สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงผลทางโทรศัพท์มือถือ

A SYSTEM OF INSPECTOR QUALITY OF WATER THAT DISPLAY BY MOBILE PHONE

โดย

นายไพบูลย์ บ่อน้อย

นายวิทยา หวังนุช

ปพ.
W978ร
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72753
วัน,เดือน,ปี.....22 มิ.ย. 2550

b.11727256
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ฝ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ฝ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงผลทางโทรศัพท์มือถือ

A SYSTEM OF INSPECTOR QUALITY OF WATER THAT DISPLAY BY MOBILE PHONE

โดย

นายไพบูลย์ บ่อน้อย 47015061

นายวิทยา หวังนุช 47015064

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ผศ. ดร. พิเชฐ ม่วงนวล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงผลทางโทรศัพท์มือถือ

A SYSTEM OF INSPECTOR QUALITY OF WATER THAT DISPLAY BY MOBILE PHONE

ผู้จัดทำ

1. นายไพบูลย์	บ่อน้อย	47015061
2. นายวิทยา	หวังนุช	47015064

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. สมยศ อุณณะปิยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร. พิเชฐ ม่วงนวล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงผลทางโทรศัพท์มือถือ

A SYSTEM OF INSPECTOR QUALITY OF WATER THAT DISPLAY BY MOBILE PHONE

โดย นายไพบูลย์ บ่อน้อย 47015061
นายวิทยา หวังนุช 47015064

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ จุณณะปิยะ
ผศ. ดร. พิเชฐ ม่วงนวล

บทคัดย่อ

โครงงานตรวจสอบคุณภาพน้ำแสดงผลทางโทรศัพท์มือถือ สามารถวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) กับอุณหภูมิ โดยใช้ Sensor pH เป็นตัวตรวจจับความเป็นกรด - ด่างในน้ำ ตามหลักของการวัดค่า pH และใช้ Sensor อุณหภูมิเป็นตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในน้ำ โดยส่งผ่านคลื่นวิทยุไปยังตัวรับ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลเมื่อมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และอุณภูมิ มีค่าเกินค่ามาตรฐานและส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ

ABSTRACT

This project presents a system of inspector quality of water that display mobile phone. It can measure the value pH and temperature. This project uses the pH sensor and temperature sensor to detect of pH and temperature change in water. Then it transmits the radio wave to the receiver. MCS - 51 is used as a processing unit and sent the data to mobile phone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงาน	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวงจร**	**3**
	2.1 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ	3
	2.2 คุณภาพของน้ำ (Water quality)	4
	2.3 อุณหภูมิ (temperature)	8
	2.4 หัววัดค่า pH	8
	2.5 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	9
	2.6 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820	33
	2.7 ไอซี MAX232	36
	2.8 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS - 232	39
	2.9 จีเอสเอ็มโมดูลและการเชื่อมต่อ	45
	2.10 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	49
บทที่ 3	**การคำนวณและการสร้าง**	**51**
	3.1 การออกแบบโครงงาน	51
	3.2 ส่วนของวงจรเซ็นเซอร์และวงจรขยาย	51
	3.3 ส่วนวงจรตรวจจับอุณหภูมิ	53
	3.4 ส่วนวงจรตรวจจับค่า pH	55
	3.5 ส่วนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	57
	3.6 ส่วนของโมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่	59
	3.7 ส่วนวงจรภาคจ่ายไฟ	63
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**64**
	4.1 การทดลองที่ 1 การวัดค่าแรงเอาท์พุตของวงจรขยาย ในส่วนของหัววัดค่า pH	64
	4.1.1 วัตถุประสงค์การทดลอง	64
	4.1.3 ลำดับขั้นการทดลอง	64
	4.1.4 ผลการทดลอง	65
	4.2 การทดลองที่ 2 การตรวจสอบการทำงานของโมดูล GSM	66
	4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	66
	4.2.2 ผลการทดลอง	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 **การทดลองของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ** 67
4.3.1 วัตถุประสงค์การทดลอง 67
4.3.2 ลำดับขั้นการทดลอง 68
4.3.3 ผลการทดลอง 68
4.4 การทดลองที่ 4 **การทดลองของวงจรตรวจจับ pH** 69
4.4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง 69
4.4.2 ลำดับขั้นการทดลอง 69
4.4.3 ผลการทดลอง 69
4.5 การทดลองที่ 5 **การทดลองผลการทำงานของวงจรรวม** 69
4.5.1 วัตถุประสงค์การทดลอง 69
4.5.2 ลำดับขั้นการทดลอง 69
4.5.3 ผลการทดลอง 70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 73
บรรณานุกรม
ภาคผนวก 1 โปรแกรม
ภาคผนวก 2 DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างและการเกาะกันของโมเลกุลของน้ำ
ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจน 3

รูปที่ 2.2 ผลกระทบที่มีต่อสัตว์น้ำเมื่อค่าของ pH เปลี่ยนแปลงไปที่ระดับต่างๆ 6

รูปที่ 2.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 12

รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 13

รูปที่ 2.5 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) 15

รูปที่ 2.6 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) 16

รูปที่ 2.7 แสดงการแบ่งหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง 17

รูปที่ 2.8 โครงสร้างหน่วยความจำ 17

รูปที่ 2.9 การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing 24

รูปที่ 2.10 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 33

รูปที่ 2.11 โครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 34

รูปที่ 2.12 การจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820 34

รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232 36

รูปที่ 2.14 รูปวงจรภายในของไอซี MAX 232 37

รูปที่ 2.15 การต่อใช้งาน MAX232 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 37

รูปที่ 2.16 ตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 และการต่อใช้งาน 38

รูปที่ 2.17 สาย DB9-SIP3 ที่ใช้ต่อกับบอร์ด MAX232 กับ PC 38

รูปที่ 2.18 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม 39

รูปที่ 2.19 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที 40

รูปที่ 2.20 แสดงการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย
บิตเริ่มต้น , บิตพาริตี้, บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที 41

รูปที่ 2.21 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL
ในสถานะลอจิก "1" และ "0" 42

รูปที่ 2.22 จีเอสเอ็มโมดูล GM – 29 46

รูปที่ 2.23 จีเอสเอ็มโมดูล GM – 29 46

รูปที่ 2.24 แสดงการจัดขาของไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล 49

รูปที่ 2.25 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล 49

รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบทำงานโดยรวม 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.2 แสดงการต่อวงจรของตัวตรวจจับ pH ก่อนต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล 52

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ 53

รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ 54

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจจับค่า pH 55

รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรตรวจจับค่า pH 56

รูปที่ 3.7 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 57

รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 58

รูปที่ 3.9 จีเอสเอ็มโมดูล GM - 29 60

รูปที่ 3.10 จีเอสเอ็มโมดูล GM – 29 60

รูปที่ 3.11 แสดงขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟของจีเอสเอ็มโมดูล GM - 29 61

รูปที่ 3.12 แสดงขั้วต่อสัญญาณเสียงของจีเอสเอ็มโมดูล GM - 29 61

รูปที่ 3.13 แสดงขั้วต่อสายอากาศของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29 61

รูปที่ 3.14 แสดงการใส่ซิมการ์ดของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29 62

รูปที่ 3.15 แสดงขั้วต่อ RS232 ของจีเอสเอ็มโมดูล GM - 29 62

รูปที่ 3.16 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ 63

รูปที่ 4.1 วงจรส่วนตรวจจับค่า pH 65

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับแรงดันเอาท์พุตของวงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ 66

รูปที่ 4.3 แสดงการทดลองโมดูล GSM โดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal ในการแสดงผล 67

รูปที่ 4.4 แสดงผลที่ได้จากการส่งข้อความในรูปแบบ SMS 68

รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ 69

รูปที่ 4.6 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 72

รูปที่ 4.7 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 73

รูปที่ 4.8 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อค่า pH มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 73

รูปที่ 4.9 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อค่า pH มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แสดงผลที่ได้จากการส่ง SMS เมื่อค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่าง
เพื่อติดต่อกับรีจีสเตอร์แบงก์ R0-R7 19
ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์โดยใช้ M0, M1 22
ตารางที่ 2.3 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ 26
ตารางที่ 2.4 แสดงชุดคำสั่งทางลอจิก 28
ตารางที่ 2.5 แสดงชุดคำสั่งการโอนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายใน 29
ตารางที่ 2.6 ชุดคำสั่งโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจีสเตอร์ A และหน่วยความจำภายนอก 30
ตารางที่ 2.7 คำสั่งแบบเปิดตาราง 30
ตารางที่ 2.8 ชุดคำสั่ง Boolean 31
ตารางที่ 2.9 แสดงการจัดขา ของคอนเน็กเตอร์ อนุกรมแบบ DB9
และหน้าที่การใช้งานต่างๆ 43
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันเอาท์พุตของวงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ 65
ตารางที่ 4.2 แสดงผลที่ได้จากการทดลองอุณหภูมิบน Display (° C)
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ (° C) 70
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตกับค่า pH บน Display 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันอาชีพของประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะประกอบอาชีพเกษตรกรรม ในกรรมวิธีการเกษตรน้ำมีบทบาทสำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเพาะปลูก หรือการเลี้ยงสัตว์ซึ่งการเลี้ยงสัตว์นั้น โดยเฉพาะนากุ้งและการเลี้ยงปลา จำเป็นที่จะต้องมีน้ำที่มีคุณภาพและต้องตรงตามมาตรฐานของการควบคุมการทำนากุ้งและการเลี้ยงปลา เพราะจะช่วยลดปัญหากุ้งและปลาตาย รวมทั้งโรคระบาดต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรไม่มีปัญหาการขาดทุน จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือวัดและควบคุมคุณภาพน้ำ ซึ่งเครื่องมือวัดและควบคุมคุณภาพน้ำที่มีในท้องตลาดสร้างความยุ่งยากให้กับเกษตรกรมาก เพราะเมื่อเกษตรกรต้องการที่จะวัดและควบคุมคุณภาพน้ำ เกษตรกรก็จะต้องหาซื้อเครื่องมือวัดค่า pH และเครื่องวัดอุณหภูมิ ซึ่งจะต้องใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำอย่างน้อย 2 ชนิด ทำให้เกิดภาระที่ต้องใช้จ่ายเงินและเวลาโดยสิ้นเปลืองอีกด้วย แต่เครื่องมือที่ทำโครงงานนี้สามารถวัดและควบคุมอุณหภูมิ ค่า pH ได้ในตัวเดียวกัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาลง ช่วยสร้างความสะดวกสบายให้กับเกษตรกรและผู้ที่ต้องการวัดและควบคุมคุณภาพน้ำได้ดีอีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบควบคุมคุณภาพน้ำ

1.2.2 เพื่อออกแบบวงจรระบบควบคุมคุณภาพน้ำ

1.2.3 เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบควบคุมคุณภาพน้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ในการดำเนินโครงงานสามารถกำหนดขอบเขตของโครงงานได้ดังนี้

1.3.1 สร้างเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ

1.3.2 คุณภาพน้ำที่สามารถวัดได้ ค่า pH ที่สามารถวัดได้ 0 -- 12.7 pH

1.3.3 สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 100°C

1.3.4 ค่าความผิดพลาดในการวัด ± 0.05 %

1.3.5 สามารถกำหนดค่ากำหนดช่วงอุณหภูมิและค่า pH ให้เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงงาน

1.4.1 รู้และเข้าใจหลักการส่งข้อความของโทรศัพท์มือถือ

1.4.2 รู้และเข้าใจหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.3 สามารถสร้างเครื่องวัดและควบคุมคุณภาพน้ำที่จะนำไปพัฒนาต่อได้

1.4.4 สามารถรวบรวมเครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบต่างๆไว้ด้วยกัน

1.4.5 ได้เครื่องมือควบคุมคุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพและสะดวกในการอ่านค่าต่างๆได้ชัดเจน

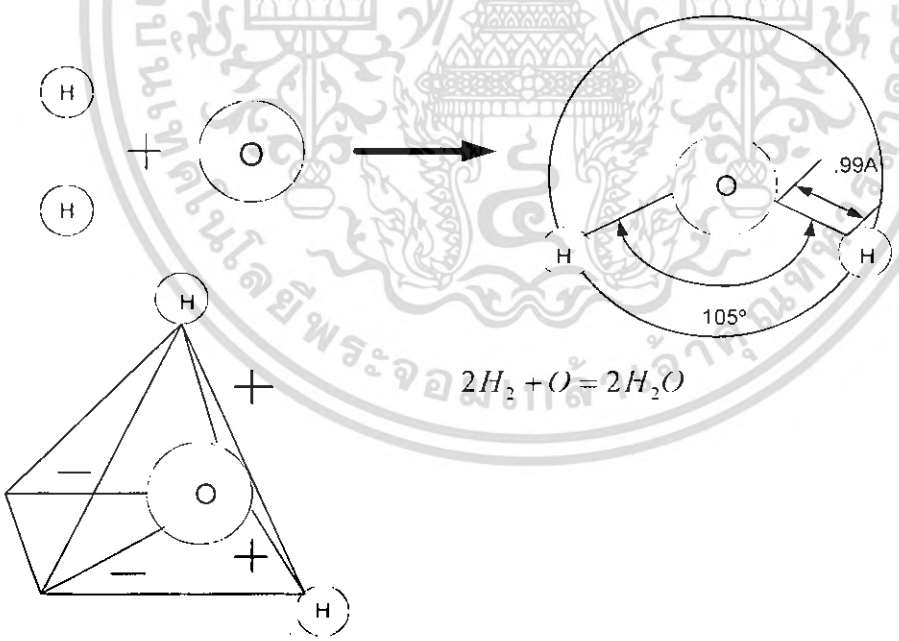
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวงจร

2.1 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำ

น้ำบริสุทธิ์ 1 โมเลกุล จะประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมและออกซิเจน 1 อะตอม การเกาะกันในทางโครงสร้างของโมเลกุลของน้ำในบ่อในสระและในสิ่งมีชีวิต ล้วนเป็นแบบเดียวกัน อะตอมของออกซิเจนมีขนาดใหญ่กว่ามีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 16 น้ำหนักอะตอมของไฮโดรเจนเท่ากับ 1 อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนจะเกาะเกี่ยวกันทำมุมประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นขั้วบวกของออกซิเจน 2 ขั้ว และขั้วลบของไฮโดรเจน 2 ขั้ว ซึ่งจะดึงดูดกันเองระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยแรงดึงดูดที่เรียกว่า ไฮโดรเจนบอนด์ (hydrogen bonds) แรงดึงดูดนี้มักจะถูกทำลายได้ง่ายด้วยการสั่นสะเทือน ทำให้น้ำไม่สามารถคงรูปร่างได้ยกเว้นน้ำแข็ง

น้ำมี 3 สถานะ คือ ของเหลว ของแข็ง (น้ำแข็ง) และก๊าซ (ไอน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอเมื่อโดนแดดเผา หรือไอน้ำที่ระเหยจากการต้มน้ำ) เมื่อน้ำโดนความร้อน โมเลกุลของน้ำจะแยกจากกันเป็นอิสระ เพราะแรงจับขอบไฮโดรเจนบอนด์ จะถูกทำลายด้วยพลังงานความร้อน ทำให้สูญเสียปริมาตร ตรงกันข้ามกับสภาวะของน้ำแข็ง ซึ่งไฮโดรเจนบอนด์ที่ยึดระหว่างโมเลกุลของน้ำแข็งจะแข็งแรงกว่าและคงรูปร่างมากกว่า แต่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำธรรมดา ทำให้น้ำแข็งลอยน้ำได้และมีปริมาตรเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะโครงสร้างและการเกาะกันของโมเลกุลของน้ำ ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่อุณหภูมิลดลงเหลือเพียง 4 องศาเซลเซียส จะค่อยจับตัวกันกลายเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีความหนาแน่นน้อยลง โดยปริมาตรจะเพิ่มขึ้น และแรงสั่นสะเทือนจะลดลงเรื่อยๆ จะกลายเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส คุณสมบัตินี้จำเป็นต่อผู้ที่จะทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่จะต้องทราบเพราะเมื่ออากาศเย็นลงในเขตหนาว ส่วนบนของน้ำจะกลายเป็นน้ำแข็งปิดกั้นระหว่างน้ำแข็งด้านบนและน้ำด้านล่างที่อุณหภูมิสูงกว่า ด้วยชั้นของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นรวดเร็วมากจากน้ำแข็งเป็นน้ำและจากน้ำกลายเป็นน้ำแข็งในฤดูหนาว ชั้นนี้เรียกว่า thermo cline ส่วนในฤดูร้อนอุณหภูมิของน้ำด้านบนจะสูงกว่าน้ำส่วนล่างมากทำให้เกิดชั้นของ thermo cline เช่นเดียวกัน ปรากฏการณ์เช่นนี้ มักพบในทะเลสาบและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำขนาดใหญ่ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทำให้ความหนาแน่นของผิวน้ำเพิ่มขึ้น และเกิดการแทนที่ของน้ำส่วนล่างที่หนาแน่นกว่าพุ่งขึ้นมาในแนวดิ่ง แล้วพัดพาเอาแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ก้นน้ำขึ้นมาด้วย ซึ่งจะทำให้พันธุ์ไม้น้ำและแพลงตอนพืชสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสงได้

น้ำมีค่าความร้อนจำเพาะสูงมากเท่ากับ 1 ค่านี้คือค่าของพลังงานที่จะต้องใช้ในการทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งของเหลวอื่น เช่น แอลกอฮอล์ จะใช้พลังงานน้อยกว่านี้ และจะต้องใช้พลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นอีกมากมายหลายเท่า ในการทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็ง เป็นของเหลวและจากของเหลวกลายเป็นไอ การทำให้น้ำเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานความร้อนเพียง 1 แคลอรี แต่การทำให้น้ำ 1 กรัมที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะต้องใช้พลังงานความร้อนถึง 540 แคลอรี การทำให้น้ำแข็งหนัก 1 กรัมที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส กลายเป็นของเหลวที่อุณหภูมิเดิมต้องใช้พลังงานถึง 80 แคลอรี ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมีผลต่อการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตบนโลกนี้ เพราะน้ำในมหาสมุทรมีส่วนช่วยรักษาและควบคุมอุณหภูมิต่างๆของโลก มิให้เปลี่ยนแปลงรวดเร็วเกินไป น้ำที่อยู่ในบ่อใหญ่และลึก อุณหภูมิจะคงที่มากกว่าน้ำในแหล่งน้ำตื้น

2.2 คุณภาพของน้ำ (Water quality)

คุณภาพของน้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องพิจารณาและควบคุมให้ดี ก่อนนำไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่

1. **พีเอช** (pH : percentage of hydrogen ion concentration)

ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) เป็นปัจจัยสำคัญในสภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอยู่อาศัย น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลางคือ มีพีเอชเท่ากับ 7 การเพิ่มไฮโดรเจนไอออนจะทำให้ค่าพีเอช ลดต่ำลงกว่า 7 เรียกว่ามีสภาพเป็นกรด การลดไฮโดรเจนไอออนจะทำให้ค่าพีเอชเพิ่มสูงมากกว่า 7 เรียกว่า มีสภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชจะคงเดิมหากมีการเติมเกลือที่เป็นกลาง เช่น เกลือแกง (NaCl) การเติมกรดหรือด่างจะทำให้ค่าของพีเอชเปลี่ยนไป ในระบบบัฟเฟอร์นั้น โดยทั่วไปแล้ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำหน้าที่รักษาระดับพีเอช 5 – 7 ไบคาร์บอเนต (HCO_3) จะทำหน้าที่รักษาระดับพีเอช 7 – 9 และคาร์บอเนต (CO_3) จะทำหน้าที่รักษาระดับพีเอช 9.5 ขึ้นไป นอกจากนี้แล้วพีเอชจะเปลี่ยนแปลงเป็นด่างในช่วงกลางวันหลังเที่ยง และ จะเป็นกรดมากที่สุดก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น

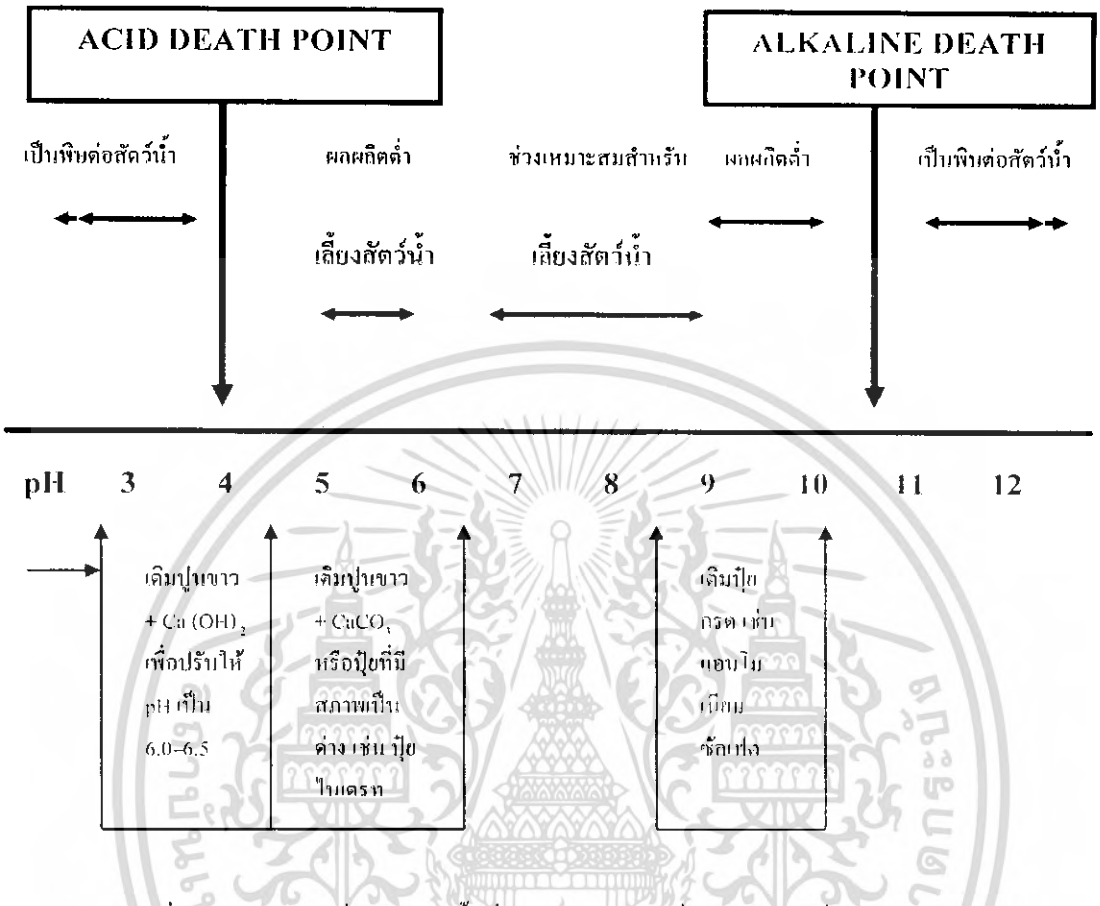
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5 - 9.0 ก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นเป็นน้ำที่เหมาะแก่การเลี้ยงสัตว์น้ำ มากที่สุด น้ำที่มีพีเอชสูงกว่า 9.5 ปลาหลายชนิดจะไม่แพร่พันธุ์ และไม่ให้ผลผลิต ปลาอาจตาย ถ้าพีเอชสูงถึง 11 น้ำที่มีพีเอชสูงก๊าซพิษจะเกิดเพิ่มมากขึ้นเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ การเจริญเติบโตจะลดลง ความต้านทานต่อสารพิษต่ำ พิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ทองแดงและ โลหะหนักจะรุนแรงถ้าพีเอชต่ำลง น้ำที่เป็นกรดจะทำให้ผลผลิตต่ำ สัตว์น้ำจะค่อนแอไม่กินอาหาร เป็นโรค และมีพยาธิเบียดเบียนได้ง่าย ถ้าพีเอชต่ำลงจนถึง 4 สัตว์น้ำอาจตาย เกยมีปรากฏการณ์ที่ค้อนน้อย เมื่อน้ำมีพีเอชลดลงถึง 3.0 สัตว์น้ำจะเป็นโรคหางกุดครีบกุดหมดทั้งบ่อและตายแม้บางตัวจะรอดชีวิตแต่ตลาดก็ไม่รับซื้อ

น้ำที่เป็นกรดสามารถแก้ได้ด้วยการใส่ปูนขาว ($CaCo_3$ ปูนเผา CaO ผสมน้ำ จะเป็น $Ca(OH)_2$ ในทางเพาะเลี้ยงถือว่าเป็นปูนขาวทั้ง 3 ตัว เป็นวัตถุประสานซึ่งประดิษฐ์ จากหินธาตุปูนหรือเปลือกหอย น้ำที่เป็นกรดและมีสีแดงทำให้เป็นกลางได้ง่ายด้วยการใส่ปูนขาว แต่น้ำที่เป็นกรดเนื่องจากมีกรดกำมะถันทำให้เป็นกลางได้ยาก น้ำที่มีแคลเซียมปนอยู่มาก ถ้าใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจะได้ผลยากมาก เพราะฟอสเฟตจะตกตะกอนเป็นแคลเซียมฟอสเฟต เมื่อใส่ปูนขาวลงไปจะพบว่ามีธาตุเหล็กตกตะกอนอยู่ตามก้นบ่อ

