สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบให้น้ำอัตโนมัติ

AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM

โดย

นางสาวกิติกร เฉลิมศรี

นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36920
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบให้น้ำอัตโนมัติ

AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM

โดย

นางสาวกิติกร เฉลิมศรี

นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา อิเลคทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบให้น้ำอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1.นางสาวกิติกร เฉลิมศรี

2.นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง ระบบให้น้ำอัตโนมัติ

AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM

จัดทำโดย นางสาวกิติกร เฉลิมศรี เลขประจำตัวนักศึกษา 39014030

นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี เลขประจำตัวนักศึกษา 39014090

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

รายงานฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

วันที่ 21/4/43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญรูปภาพ

หนังสืออ้างอิง

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน 3

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031(Microcontoller 8031) 3

2.2 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 7

2.3 การใช้งานบอร์ด ANT – 31PJ Version 1.0 8

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ANT – 31PJ 8

2.3.2 การจัดตำแหน่งแอดเดรสบนบอร์ด 9

- การใช้งาน 8255 กับ 8051 และพอร์ตทั้งหมดที่ใช้ในโครงงาน 10

บทที่ 3 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ 12

3.1 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ 12

3.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Conversion :ADC) 15

- ทฤษฎีการ Sampling 15

3.3 วงจรจ่ายกระแสคงที่ (Constant Current Source) 19

- ตัวต้านทานไวแสงหรือ แอลดีอาร์ 21

- วงจรวัดระดับน้ำ 23

- วงจรสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 24

บทที่ 4 โครงสร้างทางซอฟท์แวร์ 27

4.1 การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 (MCS-51) 27

4.1.1 การควบคุมส่วนของฮาร์ดแวร์ 27

4.1.2 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 29

4.2 การแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

- คอนโทรล MSComm 35

บทที่ 5 การทดสอบอุปกรณ์ 39

บทที่ 6 บทสรุปและวิจารณ์ 43

6.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน 43

6.2 ปัญหาในการทำงานและการแก้ไข 44

6.3 ผลที่ได้รับจากการทำโครงงาน 44

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงไดอะแกรมของระบบให้น้ำอัตโนมัติ 2

รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 3

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของชิป MCS – 51 3

รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงหน่วยความจำภายในชิป 4

รูปที่ 2.4 ตารางแสดงการแบ่งกลุ่มการใช้งานของรีจิสเตอร์ทั่วไป 5

รูปที่ 2.5 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต 5

รูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register : SFR) 6

รูปที่ 2.7 แสดงบอร์ด ANT - 31PJ และการจัดวางตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด 8

รูปที่ 2.8 แสดงการจัดตำแหน่งแอดเดรสบนบอร์ด ANT – 31PJ 9

รูปที่ 2.9 แผนภาพบล็อคภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255 10

รูปที่ 2.10 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255 11

รูปที่ 3.1 วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335 12

รูปที่ 3.2 เวลาการตอบสนองของ LM335 ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอากาศ 13

รูปที่ 3.3 วงจรนี้จะบันทึกอุณหภูมิต่ำสุดระหว่างไอซีทั้ง 3 ตัว 14

รูปที่ 3.4 วงจรนี้จะบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของไอซีทั้ง 3 ตัว 14

รูปที่ 3.5 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส 15

รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซีเบอร์ ADC 0809 16

รูปที่ 3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอลความถี่ 3 MHz 18

รูปที่ 3.8 วงจรหารความถี่ด้วยเลขจำนวนเต็มโดยใช้ฟลิปฟลอปเป็นพื้นฐาน 19

รูปที่ 3.9 วงจรกระแสคงที่โดยใช้ LM334 19

รูปที่ 3.10 Typical Performance Characteristics 20

รูปที่ 3.11 วงจรวัดระดับแสงโดยใช้วงจรจ่ายกระแสคงที่ 21

รูปที่ 3.12 ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และสัญญลักษณ์ 22

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างวงจรวัดความเข้มแสงโดยใช้ LDR 22

รูปที่ 3.14 วงจร Touch Switch 23

รูปที่ 3.15 เป็นวงจรวัดระดับน้ำที่ใช้งานจริง 23

รูปที่ 3.16 RTC เบอร์ DS1302 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.18 วงจรสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Real Time Clock) 26
รูปที่ 4.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมโดยรวม 30
รูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของส่วนตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บน้ำ 31
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานในส่วนของการวัดระดับแสงในเรือนเพาะชำ 32
รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานส่วนของการวัดอุณหภูมิจากเรือนเพาะชำ 33
รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานส่วนของการรดน้ำไม้ในแต่ละวัน 34
รูปที่ 4.6 แสดงกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของ MSComm 35
รูปที่ 4.7 แสดงกำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับบัฟเฟอร์ข้อมูลของ MSComm 36
รูปที่ 4.8 แสดงกำหนดคุณสมบัติฮาร์ดแวร์ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานระบบการให้น้ำอัตโนมัติ (Automatic Irrigation Control System) ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความเอื้อเฟื้ออย่างสูงจาก อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การวางขอบข่ายโครงงาน การทดสอบเก็บข้อมูล การจัดทำรายงาน และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดการทำงาน อนึ่งทางด้านข้อมูล การจัดทำรายงานและประสบการณ์ต่าง ๆ ก็ได้รับความอนุเคราะห์จากนักศึกษารุ่นพี่และเพื่อน ๆ ในการหาแหล่งข้อมูลเพื่อค้นคว้า ทำให้รายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ รุ่นพี่และเพื่อนๆ ทุกคนมา ณ โอกาสนี้

กิติกร เฉลิมศรี
.....
(นางสาวกิติกร เฉลิมศรี)

จุฑามาศ อินทรเรืองศรี
.....
(นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบให้น้ำอัตโนมัติ (AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM)

นางสาวกิติกร เฉลิมศรี
นางสาวจุฑามาศ อินทรเรืองศรี
อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

บทคัดย่อ

ระบบให้น้ำอัตโนมัติเป็นการจำลองโรงเรือนเพาะชำที่สามารถควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช คือ อุณหภูมิ ปริมาณแสงแดด ปริมาณน้ำ โดยผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ให้ตรงตามความต้องการได้

ในรายงานฉบับนี้เป็นการสร้างและออกแบบอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติโดยได้นำความรู้มาจากหลักการเขียนโปรแกรมความคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติที่สร้างขึ้น สามารถวัดอุณหภูมิภายในเรือนเพาะชำ วัดค่าปริมาณแสงแดดที่ให้แก่เรือนเพาะชำ และนำมาประมวลผลควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ เช่น ม่านบังแดด เครื่องสูบน้ำ ให้ทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิ ปริมาณแสงแดด และปัจจัยอื่น ๆ ให้ตรงตามที่กำหนด อีกทั้งยังสามารถควบคุมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

จุดมุ่งหมายของโครงงานนี้คือสามารถออกแบบวงจรให้มีลักษณะและคุณสมบัติตามต้องการเพื่อนำความรู้ที่ใช้ทั้งทางด้านการออกแบบและการสร้างวงจรให้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการทำงานให้ได้คุณสมบัติและความสามารถอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM

Miss Kitikorn Chaloemsri

Miss Juthamas Intararuingsri

Mr. Polsart Lertprasert(Advisor)

2nd Semester , Education Year 1999

Abstract

Automatic Irrigation Control System (AICS) is a system used to control physical factor int in agriculture such as temperature , the brightness of sunlight , and the amount of water. Also , a computer has been introduced to control system.

This project present a design and assembly the system .Computer program has been written according to collected data such as temperature , light , humidity, at different time of day to control the physical factor in a greenhouse that has been built as a control unit.

This is project teach how to design and construct the circuit that has ability to control physical factor mentioned above for planting and also develop the system for the other feature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ด้วยความสามารถมากมายของไมโครโปรเซสเซอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถนำมาใช้ในระบบควบคุมการทำงานต่าง ๆ ตั้งแต่ระบบที่เล็ก ๆ ที่มีใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันไปจนถึงระดับใหญ่ ๆ ในงานอุตสาหกรรม จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้

สำหรับโครงงานนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล เอ็มซีเอส-51 (MCS-51) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้ในการควบคุมระบบขนาดกลาง มาควบคุมระบบและประมวลผลการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของโครงงาน โดยได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031

ระบบให้น้ำอัตโนมัติ (Automatic Irrigation Control System) จะเป็นการจำลองโรงเรือนเพาะชำที่สามารถจะควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชให้ตรงตามความต้องการได้ ในส่วนของการควบคุมและประมวลผลการทำงานนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหัวใจหลักในการควบคุม และสามารถที่จะทำการควบคุมการทำงานของโรงเรือนผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

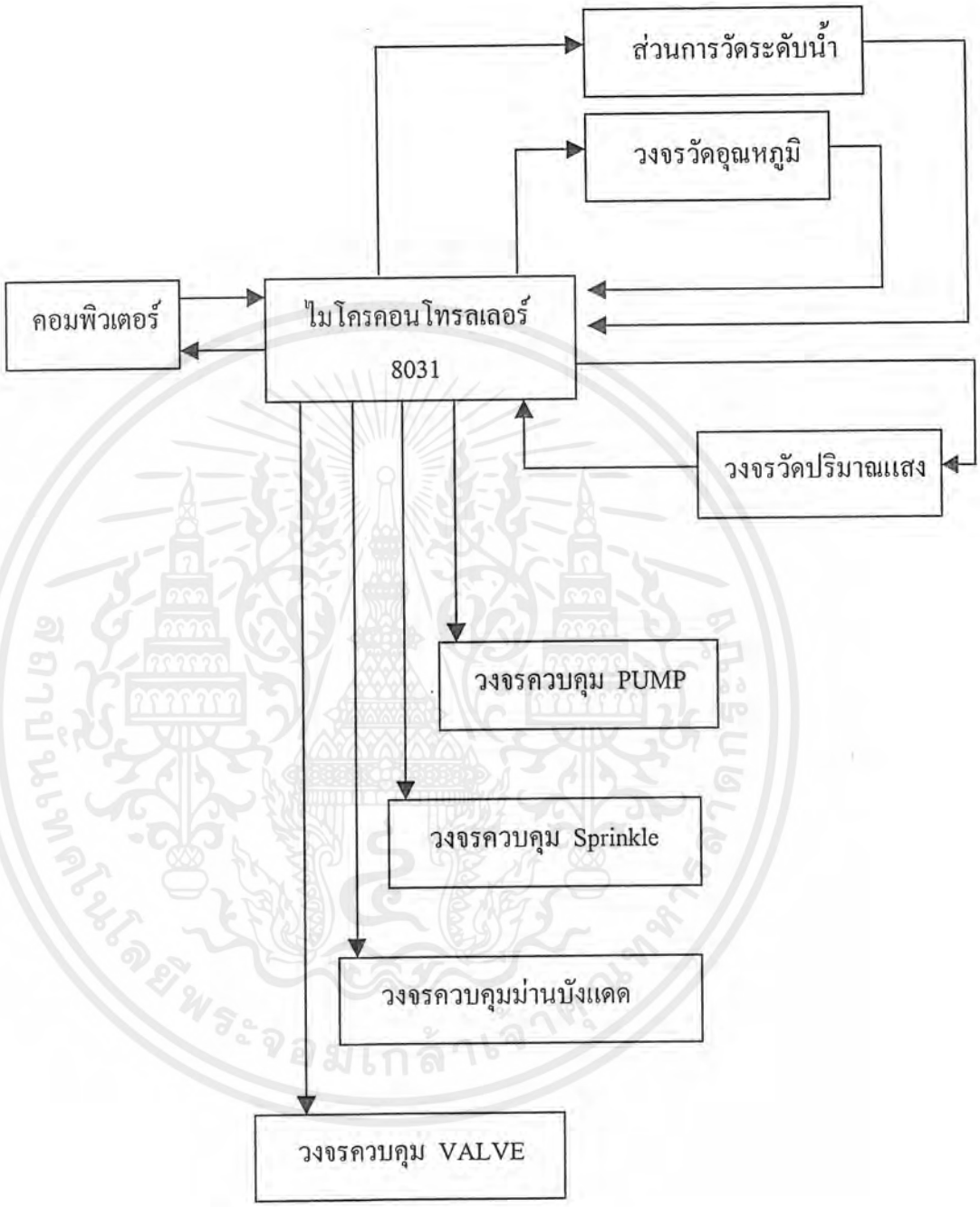
เนื่องจากพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการปริมาณน้ำ แสงแดด และอุณหภูมิในการเจริญเติบโตต่างกัน เมื่อเราทำการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ที่พอเหมาะกับที่พืชนั้นต้องการแล้ว โรงเรือนนี้จะทำการควบคุมปัจจัยนั้น ๆ ให้ตรงตามต้องการ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล โดยที่

1.ในส่วนของการควบคุมระยะเวลาการให้น้ำ จะทำการจับเวลาและทำการรดน้ำในช่วงที่ต้องการ ได้

2.ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิ จะทำการรับอินพุทจากวงจรตรวจจับอุณหภูมิแล้วทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้นั้นกับค่าที่ต้องการ แล้วทำการควบคุมให้ค่าอุณหภูมิเป็นไปตามต้องการ เช่นถ้าอุณหภูมิของโรงเรือนสูงเกินไปจะทำการลดอุณหภูมิโดยการฉีดน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ โดยที่ข้อจำกัดของโรงเรือนที่สร้างสามารถทำการลดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียสในวันที่แดดจัดเท่านั้น

3.ในส่วนของการควบคุมปริมาณแสงแดด จะทำการรับอินพุทจากวงจรวัดปริมาณแสงแดดซึ่งจะแบ่งเป็นช่วงกว้าง ซึ่งการควบคุมนั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่ต้องการควบคุม โดยที่ถ้าปริมาณแสงแดดไม่ตรงตามต้องการจะไปทำการควบคุมวงจรม่านบังแสงแดดให้ทำการเปิด –ปิดม่านเพื่อให้ปริมาณแสงแดดตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบให้น้ำอัตโนมัติ

ในการรับค่าจากวงจรต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ป้อนผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ นั้น ก่อนที่จะนำมาประมวลผลจะทำการแปลงจากสัญญานอนาลอกเป็นสัญญานดิจิตอลโดยใช้วงจร Analog to Digital Converion ก่อนที่จะนำไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

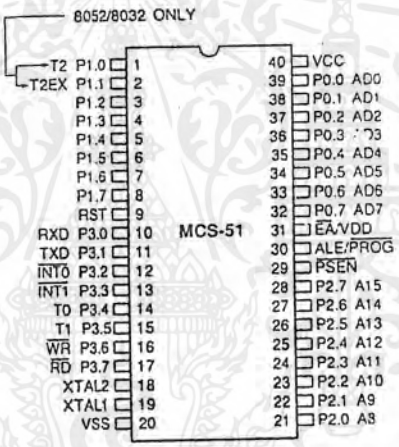
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

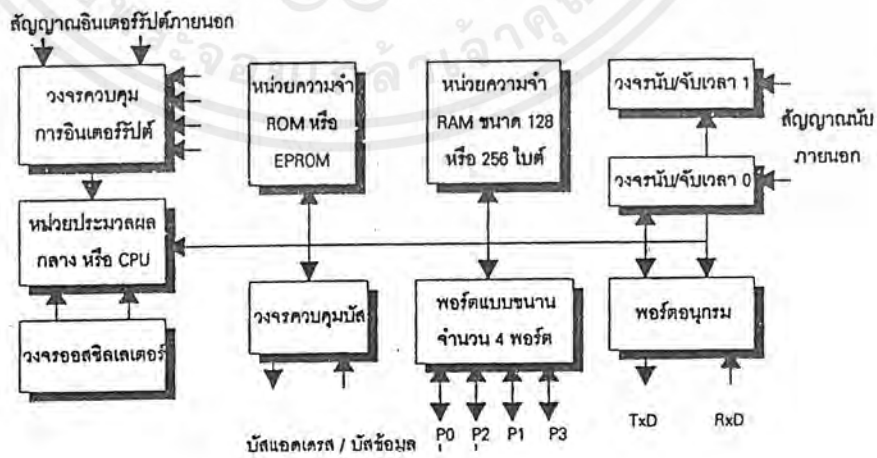
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031(Microcontoller 8031)

ในโครงงานนี้ส่วนที่สำคัญของการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ คือส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 ในการประมวลผล

8031 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีองค์ประกอบทุกอย่างเหมือนกับ 8051 เพียงแต่ว่า 8031 นั้นไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในตัวชิป (Chip) ตำแหน่งขาของ 8031 จะเหมือนกับตำแหน่งขาของ 8051 ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51



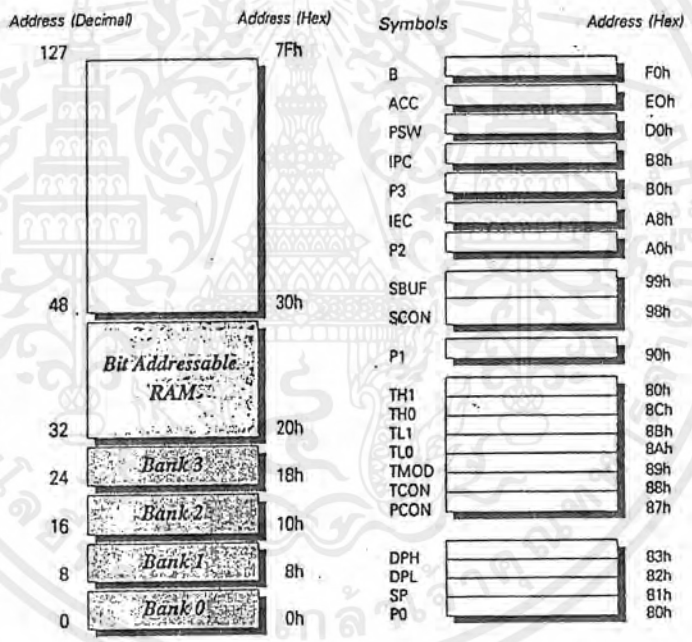
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของชิป MCS – 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำของ 8031 จะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล Data memory จะแบ่งเป็น 2 ส่วน สำหรับใช้งานภายนอกชิปและใช้งานภายในชิป โดยที่การใช้งานภายในชิปจะสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal RAM) มีไว้เพื่อสำหรับเก็บข้อมูลในขณะทำงาน
- ส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (Special Function Register) ถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู

แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับหน่วยความจำเก็บข้อมูลภายในชิปทั้ง 2 แบบนี้จะแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงหน่วยความจำภายในชิป

จากรูปบริเวณ Address อยู่ในช่วง 00H – 7FH ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปมีการจำแนกออกเป็น 3 ส่วนตามประเภทการใช้งาน ดังนี้

บริเวณแอดเดรส 00H – 1FH จำนวน 32 ไบต์ จำแนกออกเป็นกลุ่มข้อมูลได้ 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ไบต์ พื้นที่แต่ละส่วนจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ทั่วไป เรียกว่า รีจิสเตอร์ R0 - R7 ดังตารางต่อไปนี้

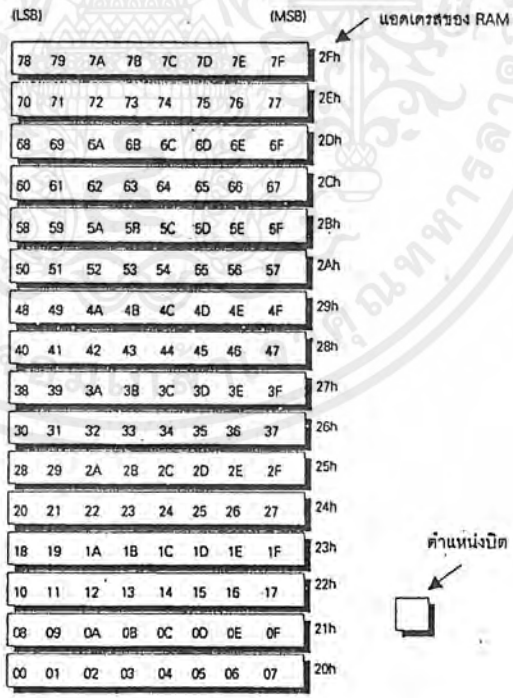
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงค์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H – 07H	0	R0 – R7
08H – 0FH	1	R0 – R7
10H – 17H	2	R0 – R7
18H – 1FH	3	R0 – R7

รูปที่ 2.4 ตารางแสดงการแบ่งกลุ่มการใช้งานของรีจิสเตอร์ทั่วไป

ในการใช้งานทั่วไปมักมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 – R7 เฉพาะในแบงค์ 0 เท่านั้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ส่วนอื่น ๆ ก็สามารถใช้งานลักษณะหน่วยความจำภายในได้ตามปกติ

บริเวณแอดเดรส 20H – 2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นพื้นที่ในบริเวณที่ผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำในลักษณะไบต์ข้อมูลตามปกติหรืออาจเป็นข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากมองในลักษณะบิตข้อมูลแล้วจะมีพื้นที่ตัวแปรแบบบิตใช้งานได้มากถึง 128 บิต แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณแอดเดรส 30H – 3FH เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้อิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้เฉพาะในลักษณะของไบต์ข้อมูลได้ตามปกติเท่านั้น

บริเวณแอดเดรส 80H – FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (Special Function Register : SFR) จำนวน 20 ตำแหน่ง ซึ่งตารางแสดงลักษณะการจัดหน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้จะแสดงดังรูป

ชื่อรีจิสเตอร์	คำจำกัดความ	ความสามารถการอ้างถึงแบบบิต
ACC	Accumulator	ได้
B	B register	ได้
PSW	Program Status Word	ได้
SP	Stack Pointer	ได้
DPTR	Data pointer (DPH & DPL)	ได้
P0	Port 0	ได้
P1	Port 1	ได้
P2	Port 2	ได้
P3	Port 3	ได้
IP	Interrupt Priority	ได้
IE	Interrupt Enable	ได้
TMOD	Timer / counter mode	ไม่ได้
TCON	Timer / counter control	ได้
TH0	Timer / counter 0 (high)	ไม่ได้
TL0	Timer / counter 0 (low)	ไม่ได้
TH1	Timer / counter 1 (high)	ไม่ได้
TL1	Timer / counter 1 (low)	ไม่ได้
SCON	Serial control	ไม่ได้
SBUF	Serial data buffer	ไม่ได้
PCON	Power control	ไม่ได้

รูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ (Special Function Register : SFR)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ 8051 ทั้งหมด การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งของแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

คำสั่งทั้งหมดสามารถแยกเป็นประเภทตามลักษณะการทำงานดังนี้

กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmatic Instruction) เป็นกลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยการบวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งคำสั่งการเพิ่มค่าของข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับก็บข้อมูลภายในชิป

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logical Instruction) ประกอบด้วยคำสั่ง เช่น AND , OR , Exclusive – OR , Complement รวมทั้งคำสั่งสำหรับการเลื่อนบิตข้อมูลไปทางซ้ายหรือขวาโดยผ่าน Carry flag หรือไม่ก็ได้

กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instruction) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายข้อมูลเพื่อใช้ในการนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลไปเก็บยังหน่วยความจำบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือใช้เพื่อย้ายข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์เพื่อการประมวลผล ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ดังนี้

- กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป
-กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภานอกชิป
-กลุ่มคำสั่งสำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลสำหรับเก็บโปรแกรมทั้งภายในและภายนอกชิป

กลุ่มคำสั่งในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instruction) ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของโปรแกรมโดยจะกระทำการแบบทั้งมีเงื่อนไข และไม่มีเงื่อนไข

กลุ่มคำสั่งสำหรับการประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instruction) มีไว้สำหรับใช้งานทางด้านการควบคุมโดยเฉพาะ โดยจะประมวลผลด้วยข้อมูลขนาด 1 บิต โดยมีหน่วยความจำขนาด 1 บิต สามารถอ้างถึงตำแหน่งได้โดยตรง และจะอยู่ในบริเวณเดียวกันกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป โดยการประมวลผลจะประกอบด้วย

- เซตบิต
- เคลียร์บิต
- กระทำคำสั่งทางตรรกศาสตร์ระหว่างหน่วยความจำกับสถานะบิต
- เคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างแคร์รี่แฟลกกับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

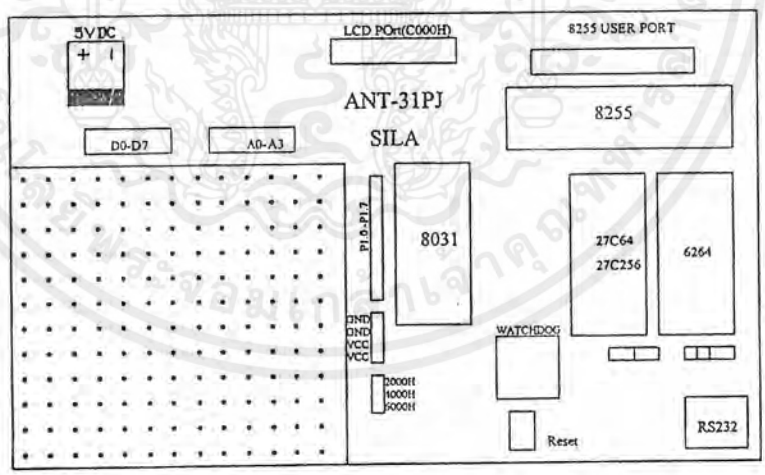
2.3 การใช้งานบอร์ด ANT – 31PJ Version 1.0

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ANT – 31PJ

- เป็นบอร์ดคอนโทรลใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 ใช้ซีพียูเบอร์ 80C31 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz
- ใช้งานหน่วยความจำบนบอร์ดได้ 3 ตำแหน่ง คือ

U2 เป็นหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมมอนิเตอร์ ใช้กับอีพรอมขนาด 8 – 32 กิโลไบต์ เบอร์ 2764 , 27128 หรือ 27256

U3 เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หรือใช้ทดสอบโปรแกรม โดยสามารถเลือกตำแหน่งแอดเดรสเป็น 0000H 8000H โดยตำแหน่งแอดเดรสที่ 0000H – 1FFFH จะเป็นหน่วยความจำข้อมูลเท่านั้น ในขณะที่แอดเดรสตำแหน่งที่ 8000H – 9FFFH จะเป็นหน่วยความจำได้ทั้งหน่วยความจำข้อมูลและหน่วยความจำโปรแกรม การเลือกเบอร์ของหน่วยความจำ หรือการเลือกตำแหน่งของแอดเดรสสามารถทำได้ด้วยตัวจั๊มเปอร์ (JUMPER) ที่อยู่ด้านล่างของซ็อกเกต (Socket) โดยกำหนดตำแหน่งของตัวจั๊มเปอร์ให้ตรงตามที่ต้องการ



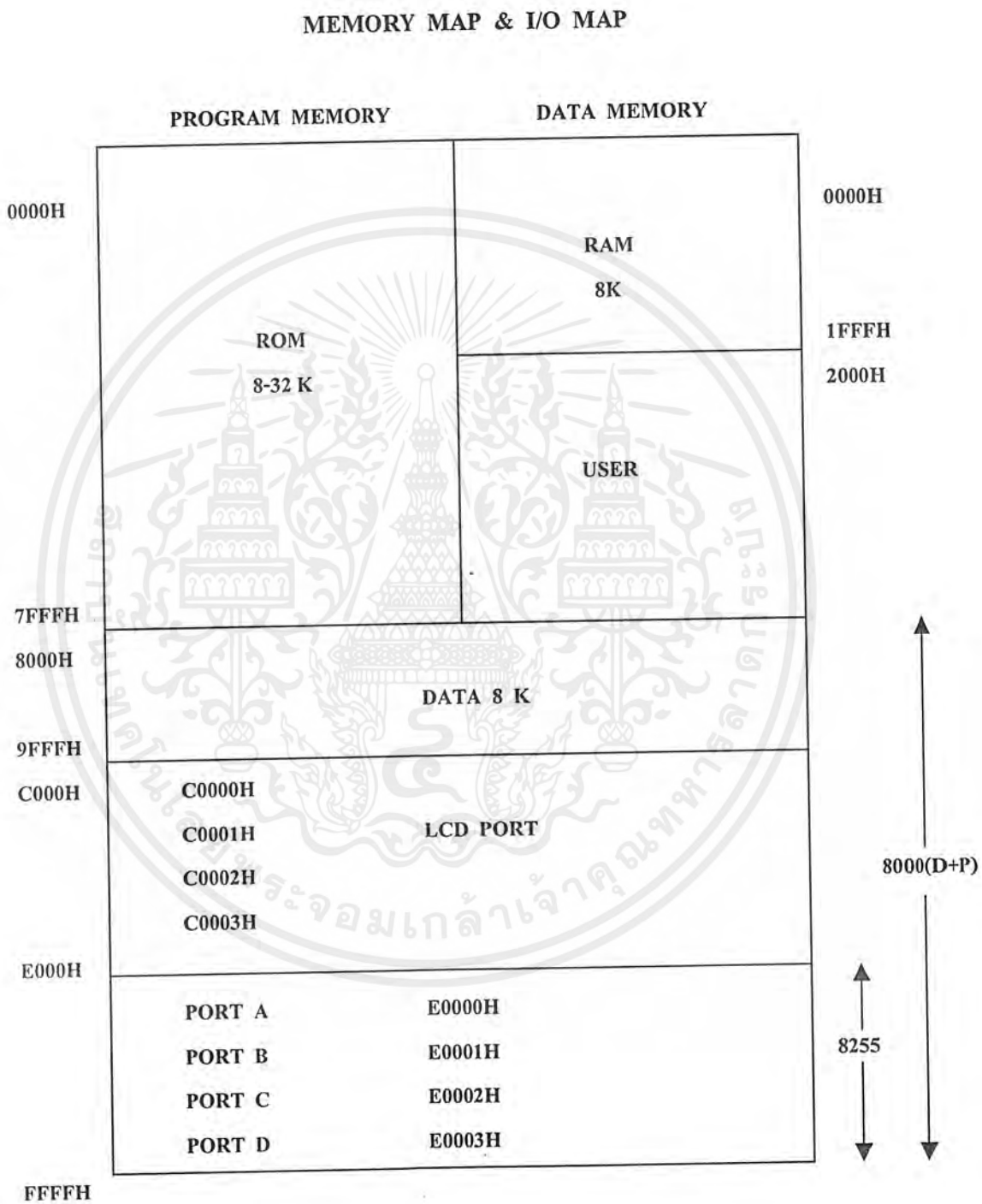
รูปที่ 2.7 แสดงบอร์ด ANT - 31PJ และการจัดวางตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด

- มีพอร์ต I/O เบอร์ 8255 ขนาด 24 บิตสำหรับใช้งานภายนอก
- มีพอร์ต LCD สำหรับจอแอลซีดี
- มีพอร์ตอนุกรมด้วยชิปเบอร์ MAX232 สำหรับติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์
- มีวงจรรีเซต และ Watch – dog ด้วยชิปเบอร์ MAX1232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การจัดตำแหน่งแอดเดรสบนบอร์ด

การจัดตำแหน่งแอดเดรสบนบอร์ดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8

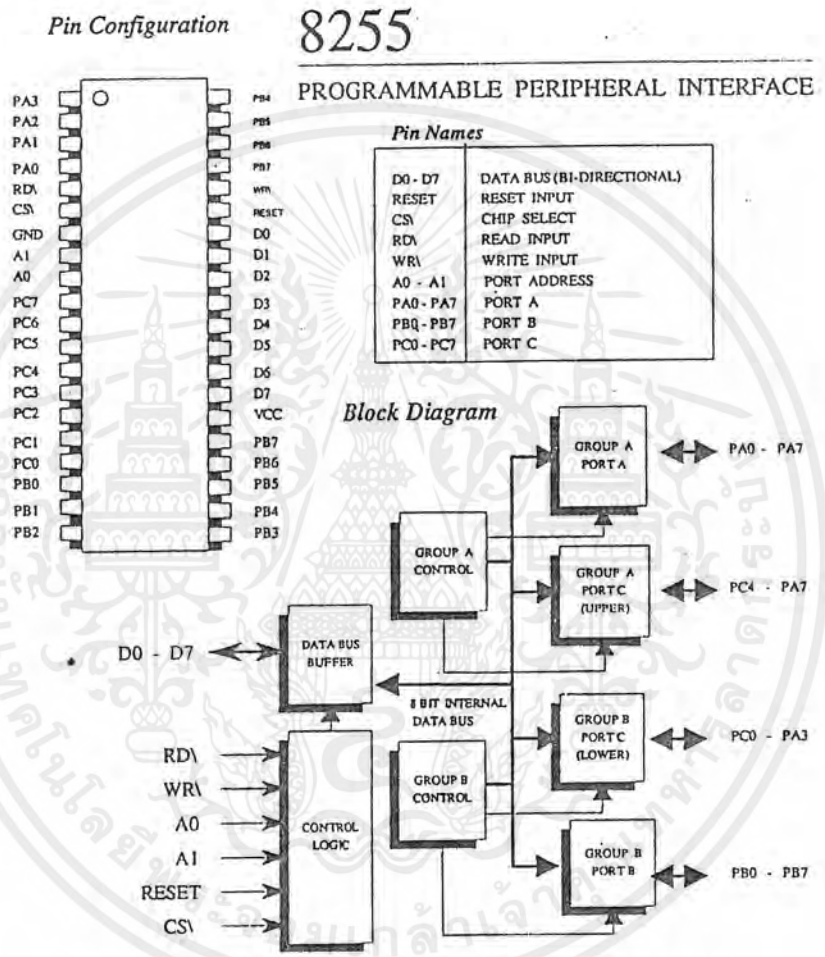


รูปที่ 2.8 แสดงการจัดตำแหน่งแอดเดรสบนบอร์ด ANT – 31PJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน 8255 กับ 8051 และพอร์ตทั้งหมดที่ใช้ในโครงงาน

การใช้งานบอร์ด ANT-31PJ มาใช้ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานหลักของโครงงานนี้ได้นั้นมีการใช้พอร์ตของ 8255 ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีบนบอร์ดมาเป็นส่วนที่ส่งข้อมูลไปควบคุมการทำงานของวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 2.9 แผนภาพบล็อคภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255

ภายในโครงงานระบบให้น้ำอัตโนมัติ จะมีการใช้พอร์ตตามวัตถุประสงค์ดังนี้

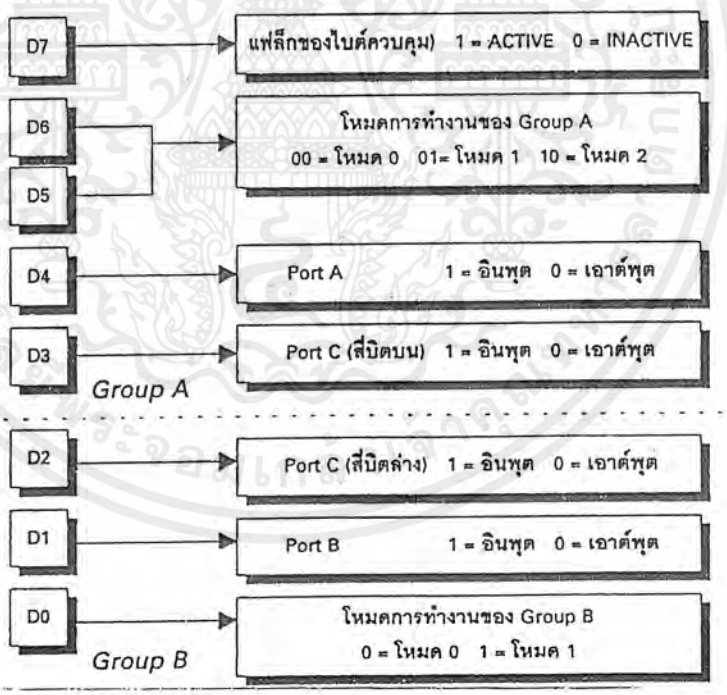
1. ใช้เป็นพอร์ตอินพุท รับค่าจากส่วนของเซนเซอร์ คือ จากวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ วงจรวัดระดับแสงและวงจะวัดระดับน้ำ
2. ใช้เป็นพอร์ตเอาท์พุท ส่งค่าแรงดันไฟฟ้าควบคุมการทำงานของม่านบังแดด PUMP , Sprinkle และ วาล์ว (VALVE)

