สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM

T055778

โดย

อดุลย์ เครือแก้ว

อุเทน บุญเฉียม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่ 55778

เลขทะเบียน 25 พ.ค. 2548

วัน,เดือน,ปี

b

i

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM

โดย

อดุลย์ เครือแก้ว 44015262

อุเทน บุญเลียม 44015267

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ผู้จัดทำ

อดุลย์ เครือแก้ว เลขประจำตัว 44015262

อุเทน บุญเลียม เลขประจำตัว 44015267

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM

อดุลย์ เครือแก้ว เลขประจำตัว 44015262

อุเทน บุญเลียม เลขประจำตัว 44015267

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

อดุลย์ เครือแก้ว 44015262
อุเทน บุญเลียม 44015267
อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการพัฒนาระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เซนเซอร์ 2 ตัวคือ เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น ค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากเซนเซอร์ จะถูกส่งเข้าไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่1 เพื่อให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่1ประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผล คือส่วน แอลซีดีโมดูล และส่งข้อมูลส่วนหนึ่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่2 ที่ใช้เป็นส่วนควบคุม ในส่วนควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่2 จะรับค่ามาจาก 2 ส่วน คือ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่1และจากคีย์สวิตช์ซึ่งถูกป้อนค่าที่ต้องการควบคุมเอาไว้ แล้วนำมาประมวลผลแล้วนำผลการประมวลไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุม เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิและความชื้นตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM

Adool kruekaew

Uten boonliam

Mr. Polsart lertprasert

(Advisor)

Academic year 2003

ABSTRACT

This project has been developed for Temperature and Humidity control . Temperature sensor and Humidity sensor are used for this task. Values of temperature and humidity which measured from sensor are sent to microcontroller 1 . Microcontroller1 is sent data to LCD module . When data from microcontroller 1 arrived to LCD module. LCD module will change data code from microcontroller 1 to digital number. In control section. Microcontroller2 receive data from two way. From key switch and from Microcontroller 1. Two data are compared by microcontroller 2 . Next microcontroller 2 send control signal to control circuit for adjust values of temperature and humidity to expect values.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ส่วนหนึ่งเพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงงานที่คอยแนะนำแก้ไขปัญหาต่างๆ รวมถึงเพื่อนร่วมห้องตลอดจนบุคคลอื่นที่ช่วยเหลือเรื่อง เครื่องมือ อุปกรณ์ที่จำเป็น และอื่น ๆ ที่ไม่สามารถกล่าวได้หมด ต้องขอขอบพระคุณอย่างสูง หากไม่มีบุคคลเหล่านี้แล้วการทำโครงงานนี้คงไม่สำเร็จลุล่วงได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทคัดย่อ		I
Abstract		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์	4
บทที่ 3	การออกแบบและการสร้าง	
	3.1 การออกแบบวงจรส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ	24
	3.2 การออกแบบวงจรส่วนตรวจวัดความชื้น	25
	3.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	27
	3.4 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนวัด	27
	3.5 การออกแบบส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนควบคุม	28
	3.6 การออกแบบส่วนแสดงผล	29
	3.7 การออกแบบส่วนตัดต่อไฟ 220 V	29
	3.8 การออกแบบภาคจ่ายไฟ	30
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	
	4.1 ผลการทดลองการทำงานของส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ	33
	4.2 ผลการทดลองการทำงานของส่วนตรวจวัดความชื้น	35
	4.3 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	37
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์ แนวทางการพัฒนาระบบ	39
	บรรณานุกรม	41
	ภาคผนวก	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

อุณหภูมิและความชื้น ค่อนข้างเป็นปัจจัยที่สำคัญในโลกยุคปัจจุบันและในอนาคต โดยมีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ และมีผลในด้านอื่นๆอีกมากมาย ด้วยเหตุนี้ถ้าหากว่าเราสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ ก็จะทำให้เราสามารถควบคุมผลกระทบต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากการที่อุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงได้

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พืชผลทางการเกษตรแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิและความชื้นที่แตกต่างกัน บางชนิดปลูกได้ในหลายพื้นที่ แต่หลายๆชนิดสามารถปลูกได้เฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเท่านั้น ซึ่งพื้นที่ๆปลูกได้นั้นมีอุณหภูมิและความชื้นที่ตรงตามความต้องการของพืชนั้นๆ จะเห็นได้ว่าถ้าหากเราสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ จะทำให้เราสามารถปลูกพืชผลทางการเกษตรได้ในหลายๆพื้นที่ได้ถึงแม้ว่าสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้นๆจะไม่เหมาะสมก็ตาม

นอกจากนี้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น การผสมเทียมสัตว์ต่างๆ จะต้องมีการเก็บเชื้อไว้เป็นเวลานาน ซึ่งเก็บไม่ได้ในอุณหภูมิห้องปกติเพราะเชื้อจะตาย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างตู้เก็บที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่อยู่ที่ค่าใดค่าหนึ่งได้ ที่เหมาะสมกับสารหรือเชื้อนั้นๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมาก และโครงงานนี้ก็สามารถประยุกต์ใช้เพื่อจุดประสงค์นั้นได้

โครงงานนี้จึงได้ทำการสร้างระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นขึ้นมา โดยแสดงผลให้ผู้ควบคุมได้ทราบทางจอ LCD และ Seven segment และควบคุมโดยการป้อนค่าผ่านทาง Key switch

1.2 วัตถุประสงค์

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ
2 เพื่อออกแบบระบบวัดอุณหภูมิและความชื้น
3 เพื่อออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

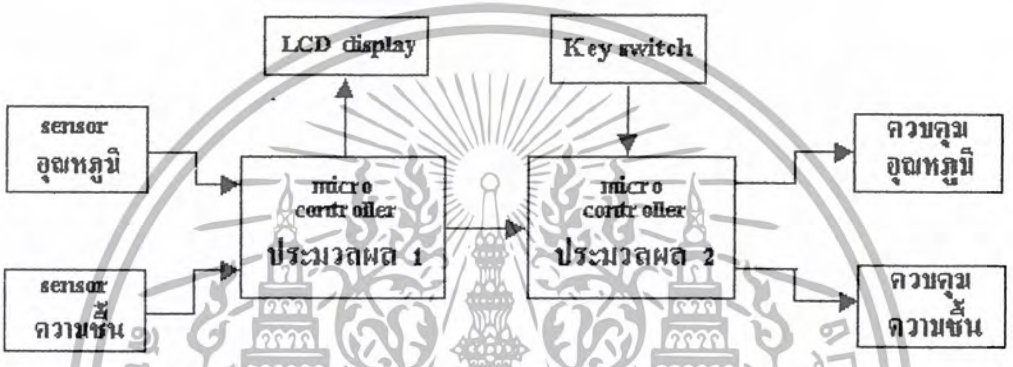
1.3 แนวคิดและขอบเขตของโครงงาน

ระบบประกอบด้วยส่วนเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นซึ่งจะทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยทำงานร่วมกับวงจรอินเตอร์เฟส แล้วส่งค่ามายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล แล้วส่งค่ามาแสดงผลยังหน้าจอ LCD เพื่อให้รู้ถึงค่าของอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ ณ เวลานั้นๆ และค่าของข้อมูลส่วนหนึ่งจะถูกส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับค่าที่ต้องการควบคุม โดยค่าที่ต้องการควบคุมถูกป้อนค่าผ่านทางคีย์สวิตซ์ โดยถ้าหากว่าค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่ต้องการควบคุมจะกำหนดให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นทำงาน และเมื่ออุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้มีค่าตรงกับค่าที่ตั้งไว้ ก็จะสั่งให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นหยุดทำงาน ตามแนวคิดดังกล่าวสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

บล็อกไดอะแกรมพื้นฐานของระบบ



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

1.4 ระยะเวลาในการทำโครงงาน

โครงงานนี้แบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นการทำงานในส่วนของ การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น ได้แก่ส่วนของการเซนเซอร์ ทั้งอุณหภูมิและความชื้น โดยจะแสดงผลทาง LCD Display

ในส่วนที่ 2 จะนำข้อมูลที่วัดได้มาจากส่วนวัดมาทำการเปรียบเทียบกับค่าของข้อมูลที่ป้อนทางคีย์สวิตซ์แล้วประมวลผล เพื่อเป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมทั้งในส่วนของอุณหภูมิและความชื้นให้ทำงานหรือไม่ทำงาน เพื่อให้ได้ค่าของอุณหภูมิและความชื้นเป็นไปตามความต้องการ

1.5 คุณสมบัติโดยทั่วไปของโครงงาน

1. ทำการเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น
2. ใช้ mcs 51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน
3. แสดงผลทางจอ LCD และ SEVEN SEGMENT
4. ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยป้อนค่าผ่านทาง KEY SWITCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 โครงสร้างของเนื้อหาของโครงงาน

รายละเอียดของโครงงานแบ่งเป็นเนื้อหาในส่วนต่างๆดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง แนวคิด ที่มา วัตถุประสงค์ คุณสมบัติทั่วไป ระยะเวลาในการทำโครงงาน โครงสร้างโดยรวมและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงาน

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานนี้

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบและการสร้างระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุป วิจารณ์ผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาระบบ

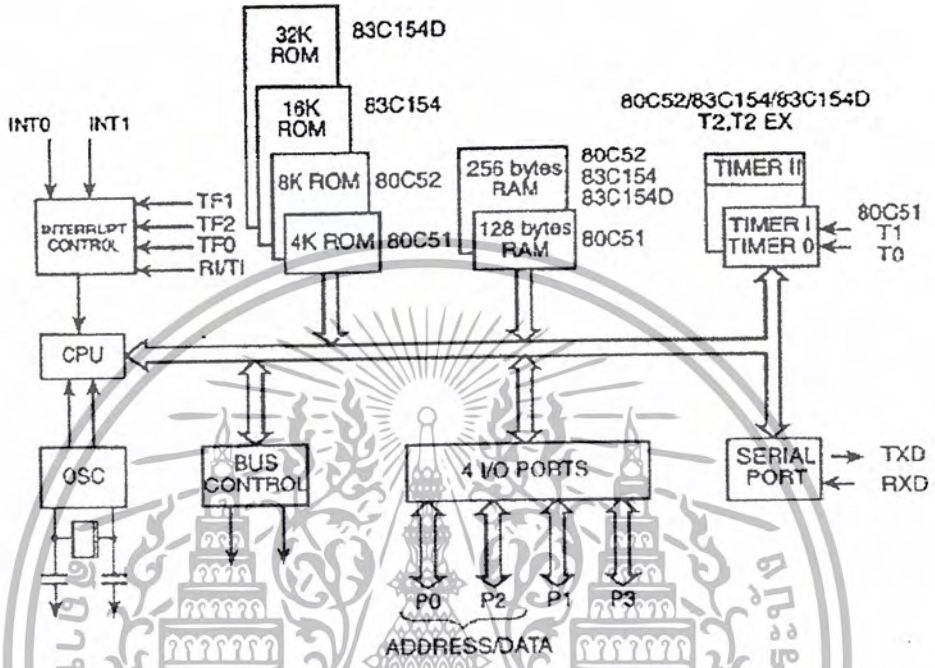
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ
2. สามารถออกแบบระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อใช้งานได้
3. สามารถพัฒนาระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นโดยต้นทุนลดลง
4. เป็นข้อมูลสนับสนุนการวิจัยพัฒนาของผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51 จะมีดังนี้

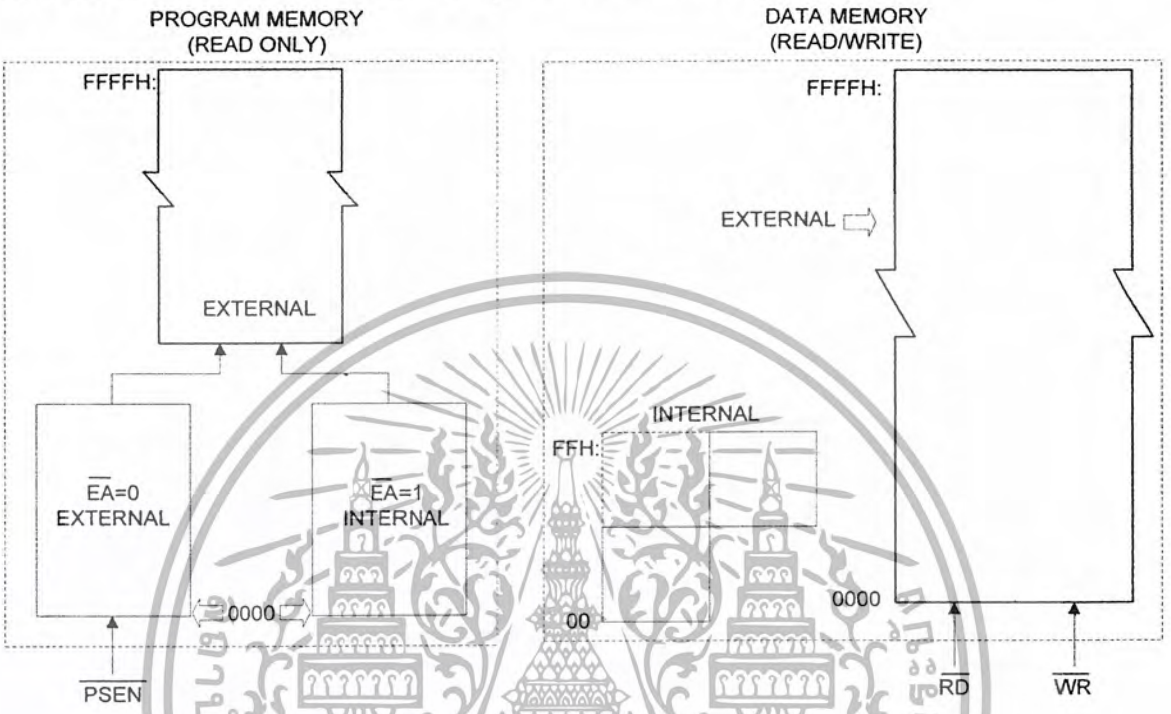
- มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
- มีหน่วยความจำ โปรแกรม 4K ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ โปรแกรม ได้ถึง 64K
- มีหน่วยความจำ ข้อมูล (RAM) 128 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำ ข้อมูล ได้ถึง 64K
- มี Port ที่เป็นได้ทั้ง I / O ทั้งหมด 4 port และสามารถใช้งานได้ในระดับ BIT
- มีส่วน Timer / Counter ขนาด 16 Bit สองชุด สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
- มี Full duplex UART สำหรับใช้ รับ/ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม รับ Interrupt ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยมี 5 ตำแหน่งของ ISR และการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีตัวกำเนิดความถี่ Clock ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

Logical separation of program and data memory

สำหรับ Microcontroller MCS-51 นั้นถูกออกแบบมาให้ มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Op-code) และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่แยกออกจากกันดังรูป

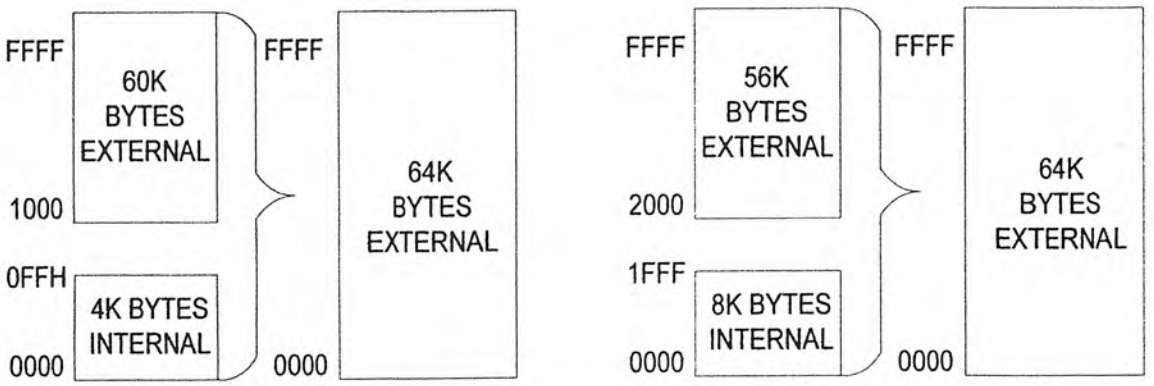


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของหน่วยความจำใน MCS-51

การออกแบบของ Data memory ที่แยกออกมานี้ จะทำให้สามารถเรียกใช้งานได้โดยใช้ Address เพียง 8 Bit เท่านั้น ซึ่งจะทำได้อย่างรวดเร็วใน CPU ที่เป็น 8 Bit แต่การใช้ Address เพียง 8 Bit นี้ จะทำให้อ้างถึงตำแหน่งของหน่วยความจำได้เพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น (00h – FFh) ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการอ้างถึงตำแหน่งของ Internal Data Memory อย่างไรก็ดีการอ้างถึงตำแหน่ง Data memory โดยใช้ Address แบบ 16 Bit สำหรับ External data memory ก็สามารถทำได้ โดยใช้ DPTR: Data pointer (Data memory address register)

ส่วนของ Program memory จะเป็นหน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว และสามารถมีได้ทั้งหมด 64K ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

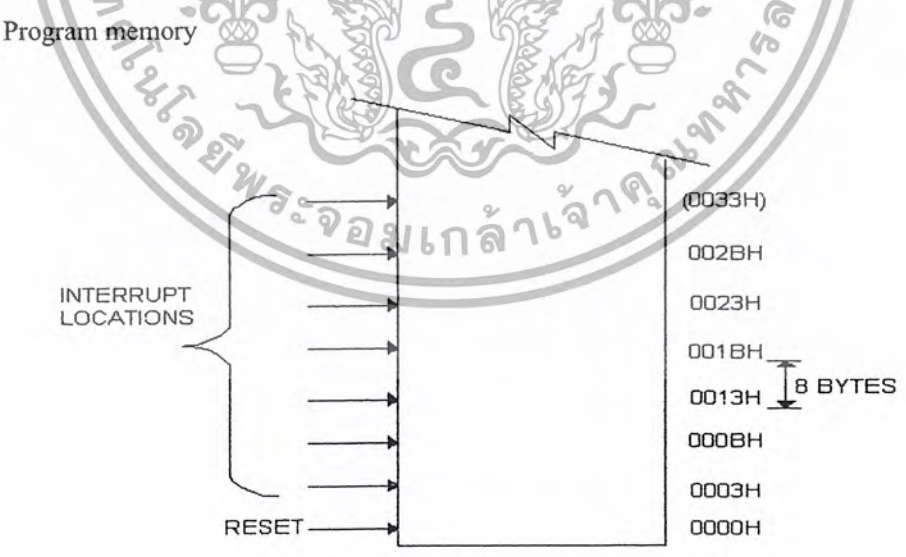


รูปที่ 2.3 โปรแกรมเมมโมรี่ของ MCS 51

สำหรับ MCS-51 ในแบบที่มี Program memory ภายใน ก็จะมีพื้นที่ในการเก็บโปรแกรมภายใน IC เอง 4K, 8K, 16K หรือ 32K Address (ตามเบอร์ของ IC ที่ใช้) สำหรับ Address ที่มากกว่านี้ ก็จะเป็น Program memory ภายนอก ส่วน MCS-51 ที่ไม่มี Internal program memory ส่วนของ Program memory ทั้งหมดจะอยู่ภายนอก

สำหรับการอ่าน External program memory นั้น MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable)

สำหรับ Data memory ซึ่งสามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไปได้ ก็จะมี Address ที่แยกออกจาก Program memory และมีตำแหน่งของ External data memory ได้ทั้งหมด 64K Address ในการติดต่อกับ External data memory นั้น MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ RD และ WR



จาก

รูปที่ 2.4 การต่อ External program memory และ External data memory ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องการ ส่วนของ External program memory และ External data memory ร่วมกันนั้น จะทำได้โดยการนำสัญญาณ PSEN และ RD มารวมกัน โดยใช้ AND gate ก็จะทำให้ได้สัญญาณที่เป็นการอ่าน External Program/Data memory ดังรูปที่ 2.4

รูปแสดงส่วนของ Program memory ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งเมื่อ CPU เริ่มการทำงานหลังจากการ Reset ก็จะเริ่มการทำงานตามคำสั่งที่ Address 0000h และสำหรับ Address ที่แสดงต่อมานั้น จะตำแหน่งที่อยู่ของ ISR: Interrupt Service Routineโดยการทำงานของ Interrupt ใน MCS-51 เมื่อเกิดสัญญาณ Interrupt เข้ามา มันก็จะกระโดดการทำงานมายังโปรแกรมในตำแหน่งที่กำหนดนี้ นั่นเองตัวอย่างเช่น สำหรับ Interrupt 0 จากภายนอก เมื่อ MCS-51 ได้รับสัญญาณ Interrupt นี้ มันก็จะกระโดดการทำงานมายังโปรแกรมใน Address 0003h และสำหรับ Interrupt ที่เกิดจาก Timer 0 ก็จะกระโดดการทำงานมายังโปรแกรมใน Address 000Bh และ Interrupt 0 จากภายนอก ก็จะกระโดดการทำงานมายังโปรแกรมใน Address 0013h . ในแต่ละ Address กำหนดให้สำหรับ ISR นั้นจะมีพื้นในการเก็บโปรแกรมได้ 8 Address ซึ่งถ้า ISR ที่ต้องการ เป็นโปรแกรมที่สั้นๆ ก็จะสามารถใส่เข้าไปได้ แต่ถ้าเป็น ISR ที่ยาวมากแล้ว ก็จะทำได้ โดยการใช้คำสั่ง Jump ไปยังโปรแกรมที่ต้องการอีกที