ปรากฏการณ์ที่น้ำมีสภาพเป็นด่าง จะพบเห็นได้น้อยกว่าปรากฏการณ์ของน้ำที่มีสภาพเป็นกรด สัตว์น้ำไม่สามารถจะมีชีวิตอยู่ได้เมื่อค่าพีเอชสูงกว่า 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ผลกระทบที่มีต่อสัตว์น้ำเมื่อค่าของพีเอชเปลี่ยนแปลงไปที่ระดับต่างๆ

2. ความเป็นด่าง (alkalinity) คือความสามารถในการรับโปรตอนหรือค่าของแอนไอออน (anion) ในน้ำ ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ H^+ เมื่อเติมกรดลงไป ความเป็นด่างของน้ำมักเกิดจากไอออนของคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต (CO_3 และ HCO_3) อาจมีพวกบอเรต (borates) ซิลิเกต (silicates) ฟอสเฟต และสารอินทรีย์อื่นปนอยู่บ้าง ความเป็นด่างไม่เป็นพิษภัยต่อสัตว์น้ำแต่มีผลต่อคุณสมบัติอื่นๆของน้ำ เช่น คอปเปอซัลเฟตที่นิยมใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่าย หอยต่างๆอาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆได้ ถ้าค่าความเป็นด่างเปลี่ยนไป โดยเฉพาะเมื่อค่าความเป็นด่างลดน้อยลง นอกจากนี้ความเป็นด่างของน้ำยังช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเติมคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปในน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำ คล้ายกับการเกิดปฏิกิริยาในเลือดของสัตว์ทั้งหลาย ซึ่งตอนแรกจะได้กรดคาร์บอนิก และกรดคาร์บอนิกจะแตกตัวไปเป็นไบคาร์บอเนต และจะแตกตัวต่อไปเป็นไฮโดรเจนไอออน และคาร์บอเนตไอออน ตามลำดับ ดังนี้

$$CO_2 + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \longleftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$2\,HCO_3^- \longleftrightarrow 2\,H^+ + CO_3^{2-}$$

ในน้ำที่มีค่าพีเอชระหว่าง 6.5 – 10.5 จะพบไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) เป็นส่วนมาก เมื่อพีเอชลดต่ำลงจะพบกรดคาร์บอนิกมากขึ้น ในแหล่งน้ำทั่วๆไป ไบคาร์บอเนตไอออน สามารถจะถูกแทนที่ด้วยคาร์บอเนตไอออนได้ ซึ่งจะเป็นการช่วยควบคุมระบบบัฟเฟอร์ของน้ำมิให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าของ พีเอชหรือค่าความเข้มข้นของ H^+ มากเกินไป

ในน้ำที่มีค่าพีเอช 7 หากเติมสารที่เป็นด่างลงไปจะทำให้ไบคาร์บอเนตแตกตัว เป็นไฮโดรเจนไอออนและคาร์บอเนตไอออน ($2\,HCO_3^- \longleftrightarrow 2\,H^+ + CO_3^{2-}$) เพื่อควบคุมและรักษาระดับพีเอชไว้ให้คงเดิม แต่ถ้าเติมกรดลงไป จะทำให้เกิดการรวมตัวของไบคาร์บอเนตกับไฮโดรเจนไอออนกลายเป็นกรดคาร์บอนิก

ในบ่อที่มีพันธุ์ไม้น้ำและแพลงตอนพืชหนาแน่น จะมีค่าพีเอชสูงในตอนกลางวัน เพราะมีการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำไปใช้มากระหว่างการสังเคราะห์แสง แต่ในตอนเย็นเมื่อดวงอาทิตย์ตกจนถึงก่อนช่วงดวงอาทิตย์ขึ้นในตอนเช้า จะมีแต่กิจกรรมการหายใจของพืชและสัตว์น้ำ ดังนั้นจะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในน้ำตลอดเวลา ค่าของพีเอชจะค่อยลดลงเรื่อยๆจนกลายเป็นกรดได้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำหากไม่ทำการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุณหภูมิ (temperature)

สัตว์น้ำที่เลี้ยงเป็นสัตว์เลือดเย็น (poikilothermous animals) ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในร่างกายได้ ดังนั้นสัตว์เลือดเย็นเหล่านี้ จะทนต่อสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันในช่วงที่แคบกว่าสัตว์เลือดอุ่น ผลที่เกิดขึ้นจากการที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันทำให้สัตว์น้ำอาจช็อก ถึงตายได้ (thermal death) โดยเฉพาะสัตว์วัยอนุบาลและการฟักไข่ของสัตว์น้ำทั้งหลาย นักเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำจึงต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะแก่ความต้องการของสัตว์น้ำ ที่จะทำให้เอนไซน์ภายในร่างกายทำงานตามปกติ อุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจทำให้การกินอาหารหยุดชะงัก การเจริญเติบโตช้าลง อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปจะทำให้สัตว์น้ำกระวนกระวาย มีอาการลอย ก่อนเพลียจนตายได้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้การฟักไข่ของปลาและกุ้งเกิดเป็นตัวเร็วขึ้นแต่อ่อนแอและมีอัตราการตายสูง อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้การฟักไข่ของปลาและกุ้งเกิดเป็นตัวช้าลง อ่อนแอและมีอัตราการตายสูง เช่นกันด้วย โรคสัตว์ มักระบาดได้ดีในช่วงที่อุณหภูมิสูงเช่นในช่วงฤดูร้อน เพราะสัตว์น้ำมักอ่อนแอ แต่เชื้อโรคพวกแบคทีเรีย จะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่า ทำให้การระบาดเกิดขึ้นรวดเร็ว

อุณหภูมิมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของร่างกายของสิ่งมีชีวิตด้านการเก็บตัวของไขมันในร่างกาย จะแปรผันตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงเรื่อยๆ ในขณะที่ย่างเข้าสู่ฤดูหนาว สัตว์น้ำหลายชนิดจะเริ่มสะสมไขมันภายในร่างกายเพื่อเพิ่มความอบอุ่นให้แก่ร่างกาย

2.4 หัววัดค่า pH

หัววัดค่า pH ที่ใช้คือรุ่น pc-03 เป็นหัวแก้วอิเล็กโทรด (Glass Electrode) ซึ่งเป็นขั้วที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า โดยแปรตามความเข้มข้น (H^+) ของสารละลาย และถูกส่งต่อไปให้วงจรวัดค่าแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจึงแปลงเป็นค่า pH อีกครั้งหนึ่ง ที่หัววัดประกอบไปด้วยหลอดแก้วชนิดพิเศษที่มีความไวต่ออิออน (H^+) ภายในขั้วบรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution) ซึ่งมีค่าคงที่ (pH7) ตลอดเวลาสารละลาย KCl ชื่มตัวในสารละลายที่มีขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ ขั้วไฟฟ้ามักทำด้วยโลหะเงินซึ่งจะถูกเคลือบด้วย Silver chloride คุณสมบัติโดยทั่วไปของหัววัดค่า pH คือ มีย่านวัดอยู่ในช่วง pH0 - pH14 มีความละเอียดในการวัดเท่ากับ 0.01 pH และการบำรุงรักษาสามารถทำได้ง่ายคือหลังการใช้หัววัดค่า pH ทุกครั้งให้นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นก่อนนำไปเก็บและทำให้หัววัดค่า pH สามารถใช้งานได้นานยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาท์พุต หน่วยคำนวณ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันก็คือ "ไมโคร" (Micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรสัญญาณนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า "คอนโทรลเลอร์" (Controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมโดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียู ขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช ลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทางสามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 จะใช้กำลังไฟต่ำ 2.7-6 โวลต์ เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ CMOS ขนาด 8 บิตที่มีประสิทธิภาพสูง มีหน่วยความจำภายในแบบ Flash EPROM ที่อ่านและลบได้ ขนาด 2 Kbytes เป็นอุปกรณ์ที่สนับสนุนการทำงานแบบเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เพราะฉะนั้นขาและคำสั่งการใช้จึงเป็นแบบเดียวกัน เพียงแต่ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051 จะเป็นไอซี 20 ขา โดยจะลดจำนวนพอร์ตใช้งานเหลือเพียง 1 พอร์ตคือ พอร์ต 1 แต่ขาควบคุมและขาสัญญาณต่าง ๆ ก็ยังคงเหมือนไอซีในตระกูลMCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

- มีหน่วยความจำแบบแฟลช 2 Kbytes
- หน่วยความจำแบบ RAM 128 bytes
- ขาอินพุตเอาท์พุต 15 ขา
- มี Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเตอร์รัพต์ได้ 5 แหล่ง
- การสื่อสารแบบอนุกรมแบบ 2 ทิศทาง
- Precision Analog Comparator
- On chip oscillator and clock circuitry

จากโครงงานนี้ จะออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานที่ความถี่ Oscillator 11.0592 MHz เพื่อการสื่อสารอนุกรมที่ความเร็วมาตรฐาน 9,600 bps

2.5.2 การจัดการขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

- ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง + 5V
- ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ
- ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดย การเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้น มีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็ก (Multiplex) เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูลขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ
- ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำจากภายนอก (A8-A15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (Float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานเป็นพิเศษ ดังมีรายระเอียดขั้นต้นดังต่อไปนี้

  P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

  P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

  P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา INT0

  P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา INT1

  P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

  P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือขา T1

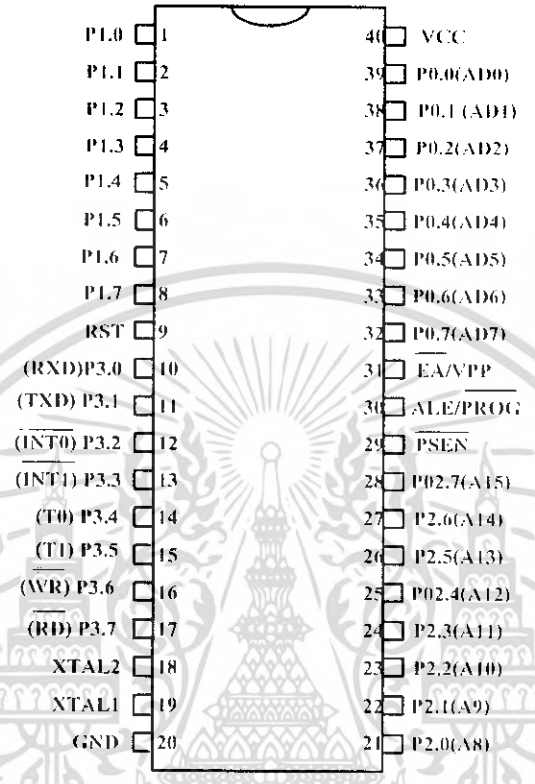
  P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

  P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

- ขารีเซต ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะของขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ
- ขา ALE/PROG (Address latch enable/program pulse input) เป็นขาที่ใช้ควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลซ์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีอีพรอม
- ขา PSEN (Program store enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา
- ขา EA / App (External access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้ ยังขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูง สำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

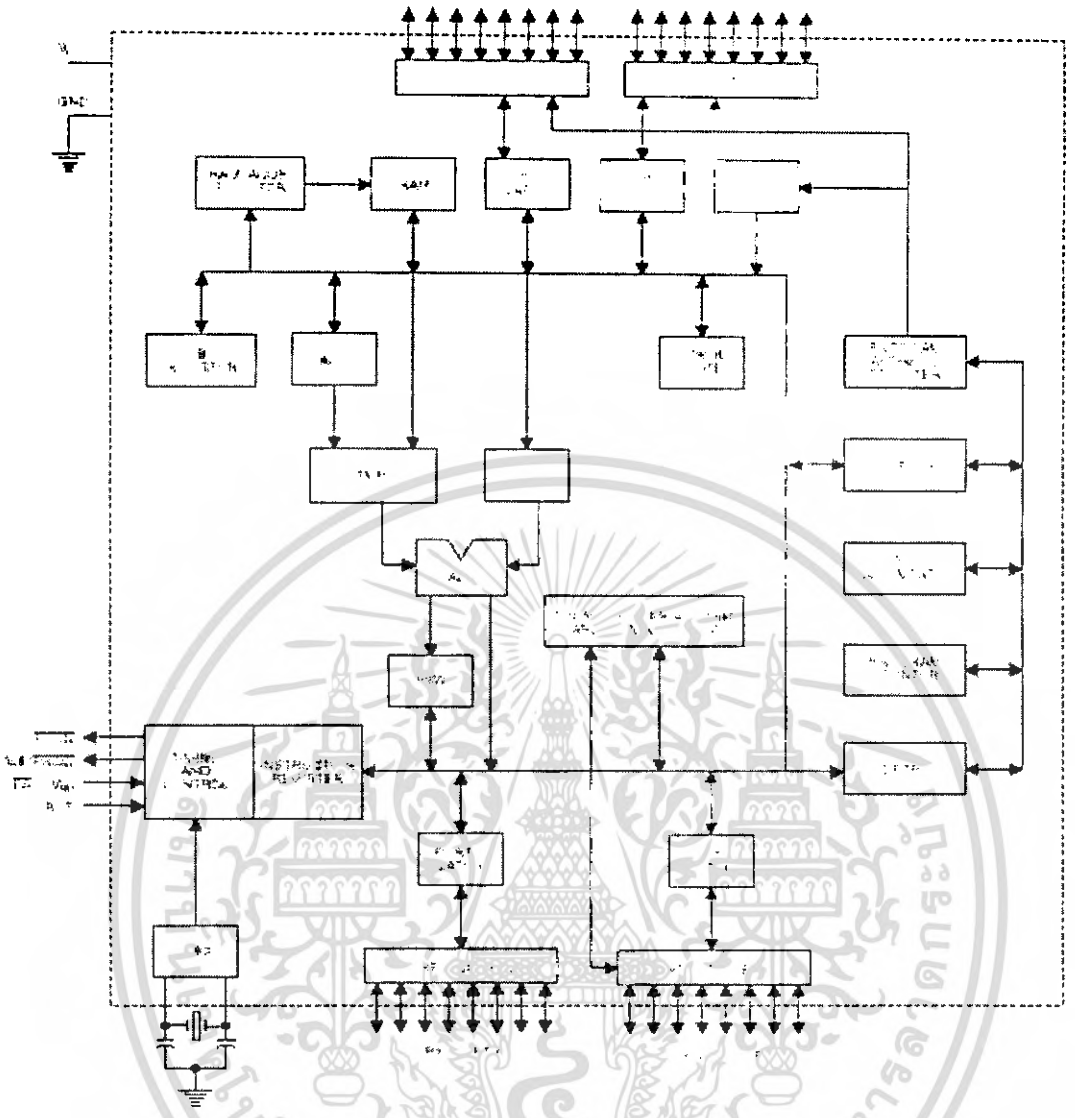
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

○ ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.3 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

2.5.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 และพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลและเอาท์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงจรแลตช์และวงจรบัฟเฟอร์อินพุตที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตสำหรับงานทั่วไปและใช้ในการติดต่อหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขา นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลชแบบใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2ขั้นตอนคือกระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผลขั้นตอนต่อมา คือ กระบวนการเอ็กซิคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมา โดยกระบวนการก่อนหน้านี้เมื่อทำการเอ็กซิคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้วก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซตเกิดขึ้น ในลักษณะที่เรียกว่าเพาเวอร์ออนรีเซต (Power on Reset) ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากรอบการทำงานหรือแมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) โดยใน 1 รอบการทำงานหรือในหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (State) กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกามีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส 1

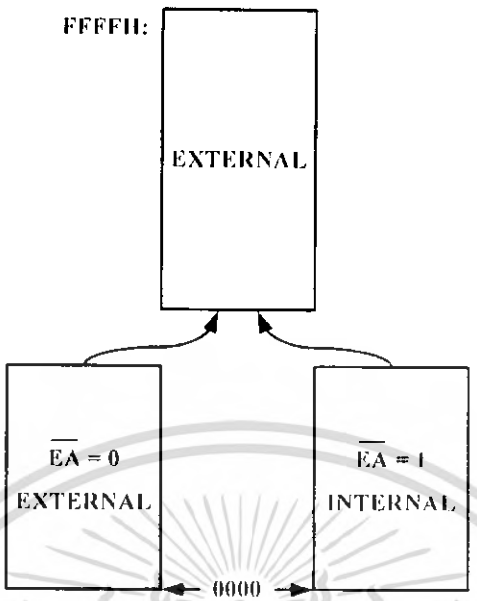
2.5.5 การจัดการหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งก็มีขนาดและการจัดสรรแตกต่างกันไปในแต่ละเบอร์ ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการจัดสรรหน่วยความจำภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอกและข้อมูลเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.5.5.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

หน่วยความจำของโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่าโปรแกรมมอนิเตอร์ (Monitor Program) ถ้าหากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำอีพรอม (EPROM: Erasable Programmable Read-only Memory) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



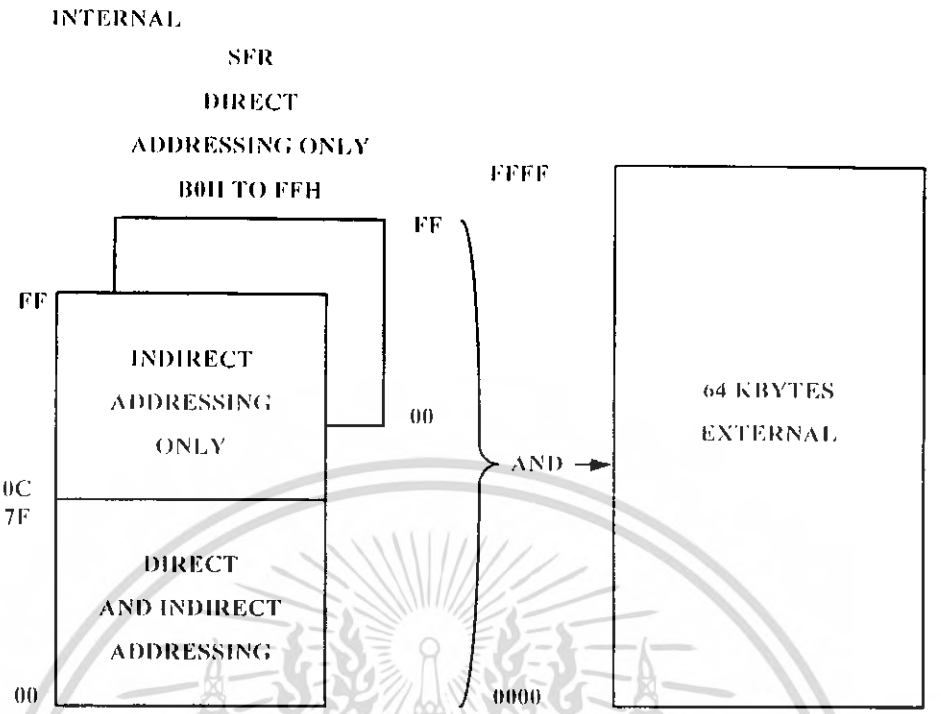
รูปที่ 2.5 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ให้ต่างจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H – 0FFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

2.5.5.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและหน่วยความจำข้อมูลภายในโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

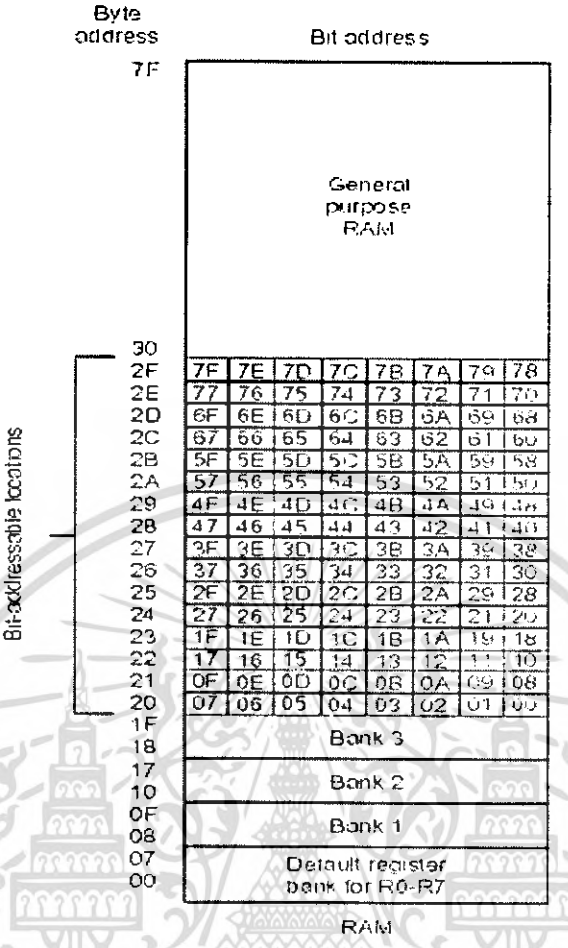
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



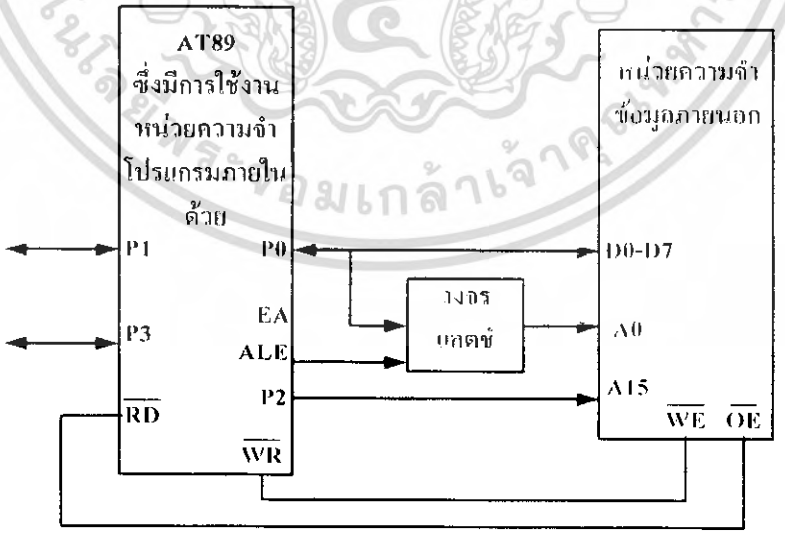
รูปที่ 2.6 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในตระกูล AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM: Random Access Memory) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (Lower) และส่วนบน (Upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR: Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการแบ่งหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง



รูปที่ 2.8 โครงสร้างหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72753

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลตโดยแท้จริง และมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเสมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128ไบต์เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่าย ตลอดจนป้องกันความสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น จึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์ จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20H-2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (Stack:ที่พักข้อมูลชั่วคราวในกรณีที่ซีพียูมีการกระทำโดยไปทำงานในโปรแกรมย่อย) การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงระดับไบต์

2.5.6 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register: SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในเบอร์AT89C52 และ ตระกูล TA89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52และ AT89Sxx มีจำนวนไทเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51 รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H - FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (Direct Addressing)

2.5.7 รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word: PSW)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรม แฟลก (Flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมาปรากฏที่บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ PSWรายละเอียดของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ PSW

2.5.8 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator:ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไปอาจเรียกสั้น ๆ ว่า รีจิสเตอร์ A หรือ ACC รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.8 รีจีสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษ คือ เวลาต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจีสเตอร์ A ต่อไป

2.5.9 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter : PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจีสเตอร์ PC เป็นรีจีสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้ร่วมกับรีจีสเตอร์ SFR ตัวอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจีสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจีสเตอร์แบงก์ R0-R7

RS1	RS0	แบงก์ของรีจีสเตอร์	ช่วงแอดเดรส
0	0	แบงก์ 0	00H-07H
0	1	แบงก์ 1	08H-0FH
1	0	แบงก์ 2	10H-17H
1	1	แบงก์ 3	18H-1FH

2.5.10 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer : SP)

หรือรีจีสเตอร์ตัวชี้สแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81 ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดจากโปรแกรมย่อยแล้วกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น (รีเซต: การกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น) ค่าของรีจีสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสแรกของพื้นที่ ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ 08H

2.5.11 รีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (DataPointer:DPTR)

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจีสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจีสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.12 รีจีสเตอร์พอร์ต (Port Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มี 4 ตัวคือ รีจีสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H รีจีสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H รีจีสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจีสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจีสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะต้องมีการกระทำผ่านรีจีสเตอร์นี้ทุกครั้ง

2.5.13 รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบทแฟลช โดยภายในรีจีสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือรีจีสเตอร์ส่งข้อมูล (Transmit Buffer Register)และรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (Receive Buffer Register) เมื่อมีการเขียนข้อมูล มายังรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TXD หรือขา P3.1 ในกรณีที่การอ่านข้อมูลจากรีจีสเตอร์ SBUFข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปสำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RXD หรือ P3.0 ทางอินพุตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สำหรับรายละเอียดของรีจีสเตอร์ SBUF และที่เป็นวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบทแฟลตจะว่าด้วยเรื่องการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