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 นั้น จะทำการใช้พอร์ตของ 8255 ส่งค่าโวลท์เตจที่เกิดจากการผ่านการประมวลผลแล้วไปควบคุมส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ควบคุมการทำงานส่วนของม่านบังแดดให้เปิด หรือปิดรับแสงตามต้องการเพื่อให้ค่าระดับแสงตรงตามที่กำหนดไว้
2. ควบคุมการทำงานส่วนของ PUMP ให้ทำการสูบน้ำเก็บในถังเก็บน้ำกรณีที่ระดับน้ำในถังเก็บน้ำต่ำกว่าระดับที่กำหนด
3. ควบคุมการทำงานของ Sprinkle ในกรณีที่อุณหภูมิของโรงเรือนเพาะชำสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ จะทำการส่งค่าให้ Sprinkle ทำการฉีดน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ
4. ควบคุมการทำงานของวาล์ว ให้ทำการเปิดน้ำรดแปลงพืชให้ตรงตามเวลาที่กำหนด

การใช้งาน 8255 นี้จะแบ่งโหมด (MODE) การทำงานออกเป็น การทำงานในโหมด 0 การทำงานในโหมด 1 และการทำงานในโหมด 2 เนื่องจากในโครงงานนี้เราเลือกการใช้งาน 8031 ควบคู่กับ 8255 ในโหมด ซึ่งจะทำให้ลักษณะของพอร์ตต่าง ๆ ของ 8255 มีหน้าที่เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทได้เพียงลักษณะเดียวเท่านั้น โดยที่จะต้องกำหนดไบต์ควบคุม (Control Byte) ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม โดยที่สามารถกำหนดได้ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

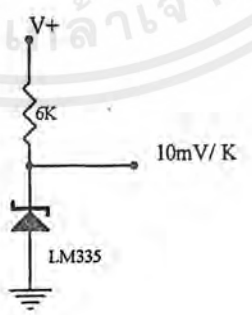
บทที่3
โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

3.1 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

ในส่วนของการตรวจวัดอุณหภูมิเพื่อนำค่าที่วัดได้ไปใช้ในการประมวลผลต่อไปนั้น วงจรที่ใช้จะนำไอซีเบอร์ LM 335 มาใช้เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิที่เหมาะสม มีความเที่ยงตรงสูง ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับแรงดันเอาท์พุทเป็นเชิงเส้นและใช้งานง่าย

ไอซีเบอร์ LM 335 เป็นวงจรอินทิเกรทเซอร์กิต (Integrated Circuit) ซึ่งใช้เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ สำหรับใช้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0 องศา จนถึง +100 องศา โดยพื้นฐานแล้ว LM 335 จะทำงานเช่นเดียวกับซีเนอร์ไดโอดดังแสดงในรูปที่ 2.9 แรงดันพังทลาย ซึ่งหมายถึงแรงดันเอาท์พุทจากวงจรนี้แปรโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเคลวิน ในย่านอุณหภูมิที่ออกแบบมาใช้งาน

ค่าของความต้านทาน R_1 ในรูปที่ 3.1 จะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้ แต่เนื่องจากค่าไดนามิคอิมพีแดนซ์ที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ จะมีค่าโดยปกติ 0.6 โอห์ม อุปกรณ์ตัวนี้จึงสามารถทำงานในย่านกระแสตั้งแต่ 400 ไมโครแอมป์จนถึง 5 มิลลิแอมป์ โดยเสมือนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวมันเลย ข้อที่น่าสังเกตุคือค่ากระแสฟอร์เวิร์ด หรือกระแสรีเวิร์ดสูงสุด ซึ่งไหลผ่านอุปกรณ์นี้อย่างปลอดภัย(แม้จะชั่วขณะ) ควรจะเป็น 10 มิลลิแอมป์ ถ้ากระแสสูงกว่านี้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวไอซีได้



รูปที่ 3.1 วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335

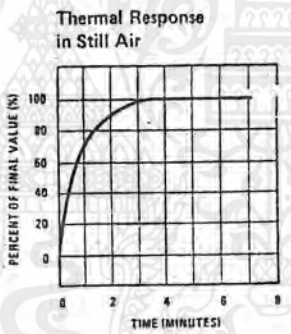
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติเฉพาะตัว

ในวงจรทั่วไปของ LM335 จะทำงานที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิจะเท่ากับ 2 องศาเซลเซียส (สูงสุด 5 องศาเซลเซียส) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ 4 องศาเซลเซียส (สูงสุด 9 องศาเซลเซียส) ตลอดย่านการทำงาน เมื่อได้มีการปรับค่าความถูกต้องไว้ค่าความผิดพลาดที่อุณหภูมิจำกัดไว้เป็น 2 องศาเซลเซียส ความไม่เป็นเชิงเส้นที่ค่ากระแส 1 มิลลิแอมป์ จะเท่ากับ 0.3 องศาเซลเซียส ตลอดย่านการทำงาน

ในอากาศอุปกรณ์ตัวนี้ใช้เวลาประมาณ 0.3 นาที ที่จะมีค่าอุณหภูมิถึงอุณหภูมิสุดท้าย หลังจากที่อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ดังรูปที่ 3.2 ค่าคงที่ของเวลาจะมีค่าเท่ากับค่าที่ออกแบบไว้

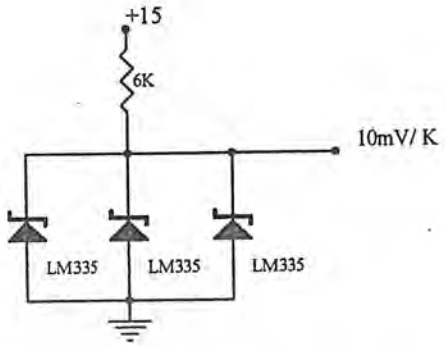
ค่าไดนามิกอิมพีแดนซ์จะมีค่าน้อยกว่า 1 โอห์ม ที่ความถี่สูงกว่า 1 กิโลเฮิรทซ์ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 20 ถึง 30 โอห์ม ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรทซ์



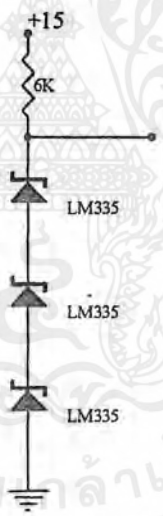
รูปที่ 3.2 เวลาการตอบสนองของ LM335 ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอากาศ

ถ้านำเอา LM 335 หลาย ๆ ตัวมาต่อขนานกันดังในรูปที่ 3.3 ค่าเอาท์พุทที่ได้จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด ซึ่งจะแสดงถึงค่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดระหว่าง 3 ตำแหน่งได้ และเช่นเดียวกันเมื่อนำเอา LM 335 มาต่ออนุกรมกันดังรูปที่ 3.4 ในกรณีนี้ค่าเอาท์พุทที่ได้จะแทนค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของไอซีทั้ง 3 ตัวนั้น แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยสัมประสิทธิ์เท่ากับจำนวนไอซีที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรนี้จะบันทึกอุณหภูมิต่ำสุดระหว่างไอซีทั้ง 3 ตัว



รูปที่ 3.4 วงจรนี้จะบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของไอซีทั้ง 3 ตัว

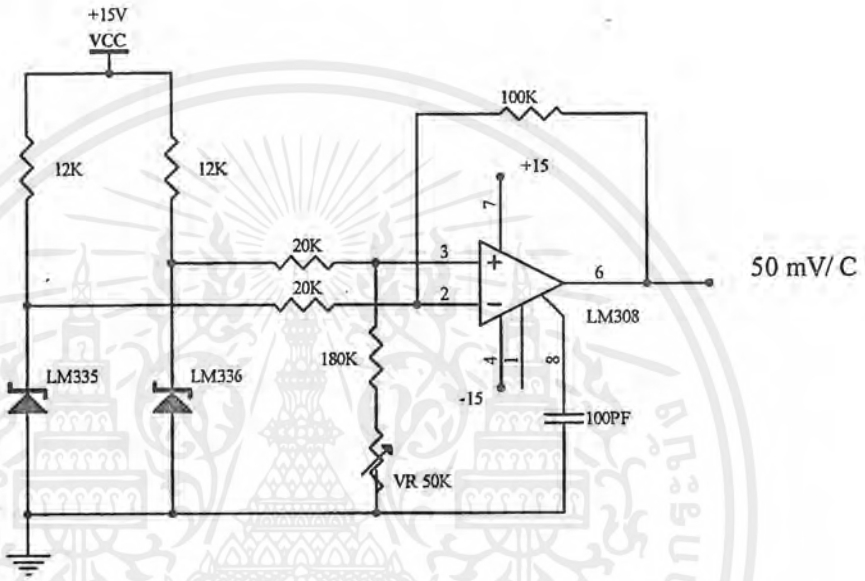
ในการนำไปใช้งานเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ (Temperature Sensor) โดยใช้คุณสมบัติของ LM 335 ดังที่กล่าวมาข้างต้นมาประยุกต์เป็นวงจรที่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในหน่วยขององศาเคลวินได้โดยการให้ Voltage Breakdown เพิ่มขึ้น 10 mV (10 mV/$°K$) จากคุณสมบัตินี้เราจะทำการขยายค่า Voltage 10 mV/$°K$ ที่ได้เป็น 50 mV/$°K$ โดยการใช้ออปแอมป์ซึ่งมีค่าอัตราการขยายเท่ากับ 5 และเราทราบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบองศาเคลวินเป็นสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกับองศาเซลเซียส($°C$) ดังนั้นเราจึงได้ศักดาเอาท์พุทที่มีการเปลี่ยนแปลง Voltage เป็น 50 mV/$°K$

ค่า Voltage Breakdown ของ LM 335 จะมีค่าเป็น V_{IN}

ค่า Voltage Breakdown ของ LM 336 จะมีค่าเป็น 2.5 Volt



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

3.2 วงจรแปลงสัญญานอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Conversion : ADC)

รูปแบบสัญญานไฟฟ้าที่เราพบเห็นโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของสัญญานที่ต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า สัญญานอนาลอก ซึ่งจะค่าที่ได้จากวงจรต่าง ๆ ที่เราต้องการนำมาทำการประมวลผลนั้นก็เป็นสัญญานอนาลอกเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากพบว่าสัญญาณในรูปของดิจิตอล การประมวล เก็บ สื่อสาร การนำเสนอ สามารถกระทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่า ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการแปลงสัญญานอนาลอกมาเป็นสัญญานดิจิตอลก่อน แล้วจึงนำมาประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง

ทฤษฎีการ Sampling

ในการแปลงสัญญานอนาลอกเป็นรหัสดิจิตอลนั้น ADC จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการ ซึ่งเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ (จำนวนดิจิตอลบิต) เทคนิคของการแปลงสัญญาณและความเร็วในการแปลงสัญญาณของอุปกรณ์อื่น

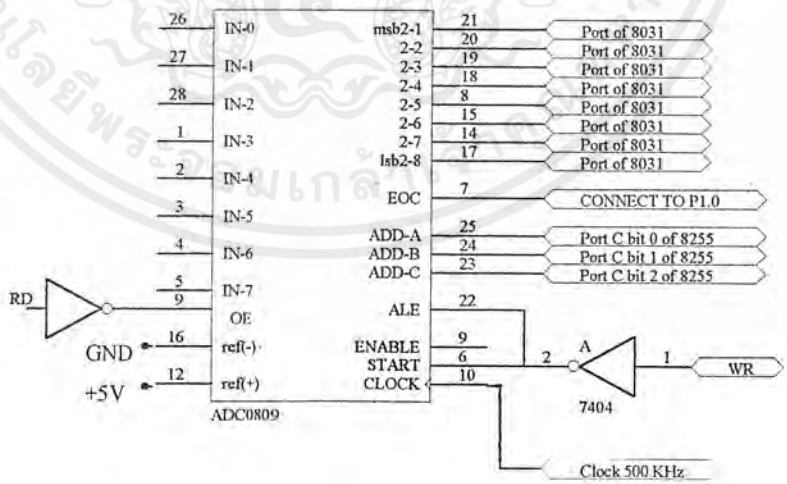
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณอาจเรียกว่า Aperture time ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอน ขึ้นในการวัด ดังนั้นหากเวลาที่ ADC ใช้ในการแปลงสัญญาณนี้ รหัสดิจิตอลที่ได้อาจจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาลอกค่าหนึ่ง และส่วนที่เหลือคือ error

วงจร Sample and Hold จะทำการสุ่มสัญญาณอินพุท และนำสัญญาณที่สุ่มนั้นมาเก็บไว้ในช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การประจุแรงดันไว้ในตัวเก็บประจุที่รั่วไหลต่ำ โดยสัญญาณอนาลอกจะถูกสุ่มเป็นช่วง ๆ การสุ่มจะเป็นการตัดต่อสัญญาณอนาลอกในช่วงเวลาสั้น ๆ ด้วยสวิทซ์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง ผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วสูงจะเสมือนกับการคูณด้วยขบวนสัญญาณพัลส์แคบ ๆ กับสัญญาณอนาลอก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณที่มอดูเลทระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาลอก โดยจะเสมือนว่าสัญญาณอนาลอกจะขี่มาบนขบวนพัลส์ และสัญญาณอนาลอกจะถูกคงค่าไว้ (Hold) จนกว่าสัญญาณค่าใหม่จะถูกสุ่มเข้ามา

อัตราการ สุ่มสัญญาณต้องมีค่าที่เหมาะสมจึงจะไม่ทำให้ข้อมูลสูญเสียไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นเช่นเดิม นั่นคือ หากสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ f_C ค่าอัตราการสุ่มจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า $2f_C$ จึงจะทำให้การเปลี่ยนกลับไม่ผิดเพี้ยน

ในโครงงานนี้การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นจะนำไอซีเบอร์ 0809 มาใช้โดยมีลักษณะการต่อวงจรใช้งานดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซีเบอร์ ADC 0809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ADC 0809 จะเป็น A/D ที่รับสัญญาณอินพุทที่มีระดับแรงดันอินพุทอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ได้ 8 ช่องสัญญาณและสามารถ multiplex สัญญาณอินพุทเหล่านั้นได้โดยการป้อน logic ให้แก่ขา A,B,C ของ A/D และให้เอาท์พุทเป็น binary 8 บิต ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการป้อนให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยตรงจากที่ ADC 0809 ไม่มีวงจรสร้างสัญญาณ clock ภายใน ดังนั้นจึงต้องสร้างวงจรกำเนิด clock เพื่อป้อนให้ควบคุมการทำงานของ A/D ต่อไป

ขาสัญญาณที่สำคัญมีดังนี้

1) IN0 – IN7 : เป็นขาที่ใช้ในการรับสัญญาณอนาลอกอินพุทที่สามารถ multiplex ได้ 8 ช่องสัญญาณ
2) Clock : ใช้รับสัญญาณ Clock จากวงจรสร้าง Clock ภายนอกซึ่งจะใช้ความถี่ในช่วง 500 KHz - 641 KHz
3) ADD A,ADD B,ADD C : ใช้ในการเลือกช่องสัญญาณโดยวิธีการเลือกมีดังนี้

Select Analog Channel	Address Line		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

4) Start : ใช้สั่งให้เริ่มมีการแปลงสัญญาณ (Active High)
5) EOC (End of Converter) : ใช้ในการแสดงว่าเสร็จสิ้นการแปลงสัญญาณ คือ เป็น "1" เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จแล้ว
6) ALE (Address Latch Enable) : ใช้ในการ Latch ค่าจากช่องสัญญาณที่ทำการเลือกเพื่อเข้าสู่การแปลงสัญญาณ (Active High)
7) OE (Output Enable) : ใช้ในการรับคำสั่งเมื่อต้องการให้มีการแสดงค่าสัญญาณที่ได้รับการแปลงแล้วออกทางเอาท์พุท

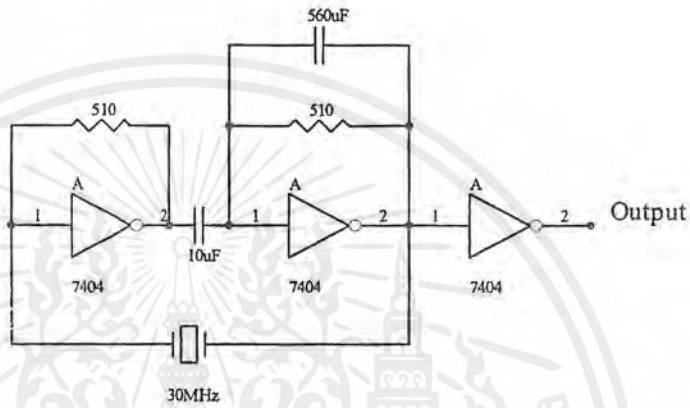
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36920

8) $V_{ref}(+) = V_{CC} = 5V$

9) $V_{ref}(-) = GND = 0V$

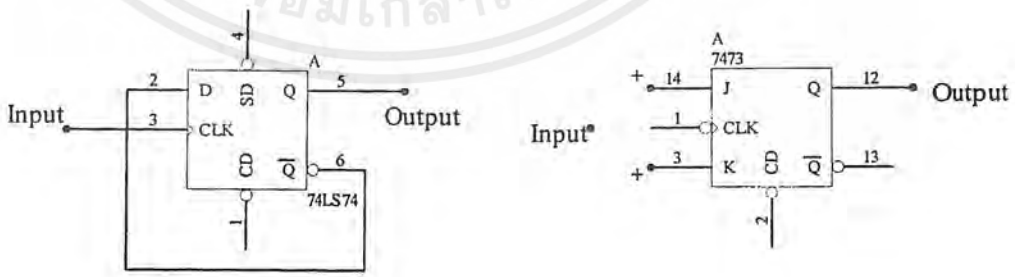
10) $2^{-1}(MSB) - 2^{-7}(LSB)$: เป็นเอาท์พุทไบนารี่ 8 บิต

จากที่กล่าวข้างต้นว่า ADC0809 ไม่มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายใน ดังนั้นในการทำงานจะต้องทำการสร้างสัญญาณนาฬิกาป้อนให้ ADC 0809 ทำงาน



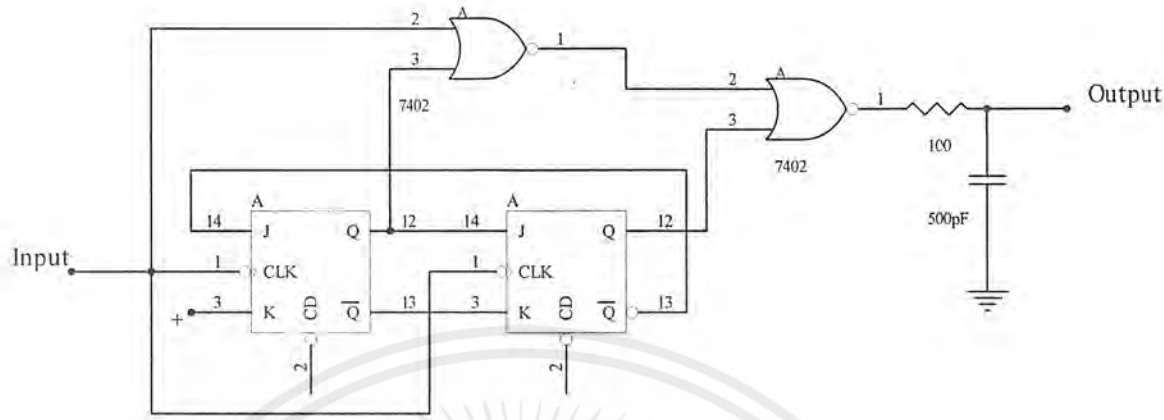
รูปที่ 3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาโดยใช้คริสตอลความถี่ 3 MHz

เนื่องจาก ADC 0809 จะใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 500 KHz ดังนั้นก่อนที่จะทำการป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.7 จะต้องทำการหารความถี่ 3 MHz ที่ได้ด้วยวงจรหารดังรูปที่ 3.8 ก่อน ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ฟลิปฟลอปเป็นพื้นฐาน



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

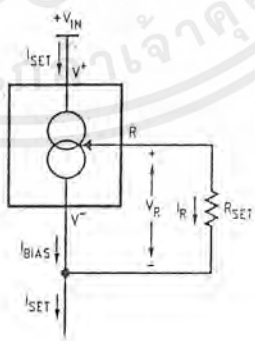


(ข)

รูปที่ 3.8 วงจรหารความถี่ด้วยเลขจำนวนเต็มโดยใช้ฟลิปฟลอปเป็นพื้นฐาน
(ก) วงจรหาร 2 (ข) วงจรหาร 3

3.3 วงจรจ่ายกระแสคงที่ (Constant Current Source)

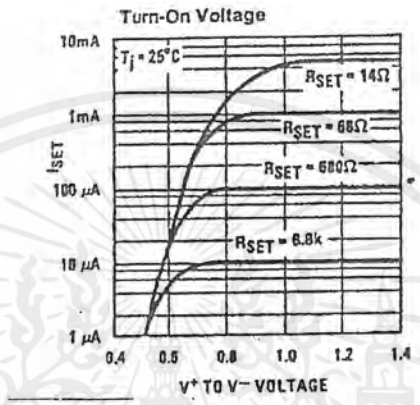
3 – Terminal djustable Current Source เบอร์ LM334 เราจะสามารถพิจารณาปริมาณกระแสคงที่ที่ได้จาก ผลรวมของกระแสที่ไหลผ่าน R_{SET} และกระแสไบอัสของ LM334 (I_{bias}) พิจารณาจากรูป



รูปที่ 3.9 วงจรกระแสคงที่โดยใช้ LM334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{SET} = I_r + I_{bias}$$
$$= \frac{V_r}{R_{SET}} + I_{bias}$$

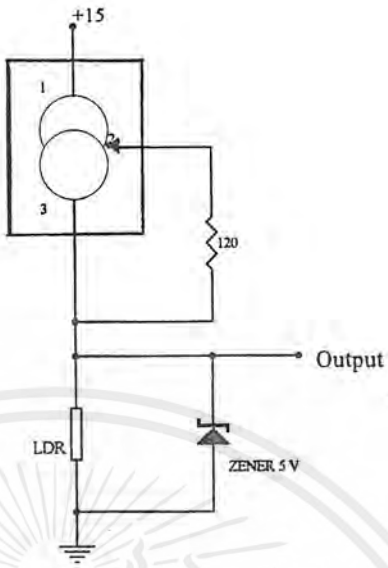


รูปที่ 3.10 Typical Performance Characteristics

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนของ I_{SET} กับ I_{bias} กระแสที่ผ่าน R_{SET} จะถูกพิจาณาโดย V_R ซึ่งจะประมาณค่าเท่ากับ $214\mu V/°K$ ($64mV/29.8°K$ - $214\mu V/°K$)

ในส่วนของการวัดระดับแสงที่เรือนเพาะชำนั้น จะนำวงจรจ่ายกระแสคงที่มาทำการประยุกต์ใช้ร่วมกับ LDR ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่มีค่าขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงสว่าง โดยจะนำวงจรกระแสคงที่ซึ่งใช้ LM334 ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ LDR จะได้ค่าศักดาเอาท์พุทซึ่งแบ่งเป็นช่วงของแสงสว่าง (แสงแดด) ที่ให้แก่ LDR ทำให้เราสามารถนำค่าศักดาเอาท์พุทมาทำการพิจารณาว่าขณะนี้โรงเรือนเพาะชำได้รับค่าความเข้มแสงเท่ากับเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

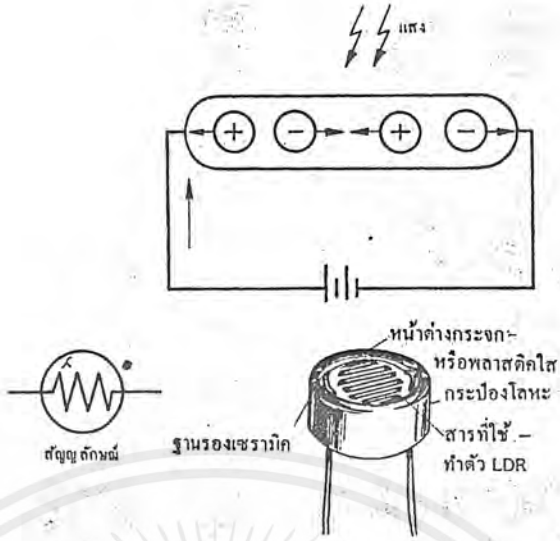


รูปที่ 3.11 วงจรวัดระดับแสงโดยใช้วงจรจ่ายกระแสคงที่

เนื่องจากค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้นั้นเป็นสัญญาณอนาลอก ดังนั้นจะต้องป้อนผ่านวงจร Analog To Digital Converion ก่อนที่จะนำไปประมวลผล ซึ่งวงจรดังกล่าวจะใช้ไอซีเบอร์ ADC0809 ซึ่งจะไม่สามารถรับค่าศักดาไฟฟ้าในกรณีที่มีค่ามากกว่า 4.9 โวลท์ อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจากวงจรรูปที่ 3.11 พบว่ามีการใช้ซีเนอร์ไดโอดที่มีค่าแรงดันพังทลายเท่ากับ 4.9 โวลท์ต่อขนานกับ LDR เพื่อป้องกันความเสียหายได้เนื่องจากแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้าวงจร Analog To Digital Conversion มากเกินไปได้

ตัวต้านทานไวแสงหรือ แอลดีอาร์ แอลดีอาร์ (LDR) เป็นคำย่อของคำว่า Light Dependent Resistor หรือค่าตัวต้านทานที่แปรค่าได้กับแสงนั่นเอง โดยเมื่อป้อนพลังงานอย่างเพียงพอให้กับวาเลนซ์อิเลคตรอนของสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเลคตรอนเกิดขึ้นมากมาย พลังงานที่จะทำให้อิเลคตรอนเกิดขึ้นมากมายนี้ จะต้องเป็นพลังงานที่มาจากภายนอก เช่น แสง ความร้อน ปริมาณของพลังงานที่ต้องการทำให้เกิดการแตกตัวของอิเลคตรอน-โฮล จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารนั้น ๆ

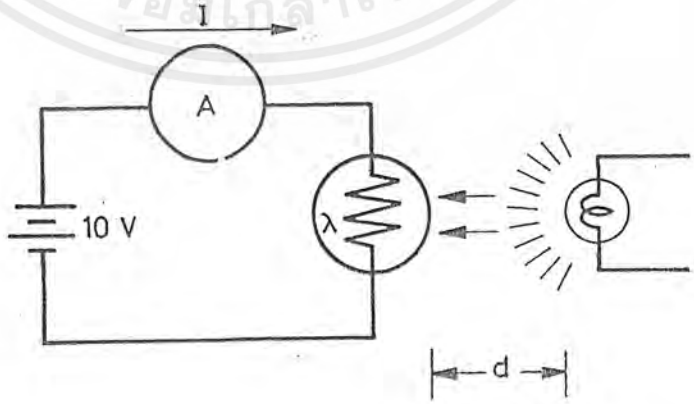
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ลักษณะทั่วไปของแอลดีอาร์และสัญญลักษณ์

แอลดีอาร์ส่วนใหญ่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำจำพวกแคดเมียมซัลไฟต์หรือแคดเมียมเซเลไนต์ ซึ่งให้ผลตอบสนองต่อแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นประมาณ 40,000 – 10,000 A ซึ่งเป็นแถบความถี่แสงที่มองเห็นพอดี ลักษณะการทำงานของแอลดีอาร์จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความเข้มของแสงมาตกกระทบ ก็ขะทำให้ตัวมันสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้นเป็นผลทำให้ค่าความต้านทานของตัวมันลดลง

ข้อดีในการใช้งานแอลดีอาร์ คือ มีความไวต่อแสงสูง ราคาถูก และมีขนาดเล็ก มีการเปลี่ยนแปลงค่าได้กว้าง แต่ก็ยังมีข้อเสียเมื่อเทียบกับอุปกรณ์รับแสงอื่น ๆ คือ มีผลตอบสนองต่อความถี่ได้แคบ ตัวอย่างการใช้งานของแอลดีอาร์ที่เห็นได้ง่าย ๆ คือ ใช้เป็นตัววัดความเข้มแสง โดยต่อเป็นวงจรง่าย ๆ ดังรูปที่ 3.13

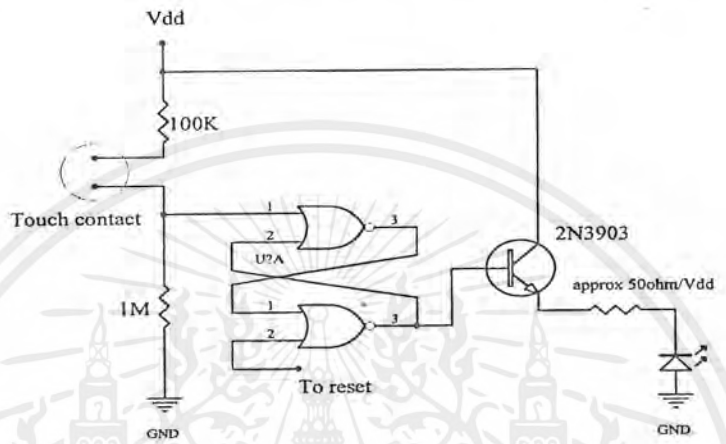


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างวงจรวัดความเข้มแสงโดยใช้ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

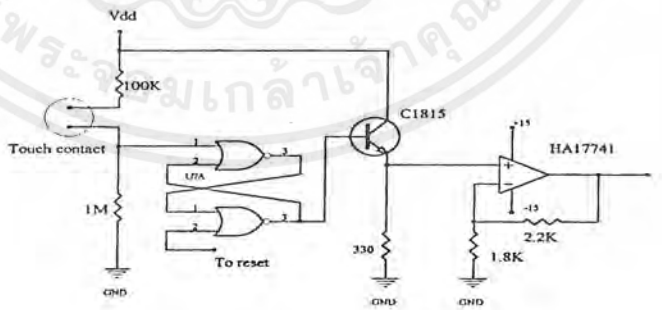
วงจรวัดระดับน้ำ

เนื่องจากส่วนของโรงเรือนจะต้องมีการรดน้ำต้นไม้ตามเวลาที่กำหนด และใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของโรงเรือน ดังนั้นปริมาณในถังเก็บจึงต้องเพียงพอ และอยู่ในระดับที่เหมาะสม จึงได้มีการออกแบบวงจรส่วนของการตรวจจับระดับน้ำอย่างง่าย เพื่อที่จะได้ทราบว่า น้ำในถังเก็บมีปริมาณเท่าใด และเมื่อใดจะต้องทำการสูบน้ำเพิ่มเพื่อให้น้ำมีพอเพียงสำหรับใช้งานตลอดเวลา



รูปที่ 3.14 วงจร Touch Switch

รูปที่ 3.14 เป็นวงจรที่ใช้ Touch Switch จากรูปจะใช้ LED ในการแสดงผล เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการมีความต้านทานเกิดขึ้นที่ Touch Switch และไม่มีความต้านทาน ว่าจะได้ค่าศักดาเอาท์พุทเป็นอย่างไร โดยที่เมื่อสัมผัส Touch Switch จะเกิดความต้านทานขึ้น ทำให้ฟลิบฟลอปเปลี่ยนสถานะจากเดิม (low state) เป็นสถานะ high (high state) ทำให้ LED สว่าง



รูปที่ 3.15 เป็นวงจรวัดระดับน้ำที่ใช้งานจริง

รูปที่ 3.15 เป็นวงจรวัดระดับน้ำที่ใช้งานจริงซึ่งใช้พื้นฐานของวงจร Touch Switch โดยที่จุดต่อของ Touch Switch จะเป็นแท่งคาร์บอนซึ่งเมื่อทำการจุ่มลงในน้ำจะเกิดความต้านทานขึ้น ได้ศักดาเอาท์พุทที่ขา 3 เป็นสถานะ high ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่าศักดาเอาท์พุทที่ได้มีค่าน้อยมาก ในที่นี้เราต้องการนำค่าเอาท์พุทไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนั้นจึงมีภาคขยายให้ศักดาเอาท์พุทมีค่าเพิ่มขึ้นโดยใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (non-inverting Amplifier) จะได้ศักดาเอาท์พุทที่เพียงพอที่สามารถนำไปประมวลผลได้

วงจรสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์(Real Time Clock : RTC)

ในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ จะมีการอ้างอิงเวลาซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของวงจร เช่นกำหนดเวลาการรดน้ำ เวลาในการเปิด-ปิดม่านแต่ละครั้ง ดังนั้นจึงนำวงจรกำเนิดฐานเวลามาใช้ในการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมสะดวกมากขึ้น

การสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีแบตเตอรี่สำรองเพื่อที่สามารถจะทำงานอิสระได้ตลอดเวลา โดยจะใช้ชิปทำหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้กับระบบ (RTC หรือ Real Time Clock) ในที่นี้จะใช้ชิป RTC ของบริษัท Dallas Semiconductor เบอร์ DS1302 ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

รูปที่ 3.16 RTC เบอร์ DS1302

ชิป RTC เบอร์ DS1302 มีคุณสมบัติคร่าวๆดังนี้

- ทำหน้าที่นับวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ของเดือน เดือน ปี รวมทั้งคำนวณปีอธิกสุรทิน
- มีหน่วยความจำขนาด
- ใช้การติดต่อแบบอนุกรม
- ใช้แรงดันไฟฟ้าเพียง 2.5-5.5 โวลต์ และใช้กระแสเพียง 300 นาโนแอมแปร์ ที่ระดับแรงดัน 2.5 โวลต์
- การโอนย้ายข้อมูลสามารถทำได้ทั้งในแบบครั้งละ 1 ไบต์ (Single Byte) หรือครั้งละหลายๆไบต์ (Multiple-Byte หรือ Burst mode) ไม่ว่าจะเป็นการเขียนหรืออ่านข้อมูล
- ตัวชิปเองมีให้เลือกทั้งแบบ 8 PIN DIP หรือ 16 PIN DIP SOIC เพื่อใช้สำหรับทำแผ่นวงจรชนิด Surface mount
- ระดับสัญญาณ TTL compatible (V_{cc}= 5 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปโครงสร้างของ RTC พบว่าจะประกอบไปด้วยส่วยที่สำคัญดังนี้

- shift register
- Control logic
- Oscillator
- Real time clock
- RAM

Command byte : การรับส่งข้อมูลระหว่างชิป DS1302 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องส่ง command byte มีขนาด 1 ไบต์ โดยจะทำการส่งเริ่มต้นที่บิต 0 ก่อนเสมอ (LSB)