External Program Memory

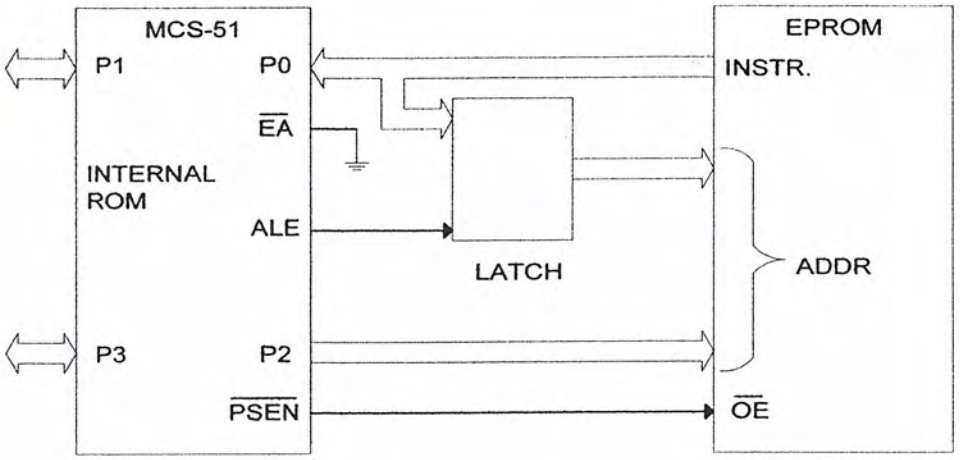
สำหรับ MCS-51 ที่มี Internal program memory นั้น ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกได้ว่า จะใช้งานของ Internal program memory นั้น หรือไม่ โดยการต่อของขาสัญญาณEA : External access เข้ากับ VCC หรือ GNDเช่นถ้า MCS-51 มี Internal program memory 4K (0000h-0FFFh) แล้วต่อขาสัญญาณ EA นี้เข้ากับ VCC การ Fetch คำสั่งที่ Address น้อยกว่า 0FFFh ก็จะ ได้จาก Internal program memory และถ้าเป็น Address ตั้งแต่ 1000h ก็ จะเป็นการอ่านจาก External program memory นั่นเอง แต่ถ้าต่อขา EA เข้ากับ GND การ Fetch คำสั่งทั้งหมดจะกระทำกับ External program memory

สำหรับ MCS-51 ที่ไม่มี Internal program memory แล้ว ขา EA จะต้องต่อ GND เสมอ

สัญญาณ PSEN ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ในการ Fetch คำสั่งจาก External program memory นั้น จะไม่ทำงานเมื่อเป็นการ Fetch คำสั่งจาก Internal program memory

การต่อ External program memory นั้นจะทำได้ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การต่อ External program memory

MCS-51 จะใช้ขาสัญญาณ ของ I/O port 16 bit (Port 0 และ Port 2) มาทำหน้าที่เป็น Bus ของระบบ โดยจะใช้งานของ Port 0 ทำหน้าที่เป็น Address และ Data bus สลับกัน คือส่งค่าของ Low byte ของ Program counter (PCL) ออกมาที่ Port 0 นี้ หลังจากส่งค่าของ PCL ออกมาแล้วมันจะเข้าสู่สภาวะ Float เพื่อรอรับคำสั่งที่จะอ่านได้จาก External program memory ในระหว่างที่ ค่าของ PCL ออกมาที่ P0 นี้ สัญญาณ ALE: Address Latch Enable จะไปทำให้ค่าของ PCL ถูกเก็บเข้าที่ LATCH และในเวลานั้น ค่าของ PCH ก็ถูกส่งออกมาที่ Port 2 เพื่อสร้างเป็น Address ขนาด 16 bit แล้ว สัญญาณ PSEN ก็จะเป็นตัวอ่านข้อมูลจาก Memory ที่ต้องการ

Data memory

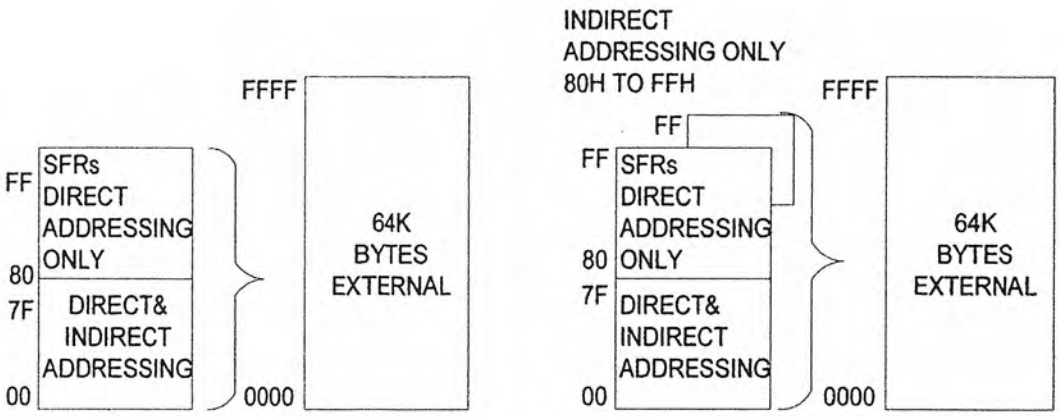
Data memory ของ MSC-51 นั้นจะแบ่งออกเป็น Internal data memory และ External data memory โดยการใช้งานของ Data memory ทั้งสองส่วนนี้จะมี Address ที่แยกจากกันด้วย

MCS-51 with 128 bytes Internal Data memory (ซ้าย)

MCS-51 with 256 bytes Internal Data memory (ขวา)

รายละเอียดดูดังรูปที่ 2.6

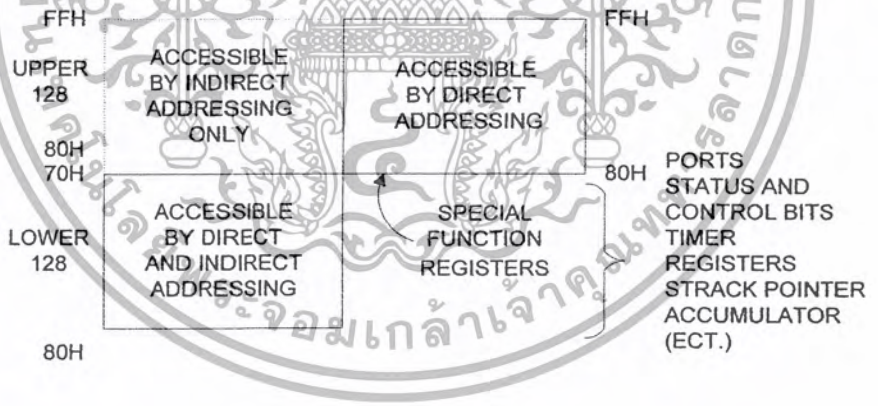
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Data memory ของ MSC-51

Internal Data Memory

ผังการจัดแบ่งพื้นที่ของ Internal data memory จะเป็นดังรูป ซึ่งมันจะถูกแบ่งออกเป็น สามส่วนด้วยกัน คือ Lower 128, Upper 128 และ SFRและจากการที่ Internal data memory นั้นมีเพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น ทำให้การอ้าง Address สามารถทำได้ โดยใช้เพียง 8 Bit และจากการที่ Internal data memory นั้นมีเพียง 256 ตำแหน่งเท่านั้น ทำให้การอ้าง Address สามารถทำได้ โดยใช้เพียง 8 Bit



รูปที่ 2.7 Internal Data Memory

แต่ด้วยเทคนิคของการอ้างถึงตำแหน่งข้อมูล (Addressing mode) ทำให้ได้ตำแหน่งของ Internal data memory ทั้งหมด 384 bytes

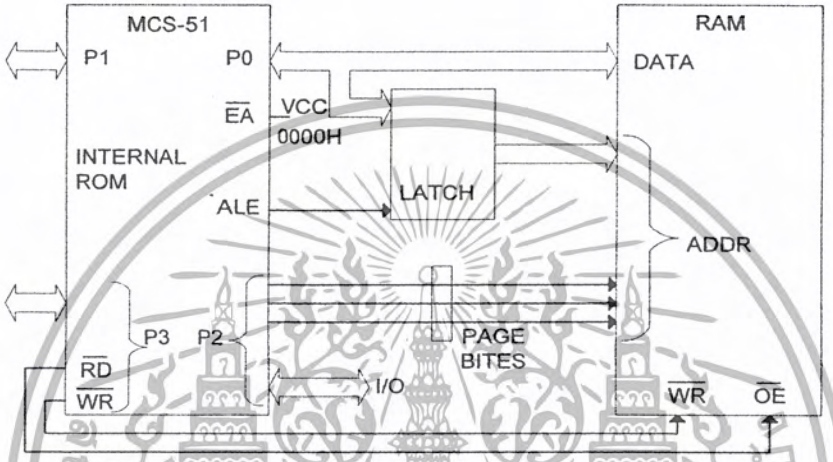
โดยสำหรับข้อมูลตั้งแต่ Address 80h -- FFh ถ้าอ้างถึงข้อมูลที่ Address นั้นๆ ด้วยวิธีของ Direct addressing ก็จะได้ข้อมูลที่มาจากคนละส่วน กับการอ้างถึงข้อมูลที่ Address เดียวกันนั้น ด้วยวิธีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Indirect addressing จากรูปจะเห็นได้ว่า Memory ในส่วนของ Upper 128 ก็จะมี Address เดียวกับ Memory ในส่วนของ SFR แต่จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่แตกต่างกันนั่นเอง

External Data Memory

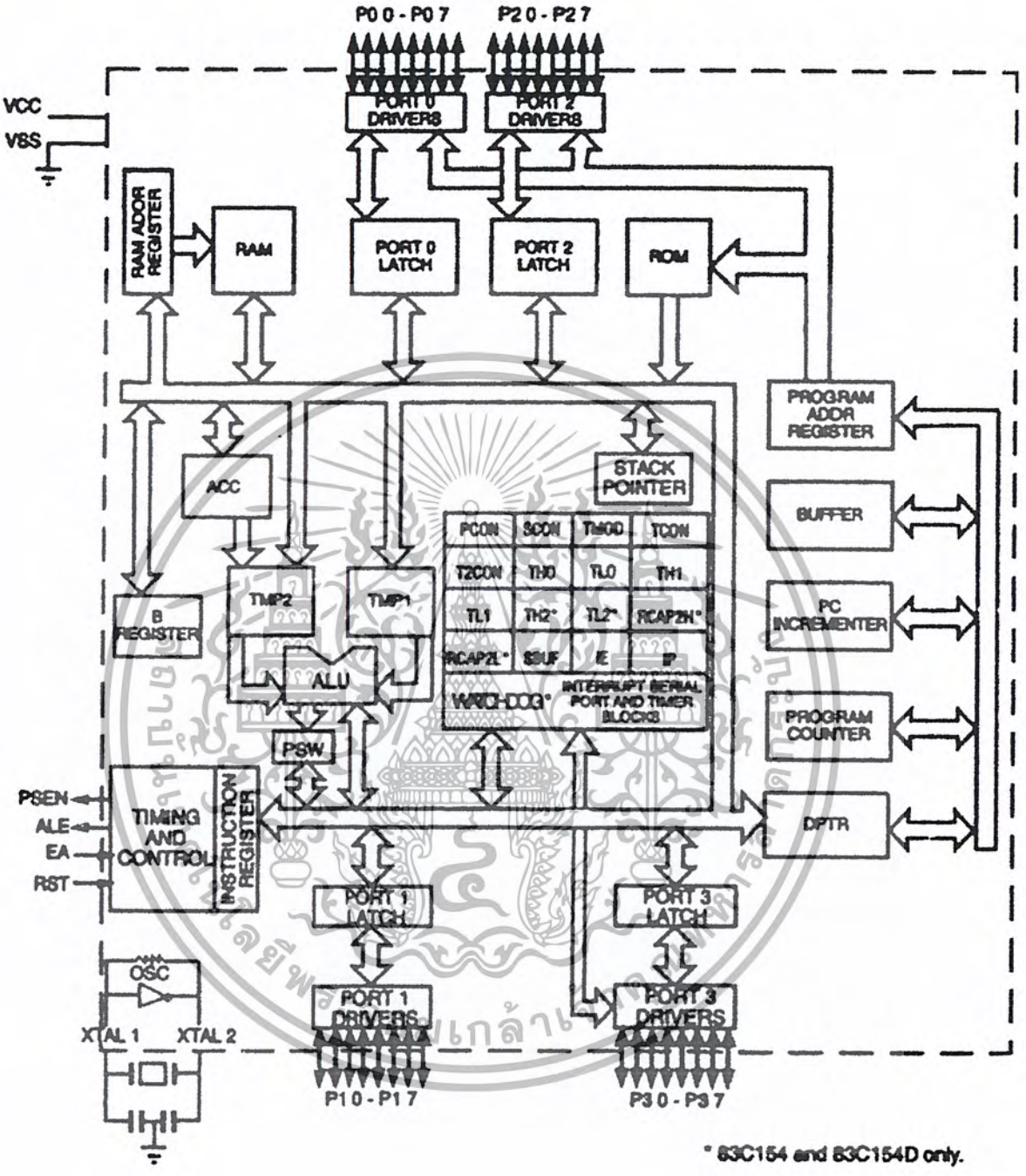
การต่อใช้งานของ External data memory จะทำได้ดังตัวอย่าง ซึ่งเป็นการต่อใช้งานของ RAM ขนาด 2K โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory



รูปที่ 2.8 การต่อใช้งานของ External data memory
โดยให้ MCS-51 นี้ ทำงานจาก Internal program memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51

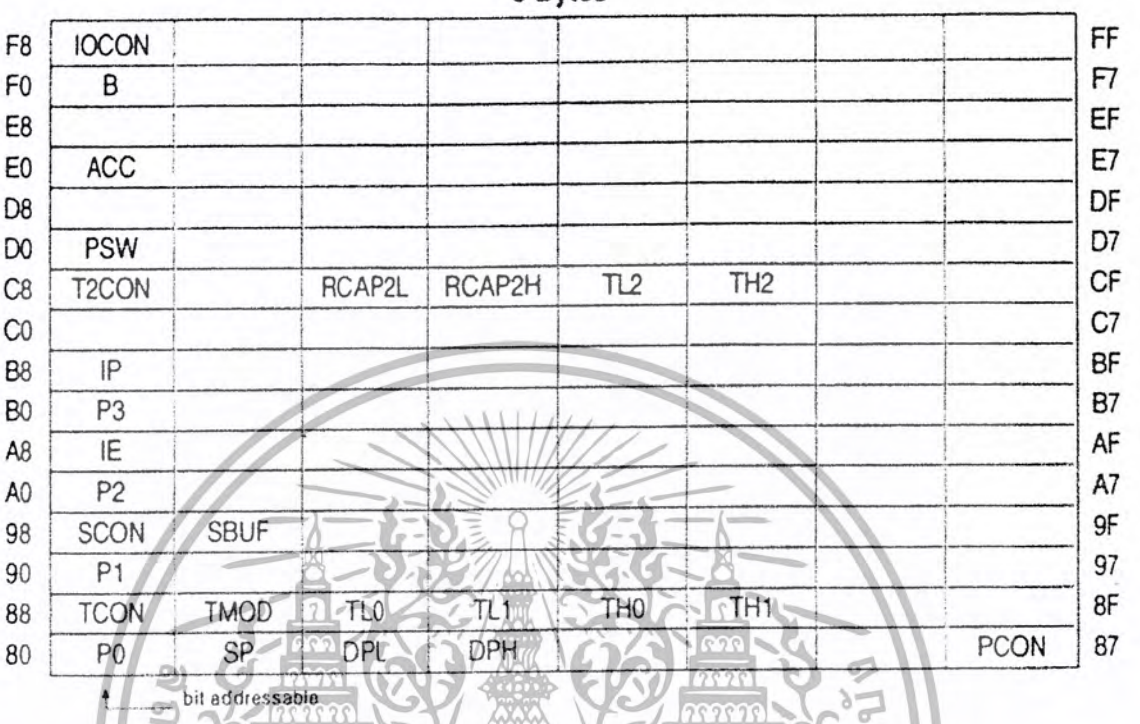


รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SFR

รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR จะเป็นดังนี้



รูปที่ 2.10 รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR

จะเห็นได้ว่าตำแหน่งต่างๆ ใน SFR จะไม่ได้ถูกใช้ทั้งหมด การอ่านข้อมูลจากตำแหน่งที่ยังไม่ได้กำหนดนี้ จะทำให้ได้ค่าสุ่มออกมา ส่วนการเขียนข้อมูลเข้าไปจะไม่มีผลใดๆ แต่อย่างไรก็ดี เราไม่ควรเขียนข้อมูล '1' เข้าไปในตำแหน่งที่ไม่ได้กำหนดนี้ เนื่องจากมันอาจถูกใช้งานในการควบคุม ฟังก์ชันการทำงานที่จะเพิ่มเข้ามาในอนาคต

Accumulator

ACC จะคือ accumulator ซึ่งจะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0E0H มีขนาด 8 Bit เป็น Register ที่ใช้กันมาก ในรหัสคำสั่งช่วยจำจะใช้อักษร A

B Register

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0F0H มีขนาด 8 Bit จะใช้ในการคูณและการหารเท่านั้น หรืออาจใช้ในการเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program status word (PSW)

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ D0H มีขนาด 8 Bit แต่ละ Bit จะบอกถึงสภาวะต่างๆ ในการทำงานของ CPU (Flag) ซึ่งแต่ละ Bit ของ PSW สามารถกำหนดให้เป็น 1 หรือ 0 ได้โดยคำสั่ง SETB หรือ CLRB ตามลำดับค่าตำแหน่ง Bit Address 0 ถึง Bit 7 ของ PSW เท่ากับ D0h ถึง D7h

Stack Pointer

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H มีขนาด 8 Bit Register นี้ใช้ชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำภายใน 8051 ที่จะใช้สร้างเป็น Stack ในการทำงานของ MCS-51 ค่าของ SP นี้จะมีค่าที่เพิ่มขึ้น ก่อนที่จะมีการเก็บข้อมูลเข้าไปด้วยคำสั่ง PUSH หรือ CALL

การกำหนดตำแหน่งของ Memory ที่จะสร้างเป็น Stack นั้นสามารถกำหนดให้เป็นที่ใดก็ได้ใน Internal data memory และเมื่อทำการ Reset ค่าเริ่มต้นของ SP จะค่าเป็น 07h ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลในตำแหน่งแรกของ Stack เริ่มที่ Internal data memory ตำแหน่งที่ 08h

Data Pointer Register

Data Pointer (DPTR) จะอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82h และ 83h DPTR นี้ประกอบไปด้วย Register ขนาด 8 Bit 2 ตัวคือ DPH และ DPL ซึ่ง DPTR นี้ จะใช้ในการชี้ตำแหน่งของข้อมูลของ External data memory แบบ 16 Bit ในการแก้ไขข้อมูลใน Register DPTR จะทำได้ทีละ 16 Bit หรือกระทำทีละ 8 Bit ก็ได้ (DPH, DPL)

PORT 0 ถึง 3

จะตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80h, 90h, 0A0h, 0B0h เป็น Registerขนาด 8 Bit การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้นๆ ของ MCS-51 ข้อมูลที่เขียนออกไปจะถูก Latch ค้างไว้ที่ Register นี้ และปรากฏแต่ละ Bit ของ Port เช่นถ้าเขียนข้อมูล 18h ไปที่หน่วยความจำตำแหน่ง 80h ก็จะปรากฏ Logic 0001 1000 ที่ขา 7 ถึง 0 ของ Port 0 ในการอ่านข้อมูลจาก Register แต่ละตัวจะเป็นการอ่านสภาวะ Logic ที่มีปรากฏอยู่แต่ละขาของ Port นั้นๆ

Serial Data Buffer (SBUF)

จะตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 99H มีขนาด 8 Bit แต่จากโครงสร้างภายในแล้วมันคือ Register 2 ตัวที่มีชื่อเดียวกัน ตัวหนึ่งสำหรับเก็บข้อมูลที่จะส่งแบบอนุกรม และอีกตัวหนึ่งสำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรมที่เข้ามา ในการเขียนข้อมูลเข้าที่ SBUF มันจะถูกเขียนไปยังที่สำหรับเก็บข้อมูลสำหรับส่ง และเริ่มต้นการส่งข้อมูล ส่วนการอ่านข้อมูลจาก SBUF ก็จะเป็นการอ่านค่าของข้อมูลที่รับเข้ามาได้