2.5.14 รีจีสเตอร์ไทเมอร์ (Timer Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำสุดเช่นเดียวกับรีจีสเตอร์ DPTR รีจีสเตอร์ไทเมอร์ ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับ หรือเคาน์เตอร์ (Counter) ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา, จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกว่ารีจีสเตอร์ตัวนี้ว่ารีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 มี รีจีสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัวแบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 และ T1 หรือ Timer 1 ในรีจีสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ (TL) และรีจีสเตอร์ไทเมอร์ไบต์สูง (TH) เหมือนกัน โดยรีจีสเตอร์ TL0 มีแอดเดรสอยู่ที่8AH รีจีสเตอร์ TH0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH ในขณะที่ TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH สำหรับไมเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx จะมีรีจีสเตอร์ไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจีสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH เพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.15 รีจีสเตอร์แคปเจอร์ (Capture Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้นเนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทเมอร์ /เคาน์เตอร์ 2 (Timer 2) โดยรีจีสเตอร์แคปเจอร์นี้มีชื่อเรียกอย่างย่อว่า รีจีสเตอร์ RCAP2 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CAH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH รีจีสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ซึ่งจะให้ทำงานในโหมดแคปเจอร์ ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ และการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

2.5.16 รีจีสเตอร์ควบคุม (Control Register)

รีจีสเตอร์ PCON เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ SCON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจร สื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของตัวไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรมAT89Sxx

รีจีสเตอร์ TNOD และ T2MOD เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรมAT89Sxx

รีจีสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt: การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจีสเตอร์สำหรับใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ ในขณะที่ IP เป็น รีจีสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัพต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดการทำงานของไทมเออร์/เคาน์เตอร์โดยใช้ M0, M1

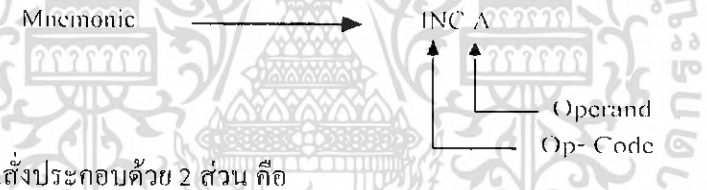
M0	M1	Mode	คำอธิบาย
0	0	0	13 Bit Timer
0	1	1	16 Bit Timer
1	0	2	8 Bit Auto-reload
1	1	3	Timer/Counter 8 bit 2 ชุด

2.5.17 ชุดคำสั่ง (Instruction set)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งจะอยู่ในรูปเลขฐานสอง เช่นต้องการให้ MCS-51 เพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ A ขึ้นหนึ่ง รหัสคำสั่งที่ MCS-51 รู้จักจะเป็น

00000100 หรือ 04H

แต่การเขียนเป็นเลขฐานสิบหกนั้น จะทำให้เข้าใจยากจึงใช้รหัสคำสั่งช่วยจำ (Mnemonic) แทนเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น คำสั่งที่จะเพิ่มค่าใน A เขียนได้เป็น



รหัสคำสั่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. Operation Code (Op -- Code) ——→ INC จะบอกให้ MCS-51 ทำอะไร
   Operand บอกว่าสิ่งที่ถูกกระทำคืออะไร

2.5.18.1 โหมดการอ้างแอดเดรส (Addressing Modes)

สามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้ 8 โหมด คือ

2.5.18.1.1 Register Address

เป็นการติดต่อข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์โดยตรง ซึ่งจะเป็นรีจิสเตอร์ของ Bank ที่กำลังใช้งานอยู่ คือ Rn (R0 -- R7) ตัวอย่างเช่น

MOV A, R0

หมายความว่า ย้ายข้อมูลที่เก็บไว้ใน R0 มาเก็บไว้ที่ A ในการติดต่อกับรีจิสเตอร์ R0 R7 นั้นเราสามารถเลือก Bank ที่จะติดต่อได้โดยการโปรแกรมค่าใน PSW บิตที่ 3 และ 4 โดยปกติแล้วจะเป็นการติดต่อกับ Bank 0 เสมอ ถ้าเขียนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV PSW, #00011000B

จะเป็นการเลือกให้การติดต่อ Bank 3 โดยการ Set บิต RS1 และ RS0 ใน PSW

2.5.18.1.2 Direct Addressing

เป็นการเข้าถึงตำแหน่งของหน่วยความจำโดยตรง ซึ่งจะเป็นการติดต่อกับหน่วยความจำภายในของ MCS-51 เท่านั้น เช่น

MOV A, 35H ; ย้ายข้อมูลที่เก็บมาในตำแหน่ง 35H มาเก็บใน A

ADD A, 20H ; บวกข้อมูลที่เก็บมาในตำแหน่ง 20H กับข้อมูลใน A

2.5.18.1.3 Indirect Addressing

การอ้างแบบนี้เป็นการอ้างตำแหน่งโดยทางอ้อม ซึ่งจะใช้รีจีสเตอร์ R0 และ R1 เป็นตัวชี้ข้อมูลโดยการเขียนรหัส Mnemonic จะใช้เครื่องหมาย @ นำหน้า เช่น

MOV A, @ R0

การเขียนแบบนี้ หมายความว่า ย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่ R0 ชี้อยู่มาเก็บในรีจีสเตอร์ A ถ้าในรีจีสเตอร์ R1 เก็บค่า 40H และในตำแหน่ง 40H ของหน่วยความจำภายในเก็บค่า 55H เอาไว้ แล้วเขียนคำสั่งได้ดังนี้

MOV A, @ R1

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการนำค่า 55H ไปใส่ในรีจีสเตอร์ A

2.5.18.1.4 Immediate Addressing

วิธีเป็นการกำหนดค่าของข้อมูลโดยตรง โดยจะใช้เครื่องหมาย # นำหน้าตัวเลข ตัวอย่างเช่น

MOV A, #12

เป็นการกำหนดค่า 12 ให้กับรีจีสเตอร์ A หรือค่า 0CH ในระบบเลขฐานสิบหก ถ้าจะกำหนดเป็นเลขฐานสิบหกจะต้องใส่ตัว H ด้วย

2.5.18.1.5 Relative Addressing

การอ้างตำแหน่งแบบนี้มักจะใช้กับคำสั่งกระโดด SJMP โดยค่า Relative Addressing (Offset) จะมีขนาด 8 บิต ซึ่งสามารถกระโดดกลับหลังหรือไปข้างหน้าได้ 128 ถึง +127 ตำแหน่งเป็นชุดคำสั่ง ที่มีขนาด 2 byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.18.1.6 Absolute Addressing

เป็นการอ้างตำแหน่งเมื่อคำสั่ง ACALL และ AJMP ซึ่งเป็นคำสั่งที่มีขนาด 2 ไบต์ โดยตำแหน่งที่จะกระโดดอยู่ในช่วง 2K ตำแหน่ง ซึ่งจะใช้หน่วยความจำในการเก็บตำแหน่ง 11 บิต โดยในไบต์ของ Op-code จะเก็บค่า A8 – A10 ส่วนไบต์ที่ 2 จะเก็บค่า A0 – A7

2.5.18.1.7 Long Addressing

เป็นการอ้างตำแหน่งเมื่อทำคำสั่ง LCALL และ LJMP โดยชุดคำสั่งนี้ใช้เนื้อที่เก็บ 3 ไบต์ โดยไบต์ที่ 2 และ 3 ใช้ในการอ้างตำแหน่งขนาด 16 บิต ซึ่งเท่ากับ 64Kbyte การอ้างตำแหน่งแบบนี้สามารถอ้างได้ตลอดที่ MCS-51 มีหน่วยความจำภายนอกต่ออยู่

2.5.19.1.8 Indexed Addressing

การอ้างตำแหน่งแบบนี้เป็นการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกในลักษณะการเปิดตาราง โดยใช้รีจิสเตอร์พิเศษ (Program Counter หรือ Data Pointer) เป็นตัวชี้ตำแหน่งเริ่มต้นและบวกด้วยค่า Offset ซึ่งเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A (Accumulator) ซึ่งจะใช้กับชุดคำสั่ง MOVC หรือ JMP คำสั่งที่อ้างตำแหน่งแบบนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing

ตัวอย่างเช่น

MOVC A, @ A+PC

เป็นการอ้างข้อมูลจากตำแหน่งที่ PC ชี้อยู่บวกกับค่าใน A มาเก็บในรีจิสเตอร์ A ถ้า PC ชี้อยู่ที่ 1000H และ A = 3 จะเป็นการอ่านค่าจากตำแหน่ง 1003H มาเก็บในรีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.18 ประเภทของชุดคำสั่ง

ใน MCS-51 จะแบ่งชุดคำสั่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

- Arithmetic
- Logical
- Data Transfer
- Boolean Variable
- Program Branching

ในที่นี้จะแสดงตารางของชุดคำสั่งต่างๆพร้อมทั้งบอกว่าคำสั่งนั้นๆใช้เวลาแอดเดสแบบใดและแต่ละคำสั่งใช้เวลาในการทำงาน (Execution Time) เท่าใด

2.5.19.1 ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instruction)

เป็นกลุ่มคำสั่งที่ทำงานด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ A และมักจะใช้รีจิสเตอร์ A เก็บผลลัพธ์ เช่น คำสั่ง ADD A คำสั่งนี้จะอ้างถึงแบบแบ่งได้หลายแบบ เช่น

ADD A, 7FH	(Direct Addressing)
ADD A, @R0	(Indirect Addressing)
ADD A, R7	(Register Addressing)
ADD A, #35H	(Immediate Addressing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time
		Dir	Ind	Reg	Imm	
ADD A , < byte >	A = A + < byte >	X	X	X	X	1
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	Accumulation 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	Accumulation Only				1
DEC < byte >	< byte > = < byte > - 1	X	X	X		1
MUL AB	B:A = B X A	ACC and B Only				4
DIV AB	A = Int [A/B]	ACC and B Only				4
	B = Mod [A/B]					
DA A	Decimal Adjust	Accumulation Only				1

ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์ทุกคำสั่งจะมี 1 Machine Cycle ยกเว้น INC DPTR ใช้ 2 Machine Cycle และคำสั่ง MUL AB และ DIV AB จะใช้ 4 Machine Cycle โดย 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1 μS ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่ 12 MHz ชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดังตารางที่ 2.3 นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคำสั่งที่ใช้เพิ่มค่า และลดค่าในหน่วยความจำได้โดยตรง โดยใช้การอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing เช่น ถ้าหน่วยตำแหน่ง 7FH เก็บ 40H ไว้ ถ้ามีคำสั่ง

INC 7FH

ค่าในหน่วยจำ 7FH จะมีค่าเป็น 41H

สำหรับคำสั่งคูณ เช่น MUL AB จะเป็นการคูณเลขที่อยู่ในรีจีสเตอร์ A กับเลขที่เก็บในรีจีสเตอร์ B ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต โดยจะเก็บค่าไบต์สูงที่รีจีสเตอร์ B และเก็บค่าไบต์ต่ำในรีจีสเตอร์ A ถ้าเป็นคำสั่งหาร เช่น คำสั่ง DIV AB จะเป็นการหารค่าใน A ด้วยค่า B โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บใน A และเศษที่เหลือจะเก็บใน B เช่นถ้าใน A มีค่าเท่ากับ 25(19H) และค่าใน B มีค่าเท่ากับ 6(6H) ถ้าถูกกระทำด้วยคำสั่ง

DIV AB

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น 4 เหลือเศษ 1 โดยค่า 4 จะเก็บใน A และ B จะเก็บค่า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ กับเลข BCD (Binary – code Decimal) เช่น ADD และ ADDC จะต้องตามด้วยคำสั่ง DA A (Decimal Adjust) เพื่อปรับค่า Binary ให้เป็น BCD เพราะค่า BCD นี้จะถูกปรับค่า ถ้าเลขในนาร์มีค่าเกิน 9 เช่น ถ้าใน A เป็นเลข BCD เก็บค่า 59(59H) เอาไว้ และต้องการบวกกับ 1 จะเขียนได้ดังนี้

```
ADD A, #1
DA A
```

ค่าที่ได้ใน A จะเป็น 5A (H) ซึ่งจะต้องปรับค่าให้เป็น BCD โดยใช้คำสั่ง DA A ค่าใน A จะกลายเป็น 60(60H)

2.5.19.2 ชุดคำสั่งทางลอจิก (Logical Instruction)

MCS-51 มีคำสั่งกระทำทางลอจิกซึ่งจะคล้ายกับ Boolean Operation (AND, OR, Executive OR และ NOT) ซึ่งสามารถกระทำแบบไบต์ต่อไบต์ หรือ บิตต่อบิต ได้ ชุดคำสั่งแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

```
ANL A, #01010011B
```

ผลลัพธ์ที่ได้จะเก็บไว้ใน A คือ 00010001B ชุดคำสั่งทางลอจิกสามารถอ้างตำแหน่งได้หลายแบบ พิจารณาชุดคำสั่งต่อไปนี้ ซึ่งกระทำการ AND ทางลอจิก

```
ANL A, 55H          (Direct Addressing)
ANL A, @R0          (Indirect Addressing)
ANL A, R6           (Register Addressing)
ANL A, #33H         (Immediate Addressing)
```

คำสั่งทางลอจิกส่วนมากจะใช้รีจีสเตอร์ A กับค่าต่างๆและผลลัพธ์ที่ได้เก็บใน รีจีสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงชุดคำสั่งทางลอจิก

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time
		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 A	< 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 = 0011	Accumulation Only				1
CPL A	A = NOT A	Accumulation Only				1
RL A	Rotate ACC Left 1 bit	Accumulation Only				1
RLC A	Rotate Left Through Carry	Accumulation Only				1
RR A	Rotate ACC Right 1 bit	Accumulation Only				1
RRC A	Rotate Right Through Carry	Accumulation Only				1
DA A	Swap Nipples in A	Accumulation Only				1

2.5.19.3 กลุ่มคำสั่งการโอนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instruction)

การโอนย้ายข้อมูลสามารถแบ่งตามที่จะติดต่อได้ดังนี้

1. หน่วยความจำภายใน (Internal RAM)
2. หน่วยความจำภายนอก (External RAM)
3. การเปิดตาราง (Look up Tables)

1. หน่วยความจำข้อมูลภายใน การโอนข้อมูลของหน่วยความจำภายในจะใช้ 1 Machine Cycle รูปแบบของคำสั่งจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV < Destination >, < Source >

โดยจะเป็นการย้ายข้อมูลของ 2 ตำแหน่งจากหน่วยความจำภายใน หรือในรีจีสเตอร์พิเศษ สามารถอ้างตำแหน่งได้หลายวิธี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

ตารางที่ 2.5 แสดงชุดคำสั่งการโอนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายใน

Mnemonic	Operation	Addressing Modes				Execution Time
		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, # Data16	DPTR = 16 – bit Immediate Constant				X	2
PUSH <src>	INC SP ; MOV " @SP " ; < src >	X				2
PUSH < 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

2. หน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Ram) เป็นการย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำข้อมูลภายในกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing โดยใช้ @ Ri เป็นตัวชี้ตำแหน่ง หรือใช้ @DPTR เป็นตัวชี้ซึ่งจะอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิตหรืออ้างได้ 64 K

การย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำภายนอกจะใช้เวลา 2 Machine Cycles และใช้รีจีสเตอร์ A เป็น source หรือ destination โดยใช้คำสั่งคือ MOVX การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกจะต้องใช้สัญญาณ RD และWR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ชุดคำสั่งโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจีสเตอร์ A และหน่วยความจำภายนอก

Address Width	Mnemonic	Operation	Execution Time
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

3.การเปิดตาราง (Look up Tables) ชุดคำสั่งของการเขียนโปรแกรมแบบเปิดตารางแสดงได้ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คำสั่งแบบเปิดตาราง

Mnemonic	Operation	Execution Time
MOVC A,@A+DPTR	Read Program Memory at (A+DPTR)	2
MOVC A,@A+PC	Read Program Memory at (A+PC)	2

การเขียนโปรแกรมแบบเปิดตารางนั้นจะใช้ DPTR หรือ PC ในการอ้างตำแหน่ง และใช้รีจีสเตอร์ A เป็น offset เช่น คำสั่ง

MOVC A,@A+DPTR

โดยค่าของ DPTR จะชี้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของตาราง และค่ารีจีสเตอร์ A เป็นค่า offset ถ้า DPTR มีค่า 2000H และ A มีค่า 08H จะเป็นการอ่านค่าจากตำแหน่ง 2008H มาเก็บใน A

2.5.19.4 Boolean Instruction

ประกอบด้วยชุดคำสั่ง Set, Clear, Complement, or และ and เป็นคำสั่งที่ทำงานในระดับบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ชุดคำสั่ง Boolean

Mnemonic	Operation	Execution Time
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
ORG 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 = 0;CLR bit	2

2.5.19.5 ชุดคำสั่งกระโดดเรียกโปรแกรมย่อย

เป็นชุดคำสั่งที่ให้โปรแกรมกระโดดข้ามไปทำงานยังตำแหน่งต่าง ๆ แบ่งเป็นชุดคำสั่งกระโดด และชุดคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย

2.5.20.6 ชุดคำสั่งกระโดด

เป็นคำสั่งที่ให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานที่ตำแหน่งที่กำหนด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ กระโดดแบบมีเงื่อนไขและกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข

1.คำสั่งกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข ประกอบด้วยคำสั่ง AJMP LJMP SJMP ซึ่งขนาดตำแหน่งที่สามารถกระโดดได้

2.คำสั่งกระโดดแบบมีเงื่อนไข เป็นคำสั่งที่จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนทำคำสั่ง ถ้าไม่จริงจะทำคำสั่งถัดไป ชุดคำสั่งเหล่านี้ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JZ Rel Jump on Zero ถ้าค่าในรีจีสเตอร์ A เป็น 0 จะกระโดดไปไปตำแหน่ง Rel

JNZ Rel Jump on not Zero ถ้าค่าในรีจีสเตอร์ A ไม่เป็น 0 จะกระโดดไปตำแหน่ง Rel

DJNZ <byte>, Rel Decrease Jump not Zero จะทำการลดค่าใน byte ลง 1 และกระโดดไปตำแหน่ง Rel ถ้าค่าใน byte ยังไม่เป็น 0

CJNE A, <bute>, Rel Compare Jump not Equal จะทำการเปรียบเทียบค่าในรีจีสเตอร์ A กับใน byte ถ้าไม่เท่ากันจะกระโดดไปทำตำแหน่ง Rel

CJNE <byte>, #Data, Rel Compare Jump not Equal จะทำการเปรียบเทียบข้อมูล #Data กับค่าใน byte ถ้าไม่เท่ากันจะกระโดดไปทำตำแหน่ง Rel

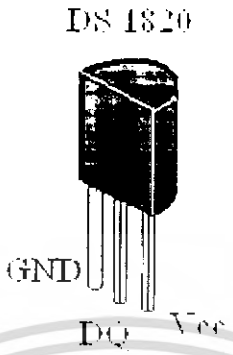
2.5.19.7 กลุ่มคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย การเรียกโปรแกรมย่อยจะใช้คำสั่ง CALL ซึ่งมี 2 คำสั่งคือ

ACALL สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยที่อยู่ห่างได้ไม่เกิน 2 K ตำแหน่ง

LCALL สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยได้ทุกตำแหน่งในหน่วยความจำของ MCS51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820



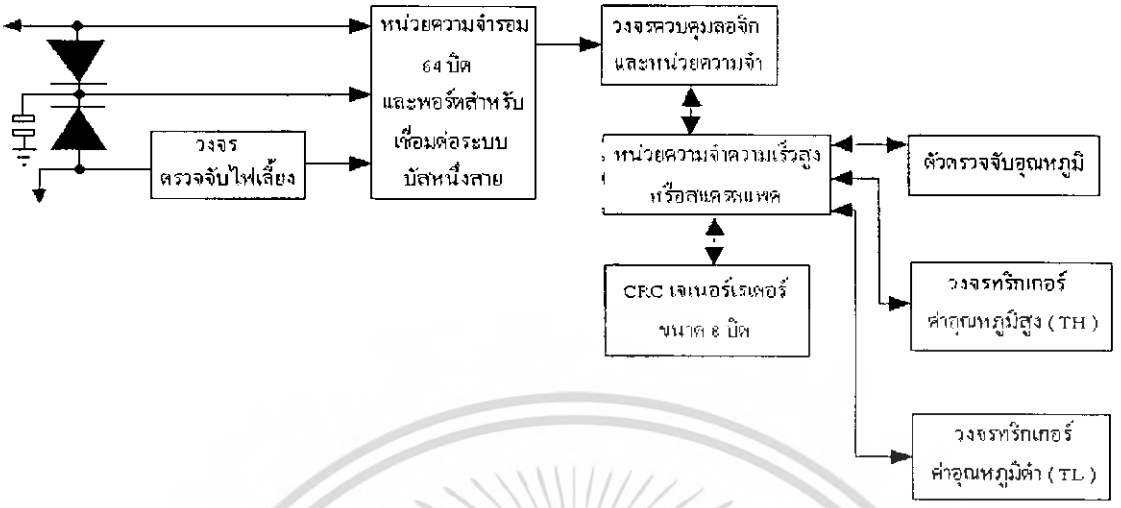
รูปที่ **2.10** ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวด์ ดังแสดงการจัดขาของไอซี DS1820 และมีโครงสร้างการทำงานภายใน

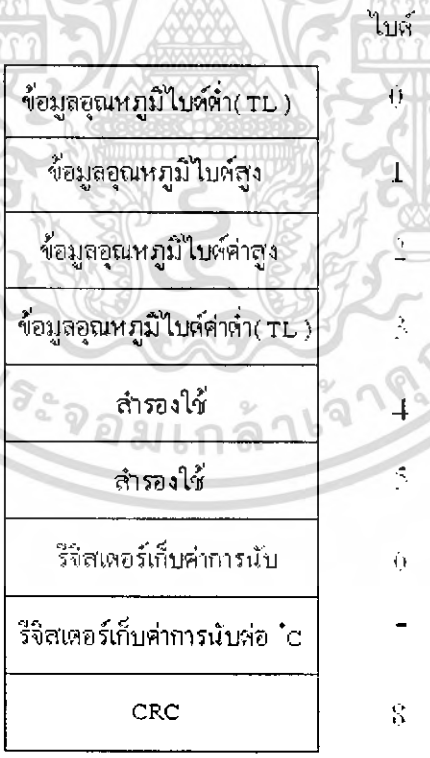
หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพดซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ มีการจัดสรรหน่วยความจำส่วนนี้

เมื่อวัดอุณหภูมิได้ก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเลขฐานสิบจึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียสและ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยมีย่านวัดอุณหภูมิ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียสหรือ -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ โดยค่าขององศาฟาเรนไฮต์ต้องใช้การแปลงหน่วยเข้ามาช่วยใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลประมาณ 200 มิลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และให้แจ้งเตือนเมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดต่ำลงถึงค่าที่กำหนด โดยค่าอุณหภูมิที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ที่สแครตช์แพดไบไบต์ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 โครงสร้างการทำงานภายในของไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820



รูปที่ 2.12 การจัดสรรพื้นที่ของสแครชแพดใน DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820

ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS1820 เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่ใช้มากที่สุดมีด้วยกัน 3 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอมหรือสคิปรอม เนื่องจากในการใช้งาน DS1820 โดยปกติแล้วจะมี DS1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้นจึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรอมเพื่ออ่านข้อมูล ข้อมูลของคำสั่งสคิปรอมที่ต้องส่งให้ DS1820 คือ OCCH

2. คำสั่งแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ DS1820 จะต้องทำการวนลูปรออย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ได้ใช้เวลานี้ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลมาเก็บไว้ในสแครดซ์แพด

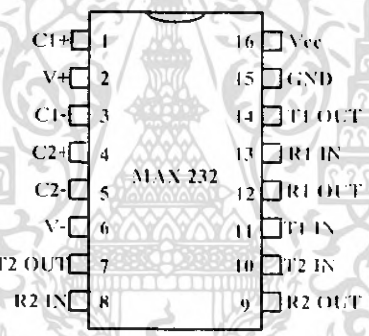
3. คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครดซ์แพด มีค่าเท่ากับ OBEH เมื่อส่งคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกมาทั้งหมด 9 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ไอซี MAX232

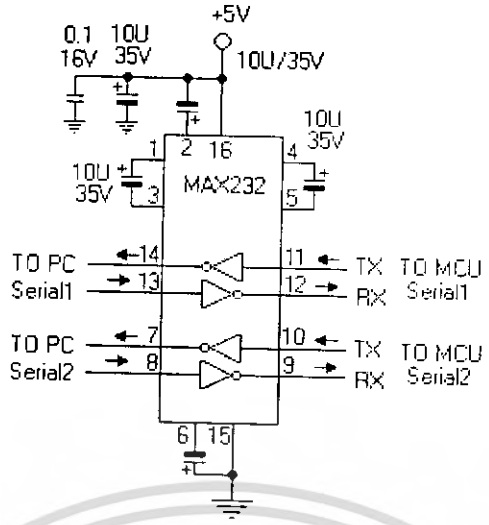
MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS - 232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS - 232

การสื่อสารข้อมูลระหว่าง คอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS - 232 ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซี MAX232 ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS - 232 จากที่ได้กล่าวไว้ว่า การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานแบบ RS - 232 จะกำหนดให้ระดับแรงดัน +3 โวลต์ถึง +25 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 0 และแรงดัน –25 โวลต์ถึง –3 โวลต์ แทนสัญลักษณ์ลอจิก 1 แต่แหล่งจ่ายแรงดันในวงจรมีแรงดันสูงสุดเพียง 5 โวลต์ ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซี MAX232 เนื่องจากไอซีนี้ต้องการไฟเลี้ยงเพียง +5 โวลต์ เท่านั้นแต่สามารถให้สัญญาณเอาท์พุตออกมา +10 โวลต์ และ –10 โวลต์ได้ โดยใช้หลักการของวงจรทวีแรงดันขนาด 2 เท่า รูปที่ 2.15 จะเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซี MAX232