Burst mode : หมายถึงการรับส่งข้อมูลครั้งละหลายไบต์ ในการติดต่อแต่ละครั้ง โดยสามารถกำหนดได้ว่าข้อมูลที่ต้องการติดต่อเป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บเวลาหรือหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยการรับส่งจะกำหนดโดย Command Byte ซึ่งจะเริ่มต้นที่บิตที่ 0 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 0 เสมอ การส่งใน Burst mode มีไว้เพื่อความสะดวกในการรับหรือส่งข้อมูลครั้งละจำนวนมากๆ ทำให้ไม่ต้องส่ง Command Byte หลายครั้ง

Reset and Clock Control :

การรับหรือส่งข้อมูลทั้งหมดจะต้องเริ่มโดยให้ขา RST มีสถานะเป็น 1 ก่อนเสมอ ซึ่ง RST มีหน้าที่หลักคือ

1.ใช้การควบคุมการเขียน-อ่านข้อมูลใน ชิปรีจิสเตอร์

2.ใช้เป็นสัญญาณในการหยุดการทำงานใดๆ ของชิป

Data input : ถ้า command byte ระบุว่าเป็นการเขียนข้อมูลไปในชิป ข้อมูลจะถูกรับเข้ามา ในช่วงขอบขาขึ้น (rising edge) ของ SCLK เท่านั้น โดยเริ่มต้นที่บิต 0 ก่อนเสมอ

Data output : หลังจากรับ Command byte หากมีระบุว่าเป็นการอ่านข้อมูลจากชิป RTC ข้อมูลจากชิปจะถูกส่งออกจากภายนอกในขณะช่วงขอบขาลง (falling edge) ของ SCLK

Clock/Calendar : จะประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ 8 ตัวที่อยู่ในรูปของรหัส BCD เท่านั้น

Clock half flag : บิต 7 ของรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าวินาที จะเป็นตัวบอกให้ชิป RTC หยุดการทำงานของวงจรในส่วน Oscillator เมื่อบิตนี้มีค่าเป็น 1 และเป็นผลให้นาฬิกาภายในชิปหยุดการทำงานไปด้วย

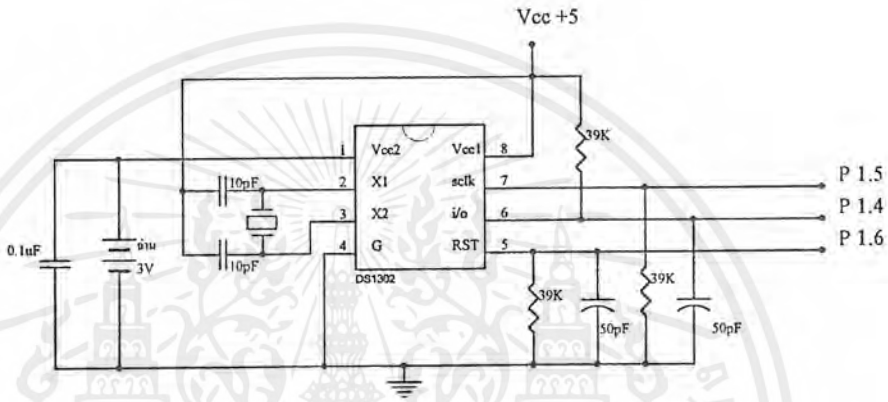
การเลือกใช้คริสตอล (Crystal) :

ชิป RTC DS1302 จะใช้คริสตอลความถี่ 32.768 kHz เป็นตัวกำหนดค่าเวลาค่าการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AM-PM/12-24 mode : บิต 7 ของรีจิสเตอร์ที่เก็บค่าชั่วโมงจะถูกกำหนดให้เป็น12-24 hour mode select bit นั่นคือ เป็นตัวเลือกว่าจะให้รีจิสเตอร์นี้เก็บค่าชั่วโมงแบบ 12 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมงโดยที่

- บิต 7 เป็น 1 เป็นการเลือกเก็บค่าแบบ 12 ชั่วโมง
- บิต 7 เป็น 0 เป็นการเลือกเก็บค่าแบบ 24 ชั่วโมง



รูป 3.18 วงจรสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Real Time Clock)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างทางซอฟท์แวร์

ในโครงงานนี้เป็นการออกแบบเรือนเพาะชำจำลอง โดยทำการควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช คือ น้ำ แสงแดด และอุณหภูมิ โดยใช้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมนั้นจะอาศัยชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล เอ็มซีเอส –51 (MCS-51) และยังสามารถควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะชำได้สะดวกยิ่งขึ้น ในที่นี้จะกล่าวเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 (MCS-51)
2. การควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

4.1 การควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 (MCS-51)

เป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนของฮาร์ดแวร์และการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

4.1.1 การควบคุมส่วนของฮาร์ดแวร์

วัตถุประสงค์ของโปรแกรม

1. รับค่าสัญญาณดิจิตอลไบนารี่ 8 บิตที่ได้ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกโดยวงจร Analog to Digital Conversion ซึ่งรับมาจากวงจรตรวจวัดค่าอุณหภูมิ วงจรวัดระดับน้ำในถังเก็บน้ำ และวงจรวัดปริมาณแสงแดด (ใช้พอร์ต A ของ 8255)
2. ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของวงจรส่วนต่าง ๆ โดยใช้พอร์ต Bของ 8255 โดยที่

PORT B.0	ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในทิศทวนเข็มนาฬิกา
PORT B.1	ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกา
PORT B.2	ควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ
PORT B.3	ควบคุมการทำงานส่วนรดน้ำ
PORT B.4	ควบคุมการทำงานของ Sprinkle

3. ส่งสัญญาณไปควบคุมการเลือกรับค่าของสัญญาณอินพุทที่ส่งเข้ามาผ่านวงจร Analog to Digital Conversion โดยใช้วิธีการ Multiplexing เลือกช่องสัญญาณโดยใช้พอร์ต C ของ 8255 โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT C.0 ADD A

PORT C.1 ADD B

PORT C.2 ADD C

PORT C.7 รับค่าแรงดันเอาท์พุทจากวงจร Micro-switch

3. ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลาจริงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Real Time Clock Circuit) และวงจร Analog to Digital Conversion โดยทำการใช้งานพอร์ต 1 ของ 8031 ดังนี้

PORT 1.0 เชื่อมต่อกับขา EOC ของ A/D

PORT 1.4 เชื่อมต่อกับ I/O ของชิป RTC

PORT 1.5 เชื่อมต่อกับ sclk ของชิป RTC

PORT 1.6 เชื่อมต่อกับ RST ของชิป RTC

การทำงานของโปรแกรมควบคุมฮาร์ดแวร์

การควบคุมการทำงานของส่วนควบคุมอุณหภูมิ

ในการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะกระทำเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 10 นาที โดยค่าอุณหภูมิจากเรือนเพาะชำที่วัดได้จากวงจรวัดอุณหภูมิจะนำมาผ่านวงจร Analog to Digital Conversion แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าดิจิตอลที่ได้ว่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิเท่าใด หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนและจากค่าที่ต้องการ โดยที่

1.ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนมากกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ จะทำการปรับอุณหภูมิให้ลดลงโดยทำการเปิด Sprinkle

2.ค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนน้อยกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการ ในกรณีนี้จะไม่กระทำการใด ๆ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ที่ช่วยทำการเพิ่มอุณหภูมิ

การควบคุมการทำงานของส่วนวัดระดับน้ำในถังเก็บน้ำ

ในการตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บนั้นมีจุดประสงค์ คือ ต้องการให้มีน้ำเพียงพอต่อการใช้งาน คือ ส่วนของการควบคุมอุณหภูมิ และส่วนของการรดน้ำ ดังนั้นไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ดังนี้

1.ทำการรับค่าระดับน้ำจากวงจรวัดระดับน้ำ แล้วนำมาผ่านวงจร Analog to Digital Conversion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.นำค่าที่ได้เปรียบเทียบเพื่อหาระดับน้ำปัจจุบัน โดยที่

- ระดับน้ำต่ำกว่าที่กำหนด ทำการเปิดเครื่องสูบน้ำ
- ระดับน้ำเท่ากันหรือสูงกว่าที่กำหนด ทำการปิดเครื่องสูบน้ำ

การควบคุมการทำงานส่วนของการรดน้ำในแต่ละวัน

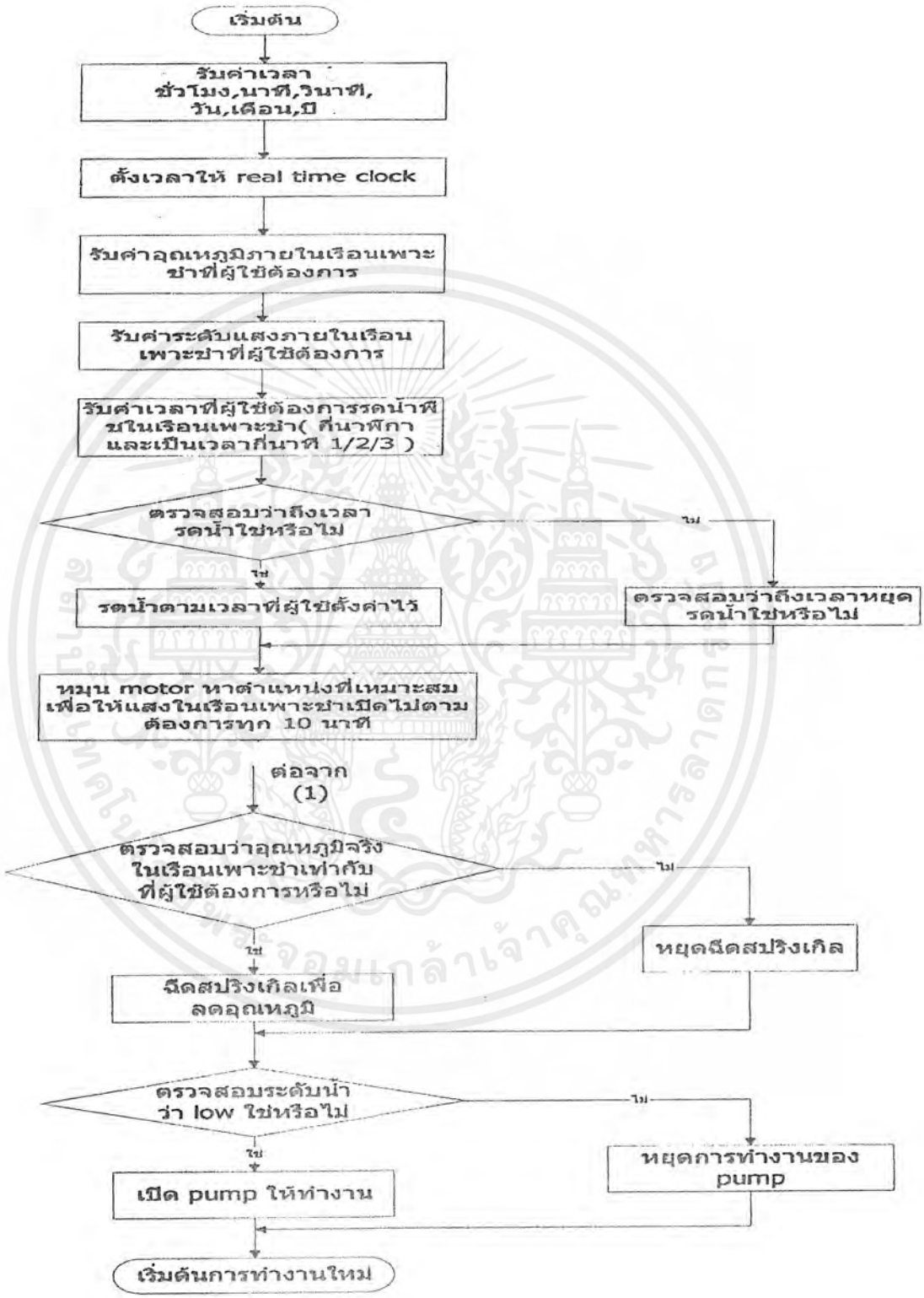
ในการควบคุมการรดน้ำนั้นจะอาศัยเวลาที่สร้างจากวงจรสร้างฐานเวลาจริง(Real Time Clock) โดยที่เมื่อผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลว่าต้องการที่จะรดน้ำต่อวันกี่ครั้ง แต่ละครั้งทำการเริ่มที่เวลาเท่าใด ก็จะนำค่านั้นมาประมวลผล โดยเทียบเวลาจากวงจรสร้างฐานเวลา ในกรณีที่เวลาจากวงจรสร้างฐานเวลาจริงเท่ากับเวลาที่ผู้ใช้ต้องการรดน้ำ ก็จะทำการรดน้ำเป็นระะเวลาที่ต้องการ

4.1.2 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์เอ็มซีเอส 51 (MCS-51) และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนั้นจะทำการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งเป็นพอร์ตของคอมพิวเตอร์ซึ่งรู้จักในชื่อของ COM1 หรือ COM2

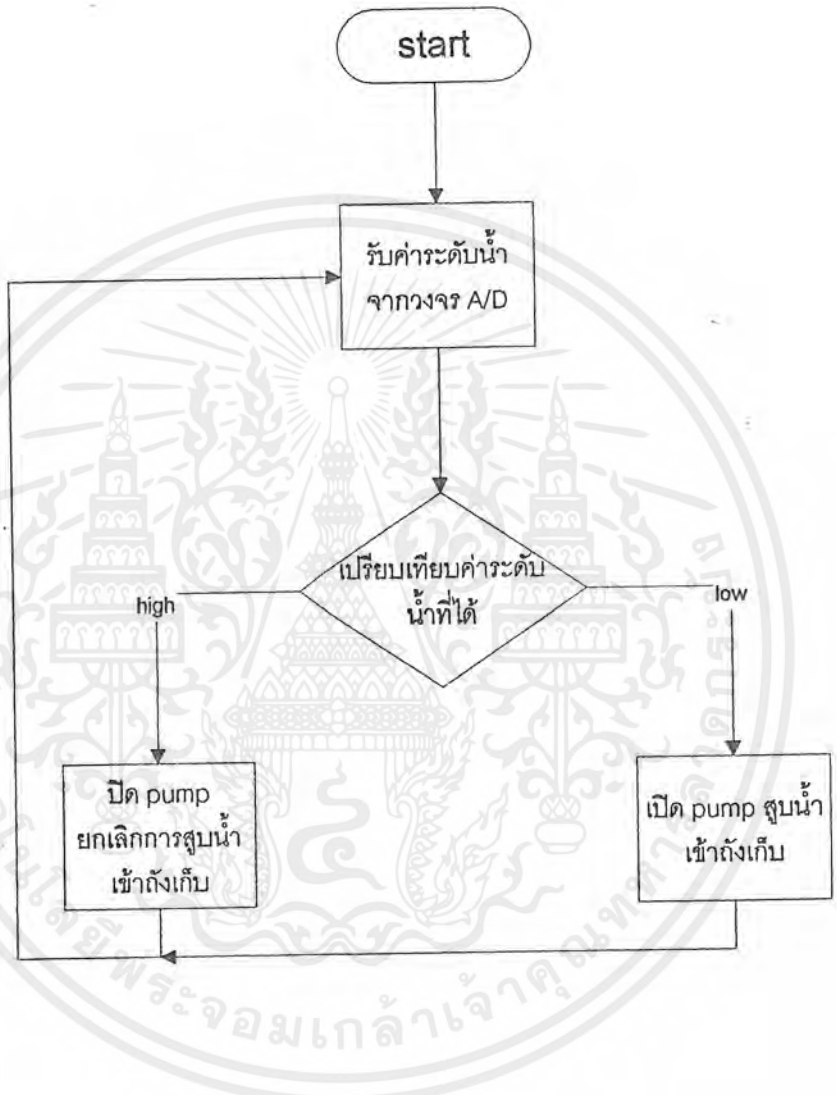
ในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ทั้ง 2 ส่วนจะต้องทำการรับ และการส่งให้สัมพันธ์กัน และสามารถสื่อสารกันเข้าใจ เพื่อที่จะทำการส่งหรือรับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยที่ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องทำการตรวจสอบว่ารหัสข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกต้องจึงเริ่มดำเนินการในส่วนที่ต้องการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



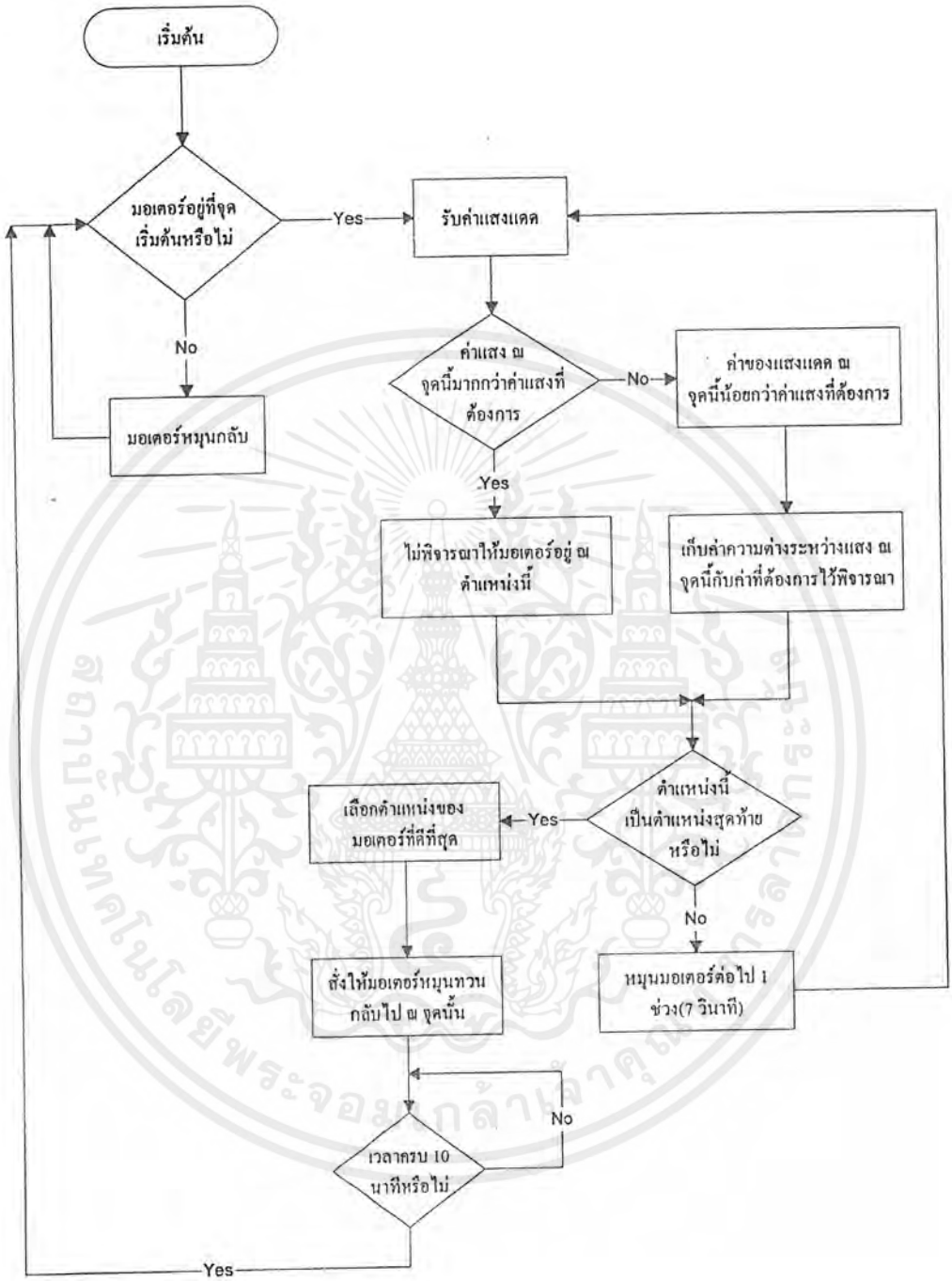
รูปที่ 4.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



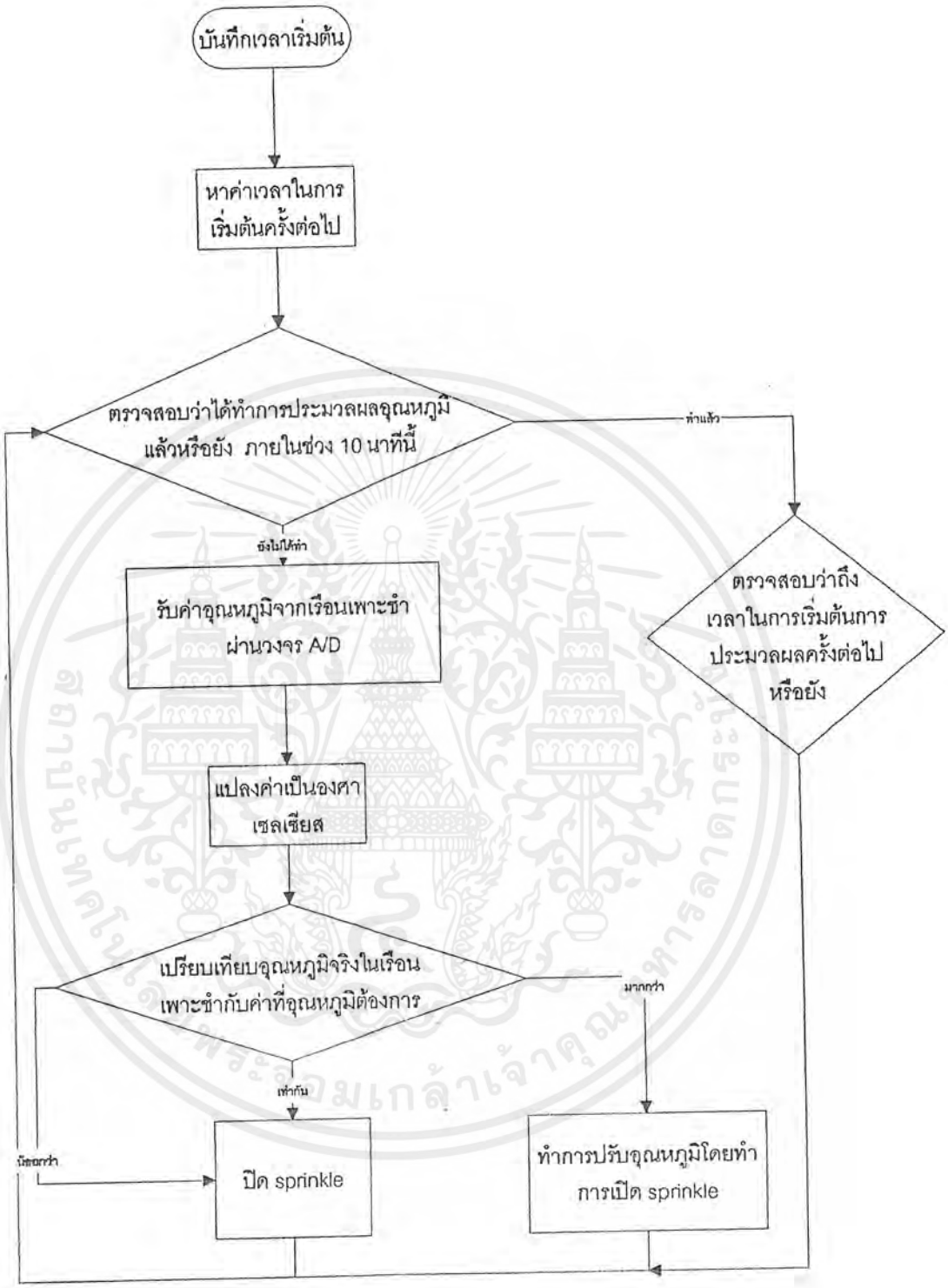
รูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของส่วนตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



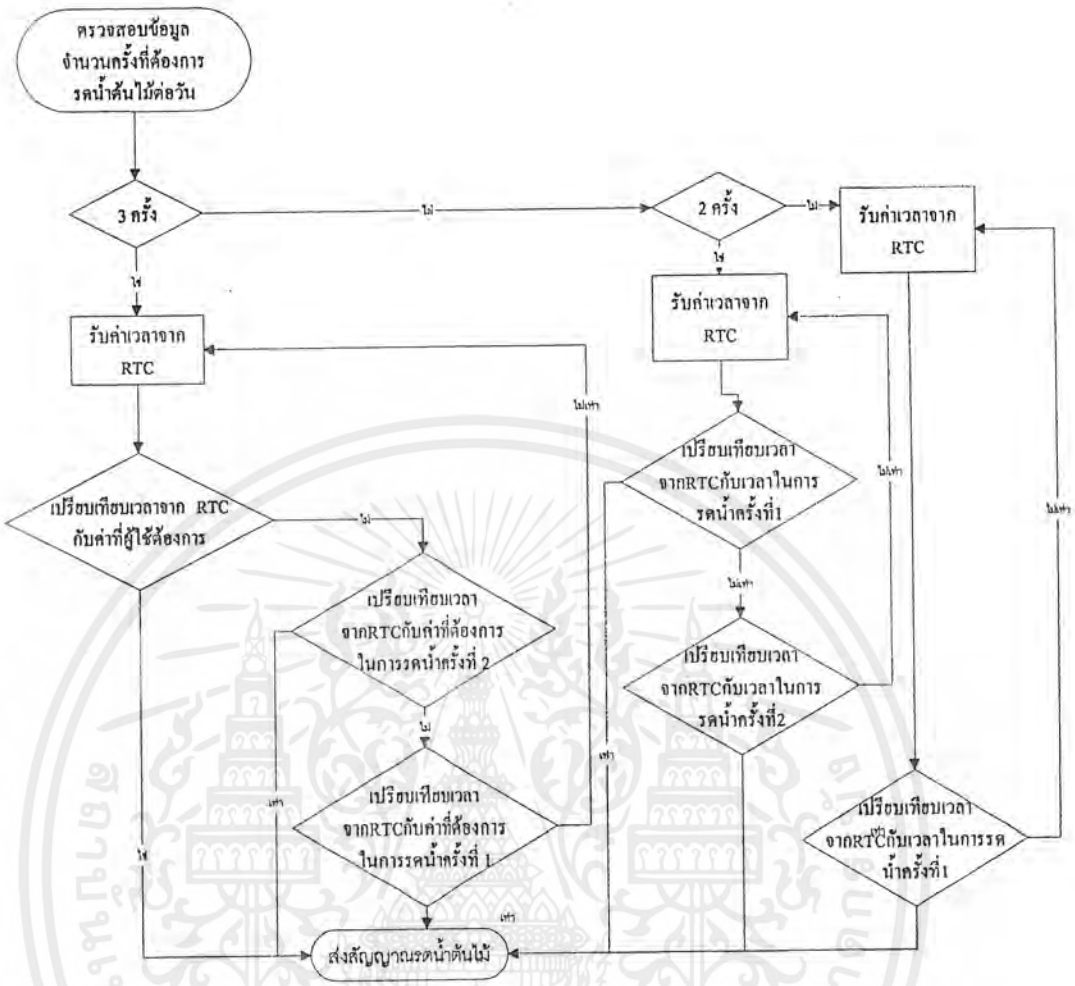
รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานในส่วนของการวัดระดับแสงและการทำงานของม่านบังแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการทำงานส่วนของการวัดอุณหภูมิจากเรือนเพาะชำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการทำงานส่วนของการรดน้ำต้นไม้ในแต่ละวัน

4.2 การแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

Microsoft Visual Basic 6.0 เป็นเครื่องมือในการสร้างระบบปฏิบัติการ Windows โดยเป็นการพัฒนาโดยภาษาคอมพิวเตอร์ชื่อ BASIC โดยการออกแบบโปรแกรมจะเป็นลักษณะ Visualize ซึ่งใช้ในการกำหนดตำแหน่งของ Object ลงบนจอภาพเพื่อติดต่อกับผู้ใช้โดยตรง โดย Object เหล่านี้จะเปลี่ยนไปตามเหตุการณ์ (Event) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ในการกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Object ภายใต้ Event ใด ๆ จะใช้ภาษา BASIC เข้ามาช่วยในการเขียนโปรแกรมและออกแบบหน้าจอ ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมลักษณะ Visualize Programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะผ่านทางพอร์ตอนุกรม(Serial Port) โดยอาศัยคอนโทรลตัวหนึ่งของ Visual Basic คือ MSComm ซึ่งมีประโยชน์ในการสร้างแอปลิเคชั่นด้านการสื่อสารหรือการควบคุมบอร์ดต่าง ๆ ที่มีใช้งานตามโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

พอร์ตอนุกรม RS-232 เป็นพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่มีขาต่อทั้งประเภท 9 ขาและ 25 ขาซึ่งเรียกว่าพอร์ต COM1 และ COM2 นั่นเอง การสื่อสารทั้งหมดจะถูกจัดการโดยชิป UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

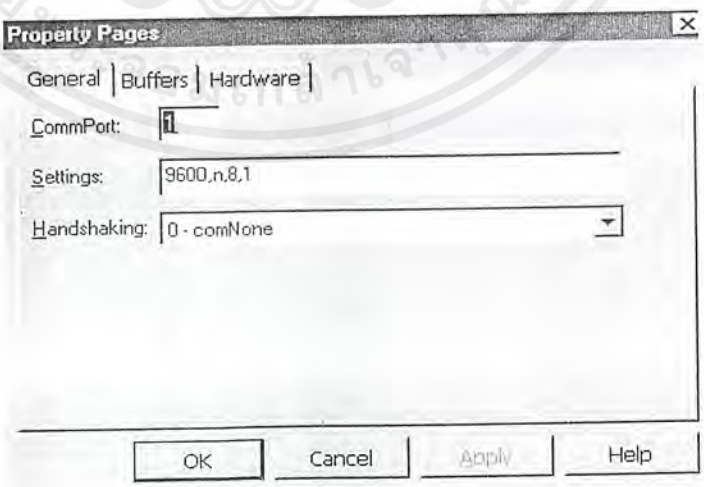
คอนโทรล MSComm

คอนโทรล MSComm(Communication) เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่ช่วยในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (Serial Port) โดยสมารถทำการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม เช่น การติดต่อผ่านโมเด็ม (Modem) หรือติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเลกทรอนิกส์เป็นต้น ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองเหตุการณ์แบบ even-driven นั่นคือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือการร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ กับพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ

การกำหนดคุณสมบัติของ MSComm ในการออกแบบ มีดังต่อไปนี้

การกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของคอนโทรล MSComm

- CommPort หมายเลขของพอร์ตอนุกรมที่ต้องการใช้ คือ พอร์ต 1 หรือพอร์ต 2
- Setting พารามิเตอร์สำหรับการสื่อสารเช่น Baud Rate , Parity Bit เป็นต้น
-HandShaking การตรวจสอบการตอบรับการสื่อสาร



รูปที่ 4.6 การกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของ MSComm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดคุณสมบัติที่เกี่ยวกับบัฟเฟอร์ข้อมูล

-InBufferSize การกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์สำหรับด้านรับเข้าข้อมูล

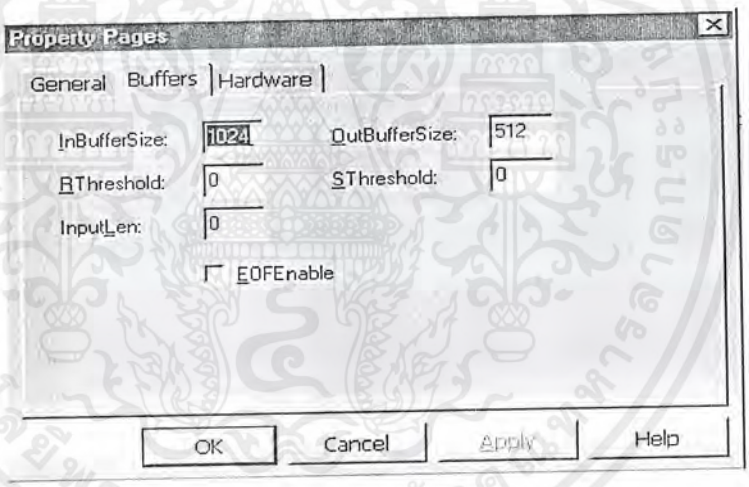
-RThreshold กำหนดจำนวนตัวอักษรที่จะรับเข้า ก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดคุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvRecieve และมีการเรียกเหตุการณ์ OnComm

-InputLen จำนวนตัวอักษรที่มีคุณสมบัติ Input จะอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า

-OutBufferSize ขนาดของบัฟเฟอร์ด้านส่งออกข้อมูล

-Sthreshold จำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุดที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์ด้านส่งออกก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvSend และมีการเรียกเหตุการณ์ OnComm

-EOFEnable กำหนดให้คอนโทรล MSComm มีการตรวจสอบตัวอักษรรหัสจุดสิ้นสุดของไฟล์ (EOF) ในระหว่างการรับเข้าข้อมูล



รูปที่ 4.7 การกำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับบัฟเฟอร์ข้อมูลของ MSComm

การกำหนดคุณสมบัติฮาร์ดแวร์ (โมเด็ม)

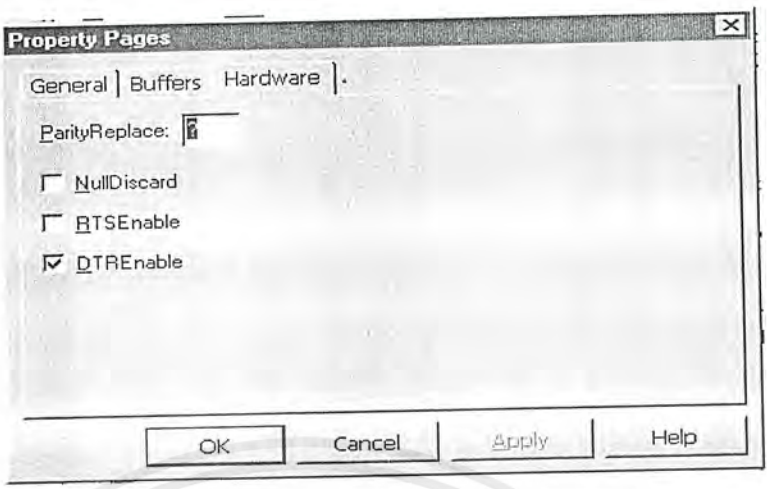
- ParityReplace การกำหนดตัวอักษรสำหรับแทนที่ตัวอักษรที่ไม่เป็นจริง ในขณะที่เกิดข้อผิดพลาด Parity error

- NullDiscard การตรวจสอบการส่งตัวอักษร Null จากพอร์ตอนุกรมไปยังบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า

- RTSEnable มีการใช้งานสาย Request to send(RTS)

- DTREnable มีการใช้งานสาย Data Terminal Ready(DTR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การกำหนดคุณสมบัติฮาร์ดแวร์

คอนโทรล MSComm จะมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสารเกิดขึ้น ซึ่งค่าตัวเลขที่จำนวนเต็ม แสดงถึงข้อผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่มีการสื่อสารดังกล่าว ก็จะถูกเก็บไว้ในคุณสมบัติ CommEvent เสมอ ดังนั้นหากต้องการตรวจสอบข้อผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่มีการสื่อสารภายในโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ก็จะใช้ค่าตัวเลขจากคุณสมบัติ CommEvent ในการตรวจสอบเสมอ

ในการติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับหรือส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลและควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์นั้น ต้องทำการส่ง – รับเป็นรหัสของข้อมูลประเภทดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

รหัสที่ PC	การทำงานของ Computer	รหัสที่ Microcontroller	การทำงานของ Microcontroller
52H	บอก MCS-51 ว่าจะรับข้อมูลเพื่อแสดงผลที่หน้าจอ	3FH	บอก PC ว่าพร้อมที่จะส่งข้อมูลให้ PC
78H	บอก MCS-51 ว่าจะรับข้อมูลอุณหภูมิ	58H	บอก PC ว่าพร้อมที่จะส่งข้อมูลอุณหภูมิให้ PC
79H	บอก MCS-51 ว่าจะรับข้อมูลปริมาณน้ำในถังเก็บ	59H	บอก PC ว่าพร้อมจะส่งข้อมูลปริมาณน้ำให้ PC
7AH	บอก MCS-51 ว่าจะรับข้อมูลปริมาณแสง	5AH	บอก PC ว่าพร้อมที่จะส่งข้อมูลแสงให้ PC
50H	บอก MCS-51 ว่าพร้อมจะรับข้อมูลที่ต้องการ		
51H	บอก MCS-51 ว่าต้องการหยุดการทำงานทั้งหมด		

ตารางที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการรับข้อมูลจาก Microcontroller เพื่อแสดงผลที่คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสที่ PC	การทำงานของ Computer	รหัสที่ส่งจาก Microcontroller	การทำงานของ Microcontroller
5BH	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งค่าเวลา	68H	พร้อมจะรับค่าข้อมูลเวลาจาก PC
48H	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งค่าชั่วโมง	69H	พร้อมจะรับค่าชั่วโมงจาก PC
		70H	รับค่าชั่วโมงเรียบร้อยพร้อมจะรับข้อมูลต่อไป
49H	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งค่านาที	71H	พร้อมจะรับค่านาทีจาก PC
		72H	รับค่านาทีเรียบร้อยพร้อมจะรับข้อมูลต่อไป
50H	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งค่าวินาที	73H	พร้อมจะรับค่าวินาทีจาก PC
		74H	รับค่าวินาทีเรียบร้อยพร้อมจะรับข้อมูลต่อไป
5CH	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งค่าวินาที	75H	บอก PC ให้ทำการส่งข้อมูลวันที่ปัจจุบันและรอรับค่า
		76H	บอก PC ให้ทำการส่งข้อมูลเดือนปัจจุบันและรอรับค่า
		77H	บอก PC ให้ทำการส่งข้อมูลปีปัจจุบันและรอรับค่า
		78H	บอก PC ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไป
58H	บอก MCS-51 ว่าจะเริ่มทำการส่งจำนวนครั้งการรดน้ำต่อวัน โดยที่ 01H : 1 ครั้ง 02H : 2 ครั้ง 03H : 3 ครั้ง	62H	บอก PC ให้ทำการส่งจำนวนครั้งที่ต้องการรดน้ำต่อวัน
		21H	บอก PC ว่ารับค่าจำนวนครั้งเรียบร้อย
		22H	บอก PC ว่ารับค่าชั่วโมงในการรดน้ำครั้งที่ 1 เรียบร้อย
		23H	บอก PC ว่ารับค่านาทีในการรดน้ำครั้งที่ 1 เรียบร้อย
		24H	บอก PC ว่ารับค่าชั่วโมงในการรดน้ำครั้งที่ 2 เรียบร้อย
		25H	บอก PC ว่ารับค่านาทีในการรดน้ำครั้งที่ 2 เรียบร้อย
		26H	บอก PC ว่ารับค่าชั่วโมงในการรดน้ำครั้งที่ 3 เรียบร้อย
		27H	บอก PC ว่ารับค่านาทีในการรดน้ำครั้งที่ 3 เรียบร้อย
5DH	บอก MCS-51 ว่าส่งค่าปริมาณน้ำที่จะรดต่อครั้ง	79H	บอก PC ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไป
		80H	บอก PC ว่ารับค่าปริมาณน้ำเรียบร้อย
59H	บอก MCS-51 ว่าส่งค่าปริมาณแสงที่ต้องการ 41H : แดดจัด 42H : แดดอ่อน 43H : แดดร่ม	64H	พร้อมจะรับค่าข้อมูลปริมาณแสงจาก PC
		65H	บอก PC ว่ารับค่าปริมาณแสงเรียบร้อย
5AH	บอก MCS-51 ว่าส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ	66H	พร้อมจะรับค่าข้อมูลอุณหภูมิจาก PC
53H	บอก MCS-51 ว่าต้องการส่งข้อมูลเพื่อควบคุม	40H	บอก PC ว่ารับค่าข้อมูลทั้งหมดเรียบร้อย

ตารางที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการส่งข้อมูลจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ไปยัง Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบอุปกรณ์

ผลการทดลอง

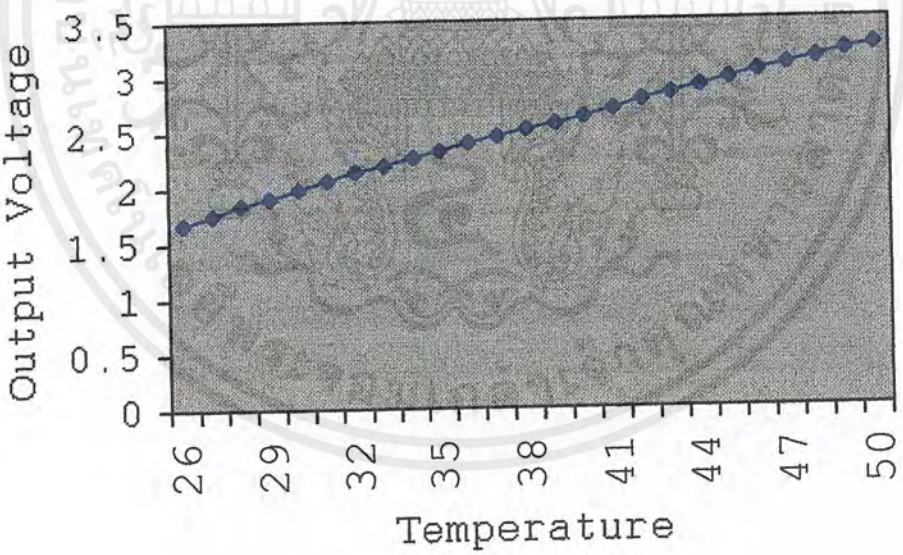
1. ค่าศักดาไฟฟ้าที่ได้จากวงจรตรวจวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่างกัน

<u>ตารางที่ 1</u> ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส) และแรงดันเอาท์พุท จากวงจรวัดแรงดัน

อุณหภูมิคงที่ที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)	แรงดันเอาท์พุท(V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
26	1.69	1.68	1.68	1.68
27	1.78	1.75	1.77	1.76
28	1.86	1.84	1.85	1.85
29	1.92	1.90	1.91	1.91
30	2.00	1.99	1.98	1.99
31	2.09	2.08	2.05	2.07
32	2.16	2.15	2.14	2.15
33	2.22	2.19	2.20	2.20
34	2.30	2.27	2.26	2.27
35	2.36	2.33	2.32	2.33
36	2.43	2.40	2.39	2.40
37	2.48	2.46	2.45	2.46
38	2.53	2.52	2.51	2.52
39	2.59	2.58	2.56	2.57
40	2.65	2.63	2.63	2.63
41	2.71	2.69	2.70	2.70
42	2.80	2.77	2.78	2.78
43	2.86	2.84	2.83	2.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิคงที่ที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)	แรงดันเอาท์พุท(V)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
44	2.92	2.90	2.90	2.90
45	2.99	2.97	2.96	2.97
46	3.05	3.03	3.02	3.03
47	3.11	3.09	3.09	3.09
48	3.17	3.14	3.15	3.15
49	3.23	3.21	3.20	3.21
50	3.27	3.27	3.25	3.26



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาท์พุทกับอุณหภูมิจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักดาไฟฟ้าที่ได้จากวงจรวัดปริมาณแสงและความเข้มแสง จากการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 10 วัน

วันที่	เวลา (นาฬิกา)	แรงดันเอาท์พุท(โวลต์)			ความเข้มแสง(ลักซ์)		
		1	2	3	1	2	3
1	7.30	1.21	0.84	0.75	980	2000	2500
	12.00	0.42	0.34	0.20	8000	13000	32000
	16.30	0.24	0.27	0.40	45000	25000	70000
2	7.30	0.68	0.83	0.98	3000	2000	1900
	12.00	0.44	0.24	0.18	6500	28000	34000
	16.30	0.62	0.49	0.39	3900	5000	8500
3	7.30	0.55	0.46	0.36	6500	9000	11500
	12.00	0.74	0.35	0.20	2600	12000	30000
	16.30	0.99	0.68	0.56	1500	3000	4500
4	7.30	0.73	0.58	0.50	2900	3900	4500
	12.00	0.35	0.26	0.18	12000	33500	35000
	16.30	0.98	0.83	0.51	1600	2000	4400
5	7.30	0.44	0.38	0.33	6600	9500	9600
	12.00	0.29	0.17	0.17	25000	48000	47500
	16.30	0.49	0.35	0.26	6000	11000	19000
6	7.30	0.78	0.68	0.43	2600	3500	5000
	12.00	0.28	0.25	0.25	15000	27500	27500
	16.30	1.03	0.75	0.61	1400	2500	3200
7	7.30	1.18	0.86	0.78	1150	1900	1950
	12.00	0.32	0.25	0.18	13500	34000	35000
	16.30	0.58	0.49	0.35	6200	8400	12000
8	7.30	1.15	0.83	0.73	1000	2000	2900
	12.00	0.32	0.25	0.24	13500	27000	28000
	16.30	1.16	0.86	0.53	1300	1900	4000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	7.30	1.18	0.76	0.70	1200	2400	2900
	12.00	0.45	0.33	0.24	6800	13000	28000
	16.30	0.77	0.64	0.49	3400	3800	6000
10	7.30	0.95	0.88	0.74	1700	1800	2500
	12.00	0.25	0.18	0.15	34000	35000	40000
	16.30	0.99	0.87	0.55	1550	1850	4600

<u>หมายเหตุ</u>

จากผลการทดลองการวัดแสง เราสามารถกำหนดช่วงความเข้มแสงที่นำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

ค่าความเข้มแสงน้อยกว่า 2,000 ลักซ์ ➔ แดดจัด

ค่าความเข้มแสง ระหว่าง 2,000 ถึง 20,000 ลักซ์ ➔ แดดอ่อน

ค่าความเข้มแสงมากกว่า 20,000 ลักซ์ ➔ แดดร่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและวิจารณ์

6.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

โครงงานระบบให้น้ำอัตโนมัตินี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการจำลองโรงเรือนเพาะชำโดยที่สามารถควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชได้ คือ ควบคุมปริมาณน้ำที่จะทำการรด ควบคุมปริมาณแสงแดดให้เหมาะสม และสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้คงที่ได้

เริ่มต้นการทำโครงงานจะเริ่มจากการออกแบบวงจรต่าง ๆ จากบล็อกไดอะแกรมที่สร้างขึ้นโดยได้มีการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาในการเลือกใช้วงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ และการดำเนินการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงานในส่วนต่อไป ซึ่งส่วนสำคัญของโครงงานในส่วนนี้คือ การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานให้ระบบต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

ผลที่ได้จากการทดสอบวงจรนี้คือ สามารถออกแบบวงจรที่สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิและวงจรที่สามารถวัดระดับแสงได้ อีกทั้งสามารถเขียนโปรแกรมทำการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามบล็อกไดอะแกรมที่กำหนดไว้ได้ โดยที่ค่าที่ได้จากผลการทดลองนั้นจะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมและเป็นข้อมูลในการออกแบบวงจรในส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

โครงงานระบบให้น้ำอัตโนมัติในส่วนนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิที่เราสามารถทำการควบคุมได้นั้น จะอยู่ในช่วงที่แคบคือ ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส ในวันที่แดดจัด
2. ค่าปริมาณแสงที่ตกกระทบในโรงเรือนเพาะชำไม่สม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่ ดั้งนั้นค่าความเข้มแสงที่เรานำมาประมวลผลจะเกิดจากการเก็บข้อมูลค่าของแสงที่ตกกระทบหลาย พื้นที่ภายในโรงเรือน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
3. โรงเรือนเพาะชำที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก เนื่องจากงบประมาณในการสร้างไม่เพียงพอ ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของโรงเรือนจะไม่สามารถสังเกตุผลที่ชัดเจนได้ เช่นการควบคุมอุณหภูมิจากการฉีดสปริงเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ปัญหาในการทำงานและการแก้ไข

ในการดำเนินโครงงานนี้ประสบปัญหาหลายประการ ซึ่งมีการแก้ไขดังต่อไปนี้

1.ในการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิเนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ตรงตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำตรงกับการคำนวณจากทฤษฎี เนื่องจากขาดอุปกรณ์กำเนิดความร้อนที่เหมาะสมและขาดอุปกรณ์ที่จะทำการวัดอุณหภูมิที่มีความไวสูง ทำให้ผลการทดลองคาดเคลื่อน ดังนั้นจึงต้องทำการหาอุปกรณ์ที่มีความไวในการวัดอุณหภูมิมากที่สุดและพยายามควบคุมระบบที่สร้างขึ้นให้ได้มากที่สุด

2. การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากจะต้องทำการควบคุมส่วนของฮาร์ดแวร์ทั้งหมด ซึ่งฮาร์ดแวร์บางชิ้นมีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการทดสอบโปรแกรมแต่ละครั้งจะทำได้ลำบาก

3. ในการทดสอบอุปกรณ์นี้ปัจจัยต่าง ๆ เช่นอุณหภูมิ ระดับแสง จะทำการควบคุมได้ยาก ซึ่งส่งผลให้การทดลองได้ผลคลาดเคลื่อนจากทฤษฎี ซึ่งทำการแก้ไขโดยพยายามที่จะลดผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรภายนอกให้ได้มากที่สุด

4. EPROM EMULATOR ที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมนั้นจะมีปัญหาในการทำงานบ่อยครั้ง และอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่เพียงพอต่อการทดลองทำให้เสียเวลาในการทดลองเป็นอย่างมาก

5. การเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นทำได้ยาก ถึงแม้ว่าจะมีคอนโทรล MSComm ช่วยในการเขียนโปรแกรมก็ตาม เนื่องจากค่าที่เราต้องการทำการรับ-ส่งเป็นข้อมูลหลายประเภท ทำให้การรับส่งข้อมูลที่ต้องการความแม่นยำสูงไม่สามารถทำได้ง่ายนัก

6.3 ผลที่ได้รับจากการทำโครงงาน

จากวัตถุประสงค์ของโครงงานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่าแนวทางในการดำเนินโครงงานในส่วนนี้สามารถเป็นพื้นฐานในการออกแบบวงจรในการใช้งานอื่น ๆ ได้ และยังสามารถเพิ่มทักษะในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเพิ่มพูนความรู้ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และข้อมูลบางส่วนที่ได้นั้นมีประโยชน์ในการนำไปอ้างอิงในการออกแบบให้วงจรส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทำงานสัมพันธ์กันได้ ซึ่งผลที่ได้นี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในโครงงานส่วนอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

-สุนทร วิทูสุรพจน์ . " การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051" : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน)

-ปรเมษฐ์ ประนยานันท์ , ปิยพงศ์ เผ่าวานิช . " คู่มือการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51" : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์.

-สมคิด วิริยประสิทธิชัย , อรรถพล มณีโชติ , ธนารัตน์ ภมรรัชตพงษ์ . " ความรู้เบื้องต้นทางอิเลคทรอนิกส์ " : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์.

-ยืน ภู่วรวรรณ . " เทคนิคการประยุกต์และใช้งานไอซีทีทีแอล " : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน)

-ธาริน สิทธิธรรมชารี . "คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0" : บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด

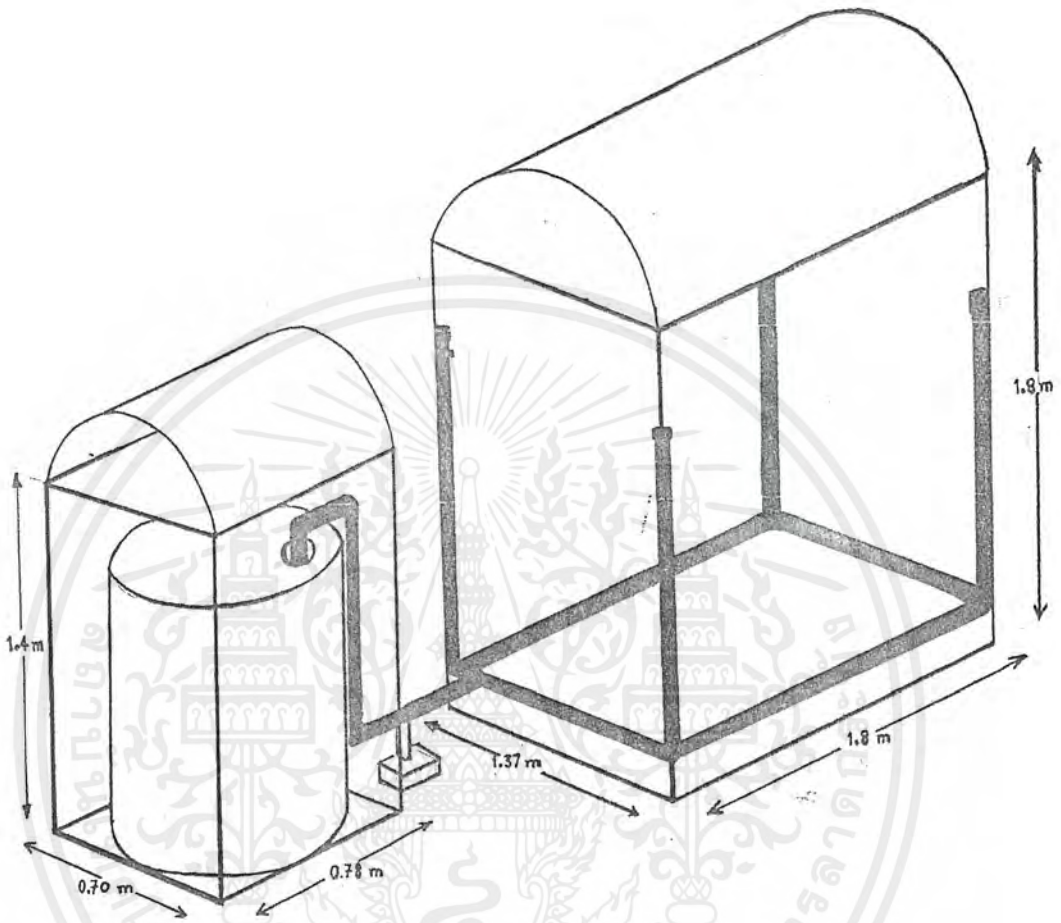
-Adel S Sedra , Kenneth C. Smith . " MICROELECTRONIC CIRCUIT " : Holt Suanders.1982.

-Stephen R. Fleman . " ELECTRONIC DEVICE " : Prentice – Hall . 1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

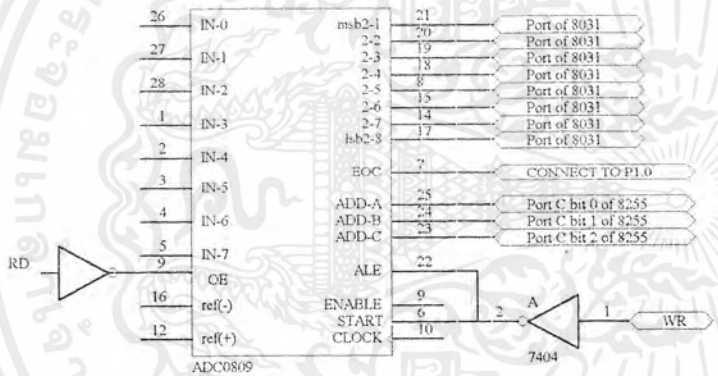
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

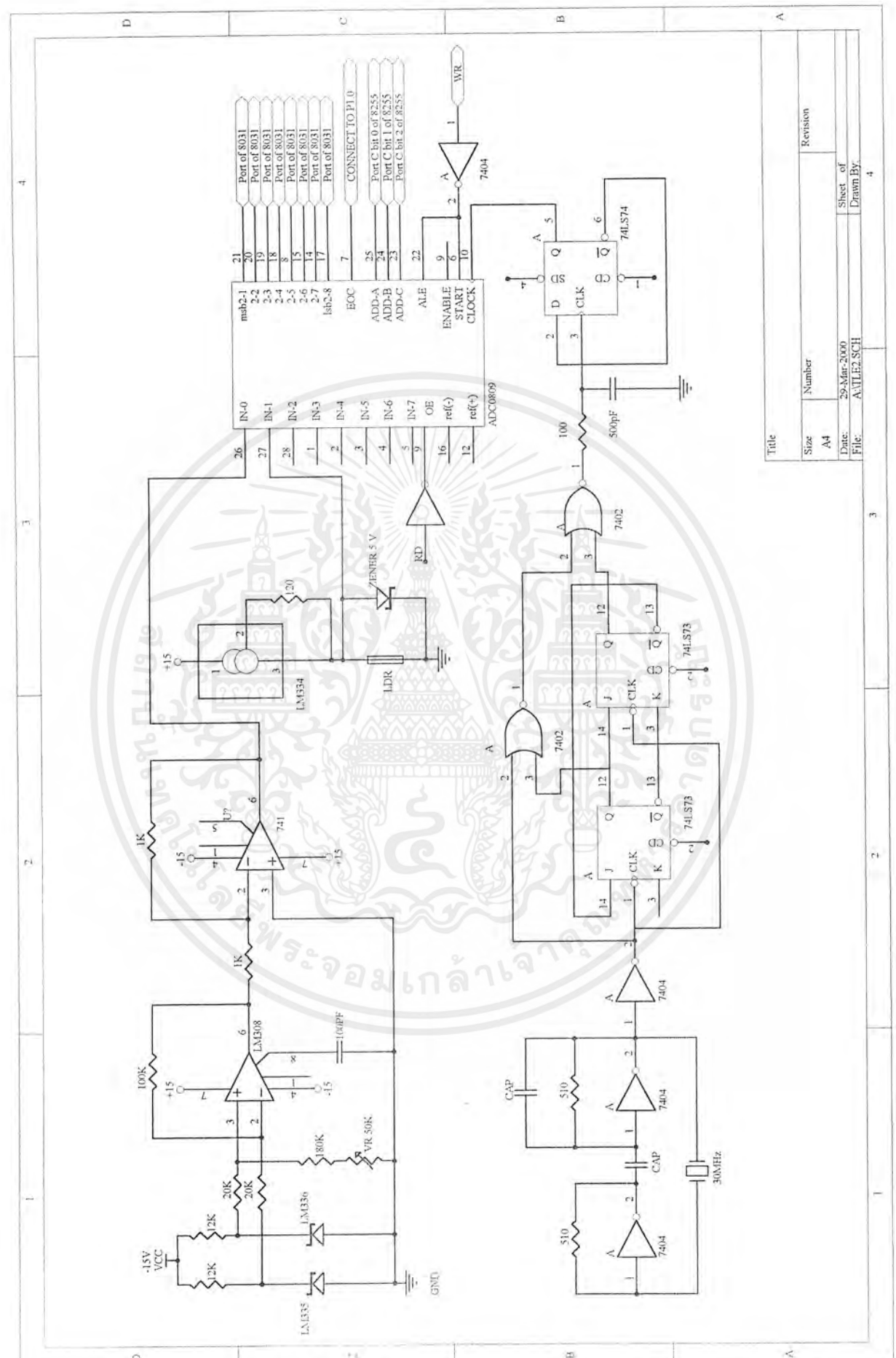


โครงสร้างเรือนเพาะชำ

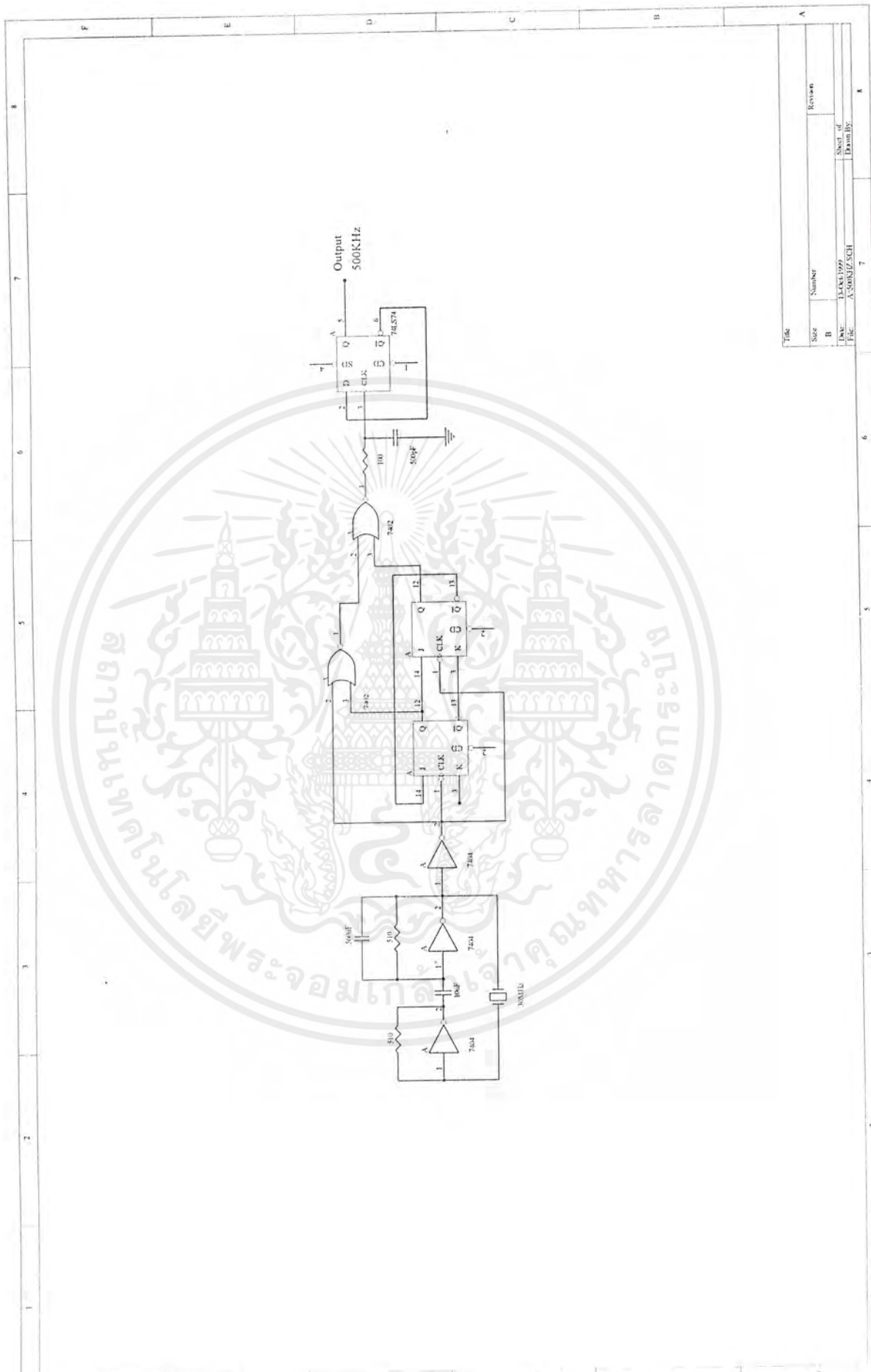
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



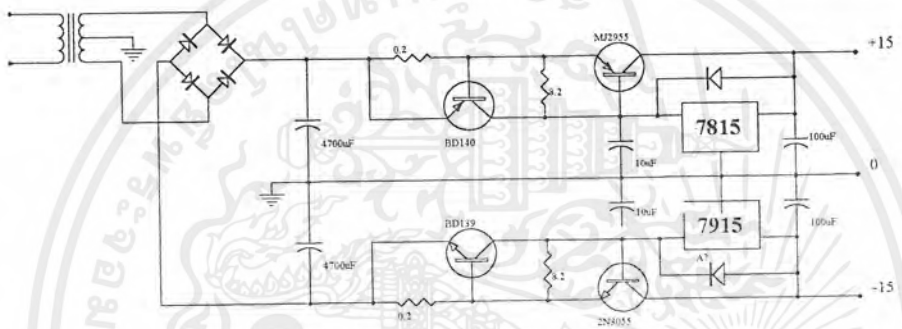
Title			
Size A4	Number		Revision
Date	28-Mar-2000	Sheet of	
File:	D:\USER_AC\STAFF35\HUI\BOY1.SCH	Drawn By:	



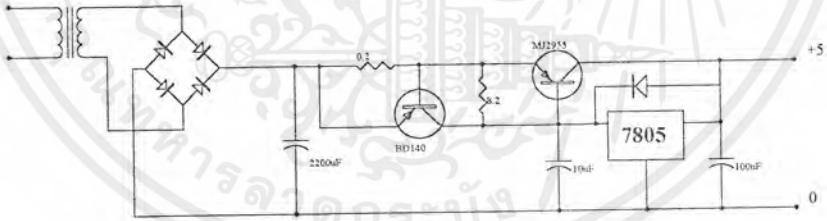
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

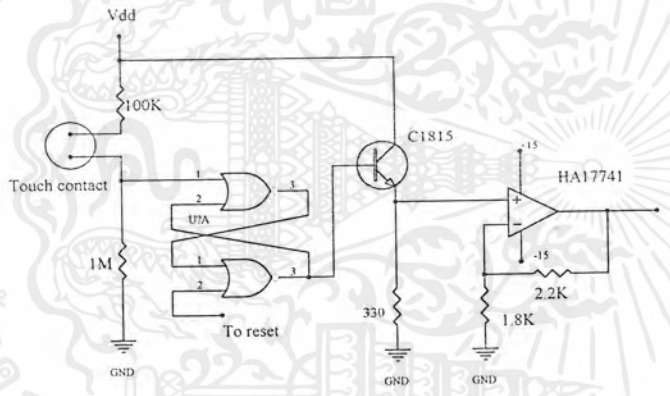


วงจรจ่ายไฟกระแสตรง +15 และ -15 โวลต์



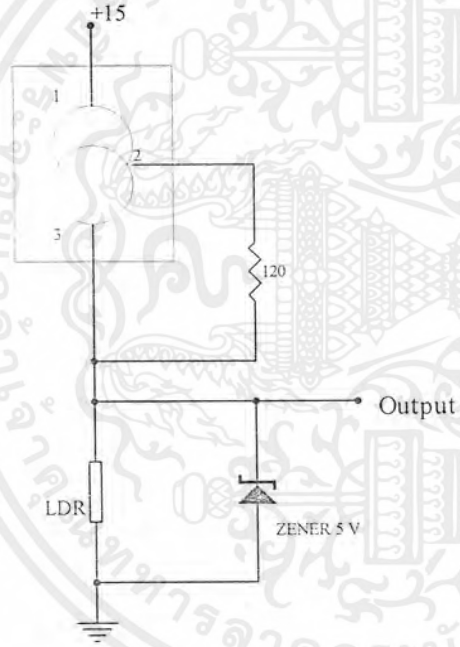
วงจรจ่ายไฟกระแสตรง +5 โวลต์

Title		
Size: B	Number	Revision
Date: 30-Mar-2000		Sheet of
File: A:\SUPPLY.SCH		Drawn By:

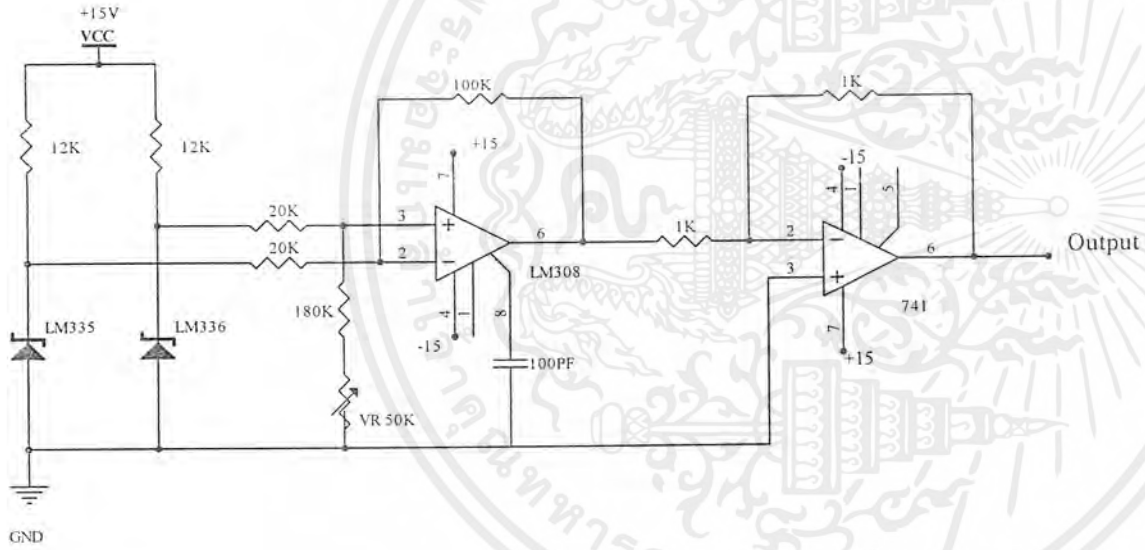


วงจรวัดระดับน้ำโดยใช้วงจร Touch Switch

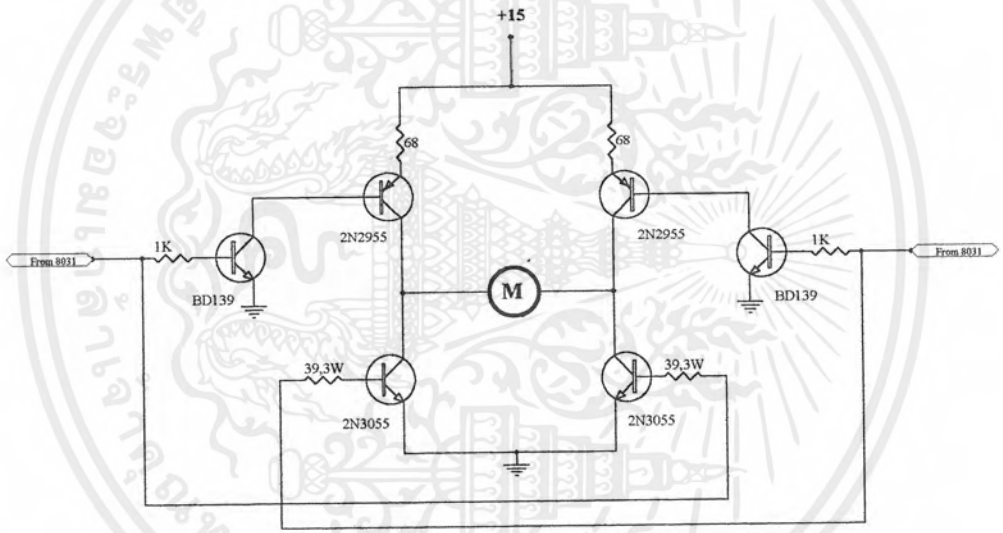
Title			
Size B	Number		Revision
Date:	26-Mar-2000	Sheet of	
File:	D:\TITLE_4C\THESIS\SCH_2.SCH	Drawn By:	



