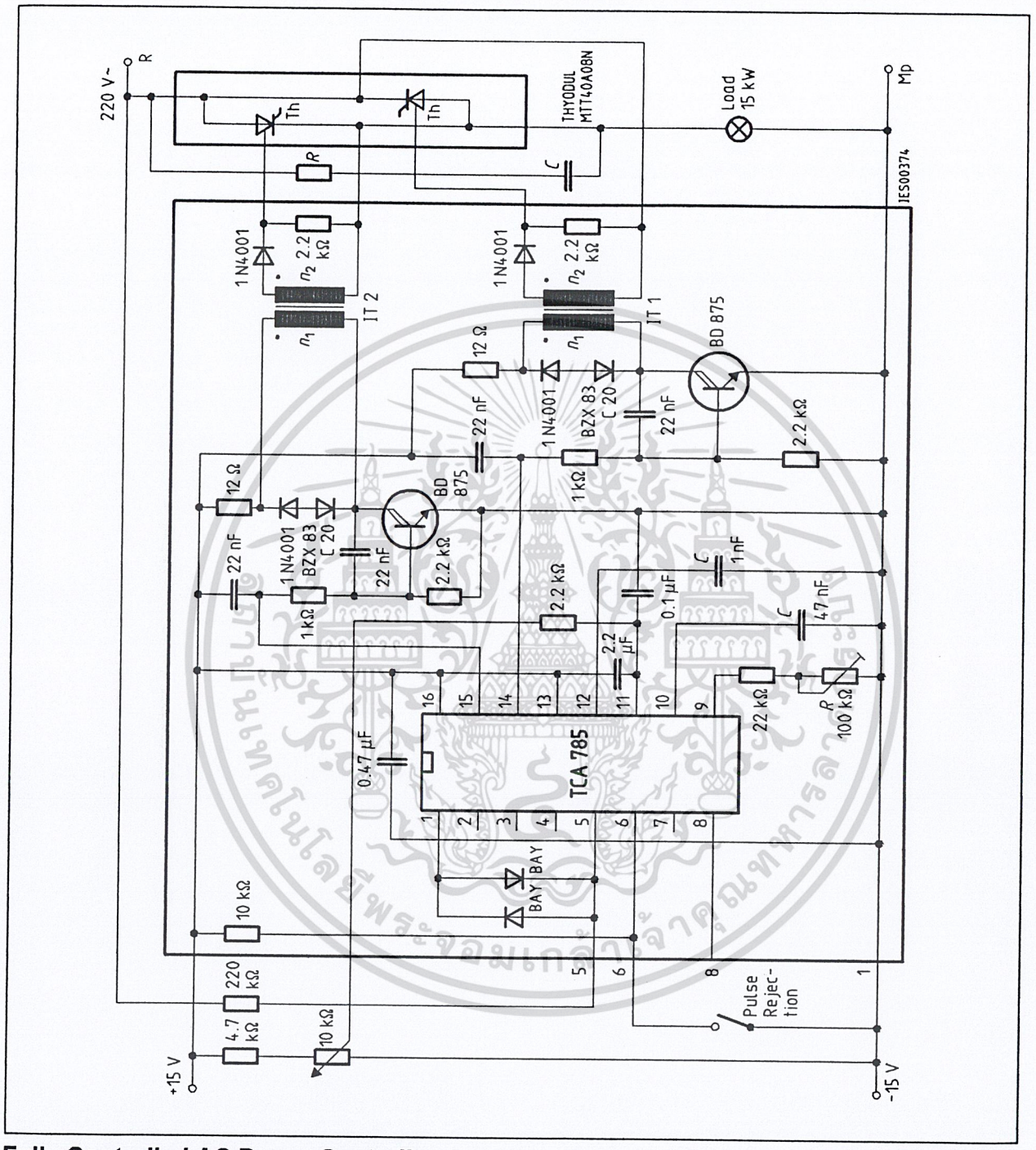
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuously between 0° and 180° with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 µs.