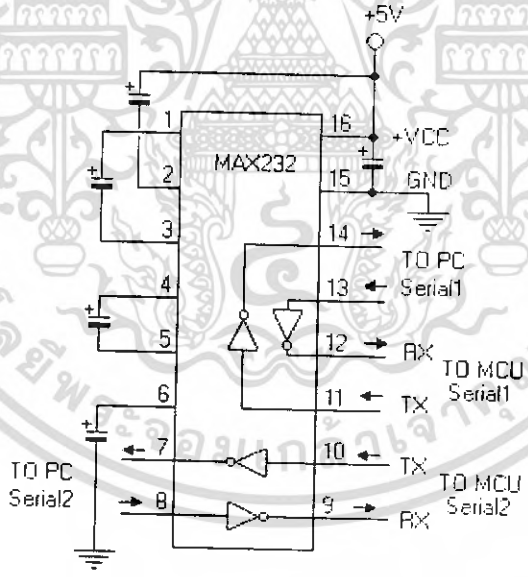


รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

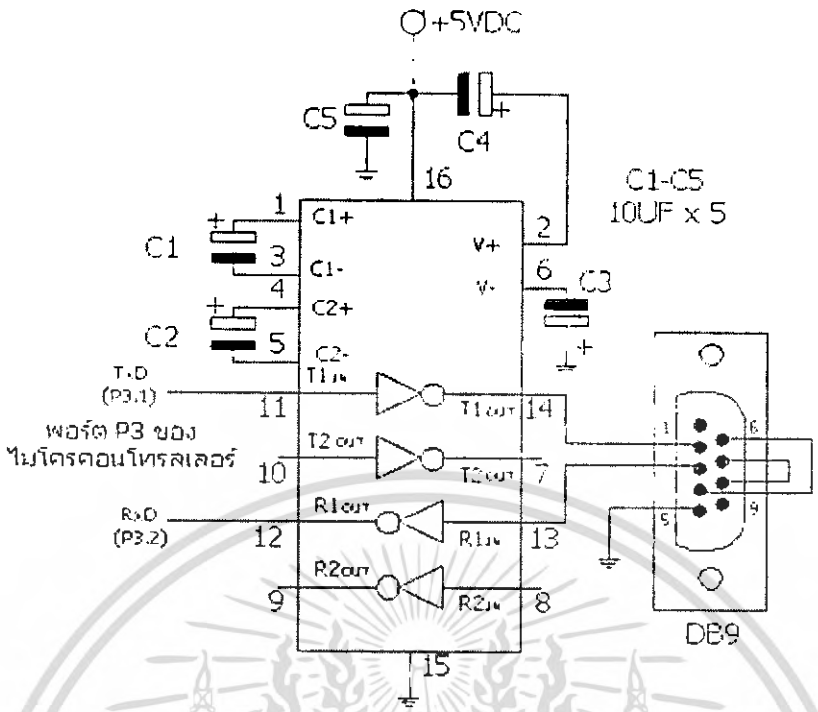


รูปที่ 2.14 รูปวงจรภายในของไอซี MAX 232

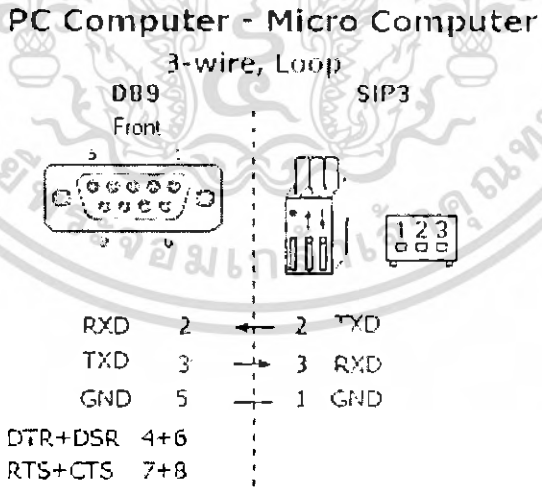


รูปที่ 2.15 การต่อใช้งาน MAX232 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 และการต่อใช้งาน

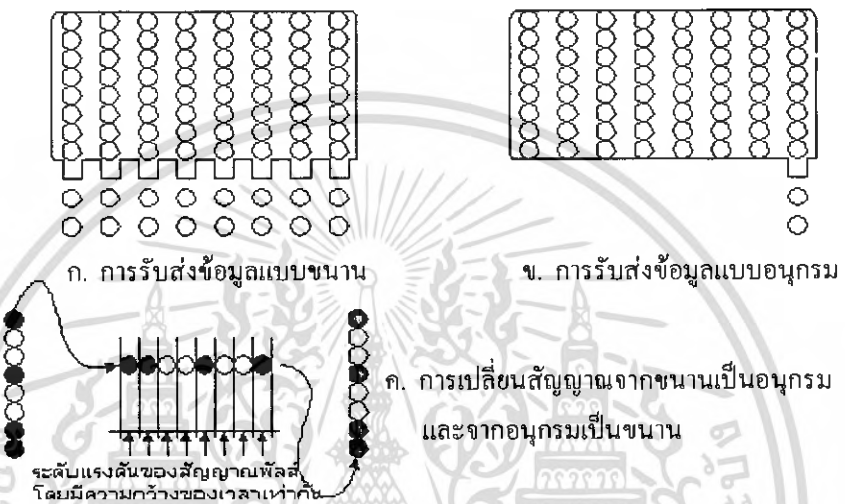


รูปที่ 2.17 สาย DB9-SIP3 ที่ใช้ต่อกับบอร์ด MAX232 กับ PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานแบบ RS- 232

ข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราใช้ศึกษาอยู่นี้ จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิตซึ่งโดยปกติถ้าเราจะให้ส่งข้อมูลพร้อมๆกันไป 8 บิตจะเป็นวิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน แสดงได้ดังรูป จะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตพร้อมกันไปยังอุปกรณ์ภายนอก และจะต้องมีจำนวนของสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น เพื่อให้พอดีกับจำนวนของบิตที่ต้องการจะส่ง การส่งข้อมูลแบบขนานจึงทำให้มีการส่งข้อมูลที่มีความรวดเร็ว แต่ถ้าหากมีการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล ก็จะต้องใช้จำนวนของสาย และระยะทางของสายมากขึ้นจึงทำให้มีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง



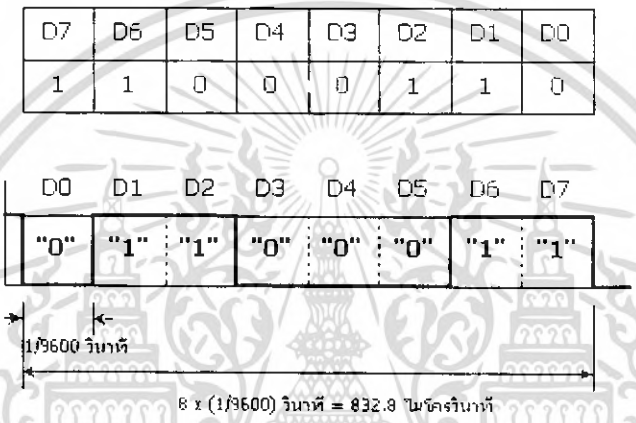
รูปที่ 2.18 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม

ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงถูกนำมาใช้ ในการสื่อสาร โดยจะใช้สายเพียงเส้นเดียวในการส่งข้อมูล หรือรับข้อมูล (คำว่าเส้นเดียวหมายความว่าสายส่ง(TXD) 1 เส้น สายรับ(RXD) 1 เส้น และสายกราวด์ร่วม(Ground) 1 เส้น) นำมาใช้สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกในระยะทางที่ไกล ดังในรูปที่ 2.18 ข. ถ้าหากต้องการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปทีละบิตเป็นลำดับไป จนกว่าจะครบจำนวนทั้ง 8 บิต ดังในรูปที่ 2.18 ค. จะแสดงการเปลี่ยนข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งไปตามสายสัญญาณที่ละบิตตามจังหวะเวลาที่กำหนด เป็นความกว้างของพัลส์ โดยจังหวะเวลาที่กล่าวนี้จะต้องมีมาตรฐาน ของฝ่ายส่ง และฝ่ายรับด้วย ในการรับสัญญาณที่ส่งมาทีละบิต จะทำการตรวจสอบระดับแรงดันของสัญญาณที่เข้ามาเพื่อแปลงเป็นลอจิก "1" หรือ "0" เมื่อรับข้อมูลเข้ามาครบใน 1 ไบต์ที่กำหนดไว้ ก็จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลแบบขนานเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 จังหวะเวลาของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อรับหรือส่งข้อมูล จะเป็นลักษณะของกลุ่มข้อมูล ดังนั้นอัตราความเร็วจะต้องมีค่าเท่ากันระหว่างการรับและการส่ง โดยทั่วไปเราจะระบุความเร็วของจำนวนบิตในการรับและส่งข้อมูล เป็นจำนวนของบิตที่จะส่งใน 1 วินาที โดยเรียกความเร็วในการส่งข้อมูลว่า อัตราบอด (Baud Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800 และ 9,600 บิตต่อวินาที ในรูปที่ 2.19 ถ้าหากมีการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที จะใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9,600 หรือ 104.1 ไมโครวินาที และเวลาในการรับส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตจะมีค่าเท่ากับ 8 x 104.1 หรือ 832.8 ไมโครวินาที



รูปที่ 2.19 แสดงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที

2.8.2 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เป็นวิธีการรับและส่งข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาส่งร่วมไปด้วย แต่จะใช้อัตราความเร็วของจำนวนข้อมูลต่อวินาที และจะทำการเพิ่มบิตข้อมูลบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริง เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้นแสดงดังรูปที่ 2.20 ซึ่งประกอบด้วยกัน 3 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) จะมีขนาด 1 บิต จะเป็นระดับลอจิกตรงกันข้ามกับระดับลอจิกของสภาวะสายสื่อสาร ขณะที่ยังไม่มีการส่งข้อมูล

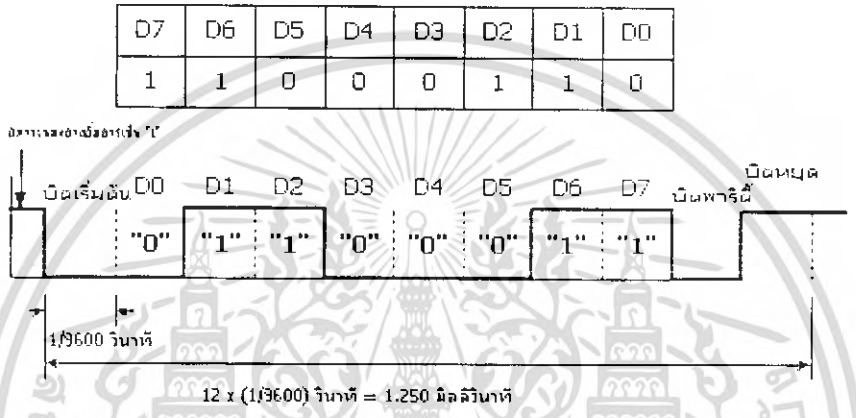
2. บิตข้อมูล (Data bit) จะเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดก่อนหรือ บิต LSB ก่อน โดยข้อมูลที่จะส่งอาจจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้

3. บิตแสดงสภาวะเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity bit) มีขนาด 1 บิต โดยบิตนี้จะนำไปต่อท้ายกับบิตข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของข้อมูลที่เป็น "1"
โดยเลือกการส่งข้อมูลเป็นแบบ พาริตี้คู่ หรือ พาริตี้คี่ ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้มีการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ ก็จะให้บิตพาริตี้นี้เป็น "1" เพื่อจะได้จำนวนเลข "1" เป็นคู่นั่นเอง ทำนองเดียวกันทางด้านรับเองก็ต้องมีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาเป็น "1" รวมทั้งบิตพาริตี้ 1 บิต ถ้ามีค่า "1"เป็นจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง

* สามารถกำหนดการรับและส่งข้อมูลเป็นแบบ NONE โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบพาริตี้บิตก็ได้ 4 บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) เป็นการระบุถึงขอบเขตของการสิ้นสุดข้อมูล โดยจะทำให้ขาข้อมูลมีสถานะ ลอจิกเป็น "1" ซึ่งอาจมีจำนวนมากกว่า หนึ่งบิตก็ได้ เช่น 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต



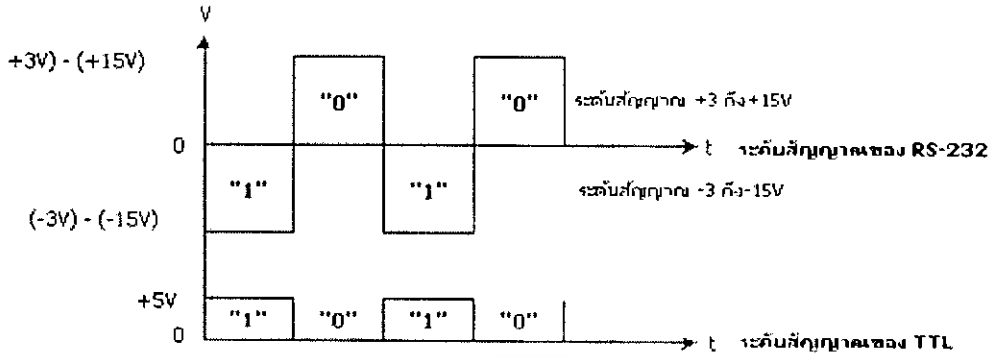
รูปที่ 2.20 แสดงการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น บิตพาริตี้ บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที

2.8.3 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS-232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ อะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งาน ในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ การรับส่งสัญญาณจะกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุตโดยมีระดับ สัญญาณตั้งแต่ 3 โวลต์ จนถึง 15 โวลต์ สำหรับลอจิก "0" และมีระดับแรงดันที่ -3โวลต์จนถึง-15โวลต์สำหรับลอจิก"1"ดังแสดงในรูปที่2.21

ดังนั้นสังเกตได้ว่าจะมีระดับแรงดันที่ใช้ในระบบลอจิก "0" และ ลอจิก "1" แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่วๆไป การต่อใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจาก 0 - 5 โวลต์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 โวลต์หรือต่ำกว่า - 3 โวลต์โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน หรืออาจจะต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก "1" และ "0"

พอร์ตอนุกรมของ PC DB9 ตัวผู้ (Male)

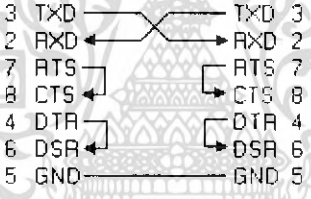
พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย (Female)

DB9 ตัวผู้ เมื่อมองจากด้านหลัง

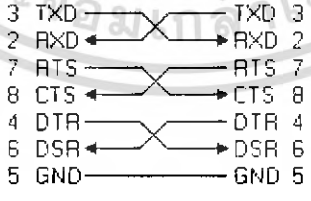
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงการจัดขา ของคอนเน็กเตอร์ อนุกรมแบบ DB9 และหน้าที่การใช้งานต่างๆ

Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready(DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Request To Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input



การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น



การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 การทำงานของขาสัญญาณ DB9

TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล

RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล

DTR แสดงสภาวะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน

DSR ตรวจสอบว่าพอร์ต ที่ติดต่อด้วย เปิดอยู่หรือไม่

- เมื่อเปิดพอร์ตคอมพิวเตอร์ ขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบว่าต้องการติดต่อด้วย
- ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา DSR ว่าอุปกรณ์พร้อมหรือไม่

RTS แสดงสภาวะพอร์ตว่าต้องการส่งข้อมูล

CTS ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่ออยู่ ต้องการส่งข้อมูลหรือไม่

- เมื่อต้องการส่งข้อมูลขา RTS จะ ON และจะส่งข้อมูลออกที่ขา TXD เมื่อส่งเสร็จก็จะ OFF
- ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา CTS ว่าอุปกรณ์ต้องการที่จะส่งข้อมูลหรือไม่

GND ขา ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 จีเอสเอ็มโมดูลและการเชื่อมต่อ

ในโครงงานนี้จะใช้จีเอสเอ็มโมดูลของโซนี่อีริคสันรุ่น GM – 29 ซึ่งจะใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส แทนการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ รูปที่ 2.22 รูปที่ 2.23 จะแสดงจีเอสเอ็มโมดูลของโซนี่อีริคสันรุ่น GM - 29 และวงจรการเชื่อมต่อในการใช้งาน ซึ่งจะแสดงการเชื่อมต่อ

ความสามารถผลิตภัณฑ์

- แถบคู่ EGSM 900 / 1,800 MHz เป็นโมเด็มชุดแบบอนุกรม
- GPRS คลาสB (4+1)
- ซึ่งรองรับกับ ETSI GSM ระยะ2 + มาตรฐาน (small ms)
- กำลังงานทางด้านเอาท์พุต คลาส 4 (2W@900 MHz) คลาส 1 (1W@1,800 MHz)
- แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุต 5- 32 VDC
- มาตรฐาน RS -232 9 ทาง การเชื่อมต่อเป็นแบบอนุกรม
- ความกว้างยาวทั้งหมด : 77 * 67 * 26 mm
- ระยะอุณหภูมิ ที่ใช้ในการปฏิบัติ - 25 Cถึง+ 55 C
- ระยะอุณหภูมิ ที่ใช้บันทึก - 40 Cถึง+ 85 C
- น้ำหนัก < 130g

ส่วนติดต่อ

- ข้อมูล RS - 232 9 ทาง (v.28) หน่วยควบคุมระยะไกลโดยใช้คำสั่ง AT commands อัตราบอดเป็น 1,200 ถึง 460,800 bits /s
- แรงดันไฟฟ้า 5- 32 VDC ใช้ขั้วต่อแบบ RJ 11 connector
- สัญญาณเสียงใช้ขั้วต่อแบบ RJ 9 connertor
- สายอากาศ 50 โอห์มขั้วต่อแบบ FME ตัวผู้
- การ์ดซิม 3V / 5V ส่วนติดต่อซิม กับการตรวจสอบซิม

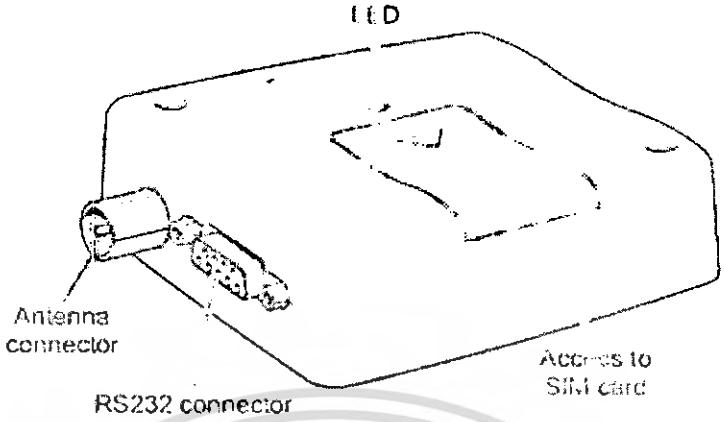
ความสามารถข้อมูล

- CSD สูงถึง 9.6 kbps
- HSCSD (2+1) สูงถึง 19.2 kbps
- GPRS คลาสB(4+1),สูงถึง 85.6 kbps
- GSM 07.10 โปรโตคอลที่หลากหลาย

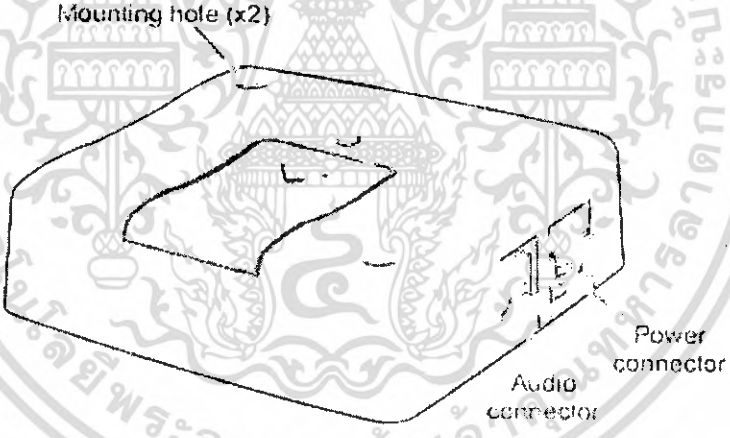
การบริการข่าวสาร sms

- ข้อความ และ PDU
- จุดต่อจุด(MT / MO)
- เซลล์เผยแพร่
- Concatenation สูงถึง 6 sms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 จีเอสเอ็มโมดูล GM - 29



รูปที่ 2.23 จีเอสเอ็มโมดูล GM - 29

2.9.1 GSM AT Command กับมือถือ

การสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่าง ๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) นั้นสามารถใช้ชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐานที่เรียกว่า AT command ในการติดต่อเพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งงานอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยชุดคำสั่งพื้นฐานจะถูกกำหนดไว้ใน Hayes AT command ซึ่งบริษัท Hayes เป็นผู้คิดค้นชุดคำสั่งนี้เพื่อใช้กับโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตนและต่อมาได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตโมเด็มรายอื่น ๆ โดยอาจจะมีชุดคำสั่งขยาย (Extended AT command) เพื่อใช้เป็นการเฉพาะสำหรับผู้ผลิตรายนั้น ๆ ก็ได้

การติดต่อกับมือถือก็เช่นกันเราสารถใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ใน GSM AT command ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน และควบคุมมือถือและเนื่องจากมีรายละเอียดค่อน ข้างมาก โดยในโครงงานนี้จะพูดถึงเฉพาะคำสั่งที่จำเป็นสำหรับโครงงานนี้เท่านั้น

การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับมือถือนั้น จะทำผ่านสายดาต้าลิงก์ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยใช้โปรแกรมเทอร์มินอลต่าง ๆ เช่นไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ของวินโดวส์ (Windows) ส่วนความเร็วในการสื่อสารมักจะใช้ 9,600 บิตต่อวินาที

ตัวอย่างคำสั่ง GSM AT Command

คำสั่งพื้นฐาน

at// เช็คความพร้อมของมือถือ

OK// พร้อมครับ

atd0182894 92// สั่งให้ต่อโทรศัพท์ไปยังหมายเลขนี้ (บางเครื่องอาจต้องใช้; ต่อท้าย)

BUSY// สายไม่ว่าง (ถ้าอีกฝั่งรับสายจะตอบ CONNECT)

ath// สั่งวางสาย

OK// ตกลง

คำสั่งเกี่ยวกับเอสเอ็มเอส (SMS: Short Message Service)

at+csms = 0 // เช็คว่าสนับสนุนคำสั่งเกี่ยวกับเอสเอ็มเอส หรือไม่

+CSMS : 1, 1, 1 //

OK// สนับสนุน

at+cmgf = 1 // ตั้งโหมดเอสเอ็มเอสแบบเท็กซ์โหมด (Text Mode)

+CMS ERROR : 303 // ไม่สนับสนุน

at+cmgf = 0 // ตั้งโหมดเอสเอ็มเอสแบบพีดียูโหมด (PDU : Protocol Description Unit Mode)

OK // ได้

at+cmgr = 1 // อ่านข้อความที่ 1 ใน inbox

+CMGR:1,,27//0691668111808804 0A91662950268000004040121117193820AE8301 C9E4787

OK // ข้อความเรียบร้อย (ข้อความยังไม่ถอดรหัส)

องค์การ ETSI (European Telecommunications Standards Institute) เป็นองค์กรอิสระที่ไม่แสวงหาผลกำไรทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้านโทรคมนาคมได้กำหนดมาตรฐานการส่งเอสเอ็มเอสไว้ในคู่มือ GSM 03.40 และ GSM 03.38 สามารถส่งได้สูงถึง 160 ตัวอักษร โดยแต่ละตัวอักษรใช้รหัสขนาด 7 บิต นอกจากนั้นยังมีการใช้ตัวอักษรชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ขนาด 8 บิต หรือ 16 บิต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในโครงงานนี้จะพูดถึงเฉพาะแบบ 7 บิต เท่านั้น

2.9.2โหมดของการรับส่งข้อมูล

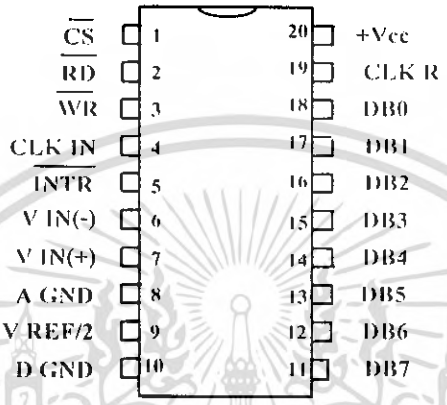
การรับส่งข้อมูลเอสเอ็มเอส มีอยู่ด้วยกัน 2 โหมด คือ เท็กซ์โหมด และ พีดียูโหมด การส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วค่อยส่งข้อมูลในพีดียูโหมดอีกที อย่างไรก็ตาม ในมือถือบางรุ่นอาจไม่สนับสนุนการใช้งานใน เท็กซ์โหมด ซึ่งการเข้ารหัส (ส่ง) และถอดรหัส (รับ) สำหรับในเท็กซ์โหมดนี้มีหลายแบบด้วยกันเช่น "PCCP437","PCDN","8859-1","TRA" และ "GSM" เมื่อเราเชื่อมต่อกับมือถือเพื่อจะอ่านข้อความ เราสามารถตั้งค่าการเข้ารหัส/ถอดรหัสได้โดยใช้คำสั่ง AT+CSCS แต่ถ้าเราอ่านข้อความจากจอของมือถือซึ่งตัวมือถือจะเลือกการถอดรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