Light Sensor Circuit

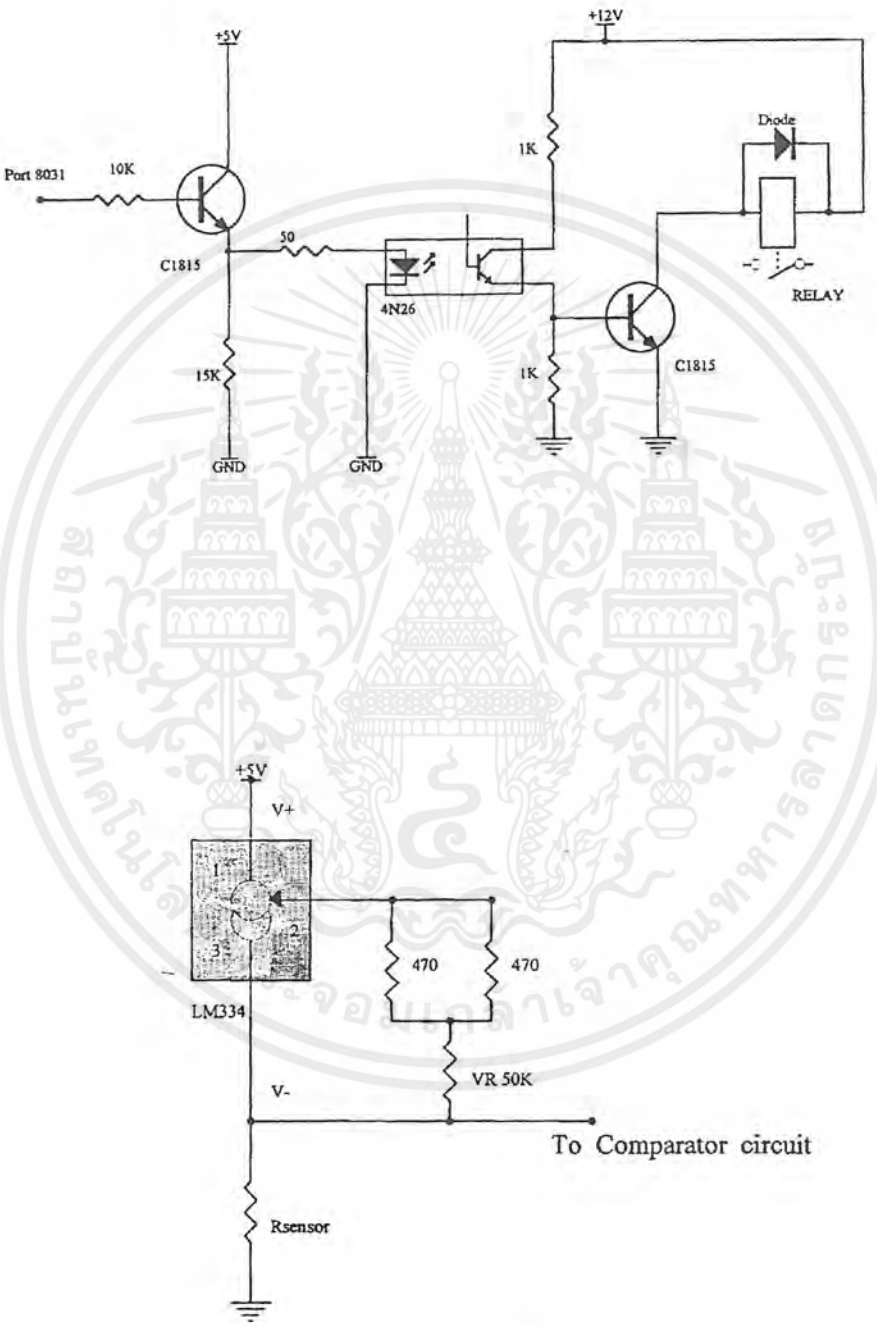


Temperature sensor circuit



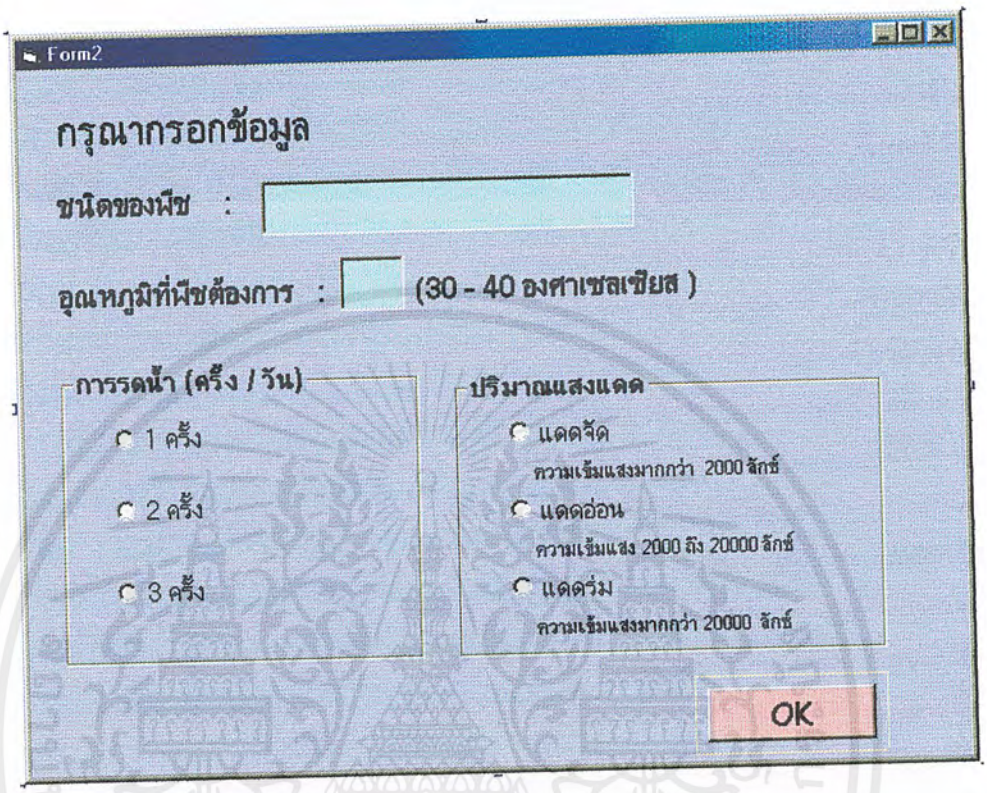
Drive Motor Circuit

Title			
Size B	Number		Revision
Date:	5-Apr-2000	Sheet of	
File:	C:\PFWSCH\8CH_1.SCH	Drawn By:	



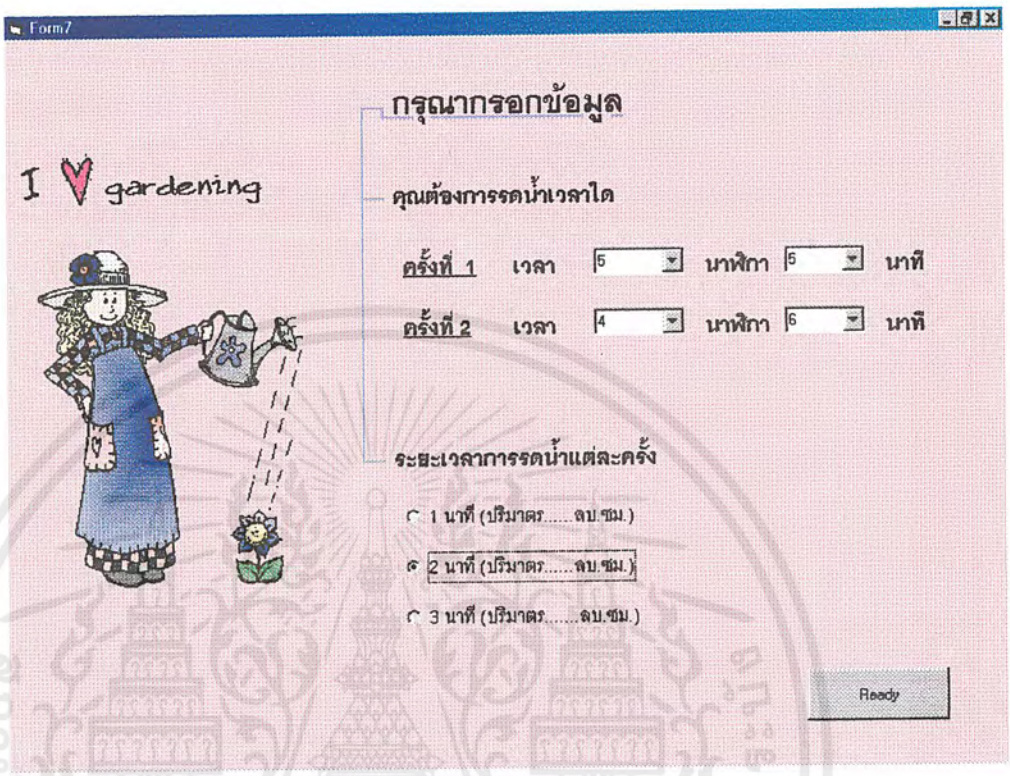
วงจรจ่ายกระแสคงที่ (Constant Current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



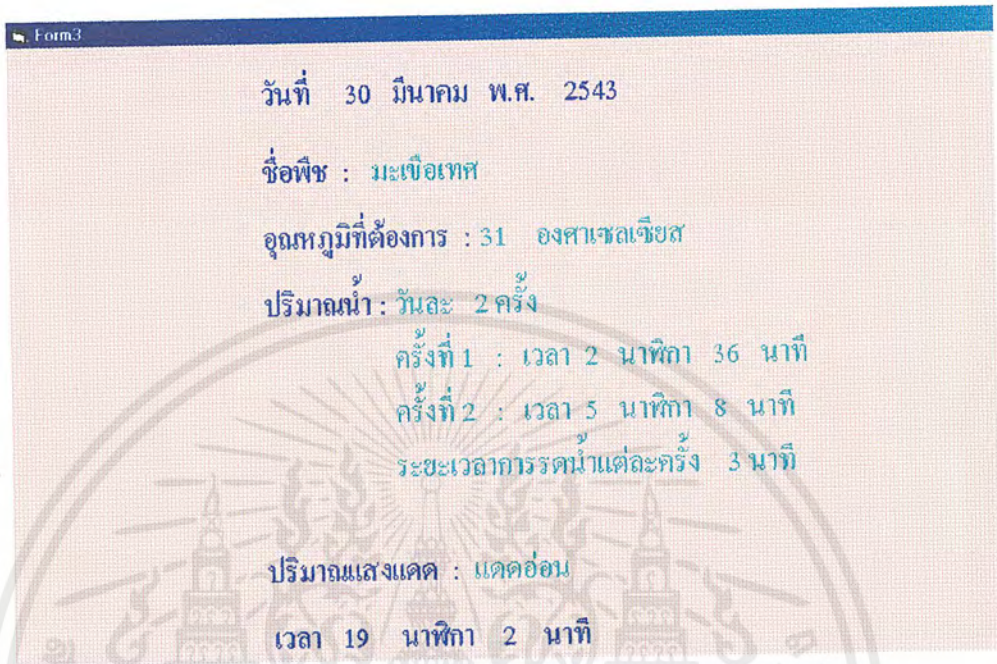
หน้าจอแสดงการเติมข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานในโรงเรือนเพาะชำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้าจอแสดงการเติมข้อมูลการรดน้ำในโรงเรือนเพาะชำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้าจอแสดงผลการเติมข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานในโรงเรือนเพาะชำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Day_dis As String 'วันที่แสดงบนหน้าจอเติมข้อมูล
Dim Month_dis As String 'เดือนที่แสดงบนหน้าจอเติมข้อมูล
Dim Year_dis As String 'ปีที่แสดงบนหน้าจอเติมข้อมูล
Dim Day_now  As String
Dim Month_now As String
Dim Year_now As String
Dim Hour_now As String
Dim Minute_now As String
Dim Second_now As String
Dim Date_now As Date
Dim Con As Integer
Dim Change As String
Private Sub Form_Load()
   MSComm1.Settings = "9600 , M , 8 , 1"
   MSComm1.InputLen = 1
   MSComm1.CommPort = 1
   MSComm1.InputMode = comInputModeText
   MSComm1.RThreshold = 1
   MSComm1.SThreshold = 1
   MSComm1.PortOpen = True
   '*****************************************************************************
   Label1.Caption = "ชื่อพืช :"
   Label2.Caption = "อุณหภูมิที่ต้องการ :"
   Label3.Caption = "ปริมาณน้ำ :"
   Label4.Caption = "ปริมาณแสงแดด :"
   Label5.Caption = Nplant
   Label6.Caption = Temp_dis & "  องศาเซลเซียส"
   Select Case Choose
      Case 1:  Label7.Caption = "วันละ  " & Water_dis & vbCrLf & _
                                "เวลา  " & Start_hour1 & "  นาฬิกา  " & Start_min1 & " นาที " & vbCrLf & _
                                "ระยะเวลาการรดน้ำแต่ละครั้ง  " & Dis_water
      Case 2:  Label7.Caption = "วันละ  " & Water_dis & vbCrLf & _
                                " ครั้งที่ 1  :  เวลา " & Start_hour1 & "  นาฬิกา  " & Start_min1 & "  นาที" & vbCrLf & _
                                " ครั้งที่ 2  :  เวลา " & Start_hour2 & "  นาฬิกา  " & Start_min2 & "  นาที" & vbCrLf & _
                                "ระยะเวลาการรดน้ำแต่ละครั้ง  " & Dis_water
      Case 3:  Label7.Caption = "วันละ  " & Water_dis & vbCrLf & _
                                " ครั้งที่ 1  :  เวลา " & Start_hour1 & "  นาฬิกา  " & Start_min1 & "  นาที" & vbCrLf & _
                                " ครั้งที่ 2  :  เวลา " & Start_hour2 & "  นาฬิกา  " & Start_min2 & "  นาที" & vbCrLf & _
                                " ครั้งที่ 3  :  เวลา " & Start_hour3 & "  นาฬิกา  " & Start_min3 & "  นาที" & vbCrLf & _
                                "ระยะเวลาการรดน้ำแต่ละครั้ง  " & Dis_water
   End Select
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label8.Caption = Light_dis
  Date_now = Now
  Day_now = Day(Date_now)
  Month_now = Month(Date_now)
  Year_now = Year(Date_now)
  Hour_now = Hour(Date_now)
  Minute_now = Minute(Date_now)
  Second_now = Second(Date_now)
Select Case CInt(Month_now)
    Case 1: Month_show = "มกราคม"
    Case 2: Month_show = "กุมภาพันธ์"
    Case 3: Month_show = "มีนาคม"
    Case 4: Month_show = "เมษายน"
    Case 5: Month_show = "พฤษภาคม"
    Case 6: Month_show = "มิถุนายน"
    Case 7: Month_show = "กรกฎาคม"
    Case 8: Month_show = "สิงหาคม"
    Case 9: Month_show = "กันยายน"
    Case 10: Month_show = "ตุลาคม"
    Case 11: Month_show = "พฤศจิกายน"
    Case 12: Month_show = "ธันวาคม"
  End Select
  Year_show = CStr(Year_now + 543)
  Label9.Caption = " เวลา  " & Hour_now & "  นาฬิกา  " & Minute_now & "  นาที"
  Hour_to51 = Hour_now
  Minute_to51 = Minute_now
  Month_dis = Month_show
  Day_dis = CInt(Day_now)
  D1 = Day_dis
  M1 = Month_now
  Y1 = CInt(Year_show) - 2500
  Year_dis = Year_show
  Label10.Caption = "* หมายเหตุ :" & vbCrLf & " ตรวจสอบค่าเวลาปัจจุบันที่แสดงผลบนหน้าจอ" & vbCrLf & _
                    "- ถูกต้อง : Click Next" & vbCrLf & "- ไม่ถูกต้อง : Click แก้ไขเวลา"
  Label11.Caption = "วันที่  " & Day_now & "  " & Month_show & "  พ.ศ.  " & Year_show
End Sub
Private Sub Command1_Click()  'Send code to MCS-51 that will send data
    MSComm1.Output = "S"      ' 53H = S
    Call MSComm1_OnComm
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim c As Integer
If MSComm1.CommEvent = 2 And MSComm1.InBufferCount > 0 Then
   Confirm_yes = MSComm1.Input
   Debug.Print " Confirm : " & Confirm_yes
End If
Call Sub_pro
End Sub
'*************************************************************************
Private Sub Sub_pro()
If Confirm_yes = "b" Then      '62H
      Call Send_data1_1
Elself Confirm_yes = "!" Then      '21H
      Call Send_H1
Elself Confirm_yes = "." Then     '2EH  เปลี่ยนจาก  22H
      Call Send_M1
 Elself Confirm_yes = "#" Then      '23H
      Call Send_H2
 Elself Confirm_yes = "$" Then      '24H
      Call Send_M2
  Elself Confirm_yes = "%" Then      '25H
      Call Send_H3
  Elself Confirm_yes = "&" Then      '26H
      Call Send_M3
  Elself Confirm_yes = "'" Then      '27H
    Call Send_total_W
  Elself Confirm_yes = "c" Then      '63H
      Call Send_data2
  Elself Confirm_yes = "d" Then      '64H
      Call Send_data2_2
  Elself Confirm_yes = "e" Then      '65H
      Call Send_data3
  Elself Confirm_yes = "f" Then      '66H
      Call Send_data3_3
 Elself Confirm_yes = "g" Then     '67H
      Call Send_time
 Elself Confirm_yes = "h" Then      '68H
      Call Send_H_code
 Elself Confirm_yes = "i" Then      '69H
      Call Send_H_now
 Elself Confirm_yes = "p" Then     '70H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Call Send_M_code
    Elself Confirm_yes = "q" Then      '71H
        Call Send_M_now
    Elself Confirm_yes = "r" Then      '72H
        Call Send_S_code
        Call MSComm1_OnComm
    Elself Confirm_yes = "u" Then      '75H
        MSComm1.Output = Hex(Day_S)
       Call MSComm1_OnComm
     Elself Confirm_yes = "v" Then     '76H
       MSComm1.Output = Hex(Month_S)
      Call MSComm1_OnComm
     Elself Confirm_yes = "w" Then     '77H
        MSComm1.Output = Hex(Year_S)
       Call MSComm1_OnComm
     Elself Confirm_yes = "x" Then     '78H
       Debug.Print " Send dd/mm/yy OK"
       Call Send_data1
     Elself Confirm_yes = "y" Then     '79H
      Total_water = &H12
       MSComm1.Output = Total_water
       Call MSComm1_OnComm
     Elself Confirm_yes = "z" Then     '80H
         Debug.Print " Send All data"
     Elself Confirm_yes = "s" Then     '73H
         Call Send_S_now
         Call MSComm1_OnComm
      Elself Confirm_yes = "t" Then    '74H
          Debug.Print " Send Time now OK"
          Call Send_day
      Call MSComm1_OnComm
      Elself Confirm_yes = "@" Then    '40H
         c = 1
         Debug.Print " Already Send Data"
          If c = 1 Then
            Form8.Show
          '  Form6.SSTab1.Tab = 0
            Me.Hide
         End If
    End If
    End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'*************************************************************************************
Sub Send_data1()
   MSComm1.Output = "X"      ' code น้ำ  X = &58H  ส่งค่าบอก 51 ว่าจะส่งค่าของน้ำ
  Call MSComm1_OnComm        ' รอรับการยืนยันว่าส่งได้จาก 51
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_data1_1()
'   Water = &H3
   MSComm1.Output = Hex(Water)
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_H1()
'   Start_hour1 = Combo1.Text
   MSComm1.Output = Start_hour1
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_M1()
'   Start_min1 = Combo4.Text
   MSComm1.Output = Start_min1
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_H2()
'   Start_hour2 = Combo2.Text
    MSComm1.Output = Start_hour2
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_M2()
'   Start_min1 = Combo5.Text
    MSComm1.Output = Start_min2
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Send_H3()
'   Start_hour3 = Combo3.Text
    MSComm1.Output = Start_hour3
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_M3()
'   Start_min1 = Combo6.Text
    MSComm1.Output = Start_min3
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_data2()
    MSComm1.Output = "Y"  'code = &59H  ส่งค่าบอก 51 ว่าจะส่งค่าของแสง
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_data2_2()
    MSComm1.Output = Light
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_data3()
    MSComm1.Output = "Z"      'code = &5AH
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_data3_3()
'   Temp_dis = Text1.Text
    MSComm1.Output = Hex(Temp_dis)
    Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_time()
    MSComm1.Output = "["      ' 5BH = [
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_H_code()
  MSComm1.Output = "H"      '48H = H
  Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_H_now()
Hour_now = "1"
MSComm1.Output = Hex(CInt(Hour_now))
'  MSComm1.Output = Hex(CInt(Hour_now))
  Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_M_code()
   MSComm1.Output = "I"        '49H =I
  Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_M_now()
Minute_now = "2"
MSComm1.Output = Hex(CInt(Minute_now))
'   MSComm1.Output = Hex(CInt(Minute_now))
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_S_code()
   MSComm1.Output = "P"        '50H =P
  Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_S_now()
Second_now = "3"
MSComm1.Output = Hex(CInt(Second_now))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Call MSComm1_OnComm
 Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_day()
   MSComm1.Output = "\"      ' 5CH = \
   Call MSComm1_OnComm
  Call Sub_pro
End Sub

Sub Send_total_W()
   MSComm1.Output = "]"      ' 5DH = ]
   Call MSComm1_OnComm
   Call Sub_pro
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Dim i As Integer
i = 1
Select Case i
   Case 0:    Day_S = D1
              Month_S = M1
              Year_S = Y1
   Case 1:    Day_S = D2
              Month_S = M2
              Year_S = Y2
   End Select
   Form5.Show
   Me.Hide
End Sub

ส่วนของการรับค่าจาก 51
Dim Hour_from51 As String
Dim Minute_from51 As String
Dim Hour_dis As Integer
Dim Second_from51 As String
Dim Second_dis As Integer
Dim Minute_dis As Integer
Dim From_51 As String
Dim Water_from51 As String
Dim Water_dis As Integer      'ค่าของ Water ที่จะนำไปเป็นค่าของ guage
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Light_dis As Integer       'ค่า Light ที่จะนำไปเปรียบเทียบว่าจะเป็นแดดความเข้มเท่าใด
Dim Light_from51 As String     'ค่าของแสงที่ส่งมาจาก 51 โดยจะส่งมาเป็น string
Dim Code_data_want As String   'เป็น code ที่บอก 51 ว่าต้องการข้อมูลใด
Dim Temp_from51 As String      'ค่า temp ที่รับมาจาก 51 โดยจะส่งมาเป็น string
Dim Temp_dis As Integer    'ค่า Temp ที่จะนำไปเป็นค่าของ guage
Private Sub Command2_Click()
  Command2.Value = True
  Image1.Visible = True
   Label4.Visible = True
   Label4.Caption = " ระดับแสงแดดปัจจุบัน :"
   Label1.Caption = "การแบ่งระดับของแสงและการเปิดม่านบังแดด" & vbCrLf & _
                    "1. แดดจัด     :  ความเข้มของแสงน้อยกว่า  2,000 ลักซ์ " & vbCrLf & _
                    "2. แดดอ่อน    :  ความเข้มของแสงระหว่าง  2000 ลักซ์ ถึง  20000  ลักซ์   " & vbCrLf & _
                    "3. แดดร่ม     :  ความเข้มแสงมากกว่า  20000  ลักซ์ "
   Do Until Command2.Value = False
   MSComm2.Output = "R"
   Call MSComm2_OnComm
   Code_data_want = "y"      '79H
   MSComm2.Output = Code_data_want
   Call MSComm2_OnComm
   Call Send_Prompt2
   Call Display_time
   Loop
End Sub

Private Sub Command3_Click()
   Command3.Value = True
   Do Until Command3.Value = False
   Gauge1.Visible = True
   Label4.Visible = True
   Label1.Caption = "level Descripton"
   Label4.Caption = " ระดับน้ำปัจจุบัน :"
   MSComm2.Output = "R"
   Call MSComm2_OnComm
   Code_data_want = "z"      '7AH
   MSComm2.Output = Code_data_want
   Call MSComm2_OnComm
   Call Send_Prompt3
   Call Display_time
   Loop
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command4_Click()
    MSComm1.Output = "Q"        '51H   Reset
    Form1.Show
    Me.Hide
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Command1.Value = True
    Label1.Visible = True
    Gauge1.Visible = True
    Label4.Visible = True
    Label5.Visible = True
    Label1.Caption = " Temp discription"
    Label4.Caption = " ระดับอุณหภูมิที่ต้องการ "
    Label5.Caption = " ระดับอุณหภูมิปัจจุบัน "
'   Command2.Value = False
'   Command3.Value = False
'   Command4.Value = False
Do Until Command1.Value = False
    MSComm2.Output = "R"
    Call MSComm2_OnComm
    Code_data_want = "x"        '78H
    MSComm2.Output = Code_data_want
    Call MSComm2_OnComm
    Call Send_Prompt1
    Call Display_time
Loop
End Sub

Private Sub Form_Load()
    MSComm2.Settings = "9600 , M , 8 , 1"
    MSComm2.InputLen = 1
    MSComm2.CommPort = 1
    MSComm2.InputMode = comInputModeText
    MSComm2.RThreshold = 1
    MSComm2.SThreshold = 1
    Form3.MSComm1.PortOpen = False
    MSComm2.PortOpen = True
    Gauge1.Max = 50
    Gauge1.Min = 0
    Gauge2.Max = 100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Gauge2.Min = 0

    ' display part
    Label1.Visible = False
    Label2.Visible = False
    Label3.Visible = False
    Label4.Visible = False
    Label5.Visible = False
    Text4.Visible = False
    Text5.Visible = False
    Gauge1.Visible = False
    Gauge2.Visible = False
    Command1.Value = False
    Command2.Value = False
    Command3.Value = False
    Command4.Value = False
    Image1.Visible = False

End Sub

Sub Display_temp()
    Temp_from51 = From_51
    Temp_dis = CStr(Temp_from51)
    ' part display form
    Gauge1.Value = Temp_dis
    Text4.Text = Temp
    Text5.Text = Temp_from51
End Sub

Sub Send_Prompt1()
    MSComm2.Output = "P"
    Call MSComm2_OnComm
    Call Display_temp
End Sub

Sub Send_Prompt2()
    MSComm2.Output = "P"
    Call MSComm2_OnComm
    Call Display_light
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub Send_Prompt3()
   MSComm2.Output = "P"
   Call MSComm2_OnComm
   Call Display_water
End Sub

Sub Display_light()
   Light_from51 = From_51
   Select Case Light_from51
      Case &H0:    Light_dis = 0
      Case &H1:    Light_dis = 1
      Case &H2:    Light_dis = 2
      Case &H3:    Light_dis = 3
   End Select

   If Light_dis = 3 Then
      Label5.Visible = True
      Label5.Caption = " แดดจัด "
   ElseIf Light_dis = 2 Then
      Label5.Visible = True
      Label5.Caption = " แดดอ่อน "
   ElseIf Light_dis = 1 Then
      Label5.Visible = True
      Label5.Caption = " แดดร่ม"
   End If
End Sub

Sub Display_water()
   Water_from51 = From_51
   Select Case Water_from51
      Case &H0:    Water_dis = 50
                   Label5.Visible = True
                   Label5.Caption = "ระดับน้ำไม่เพียงพอ  :  Pump ON"
                   Gauge2.Value = Water_dis
      Case &H1:    Water_dis = 100
                   Label5.Visible = True
                   Label7.Caption = "ระดับน้ำเพียงพอ  :  Pump Off"
                   Gauge2.Value = Water_dis
   End Select
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub MSComm2_OnComm()  'Send code to MCS-51
  If MSComm2.CommEvent = 2 And MSComm2.InBufferCount > 0 Then
    C_ok = MSComm2.Input
  End If
  If C_ok = "?" Then
    Debug.Print " Re  :  " & C_ok
    Call Send_code_want
    If C_ok = "X" Then
    Debug.Print " Re  :  " & C_ok
      Call Send_Prompt1
      If C_ok = "Z" Then
      Debug.Print " Re  :  " & C_ok
        Call Send_Prompt2
        If C_ok = "Y" Then
        Debug.Print " Re  :  " & C_ok
          Call Send_Prompt3
          If C_ok = "[" Then
          Debug.Print " Re  :  " & C_ok
            Call Recieve_time
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End Sub