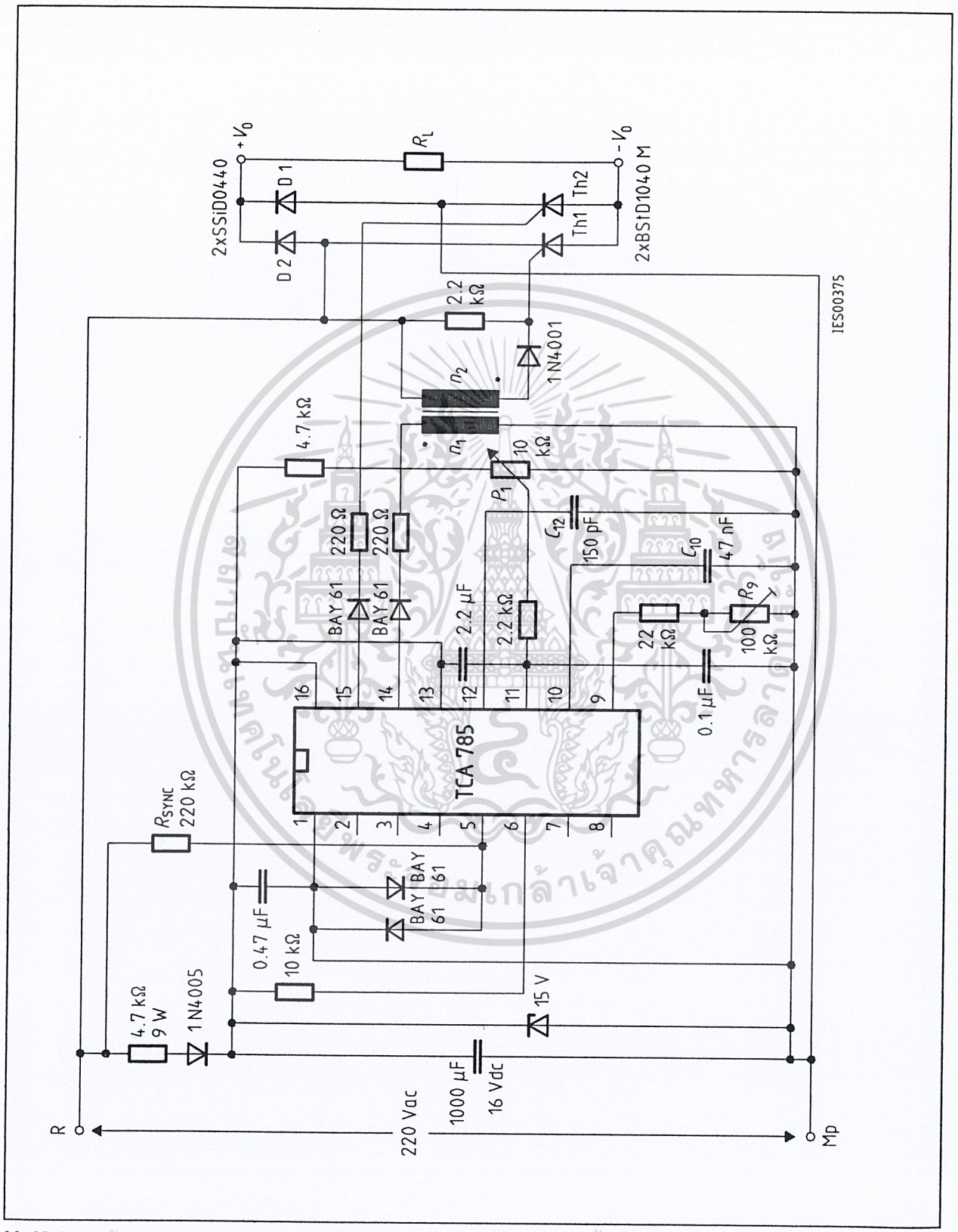
โอกาสในการแลกสารสนเทศและการใช้ประโยชน์ทางวิชาการ ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Fully Controlled AC Power Controller Circuit for Two High-Power Thyristors