ถ้าหากเราเชื่อมต่อกับมือถือแล้วทำการสั่งอ่านข้อความเอสเอ็มเอสที่อยู่ในอินบ็อก (Inbox) โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ส่งข้อมูลเอสเอ็มเอสเซอวิสเซนเตอร์ (SMSC) ไทม์สแตมป์ (Time Stamp) และอื่น ๆ ที่จำเป็นและตามด้วยส่วนของข้อความซึ่งจะอยู่ท้ายสุดของสตริง

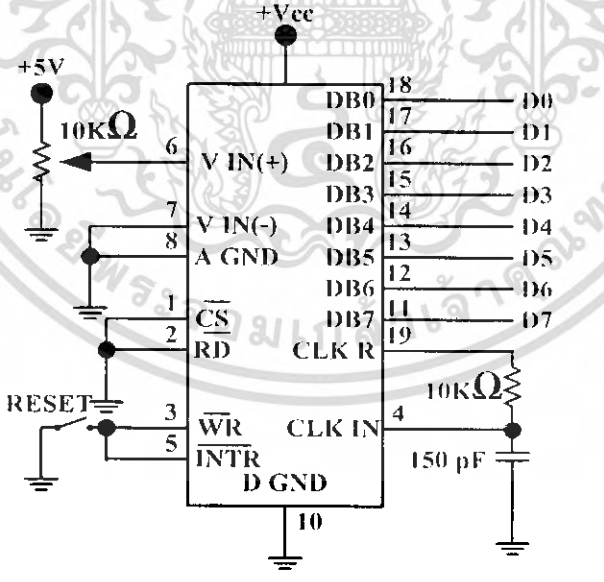
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอลใช้ไอซี เบอร์ ADC0804 ต่อวงจรแบบ Self-Clocking in Free-Running Mode โดยรับค่าอินพุตจากความต้านทานปรับค่าได้ใช้ค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์มต่อ แสดงวงจรดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.24 แสดงการจัดขาของไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

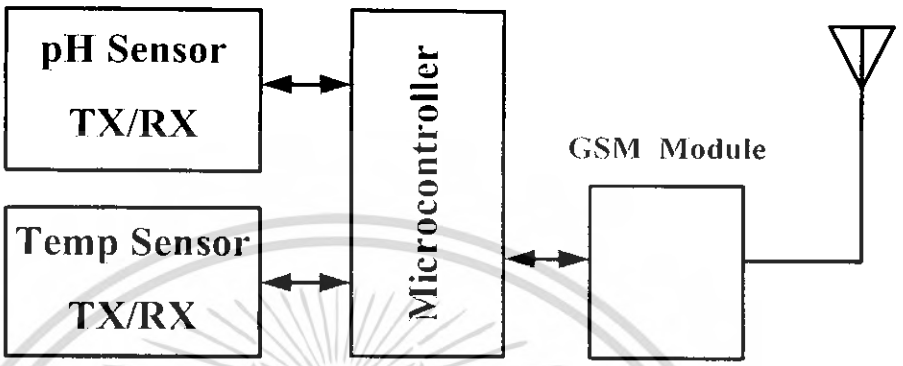
การทำงานของวงจร

การต่อกับความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 10 กิโลโอห์ม จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 ถึง 100 กิโลโอห์ม ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมขา 6 ของไอซีเบอร์ ADC 0804 เปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 5 โวลต์ แรงดันที่ได้ถือว่าเป็นสัญญาณแอนะลอกที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง เมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลงเกิน 20 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ เอาท์พุตของวงจรเป็น 00H จะทำให้เอาท์พุตที่ขา 11 ถึง 18 ของไอซี ADC 0804 เปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ จาก 00000000B ถึง 11111111B หรือ 00H ถึง FFH แต่การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณดิจิตอลนั้นจะไม่เกิดขึ้นในทันทีทันใด ต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ภายในตัวไอซี ดังนั้น มันจึงต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งจึงจะได้สัญญาณดิจิตอลออกมา เรียกเวลานี้ว่า เวลาการเปลี่ยนแปลง (conversion time) โดยปกติจะมีหน่วยเป็นไมโครวินาที ซึ่งค่านี้จะดูได้จากคู่มือไอซีสำหรับเบอร์ ADC0804 จะมีค่าประมาณ 100 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 การออกแบบโครงงาน



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบทำงานโดยรวม

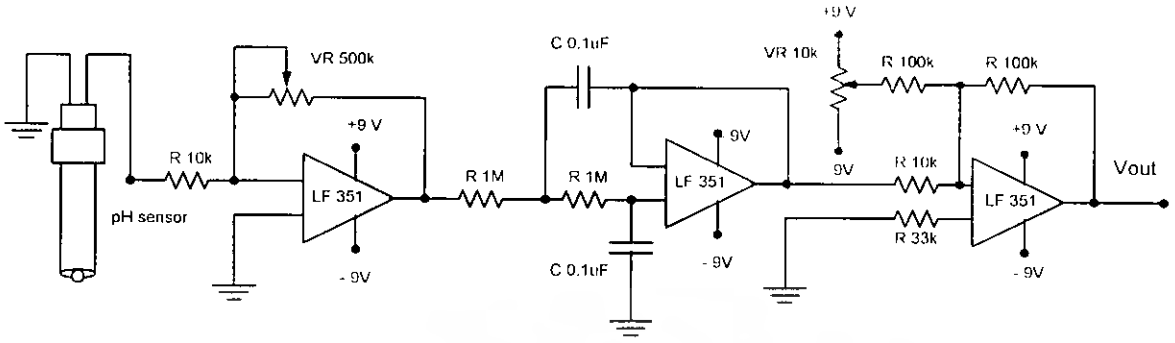
บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดและขั้นตอนการทำงานของชิ้นงานโดยรายละเอียดในการออกแบบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ในส่วนแรกจะประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์และวงจรขยาย ส่วนที่สองเป็นส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของโมดูลรับ - ส่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถแสดงบล็อกไดอะแกรมระบบทำงานโดยรวมจะเป็นดังรูปที่ 3.1

3.2 ส่วนของวงจรเซ็นเซอร์และวงจรขยาย

เนื่องจากแรงดันเอาท์พุตของเซ็นเซอร์มีค่าต่ำอยู่ในช่วงมิลลิโวลต์ จึงต้องนำมาผ่านวงจรขยายเพราะแรงดันที่ ไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) ต้องการจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 5 โวลต์

ส่วนของตัวตรวจจับค่า pH แรงดันเอาท์พุตที่ได้อยู่ในช่วง ± 120 มิลลิโวลต์ โดยค่า pH น้อยกว่า 7 จะมีค่าเป็นบวก และค่า pH มากกว่า 7 จะมีค่าเป็นลบ จึงต้องนำสัญญาณมาผ่านวงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ เพื่อให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างแรงดันเอาท์พุตกับค่า pH คือ โดยแรงดันเอาท์พุตที่ได้จะมีค่าแปรผันตามค่า pH โดยเมื่อค่า pH สูงขึ้นแรงดันเอาท์พุตก็จะสูงขึ้น ค่า pH ต่ำลงแรงดันเอาท์พุตก็จะต่ำลงด้วย โดยปรับอัตราการขยายของวงจรไว้ที่ 21 เท่า จะได้สัญญาณเอาท์พุตอยู่ในช่วง ±2.5 โวลต์ แต่เนื่องจากมีสัญญาณไซน์ปะปนมากับสัญญาณเอาท์พุตจึงต้องนำมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อกรองสัญญาณไซน์ออก ก่อนที่จะนำมาต่อกับวงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ โดยวงจรนี้จะนำสัญญาณที่ได้ที่อยู่ในช่วง ±2.5 โวลต์ มาทำการรวมเข้ากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงค่า -2.5 โวลต์ เพื่อทำการยกระดับสัญญาณให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 5 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



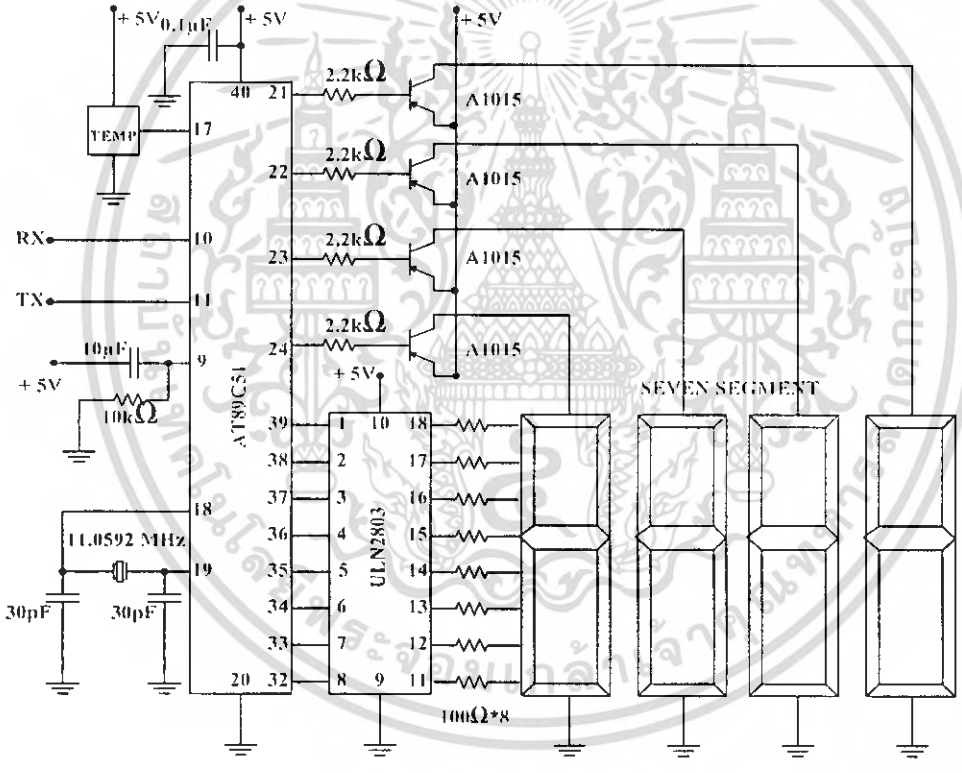
รูปที่ 3.2 แสดงการต่อวงจรของตัวตรวจจับ pH ก่อนต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

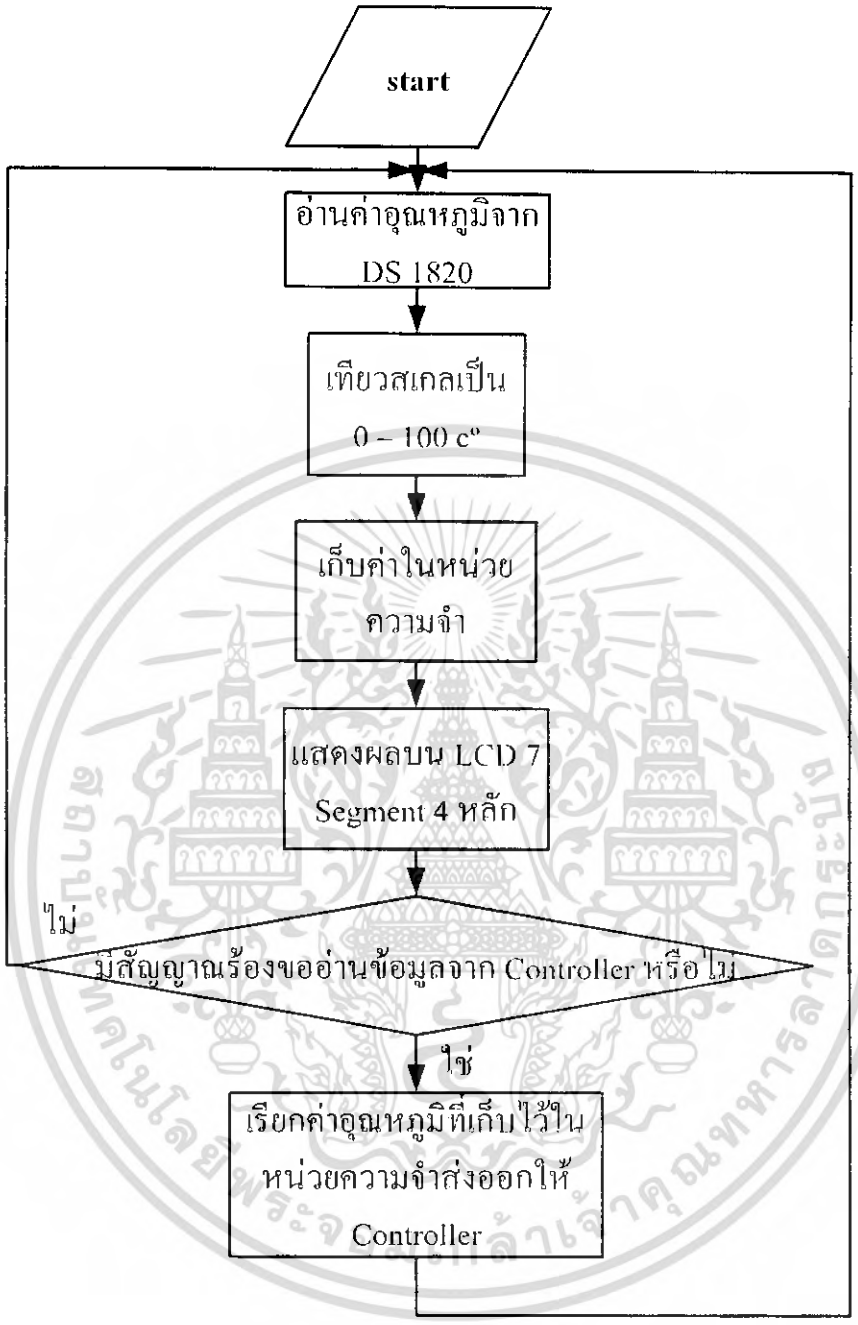
การทำงานของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ ใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิเบอร์ DS 1820 ที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวด์หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพดซึ่งมีขนาด 9 ไบต์ ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่ควบคุมและตรวจจับค่าอุณหภูมิจากนั้นส่งข้อมูลให้กับ ไอซีเบอร์ ULN2803 ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสให้กับ seven segment ขนาด 4 หลักซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนแสดงผล

จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ออกทางขา TX, RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 เพื่อส่งให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



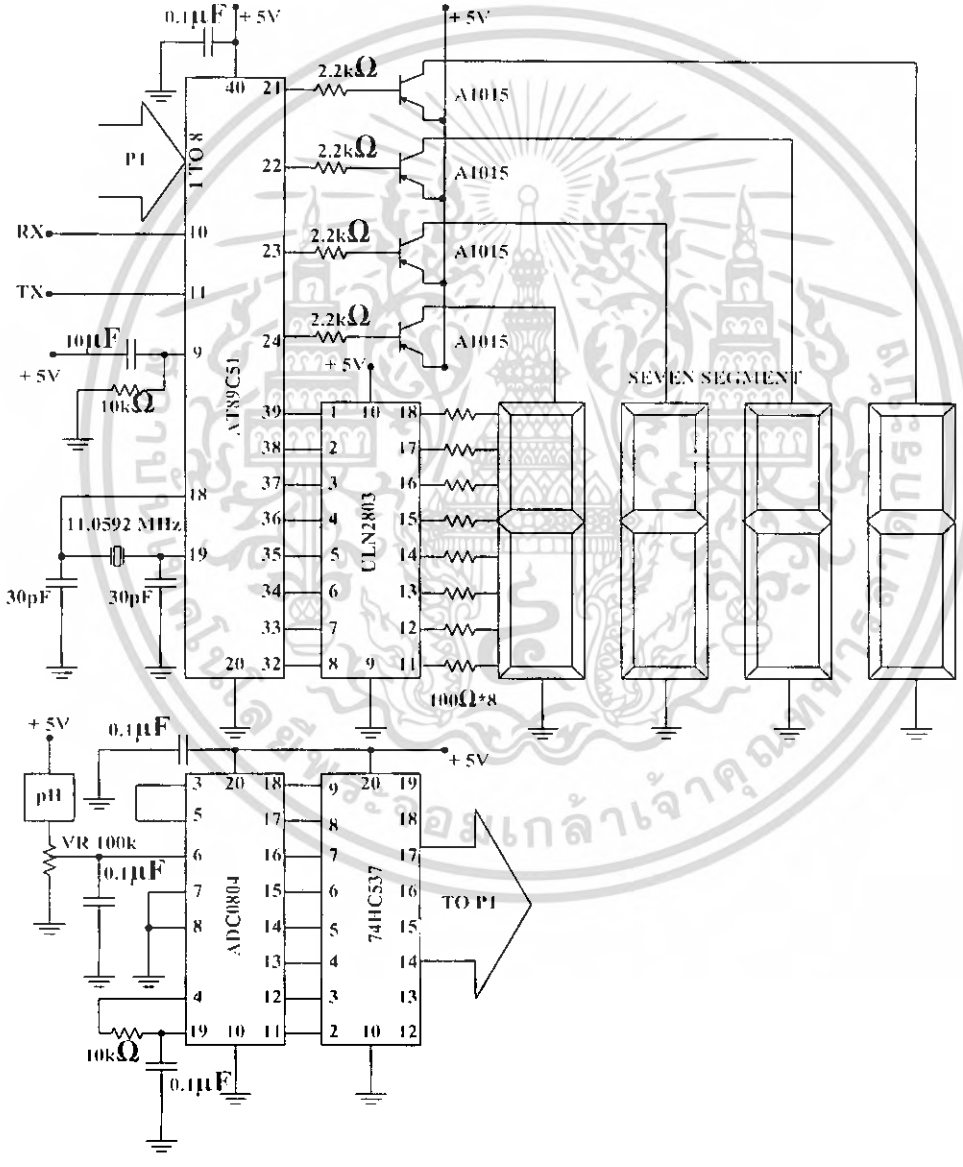
รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนวงจรตรวจจับค่า pH

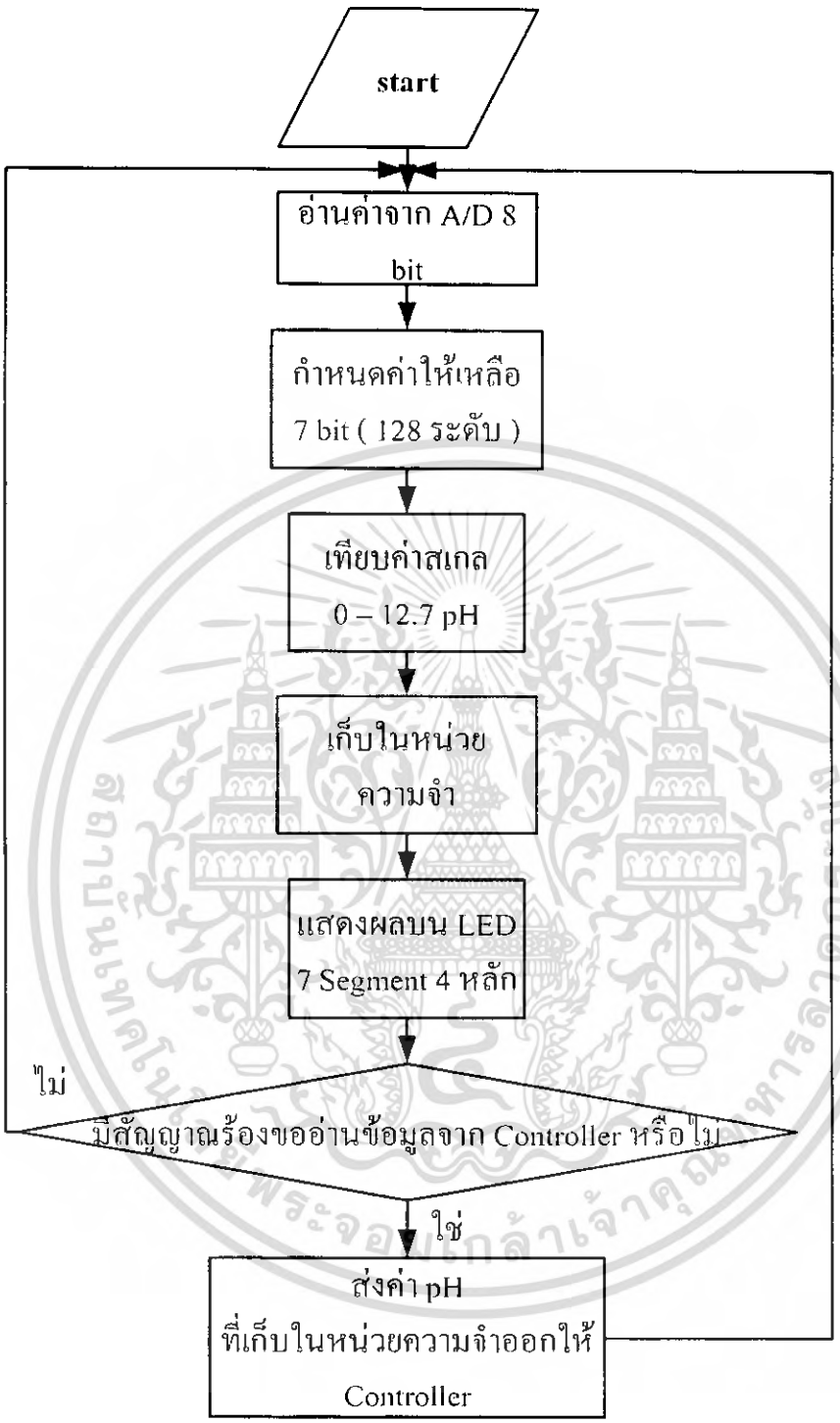
การทำงานของวงจรตรวจจับค่า pH ใช้ VR 100 กิโลโอห์ม เป็นตัวปรับค่าความต้านทาน โดยผ่านไอซีเบอร์ ADC0804 ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งจะทำให้เกิดค่า pH ตั้งแต่ 0 – 12.8 pH โดยส่งค่าที่ได้ให้กับไอซี 74HC537 ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสไปยังพอร์ต P1 ของไอซี AT89C51 ทำหน้าที่ควบคุมและตรวจจับค่า pH จากนั้นส่งข้อมูลให้กับ ไอซีเบอร์ ULN2803 ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสให้กับ seven segment ขนาด 4 หลักซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนแสดงผล

จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ออกทางขา TX RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 เพื่อส่งให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจจับค่า pH



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตรวจจับค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

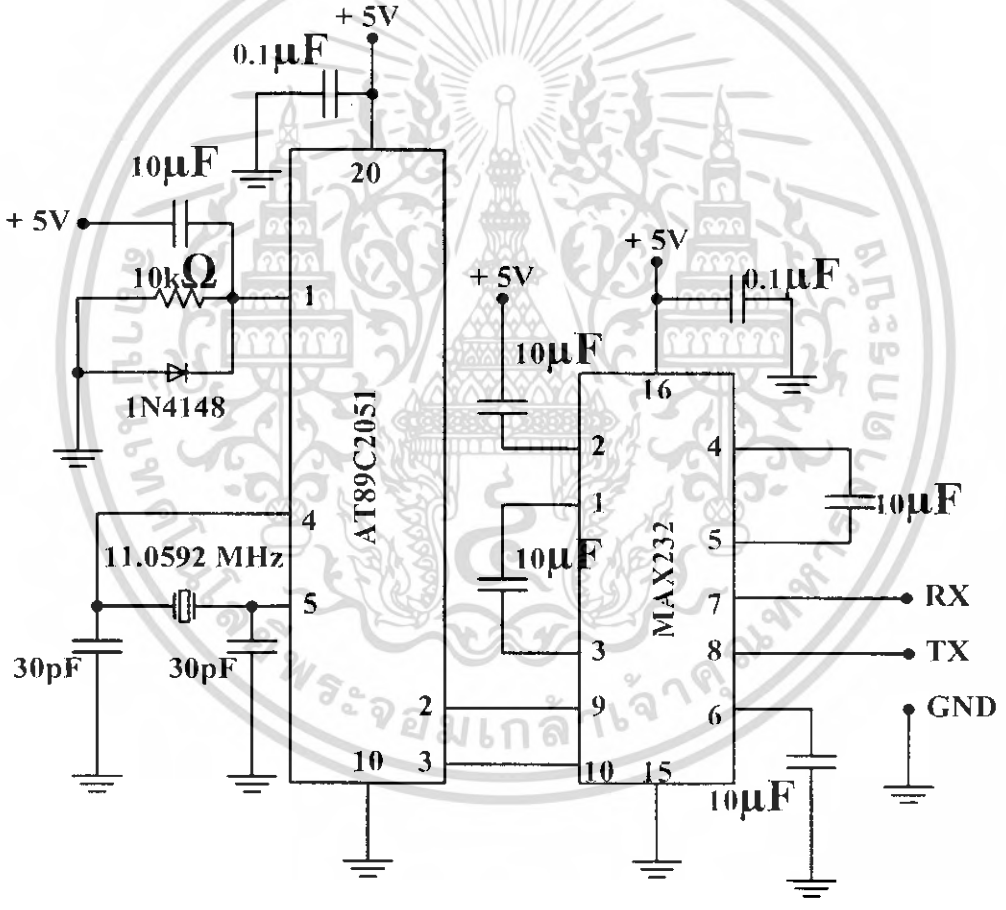


รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรตรวจจับค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