Sub Display_time()
Dim Time_now As Time
Dim H_now As strring
Dim M_now As String
Dim S_now As String
  H_now = Hour(Time_now)
  M_now = Minute(Time_now)
  S_now = Second(Time_now)
  Text1.Text = H_now
  Text2.Text = M_now
  Text3.Text = S_now
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการควบคุมการทำงานของ Hardware

```
io    equ   p1.4
sclk  equ   p1.5
rst\  equ   p1.6
eoc   equ   p1.0
porta equ   0e000h
portb equ   0e001h
portc equ   0e002h
portp equ   0e003h

pta   equ   0063h  ;keep data in porta
ptb   equ   0064h  ;keep data in portb
ptc   equ   0065h  ;keep data in portc

data  equ   0030h
commd equ   0031h

etime1 equ  0070h
etime2 equ  0020h
etime3 equ  0021h
wtime  equ  003eh

hwtim1 equ  003fh
mwtim1 equ  0040h
hwtim2 equ  0041h
mwtim2 equ  0042h
hwtim3 equ  0043h
mwtim3 equ  0044h

quan  equ   0046h
quann equ   0069h

secb  equ   0047h
minb  equ   0048h
hourb equ   0049h
dateb equ   004ah
monb  equ   004bh
yearb equ   004ch

hwtim1b equ  005ah
mwtim1b equ  005bh
hwtim2b equ  005ch
mwtim2b equ  005dh
hwtim3b equ  005eh
mwtim3b equ  005fh

qwmin1b equ  0066h
qwmin2b equ  0067h
qwmin3b equ  0068h

ssig  equ   0079h
esig  equ   007ah
indad equ   0062h  ;keep add of input a/d

idtemp equ  0050h
temp  equ   0051h  ;want temp in celcius
tempp equ   0052h  ;real temp in celcius
rtemp equ   0056h

alevel equ  0059h
rlevel equ  0061h
levv  equ   0071h

round equ   0072h
sect  equ   0074h
stsec equ   0075h
stmin equ   0076h
qsec  equ   0077h
qmin  equ   0078h
nowp  equ   007bh
bestp equ   007ch
lastp equ   007dh
dif   equ   007eh
mndif equ   007fh

rlight equ  0058h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
idlig  equ   004dh
light  equ   004eh
lightv equ   004fh
lightt equ   0073h

sec    equ   0032h
min    equ   0033h

;pa    - 8 output from a/d
;pb.0  - output open blind(motor+)
;pb.1  - output close blind(motor-)
;pb.2  - output pump
;pb.3  - output water
;pb.4  - output sprinkle
;pc.0  - output add0 a/d
;pc.1  - output add1 a/d
;pc.2  - output add2 a/d
;pc.7  - microswitch
;pc.6  - microswitch

mov    dptr,#portp    ;pb,pcl=output
mov    a,#98h         ;pa,pch=input
movx   @dptr,a

mov    ptb,#00h
mov    pta,#00h
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;water control part (thir.asm)
mov    wtime,#03h     ;***********
mov    quan,#01h      ;**********
mov    etime1,#00h    ;*********
mov    etime2,#00h
mov    etime3,#00h
mov    ptb,#00h       ;*********
mov    hwtim1b,#00000011b
mov    mwtim1b,#01000111b
mov    mwtim1,#2fh

mov    hwtim2b,#00000011b
       mov    mwtim2b,#01001001b
       mov    mwtim2,#31h

       mov    hwtim3b,#00000011b
       mov    mwtim3b,#01010001b
       mov    mwtim3,#33h

mowat: mov    r0,wtime
wt1:   cjne   r0,#01h,wt2
       sjmp   forw2
wt2:   cjne   r0,#02h,wt3
       sjmp   forw1
wt3:   cjne   r0,#03h,mowat
forw:  mov    a,mwtim3
       lcall  qwtim
       mov    qwmin3b,a
forw1: mov    a,mwtim2
       lcall  qwtim
       mov    qwmin2b,a
forw2: mov    a,mwtim1
       lcall  qwtim
       mov    qwmin1b,a
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;light control part

       mov    lightv,#01h
       mov    lastp,#03h     ;(00,01,02,03)
       mov    r3,#07h        ;(r3 = sect)

mocon: mov    ssig,#00h
       mov    esig,#00h
       mov    r4,#00h
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;temp control part (nine.asm)
       ;tempp = real temp in celcius hex
       ;temp = want temp incelcius hex

       mov    temp,#32d      ;************
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;water level control part (ten.asm)

    ;logic = 1 full
    ;logic = 0 empty
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;;;;;;;loop part;;;;;;;;;;;;;;
    ;compare real time with waterplant time?
star:
    mov   r0,wtime
    cjne  r0,#03h,going   ;water 3 times/day?
    call  prtime          ;read present time from rtc
    call  water1
    call  water2
    call  water3
    ljmp  goinga
going: cjne  r0,#02h,going1  ;water 2 times/day?
    call  prtime
    call  water1
    call  water2
    ljmp  goinga
going1: cjne  r0,#01h,star  ;water 1 time/day?
    call  prtime
    call  water1
goinga: ljmp  knowp
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;compare first hour,min watertime with real time
water1:     mov   r0,etime1
            cjne  r0,#00h,waiqt1

    ;if etime = 01h show that open valve already
            mov   a,hwtim1b     ;hwtim1b=hour
wtime1 bcd
    cjne  a,hourb,nwater1 ;hourb=hour rtc bcd

    mov   a,mwtim1b
    cjne  a,minb,nwater1

    call  onv           ;on valve
    mov   etime1,#01h
    jmp   nwater1

waiqt1: ;if etime/=1 nofirst
    mov   a,minb
    cjne  a,qwmin1b,nwater1
    call  offv
    mov   etime1,#00h

nwater1:ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;compare first hour,min watertime with real time
water2: mov   r0,etime2
    cjne  r0,#00h,waiqt2

    ;if etime = 01h show that open valve already
    mov   a,hwtim2b     ;hwtim1b=hour wtime1
bcd
    cjne  a,hourb,nwater2 ;hourb=hour rtc bcd

    mov   a,mwtim2b
    cjne  a,minb,nwater2

    call  onv           ;on valve
    mov   etime2,#01h
    jmp   nwater2

waiqt2: ;if etime/=1 nofirst
    mov   a,minb
    cjne  a,qwmin2b,nwater2
    call  offv
    mov   etime2,#00h

nwater2:ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
    ;compare first hour,min watertime with real time
water3: mov   r0,etime3
    cjne  r0,#00h,waiqt3

    ;if etime = 01h show that open valve already
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      mov    a,hwtim3b     ;hwtim1b=hour wtime1
bcd
      cjne   a,hourb,nwater3 ;hourb=hour rtc bcd

      mov    a,mwtim3b
      cjne   a,minb,nwater3

      call   onv          ;on valve
      mov    etime3,#01h
      jmp    nwater3

waiqt3: ;if etime/=1 nofirst
      mov    a,minb
      cjne   a,qwmin3b,nwater3
      call   offv
      mov    etime3,#00h

nwater3:ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
offv:  mov   a,ptb        ;clear pb.5
       anl   a,#01111111b
       mov   ptb,a
       mov   dptr,#portb
       mov   a,ptb
       movx  @dptr,a
       ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
onv:   mov   a,ptb        ;keep data at pb in a
       orl   a,#10000000b  ;keep olddata in pb,set
pb.3
       mov   ptb,a        ;keep data in pb before send
       mov   dptr,#portb   ;water
       mov   a,ptb
       movx  @dptr,a       ;setb pb.5
       ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
       ;calculate qwmin1b,qwmin2b,qwmin3b for water
qwtim:  mov   r0,quan
qwtim1: inc   a
       lcall  chk60
       djnz   r0,qwtim1
       mov    r0,a
       lcall  zero         ;make hex to bcd
       mov    a,r0         ;data = hex
       ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
       ;keep minute,sec present time for water
prtime: mov   commd,#85h
        mov   data,#00h
        lcall byterd
        mov   hourb,data    ;data = hour bcd

        mov   commd,#83h
        mov   data,#00h
        lcall byterd
        mov   minb,data     ;data = min bcd

        ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;;;;;;;;end water control;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;;;;;;;;light control;;;;;;;;;;;;;;
knowp:  mov   r7,esig
        cjne  r7,#01h,goodp
        ljmp  knowpl
goodp:  mov   r7,esig
        cjne  r7,#04h,findp
        ljmp  goodpl
findp:  mov   r7,ssig
        cjne  r7,#04h,stcon
        ljmp  findpl
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
stcon:  cjne  r4,#00h,chkfp
        call  sttime1      ;read sec start time
        call  sttime2      ;read min start time

        ;check point of motor (first or not firstpoint)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
chkfp: mov    dptr,#portc    ;check micro switch
pc.7
       movx   a,@dptr
       mov    ptc,a

       clr    c
       rlc    a       ;(microswitch left is pc.7)
       jc     nturnl

       ;if pc.7 = 0 show that motor isn't at first point
turnl: mov    a,ptb
       orl    a,#00000010b   ;turn motor-
       mov    ptb,a
       mov    dptr,#portb
       mov    a,ptb
       movx   @dptr,a

echkfp: mov   r4,#01h
       ljmp   sprcon

       ;if pc.7 = 1 show that motor is on first point
nturnl: mov   a,ptb
       anl    a,#11111101b
       mov    ptb,a
       mov    dptr,#portb
       mov    a,ptb
       movx   @dptr,a
       mov    ssig,#04h
       mov    nowp,#00h
       mov    r4,#01h
       jmp    echk    ;nothihng to do in turn
              ;motor to first point

echk:  call   setlig         ;keep rlight from a/d
                    ;set standard light level(00,01,..)
       clr    c
       mov    a,lightv
       subb   a,lightt
       jnc    notc

       ;want light < real light
       mov    dif,#0ffh
       mov    mndif,#0ffh
       mov    bestp,lastp    ;if reallight's all point >
wantlight
       jmp    cont           ;the best point is a last point

       ;want light > real light
notc:  mov    dif,a
       mov    mndif,a
       mov    bestp,nowp

cont:  mov    a,ptb
       orl    a,#00000001b   ;start motor+
       mov    ptb,a
       mov    dptr,#portb
       movx   @dptr,a
       call   sttime1        ;keep start sec

       mov    a,stsec        ;find quit time
       mov    sect,r3
       mov    round,#01h     ;want motor turn 1
section
       call   qttime
       mov    qsec,a

contn: ljmp   sprcon
;contn: ljmp  knowp           ;********************
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
findpl: call  pttime
       mov    a,qsec
       cjne   a,sec,conty
       mov    r7,nowp
       inc    r7
       mov    nowp,r7

       mov    a,ptb
       anl    a,#11111110b   ;stop motor+
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov    ptb,a
        mov    dptr,#portb
        movx   @dptr,a

      call   setlig       ;keep rlight from a/d
                          ;set standard light level
      clr    c
      mov    a,lightv
      subb   a,lightt
      jnc    notc1

      ;want light < real light
      mov    dif,#0ffh    ;(mndif = old mndif)
                          ;(bestp = old bestp)
      jmp    cont2

      ;want light > real light
notc1: mov    dif,a
      clr    c
      mov    a,dif
      subb   a,mndif
      jnc    notc2

      ;dif < mndif
      mov    mndif,dif
      mov    bestp,nowp
      jmp    cont2

      ;dif > mndif
notc2: jmp    cont2        ;(mndif = old mndif)
                          ;(bestp = bestp)
cont2: mov    a,lastp
       cjne   a,nowp,cont4

       ;nowpoint = lastpoint
        mov   ssig,#00h    ;this point is the last
        mov   esig,#01h

        call  sttime1
        clr   c
        mov   a,lastp

        mov   bestp,#01h   ;*******************
        cjne  a,bestp,cont3 ;if lastp=bestp motor not
turn
        mov   esig,#04h
conty: jmp    contt

cont3: subb   a,bestp      ;if lastp/=bestp it'll turn-
                           ;to a best point
        mov   round,a      ;round = lastp - bestp
        mov   sect,r3
        mov   a,stsec
        call  qttime
        mov   qsec,a

        mov   a,ptb
        orl   a,#00000010  ;sart turn motor- to a
best point
        mov   ptb,a
        mov   dptr,#portb
        movx  @dptr,a
        ljmp  contt

       ;motor turn noreach lastpoint
cont4: mov    a,ptb
       orl    a,#000000001b  ;start motor+ to go next
section
        mov   ptb,a
        mov   dptr,#portb
        movx  @dptr,a

        call  sttime1      ;keep start ssec
        mov   sect,r3
        mov   round,#01h   ;want motor turn 1
section
        mov   a,stsec
        call  qttime
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov     qsec,a

contt:  ljmp    sprcon
;contt: ljmp    knowp
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
knowpl: call    pttime          ;read pressent time from
rtc
        mov     a,qsec
        cjne    a,sec,tow

        ;motor turn 1 section already
        mov     a,ptb
        anl     a,#11111101b    ;stop turn motor- in a
best place
        mov     ptb,a
        mov     dptr,#portb
        movx    @dptr,a
        mov     esig,#04h
tow:    ;ljmp   knowp
        ljmp    sprcon
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;we'll check lightlevel 10 minutes/once
goodpl: call    pttime
        mov     a,stmin
        mov     sect,#0bh
        mov     round,#01h
        call    qttime
        mov     qmin,a

        mov     a,qmin
        cjne    a,min,toward
        mov     ssig,#00h
        mov     esig,#00h
        mov     r4,#00h
        ;10 minutes already
toward: ljmp    sprcon
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;find quit time
qttime: mov     r7,round
pluss:  mov     r6,sect
plus:   inc     a
        call    chk60
        djnz    r6,plus
        djnz    r7,pluss
        ret

chk60:  cjne    a,#3ch,chkn60   ; (3ch = 60d)
        mov     a,#00
chkn60: ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;keep minute,sec start motor
sttime1:mov     commd,#81h      ;command write add
        mov     data,#00h
        call    byterd
        mov     r0,data         ;data = start sec bcd
        call    no0             ;make bcd to hex
        mov     stsec,r0
        ret

sttime2:mov     commd,#83h
        mov     data,#00h
        call    byterd
        mov     r0,data         ;data = start min bcd
        call    no0
        mov     stmin,r0
        ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;keep minute,sec present time control motor
pttime: mov     commd,#81h
        mov     data,#00h
        call    byterd
        mov     r0,data         ;data = sec bcd
        call    no0             ;make bcd to hex
        mov     sec,r0

        mov     commd,#83h
        mov     data,#00h
        call    byterd
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        db    104d
        db    108d
        db    112d
        db    116d
        db    118d
        db    122d
        db    124d
        db    128d
        db    132d
        db    136d
        db    140d
        db    144d
        db    148d
        db    152d
        db    156d
        db    160d
        db    164d
        db    168d
        db    172d
        db    176d
        db    180d
        db    184d   ;>184d = 50 deg
        db    64d    ;<64d = 20deg

iddeg:  cjne   a,#00h,niddeg
        mov    a,#32d
niddeg: movc   a,@a+pc
        ret
        db    21d
        db    22d
        db    23d
        db    24d
        db    25d
        db    26d
        db    27d
        db    28d
        db    29d
        db    30d
        db    31d
        db    32d
        db    33d
        db    34d
        db    35d
        db    36d
        db    37d
        db    38d
        db    39d
        db    40d
        db    41d
        db    42d
        db    43d
        db    44d
        db    45d
        db    46d
        db    47d
        db    48d
        db    49d
        db    50d
        db    20d
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
deltep: mov    r0,#28h      ;2
delt:   mov    r7,#0ffh     ;2
delt1:  mov    r6,#0ffh     ;2
delt2:  nop
        nop
        djnz   r6,delt2     ;2
        djnz   r7,delt1
        djnz   r0,delt      ;2
        ret                 ; 2+(1+1+2)*255 + 2
        ;;;;;;;;;;;;;;;;;;end temp control;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
        ;;;;;;;;;;;;;;;;;;level control;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;rlevel come from a/d set add 012 before*********
cho:    mov    r1,#02h
cho1:   mov    indad,#02h
        call   choin
        mov    rlevel,a
        djnz   r1,cho1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
full:  mov    r7,#8fh
       clr    c
       mov    a,rlevel
       subb   a,r7
       jc     emp          ;if rlevel<2.8v emp
       mov    levv,#01h    ;if rlevel>2.8v full
       mov    a,ptb
       anl    a,#11111011b
       mov    ptb,a        ;off pump
       mov    dptr,#portb
       mov    a,ptb
       movx   @dptr,a
       sjmp   lev

emp:   mov    levv,#00h
       mov    a,ptb
       orl    a,#00000100b ;on pump
       mov    ptb,a
       mov    dptr,#portb
       mov    a,ptb
       movx   @dptr,a

lev:
       ljmp   star
       ;full  -01h   5v
       ;empty -01h   0v
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;program for choose input of a/d

choin:
       mov    a,#00000000b  ;00011111 and
;11011011=00011011
       anl    a,ptc         ;00011011 or
;10100000=10111011
       orl    a,indad
       mov    ptc,a
       mov    dptr,#portc   ;choose input of a/d
       movx   @dptr,a
       call   delad
       call   waitad        ;wait for eoc = 1

       mov    dptr,#porta
       movx   a,@dptr       ;active read\
       mov    pta,a
       ret


waitad: clr   a
       mov    a,p1
       anl    a,#00000001b
       cjne   a,#00000001b,waitad
       ret

delad:  mov   r0,#20h
delad1: nop
       djnz   r0,delad1
       ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;end level control;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;change bcd-to-hex(for send to pc)
no0:   cjne   r0,#00000000b,no1
       mov    r0,#00h
       ljmp   no60
no1:   cjne   r0,#00000001b,no2
       mov    r0,#01h
       ljmp   no60
no2:   cjne   r0,#00000010b,no3
       mov    r0,#02h
       ljmp   no60
no3:   cjne   r0,#00000011b,no4
       mov    r0,#03h
       ljmp   no60
no4:   cjne   r0,#00000100b,no5
       mov    r0,#04h
       ljmp   no60
no5:   cjne   r0,#00000101b,no6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov   r0,#05h
        ljmp  no60
no6:    cjne  r0,#00000110b,no7
        mov   r0,#06h
        ljmp  no60
no7:    cjne  r0,#00000111b,no8
        mov   r0,#07h
        ljmp  no60
no8:    cjne  r0,#00001000b,no9
        mov   r0,#08h
        ljmp  no60
no9:    cjne  r0,#00001001b,no10
        mov   r0,#09h
        ljmp  no60
no10:   cjne  r0,#00010000b,no11
        mov   r0,#0ah
        ljmp  no60
no11:   cjne  r0,#00010001b,no12
        mov   r0,#0bh
        ljmp  no60
no12:   cjne  r0,#00010010b,no13
        mov   r0,#0ch
        ljmp  no60
no13:   cjne  r0,#00010011b,no14
        mov   r0,#0dh
        ljmp  no60
no14:   cjne  r0,#00010100b,no15
        mov   r0,#0eh
        ljmp  no60
no15:   cjne  r0,#00010101b,no16
        mov   r0,#0fh
        ljmp  no60
no16:   cjne  r0,#00010110b,no17
        mov   r0,#10h
        ljmp  no60
no17:   cjne  r0,#00010111b,no18
        mov   r0,#11h
        ljmp  no60
no18:   cjne  r0,#00011000b,no19
        mov   r0,#12h
        ljmp  no60
no19:   cjne  r0,#00011001b,no20
        mov   r0,#13h
        ljmp  no60
no20:   cjne  r0,#00100000b,no21
        mov   r0,#14h
        ljmp  no60
no21:   cjne  r0,#00100001b,no22
        mov   r0,#15h
        ljmp  no60
no22:   cjne  r0,#00100010b,no23
        mov   r0,#16h
        ljmp  no60
no23:   cjne  r0,#00100011b,no24
        mov   r0,#17h
        ljmp  no60
no24:   cjne  r0,#00100100b,no25
        mov   r0,#18h
        ljmp  no60
no25:   cjne  r0,#00100101b,no26
        mov   r0,#19h
        ljmp  no60
no26:   cjne  r0,#00100110b,no27
        mov   r0,#1ah
        ljmp  no60
no27:   cjne  r0,#00100111b,no28
        mov   r0,#1bh
        ljmp  no60
no28:   cjne  r0,#00101000b,no29
        mov   r0,#1ch
        ljmp  no60
no29:   cjne  r0,#00101001b,no30
        mov   r0,#1dh
        ljmp  no60
no30:   cjne  r0,#00110000b,no31
        mov   r0,#1eh
        ljmp  no60
no31:   cjne  r0,#00110001b,no32
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov   r0,#1fh
        ljmp  no60
no32:   cjne  r0,#00110010b,no33
        mov   r0,#20h
        ljmp  no60
no33:   cjne  r0,#00110011b,no34
        mov   r0,#21h
        ljmp  no60
no34:   cjne  r0,#00110100b,no35
        mov   r0,#22h
        ljmp  no60
no35:   cjne  r0,#00110101b,no36
        mov   r0,#23h
        ljmp  no60
no36:   cjne  r0,#00110110b,no37
        mov   r0,#24h
        ljmp  no60
no37:   cjne  r0,#00110111b,no38
        mov   r0,#25h
        ljmp  no60
no38:   cjne  r0,#00111000b,no39
        mov   r0,#26h
        ljmp  no60
no39:   cjne  r0,#00111001b,no40
        mov   r0,#27h
        ljmp  no60
no40:   cjne  r0,#01000000b,no41
        mov   r0,#28h
        ljmp  no60
no41:   cjne  r0,#01000001b,no42
        mov   r0,#29h
        ljmp  no60
no42:   cjne  r0,#01000010b,no43
        mov   r0,#2ah
        ljmp  no60
no43:   cjne  r0,#01000011b,no44
        mov   r0,#2bh
        ljmp  no60
no44:   cjne  r0,#01000100b,no45
        mov   r0,#2ch
        ljmp  no60
no45:   cjne  r0,#01000101b,no46
        mov   r0,#2dh
        ljmp  no60
no46:   cjne  r0,#01000110b,no47
        mov   r0,#2eh
        ljmp  no60
no47:   cjne  r0,#01000111b,no48
        mov   r0,#2fh
        ljmp  no60
no48:   cjne  r0,#01001000b,no49
        mov   r0,#30h
        ljmp  no60
no49:   cjne  r0,#01001001b,no50
        mov   r0,#31h
        ljmp  no60
no50:   cjne  r0,#01010000b,no51
        mov   r0,#32h
        ljmp  no60
no51:   cjne  r0,#01010001b,no52
        mov   r0,#33h
        ljmp  no60
no52:   cjne  r0,#01010010b,no53
        mov   r0,#34h
        ljmp  no60
no53:   cjne  r0,#01010011b,no54
        mov   r0,#35h
        ljmp  no60
no54:   cjne  r0,#01010100b,no55
        mov   r0,#36h
        ljmp  no60
no55:   cjne  r0,#01010101b,no56
        mov   r0,#37h
        ljmp  no60
no56:   cjne  r0,#01010110b,no57
        mov   r0,#38h
        ljmp  no60
no57:   cjne  r0,#01010111b,no58
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov   r0,#39h
        ljmp  no60
no58:   cjne  r0,#01011000b,no59
        mov   r0,#3ah
        ljmp  no60
no59:   cjne  r0,#01011001b,no60
        mov   r0,#3bh
no60:   ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;change hex-to-bcd(for receive from pc)