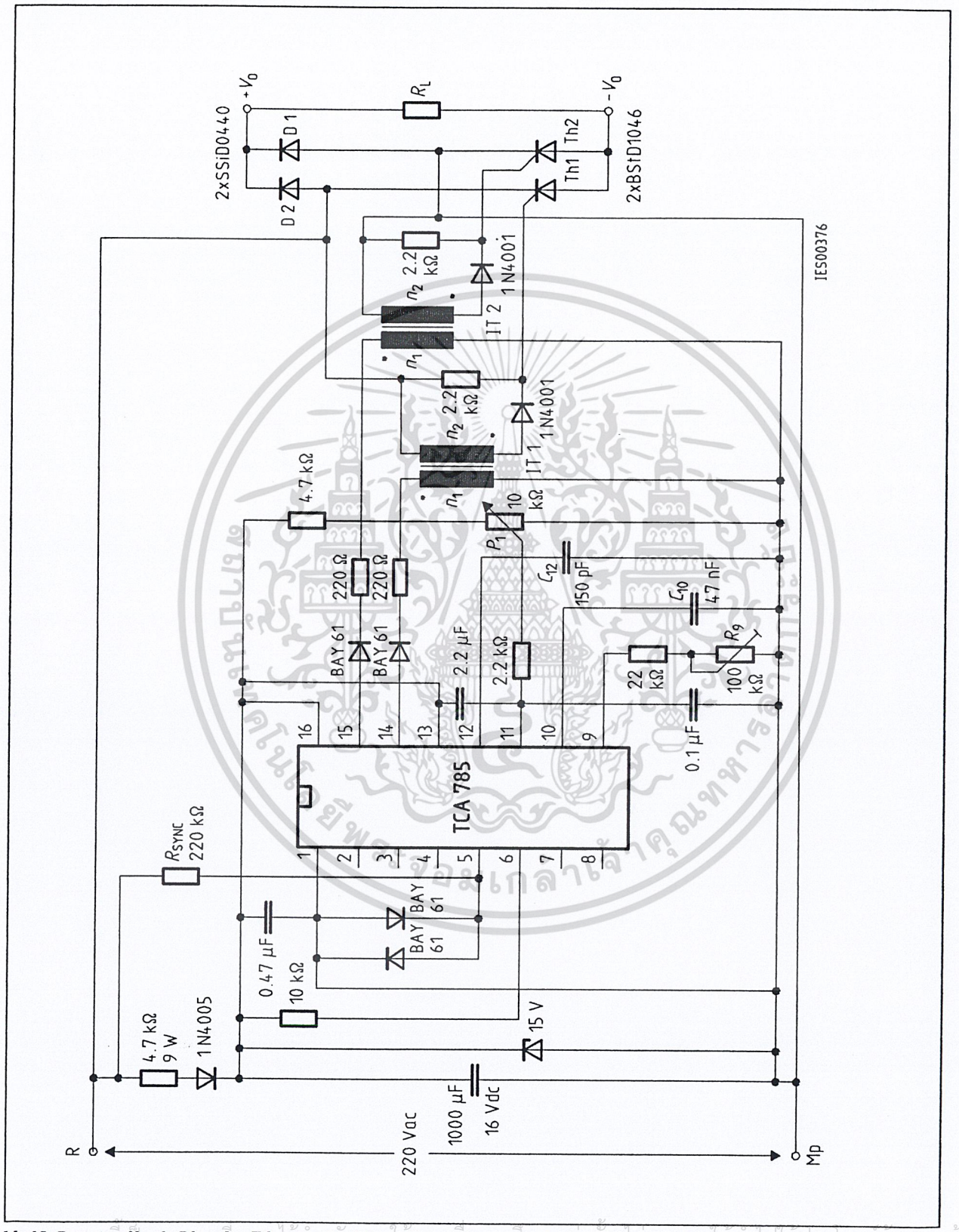
Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อาทิ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบขอบคุณท่านอาจารย์เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ เป็นอย่างสูงที่ชี้แนะและเป็นที่ปรึกษาให้กับโครงงาน รวมทั้งความเอื้อเฟื้อ อุปกรณ์การทำงานและสถานที่ทำโครงงานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณท่าน ผศ.ดร.สุชีพ สุขสุแพทย์ เป็นอย่างสูงที่ชี้แนะและให้คำปรึกรวมทั้งเอกสารและอุปกรณ์การฟักไข่

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและท่อาจารย์ทุกท่านที่เคยประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่นักศึกษาอย่างเต็มกำลัง รวมทั้งความรักความเมตตาที่มอบให้

ขอขอบคุณ คุณพ่อคุณแม่ ผู้ให้ความดูแลเลี้ยงดู และอบรมสั่ง สอนตลอดมา และช่วยสนับสนุนทุนทรัพย์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ภาควิชาและคนรู้จักคุ้นเคยที่ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ให้ยืมอุปกรณ์และให้คำแนะนำที่ดี มีประโยชน์ยิ่ง

และสุดท้ายขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นสถานศึกษา ที่เป็นแหล่งความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่สำคัญต่อผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษดา ใจเย็น, "การแปลงพอร์ตอนุกรม RS-232 ให้เป็นRS-485", วารสารเซมิคอนดักเตอร์, ฉบับที่ 168, 2540, หน้า 38-43.
2. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , " เรียนรู้การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม",อินโนเวตีฟ, 180 หน้า.
3. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลม, "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51",อินโนเวตีฟ, 399 หน้า.
4. สุชีพ สุขสุแพทย์, "การฟักไข่และการจัดการโรงฟัก",คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 118 หน้า, 2542.
5. "คู่มือ ANT-32", ศิลารีเสริร์ช, 39 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้