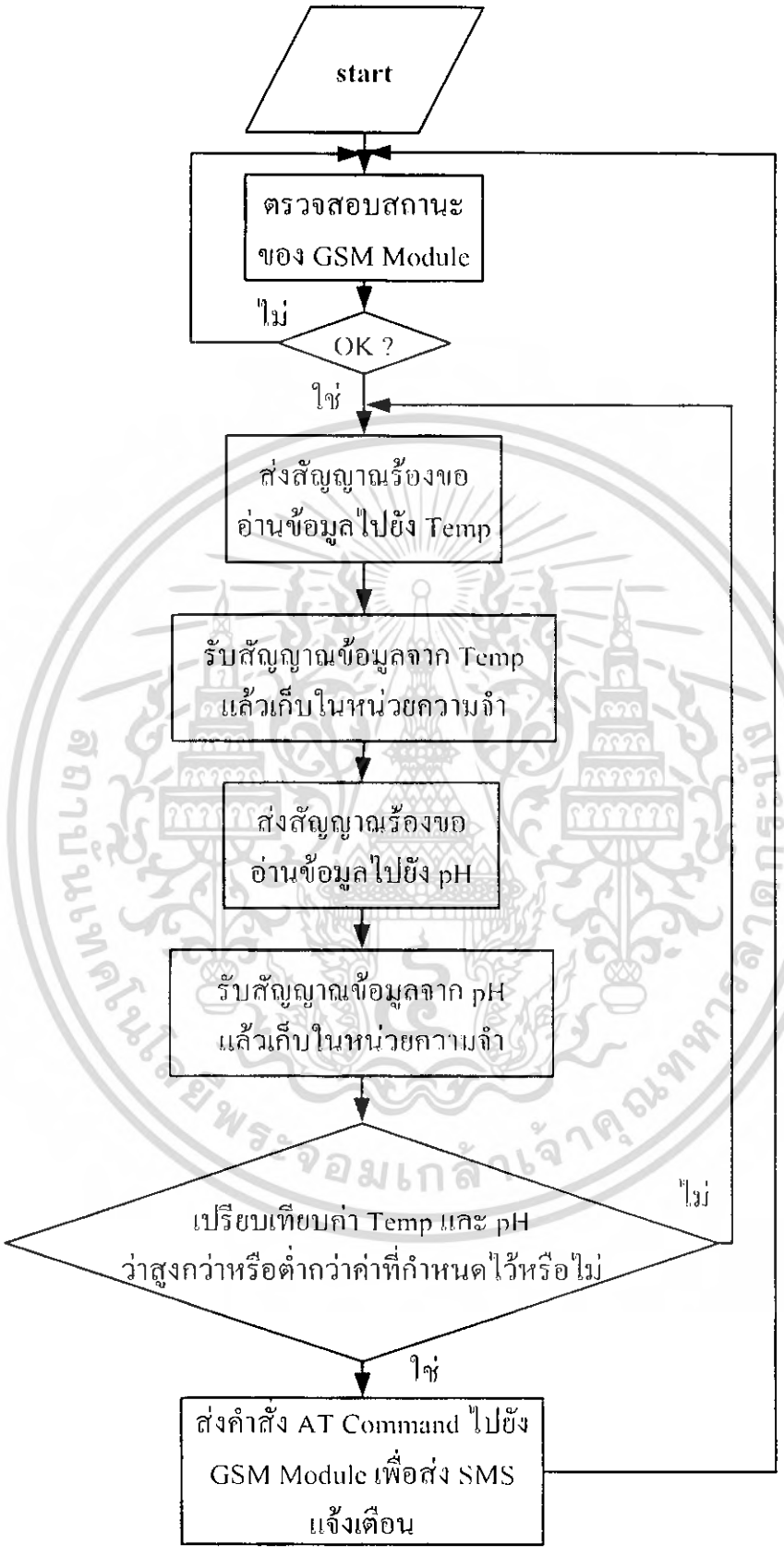
3.5 ส่วนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ไอซีเบอร์ AT89C2051 ซึ่งจะรับข้อมูลจากวงจรตรวจจับอุณหภูมิและส่วนวงจรตรวจจับค่า pH โดยรับข้อมูลเข้าทางขา 2 และ 3 จากนั้นทำการตรวจสอบว่าค่าที่ได้จากวงจรตรวจจับอุณหภูมิและส่วนวงจรตรวจจับค่า pH มีค่าเกินที่กำหนดไว้หรือไม่ ค่าที่ได้จากการตรวจสอบไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ก็ทำการตรวจสอบไปอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าค่าที่ได้จากการตรวจสอบมีค่าเกินระดับที่กำหนดไว้ ก็จะส่งข้อมูลผ่านทางขา 2 และ 3 ไปยัง MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณของ RS-232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232 ออกทางขา TX, RX เพื่อส่งข้อมูลให้กับโมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อควบคุมให้โมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข้อความเตือนไปยังโทรศัพท์ผู้ใช้ต่อไป รูปที่ 3.7 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนของโมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในโครงงานนี้จะใช้จีเอสเอ็มโมดูลของโซนี่อีริคสันรุ่น GM - 29 ซึ่งจะใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส แทนการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ รูปที่ 3.9 รูปที่ 3.10 จะแสดงจีเอสเอ็มโมดูลของโซนี่อีริคสันรุ่น GM - 29 และวงจรการเชื่อมต่อในการใช้งาน ซึ่งจะแสดงการเชื่อมต่อ การทำงานของโมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำหน้าที่เป็นเครื่องส่ง โดยข้อมูลที่ทำการส่งจะอยู่ในรูปของ SMS ให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน

ความสามารถผลิตภัณฑ์

- แถบคู่ EGSM 900 / 1,800 MHz เป็นโมเด็มชุดแบบอนุกรม
- GPRS คลาสB (4+1)
- ซึ่งรองรับกับ ETSI GSM ระยะ2 + มาตรฐาน (small ms)
- กำลังงานทางด้านเอาท์พุต คลาส 4 (2W@900 MHz) คลาส 1 (1W@1,800 MHz)
- แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุต 5- 32 VDC
- มาตรฐาน RS232 9 ทาง การเชื่อมต่อเป็นแบบอนุกรม
- ความกว้างยาวทั้งหมด : 77 * 67 * 26 mm
- ระยะอุณหภูมิ ที่ใช้ในการปฏิบัติ - 25 Cถึง+ 55 C
- ระยะอุณหภูมิ ที่ใช้บันทึก - 40 Cถึง+ 85 C
- น้ำหนัก < 130g

ส่วนติดต่อ

- ข้อมูล RS232 9 ทาง (v.28) หน่วยควบคุมระยะไกลโดยใช้คำสั่ง AT commands อัตราบอดเป็น 1,200 ถึง 460,800 bits /s
- แรงดันไฟฟ้า 5- 32 VDC ใช้ขั้วต่อแบบ RJ 11 connector
- สัญญาณเสียงใช้ขั้วต่อแบบ RJ 9 connertor
- สายอากาศ 50 โอมห์ขั้วต่อแบบ FME ตัวผู้
- การ์ดซิม 3V / 5V ส่วนติดต่อซิม กับการตรวจสอบซิม

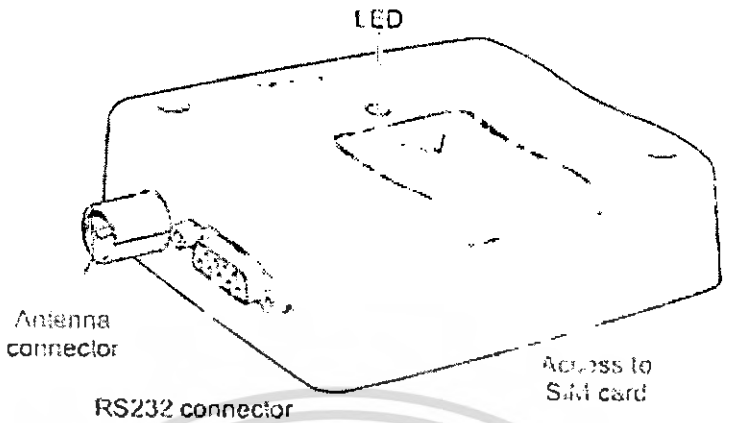
ความสามารถข้อมูล

- CSD สูงถึง 9.6 kbps
- HSCSD (2+1),สูงถึง 19.2 kbps
- GPRS คลาสB (4+1),สูงถึง 85.6 kbps
- GSM 07.10 โปรโตคอลที่หลากหลาย

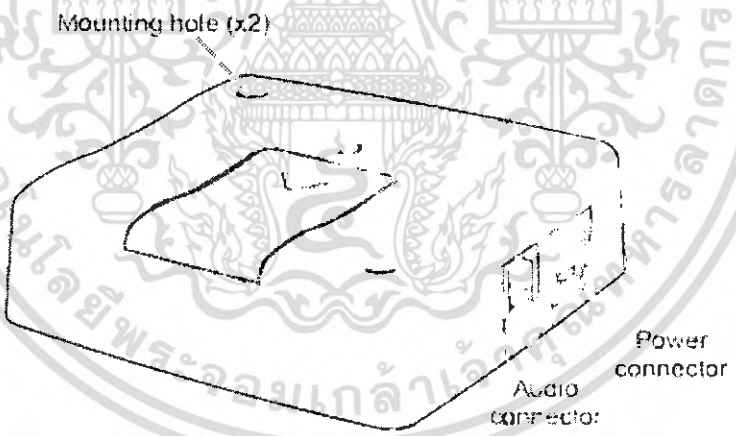
การบริการข่าวสาร sms

- ข้อความ และ PDU
- จุดต่อจุด(MT / MO)
- เซลล์เผยแพร่
- Concatenation สูงถึง 6 sms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

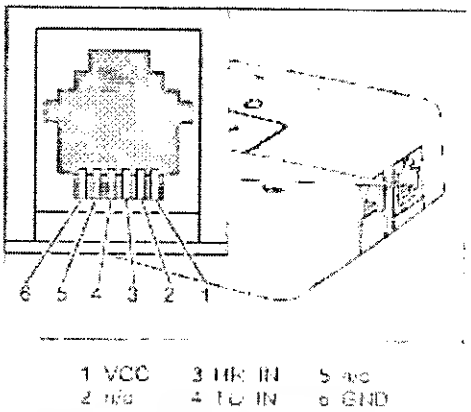


รูปที่ 3.9 จีเอสเอ็มโมดูล GM - 29

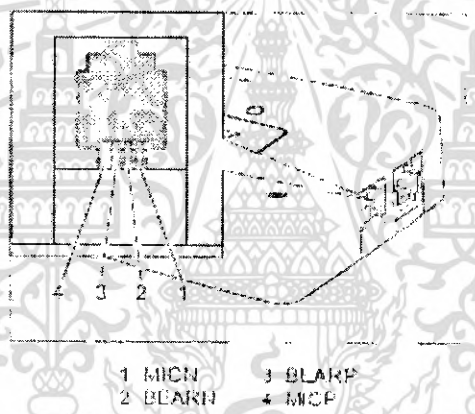


รูปที่ 3.10 จีเอสเอ็มโมดูล GM - 29

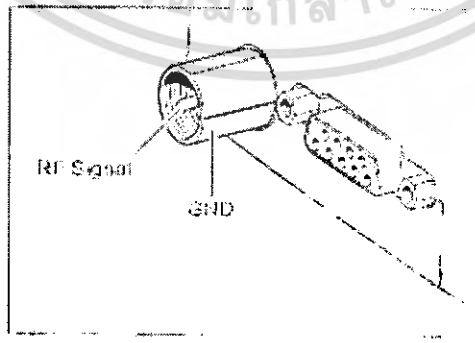
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29

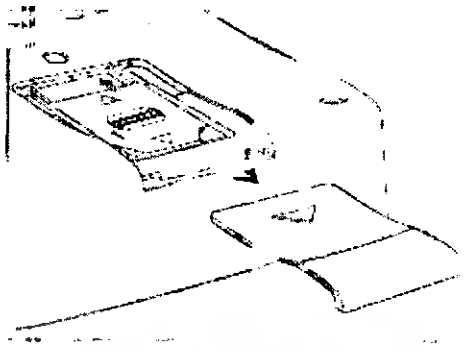


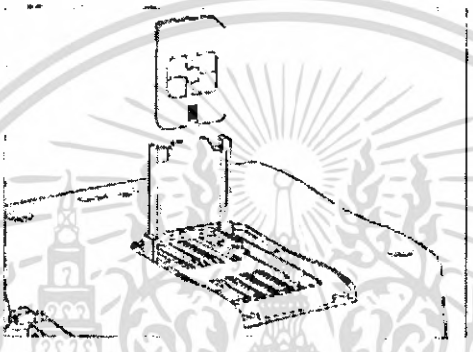
รูปที่ 3.12 แสดงขั้วต่อสัญญาณเสียงของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29



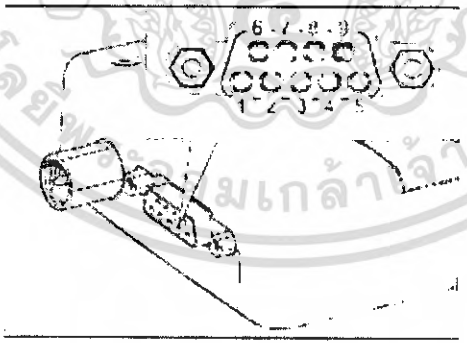
รูปที่ 3.13 แสดงขั้วต่อสายอากาศของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.14 แสดงการใส่ซิมการ์ดของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29



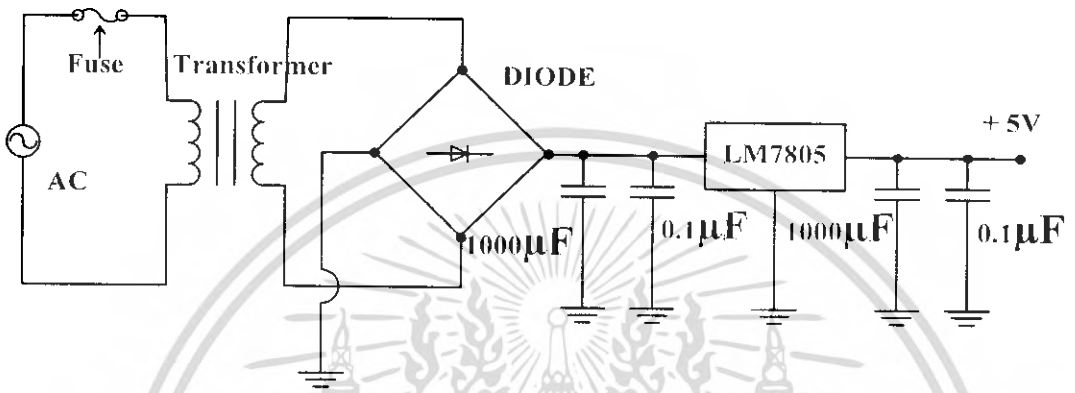
1 DCD	4 DTR	7 RTS
2 RD	5 GND	8 CTS
3 TD	6 DSR	9 RI

รูปที่ 3.15 แสดงขั้วต่อ RS232 ของจีเอสเอ็มโมดูล GM – 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ส่วนวงจรภาคจ่ายไฟ

การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟใช้ ไอซีเบอร์ LM 7805 ในการปรับระดับแรงดันไฟกระแสสลับ 12 โวลต์ เป็นกระแสไฟตรง 5โวลต์ เพื่อไปเลี้ยงวงจรตรวจจับอุณหภูมิ วงจรตรวจจับค่า pH และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปที่ 3.16 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การวัดค่าแรงเอาท์พุตของวงจรขยาย ในส่วนของหัววัดค่า pH

4.1.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติสัญญาณเอาท์พุตของหัววัดค่า pH (pe-03) ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

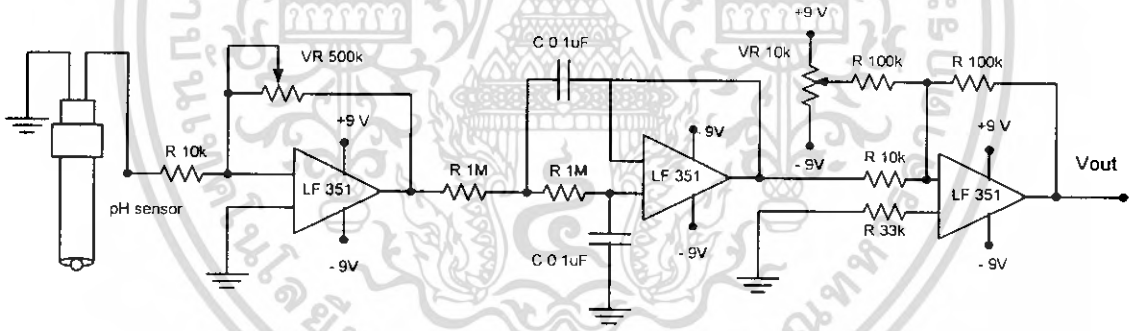
2. เพื่อศึกษาสัญญาณเอาท์พุตของวงจรขยายต่าง ๆ ก่อนต่อเข้ากับวงจร Analog to Digital เมื่อนำสัญญาณเอาท์พุตของหัววัดค่า pH มาต่อเข้ากับวงจรขยาย

วงจรส่วนตรวจจับค่า pH

ในการทดลองวงจรในแต่ละส่วนของเครื่องระบบพัฒนาคุณภาพน้ำนี้ เพื่อให้ทราบถึงการทำงานของวงจรต่างๆและปัญหาในการทำงาน รวมทั้งให้ได้วงจรที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงที่สุด และเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นในภายหลัง เมื่อนำวงจรมาประกอบรวมกันในเครื่องวัดค่า pH ในการทดลองวงจรสามารถอธิบายได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

4.1.3 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรในส่วนของหัววัดค่า pH ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วงจรส่วนตรวจจับค่า pH

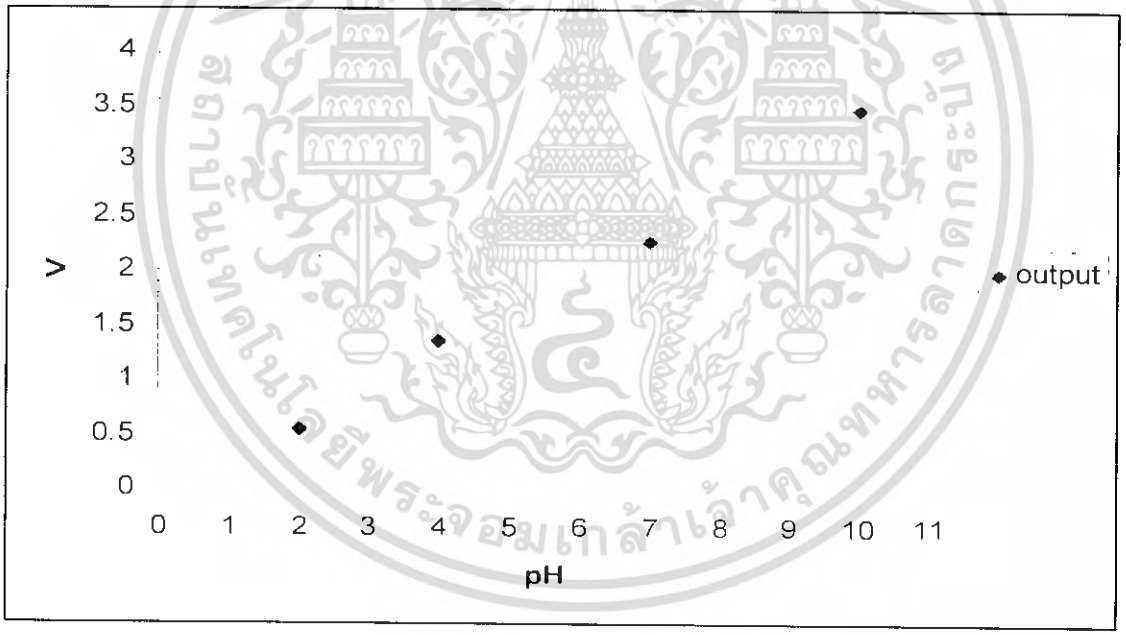
2. เปลี่ยนแปลงค่า pH โดยการเปลี่ยนสารที่หัววัดค่า pH ให้มีสภาพเป็นกรดด่างค่าต่างๆ แล้วอ่านค่าแรงดันที่ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ (Digital Volt Meter) โดยต่อดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ไว้ที่ Vout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันเอาท์พุตของวงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ

ค่า pH	แรงดันเอาท์พุต (V)
pH 2	0.55
pH 4	1.36
pH 7	2.26
pH 10	3.47



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับแรงดันเอาท์พุตของวงจรขยายผลรวมแบบกลับขั้วสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 การตรวจสอบการทำงานของโมดูล GSM

4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

ในการทดลองนี้ เพื่อศึกษา AT command ต่างๆของโมดูล GSM ที่ใช้ส่ง SMS เพื่อจะใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานต่างๆของโมดูล GSM

โดย AT command ต่างๆที่ใช้ในการส่ง SMS สามารถอธิบายได้ดังนี้

at คือ ตรวจสอบสภาวะของโมดูลว่าพร้อมใช้งานหรือไม่

at+cmgf = 1	คือ เซ็ตว่าส่งข้อความในรูปของ text
at+cmgs="0840202139"	คือ ให้ส่งข้อความไปที่เบอร์โทรศัพท์ 0840202139
I testing module	คือ ข้อความที่ส่ง แล้วกด Ctrl Z
+CMGS: 19	คือ ซิมการ์ดนี้ส่ง SMS นี้เป็น SMS ที่ 19

เราทำการทดลองโมดูล GSM โดยใช้โปรแกรม ไฮเปอร์เทอร์มินอลในการแสดงผล โดยตั้งค่าดังนี้ Bits per second: 9,600, Data bit: 8, Parity: None. Stop bits: 1 Flow Control: None แล้วทดลองส่ง SMS โดยป้อน AT command ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 แสดงการทดลองโมดูล GSM โดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal ในการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

รูปที่ 4.4 แสดงผลที่ได้จากการส่งข้อความในรูปแบบ SMS

4.3 การทดลองที่ 3 การทดลองของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

4.3.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบน DISPLAY ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์

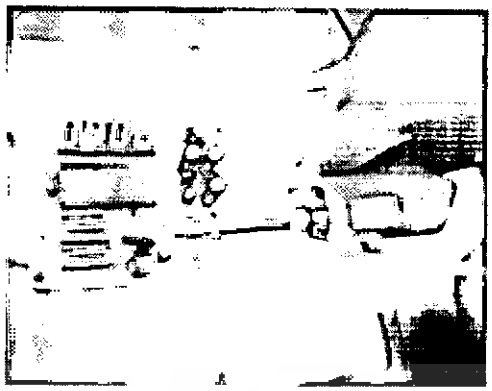
4.3.2 ลำดับขั้นการทดลอง

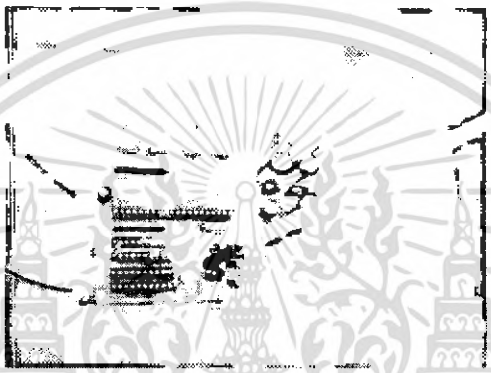
1. นำวงจรในส่วนตรวจจับอุณหภูมิมาวาง โดยให้ตัวเซ็นเซอร์อยู่ใกล้กับเทอร์โมมิเตอร์

2. นำวัตถุที่เป็นเหล็ก เช่น ช้อน ไปแตะที่ตัวเซ็นเซอร์พร้อมกับเทอร์โมมิเตอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง

3. นำหัวแร้งมาอังให้ใกล้กับตัวเซ็นเซอร์พร้อมกับเทอร์โมมิเตอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์

4.3.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลที่ได้จากการทดลองอุณหภูมิบน Display (° C) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิบนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ (° C)

อุณหภูมิบน Display (° C)	อุณหภูมิบนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ (° C)
23	23
24	24
25	25
28	28
29	29
31	31
35	35
37	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 การทดลองของวงจรตรวจจับ pH

4.4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่อินพุตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Display ที่วงจรตรวจจับ pH

4.4.2 ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์มาต่อกับวงจร โดยตั้งค่าไว้ที่ DC

2. ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันแต่ละค่าตั้งแต่ 0 – 5 โวลต์ และทำการสังเกตค่า pH ที่ได้และบันทึกผลการทดลอง

3. นำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ 4.1

4.4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตกับค่า pH บน Display

แรงดันอินพุต (V)	ค่า pH บน Display
1.5	4.2
2.5	7.2
3.5	10.3
4.0	11.5

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองผลการทำงานของวงจรรวม

4.5.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อทำการทดลองว่าวงจรรวมสามารถส่งข้อความในรูปแบบ SMS ได้ เมื่อค่าอุณหภูมิและค่า pH มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยตั้งค่าอุณหภูมิมาตรฐานไว้ที่ 25 – 32 องศาเซลเซียส และตั้งค่ามาตรฐาน pH ไว้ที่ 6.5 - 7.5 pH

4.5.2 ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำวงจรทั้ง 3 ส่วนมาต่อเข้าด้วยกัน

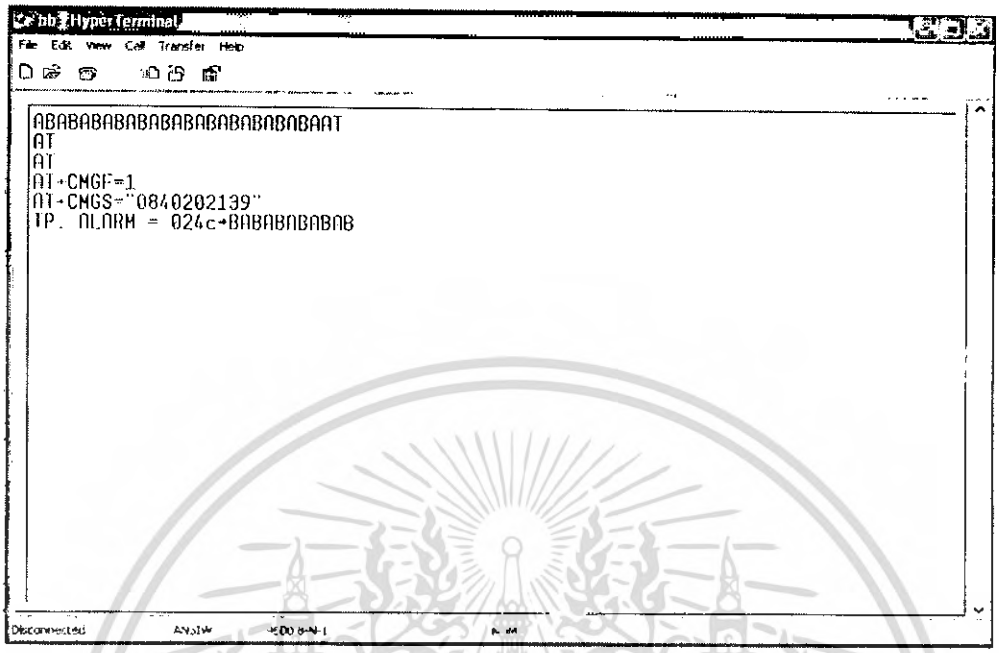
2. ทำการต่อพอร์ต RS 232 เข้ากับคอมพิวเตอร์กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิและค่า pH ให้สูงกว่าและต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

4. ใช้โปรแกรม Hyper Terminal บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

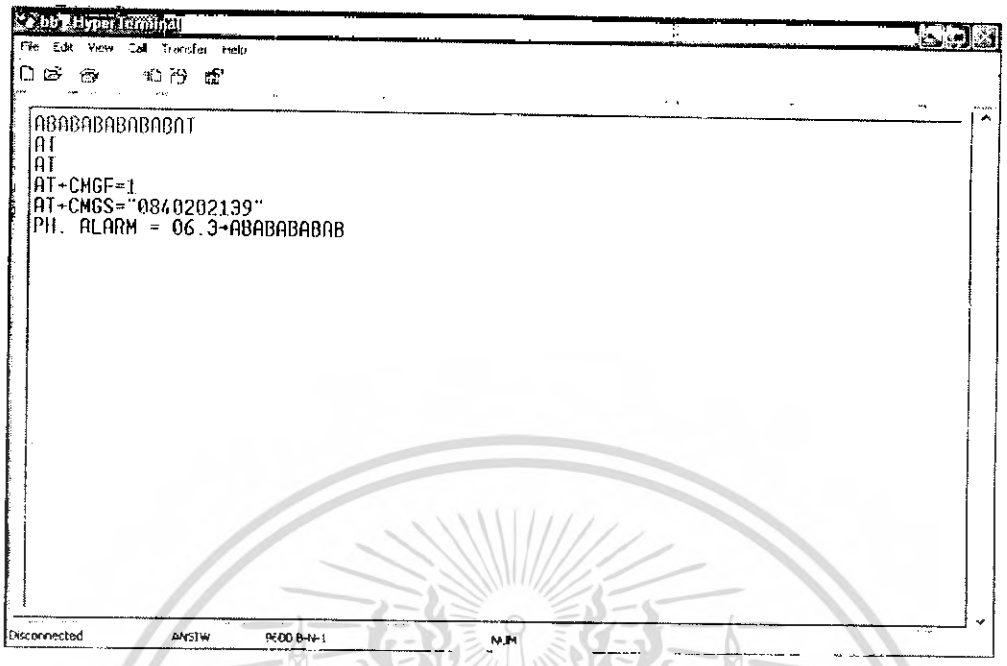
4.5.3 ผลการทดลอง



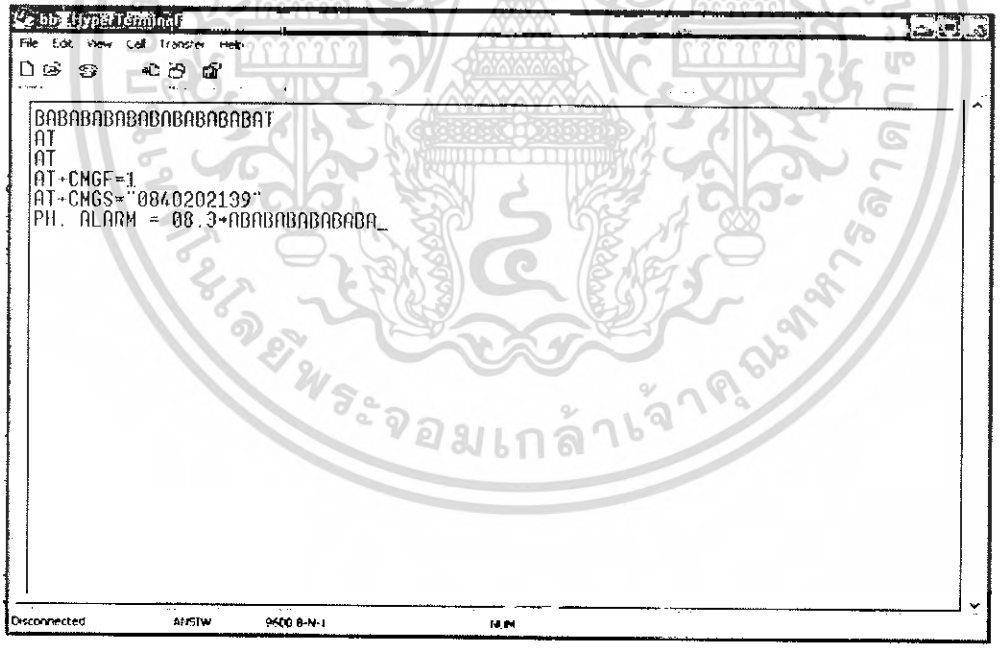
รูปที่ 4.6 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่ออุณหภูมิมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

รูปที่ 4.7 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



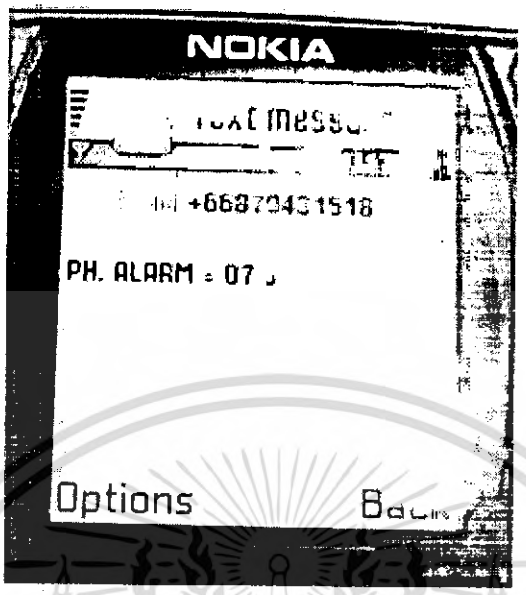
รูปที่ 4.8 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อค่า pH มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน



รูปที่ 4.9 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อค่า pH มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างรูปแบบ SMS



รูปที่ 4.10 แสดงผลที่ได้จากการส่ง SMS เมื่อค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลองที่ 4.1

จากการทดลองวงจรตรวจวัดค่า pH จากตารางที่ 4.1 ค่าแรงดันเอาท์พุตที่วัดได้ จะมีความสัมพันธ์กันกับค่า pH ที่ค่าต่างๆ ซึ่งผลการทดลองนี้จะเป็นตัวบอกระดับค่า pH เปรียบเทียบกับแรงดันทางด้านเอาท์พุตที่วัดได้ ซึ่งแรงดันเอาท์พุตที่วัดได้นั้นมีค่า 0-5โวลต์ โดยแรงดันเอาท์พุตที่ทำการวัดได้นั้นจะแปรผันตามกันกับค่า pH คือ เมื่อค่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นระดับแรงดันเอาท์พุตที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

จะสังเกตเห็นได้ว่าค่าแรงดันทางด้านเอาท์พุตในวงจร จะมีค่าในอัตราค่อนข้างคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH

สรุปผลการทดลองที่ 4.3

จากการทดลองต้องใช้ความเร็วในการสังเกตและบันทึกผลการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลองมีความแม่นยำสูง แต่จากการสังเกตอุณหภูมิที่ได้จาก Display จะเปลี่ยนแปลงช้ากว่าอุณหภูมิบนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์เพียงเล็กน้อย จึงควรระวังในการบันทึกผล ควรทดลองหลายๆครั้งเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

สรุปผลการทดลองที่ 4.4

จากการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองที่ 4.4. กับผลการทดลองที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดลองมีค่าสัมพันธ์กัน เนื่องจากผลการทดลองที่ 4.1 เป็นการแปลงค่า pH ให้อยู่ในรูปของแรงดัน และผลการทดลองที่ 4.4. เป็นการแปลงค่าแรงดันให้เป็นเลขฐานสอง โดยการแสดงผลบน Display เป็นเลขฐานสิบ

ข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นโครงงานระบบพัฒนาคุณภาพน้ำ ซึ่งได้ทำการออกแบบและทดลองวงจรเบื้องต้นรวมถึงอุปกรณ์ที่สำคัญของโครงงานนี้เท่านั้น ในการทำงานและการทดลองอาจมีข้อจำกัดในการใช้งานอันเนื่องมาจากผลของตัวอุปกรณ์ และคุณภาพของอุปกรณ์บางตัวยังไม่มีประสิทธิภาพเต็มร้อยเปอร์เซ็นต์

ในการทำโครงงานนี้มีปัญหา และ อุปสรรค คือ การหาอุปกรณ์ซึ่งหายากมากโดยเฉพาะ หัววัดค่า pH และโมดูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ GM - 29 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และมีการออกแบบวรจรขยายที่ยุ่งยากเนื่องจากสัญญาณที่ได้จากหัววัดค่า pH มีค่าต่ำมาก ซึ่งในการออกแบบวงจรขยายอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย จึงต้องระวังในการออกแบบ และการวัดค่า pH และ อุณหภูมิที่ได้อาจเกิดค่าผิดพลาดอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง อาจทำให้เกิดค่าความผิดพลาดได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS - 51", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย - ญี่ปุ่น) , กรุงเทพฯ, 2544

[2] รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ Microcontroller Application MCS-51.พิมพ์ ครั้งที่ 5 พ.ศ 2546 ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546

[3] สุภาพร สุกสีเหลือง,"การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ", ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ, 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 1 โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนของวงจรตรวจจับอุณหภูมิ

```
;
;       VOLTAGE DISPLAY 4 DIGIT
;       HARDWARE VMML.PCB
;

SPAC  :   DS      48
DP01  :   DS      1
DP02  :   DS      1
DP03  :   DS      1
DP04  :   DS      1
VT01  :   DS      1
VT02  :   DS      1

DCNT  :   DS      1
TCNT  :   DS      1
TSET  :   DS      1
CT00  :   DS      1
CT01  :   DS      1

KLOC  BIT     00H
CLON  BIT     01H
TLOC  BIT     02H
SLOC  BIT     03H

        ORG     0000H
        LJMP    INIT

        ORG     000BH
        LJMP    TIME

        ORG     0030H
        INIT :  MOV   P0, #00
                MOV   P2, #0FFH
                MOV   P1, #0FFH
                MOV   P3, #0FFH

                MOV   R0, #00           ; GP
                MOV   R1, #00           ; GP
                MOV   R2, #00           ; GP
                MOV   R3, #00
                MOV   R4, #00           ; Temp Buffer
                MOV   R5, #00
                MOV   R6, #00           ; Delay
                MOV   R7, #00           ; Delay

                MOV   DCNT, #00
                MOV   CT00, #100
                MOV   CT01, #40
                MOV   DPTR, #TABL
                MOV   DP01, #00
                MOV   DP02, #00
                MOV   DP03, #00
                MOV   DP04, #10

                MOV   TMOD, #22H        ; Timer 0-1 8 Bit Auto
                                          Reload
                MOV   TH0, #256-231     ; 11.0592 MHz
                MOV   TL0, #256-231
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     TCON.4
                SETB    IE.1
                SETB    IE.7

                MOV     SCON, #50H          ; Serial Mode 1
                MOV     TMOD, #22H          ; Timer 0-1 8 Bit Auto
                                              Reload
                MOV     TH1, #0FDH          ; 9,600 Bps
                MOV     TL1, #0FDH
                SETB    TR1                 ; Start Timer
                CLR     RI                  ; Clear Receive Bit
                CLR     TI                  ; Clear Transmit Bit

                LCALL HLAY

                CLR     P3.2
                CLR     P3.3

;--->   Main Loop ----------------------------------------------------

       MAIN   :  LCALL CVTM                  ; Read Temp (A)
                 MOV   R4, A                 ; Save Temp

                 MOV   A, R4
                 RR    A
                 ANL   A, #01111111B
                 LCALL HTBC

                 LCALL DISP

                 LCALL TRED

                 LJMP  MAIN

;--->   Timer 0 Interrupt --------------------------------------------

      TIME    :  DJNZ  CT00, ETIM            ; 1 Sec
                 MOV   CT00, #100
                 DJNZ  CT01, ETIM
                 MOV   CT01, #40

                 NOP

      ETIM  :    RETI

;--->   Display -----------------------------------------------------

      DISP    :  SETB  P2.0                  ; 4
                 SETB  P2.1                  ; 1
                 SETB  P2.5                  ; 3
                 SETB  P2.6                  ; 2

                 INC   DCNT
                 MOV   A, DCNT
                 CJNE  A, #04, DIP1
                 MOV   DCNT, #00
                 MOV   A, DCNT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DIP1    :   CJNE  A, #00, DIP2      ; Display Digit 1
            MOV   A, DP01
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   P0, A
            CLR   P2.1
            LJMP  EDPX

DIP2    :   CJNE  A, #01, DIP3      ; Display Digit 2
            MOV   A, DP02
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   P0, A
            CLR   P2.6
            LJMP  EDPX

DIP3    :   CJNE  A, #02, DIP4      ; Display Digit 3
            MOV   A, DP03
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   P0, A
            CLR   P2.5
            LJMP  EDPX

DIP4    :   CJNE  A, #03, EDPX      ; Display Digit 4
            MOV   A, DP04
            MOVC  A,@A+DPTR
            MOV   P0, A
            CLR   P2.0
            LJMP  EDPX

EDPX    :   MOV   R7, #50
            DJNZ  R7, $
            RET

TABL    :   DB    0EBH, 028H, 073H, 07AH, 0B8H, 0DAH, 0DBH,
              068H, 0FBH, 0FAH
            DB    013H


;--->   Temp Read ----------------------------------------------------

TRED    :   JNB   RI, ENTR
            CLR   RI
            MOV   A, SBUF

TRD4    :   CJNE  A, #'A', ENTR     ; Temp

            LCALL DISP
            LCALL DLAY
            LCALL DISP
            LCALL DISP
            LCALL DLAY
            LCALL DISP
            LCALL DLAY
            LCALL DISP

            MOV   A, R4
            RR    A
            ANL   A, #01111111B
            MOV   SBUF, A

TRD5    :   LCALL DISP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB    TI, TRD5
                CLR    TI

ENTR    :       RET


;--->   Read Temp from DS1820 ------------------------------------

IO1W    EQU     P3.7

CVTM    :       CLR    C
                MOV    A, #0CCH
                LCALL WRTM
                MOV    A, #044H
                LCALL WRTM
                JNB    IO1W, $
                LCALL RSTM
                MOV    A, #0CCH
                LCALL WRTM
                MOV    A, #0BEH
                LCALL WRTM
                LCALL RDTM
                LCALL RSTM
                RET

WRTM    :       MOV    R0, #08
WR00    :       RRC    A
                JC     WR01
                CLR    IO1W
                MOV    R1, #15
                DJNZ   R1, $
                SETB   IO1W
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ   R0, WR00
                RET
WR01    :       CLR    IO1W
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                SETB   IO1W
                MOV    R1, #15
                DJNZ   R1, $
                DJNZ   R0, WR00
                RET

RDTM    :       MOV    R0, #08
RD00    :       CLR    IO1W
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                SETB   IO1W
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                MOV    C, IO1W
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R1, #15
                DJNZ    R1, $
                RRC     A
                DJNZ    R0, RD00
                RET

RSTM    :       CLR     IO1W
                MOV     R1, #250
                DJNZ    R1, $
                SETB    IO1W
                MOV     R1, #10
                DJNZ    R1, $
PRTM    :       JB      IO1W, $
                JNB     IO1W, $
                RET

;--->   HEX To BCD ------------------------------------------------------

HTBC    :       MOV     R0, A
                MOV     B, #100                 ; X / 100
                DIV     AB
                MOV     DP01, A

                MOV     A, B
                MOV     B, #10                  ; X / 10
                DIV     AB
                MOV     DP02, A

                MOV     A, B
                MOV     DP03, A

                RET

DLAY    :       MOV     R6, #00
                DJNZ    R6, $
                RET

HLAY    :       MOV     R6, #00
HL00    :       MOV     R7, #00
                DJNZ    R7, $
                DJNZ    R6, HL00
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนของวงจรตรวจจับค่า pH

```
;
;       VOLTAGE DISPLAY 4 DIGIT
;       HARDWARE VMML.PCB
;

SPAC  :   DS      48
DP01  :   DS      1
DP02  :   DS      1
DP03  :   DS      1
DP04  :   DS      1
VT01  :   DS      1
VT02  :   DS      1

DCNT  :   DS      1
TCNT  :   DS      1
TSET  :   DS      1
CT00  :   DS      1
CT01  :   DS      1

KLOC        BIT     00H
CLON        BIT     01H
TLOC        BIT     02H
SLOC        BIT     03H

            ORG     0000H
            LJMP    INIT

            ORG     000BH
            LJMP    TIME

            ORG     0030H
      INIT  :       MOV     P0, #00
                    MOV     P2, #0FFH
                    MOV     P1, #0FFH
                    MOV     P3, #0FFH

                    MOV     R0, #00         ; GP
                    MOV     R1, #00         ; GP
                    MOV     R2, #00         ; GP
                    MOV     R3, #00
                    MOV     R4, #00         ; Temp Buffer
                    MOV     R5, #00
                    MOV     R6, #00         ; Delay
                    MOV     R7, #00         ; Delay

                    MOV     DCNT, #00
                    MOV     CT00, #100
                    MOV     CT01, #40
                    MOV     DPTR, #TABL
                    MOV     DP01, #00
                    MOV     DP02, #00
                    MOV     DP03, #00
                    MOV     DP04, #00

                    MOV     TMOD, #22H      ; Timer 0-1 8 Bit Auto
                                              Reload
                    MOV     TH0, #256-231   ; 11.0592 MHz
                    MOV     TL0, #256-231
                    CLR     TCON.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB  IE.1
                SETB  IE.7

                MOV   SCON, #50H          ; Serial Mode 1
                MOV   TMOD, #22H          ; Timer 1-1 8 Bit Auto
                                            Reload
                MOV   TH1, #0FDH          ; 9,600 Bps
                MOV   TL1 #0FDH
                SETB  TR1                 ; Start Timer
                CLR   RI                  ; Clear Receive Bit
                CLR   TI                  ; Clear Transmit Bit

                LCALL HLAY

                CLR   P3.2
                CLR   P3.3

;--->   Main Loop ------------------------------------------------------

      MAIN   :  MOV   A, P1
                RR    A
                ANL   A, #01111111B
                LCALL HTBC

                LCALL DISP

                LCALL TRED

                LJMP  MAIN

;--->   Timer 0 Interrupt ---------------------------------------------

      TIME   :  DJNZ  CT00, ETIM          ; 1 Sec
                MOV   CT00, #100
                DJNZ  CT01, ETIM
                MOV   CT01, #40

                NOP

      ETIM   :  RETI

;--->   Display -------------------------------------------------------

      DISP   :  SETB  P2.0                ; 4
                SETB  P2.1                ; 1
                SETB  P2.5                ; 3
                SETB  P2.6                ; 2

                INC   DCNT
                MOV   A, DCNT
                CJNE  A, #04, DIP1
                MOV   DCNT, #00
                MOV   A, DCNT

      DIP1   :  CJNE  A, #00, DIP2        ; Display Digit 1
                MOV   A, DP01
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P0, A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR   P2.1
                LJMP  EDPX

DIP2    :       CJNE  A, #01, DIP3      ; Display Digit 2
                MOV   A, DP02
                MOVC  A,@A+DPTR
                SETB  ACC.2             ; Dot
                MOV   P0, A
                CLR   P2.6
                LJMP  EDPX

DIP3    :       CJNE  A, #02, DIP4      ; Display Digit 3
                MOV   A, DP03
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P0, A
                CLR   P2.5
                LJMP  EDPX

DIP4    :       CJNE  A, #03, EDPX      ; Display Digit 4
                MOV   A, DP04
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P0, A
                CLR   P2.0
                LJMP  EDPX

EDPX    :       MOV   R7, #50
                DJNZ  R7, $
                RET
TABL    :       DB    0EBH, 028H, 073H, 07AH, 0B8H, 0DAH, 0DBH,
                      068H, 0FBH
                DB    000H


;--->   Volt Read ------------------------------------------------------

TRED    :       JNB   RI, ENTR
                CLR   RI
                MOV   A, SBUF

TRD4    :       CJNE  A, #'B', ENTR     ; Read Volt

                LCALL DISP
                LCALL DLAY
                LCALL DISP
                LCALL DLAY
                LCALL DISP
                LCALL DLAY
                LCALL DISP
                LCALL DLAY
                LCALL DISP

                MOV   A, P1
                RR    A
                ANL   A, #01111111B
                MOV   SBUF, A

TRD5    :       LCALL DISP
                JNB   TI, TRD5
                CLR   TI

ENTR    :       RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;--->   HEX To BCD ------------------------------------------------