zero:   cjne  r0,#00h,one
        mov   r0,#00000000b
        ljmp  sixty
one:    cjne  r0,#01h,two
        mov   r0,#00000001b
        ljmp  sixty
two:    cjne  r0,#02h,three
        mov   r0,#00000010b
        ljmp  sixty
three:  cjne  r0,#03h,four
        mov   r0,#00000011b
        ljmp  sixty
four:   cjne  r0,#04h,five
        mov   r0,#00000100b
        ljmp  sixty
five:   cjne  r0,#05h,six
        mov   r0,#00000101b
        ljmp  sixty
six:    cjne  r0,#06h,seven
        mov   r0,#00000110b
        ljmp  sixty
seven:  cjne  r0,#07h,eight
        mov   r0,#00000111b
        ljmp  sixty
eight:  cjne  r0,#08h,nine
        mov   r0,#00001000b
        ljmp  sixty
nine:   cjne  r0,#09h,ten
        mov   r0,#00001001b
        ljmp  sixty
ten:    cjne  r0,#0ah,eleven
        mov   r0,#00010000b
        ljmp  sixty
eleven: cjne  r0,#0bh,twelve
        mov   r0,#00010001b
        ljmp  sixty
twelve: cjne  r0,#0ch,thirte
        mov   r0,#00010010b
        ljmp  sixty
thirte: cjne  r0,#0dh,fourte
        mov   r0,#00010011b
        ljmp  sixty
fourte: cjne  r0,#0eh,fifte
        mov   r0,#00010100b
        ljmp  sixty
fifte:  cjne  r0,#0fh,sixte
        mov   r0,#00010101b
        ljmp  sixty
sixte:  cjne  r0,#10h,sevete
        mov   r0,#00010110b
        ljmp  sixty
sevete: cjne  r0,#11h,eighte
        mov   r0,#00010111b
        ljmp  sixty
eighte: cjne  r0,#12h,ninte
        mov   r0,#00011000b
        ljmp  sixty
ninte:  cjne  r0,#13h,twenty
        mov   r0,#00011001b
        ljmp  sixty
twenty: cjne  r0,#14h,twenon
        mov   r0,#00100000b
        ljmp  sixty
twenon: cjne  r0,#15h,twentw
        mov   r0,#00100001b
        ljmp  sixty
twentw: cjne  r0,#16h,twentr
        mov   r0,#00100010b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ljmp   sixty
twentr: cjne   r0,#17h,twenfr
        mov    r0,#00100011b
        ljmp   sixty
twenfr: cjne   r0,#18h,twenff
        mov    r0,#00100100b
        ljmp   sixty
twenff: cjne   r0,#19h,twensx
        mov    r0,#00100101b
        ljmp   sixty
twensx: cjne   r0,#1ah,twensv
        mov    r0,#00100110b
        ljmp   sixty
twensv: cjne   r0,#1bh,tweneg
        mov    r0,#00100111b
        ljmp   sixty
tweneg: cjne   r0,#1ch,twennn
        mov    r0,#00101000b
        ljmp   sixty
twennn: cjne   r0,#1dh,thirty
        mov    r0,#00101001b
        ljmp   sixty
thirty: cjne   r0,#1eh,thiron
        mov    r0,#00110000b
        ljmp   sixty
thiron: cjne   r0,#1fh,thirtw
        mov    r0,#00110001b
        ljmp   sixty
thirtw: cjne   r0,#20h,thirtr
        mov    r0,#00110010b
        ljmp   sixty
thirtr: cjne   r0,#21h,thirfr
        mov    r0,#00110011b
        ljmp   sixty
thirfr: cjne   r0,#22h,thirff
        mov    r0,#00110100b
        ljmp   sixty
thirff: cjne   r0,#23h,thirsx
        mov    r0,#00110101b
        ljmp   sixty
thirsx: cjne   r0,#24h,thirsv
        mov    r0,#00110110b
        ljmp   sixty
thirsv: cjne   r0,#25h,thireg
        mov    r0,#00110111b
        ljmp   sixty
thireg: cjne   r0,#26h,thimn
        mov    r0,#00111000b
        ljmp   sixty
thimn: cjne   r0,#27h,forty
        mov    r0,#00111001b
        ljmp   sixty
forty:  cjne   r0,#28h,foron
        mov    r0,#01000000b
        ljmp   sixty
foron:  cjne   r0,#29h,fortw
        mov    r0,#01000001b
        ljmp   sixty
fortw:  cjne   r0,#2ah,fortr
        mov    r0,#01000010b
        ljmp   sixty
fortr:  cjne   r0,#2bh,forfr
        mov    r0,#01000011b
        ljmp   sixty
forfr:  cjne   r0,#2ch,forff
        mov    r0,#01000100b
        ljmp   sixty
forff:  cjne   r0,#2dh,forsx
        mov    r0,#01000101b
        ljmp   sixty
forsx:  cjne   r0,#2eh,forsv
        mov    r0,#01000110b
        ljmp   sixty
forsv:  cjne   r0,#2fh,foreg
        mov    r0,#01000111b
        ljmp   sixty
foreg:  cjne   r0,#30h,fomn
        mov    r0,#01001000b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ljmp   sixty
fornn: cjne   r0,#31h,fifty
       mov    r0,#01001001b
       ljmp   sixty
fifty: cjne   r0,#32h,fifon
       mov    r0,#01010000b
       ljmp   sixty
fifon: cjne   r0,#33h,fiftw
       mov    r0,#01010001b
       ljmp   sixty
fiftw: cjne   r0,#34h,fiftr
       mov    r0,#01010010b
       ljmp   sixty
fiftr: cjne   r0,#35h,fiffr
       mov    r0,#01010011b
       ljmp   sixty
fiffr: cjne   r0,#36h,fifff
       mov    r0,#01010100b
       ljmp   sixty
fifff: cjne   r0,#37h,fifsx
       mov    r0,#01010101b
       ljmp   sixty
fifsx: cjne   r0,#38h,fifsv
       mov    r0,#01010110b
       ljmp   sixty
fifsv: cjne   r0,#39h,fifeg
       mov    r0,#01010111b
       ljmp   sixty
fifeg: cjne   r0,#3ah,fifnn
       mov    r0,#01011000b
       ljmp   sixty
fifnn: cjne   r0,#3bh,sixty
       mov    r0,#01011001b
sixty: ret
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATASHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LM134/LM234/LM334
3-Terminal Adjustable Current Sources

General Description

The LM134/LM234/LM334 are 3-terminal adjustable current sources featuring 10,000:1 range in operating current, excellent current regulation and a wide dynamic voltage range of 1V to 40V. Current is established with one external resistor and no other parts are required. Initial current accuracy is ±3%. The LM134/LM234/LM334 are true floating current sources with no separate power supply connections. In addition, reverse applied voltages of up to 20V will draw only a few dozen microamperes of current, allowing the devices to act as both a rectifier and current source in AC applications.

The sense voltage used to establish operating current in the LM134 is 64 mV at 25°C and is directly proportional to absolute temperature (°K). The simplest one external resistor connection, then, generates a current with ≃ +0.33%/°C temperature dependence. Zero drift operation can be obtained by adding one extra resistor and a diode.

Applications for the current sources include bias networks, surge protection, low power reference, ramp generation, LED driver, and temperature sensing. The LM134-3/LM234-3 and LM134-6/LM234-6 are specified as true temperature sensors with guaranteed initial accuracy of ±3°C and ±6°C, respectively. These devices are ideal in remote sense applications because series resistance in long wire runs does not affect accuracy. In addition, only 2 wires are required.

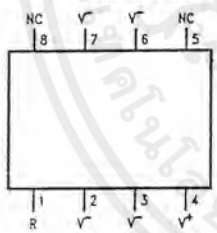
The LM134 is guaranteed over a temperature range of −55°C to +125°C, the LM234 from −25°C to +100°C and the LM334 from 0°C to +70°C. These devices are available in TO-46 hermetic, TO-92 and SO-8 plastic packages.

Features

- Operates from 1V to 40V
- 0.02%/V current regulation
- Programmable from 1 μA to 10 mA
- True 2-terminal operation
- Available as fully specified temperature sensor
- ±3% initial accuracy

Connection Diagrams

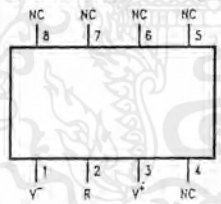
SO-8
Surface Mount Package



TL/H/5697–24

Order Number LM334M
See NS Package
Number M08A

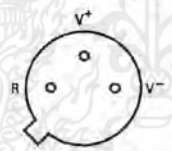
SO-8 Alternative Pinout
Surface Mount Package



TL/H/5697–25

Order Number LM334SM
See NS Package
Number M08A

TO-46
Metal Can Package



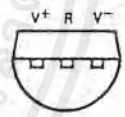
TL/H/5697–12

Bottom View

V⁻ Pin is electrically connected to case.

Order Number LM134H, LM134H-3, LM134H-6, LM234H or LM334H
See NS Package
Number H03H

TO-92
Plastic Package



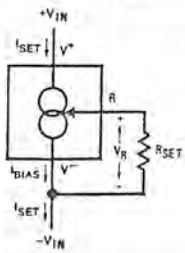
TL/H/5697–10

Bottom View

Order Number LM334Z, LM234Z-3 or LM234Z-6
See NS Package
Number Z03A

Typical Application

Basic 2-Terminal Current Source



TL/H/5697–1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

V^- to V^- Forward Voltage	
LM134/LM234/LM334	40V
LM134-3/LM134-6/LM234-3/LM234-6	30V
V^- to V^- Reverse Voltage	20V
R Pin to V^- Voltage	5V
Set Current	10 mA
Power Dissipation	400 mW
ESD Susceptibility (Note 5)	2000V

Operating Temperature Range (Note 4)	
LM134/LM134-3/LM134-6	−55°C to +125°C
LM234/LM234-3/LM234-6	−25°C to +100°C
LM334	0°C to +70°C
Soldering Information	
TO-92 Package (10 sec.)	260°C
TO-46 Package (10 sec.)	300°C
SO Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" (Appendix D) for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM134/LM234			LM334			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Set Current Error, $V^+ = 2.5V$, (Note 2)	$10\ \mu A \le I_{SET} \le 1$ mA			3			6	%
	1 mA $< I_{SET} \le 5$ mA			5			8	%
	$2\ \mu A \le I_{SET} < 10\ \mu A$			8			12	%
Ratio of Set Current to Bias Current	$100\ \mu A \le I_{SET} \le 1$ mA	14	18	23	14	18	26	
	1 mA $\le I_{SET} \le 5$ mA		14			14		
	$2\ \mu A \le I_{SET} \le 100\ \mu A$		18	23		18	26	
Minimum Operating Voltage	$2\ \mu A \le I_{SET} \le 100\ \mu A$		0.8			0.8		V
	$100\ \mu A < I_{SET} \le 1$ mA		0.9			0.9		V
	1 mA $< I_{SET} \le 5$ mA		1.0			1.0		V
Average Change in Set Current with Input Voltage	$2\ \mu A \le I_{SET} \le 1$ mA							
	$1.5V \le V^+ \le 5V$		0.02	0.05		0.02	0.1	%/V
	$5V \le V^+ \le 40V$		0.01	0.03		0.01	0.05	%/V
	1 mA $< I_{SET} \le 5$ mA							
	$1.5V \le V \le 5V$		0.03			0.03		%/V
	$5V \le V \le 40V$		0.02			0.02		%/V
Temperature Dependence of Set Current (Note 3)	$25\ \mu A \le I_{SET} \le 1$ mA	0.96T	T	1.04T	0.96T	T	1.04T	
Effective Shunt Capacitance			15			15		pF

Note 1: Unless otherwise specified, tests are performed at $T_j = 25°C$ with pulse testing so that junction temperature does not change during test.

Note 2: Set current is the current flowing into the V^+ pin. For the Basic 2-Terminal Current Source circuit shown on the first page of this data sheet, I_{SET} is determined by the following formula: $I_{SET} = 67.7\ mV/R_{SET}$ (@ 25°C). Set current error is expressed as a percent deviation from this amount. I_{SET} increases at 0.336%/°C @ $T_j = 25°C$ (227 μV/°C).

Note 3: I_{SET} is directly proportional to absolute temperature (°K). I_{SET} at any temperature can be calculated from: $I_{SET} = I_o\ (T/T_o)$ where I_o is I_{SET} measured at T_o (°K).

Note 4: For elevated temperature operation, T_j max is:

LM134	150°C
LM234	125°C
LM334	100°C

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{ja} (Junction to Ambient)	180°C/W (0.4" leads) 160°C/W (0.125" leads)	440°C/W	165°C/W
θ_{jc} (Junction to Case)	N/A	32°C/W	80°C/W

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

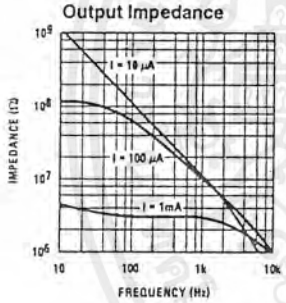
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

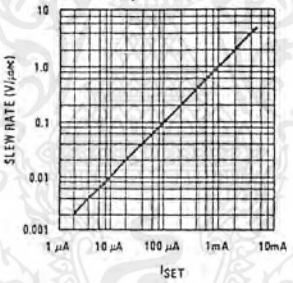
Parameter	Conditions	LM134-3, LM234-3			LM134-6, LM234-6			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Set Current Error, $V^+ = 2.5V$, (Note 2)	$100\ \mu A \le I_{SET} \le 1\ mA$ $T_j = 25°$			±1			±2	%
Equivalent Temperature Error				±3			±6	°C
Ratio of Set Current to Bias Current	$100\ \mu A \le I_{SET} \le 1\ mA$	14	18	26	14	18	26	
Minimum Operating Voltage	$100\ \mu A\ I_{SET} \le 1\ mA$		0.9			0.9		V
Average Change in Set Current with Input Voltage	$100\ \mu A \le I_{SET} \le 1\ mA$ $1.5 \le V^+ \le 5V$ $5V \le V^+ \le 30V$		0.02 0.01	0.05 0.03		0.02 0.01	0.01 0.05	%/V %/V
Temperature Dependence of Set Current (Note 3) and	$100\ \mu A \le I_{SET} \le 1\ mA$	0.98T	T	1.02T	0.97T	T	1.03T	
Equivalent Slope Error				±2			±3	%
Effective Shunt Capacitance			15			15		pF

Typical Performance Characteristics

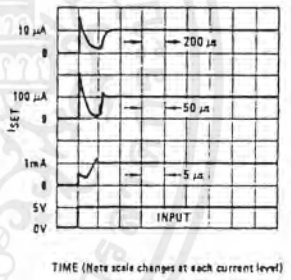
Output Impedance



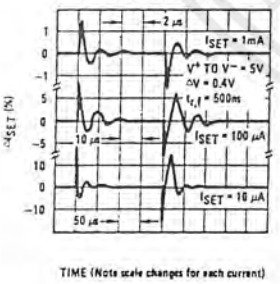
Maximum Slew Rate for Linear Operation



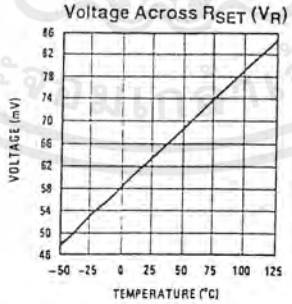
Start-Up



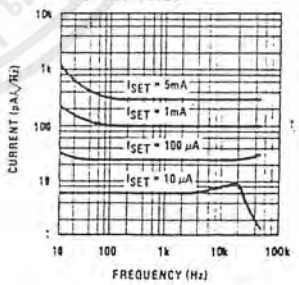
Transient Response



Voltage Across R_{SET} (V_R)



Current Noise

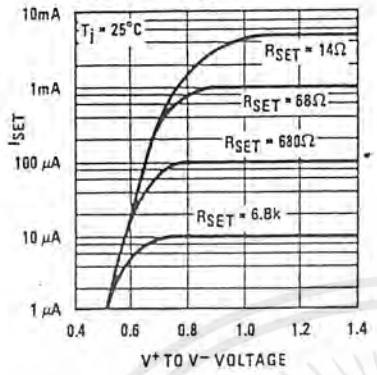


TL/H/5697–2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

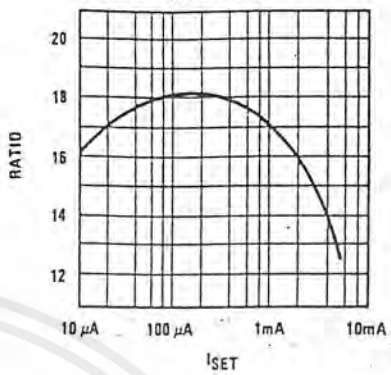
Typical Performance Characteristics (Continued)

Turn-On Voltage



TL/H/5697–29

Ratio of I_{SET} to I_{BIAS}



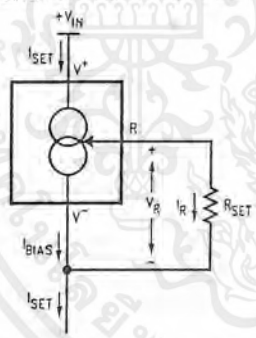
TL/H/5697–3

Application Hints

The LM134 has been designed for ease of application, but a general discussion of design features is presented here to familiarize the designer with device characteristics which may not be immediately obvious. These include the effects of slewing, power dissipation, capacitance, noise, and contact resistance.

CALCULATING R_{SET}

The total current through the LM134 (I_{SET}) is the sum of the current going through the SET resistor (I_R) and the LM134's bias current (I_{BIAS}), as shown in *Figure 1*.



TL/H/5697–27

FIGURE 1. Basic Current Source

A graph showing the ratio of these two currents is supplied under **Ratio of I_{SET} to I_{BIAS}** in the Typical Performance Characteristics section. The current flowing through R_{SET} is determined by V_R, which is approximately 214 μV/°K (64 mV/298°K ~ 214 μV/°K).

$$I_{SET} = I_R + I_{BIAS} = \frac{V_R}{R_{SET}} + I_{BIAS}$$

Since (for a given set current) I_{BIAS} is simply a percentage of I_{SET}, the equation can be rewritten

$$I_{SET} = \left(\frac{V_R}{R_{SET}}\right)\left(\frac{n}{n-1}\right)$$

where n is the ratio of I_{SET} to I_{BIAS} as specified in the Electrical Characteristics Section and shown in the graph. Since n is typically 18 for 2 μA ≤ I_{SET} ≤ 1 mA, the equation can be further simplified to

$$I_{SET} = \left(\frac{V_R}{R_{SET}}\right)(1.059) = \frac{227\ \mu V/°K}{R_{SET}}$$

for most set currents.

SLEW RATE

At slew rates above a given threshold (see curve), the LM134 may exhibit non-linear current shifts. The slewing rate at which this occurs is directly proportional to I_{SET}. At I_{SET} = 10 μA, maximum dV/dt is 0.01V/μs; at I_{SET} = 1 mA, the limit is 1V/μs. Slew rates above the limit do not harm the LM134, or cause large currents to flow.

THERMAL EFFECTS

Internal heating can have a significant effect on current regulation for I_{SET} greater than 100 μA. For example, each 1V increase across the LM134 at I_{SET} = 1 mA will increase junction temperature by ≈0.4°C in still air. Output current (I_{SET}) has a temperature coefficient of ≈0.33%/°C, so the change in current due to temperature rise will be (0.4) (0.33) = 0.132%. This is a 10:1 degradation in regulation compared to true electrical effects. Thermal effects, therefore, must be taken into account when DC regulation is critical and I_{SET} exceeds 100 μA. Heat sinking of the TO-46 package or the TO-92 leads can reduce this effect by more than 3:1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

SHUNT CAPACITANCE

In certain applications, the 15 pF shunt capacitance of the LM134 may have to be reduced, either because of loading problems or because it limits the AC output impedance of the current source. This can be easily accomplished by buffering the LM134 with an FET as shown in the applications. This can reduce capacitance to less than 3 pF and improve regulation by at least an order of magnitude. DC characteristics (with the exception of minimum input voltage), are not affected.

NOISE

Current noise generated by the LM134 is approximately 4 times the shot noise of a transistor. If the LM134 is used as an active load for a transistor amplifier, input referred noise will be increased by about 12 dB. In many cases, this is acceptable and a single stage amplifier can be built with a voltage gain exceeding 2000.

LEAD RESISTANCE

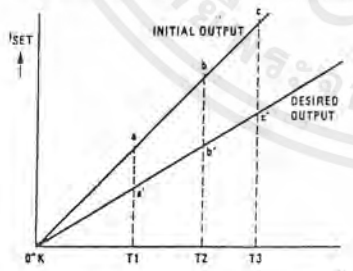
The sense voltage which determines operating current of the LM134 is less than 100 mV. At this level, thermocouple or lead resistance effects should be minimized by locating the current setting resistor physically close to the device. Sockets should be avoided if possible. It takes only 0.7Ω contact resistance to reduce output current by 1% at the 1 mA level.

SENSING TEMPERATURE

The LM134 makes an ideal remote temperature sensor because its current mode operation does not lose accuracy over long wire runs. Output current is directly proportional to absolute temperature in degrees Kelvin, according to the following formula:

$$I_{SET} = \frac{(227\ \mu V/^{\circ}K)\ (T)}{R_{SET}}$$

Calibration of the LM134 is greatly simplified because of the fact that most of the initial inaccuracy is due to a gain term (slope error) and not an offset. This means that a calibration consisting of a gain adjustment only will trim both slope and zero at the same time. In addition, gain adjustment is a one point trim because the output of the LM134 extrapolates to zero at 0°K, independent of R_{SET} or any initial inaccuracy.



TL/H/5697–4

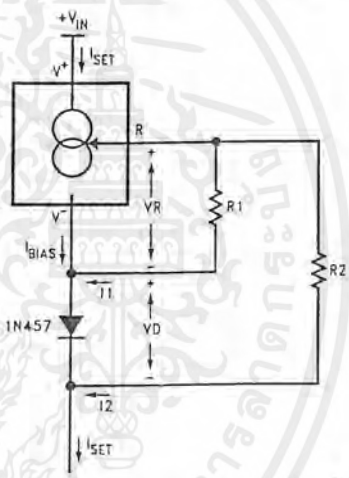
FIGURE 2. Gain Adjustment

This property of the LM134 is illustrated in the accompanying graph. Line abc is the sensor current before trimming. Line a'b'c' is the desired output. A gain trim done at T2 will move the output from b to b' and will simultaneously correct the slope so that the output at T1 and T3 will be correct. This gain trim can be done on R_{SET} or on the load resistor used to terminate the LM134. Slope error after trim will normally be less than ±1%. To maintain this accuracy, however, a low temperature coefficient resistor must be used for R_{SET}.

A 33 ppm/°C drift of R_{SET} will give a 1% slope error because the resistor will normally see about the same temperature variations as the LM134. Separating R_{SET} from the LM134 requires 3 wires and has lead resistance problems, so is not normally recommended. Metal film resistors with less than 20 ppm/°C drift are readily available. Wire wound resistors may also be used where best stability is required.

APPLICATION AS A ZERO TEMPERATURE COEFFICENT CURRENT SOURCE

Adding a diode and a resistor to the standard LM134 configuration can cancel the temperature-dependent characteristic of the LM134. The circuit shown in *Figure 3* balances the positive tempco of the LM134 (about +0.23 mV/°C) with the negative tempco of a forward-biased silicon diode (about −2.5 mV/°C).



TL/H/5697–28

FIGURE 3. Zero Tempco Current Source

The set current (I_{SET}) is the sum of I_1 and I_2, each contributing approximately 50% of the set current, and I_{BIAS}. I_{BIAS} is usually included in the I_1 term by increasing the V_R value used for calculations by 5.9%. (See **CALCULATING R_{SET}**.)

$$I_{SET} = I_1 + I_2 - I_{BIAS}, \text{ where}$$

$$I_1 = \frac{V_R}{R_1} \quad \text{and} \quad I_2 = \frac{V_R + V_D}{R_2}$$

The first step is to minimize the tempco of the circuit, using the following equations. An example is given using a value of +227 μV/°C as the tempco of the LM134 (which includes the I_{BIAS} component), and −2.5 mV/°C as the tempco of the diode (for best results, this value should be directly measured or obtained from the manufacturer of the diode).

$$I_{SET} = I_1 + I_2$$

$$\frac{dI_{SET}}{dT} = \frac{dI_1}{dT} + \frac{dI_2}{dT}$$

$$\approx \frac{227\ \mu V/^{\circ}C}{R_1} + \frac{227\ \mu V/^{\circ}C - 2.5\ mV/^{\circ}C}{R_2}$$

$$= 0 \text{ (solve for tempco = 0)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

$$\frac{R_2}{R_1} \approx \frac{2.5\ mV/°C - 227\ \mu V/°C}{227\ \mu V/°C} \approx 10.0$$

With the R_1 to R_2 ratio determined, values for R_1 and R_2 should be determined to give the desired set current. The formula for calculating the set current at T = 25°C is shown below, followed by an example that assumes the forward voltage drop across the diode (V_D) is 0.6V, the voltage across R_1 is 67.7 mV (64 mV + 5.9% to account for I_{BIAS}), and $R_2/R_1 = 10$ (from the previous calculations).

$$I_{SET} = I_1 + I_2 + I_{BIAS}$$

$$= \frac{V_R}{R_1} + \frac{V_R + V_D}{R_2}$$

$$\approx \frac{67.7\ mV}{R_1} + \frac{67.7\ mV + 0.6V}{10.0\ R_1}$$

$$I_{SET} \approx \frac{0.134V}{R_1}$$

This circuit will eliminate most of the LM134's temperature coefficient, and it does a good job even if the estimates of the diode's characteristics are not accurate (as the following example will show). For lowest tempco with a specific diode at the desired I_{SET}, however, the circuit should be built and tested over temperature. If the measured tempco of I_{SET} is positive, R_2 should be reduced. If the resulting tempco is negative, R_2 should be increased. The recommended diode for use in this circuit is the 1N457 because its tempco is centered at 11 times the tempco of the LM134, allowing $R_2 = 10\ R_1$. You can also use this circuit to create a current source with non-zero tempcos by setting the tempco component of the tempco equation to the desired value instead of 0.

EXAMPLE: A 1 mA, Zero-Tempco Current Source

First, solve for R_1 and R_2:

$$I_{SET} \approx 1\ mA = \frac{0.134V}{R_1}$$

$$R_1 = 134\Omega = 10\ R_2$$

$$R_2 = 1340\Omega$$

The values of R_1 and R_2 can be changed to standard 1% resistor values ($R_1 = 133\Omega$ and $R_2 = 1.33\ k\Omega$) with less than a 0.75% error.

If the forward voltage drop of the diode was 0.65V instead of the estimate of 0.6V (an error of 8%), the actual set current will be

$$I_{SET} = \frac{67.7\ mV}{R_1} + \frac{67.7\ mV + 0.65V}{R_2}$$

$$= \frac{67.7\ mV}{133} + \frac{67.7\ mV + 0.65V}{1330}$$

$$= 1.049\ mA$$

an error of less than 5%.

If the estimate for the tempco of the diode's forward voltage drop was off, the tempco cancellation is still reasonably effective. Assume the tempco of the diode is 2.6 mV/°C instead of 2.5 mV/°C (an error of 4%). The tempco of the circuit is now:

$$\frac{dI_{SET}}{dT} = \frac{dI_1}{dT} + \frac{dI_2}{dT}$$

$$= \frac{227\ \mu V/°C}{133\Omega} + \frac{227\ \mu V/°C - 2.6\ mV/°C}{1330\Omega}$$

$$= -77\ nA/°C$$

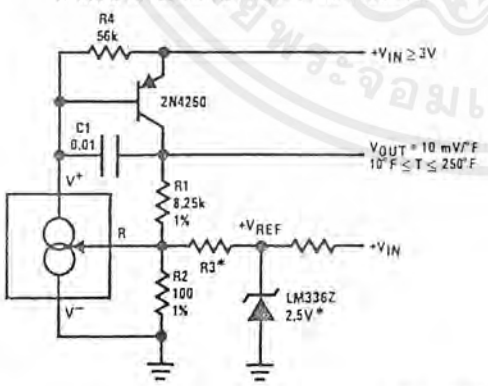
A 1 mA LM134 current source with no temperature compensation would have a set resistor of 68Ω and a resulting tempco of

$$\frac{227\ \mu V/°C}{68\Omega} = 3.3\ \mu A/°C$$