TIMER Register

คู่ของ Register (TH0, TL0) (TH1, TL1) และ (TH2, TL2) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายใน (8Ch, 8Ah) (8Dh, 8Bh) และ (0CDh, 0CCh) ตามลำดับ ซึ่งจะใช้ในการเก็บค่าของการนับแบบ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit ในการใช้งานเป็น Timer หรือ Counter ใน 80C51 จะมี Timer อยู่ 2 ชุดคือ Timer 0 และ Timer 1 ใน Timer แต่ละชุดจะมี Register ขนาด 8 Bit อยู่ 2 ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16 Bit

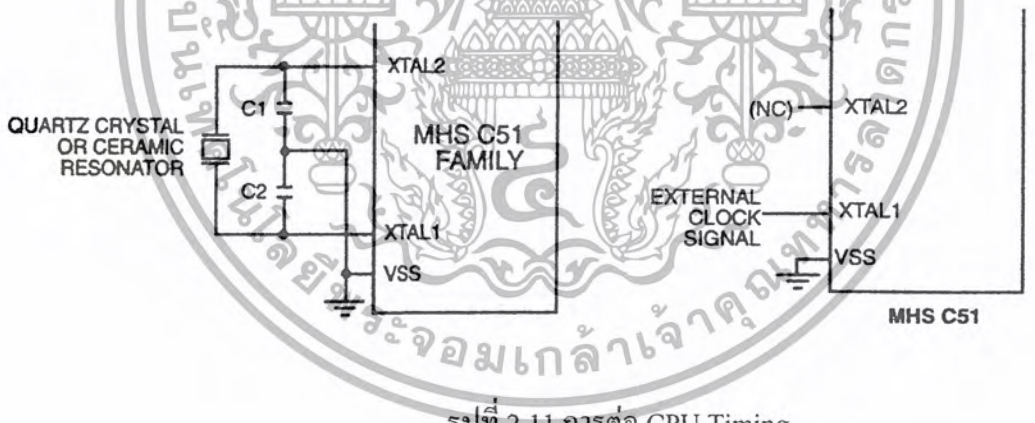
การกำหนดการทำงานของวงจร Timer ในโมด Timer หรือ Counter ทำได้โดยการกำหนดใน Register TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer จะให้ Register ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในการให้วงจร Timer ทำงานเป็น Counter คือการใช้ Register THx และ TLx ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1

Control Register

SFR ที่ชื่อ IP, IE จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงาน และสถานะของการ Interrupt TMOD, TCON, T2CON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Timer/Counter และ SCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Serial port และ PCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการใช้พลังงานของตัว CPU เอง

CPU Timing

ใน MCS-51 จะมีส่วนของวงจรกำเนิด Clock อยู่ภายในแล้ว ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU ได้ ในการใช้งานของ On-Chip Oscillator นั้น ก็เพียงต่อ Crystal หรือ Ceramic resonator ที่ขา XTAL1 กับ XTAL2 และตัวเก็บประจุ ดังแสดง



รูปที่ 2.11 การต่อ CPU Timing

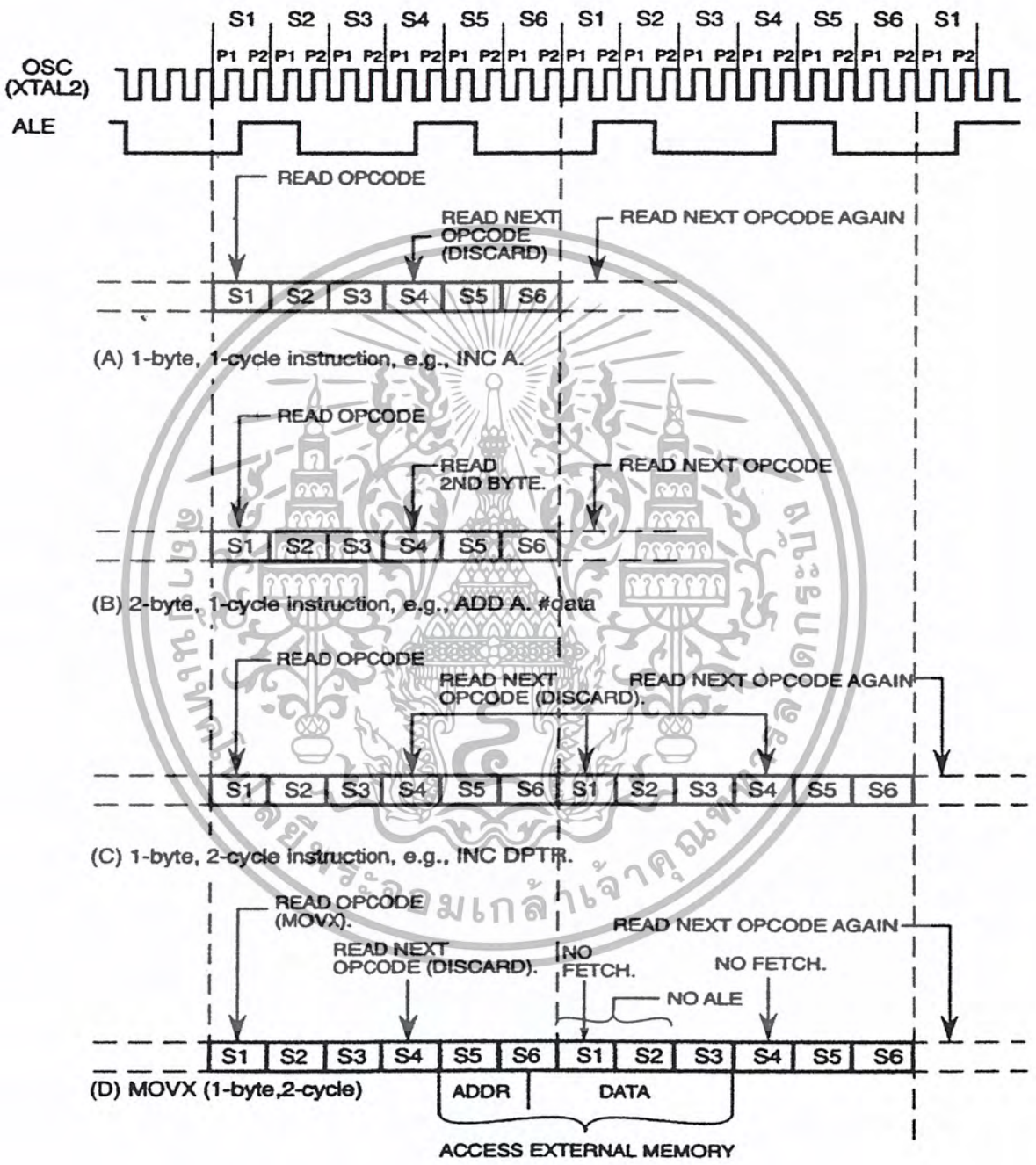
อย่างไรก็ดี ถ้าต้องการใช้สัญญาณ Clock จากภายนอก ก็จะทำได้โดยการต่อสัญญาณ Ext. Clock เข้าที่ขา XTAL1 ดังรูป

Machine Cycles

สำหรับแต่ละ Machine cycle ของ MCS-51 จะประกอบด้วยการทำงาน 6 States (S1 – S6) ซึ่งในแต่ละ State ของการทำงาน จะใช้เวลา 2 Clocks ดังนั้นถ้าใช้ Clock 12 MHz ก็จะได้เวลาในการทำงานของ 1 Machine cycle คือ 1 μS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในรูป จะเป็นตัวอย่างของการ Fetch / Execute ของคำสั่ง ซึ่งจะในแต่ละ Machine cycle จะมีการ Fetch รหัสคำสั่ง 2 ครั้ง ถึงแม้ว่าคำสั่งนั้นๆ จะเป็นคำสั่งแบบ 1 Byte ก็ตาม ในกรณีที่คำสั่งนั้นๆ ไม่ต้องการข้อมูล Byte ที่สอง CPU ก็เพียงแต่ไม่สนใจข้อมูลที่ Fetch ได้เกินมา และค่าของ PC ก็จะไม่เพิ่มขึ้น

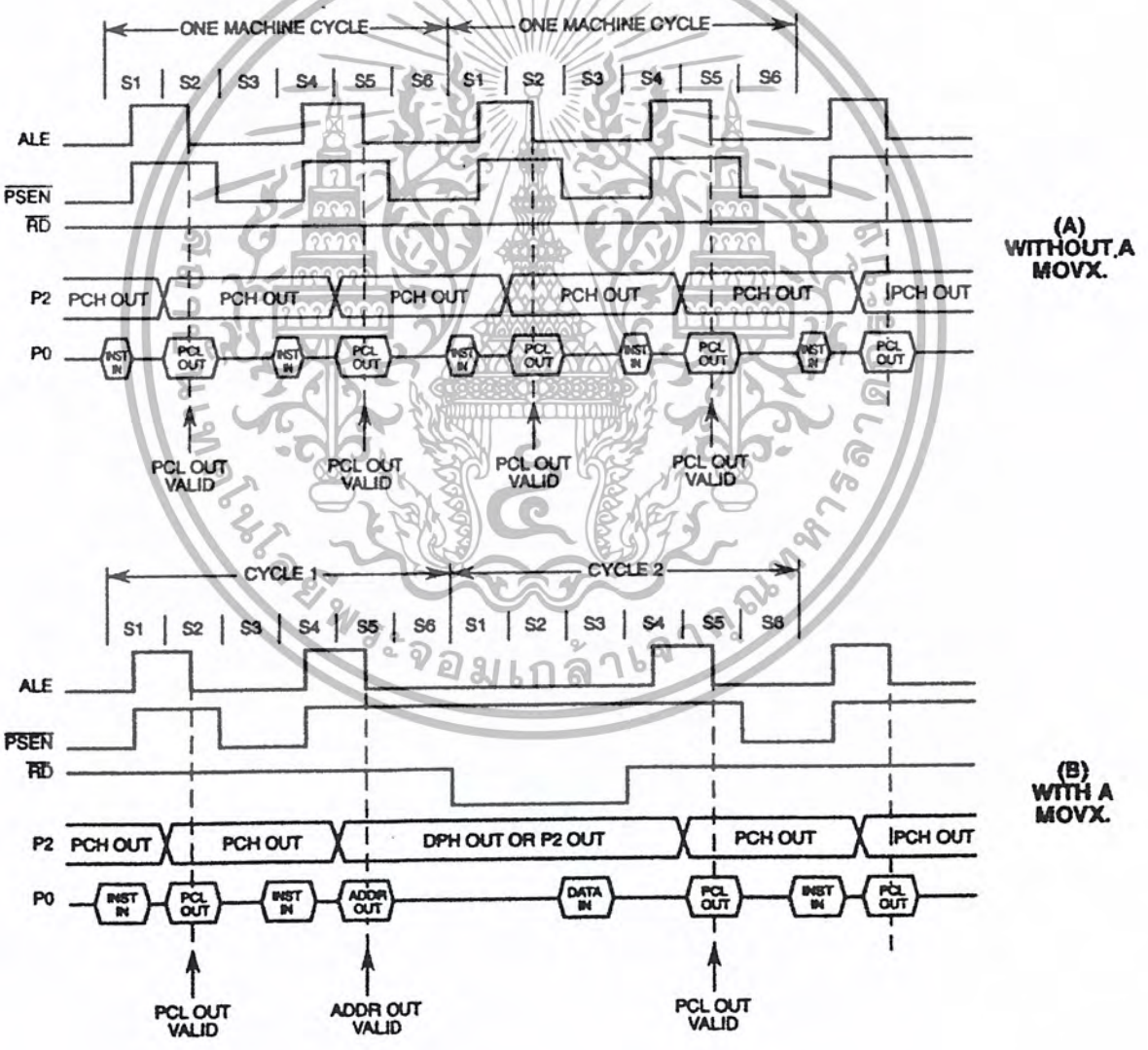


รูปที่ 2.12 Machine Cycles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป a และ b ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้การทำงาน 1 Machine cycle ที่ S1 CPU ก็จะอ่าน Op-code ที่ต้องการเข้ามายัง Instruction register และที่ S4 จะมีการ Fetch ครั้งที่สองเกิดขึ้น ซึ่งในรูป a การ Fetch ครั้งที่สองนี้ CPU จะไม่สนใจข้อมูลที่ได้มา ส่วนในรูป b ข้อมูลที่ได้มาก็จะเป็น Byte ที่สองของคำสั่งนั่นเอง จากรูป c ซึ่งเป็นการทำงานของคำสั่งที่ใช้การทำงาน 2 Machine cycles CPU จะไม่สนใจข้อมูลที่ได้จากการ Fetch 3 ครั้งด้วยกันและในรูป d ซึ่งเป็นการทำงานของคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นการติดต่อกับ External data memory ในกรณีนี้ จะไม่มีการ Fetch เกิดขึ้น เนื่องจาก CPU จะต้องใช้ระบบ BUS เดียวกันนี้ ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขบวนการ Fetch / Execute นี้จะเหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของโปรแกรมที่อยู่ใน Internal หรือ External program memory ดังนั้นแล้วมันจะใช้เวลาในการทำงานของคำสั่งต่างๆ เท่ากัน



รูปที่ 2.13 ขบวนการ Fetch / Execute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากรูป a จะเป็นการแสดงถึงจังหวะการทำงานของสัญญาณต่างๆ ของการ Fetch เมื่อคำสั่งนั้นอยู่ใน External program memory ซึ่งสัญญาณ จะเกิดขึ้น 2 ครั้งต่อ Machine cycle ในรูป b จะแสดงสัญญาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อกระทำคำสั่งที่มีการติดต่อกับ External data memory การ Fetch จะถูกข้ามไป 2 ครั้ง และจะเห็นว่าจังหวะเวลาของการอ่านข้อมูลจาก External data memory นั้นจะใช้เวลาที่มากกว่าการอ่านข้อมูลจาก Program memory

2.4 ชุดคำสั่งของ MCS -51

คำสั่งของ 8051 จะสามารถแบ่งออกเป็นชุดๆตามประเภทการทำงานได้ดังนี้

Arithmetic Instructions

คำสั่งที่เป็นการทำงานทาง Math ที่มี จะแสดงดังตาราง และแสดง Addressing mode ที่สามารถนำมาใช้เป็น <byte> Operand ได้สำหรับแต่ละคำสั่ง

MNEMONIC	OPERATION	ADDRESSING MODES				EXECUTION TIME (µs)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A, <byte>	A = A + <byte>	X	X	X	X	
ADDC A, <byte>	A = A + <byte> + C	X	X	X	X	1
SUBB A, <byte>	A = A – <byte> – C	X	X	X	X	1
INC A	A = A + 1	Accumulator only				1
INC <byte>	<byte> = <byte> + 1	X	X	X		1
INC DPTR	DPTR = DPTR + 1	Data Pointer only				2
DEC A	A = A – 1	Accumulator only				1
DEC <byte>	<byte> = <byte> – 1	X	X	X		1
MUL AB	B:A = B × A	ACC and B only				4
DIV AB	A = Int [A/B] B = Mod [A/B]	ACC and B only				4
DA A	Decimal Adjust	Accumulator only				1

Table 2 : A list of the MHS C51 Arithmetic Instructions.

รูปที่ 2.14 Arithmetic Instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55778

เช่น ADD A, <byte> ก็จะใช้ได้คือ

ADD A, 7FH (direct addressing)

ADD A, @R0 (indirect addressing)

ADD A, R7 (register addressing)

ADD A, #127 (immediate constant)

สำหรับค่าเวลาที่ใช้ในการทำงานที่แสดงนั้น สมมุติให้ CPU ทำงานที่ Clock 12 MHz

Logical Instructions

MNEMONIC	OPERATION	ADDRESSING MODES				EXECUTION TIME (μs)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ANL A, <byte>	A = A AND <byte>	X	X	X	X	1
ANL <byte>, A	<byte> = <byte> AND A	X				1
ANL <byte>, # data	<byte> = <byte> AND # data	X				2
ORL A, <byte>	A = A OR <byte>	X	X	X	X	1
ORL <byte>, A	<byte> = <byte> OR A	X				1
ORL <byte>, # data	<byte> = <byte> OR # data	X				2
XRL A, <byte>	A = A XOR <byte>	X	X	X	X	1
XRL <byte>, A	<byte> = <byte> XOR A	X				1
XRL <byte>, # data	<byte> = <byte> XOR # data	X				2
CLR A	A = 00H	Accumulator only				1
CLP A	A = NOT A	Accumulator only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumulator only				1
RLC A	Rotate Left through Carry	Accumulator only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumulator only				1
RRC A	Rotate Right through Carry	Accumulator only				1
SWAP A	Swap Nibbles in A	Accumulator only				1

Table 3 : A list of the MHS C51 Logical Instructions.

รูปที่2.15 Logical Instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Transfers

Internal RAM

MNEMONIC	OPERATION	ADDRESSING MODES				EXECUTION TIME (μs)
		Dir	Ind	Reg	Imm	
MOV A, <src>	A = <src>	X	X	X	X	1
MOV <dest>, A	<dest> = A	X	X	X		1
MOV <dest>, <src>	<dest> = <src>	X	X	X	X	2
MOV DPTR, # data 16	DPTR = 16-bit immediate constant				X	2
PUSH <src>	INC SP : MOV"@SP", <scr>	X				2
POP <dest>	MOV <dest>, "@SP" : DEC SP	X				2
XCH A, <byte>	ACC and <byte> Exchange Data	X	X	X		1
XCHD A, @Ri	ACC and @ Ri exchange low nibbles		X			1

Table 4 : A list of the MHS C51 Data Transfer Instructions that Access Internal Data Memory Space.

รูปที่ 2.16 Data Transfers ของ Internal RAM

External RAM

ADDRESS WIDTH	MNEMONIC	OPERATION	EXECUTION TIME (μs)
8 bits	MOVX A, @ Ri	Read external RAM @ Ri	2
8 bits	MOVX @ Ri, A	Write external RAM @ Ri	2
16 bits	MOVX A, @ DPTR	Read external RAM @ DPTR	2
16 bits	MOVX @ DPTR, A	Write external RAM @ DPTR	2

Table 5 : A list of the MHS C51 Data Transfer Instructions that Access External Data Memory Space.

รูปที่2.17 Data Transfers ของ External RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lookup table

MNEMONIC	OPERATION	EXECUTION TIME (μs)
MOVC A, @A + DPTR	Read Pgm Memory at (A + DPTR)	2
MOVC A, @A + PC	Read Pgm Memory at (A + PC)	2

Table 6 : The MHS C51 Lookup Table Read Instructions.

รูปที่2.18 Lookup table

Boolean Instructions

MNEMONIC	OPERATION	EXECUTION TIME (μs)
ANL C,bit	C = C AND bit	2
ANL C,/bit	C = C AND (NOT bit)	2
ORL C,bit	C = C OR bit	2
ORL C,/bit	C = C OR (NOT bit)	2
MOV C,bit	C = bit	1
MOV bit,C	bit = C	2
CLR C	C = 0	1
CLR bit	bit = 0	1
SETB C	C = 1	1
SETB bit	bit = 1	1
CPL C	C = NOT C	1
CPL bit	bit = NOT bit	1
JC rel	Jump if C = 1	2
JNC rel	Jump if C = 0	2
JB bit,rel	Jump if bit = 1	2
JNB bit,rel	Jump if bit = 0	2
JBC bit,rel	Jump if bit = 1 ; CLR bit	2

Table 7 : A list of the MHS C51 Boolean Instructions.

รูปที่ 2.19 Boolean Instructions

Jump Instructions

Relative offset

MNEMONIC	OPERATION	EXECUTION TIME (μs)
JMP addr	Jump to addr	2
JMP @A + DPTR	Jump to A + DPTR	2
CALL addr	Call subroutine at addr	2
RET	Return from subroutine	2
RETI	Return from interrupt	2
NOP	No operation	1

Table 8 : Unconditional Jumps in MHS C51.

รูปที่ 2.20 Jump Instructions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MNEMONIC	OPERATION	ADDRESSING MODES				EXECUTION TIME (μs)
		DIR	IND	REG	IMM	
JZ rel	Jump if A = 0	Accumulator only				2
JNZ rel	Jump if A ≠ 0	Accumulator only				2
DJNZ <byte>,rel	Decrement and jump if not zero	X		X		2
CJNZ A,<byte>,rel	Jump if A = <byte>	X			X	2
CJNE <byte>,#data,rel	Jump if <byte> ≠ #data		X	X		2

Table 9 : Conditional Jumps in MHS C51 Devices.

รูปที่ 2.21 ตารางสถานการณ์กระโดด

TIMER และ COUNTER

จากส่วนประกอบภายในของ MSC-51 ซึ่งมี Timer/Counters ให้นั้น สำหรับ 80C51 จะมี 16 bit Timer/Counter register ให้ 2 ชุด (คือ Timer 0 และ Timer 1) และสำหรับ 80C52, 83C154 และ 83C154D จะมีเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว (คือ Timer 2) ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถที่จะใช้งานเป็น Timer หรือ Even counter ก็ได้

เมื่อใช้งานเป็น **Timer** ค่าใน Register จะเพิ่มขึ้นเองทุกๆ Machine cycle จากที่ 1 Machine cycle ใช้สัญญาณ Clock 12 ลูก ดังนั้น ค่าของ Timer จะนับขึ้นด้วยความเร็ว 1/12 ของความถี่ Clock ที่ใช้

เมื่อใช้งานเป็น **Counter** ค่าใน Register จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ 0 – 1 ของสัญญาณจากภายนอกที่ขา Input ที่สัมพันธ์กัน (T0, T1 และ T2) ในการทำงานของ Counter นี้ สัญญาณจากภายนอก จะถูกตรวจสอบในช่วงเวลาของ S5P2 ของทุกๆ Machine cycle เมื่อมันตรวจพบสถานะที่เป็น 1 ใน Cycle ใดๆ แล้วตรวจพบสถานะที่เป็น 0 ใน Cycle ถัดมา ค่าของ Counter ก็จะเพิ่มขึ้น โดยค่าของ Register จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาของ S3P1 ของ Cycle ต่อไป จากที่การทำงานของ Counter ที่ตรวจสอบสัญญาณ ใน 2 Cycle ก็จะทำให้ได้ ความถี่สูงสุดที่จะนับได้คือ 1/24 ของสัญญาณ Clock ที่ใช้

Timer 0 and Timer 1

Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1 ที่อยู่ใน MCS-51 จะสามารถกำหนดรูปแบบการใช้งานได้จาก Bit C/~T ของ Register TMOD ใน SFR และ Mode การทำงานจะเลือกได้จาก Bit M0, M1 ซึ่งเลือกได้ทั้งหมด 4 Mode ด้วยกัน การทำงานของ Timer/Counter ใน Mode 0, 1 และ 2 ของ Timer 0 และ Timer 1 จะเหมือนกัน ส่วนการทำงานใน Mode 3 จะแตกต่างกัน โดยสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Register TMOD

GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0
TIMER 1				TIMER 0			

GATE	When TRx (in TCON) is set and GATE = 1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE = 0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx = 1 (software control).
C/$\overline{T}$	Timer or Counter selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from Tx input pin).
M1	Mode selector bit (NOTE 1).
M0	Mode selector bit (NOTE 1).

NOTE 1 :

M1	M0	OPERATING MODE	
0	0	0	13-bit Timer
0	1	1	16-bit Timer/Counter
1	0	2	8-bit Auto-Reload Timer/Counter
1	1	3	(Timer 0) TL0 is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standard Timer 0 control bits, TH0 is an 8-bit Timer and is controlled by Timer 1 control bits.
1	1	3	(Timer 1) Timer/Counter 1 stopped.

GATE BIT

เป็น Bit ที่ใช้ควบคุมให้ Timer ทำงานหรือไม่ ถ้า Bit นี้ของ Timer x ถูกตั้งเป็น 1 (Hardware controlled) จะทำให้ Timer ทำงานก็ต่อเมื่อสัญญาณที่ขา INTx เป็น 1 และ Bit TRx ใน Register TCON เป็น 1 ด้วย 0 (Software controlled) จะทำให้ Timer ทำงานเมื่อ Bit TRx ใน Register TCON เป็น

C/~T Bit

สำหรับเลือกการทำงานของ Timer/Counter ว่าจะใช้เป็น Timer หรือ Counter ถ้า Bit นี้เป็น 1 (Counter) เลือกการทำงานเป็น Counter ซึ่งก็จะทำการนับสัญญาณที่เข้ามาที่ ขา Tx 0 (Timer) เลือกการทำงานเป็น Timer ซึ่งก็จะทำการนับสัญญาณ Clock/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Register TCON

(MSB) (LSB)

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Symbol	Position	Name and Significance	Symbol	Position	Name and Significance
TF1	TCON.7	Timer 1 overflow Flag. Set by hardware on timer/counter overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.	IE1	TCON.3	Interrupt 1 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
TR1	TCON.6	Timer 1 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.	IT1	TCON.2	Interrupt 1 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow Flag. Set by hardware on timer/counter overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.	IE0	TCON.1	Interrupt 0 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
TR0	TCON.4	Timer 0 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.	IT0	TCON.0	Interrupt 0 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.

Figure 1.13. TCON : Timer/Counter Control Register.

รูปที่ 2.22 Register TCON

TF1 Bit Timer 1 Overflow Flag ซึ่งจะมีสถานะเป็น 1 เมื่อ Timer 1 register นับจนเกิด Overflow สถานะของ TF1 นี้ จะถูก Clear ได้เองเมื่อ CPU ทำงานตาม Interrupt นั้นๆ

TR1 Bit Timer 1 Run Control Bit เป็น Bit ที่สามารถควบคุมได้ด้วย Software สำหรับควบคุมการนับของ Timer 1 Register

TF0 Bit Timer 0 Over Flow Flag

TR0 Bit Timer 0 Run Control Bit

IE1 Bit Bit นี้จะเป็น 1 เมื่อมีสัญญาณที่เข้ามาทางขา ~INT1 (โดยมีสภาวะลอจิกของสัญญาณตามกำหนดใน Bit IT1) แล้วจะทำให้เกิดการกระโดดไปทำงานยัง Interrupt Service Routine ของ INT1 และ Bit นี้ จะกลับเป็น 0

IT1 Bit

เป็น Bit ที่ใช้กำหนดลักษณะของสัญญาณที่จะเข้ามาที่ขา ~INT1 ถ้า IT1 เป็น 1 จะเกิดการ Interrupt ถ้าสภาวะของสัญญาณที่ ขา ~INT1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ถ้า IT1 เป็น 0 จะเกิดการ Interrupt ถ้าสภาวะของสัญญาณที่ ขา ~INT1 เป็น 0

IE0 Bit

มีการทำงานเหมือน IE1

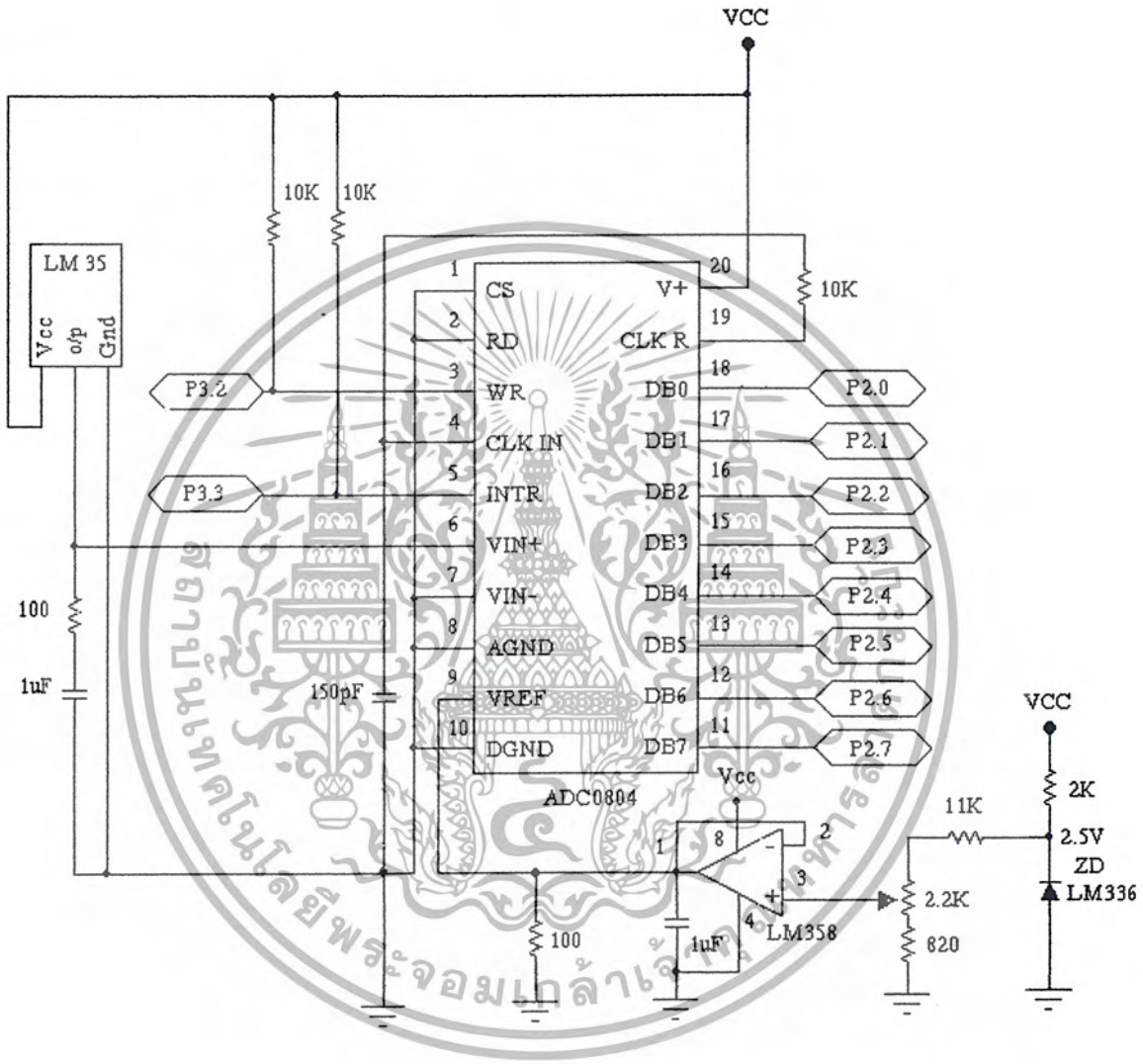
IT0 Bit

มีการทำงานเหมือน IT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบวงจรส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ



รูปที่3.1 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

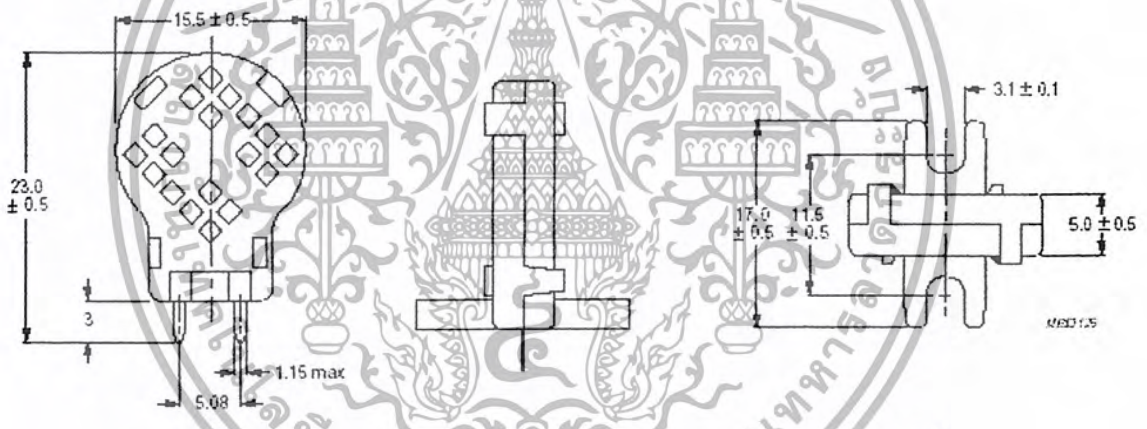
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ จะใช้ตัวตรวจจับเบอร์ LM 35 ซึ่งวงจรแสดงดังรูปที่ 3.1 การทำงานของ LM 35 จะทำการตรวจจับอุณหภูมิแล้วจะทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่วัดได้มาเป็นค่าของแรงดันในระดับหน่วยมิลลิโวลต์ และส่งระดับแรงดันนี้ไปยังไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล โดยไอซีเบอร์ ADC 0804 ซึ่งไอซีเบอร์ LM 35 มีข้อมูลที่น่าสนใจดังนี้

- ตอบสนองต่ออุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส
- มีความเป็นเชิงเส้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 10mV ต่อ องศาเซลเซียส
- ตอบสนองอุณหภูมิในช่วง –55 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส
- ทำงานในช่วงแรงดันไปเลี้ยง 4-30 โวลต์
- การใช้งานมีอุปกรณ์ต่อร่วมน้อยมาก

3.2 การออกแบบวงจรส่วนตรวจวัดความชื้น

การออกแบบส่วนตรวจวัดความชื้น ใช้ตัวตรวจวัดความชื้นของ Phillips ซึ่งมีรูปร่างหน้าตาดังรูป

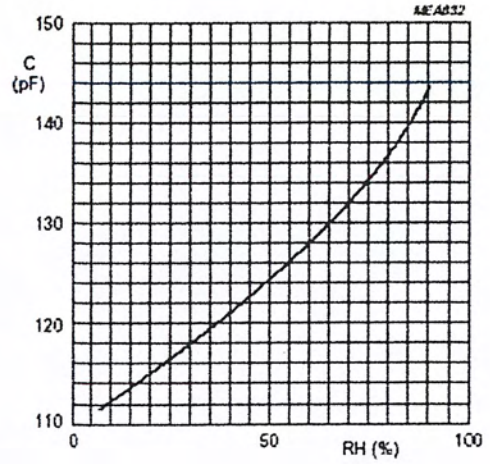


ก. ข. ค.

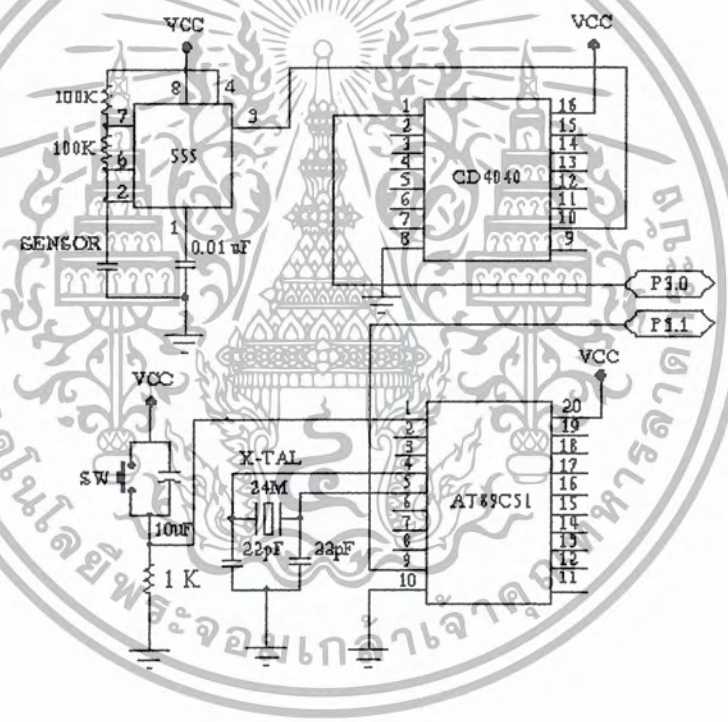
รูปที่3.2 ตัวตรวจจับความชื้น ก. รูปด้านหน้า ข. รูปด้านข้าง ค. รูปด้านบน

การต่อวงจรใช้งานตัวตรวจวัดความชื้นแสดงตามรูปที่ 3.4 โดยต่อร่วมกับไอซีเบอร์ LM 555 N ซึ่งค่าความชื้นในอากาศจะทำให้ค่าความจุของตัวตรวจวัดความชื้นเปลี่ยนแปลง โดยจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 110 pF- 150 pF ที่ความถี่ 100 KHz สามารถวัดความชื้นได้ในช่วง 10% RH-90%RH ซึ่งมีการตอบสนองตามกราฟรูปที่3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กราฟคุณสมบัติของตัวตรวจจับความชื้น



รูปที่3.4 วงจรตรวจจับความชื้น

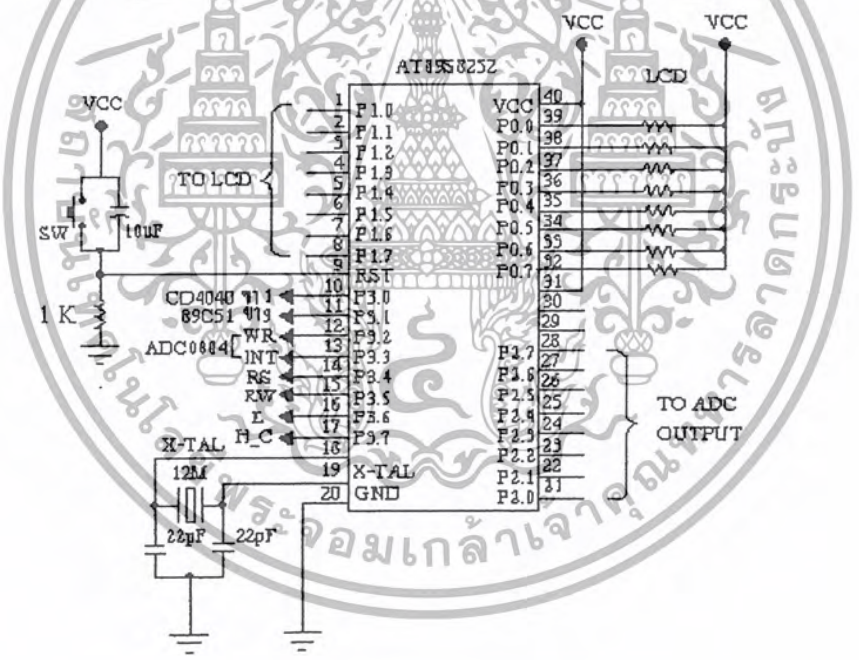
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบส่วนของการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในการออกแบบวงจรส่วนนี้ ใช้ไอซีเบอร์ ADC 0804 ซึ่งจะแปลงสัญญาณอินพุตซึ่งเป็นแรงดันจากตัวตรวจจับอุณหภูมิให้เป็นสัญญาณดิจิตอลในรูปเลขฐาน 16 และส่งข้อมูลไปยังภาคประมวลผลแบบขนานทำให้ตัวประมวลผลรับข้อมูลได้อย่างถูกต้องและง่ายต่อการเขียนโปรแกรมควบคุม เราต้องออกแบบให้วงจรมีค่าแรงดัน Vref ของ ADC 0804 มีค่า = 1.25 โวลต์เพื่อให้สามารถแปลงค่าอุณหภูมิได้ในช่วง 0-125 องศาเซลเซียส และความถี่ของขา CLOCK ของ ADC 0804 ต้องใส่ค่า RC ภายนอกให้ได้ความถี่ตามสมการ f(CLK)=1/(1.1*RC) โดยเราใช้ค่า R ค่า 10 K และใช้ C น้อยกว่า 50Pf ขา CS และ RD ถูกต่อลงกราวด์ไว้เพื่อให้รับค่าอินพุตตลอดเวลา ขา WR เป็นขาที่เราใช้ในการควบคุมให้เกิดเอาท์พุต

3.4 การออกแบบวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้น

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเสมือนสมองของระบบ ที่สามารถสั่งการให้ส่วนอื่นๆทำงานตามคำสั่งซึ่งวงจรส่วนนี้มีการเชื่อมต่อกับส่วนอื่นๆ

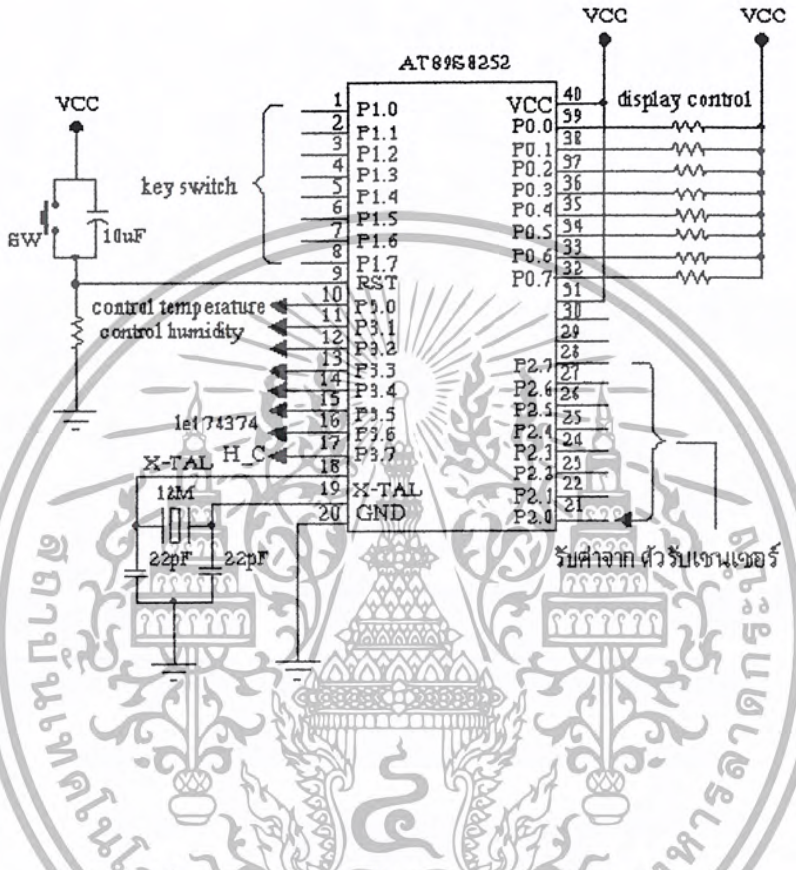


รูปที่ 3.5 แสดงส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบไมโครคอนโทรเลอร์ ส่วนของการควบคุม อุณหภูมิ และความชื้น

เป็นส่วนที่ใช้ในการป้อนค่า ของอุณหภูมิ และความชื้นด้วยที่ต้องการควบคุมด้วยคีย์สวิตช์ และแสดงผลทาง Seven segment เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยการติดต่อรับส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัววัด การออกแบบเป็นดังรูปที่ 3.6