So even if the diode's tempco varies as much as ±4% from its estimated value, the circuit still eliminates 98% of the LM134's inherent tempco.

Typical Applications

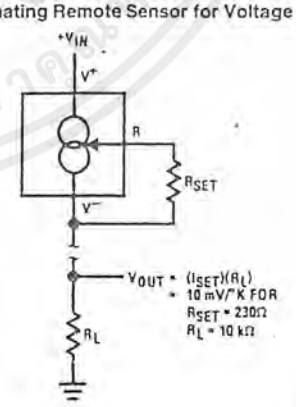
Ground Referred Fahrenheit Thermometer



TL/H/5697–15

*Select R3 = V_{REF}/583 μA. V_{REF} may be any stable positive voltage ≥ 2V
Trim R3 to calibrate

Terminating Remote Sensor for Voltage Output

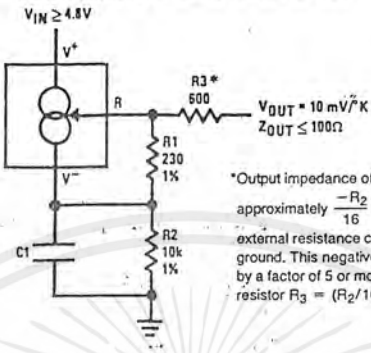


TL/H/5697–14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

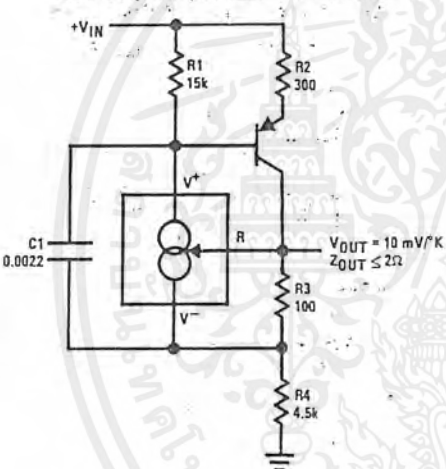
Low Output Impedance Thermometer



*Output impedance of the LM134 at the "R" pin is approximately $\frac{-R_2}{16}$ where R_2 is the equivalent external resistance connected from the V− pin to ground. This negative resistance can be reduced by a factor of 5 or more by inserting an equivalent resistor $R_3 = (R_2/16)$ in series with the output.

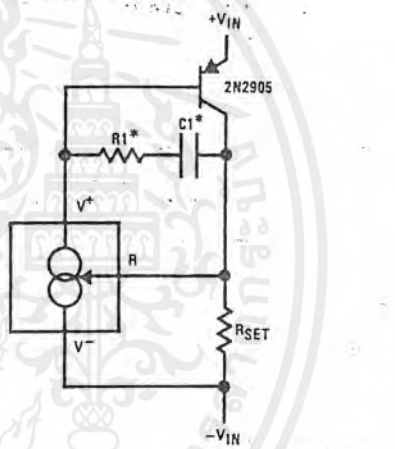
TL/H/5697–6

Low Output Impedance Thermometer



TL/H/5697–16

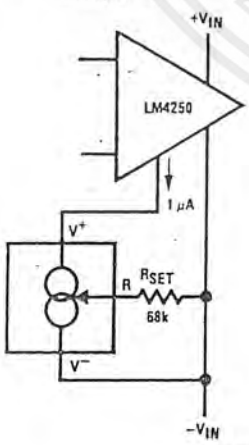
Higher Output Current



*Select R1 and C1 for optimum stability

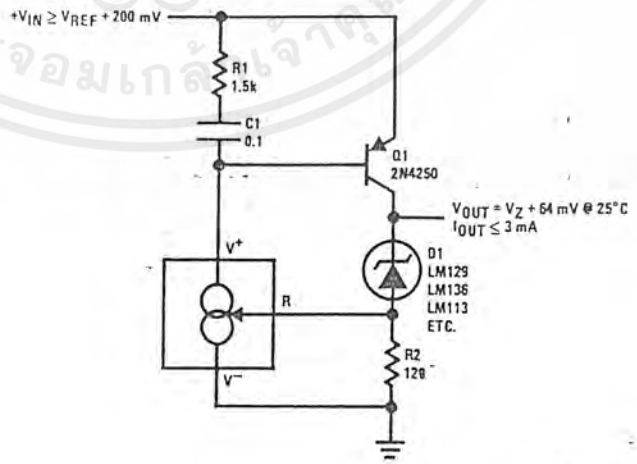
TL/H/5697–5

Micropower Bias



TL/H/5697–17

Low Input Voltage Reference Driver

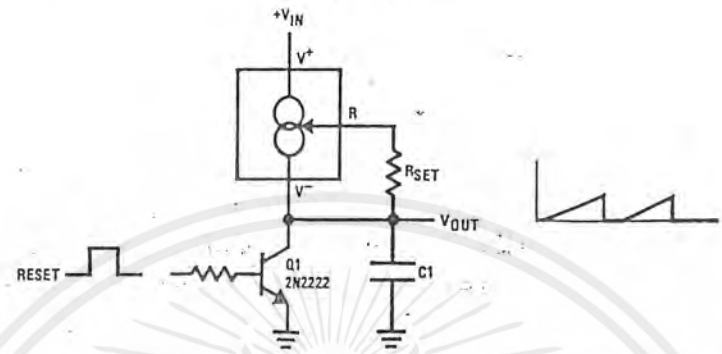


TL/H/5697–18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

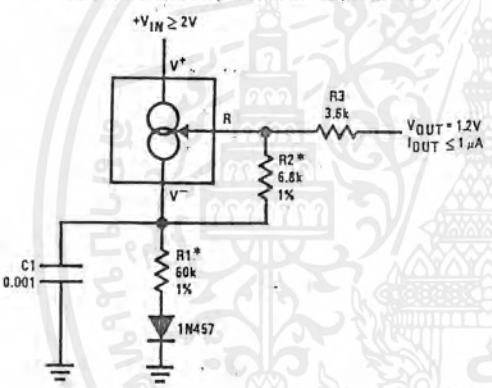
Typical Applications (Continued)

Ramp Generator



TL/H/5697–19

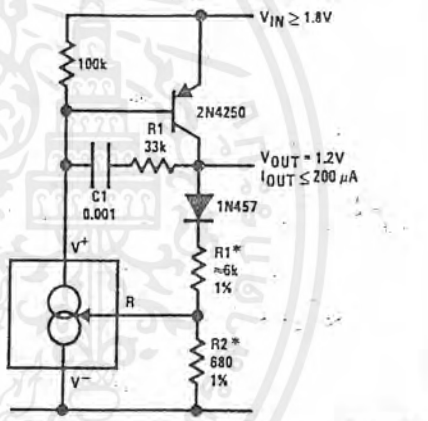
1.2V Reference Operates on 10 μA and 2V



TL/H/5697–20

*Select ratio of R1 to R2 to obtain zero temperature drift

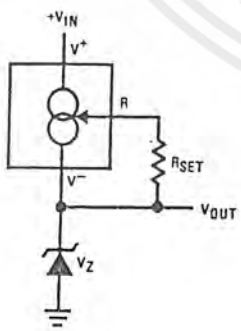
1.2V Regulator with 1.8V Minimum Input



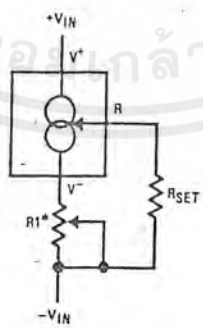
TL/H/5697–7

*Select ratio of R1 to R2 for zero temperature drift

Zener Biasing

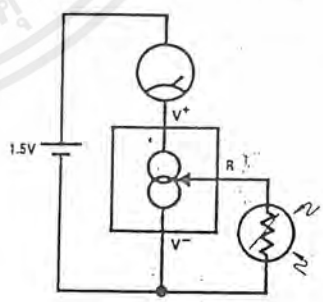


Alternate Trimming Technique



*For ±10% adjustment, select R_{SET} 10% high, and make R1 ≈ 3 R_{SET}

Buffer for Photoconductive Cell

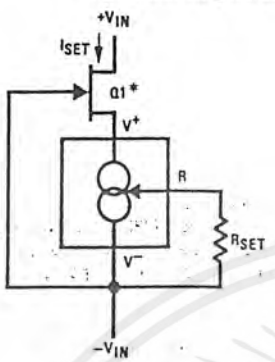


TL/H/5697–8

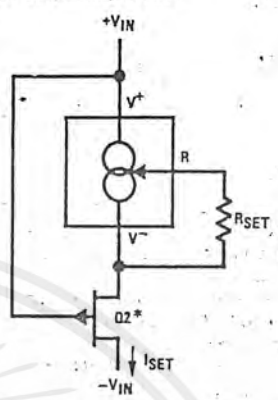
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

FET Cascoding for Low Capacitance and/or Ultra High Output Impedance



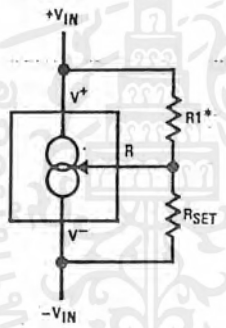
TL/H/5697-21



TL/H/5697-22

*Select Q1 or Q2 to ensure at least 1V across the LM134. $V_p\,(1 - I_{SET}/I_{DSS}) \geq 1.2V$.

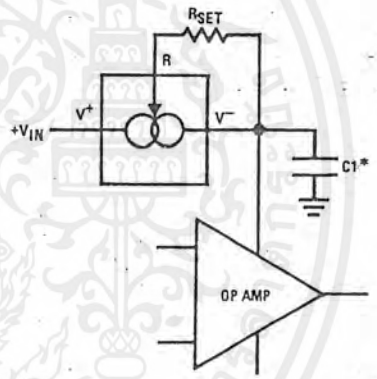
Generating Negative Output Impedance



TL/H/5697-23

*$Z_{OUT} \simeq -16 \cdot R1$ ($R1/V_{IN}$ must not exceed I_{SET})

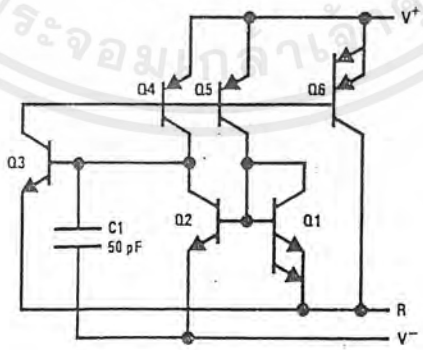
In-Line Current Limiter



TL/H/5697-9

*Use minimum value required to ensure stability of protected device. This minimizes inrush current to a direct short.

Schematic Diagram



TL/H/5697-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/°K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

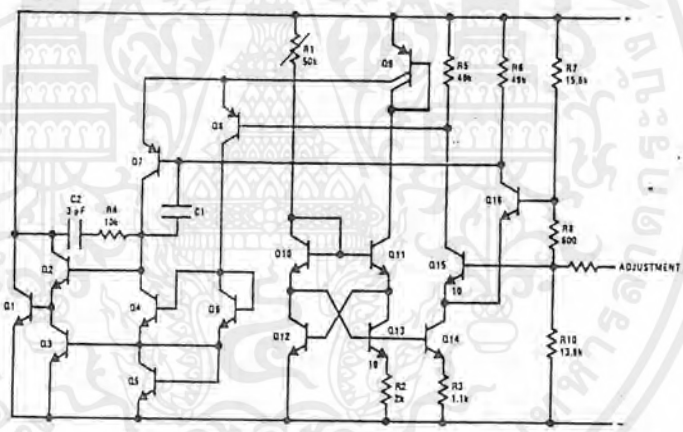
Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a −55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

The LM135 operates over a −55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a −40°C to +125°C temperature range. The LM335 operates from −40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in °Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

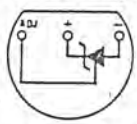
Schematic Diagram



TL/H/5698–1

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

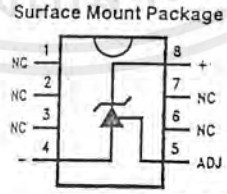


TL/H/5698–8

Bottom View

Order Number LM335Z or LM335AZ
See NS Package Number Z03A

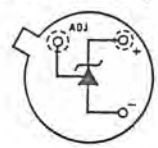
SO-8
Surface Mount Package



TL/H/5698–25

Order Number LM335M or LM335AM
See NS Package Number M08A

TO-46
Metal Can Package*



TL/H/5698–26

Bottom View

*Case is connected to negative pin

Order Number LM135H, LM135H-MIL, LM235H, LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH
See NS Package Number H03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 4)

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	−60°C to +180°C
TO-92 Package	−60°C to +150°C
SO-8 Package	−65°C to +150°C

Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	−55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	−40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	−40°C to +100°C	100°C to 125°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
TO-92 Package:	260°C
TO-46 Package:	300°C
SO-8 Package:	300°C
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Temperature Accuracy LM135/LM235, LM135A/LM235A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	T_C = 25°C, I_R = 1 mA	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	T_C = 25°C, I_R = 1 mA		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, I_R = 1 mA		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, I_R = 1 mA		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	I_R = 1 mA		0.3	0.5		0.3	1	°C

Temperature Accuracy LM335, LM335A (Note 1)

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	T_C = 25°C, I_R = 1 mA	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	T_C = 25°C, I_R = 1 mA		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, I_R = 1 mA		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, I_R = 1 mA		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{MAX}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	I_R = 1 mA		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

Electrical Characteristics (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	400 μA ≤ I_R ≤ 5 mA At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	I_R = 1 mA		0.5			0.6		Ω
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air 100 ft/Min Air Stirred Oil		80 10 1			80 10 1		sec sec sec
Time Stability	T_C = 125°C		0.2			0.2		°C/khr

Note 1: Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

Note 2: Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

Note 3: Thermal Resistance

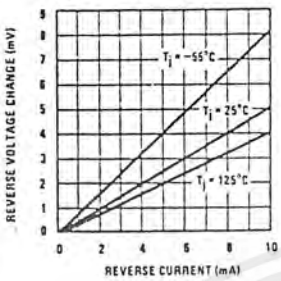
	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{JA} (junction to ambient)	202°C/W	400°C/W	165°C/W
θ_{JC} (junction to case)	170°C/W	N/A	N/A

Note 4: Refer to RETS135H for military specifications.

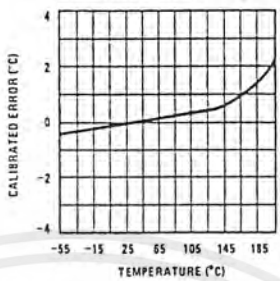
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

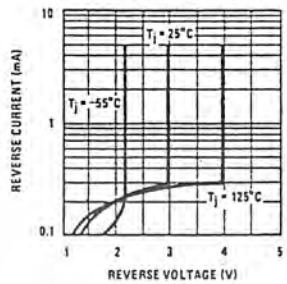
Reverse Voltage Change



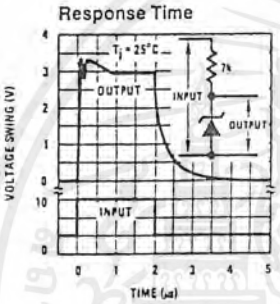
Calibrated Error



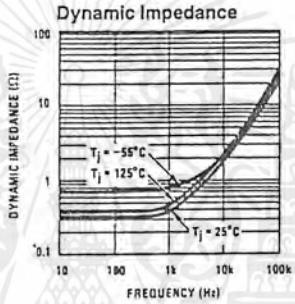
Reverse Characteristics



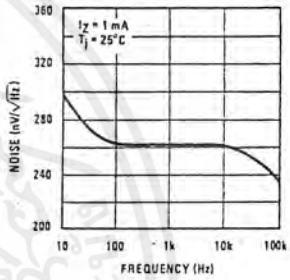
Response Time



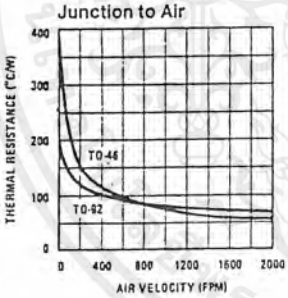
Dynamic Impedance



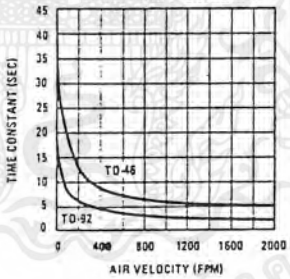
Noise Voltage



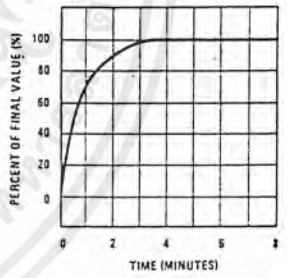
Thermal Resistance Junction to Air



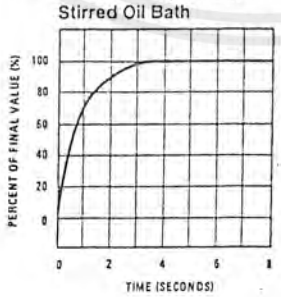
Thermal Time Constant



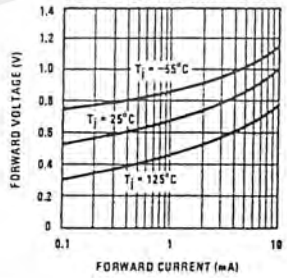
Thermal Response in Still Air



Thermal Response in Stirred Oil Bath



Forward Characteristics



TL/H/5698–3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

CALIBRATING THE LM135

Included on the LM135 chip is an easy method of calibrating the device for higher accuracies. A pot connected across the LM135 with the arm tied to the adjustment terminal allows a 1-point calibration of the sensor that corrects for inaccuracy over the full temperature range.

This single point calibration works because the output of the LM135 is proportional to absolute temperature with the extrapolated output of sensor going to 0V output at 0°K (−273. 15°C). Errors in output voltage versus temperature are only slope (or scale factor) errors so a slope calibration at one temperature corrects at all temperatures.

The output of the device (calibrated or uncalibrated) can be expressed as:

$$V_{OUT_T} = V_{OUT_{T_o}} \times \frac{T}{T_o}$$

where T is the unknown temperature and T_o is a reference temperature, both expressed in degrees Kelvin. By calibrating the output to read correctly at one temperature the output at all temperatures is correct. Nominally the output is calibrated at 10 mV/°K.

To insure good sensing accuracy several precautions must be taken. Like any temperature sensing device, self heating can reduce accuracy. The LM135 should be operated at the lowest current suitable for the application. Sufficient current, of course, must be available to drive both the sensor and the calibration pot at the maximum operating temperature as well as any external loads.

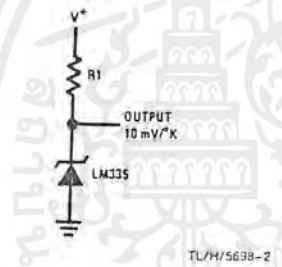
If the sensor is used in an ambient where the thermal resistance is constant, self heating errors can be calibrated out. This is possible if the device is run with a temperature stable current. Heating will then be proportional to zener voltage and therefore temperature. This makes the self heating error proportional to absolute temperature the same as scale factor errors.

WATERPROOFING SENSORS

Meltable inner core heat shrinkable tubing such as manufactured by Raychem can be used to make low-cost waterproof sensors. The LM335 is inserted into the tubing about ½" from the end and the tubing heated above the melting point of the core. The unfilled ½" end melts and provides a seal over the device.

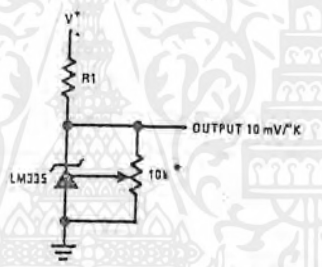
Typical Applications

Basic Temperature Sensor



TL/H/5698-2

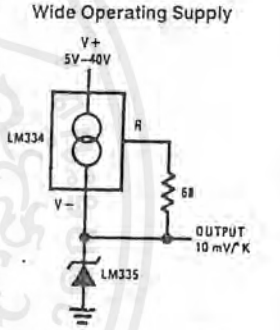
Calibrated Sensor



TL/H/5698-9

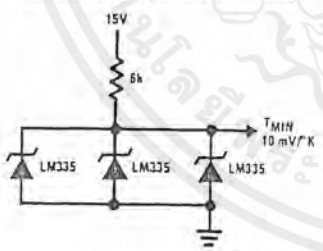
*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



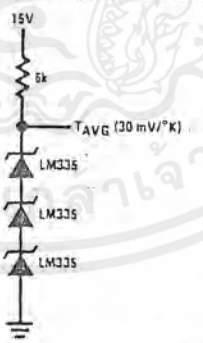
TL/H/5698-10

Minimum Temperature Sensing



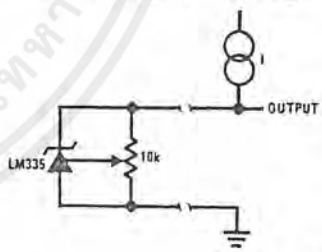
TL/H/5698-4

Average Temperature Sensing



TL/H/5698-18

Remote Temperature Sensing



TL/H/5698-19

Wire length for 1°C error due to wire drop

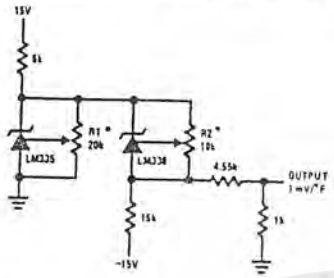
AWG	I_R = 1 mA FEET	I_R = 0.5 mA* FEET
14	4000	8000
16	2500	5000
18	1600	3200
20	1000	2000
22	625	1250
24	400	800

*For I_R = 0.5 mA, the trim pot must be deleted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

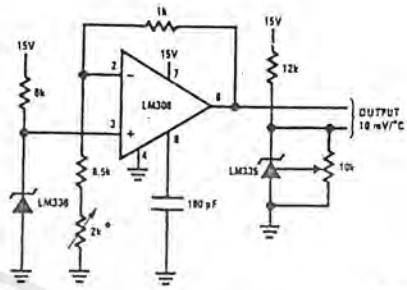
Ground Referred Fahrenheit Thermometer



TL/H/5698–22

*Adjust R2 for 2.554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

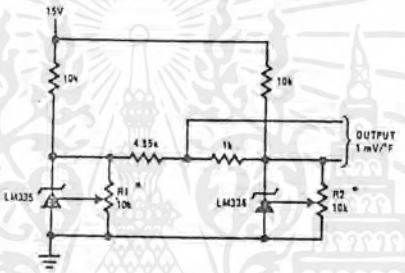
Centigrade Thermometer



TL/H/5698–23

*Adjust for 2.7315V at output of LM308

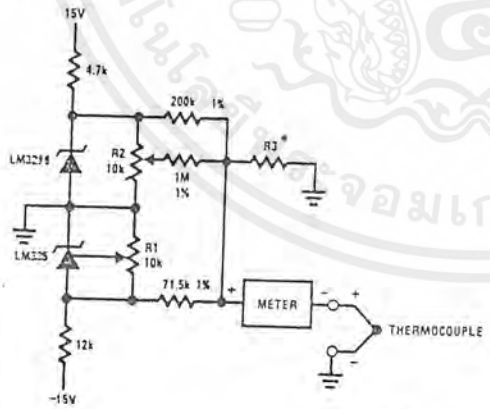
Fahrenheit Thermometer



TL/H/5698–24

*To calibrate adjust R2 for 2.554V across LM336.
Adjust R1 for correct output.

THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION
Compensation for Grounded Thermocouple



TL/H/5698–5

*Select R3 for proper thermocouple type

THERMOCOUPLE	R3 (±1%)	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

Adjustments: Compensates for both sensor and resistor tolerances

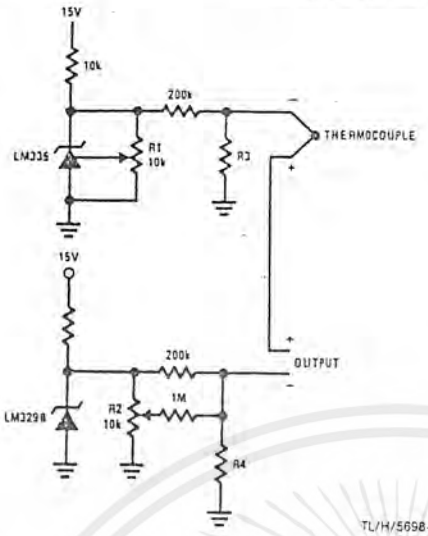
1. Short LM329B
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3.
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	−11.79 mV	S	1.768 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

Single Power Supply Cold Junction Compensation



TL/H/5698–11

*Select R3 and R4 for thermocouple type

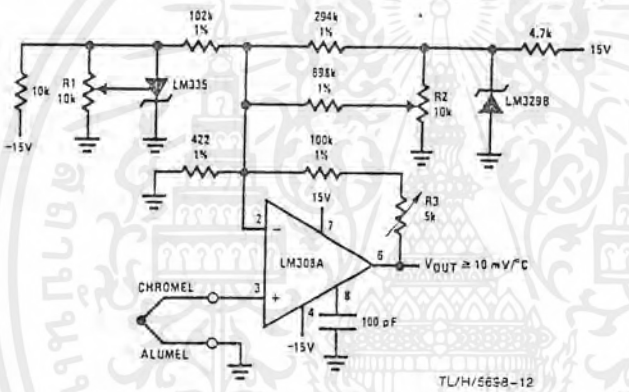
THERMOCOUPLE	R3	R4	SEEBECK COEFFICIENT
J	1.05K	385Ω	52.3 μV/°C
T	856Ω	315Ω	42.8 μV/°C
K	816Ω	300Ω	40.8 μV/°C
S	128Ω	46.3Ω	6.4 μV/°C

Adjustments:

1. Adjust R1 for the voltage across R3 equal to the Seebeck Coefficient times ambient temperature in degrees Kelvin.
2. Adjust R2 for voltage across R4 corresponding to thermocouple

J	14.32 mV
T	11.79 mV
K	11.17 mV
S	1.768 mV

Centigrade Calibrated Thermocouple Thermometer



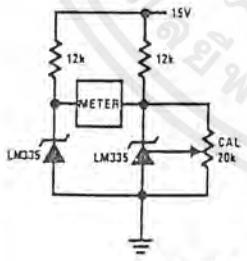
TL/H/5698–12

Terminate thermocouple reference junction in close proximity to LM335.

Adjustments:

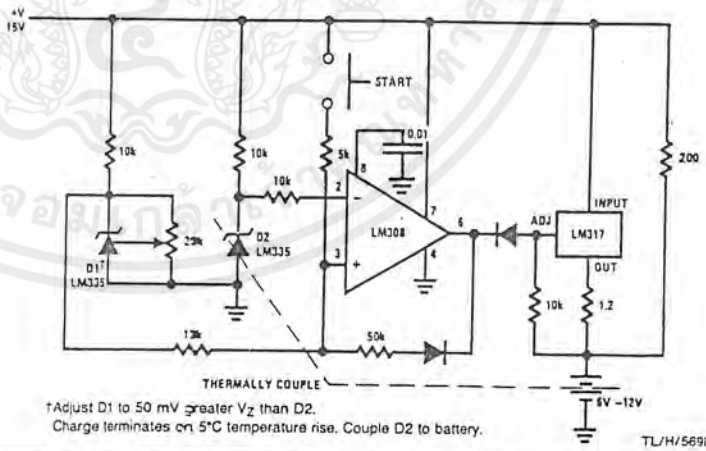
1. Apply signal in place of thermocouple and adjust R3 for a gain of 245.7.
2. Short non-inverting input of LM308A and output of LM329B to ground.
3. Adjust R1 so that V_{OUT} = 2.982V @ 25°C.
4. Remove short across LM329B and adjust R2 so that V_{OUT} = 246 mV @ 25°C.
5. Remove short across thermocouple.

Differential Temperature Sensor



TL/H/5698–7

Fast Charger for Nickel-Cadmium Batteries



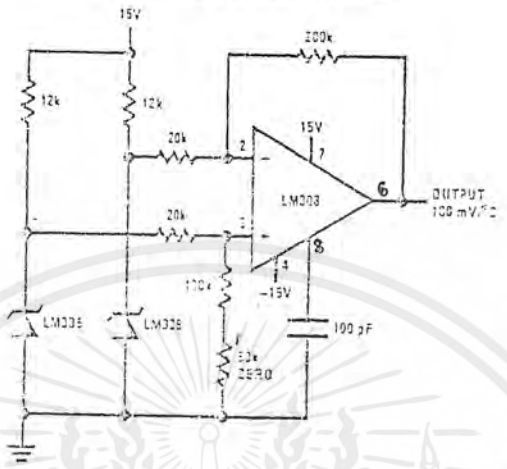
†Adjust D1 to 50 mV greater V_Z than D2.
Charge terminates on 5°C temperature rise. Couple D2 to battery.

TL/H/5698–13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

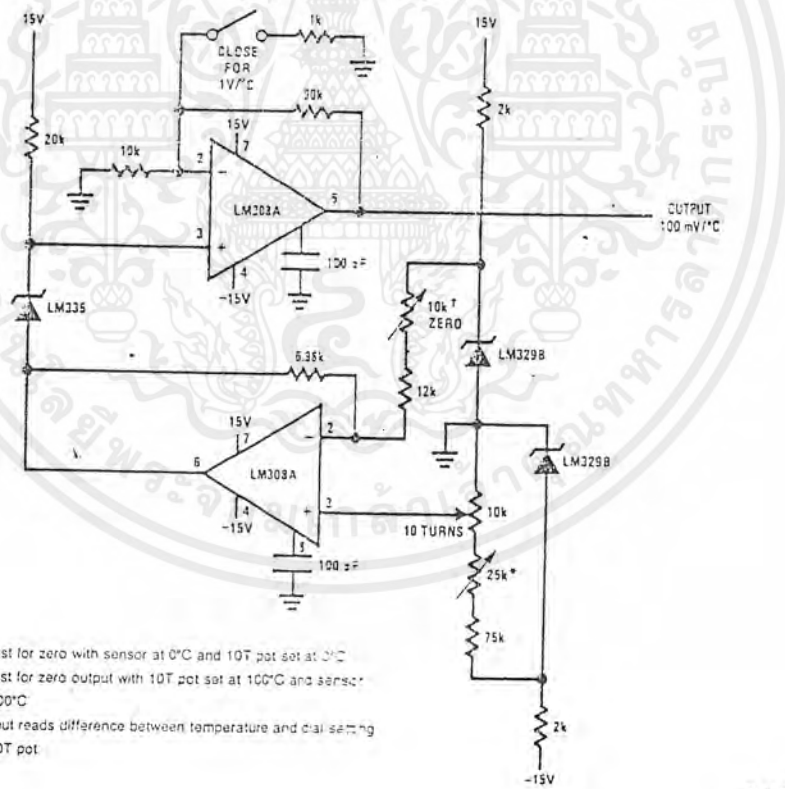
Typical Applications (Continued)

Differential Temperature Sensor



TL/H/5698–14

Variable Offset Thermometer[4]



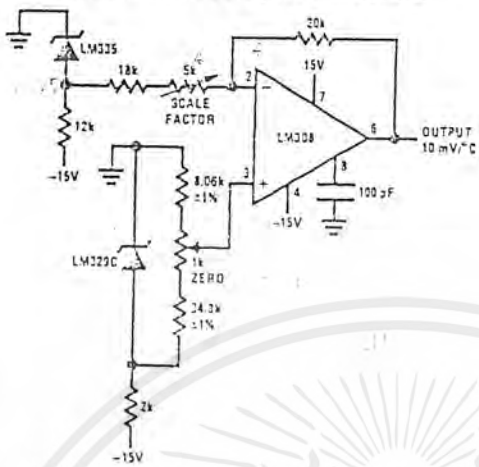
[3]Adjust for zero with sensor at 0°C and 10T pot set at 0°C.
[4]Adjust for zero output with 10T pot set at 100°C and sensor at 100°C.
[5]Output reads difference between temperature and dial setting of 10T pot.

TL/H/5698–15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

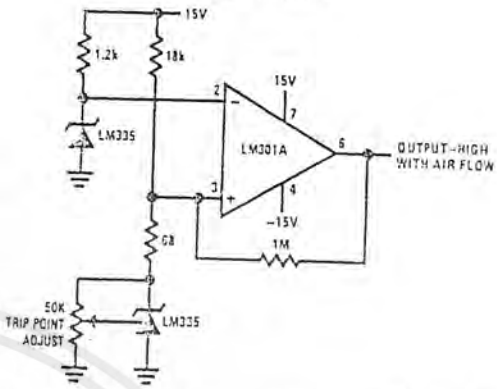
Typical Applications (Continued)

Ground Referred Centigrade Thermometer



TL/H/5698–16

Air Flow Detector*



TL/H/5698–17

*Self heating is used to detect air flow

Definition of Terms

Operating Output Voltage: The voltage appearing across the positive and negative terminals of the device at specified conditions of operating temperature and current.

Uncalibrated Temperature Error: The error between the operating output voltage at 10 mV/°K and case temperature at specified conditions of current and case temperature.

Calibrated Temperature Error: The error between operating output voltage and case temperature at 10 mV/°K over a temperature range at a specified operating current with the 25°C error adjusted to zero.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

ADC0808/ADC0809 8-Bit μP Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

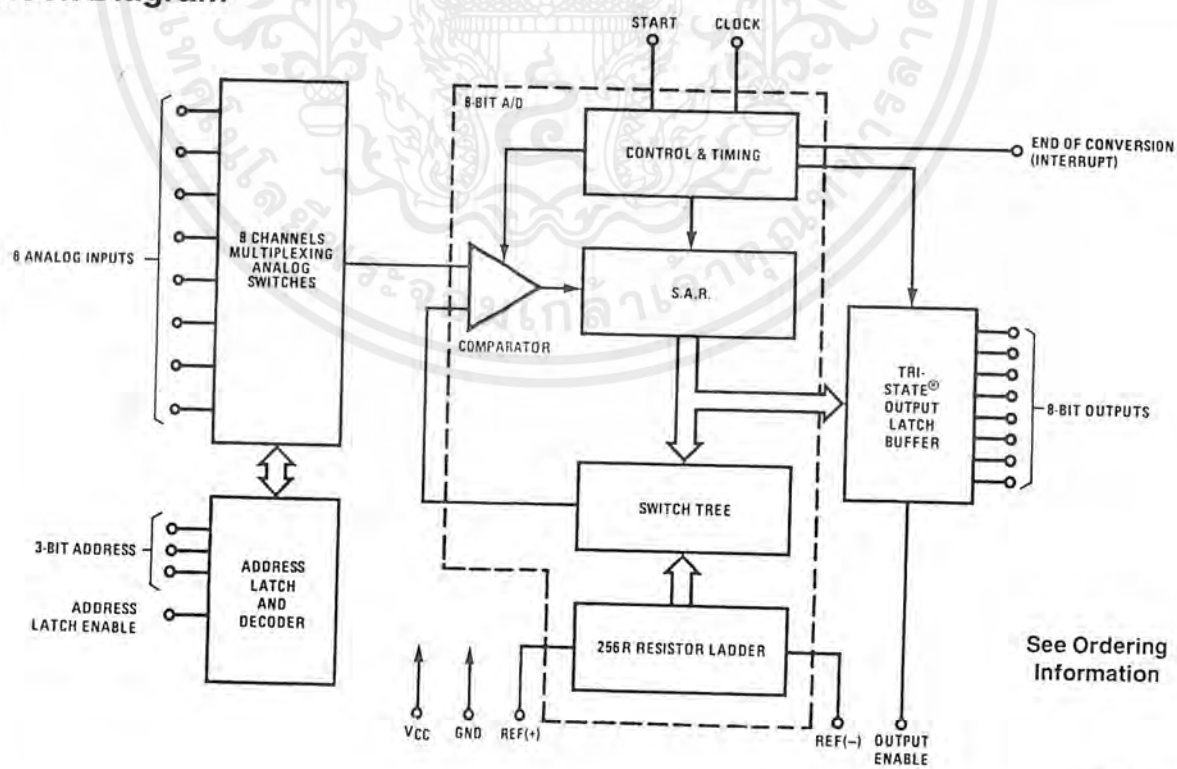
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

Resolution	8 Bits
Total Unadjusted Error	±½ LSB and ±1 LSB
Single Supply	5 V_{DC}
Low Power	15 mW
Conversion Time	100 μs

Block Diagram



See Ordering Information

TL/H/5672–1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	−0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	−0.3V to +15V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A = 25°C	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	400V

Operating Conditions (Notes 1 & 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A$
ADC0808CJ	$-55°C \le T_A \le +$
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	$-40°C \le T_A \le$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	$-40°C \le T_A \le$
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6

Electrical Characteristics

Converter Specifications: V_{CC} = 5 V_{DC} = V_{REF+}, $V_{REF(-)}$ = GND, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ and f_{CLK} = 640 kHz unless oth stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max
	ADC0808				
	Total Unadjusted Error	25°C			±½
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±¾
	ADC0809				
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			±1
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±1¼
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5	
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND−0.10		V_{CC}+0.10
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	V_{CC}+0.1
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V_{CC}/2-0.1	V_{CC}/2	V_{CC}/2+0.1
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(−)	−0.1	0	
I_{IN}	Comparator Input Current	f_c = 640 kHz, (Note 6)	−2	±0.5	2

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V_{CC} ≤ 5.5V, −55°C ≤ T_A ≤ +125°C unless otherwis ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75 ≤ V_{CC} ≤ 5.25V, −40°C ≤ T_A ≤ + less otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max
ANALOG MULTIPLEXER					
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 5V, T_A = 25°C		10	200
		T_{MIN} to T_{MAX}			1.0
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0, T_A = 25°C	−200	−10	
		T_{MIN} to T_{MAX}	−1.0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ, $4.5V \le V_{CC} \le 5.5V$, $-55°C \le T_A \le +125°C$ unless otherwise noted ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40°C \le T_A \le +85°C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15V$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640$ kHz		0.3	3.0	mA
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360\ \mu A$	$V_{CC}-0.4$			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O=1.6$ mA			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O=1.2$ mA			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	$V_O=5V$ $V_O=0$	 -3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications $V_{CC}=V_{REF(+)}=5V$, $V_{REF(-)}=GND$, $t_r=t_f=20$ ns and $T_A=25°C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	*(Figure 5)*		100	200	ns
t_S	Minimum Address Set-Up Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	*(Figure 5)*		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S=0\Omega$ *(Figure 5)*		1	2.5	μS
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	$C_L=50$ pF, $R_L=10$k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	$C_L=10$ pF, $R_L=10$k *(Figure 8)*		125	250	ns
t_C	Conversion Time	$f_C=640$ kHz, *(Figure 5)* (Note 7)	90	100	116	μS
f_C	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	*(Figure 5)*	0		$8+2\ \mu S$	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs, (Note 12)		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless othewise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC}n supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See *Figure 3*. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See *Figure 13*.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence *(Figure 6)*. See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

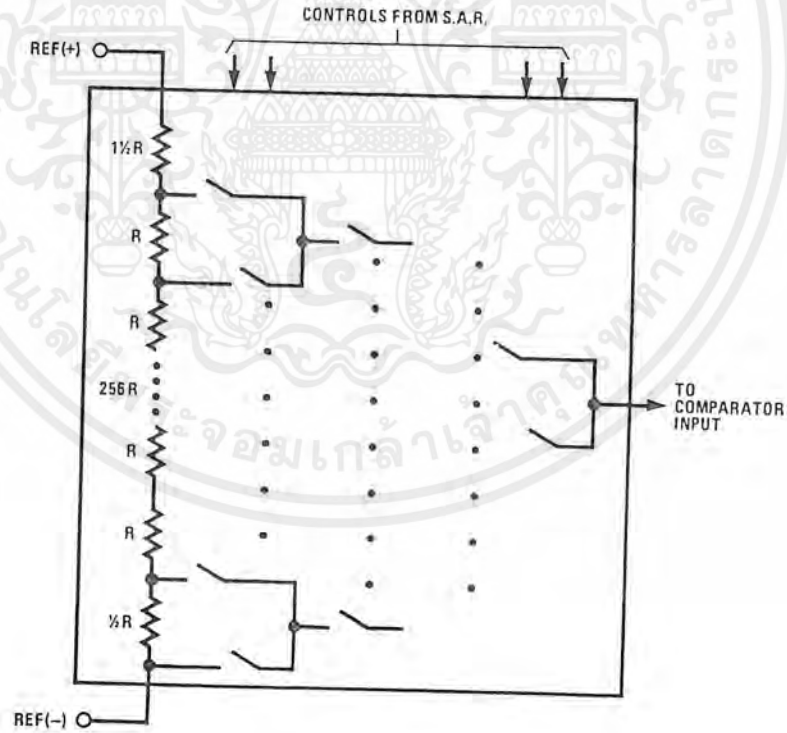
The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach *(Figure 1)* was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in *Figure 1* are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+\frac{1}{2}$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. *Figure 2* shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.



TL/H/5672–2

FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed throught a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

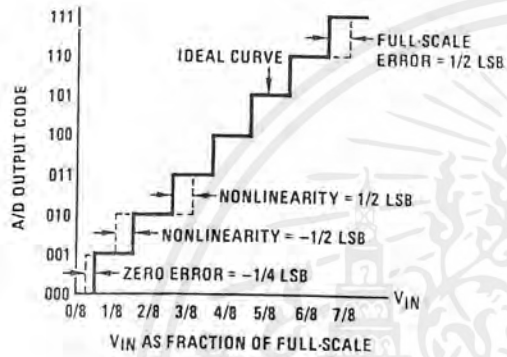


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

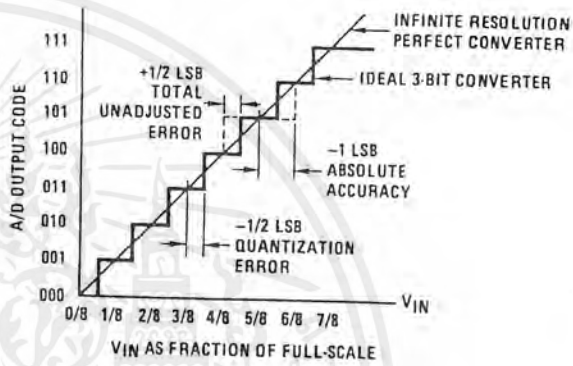
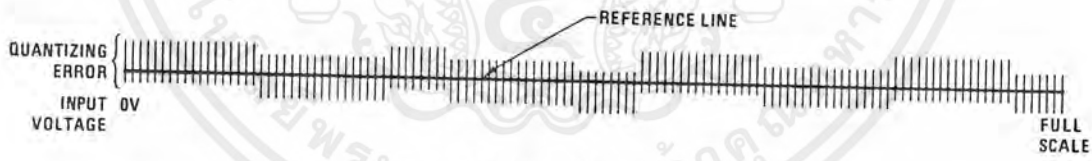


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve



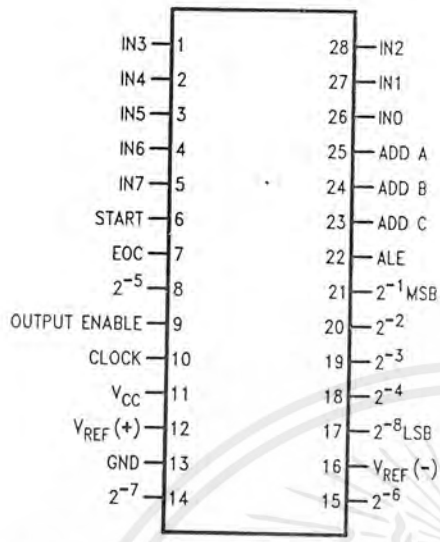
TL/H/5672–3

FIGURE 4. Typical Error Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

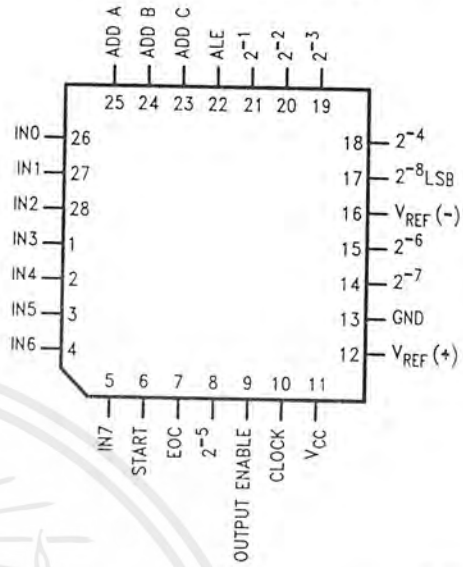
Dual-In-Line Package



TL/H/5672–11

Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN,
ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

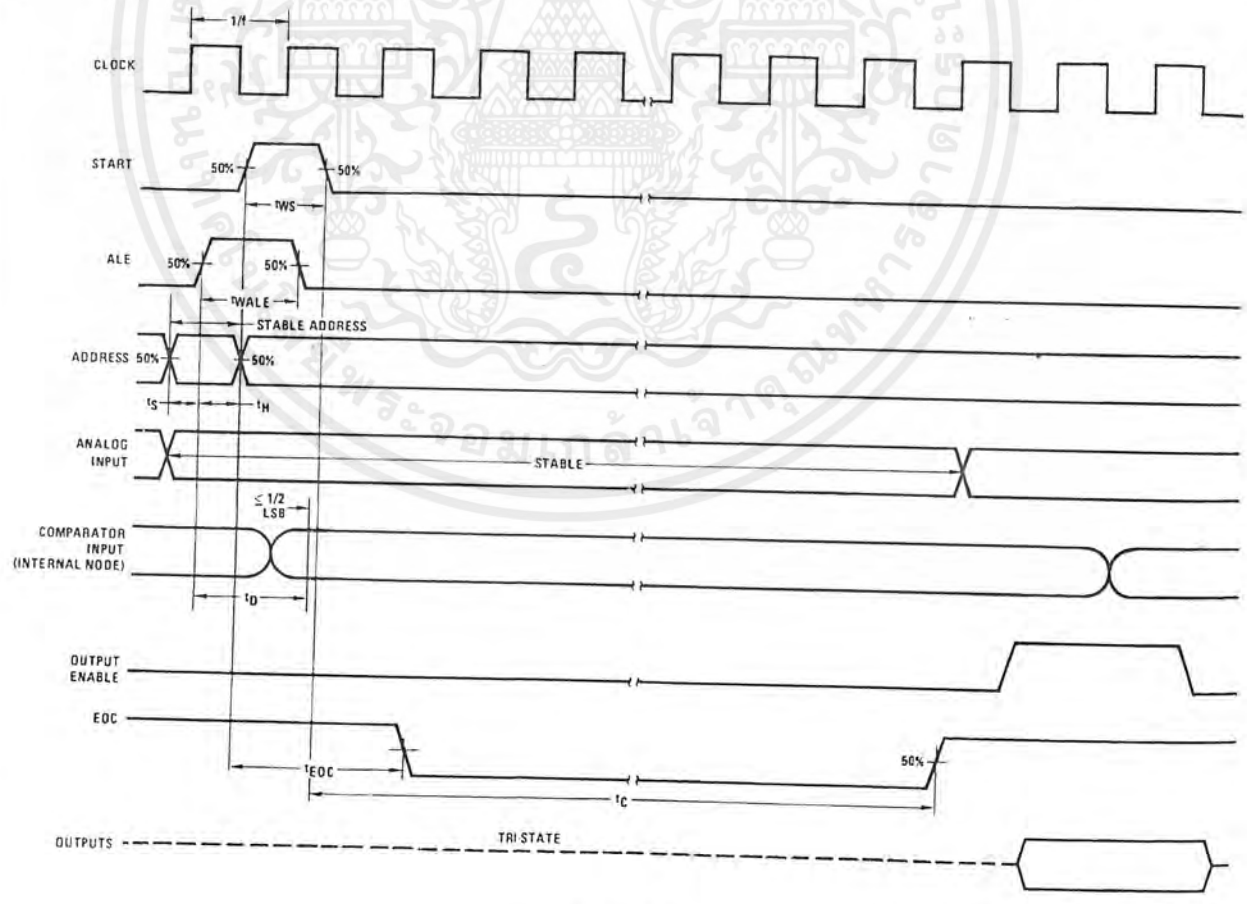
Molded Chip Carrier Package



TL/H/5672–12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram



TL/H/5672–

FIGURE 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

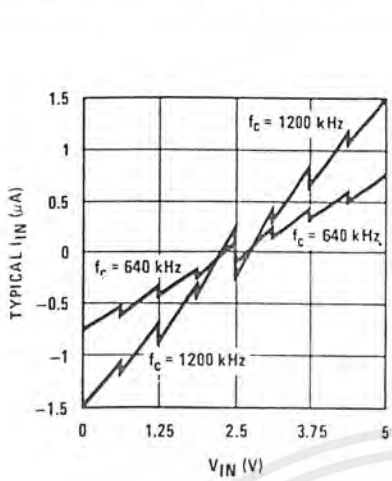
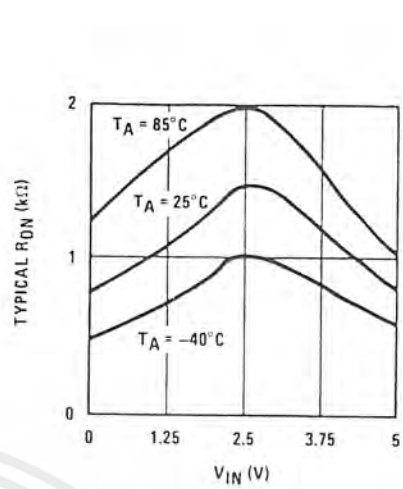


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

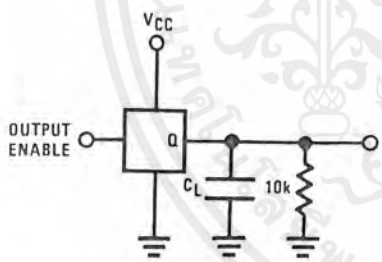


TL/H/5672–5

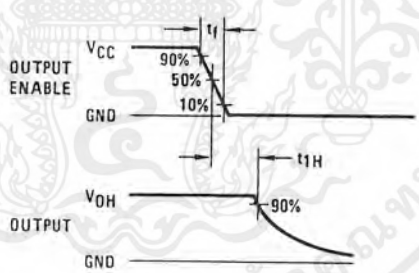
FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} ($V_{CC} = V_{REF} = 5V$)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

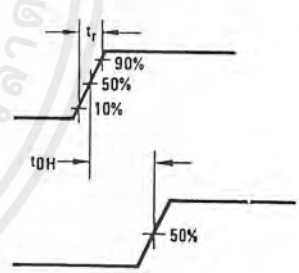
t_{1H}, t_{H1}



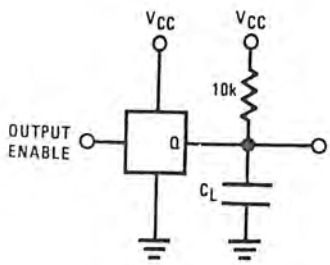
t_{1H}, C_L = 10 pF



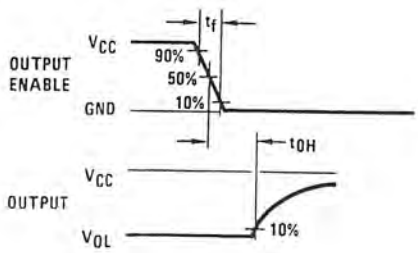
t_{H1}, C_L = 50 pF



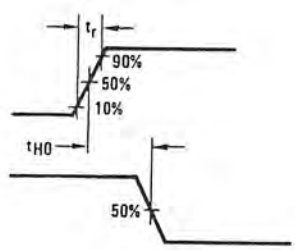
t_{0H}, t_{H0}



t_{0H}, C_L = 10 pF



t_{H0}, C_L = 50 pF



TL/H/5672–6

FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs}-V_Z}=\frac{D_X}{D_{MAX}-D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} = Input voltage into the ADC0808

V_{fs} = Full-scale voltage

V_Z = Zero voltage

D_X = Data point being measured

D_{MAX} = Maximum data limit

D_{MIN} = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, *(Figure 9)*.

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(−), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

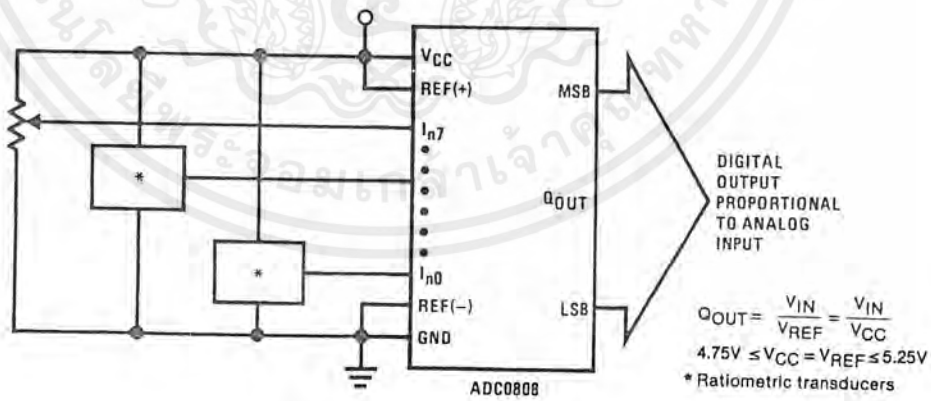


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In *Figure 11* a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in *Figure 12*. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In *Figure 13*, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

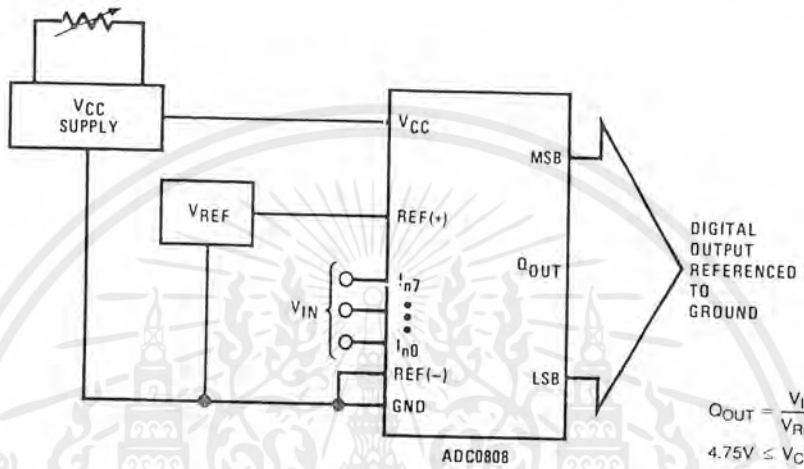


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

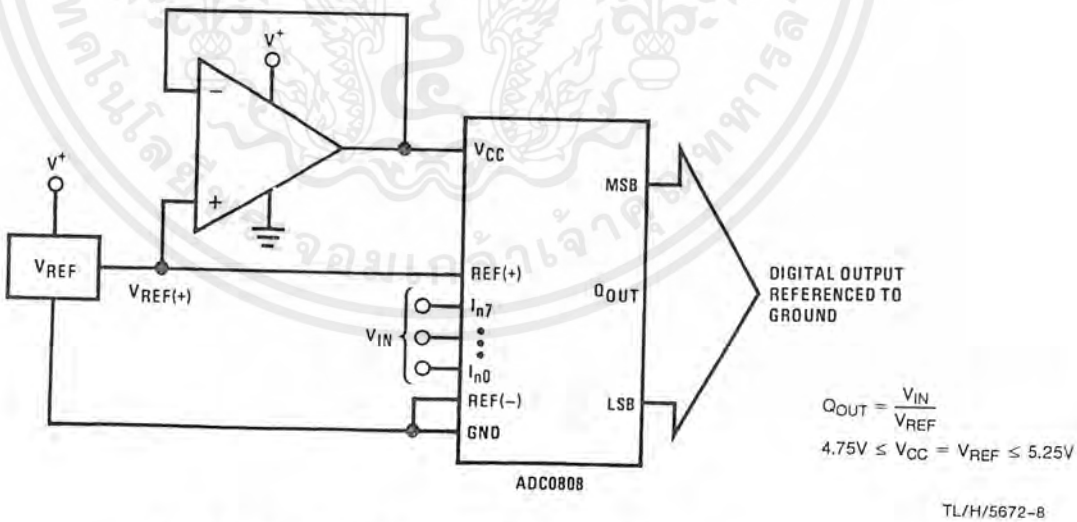


FIGURE 11: Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

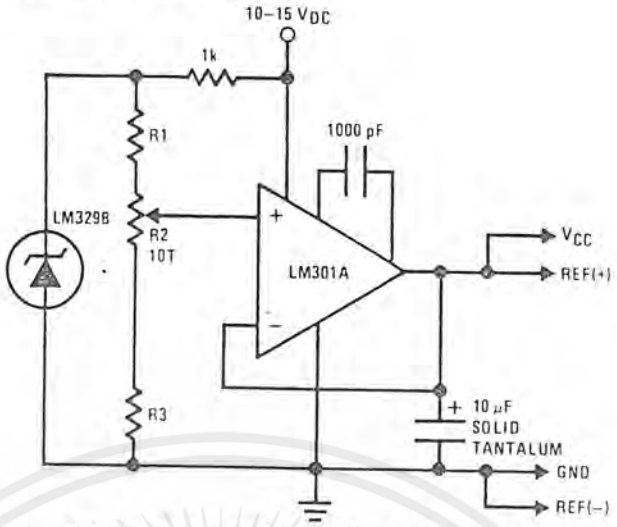
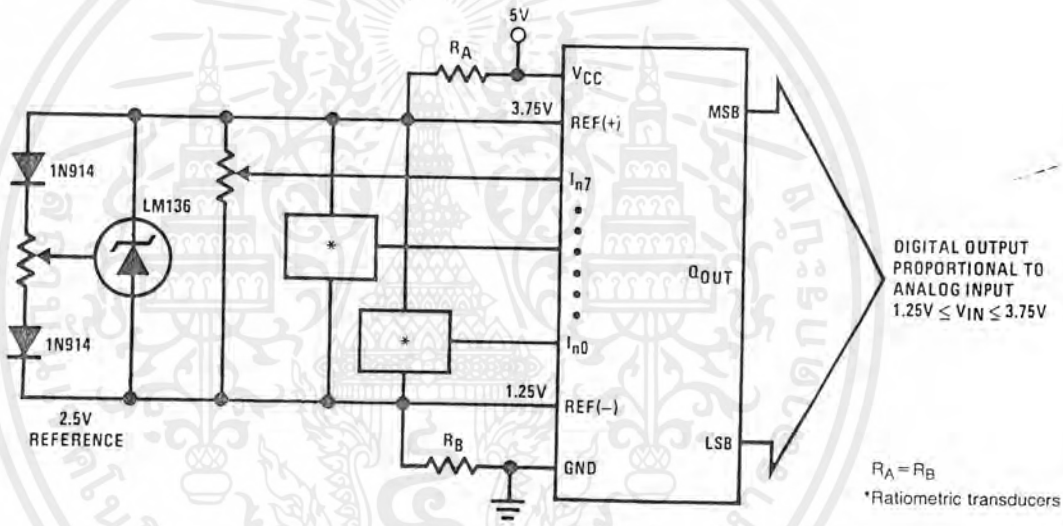


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



TL/H/5672–9

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N + 1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

where: V_{IN} = Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$ = Voltage at Ref(+)

$V_{REF(-)}$ = Voltage at Ref(−)

V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)} \div 512$)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

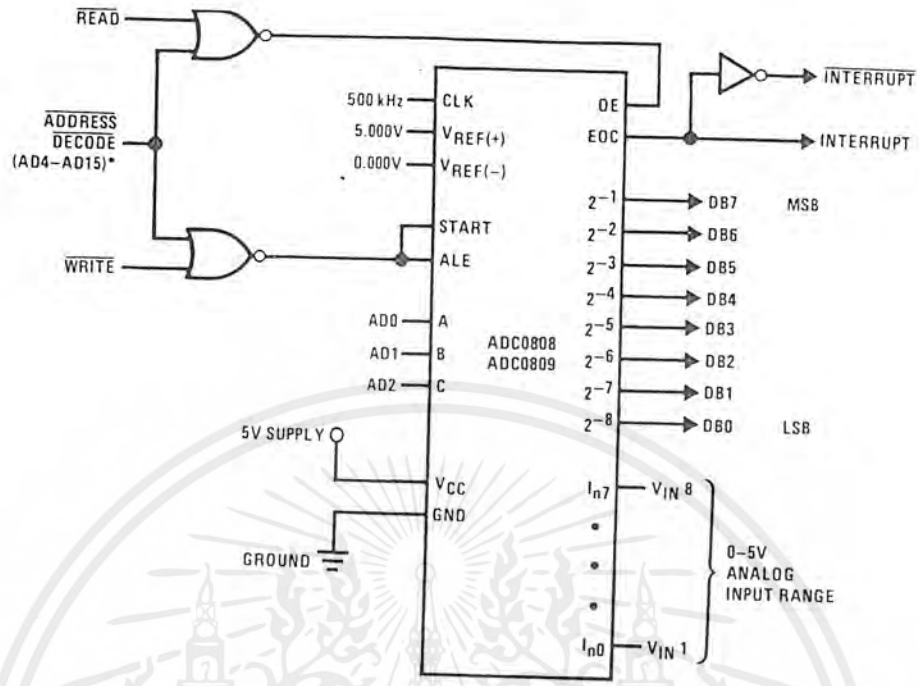
The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in *Figure 6*.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application



TL/H/5672–10

*Address latches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA•φ2•R/W	VMA•φ•R/W	IRQA or IRQB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		−40°C to +85°C			−55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้