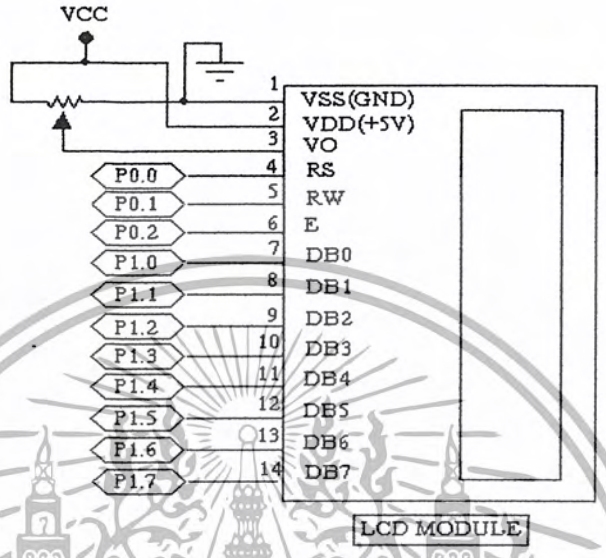


รูปที่ 3.6 แสดงส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

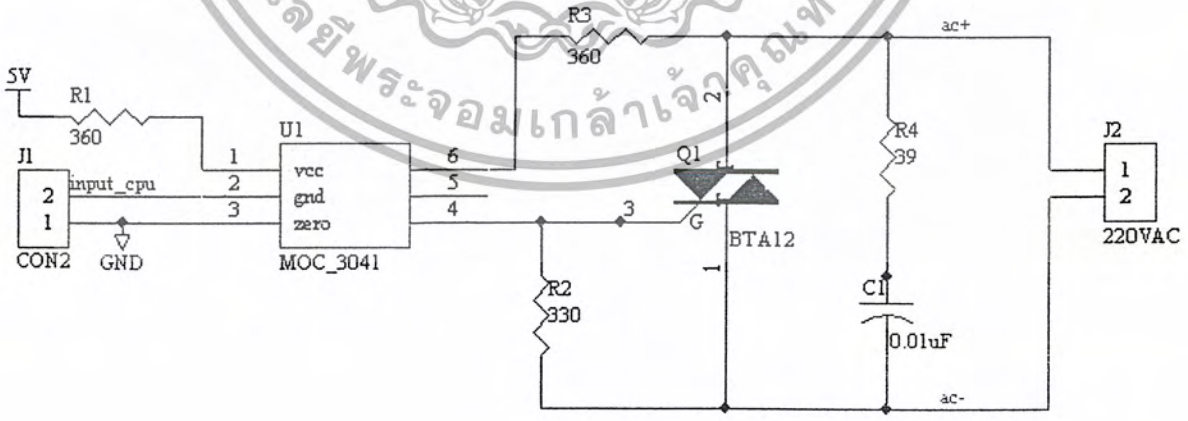
3.6 การออกแบบส่วนแสดงผล

ในการออกแบบส่วนแสดงผลเราได้ใช้จอ LCD และ Seven segment หน้าที่เป็นส่วนแสดงผล ซึ่งมีการต่ออุปกรณ์ภายนอกน้อยมาก และมีการต่อความต้านทานปรับค่าเพื่อให้สามารถปรับคอนทราสได้ ดังรูป



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนแสดงผล LCD

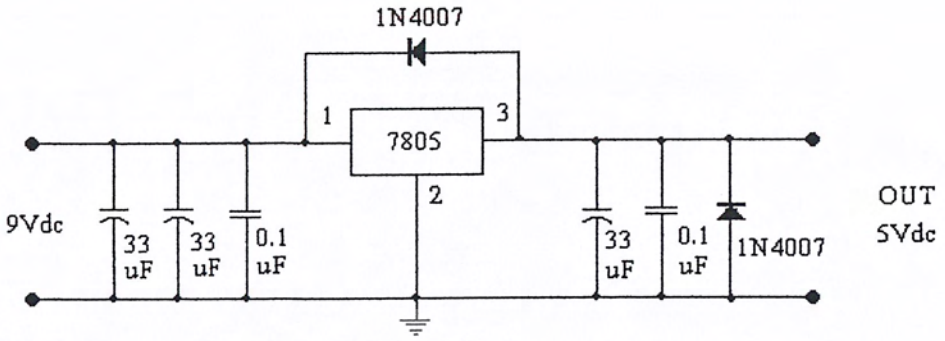
3.7 วงจรตัดต่อไฟ 220 VAC



รูปที่ 3.8 วงจรตัดต่อไฟ 220 VAC

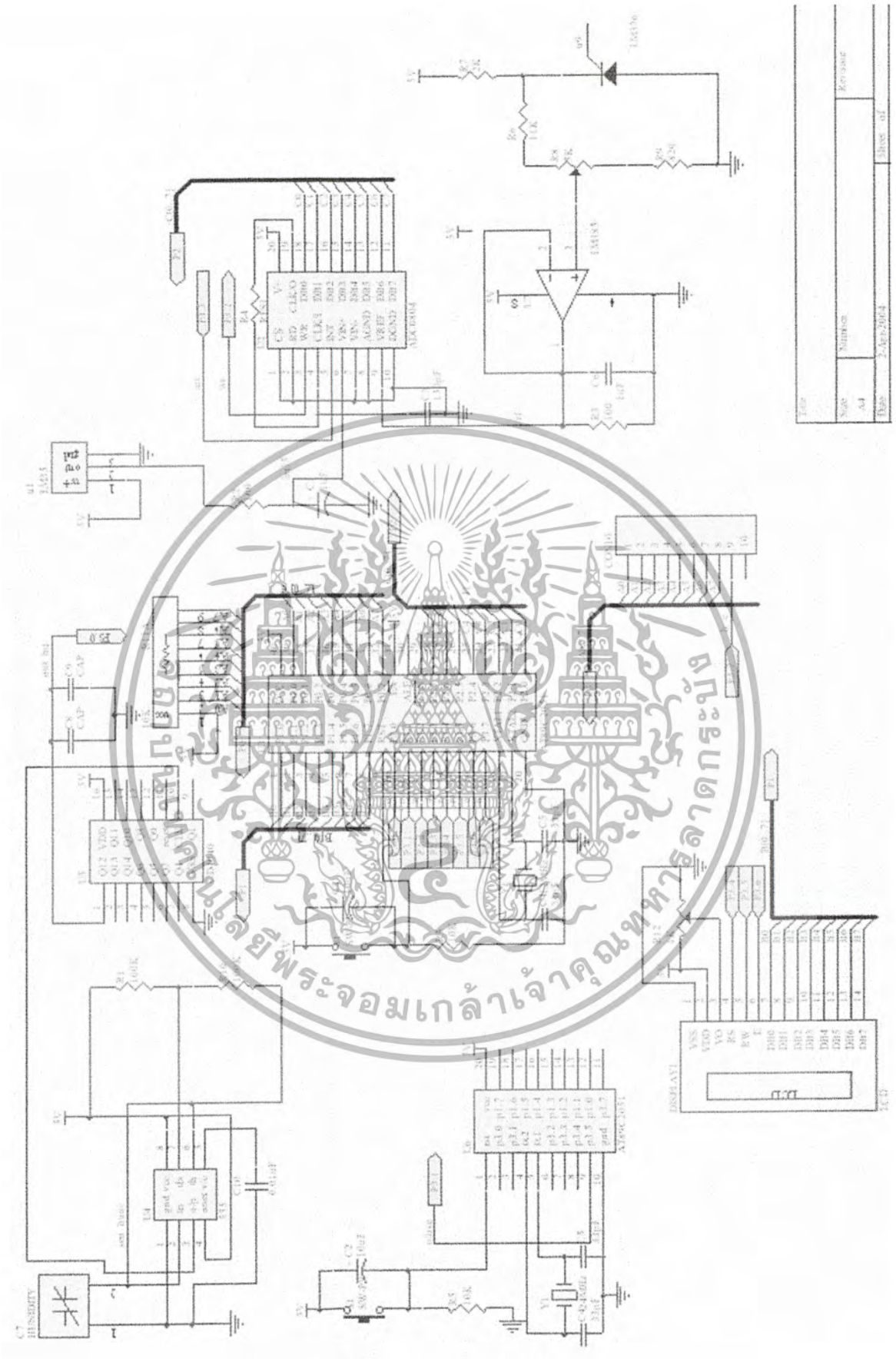
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การออกแบบภาคจ่ายไฟ



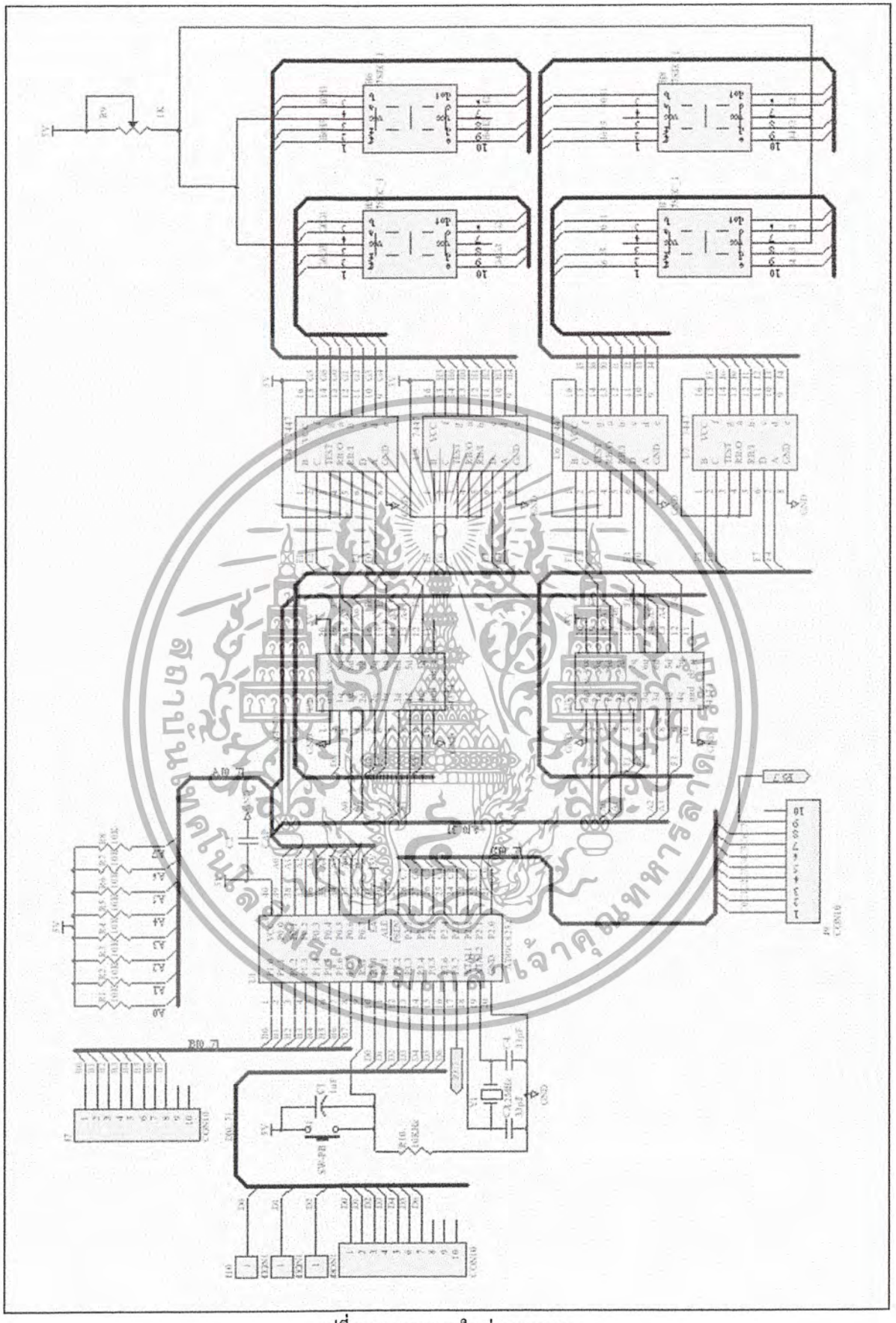
รูปที่3.9 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรรวมในส่วนวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรรวมในส่วนควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการทำงานของส่วนตรวจวัดอุณหภูมิ

การทดลองนี้จะทำการทดลองโดยทำการวัดอุณหภูมิโดยเครื่องวัดอุณหภูมิ Testo รุ่น 605-H1 ทำการวัดเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิที่เราสร้างขึ้นมาเพื่อหาค่าแตกต่างระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องที่เราสร้างขึ้นกับเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 ที่เราใช้เป็นตัวอ้างอิง และได้วัดค่าแรงดันเอาท์พุตของ LM35 เพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาท์พุตของ LM 35 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป โดยทำการวัดอุณหภูมิในช่วง 20-50 องศาเซลเซียส

ตารางที่4.1 การวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 เทียบกับเครื่องวัดที่สร้างขึ้น และการเปลี่ยนแปลงแรงดันเอาท์พุตของ LM 35 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

อุณหภูมิจากเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 (C)	แรงดันเอาท์พุตของ LM 35 (m V)	อุณหภูมิของเครื่องวัดที่สร้างขึ้น(C)
20.4	190	20
21.3	200	21
22.5	210	22
23.4	220	23
24.6	230	24
25.2	240	25
26.3	250	26
27.5	260	27
28.3	270	28
29.4	280	29
30.2	290	30
31.3	300	31
32.5	310	32
33.4	320	33

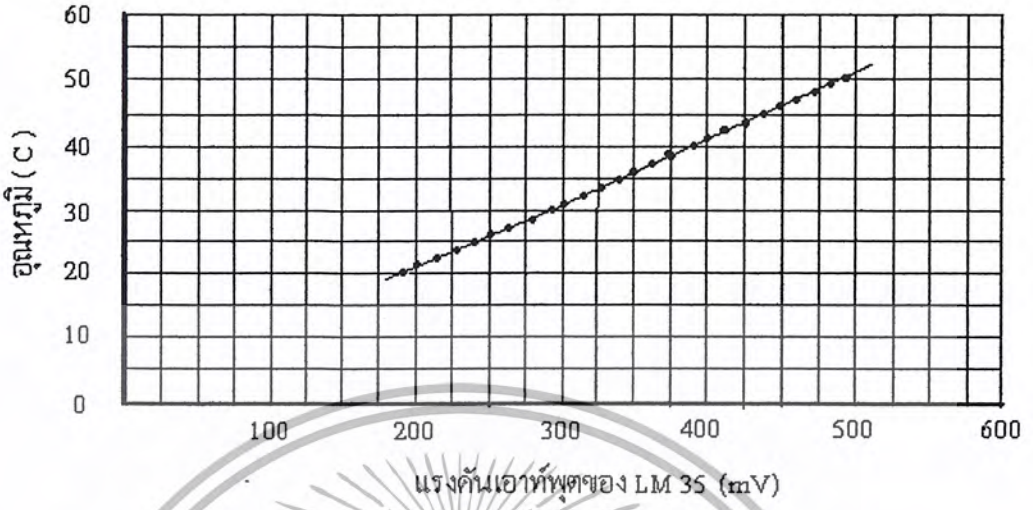
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

อุณหภูมิจากเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 (C)	แรงดันเอาท์พุตของ LM 35 (m V)	อุณหภูมิของเครื่องวัดที่สร้างขึ้น(C)
34.5	330	34
35.6	340	35
36.3	350	36
37.4	360	37
38.5	370	38
39.2	380	39
40.1	390	40
41.3	400	41
42.2	410	42
43.4	420	43
44.2	430	44
45.3	440	45
46.5	450	46
47.4	460	47
48.2	470	48
49.3	480	49
50.4	490	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่วัดโดยปรอทกับแรงดันเอาท์พุตของ LM 35



4.2 ผลการทดลองการทำงานของส่วนตรวจวัดความชื้น

ในการวัดความชื้นเราจะทำการวัดโดยเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 เปรียบเทียบกับเครื่องวัดที่เราสร้างขึ้น โดยทำการวัดความชื้นในช่วง 30 %RH -80%RH เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างเครื่องวัดทั้งสอง โดยใช้เครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 เป็นตัวอ้างอิง และยังได้วัดการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของเซนเซอร์ต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นด้วย

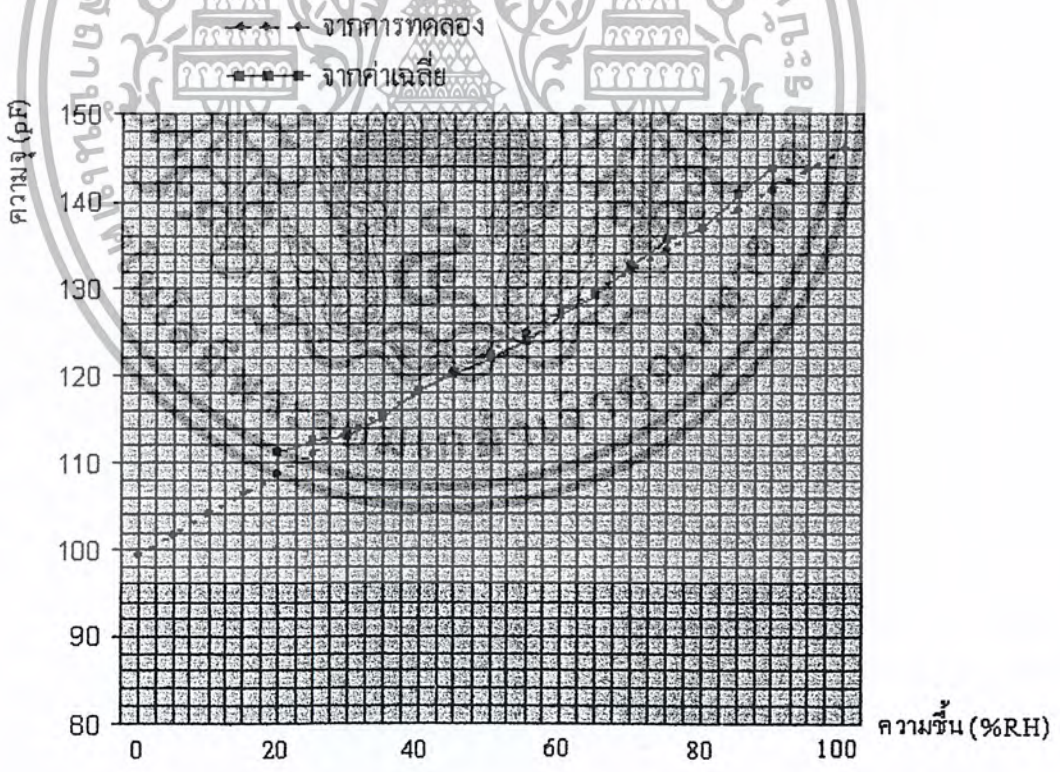
ตารางที่ 4.2 ค่าความแตกต่างของความชื้นที่วัดได้จากเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1 และเครื่องวัดที่สร้างขึ้น กับค่าความจุของเซนเซอร์ที่ความชื้นค่าต่างๆ

ความชื้นที่วัดจากเครื่องวัด Testo รุ่น 605-H1(%RH)	ค่าความจุของเซนเซอร์ความชื้น(pF)	ความชื้นที่วัดจากเครื่องวัดที่สร้างขึ้น(%RH)
20	111.3	24
25	112.4	28
30	112.9	34
35	115.2	40
40	118.2	44
45	120.0	47
50	121.9	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55	123.8	54
60	126.9	62
65	129.1	67
70	132.6	69
75	135.5	71
80	137.0	77
85	140.8	86
90	143.9	89

กราฟที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุที่ได้จากการทดลอง และจากค่าเฉลี่ย โดยใช้เครื่องวัด Testo เป็นตัวอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที:วินาที)	อุณหภูมิ(เซลเซียส)	ความชื้น(เปอร์เซ็นต์)
0:00	25	63
0:30	23	59
1:00	22	57
1:30	22	55
2:00	21	53
2:30	21	50
3:00	20	47
3:30	19	46
4:00	19	43
4:30	18	41
5:00	17	39
5:30	16	38
6:00	16	36
6:30	15	34
7:00	15	33
7:30	15	32
8:00	14	31
8:30	14	30
9:00	14	29
9:30	13	29
10:00	13	29
10:30	13	28
11:00	12	27
11:30	12	27
12:00	12	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา (นาที:วินาที)	อุณหภูมิ(เซลเซียส)	ความชื้น(เปอร์เซ็นต์)
12:30	11	26
13:00	11	25
13:30	10	25
14:00	10	25
14:30	10	25
15:00	10	24
15;30	10	24
16:00	9	24
16:30	9	24
17:00	9	24
17:30	9	23
18:00	9	23
18:30	8	23
19:00	8	23
19:30	8	23
20;00	8	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป วิจารณ์ผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาระบบ

จากการทดลองและออกแบบวงจร ส่วนที่เป็นหัวใจหลักๆของวงจรก็คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิ (LM35) และตัวตรวจจับความชื้น (PHILIPS) ซึ่งตัวตรวจจับ (sensor) ทั้งสองตัว ถ้าออกแบบวงจร หรือทำการปรับแต่งอย่างไม่เหมาะสม จะทำให้ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่วัดได้จากตัวตรวจจับ มีค่าผิดพลาดจากค่าจริงได้ สำหรับการตรวจวัดคุณสมบัติของเซนเซอร์อุณหภูมิ และเซนเซอร์ความชื้น มีรายละเอียดดังนี้

การตรวจวัดคุณสมบัติของตัวเซนเซอร์อุณหภูมิ กระทำโดย นำตัวเซนเซอร์อุณหภูมิใส่เข้าไปในตู้ ปิด ซึ่งจะทำให้ป้องกันการระบายของอุณหภูมิจากด้านในออกไปสู่ด้านนอก หรือจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน ได้ระดับหนึ่ง ในการทดสอบค่าของอุณหภูมิ จะเริ่มตั้งแต่ 20- 50 องศาเซลเซียส โดยการลดอุณหภูมิ ทำได้โดย ใส่น้ำแข็งเข้าไปในตู้ปิด และการเพิ่มอุณหภูมิทำได้โดย การนำหลอกไส้ขนาด 100 วัตต์ ใส่เข้าไปในตู้ปิด ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในตู้ปิดเพิ่มขึ้น ใช้ปรอท กับเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น testo รุ่น 605-HI วัดค่าเปรียบเทียบกัน ซึ่งค่าแรงดันที่ได้จาก ตัวเซนเซอร์อุณหภูมิ เป็นไปตามตารางที่ 4.1

การตรวจวัดคุณสมบัติของเซนเซอร์ความชื้น กระทำเช่นเดียวกับเซนเซอร์อุณหภูมิ คือนำตัวเซนเซอร์ไปไว้ในตู้ปิด ค่าความชื้นที่ทดสอบใช้ค่าตั้งแต่ 20% - 90 % ในการลดความชื้นทำได้โดย นำหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ ใส่เข้าไปในตู้ปิด ความร้อนจากหลอดไฟจะทำให้ความชื้นในตู้ปิดลดลง ในการเพิ่มความชื้นกระทำได้โดย พ่นละอองน้ำเข้าไปในตู้ปิด จะทำให้ความชื้นในตู้ปิดเพิ่มสูงขึ้น ในการตรวจวัดความชื้นจะใช้เครื่องวัดความชื้น testo รุ่น 605-HI เป็นค่าในการเปรียบเทียบ ซึ่งจะได้ค่าความจุของตัวเซนเซอร์ความชื้นซึ่งเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้น ดังในตารางที่ 4.2

หลังจากได้ค่าคุณสมบัติของตัวเซนเซอร์ทั้งสองตัว จากนั้นจึงนำมาประกอบขึ้นเป็นวงจร แล้วนำมาทำการ อินเตอรเฟส กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้เขียนโปรแกรมรองรับการทำงานไว้ แล้วนำค่าที่ประมวลผลได้ แสดงผลออกทาง จอ LCD และทาง 7'SEGMENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในการทดลอง

ปัญหาที่สำคัญสำหรับโครงงานในส่วนนี้ก็คือ ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นที่ผิดพลาดซึ่งเป็นผลมาจากการตรวจวัดคุณสมบัติในครั้งแรก ซึ่งเราไม่สามารถสร้างห้องทดลองที่สามารถควบคุมค่าของอุณหภูมิ และค่าของความชื้นได้อย่างแน่นอน จึงอาจทำให้ค่าที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ในการประมวลผล เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง

ประการที่สอง สำหรับตัวเซนเซอร์ความชื้น เอาท์พุทที่ได้จะเป็นค่าของความจะไฟฟ้า ค่าความจุของตัวเซนเซอร์ จะถูกเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความชื้น แล้วนำเข้าไปป้อนให้กับ วงจร ASTABLE เพื่อนำไปเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ จะเห็นได้ว่าค่าความจุที่ป้อนให้กับวงจร ASTABLE ไม่ใช่แค่ค่าความจุของตัวเซนเซอร์ความชื้น แต่เป็นความจุรวมขององค์ประกอบของวงจรในส่วนต่างๆ เช่นค่าความจุภายในสายสัญญาณ ค่าความจุภายในวงจร จากสภาพแวดล้อม และอื่นๆ อีกมากมาย ทำให้ค่าที่ได้เกิดความผิดพลาด

และอีกประการหนึ่ง กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความชื้น และค่าความจุ ที่ได้จากการทดลองไม่เป็นเส้นตรง(Nonlinear) แต่ค่าที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม จะเป็นค่าที่ประมาณเป็นเส้นตรง ทำให้ส่วนประกอบทั้งสองไม่มีความสำพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าความชื้นที่แสดงผลออกมา มีค่าที่ผิดพลาดจากค่าจริงบ้าง

แนวทางในการแก้ไขปัญหา

สำหรับแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยทำการเปลี่ยนตัวเซนเซอร์ จากเดิมคือเบอร์ LM35 (เซนเซอร์อุณหภูมิ) และเซนเซอร์ความชื้นยี่ห้อ PHILIPS ซึ่งเป็นระบบอนาลอก เปลี่ยนมาเป็นไอซีเบอร์ SHT11 ซึ่งเป็นทั้งตัวเซนเซอร์อุณหภูมิ และเซนเซอร์ความชื้นโดยข้อมูลที่ออกมาทางเอาท์พุท จะเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งจะให้ความถูกต้องและแม่นยำกว่า และลดจำนวนองค์ประกอบของวงจรให้น้อยลง ซึ่งจะทำให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น

แนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต

สามารถนำระบบวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนำไปทำการอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการส่งข้อมูลของอุณหภูมิ และความชื้น ให้กับคอมพิวเตอร์ ในส่วนของคอมพิวเตอร์จะทำการรับค่ามาแสดงผลที่หน้าจอ และสามารถป้อนค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการควบคุมได้ตามต้องการ แทนการป้อนทาง คีย์สวิตซ์ และคอมพิวเตอร์จะส่งค่าไปให้กับวงจรที่ทำหน้าที่ในการควบคุมค่าของอุณหภูมิและความชื้นอีกต่อหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ปรเมษฐ์ ประนะยานันท์. คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. มปป.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51. กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็กซ์เพอริเม็นต์. มปป.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย ญี่ปุ่น. 2542.

Intel Corporation. Microcontroller Handbook. Intel Corporation.1992.

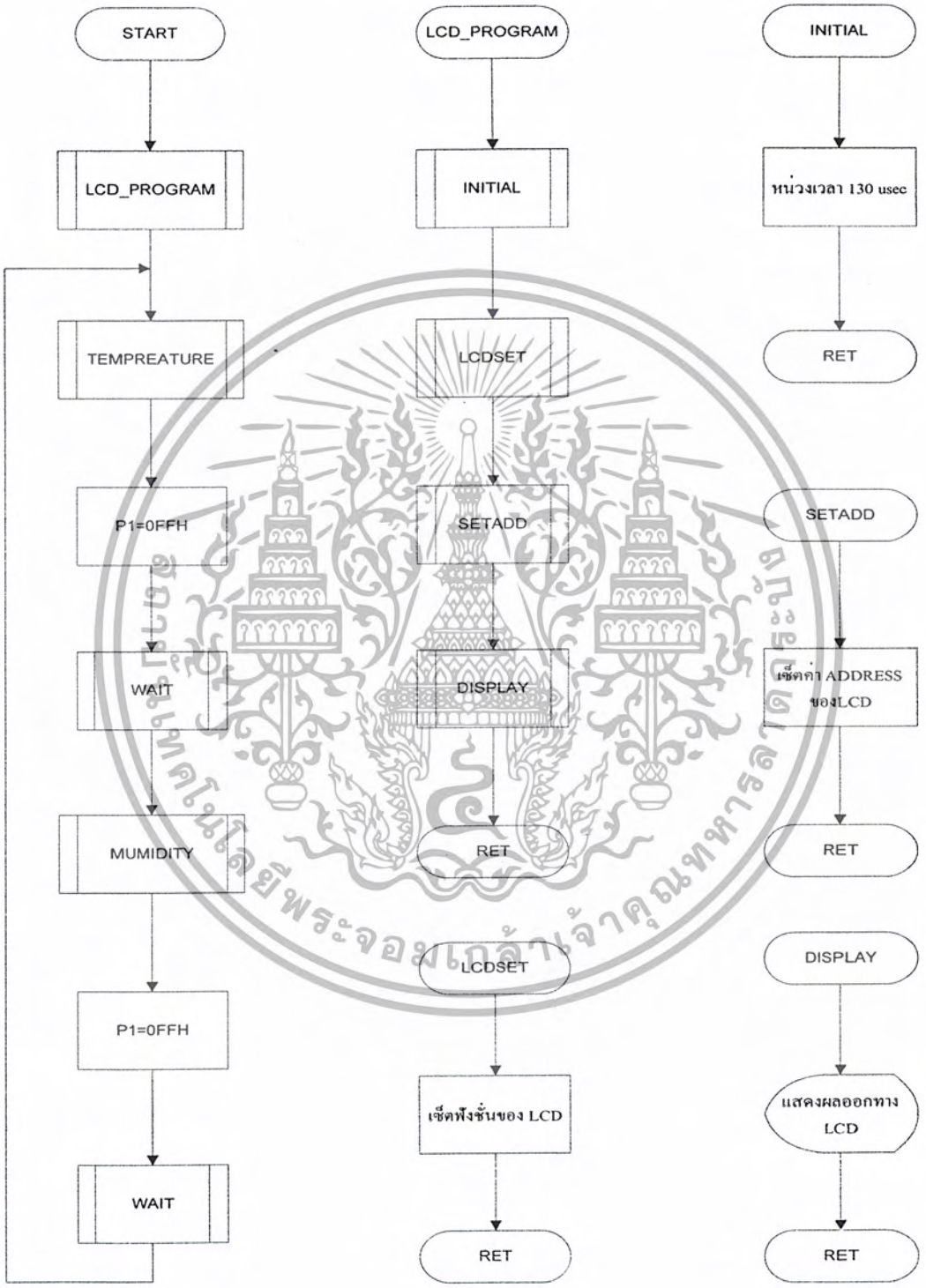
MacKenzie,l.scott. The 8051 Microcontroller. Macmillan Publishing Company. 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

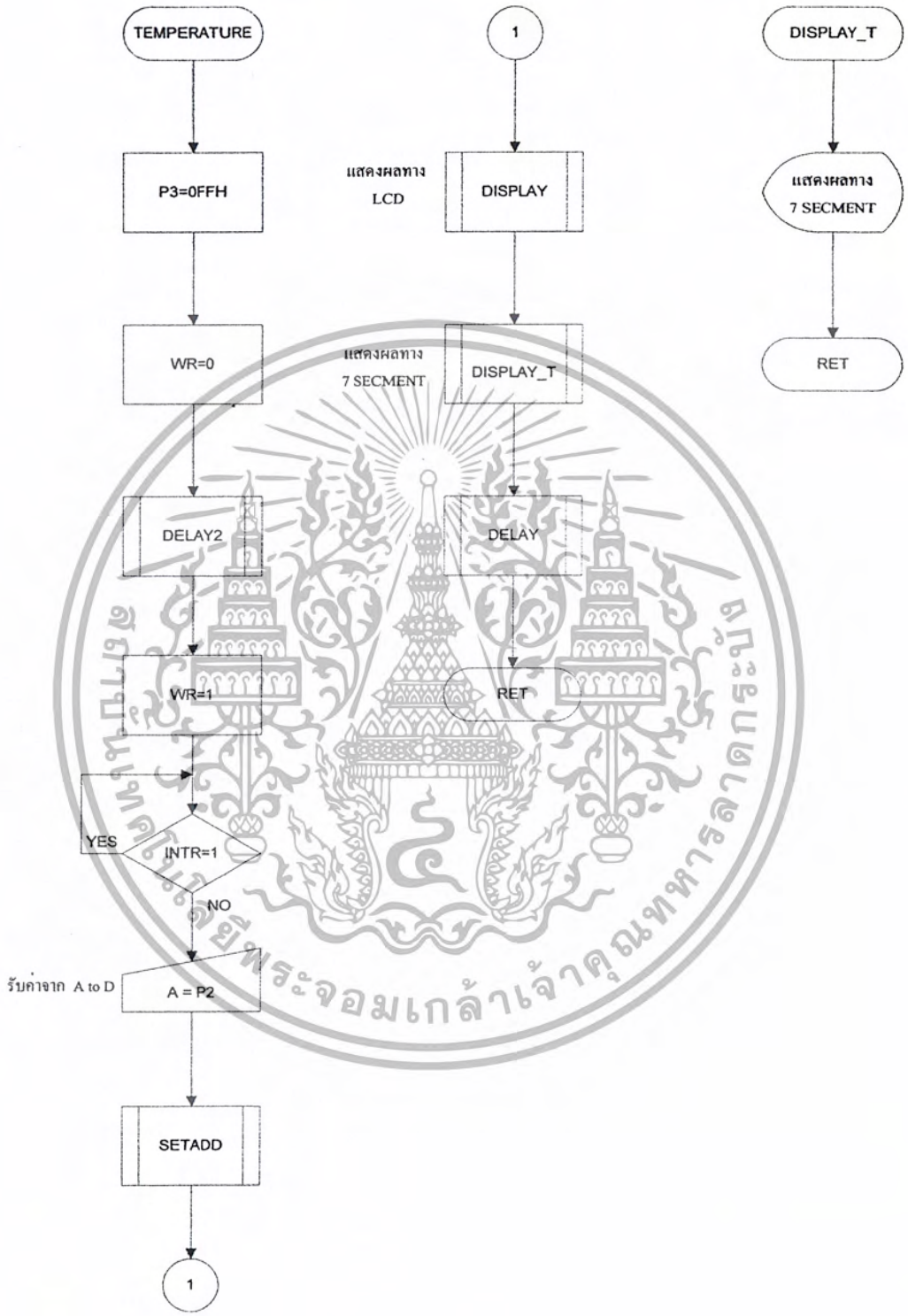
FLOWCHART

การทำงานของโปรแกรม



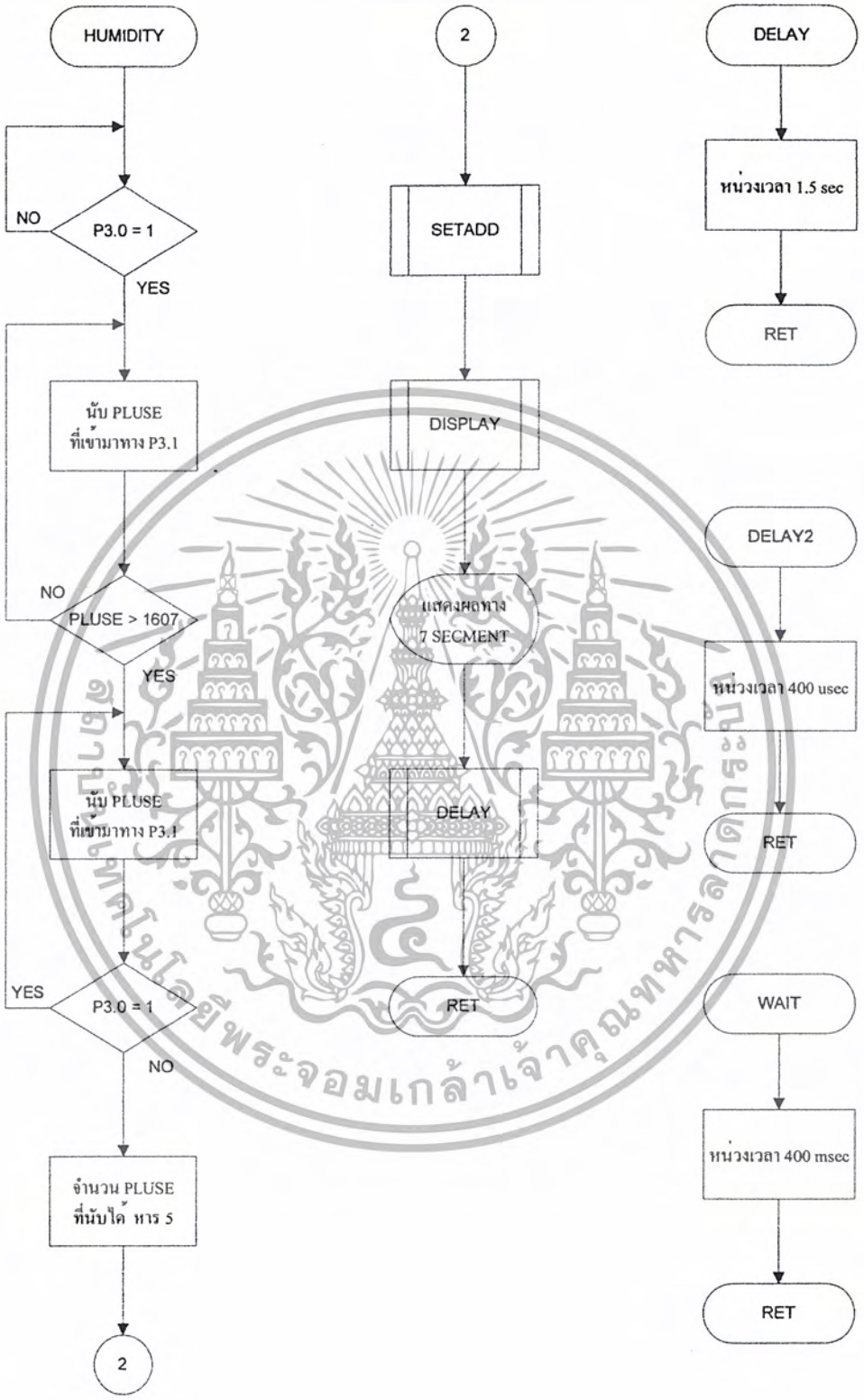
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของอุณหภูมิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของความชื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM

```
;*********************************************
;** PROGRAM SENSOR TEMPERATUER & HUMIDITY **
;*********************************************

ORG         0000H
AJMP        MAIN
WR          EQU   P3.2
INTR        EQU   P3.3
SWAPE       EQU   28H
CHK1        EQU   29H
STAY1       EQU   30H
STAY2       EQU   31H
RS          EQU   P0.0      ;RS=1 DATA , RS=0COMMAND
R_W         EQU   P0.1      ;R_W=1 READ , R_W=0  WRITE
E           EQU   P0.2
FUNC_SET    EQU   00111000B ;0 0 1 DL N F * *
DISPLAY_ON_OFF  EQU   00001100B ;0 0 0 0 1 D C B
ENTRY_MODE  EQU   00000110B ;0 0 0 0 0 1 I/D S
CLEAR_DISPLAY   EQU   00000001B

;***********************
;*** MAIN PROGRAM **
;***********************

MAIN:   LCALL   LCD_PROGRAM
MAIN1:  LCALL   TEMPERATURE
        MOV     P1,#0FFH
        LCALL   WAIT
        LCALL   HUMIDITY
        MOV     P1,#0FFH
        LCALL   WAIT
        AJMP    MAIN1

;*************************
;*** LCD DISPLAY *****
;*************************

LCD_PROGRAM:    LCALL   INITIAL
                CLR     R_W
                MOV     A,#CLEAR_DISPLAY
                LCALL   LCDCOM
                LCALL   LCDSET
LOOP_LCD1:      MOV     A,#000H
                LCALL   SETADD
                MOV     DPTR,#CHARATURE_T
                MOV     R4,#00    ;0CH IS ADDRESS OF DATA OF TEMPERATURE
LOOP_LCD2:      MOV     A,R4
                MOVC    A,@A+DPTR
                LCALL   DISPLAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     R4
                CJNE    R4,#12,LOOP_LCD2
                MOV     A,#040H      ; 49H  IS ADDRESS OF DATA OF HUMIDITY
                LCALL   SETADD
                MOV     DPTR,#CHARATURE_H
                MOV     R4,#00
LOOP_LCD3:      MOV     ,R4
                MOVC    A,@A+DPTR
                LCALL   DISPLAY
                INC     R4
                CJNE    R4,#9,LOOP_LCD3
                RET

INITIAL:        MOV     R0,#255
INITIAL0:       MOV     R1,#255
INITIAL1:       DJNZ    R1,INITIAL1
                DJNZ    R0,INITIAL0
                RET

LCDSET:         MOV     A,#FUNC_SET
                LCALL   LCDCOM
                MOV     A,#DISPLAY_ON_OFF
                LCALL   LCDCOM
                MOV     A,#ENTRY_MODE
                LCALL   LCDCOM
                RET

LCDCOM:         CLR     RS
                CLR     R_W
                MOV     P1,A
                LCALL   REFRE
                RET

SETADD:         SETB    ACC.7
                CLR     RS
                CLR     R_W
                MOV     P1,A
                LCALL   REFRE
                RET

DISPLAY:        SETB    RS
                CLR     R_W
                MOV     P1
                LCALL   REFRE
                RET


REFRE:          CLR     E
                LCALL   WIT1
                SETB    E
                RET

WIT1:           MOV     R0,#255
WIT2:           DJNZ    R0,WIT2
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;**********************
                ;*** TEMPERATURE ***
                ;**********************

TEMPERATURE:    MOV         P3,#0FFH
LOOPT1:         CLR         WR
                LCALL       DELAY2
                SETB        WR
LOOPT2:         JB          INTR,LOOPT2
                MOV         A,P2
                MOV         STAY1,A
                MOV         A,#2
                MOV         B,A
                MOV         A,STAY1
                MUL         AB
                MOV         STAY2,A
                MOV         DPTR,#LCD_00_99
                MOV         A,#00CH     ;SET ADDRESS LCD
                LCALL       SETADD
                MOV         A,STAY2
                MOVC        A@A+DPTR
                LCALL       DISPLAY
                MOV         A,STAY2
                INC         A
                MOVC        A,@A+DPTR
                LCALL       DISPLAY
                MOV         A,#00FH     ;SET ADDRESS LCD
                LCALL       SETADD
                MOV         A,#'C'
                LCALL       DISPLAY
                MOV         A,STAY1
                ACALL       DISPLAY_T
                RET

DISPLAY_T:      MOV         DPTR,#BCD_00_99
                MOVC        A,@A+DPTR
                MOV         P1,A
                ACALL       DELAY
                RET

DELAY2:         MOV         R0,200
L:              DJNZ        R0,L
                RET



                ;**********************
                ;*** HUMIDITY ******
                ;**********************

HUMIDITY:       MOV         P3,#0FFH
                MOV         R3,#00H
                MOV         R4,#00H
                MOV         CHK1,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV         DPTR,#BCD_00_99


            ;***** CHECK BIG PLUSE INPUT *******

LOOP1H:         JNB         P3.0,LOOP1H
LOOP2H:         JB          P3.0,LOOP2H
LOOP3H:         JNB         P3.0,LOOP3H
LOOP4H:         JB          P3.0,LOOP4H
LOOP5H:         JNB         P3.0,LOOP5H


            ;***** CHECK PLUSE OF OSC AND COUNTER STATE1 CUT 1607 PLUSE******

LOOP6H:         MOV         A,#00H
LOOP7H:         JB          P3.1,LOOP7H
LOOP8H:         JNB         P3.1,LOOP8H
                INC         A
                CJNE        A,#146,LOOP7H ;146 = 92H**********************
                INC         R3                      ;********** ADJUST AT 0%
                CJNE        3,#11,LOOP6H   ;10 = 0AH   **********************

            ;***** CHECK PLUSE OF OSC AND COUNTER STATE2 PLUSE MAX IS 500 ******

                MOV         A,#00H
LOOP9H:         JB          P3.1,LOOP9H
LOOP10H:        JNB         P3.1,LOOP11H
                AJMP        LOOP12H
LOOP11H:        JB          P3.0,LOOP10H
                LCALL       DISPLAY_H
                RET
LOOP12H:        INC         A
                CJNE        A,#0FFH,LOOP13H
                LJMP        LOOP14H
LOOP13H:        XCH         A,SWAPE
                MOV         A,R4
                ADD         A,#1
                MOV         R4,A
                XCH         A,SWAPE
                LJMP        LOOP9H

LOOP14H:        MOV         CHK1,#0AAH
                LJMP        LOOP13H


            ;***** DISPLAY SHOW VALUE HUMIDITY TO LED ********

DISPLAY_H:      MOV         A,#5  ;********ADJUST******
                XCH         A,B
                MOV         A,R4
                DIV         AB
                XCH         A,SWAPE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,CHK1
                CJNE    A,#0AAH,LOOP_DIS1
                XCH     A,SWAPE
                ADD     A,#52
                MOV     STAY1,A
                LJMP    LOOP_DIS2

LOOP_DIS1:      XCH     A,SWAPE
                MOV     STAY1,A

LOOP_DIS2:      MOV     A,#2
                MOV     B,A
                MOV     A,STAY1
                MUL     AB
                MOV     STAY2,A
                MOV     DPTR,#LCD_00_99
                MOV     A,#04AH
                LCALL   SETADD      ;SET ADDRESS LCD
                MOV     A,STAY2
                MOVC    A@A+DPTR
                LCALL   DISPLAY
                MOV     A,STAY2
                INC     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                LCALL   DISPLAY
                MOV     A,#04DH     ;SET ADDRESS LCD
                LCALL   SETADD
                MOV     A,#'%'
                LCALL   DISPLAY
                MOV     DPTR,#BCD_00_99
                MOV     A,STAY1
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P1,A
                LCALL   DELAY
                RET

                ;*****************************
                ;*** DELAY FOR DISPLAY
                ;*****************************

DELAY:          MOV     R0,#75   ;18.432 MHz 75=1Sec ,32=0.5Sec
L1:             MOV     R1,#100
L2:             MOV     R2,#100
L3:             DJNZ    R2,L3
                DJNZ    R1,L2
                DJNZ    R0,L
                RET

                ;*********************************
                ;*** WAIT FOR SWAP TEM. WITH HUMI.
                ;*********************************

WAIT:           MOV     R0,#16   ;18.432 MHz 75=1Sec ,32=0.5Sec  ,16=0.25Sec
W1:             MOV     R1,#100
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
W2:             MOV         R2,#100
W3:             DJNZ        R2,W3
                DJNZ        R1,W2
                DJNZ        R0,W1
                RET

                ORG             500  ; OUTPUT SEGMENT
BCD_00_99:      DB      00H,01H,02H,03H,04H,05H,06H,07H,08H,09H
                DB      10H,11H,12H,13H,14H,15H,16H,17H,18H,19H
                DB      20H,21H,22H,23H,24H,25H,26H,27H,28H,29H
                DB      30H,31H,32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
                DB      40H,41H,42H,43H,44H,45H,46H,47H,48H,49H
                DB      50H,51H,52H,53H,54H,55H,56H,57H,58H,59H
                DB      60H,61H,62H,63H,64H,65H,66H,67H,68H,69H
                DB      70H,71H,72H,73H,74H,75H,76H,77H,78H,79H
                DB      80H,81H,82H,83H,84H,85H,86H,87H,88H,89H
                DB      90H,91H,92H,93H,94H,95H,96H,97H,98H,99H

                ORG             620
CHARATURE_T:    DB 'T','E','M','P','E','R','A','T','U','R','E',':'

                ORG             640
CHARATURE_H:    DB 'H','U','M','I','D','I','T','Y',':'

                ORG             660  ; OUTPUT LCD
LCD_00_99:      DB      '00','01','02','03','04','05','06','07','08','09'
                DB      '10','11','12','13','14','15','16','17','18','19'
                DB      '20','21','22','23','24','25','26','27','28','29'
                DB      '30','31','32','33','34','35','36','37','38','39'
                DB      '40','41','42','43','44','45','46','47','48','49'
                DB      '50','51','52','53','54','55','56','57','58','59'
                DB      '60','61','62','63','64','65','66','67','68','69'
                DB      '70','71','72','73','74','75','76','77','78','79'
                DB      '80','81','82','83','84','85','86','87','88','89'
                DB      '90','91','92','93','94','95','96','97','98','99'

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในโครงงาน

BC Components **Product specification**

Humidity sensor 2322 691 90001

APPLICATIONS

- Humidity measurements in electronic hygrometers for domestic use
- Self-regulating air humidifiers, etc.

DESCRIPTION

This capacitive atmospheric humidity sensor consists of a non-conductive foil, which is covered on both sides with a layer of gold. The dielectric constant of the foil changes as a function of the relative humidity of the ambient atmosphere and, accordingly, the capacitance value of the sensor is a measure for relative humidity. The foil is clamped between contact springs and assembled in a plastic housing. It is provided with two connecting pins which fit printed-circuit boards with a grid pitch of 2.54 mm. provision is also made for fastening with 3 mm bolts. The characteristics are not affected by incidental water condensation on the sensor foil. It should not be exposed to either acetone or chlorine vapours.

QUICK REFERENCE DATA

PARAMETER	VALUE	UNIT
Humidity range (RH)	10 to 90	%
Capacitance at +25 °C; 43% RH; 100 kHz	122 ±15%	pF
Sensitivity between 12 and 75% RH	0.4 ±0.05	pF/%RH
Frequency	1 to 1000	kHz
Maximum AC or DC voltage	15	V
Storage humidity range (RH)	0 to 100	%
Ambient temperature range:		
operating	0 to +85	°C
storage	-25 to +85	°C
Drop test		
height of free fall	1	m
Mass	~1.3	g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

Marking

PHILIPS H1.

Mounting

The device can be soldered directly on to a printed-circuit board or fastened with 3 mm bolts.

Soldering

Solderability: ≤240 °C; ≤4 s.

Resistance to heat: ≤240 °C; ≤4 s.

Robustness of terminations

Tensile strength: 10 N.

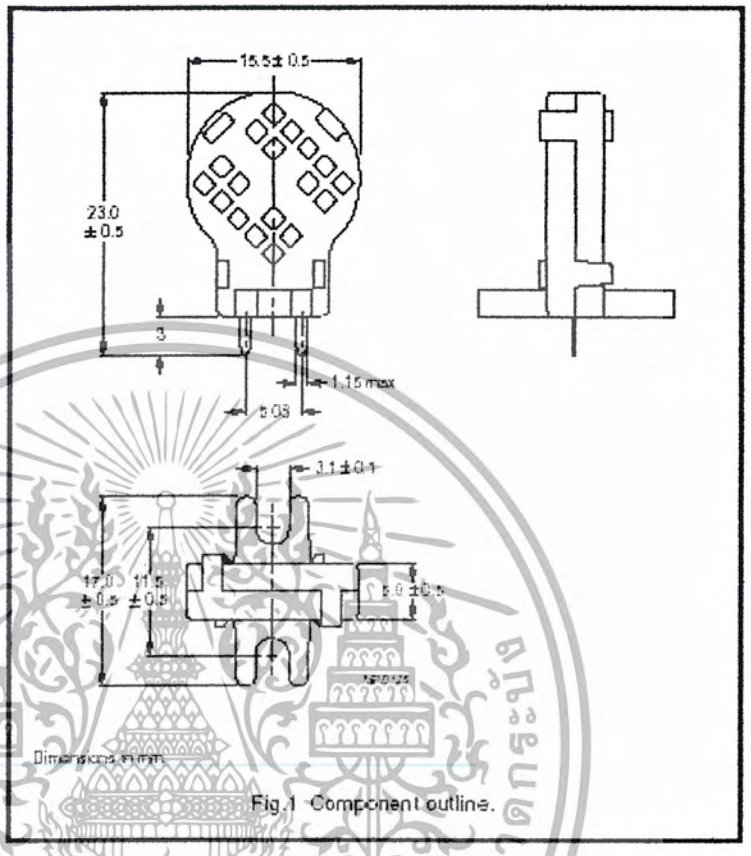


Fig.1 Component outline.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise stated, measurements are in accordance with *"IEC publication 60539"*.
Stability is in accordance with *"CECC 43000"* and *"IEC 60068-2"*.

PARAMETER	VALUE	UNIT
Humidity range (RH)	10 to 90	%
Capacitance at +25 °C; 43% RH; 100 kHz	122 ±15%	pF
Tan δ at +25 °C; 100 kHz; 43% RH	≤0.035	
Sensitivity between 12 and 75% RH	0.4 ±0.05	pF/%RH
Frequency range	1 to 1000	kHz
Temperature dependence	0.1	%RH/K
Response time in minutes (to 90% of indicated RH change at +25 °C, in circulating air):		
between 10 and 43% RH	<3	
between 43 and 90% RH	<5	
Hysteresis (for RH excursion of 10 to 90 to 10%)	<3	%
Maximum AC or DC voltage	15	V
Storage humidity range (RH)	0 to 100	%
Ambient temperature range:		
operating	0 to +85	°C
storage	−25 to +85	°C
Mass	≈1.3	g

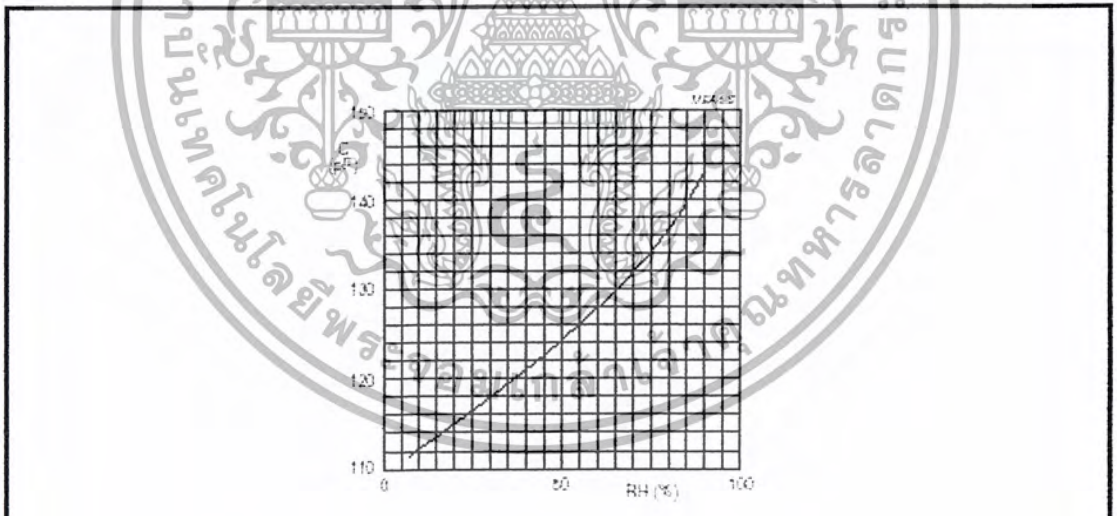


Fig.2 Typical capacitance as a function of relative humidity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

November 2000

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.

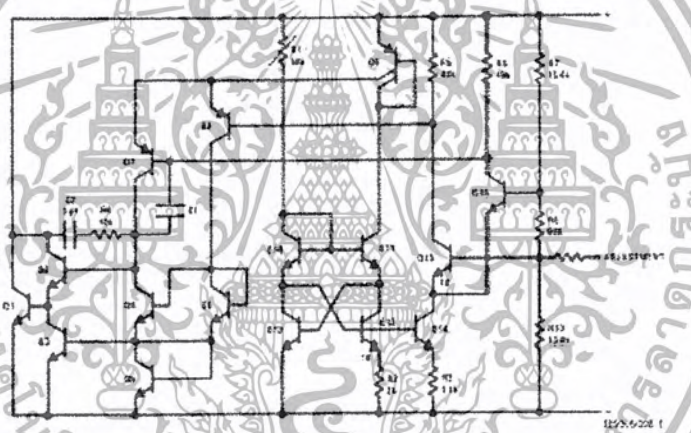
Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a −55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 4)

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

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 (Note 1)

LM135/LM235, LM135A/LM235A

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	2.96	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 (Note 1)

LM335, LM335A

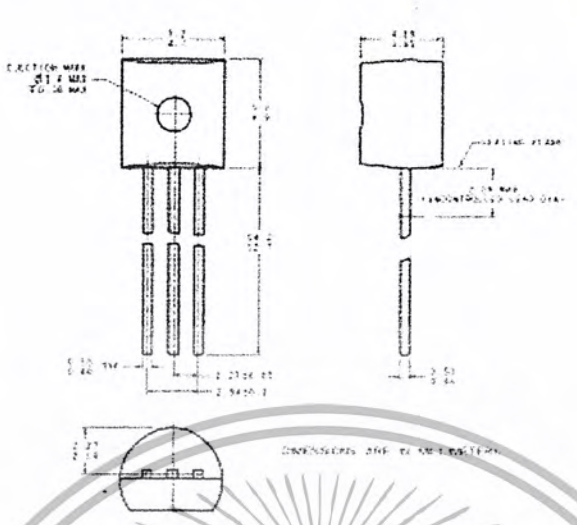
Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	T_C = 25˚C, I_R = 1 mA	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	T_C = 25˚C, I_R = 1 mA		1	3		2	6	˚C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{MIN} \le T_C \le T_{MAX}$, I_R = 1 mA		2	5		4	9	˚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		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	T_C=125˚C		0.2			0.2		˚C/khr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Plastic Package
Order Number LM335Z or LM335AZ
NS Package Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

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.

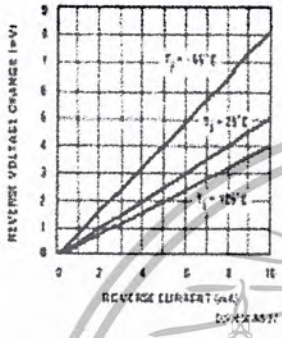
Note 3:

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

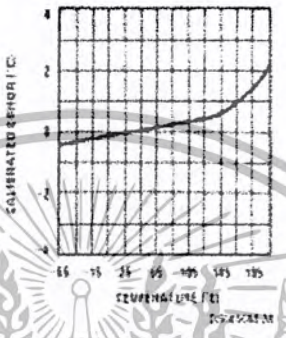
Note 4: Refer to RETS1394 for military specifications.

Typical Performance Characteristics

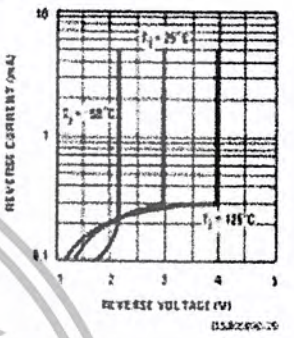
Reverse Voltage Change



Calibrated Error

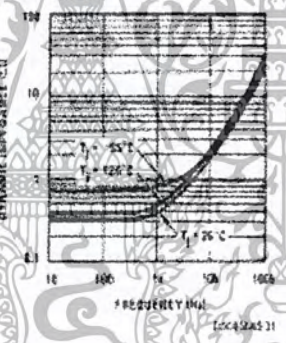


Reverse Characteristics

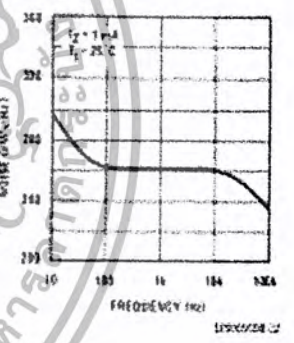


Response Time

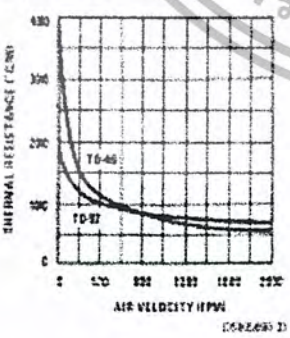
Dynamic Impedance



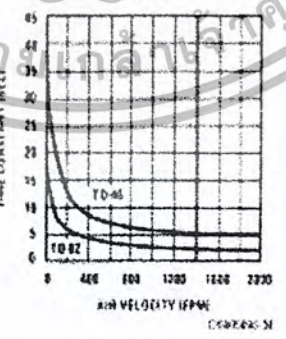
Noise Voltage



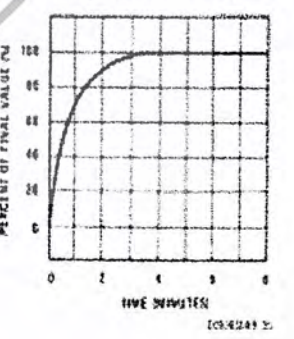
Thermal Resistance Junction to Air



Thermal Time Constant



Thermal Response in Still Air



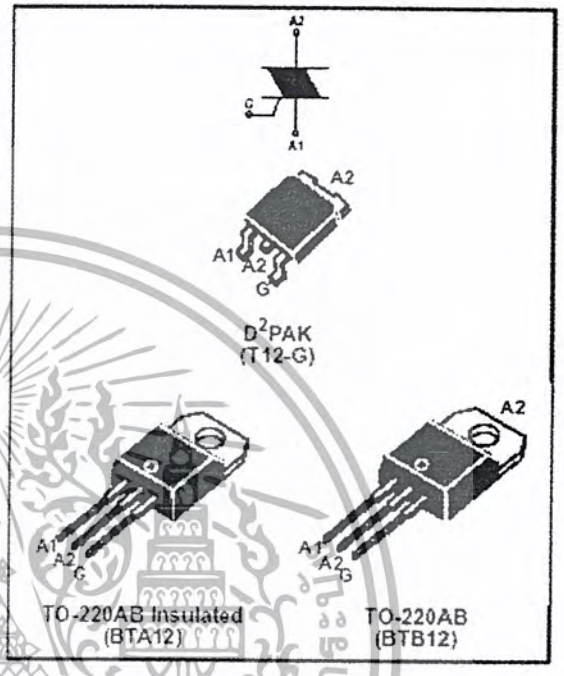
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA/BTB12 and T12 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD — 12A TRIACs

MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	12	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
I_{GT} (Q$_1$)	10 to 50	mA



DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the BTA/BTB12 and T12 triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers....

The snubberless versions (BTA/BTB...W and T12 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734).

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter			Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	D²PAK/TO-220AB	Tc = 105°C	12	A
		TO-220AB Ins	Tc = 90°C		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, Tj initial = 25°C)	F = 50 Hz	t = 20 ms	120	A
		F = 60 Hz	t = 16.7 ms	126	
I^2t	I²t Value for fusing	tp = 10 ms		78	A²s
dI/dt	Critical rate of rise of on-state current I_G = 2 x I_{GT} , tr ≤ 100 ns	F = 120 Hz	Tj = 125°C	50	A/µs
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	tp = 10 ms	Tj = 25°C	V_{DRM}/V_{RRM} + 100	V
I_{GM}	Peak gate current	tp = 20 µs	Tj = 125°C	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation		Tj = 125°C	1	W
T_{stg} T_j	Storage junction temperature range Operating junction temperature range			- 40 to + 150 - 40 to + 125	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA/BTB12 and T12 Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Tj = 25°C, unless otherwise specified)

■ **SNUBBERLESS™ and LOGIC LEVEL (3 Quadrants)**

Symbol	Test Conditions	Quadrant		T12	BTA/BTB12			Unit
				T1235	SW	CW	BW	
I_{GT} (1)	V_D = 12 V R_L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	35	10	35	50	mA
V_{GT}		I - II - III	MAX.	1.3				V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$ R_L = 3.3 kΩ Tj = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2				V
I_H (2)	I_T = 100 mA		MAX.	35	15	35	50	mA
I_L	$I_G = 1.2\ I_{GT}$	I - III	MAX.	50	25	50	70	mA
		II		60	30	60	80	
dV/dt (2)	V_D = 67 %V_{DRM} gate open Tj = 125°C		MIN.	500	40	500	1000	V/µs
(dI/dt)c (2)	(dV/dt)c = 0.1 V/µs Tj = 125°C		MIN.	-	6.5	-	-	A/ms
	(dV/dt)c = 10 V/µs Tj = 125°C			-	2.9	-	-	
	Without snubber Tj = 125°C			6.5	-	6.5	12	

■ **STANDARD (4 Quadrants)**

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB12		Unit
				C	B	
I_{GT} (1)	V_D = 12 V R_L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	25	50	mA
		IV		50	100	
V_{GT}		ALL	MAX.	1.3		V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$ R_L = 3.3 kΩ Tj = 125°C	ALL	MIN.	0.2		V
I_H (2)	I_T = 500 mA		MAX.	25	50	mA
I_L	$I_G = 1.2\ I_{GT}$	I - III - IV	MAX.	40	50	mA
		II		80	100	
dV/dt (2)	V_D = 67 %V_{DRM} gate open Tj = 125°C		MIN.	200	400	V/µs
(dV/dt)c (2)	(dI/dt)c = 5.3 A/ms Tj = 125°C		MIN.	5	10	V/µs

STATIC CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions			Value	Unit
V_T (2)	I_{TM} = 17 A tp = 380 µs	Tj = 25°C	MAX.	1.55	V
V_{to} (2)	Threshold voltage	Tj = 125°C	MAX.	0.85	V
R_d (2)	Dynamic resistance	Tj = 125°C	MAX.	35	mΩ
I_{DRM}	$V_{DRM} = V_{RRM}$	Tj = 25°C	MAX.	5	µA
I_{RRM}		Tj = 125°C		1	mA

Note 1: minimum IGT is guaranted at 5% of IGT max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter			Value	Unit
$R_{th(j-c)}$	Junction to case (AC)		D²PAK/TO-220AB	1.4	°C/W
			TO-220AB Insulated	2.3	
$R_{th(j-a)}$	Junction to ambient	S = 1 cm²	D²PAK	45	°C/W
			TO-220AB TO-220AB Insulated	60	

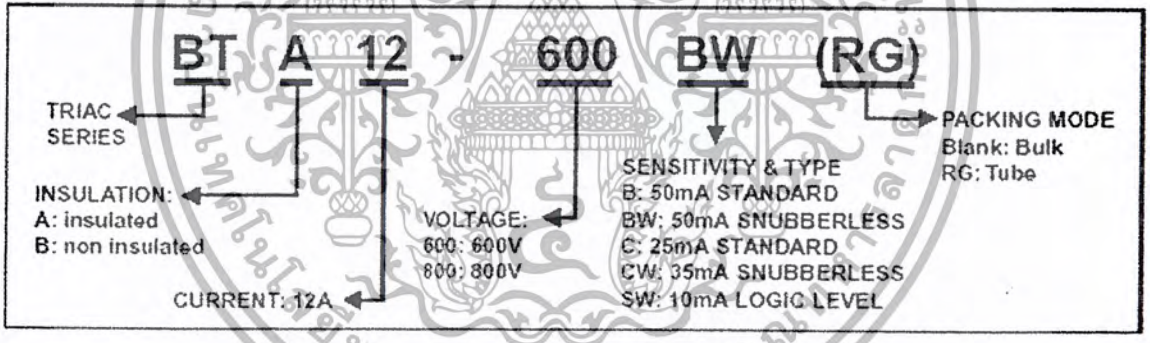
S = Copper surface under tab

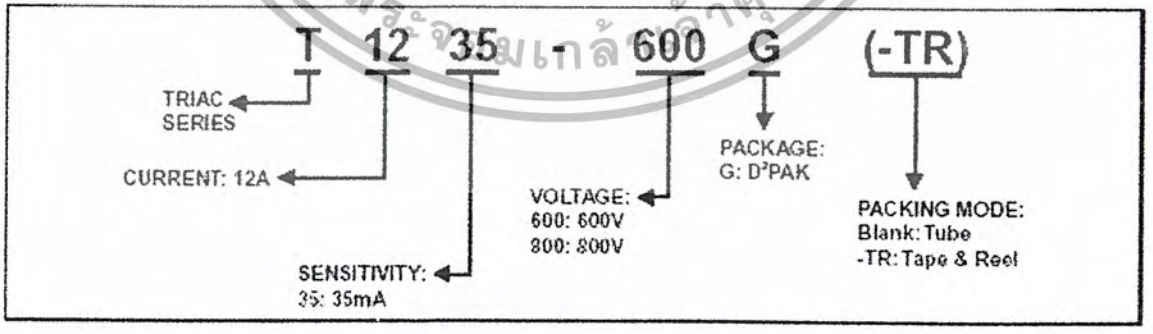
PRODUCT SELECTOR

Part Number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600 V	800 V			
BTA/BTB12-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxC	X	X	25 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB12-xxxSW	X	X	10 mA	Logic level	TO-220AB
T1235-xxxG	X	X	35 mA	Snubberless	D²PAK

BTB: non insulated TO-220AB package

ORDERING INFORMATION





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OTHER INFORMATION

Part Number	Marking	Weight	Base quantity	Packing mode
BTA/BTB12-xxxyz	BTA/BTB12-xxxyz	2.3 g	250	Bulk
BTA/BTB12-xxxyzRG	BTA/BTB12-xxxyz	2.3 g	50	Tube
T1235-xxxG	T1235xxxG	1.5 g	50	Tube
T1235-xxxG-TR	T1235xxxG	1.5 g	1000	Tape & reel

Note: xxx = voltage, yy = sensitivity, z = type

Fig. 1: Maximum power dissipation versus RMS on-state current (full cycle).

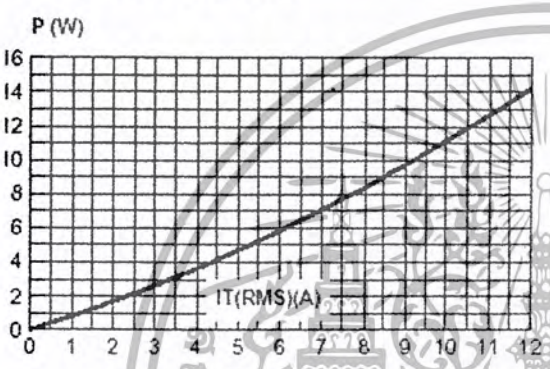


Fig. 2-1: RMS on-state current versus case temperature (full cycle).

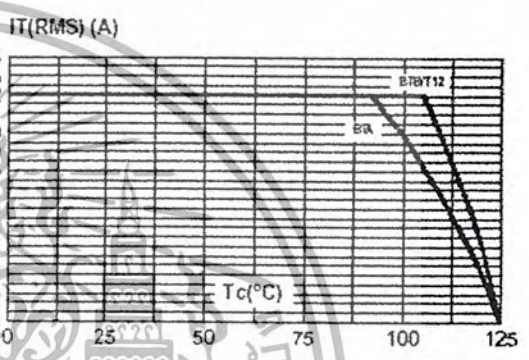


Fig. 2-2: RMS on-state current versus ambient temperature (printed circuit board FR4, copper thickness: 35µm), full cycle.

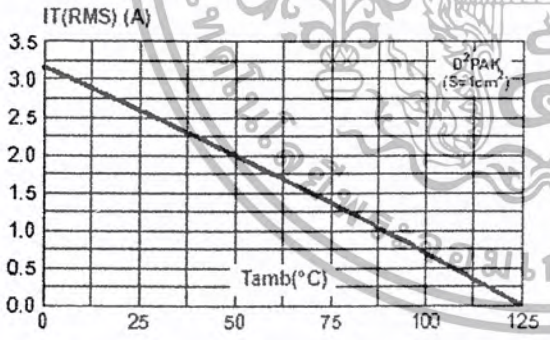
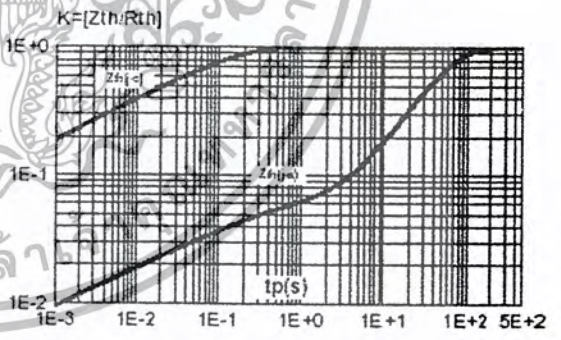


Fig. 3: Relative variation of thermal impedance versus pulse duration.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 4: On-state characteristics (maximum values).

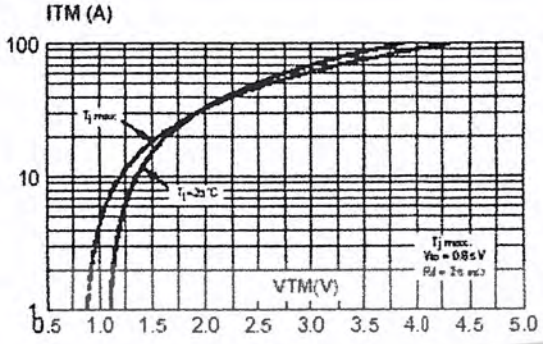


Fig. 5: Surge peak on-state current versus number of cycles.

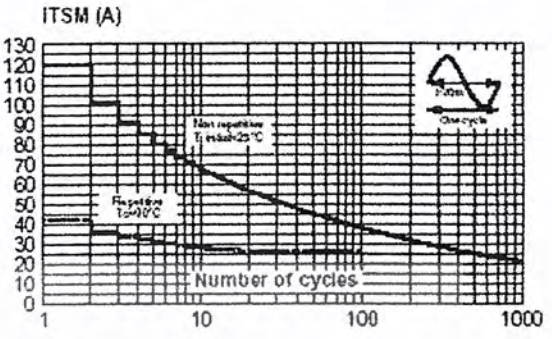


Fig. 6: Non-repetitive surge peak on-state current for a sinusoidal pulse with width tp < 10ms, and corresponding value of I^2t.

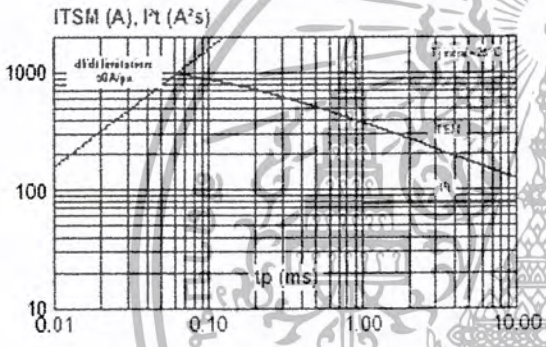


Fig. 7: Relative variation of gate trigger current, holding current and latching current versus junction temperature (typical values).

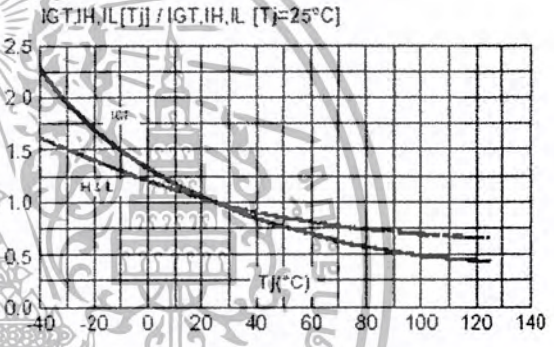


Fig. 8: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus (dV/dt)c (typical values).

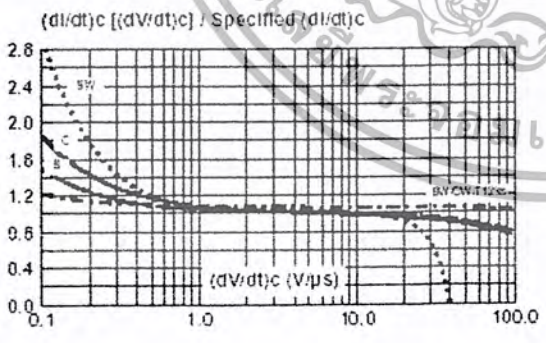
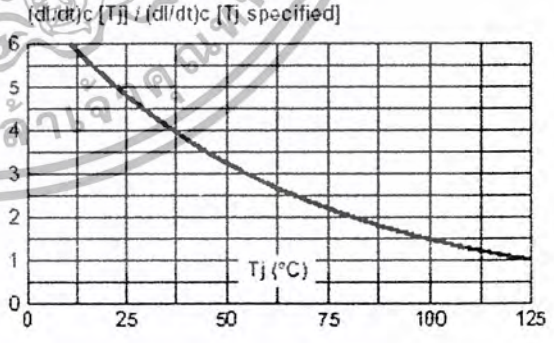
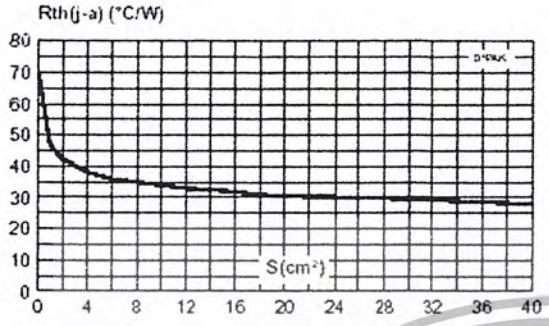


Fig. 9: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus junction temperature.



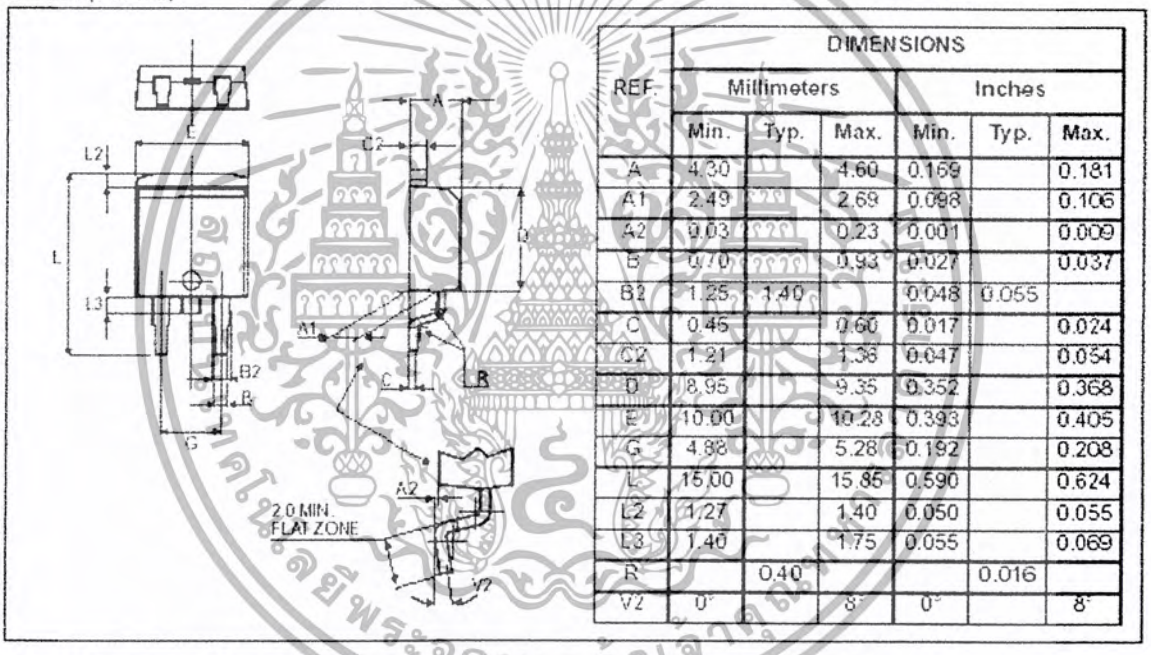
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 10: D²PAK Thermal resistance junction to ambient versus copper surface under tab (printed circuit board FR4, copper thickness: 35 µm).



PACKAGE MECHANICAL DATA

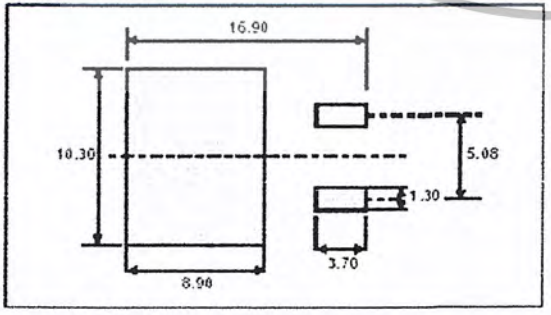
D²PAK (Plastic)



REF.	DIMENSIONS					
	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	4.30		4.60	0.169		0.181
A1	2.49		2.69	0.098		0.106
A2	0.03		0.23	0.001		0.009
B	0.70		0.93	0.027		0.037
B2	1.25	1.40		0.048	0.055	
C	0.45		0.60	0.017		0.024
C2	1.21		1.36	0.047		0.054
D	8.95		9.35	0.352		0.368
E	10.00		10.28	0.393		0.405
G	4.88		5.28	0.192		0.208
L	15.00		15.85	0.590		0.624
L2	1.27		1.40	0.050		0.055
L3	1.40		1.75	0.055		0.069
R		0.40			0.016	
V2	0°		8°	0°		8°

FOOTPRINT DIMENSIONS (in millimeters)

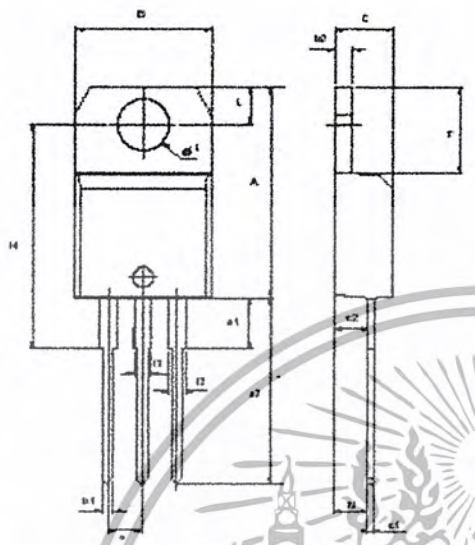
D²PAK (Plastic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE MECHANICAL DATA

TO-220AB / TO-220AB Ins.



REF.	DIMENSIONS					
	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	15.20		15.90	0.598		0.625
a1		3.75			0.147	
a2	13.00		14.00	0.511		0.551
B	10.00		10.40	0.393		0.409
b1	0.61		0.88	0.024		0.034
b2	1.23		1.32	0.048		0.051
C	4.40		4.60	0.173		0.181
c1	0.49		0.70	0.019		0.027
c2	2.40		2.72	0.094		0.107
e	2.40		2.70	0.094		0.106
F	6.20		6.60	0.244		0.259
I	3.75		3.85	0.147		0.151
H	15.80	16.40	16.80	0.622	0.646	0.661
L	2.65		2.95	0.104		0.116
l2	1.14		1.70	0.044		0.066
l3	1.14		1.70	0.044		0.066
M		2.60			0.102	

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

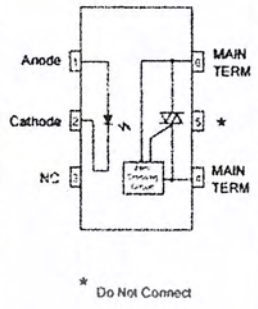
© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES
Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany
Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore
Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

http://www.st.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Zero-Crossing Triac Output; GaAs Input

Part Number	I_{FT} (mA) max	V_{TM} (V) max	V_{DM} (V) max	dv/dt (V/μs) min	$I_{DRM\ 1}$ (nA) max	V_{ISO} AC[RMS]	Pkg Outline QT	Pkg Outline MOT	Agency Approvals Standard	VDE 0884 QT	VDE 0884 MOT
MOC3031	15	3	250	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3032	10	3	250	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3033	5	3	250	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3041	15	3	400	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3042	10	3	400	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3043	5	3	400	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3061	15	3	600	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3062	10	3	600	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3063	5	3	600	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3081	15	3	800	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3082	10	3	800	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3083	5	3	800	600	500	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3162	10	3	600	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V
MOC3163	5	3	600	1000	100	5.3kV	N/A	J	A,D,F,N,S,T,U	N/A	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้