HTBC    :   MOV   R0, A
            MOV   B, #100           ; X / 100
            DIV   AB
            MOV   DP01, A

            MOV   A, B
            MOV   B, #10            ; X / 10
            DIV   AB
            MOV   DP02, A

            MOV   A, B
            MOV   DP03, A

            RET

DLAY    :   MOV   R6, #00
            DJNZ  R6, $
            RET

HLAY    :   MOV   R6, #00
HL00    :   MOV   R7, #00
            DJNZ  R7, $
            DJNZ  R6, HL00
            RET

            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

```
;
;       VOLT CONVERTER
;            DTMF.PCB
;

SPAC    :    DS      48

DP01    :    DS      1
DP02    :    DS      1
DP03    :    DS      1

CT00    :    DS      1
CT01    :    DS      1
DCNT    :    DS      1

KLOC         BIT     00H
ALOC         BIT     01H
BLOC         BIT     02H
DOT2         BIT     03H
DOT3         BIT     04H

             ORG     0000H
             LJMP    INIT

             ORG     000BH
             LJMP    TIME

             ORG     0030H
      INIT   :   MOV   P1, #0FFH
                 MOV   P3, #0FFH

                 MOV   R0, #00          ; GE
                 MOV   R1, #00          ; CE
                 MOV   R2, #00          ; Count
                 MOV   R3, #00
                 MOV   R4, #00
                 MOV   R5, #00
                 MOV   R6, #00          ; Delay
                 MOV       R7, #00      ; Delay

                 MOV   DP01, #00        ; Display
                 MOV   DP02, #00
                 MOV   DP03, #00

                 MOV   CT00, #100
                 MOV   CT01, #40

                 SETB  KLOC
                 SETB  ALOC
                 SETB  BLOC

                 MOV   TMOD, #22H       ; Timer C-1 8 Bit Auto
                                          Reload
                 MOV   TH0, #256-231    ; Timer 0
                 MOV   TL0, #256-231
                 CLR   TR0              ; Stop Timer
                 SETB  IE.1
                 SETB  IE.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     SCON, #50H          ; Serial Mode 1
                MOV     TMOD, #22H          ; Timer 0-1 8 Bit Auto
                                              Reload
                MOV     TH1, #0FDH          ; 9,600 Bps
                MOV     TL1, #0FDH
                SETB    TR1                 ; Start Timer
                CLR     RI                  ; Clear Receive Bit
                CLR     TI                  ; Clear Transmit Bit

                LCALL HHLY
                LCALL HHLY
                LCALL HHLY

                MOV     SBUF, #'X'
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL HHLY
                MOV     SBUF, #'X'
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL HHLY

                CLR     RI

;--->   Main Loop ------------------------------------------------------

        MAIN    :       LCALL LLAY

        MN10    :       MOV     SBUF, #'A'          ; Read Temp
                        JNB     TI, $
                        CLR     TI

                        MOV     CT00, #100
                        MOV     CT01, #40
                        SETB    TR0                 ; Start Timer

        MN11    :       JNB     TR0, MN20
                        JNB     RI, MN11
                        CLR     RI
                        MOV     A, SBUF
                        MOV     R3, A               ; Save Temp

                        LCALL CONT

        MN12    :       JNB     P1.6, K1ON
                        JNB     P1.5, K1ON

                        CLR     ALOC
                        LJMP    EMN1

        K1ON    :       JB      ALOC, EMN1
                        SETB    ALOC

                        LCALL TPAL

        EMN1    :       LCALL HHLY
                        CLR     RI
                        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MN20    :   MOV   SBUF, #'B'          ; Read Volt
            JNB   TI, $
            CLR   TI

            MOV   CT00, #100
            MOV   CT01, #40
            SETB  TR0                 ; Start Timer

MN21    :   JNB   TR0, MN30
            JNB   RI, MN21
            CLR   RI
            MOV   A, SBUF
            MOV   R4, A               ; Save Volt

            LCALL CONP

MN22    :   JNB   P1.4, K2ON
            JNB   P1.3, K2ON

            CLR   BLOC
            LJMP  EMN2

K2ON    :   JB    BLOC, EMN2
            SETB  BLOC

            LCALL VTAL

EMN2    :   LCALL HHLY
            CLR   RI

MN30    :   NOP
            LJMP  MAIN


;--->   Control ------------------------------------------------------

CONT    :   SETB  P1.6                ; Pull Up
            SETB  P1.5

CT10    :   CLR   C                   ; T > T-High
            MOV   A, R3
            SUBB  A, #33              ; 32+1
            JC    CT50
CT20    :   CLR   P1.6
            LJMP  CT90

CT50    :   CLR   C                   ; T < T-Low
            MOV   A, R3
            SUBB  A, #25              ; 25
            JNC   CT90
CT60    :   CLR   P1.5
            LJMP  CT90

CT90    :   NOP
ENCT    :   RET


;--->   Control ------------------------------------------------------

CONP    :   SETB  P1.4                ; Pull Up
            SETB  P1.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CP10  :     CLR   C                  ; T > T-High
            MOV   A, R4
            SUBB  A, #76             ; 75+1
            JC    CP50
CP20  :     CLR   P1.4
            LJMP  CP90

CP50  :     CLR   C                  ; T < T-Low
            MOV   A, R4
            SUBB  A, #65             ; 65
            JNC   CP90
CP60  :     CLR   P1.3
            LJMP  CP90

CP90  :     NOP
ENCP  :     RET


;--->   HEX To BCD ------------------------------------------------------
--

HTBC    :   MOV   R0, A
            MOV   B, #100            ; X / 100
            DIV   AB
            MOV   DP01, A

            MOV   A, B
            MOV   B, #10             ; X / 10
            DIV   AB
            MOV   DP02, A

            MOV   A, B
            MOV   DP03, A

            RET


;--->   Temp Alarm ------------------------------------------------------

TPAL    :   MOV   A, R3
            LCALL HTBC

            LCALL ATOK
            LCALL HHLY
            LCALL ATOK
            LCALL HHLY
            LCALL ATOK
            LCALL HHLY

            MOV   DPTR, #CMGF        ; AT+CMGF=1
            MOV   R0, #09
            LCALL ATSD
            LCALL ATEN
            LCALL HHLY

            MOV   DPTR, #CMGS        ; AT+CMGS=
            MOV   R0, #08
            LCALL ATSD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR, #PHNO         ; Phone No
                MOV     R0, #12
                LCALL ATSD
                LCALL ATEN
                LCALL HHLY

                MOV     DPTR, #MSG1
                MOV     R0, #12
                LCALL ATSD

                MOV     A, DP01
                ORL     A, #00110000B
                MOV     SBUF, A
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL LLAY

                MOV     A, DP02
                ORL     A, #00110000B
                MOV     SBUF, A
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL LLAY

                MOV     A, DP03
                ORL     A, #00110000B
                MOV     SBUF, A
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL LLAY

                MOV     A, #'c'
                MOV     SBUF, A
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL LLAY

                MOV     SBUF, #26           ; ^Z
                JNB     TI, $
                CLR     TI
                LCALL LLAY

                LCALL HHLY
                LCALL HHLY
                LCALL HHLY
                RET

;--->   Volt Alarm ----------------------------------------------------

        VTAL    :   MOV     A, R4
                    LCALL HTBC

                    LCALL ATOK
                    LCALL HHLY
                    LCALL ATOK
                    LCALL HHLY
                    LCALL ATOK
                    LCALL HHLY

                    MOV     DPTR, #CMGF         ; AT+CMGF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     R0, #09
        LCALL ATSD
        LCALL ATEN
        LCALL HHLY

        MOV     DPTR, #CMGS         ; AT+CMGS=
        MOV     R0, #08
        LCALL ATSD
        .
        MOV.    DPTR, #PHNO         ; Phone No
        MOV     R0, #12
        LCALL ATSD
        LCALL ATEN
        LCALL HHLY

        MOV     DPTR, #MSG2
        MOV     R0, #12
        LCALL ATSD

        MOV     A, DP01
        ORL     A, #00110000B
        MOV     SBUF, A
        JNB     TI, $
        CLR     TI
        LCALL LLAY

        MOV     A, DP02
        ORL     A, #00110000B
        MOV     SBUF, A
        JNB     TI, $
        CLR     TI
        LCALL LLAY

        MOV     A, #'.'
        MOV     SBUF, A
        JNB     TI, $
        CLR     TI
        LCALL LLAY

        MOV     A, DP03
        ORL     A, #00110000B
        MOV     SBUF, A
        JNB     TI, $
        CLR     TI
        LCALL LLAY

        MOV     SBUF, #26           ; ^Z
        JNB     TI, $
        CLR     TI
        LCALL LLAY

        LCALL HHLY
        LCALL HHLY
        LCALL HHLY
        RET


CMGF    :       DB      'AT+CMGF=1'
CMGS    :       DB      'AT+CMGS='
PHNO    :       DB      '"0840202139"'
MSG1    :       DB      'TP. ALARM ='
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSG2    :    DB     'PH. ALARM - '

;--->   Check Phone ------------------------------------------------

ATOK    :    MOV    SBUF, #'A'          ; AT
             JNB    TI, $
             CLR    TI
             LCALL  LLAY
             MOV    SBUF, #'T'
             JNB    TI, $
             CLR    TI
             LCALL  LLAY

ATEN    :    MOV    R7, #50
             DJNZ   R7, $

             MOV    SBUF, #13           ; Enter
             JNB    TI, $
             CLRTI
             LCALL  LLAY

             MOV    SBUF, #10
             JNB    TI, $
             CLR    TI
             LCALL  LLAY
             RET

;--->   AT Command Send ---------------------------------------------

ATSD    :    MOV    R1, #00
ATS0    :    MOV    A, R1
             MOVC   A,@A+DPTR           ; Send Command
             MOV    SBUF, A
             JNB    TI, $
             CLR    TI

             MOV    R7, #00             ; Delay
             DJNZ   R7, $
             INC    R1
             DJNZ   R0, ATS0
             MOV    R7, #00             ; Delay
             DJNZ   R7, $
             RET

;--->   Timer 0 Interrupt -------------------------------------------

TIME    :    DJNZ   CT00, ETIM          ; 0.01 Sec
             MOV    CT00, #100
             DJNZ   CT01, ETIM
             MOV    CT01, #40

             CLR    TR0

ETIM    :    RETI


LLAY    :    MOV    R7, #00
             DJNZ   R7, $
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

DLAY    :       MOV     R6, #00
DL00    :       MOV     R7, #00
                DJNZ    R7, $
                DJNZ    R6, DL00
                RET

HHLY    :       MOV     R5, #06
HH01    :       MOV     R6, #00
HH02    :       MOV     R7, #00
                DJNZ    R7, $
                DJNZ    R6, HH02
                DJNZ    R5, HH01
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก 2 DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GM29
Technical Description

Sony Ericsson

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CE

The product described in this manual conforms to the Radio and Telecommunication Terminal Equipment (R&TTE) directive 99/5/EC with requirements covering EMC directive 89/336/EEC and Low Voltage directive 73/23/EEC. The product fulfils the requirements according to 3GPP TS 51.010-1, EN 301 489-7 and EN60950.

SAR statement: This product is intended to be used with the antenna or other radiating element at least 20cm away from any part of the human body.

The information contained in this document is the proprietary information of **Sony Ericsson Mobile Communications International.** The contents are confidential and any disclosure to persons other than the officers, employees, agents or subcontractors of the owner or licensee of this document, without the prior written consent of **Sony Ericsson Mobile Communications International,** is strictly prohibited. Further, no portion of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, without the prior written consent of **Sony Ericsson Mobile Communications International,** the copyright holder.

First edition (June 2002)

Sony Ericsson Mobile Communications International publishes this manual without making any warranty as to the content contained herein. Further **Sony Ericsson Mobile Communications International** reserves the right to make modifications, additions and deletions to this manual due to typographical errors, inaccurate information, or improvements to programs and/or equipment at any time and without notice. Such changes will, nevertheless be incorporated into new editions of this manual.

All rights reserved.

© **Sony Ericsson Mobile Communications International,** 2002

Publication number: LZT 123 7359 R1B

Printed in UK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contents

1. Introduction 5

1.1 Description 5
1.2 Highlights 5
1.3 Main Features and Services 6
1.4 Service and Support 9
1.5 Precautions 9
1.6 Abbreviations 9

2. Mechanical Description 11

2.1 Overview 11
2.2 Physical Dimensions 12

3. Electrical Description 13

3.1 Power Connector 13
3.2 Audio Connector 14
3.3 Antenna Connector 16
3.4 SIM Card Reader 17
3.5 RS232 Serial Port 18
3.6 Real Time Clock 20
3.7 Software Updates 20

4. Operation 21

4.1 Switching On the Modem 21
4.2 Switching Off the Modem 21
4.3 Resetting the Modem 21
4.4 Operating States/LED 21

5. Technical Data 23

6. AT Command Summary 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Introduction

1.1 Description

The dual band EGSM 900/1800 MHz GM29 is a GSM/GPRS serial modem. The modem is a powerful and flexible device that can be used in a wide range of telemetry and telematics applications that rely on the remote exchange of data, voice, SMS or faxes via the GSM cellular network.

Small and lightweight, the GM29 has standard connectors and an integral SIM card reader making it easy and quick to integrate. As well as providing a standard RS232 serial communication interface the GM29 also has an audio interface allowing an analogue handset to be connected. When the GM29 is integrated into an external application, a wireless communicaions system is created.

A typical end-to-end system consists of a micro controller in an external application communicating, via the GM29 modem, with a remote terminal or host using the GSM network. The micro controller uses a set of AT commands to control the modem, and to set up the end-to-end communications link, via its 9-way RS232 serial interface.

GM29 serial modems are intended to be used by manufacturers, system integrators, application developers and developers of a wide range of equipment and business solutions, typically in the following fields:

- Security and alarms
- Vending
- Monitoring and control
- Utilities
- Fleet Management

1.2 Highlights

- Dual band, EGSM 900/1800 MHz, GSM/GPRS serial modem
- Flexible plug-and-play device
- Data: GPRS, HSCSD, CSD, SMS
- Voice: full rate, enhanced full rate, half rate
- SMS: mobile-originated, mobile-terminated, cell broadcast
- Fax: Group 3, Classes 1 & 2
- RS232 9-way serial interface
- 5 V - 32 V d.c. input
- 4-wire audio connection
- Antenna connection (FME male)
- R&TTE type approved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 Main Features and Services

The modem performs a set of telecom services (TS) according to GSM standard phase 2+, ETSI and ITU-T. The services and functions of the modem are implemented by issuing AT commands over the RS232 serial interface.

1.3.1 Types of Mobile Station

The GM29 is a dual band serial modem with the GSM radio characteristics shown in the table below.

GM29	GSM900	E-GSM900	GSM1800
Frequency Range (MHz)	TX: 890-915 RX: 935-960	TX: 880-890 RX: 925-935	TX: 1710-1785 RX: 1805-1880
Channel spacing	200kHz		200kHz
Number of channels	173 carriers *8 (TDMA) GSM: channels 1 to 124 E-GSM: channels 975 to 1023		374 carriers *8 (TDMA) DCS: channels 512 to 885
Modulation	GMSK		GMSK
TX phase accuracy	< 5° RMS phase error (burst)		< 5° RMS phase error (burst)
Duplex spacing	45MHz		95MHz
Receiver sensitivity at antenna connector	<–102dBm		<–102dBm
Transmitter output power at antenna connector	Class 4 2W (33dBm)		Class 1 1W (30dBm)
Automatic hand-over between GSM900 and GSM1800			

1.3.2 Short Message Service

The modem supports the following SMS services:

- Sending; MO (mobile-originated) with both PDU (protocol data unit) and text mode supported.
- Receiving; MT (mobile-terminated) with both PDU and text mode supported.
- CBM (cell broadcast message); a service in which a message is sent to all subscribers located in one or more specific cells in the GSM network (for example, traffic reports). This feature is network dependent.
- SMS STATUS REPORT according to GSM 03.40.
- SMS COMMAND according to GSM 03.40.

The maximum length of an SMS message is 160 characters when using 7-bit encoding. For 8-bit data, the maximum length is 140 characters. The modem supports up to 6 concatenated messages to extend this function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 Voice Calls

The GM29 offers the capability of mobile originated and mobile terminated voice calls, as well as supporting emergency calls. Multi-party, call waiting and call deflection features are available. Some of these features are network-operator specific.

For the inter-connection of audio, the modem offers a balanced 4-wire analogue interface. The GM29 has embedded echo cancellation and noise suppression for improved audio quality.

DTMF (Dual Tone Multi Frequency) is supported.

1.3.4 Data

The modem supports the following data protocols:

- GPRS (General Packet Radio Service).
  Modems are Class B terminals, which provide simultaneous activation and attachment of GPRS and GSM services. GM29 modems are GPRS class 8 (4+1) enabled devices, which are capable of transmitting in one timeslot per frame (up link), and receiving at a maximum of four timeslots per frame (down link).
- CSD (Circuit Switched Data).
  GM29 modems are capable of establishing a CSD communication at 9.6kbps.
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data).
  GM29 supports HSCSD class 2 (2+1) communication, with one timeslot per frame capacity in the up link and two timeslots per frame capacity in the down link.

1.3.5 Fax

The GM29 allows fax transmissions to be sent and received by commercial fax software installed on the application computer. Group 3 fax Classes 1 and 2 are supported.

1.3.6 Supplementary Services

- Call forwarding
- Call hold, waiting and multiparty
- Calling/called number identification
- Advice of charge
- USSD
- Alternate line service
- Customer service profile
- Preferred networks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Operator selection
- Network registration
- Calling cards
- Call barring
- Call transfer

1.3.7 Serial Communication

The GM29 enables an end-to-end communication path to be established between the external telemetry/telematics application and a remote terminal or host, via the GSM network. Once a path has been set up, voice or data communication can take place. Serial data with flow control according to the RS232 signalling protocol operates between the modem and the external application.

Control of the GM29 is by the external application, via the RS232 serial interface, using a set of AT commands. The GM29 supports the full set of AT commands according to GSM 07.05 and GSM 07.07. It also supports an extended set of Ericsson proprietary AT commands to add extra functionality.

AT commands are used to operate the modem and have a broad range of functions including:

- configuring general parameters of the GM29;
- setting up and controlling communications to and from the GSM network;
- configuring the modem to communicate across the RS232 serial interface;
- and obtaining GSM network status information.

For more detail on the AT commands supported by the GM29 see "AT Command Summary", page 27.

1.3.8 Interfacing with the GM29

The GM29 uses the following industry standard connectors to interface with the external application and the GSM network;

- RJ11 (plug-in power supply connector)
- RJ9 (handset audio connector)
- Integral SIM card reader
- FME male (antenna connector)
- Sub-D socket, 9 pin (RS232 serial port)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 Service and Support

To contact customer support please use the details below:

Customer Support
Sony Ericsson Mobile Communications
Maplewood Building
Chineham Business Park
Basingstoke
RG24 8YB

E-mail: modules.support@sonyericsson.com
or
modules.info@sonyericsson.com

Information about Sony Ericsson and its products is available on the following web site:

http://www.sonyericsson.com/M2M

1.5 Precautions

The GM29 as a standalone item is designed for indoor use only. To use outside it must be integrated into a weatherproof enclosure. Do not exceed the environmental and electrical limits as specified in "Technical Data", page 23.

1.6 Abbreviations

Abbreviation	*Explanations*
CBM	Cell Broadcast Message
CBS	Cell Broadcast Service
CSD	Circuit Switched Data
DCE	Data Circuit Terminating Equipment
DTE	Data Terminal Equipment
DTMF	Dual Tone Multi Frequency
EFR	Enhanced Full Rate
EMC	Electro-Magnetic Compatibility
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FR	Full Rate
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HR	Half Rate
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abbreviation	*Explanations*
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunications Standardisation Sector
ME	Mobile Equipment
MO	Mobile Originated
MS	Mobile Station
MT	Mobile Terminated
PDU	Protocol Data Unit
RLP	Radio Link Protocol
RF	Radio Frequency
RTC	Real Time Clock
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
TA	Terminal Adapter
TE	Terminal Equipment
TS	Telecom Services

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Mechanical Description

2.1 Overview

The pictures below show the mechanical design of the GM29 along with the positions of the different connectors and mounting holes. The GM29 case is made of durable PC/ABS plastic.

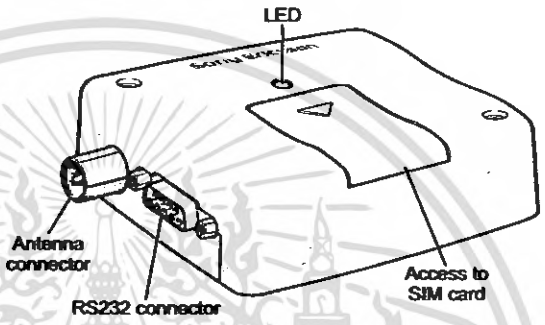


Figure 2.1 GM29 viewed from the left side

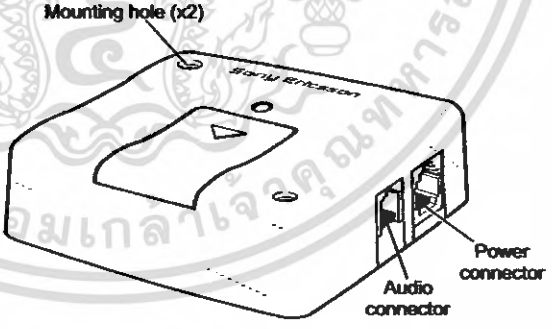
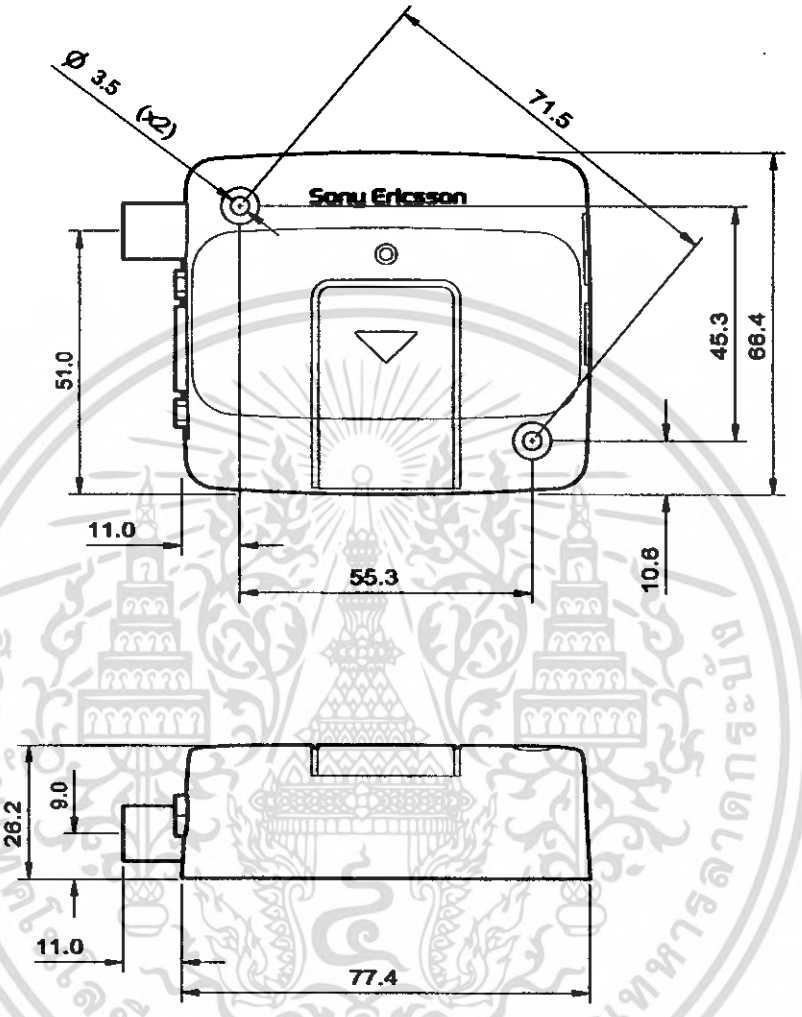


Figure 2.2 GM29 viewed from the right side

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Physical Dimensions



Measurements are given in millimetres. See also "Technical Data", page 23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Electrical Description

All electrical connections to the GM29 are protected in compliance with the standard air (4kV) and contact (8kV) discharge ESD tests, of EN 301 489-1.

The modem uses the following industry standard connectors:

- RJ11 6-way (power connector)
- RJ9 4-way (handset connector)
- SIM card reader
- FME male coaxial jack (antenna connector)
- Sub-D socket, 9 pin (RS232 serial port)

3.1 Power Connector

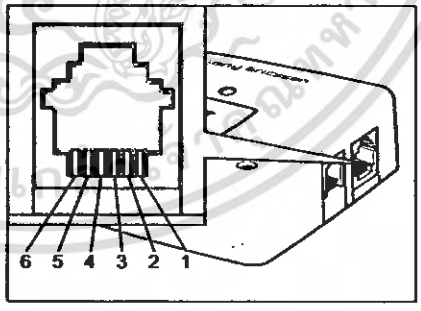
An RJ11 6-way connector, as shown and described below, serves as a means of supplying and controlling d.c. power to the modem.

The supply voltage,VCC, required by the modem is in the range 5 V - 32 V d.c. Application of the supply voltage does not switch the modem on. To do so an additional active-high control signal, TO_IN, must be applied for > 0.2s.

A second active-high control signal, HR_IN, can be used to switch the modem off when applied for 1 - 2 seconds, or can be used to perform a hardware reset when applied for > 3.5s.

TO_IN and HR_IN are referenced to GND (pin 6 on the connector).

VCC and GND are reverse polarity and overvoltage protected.



1 VCC 3 HR_IN 5 n/c
2 n/c 4 TO_IN 6 GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

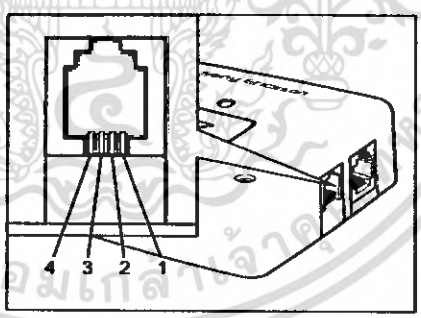
The power connector electrical characteristics are listed below:

Pin	*Signal*	*Dir*	*Limits*	*Description*
1	VCC	I	5 - 32V	Positive power input
2	-	-	-	No connection
3	HR_IN	I	-0.5 - 32V	Active high control line used to switch off or reset the modem V_{IH} > 5V, V_{IL} < 2V Power off: 1s < t < 2s Hard reset: t > 3.5s
4	TO_IN	I	-0.5 - 32V	Active high control line used to switch on the modem V_{IH} > 5V, V_{IL} < 2V Power on: t > 0.2s
5	-	-	-	No connection
6	GND	I	-	Negative power (ground) input and return path for TO_IN and HR_IN

3.2 Audio Connector

A 4-way RJ9 connector, as shown below, allows a telephone handset to be plugged into the modem, giving access to the microphone and earpiece signals. The connector may also be used to drive other analogue audio sub-systems or devices.

The GM29 is configured to work with a range of handsets. If necessary, changes can be made to the characteristics of the audio interface by sending the modem appropriate AT commands.



1 MICN 3 BEARP
2 BEARN 4 MICP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Audio signal descriptions are listed below:

Pin	*Signal*	*Dir*	*Description*
1	MICN	I	Microphone negative input
2	BEARN	O	Earpiece negative output
3	BEARP	O	Earpiece positive output
4	MICP	I	Microphone positive input

MICP and MICN are balanced differential microphone input signals. These inputs are compatible with an electret microphone.

BEARP and BEARN are the speaker output signals. These are differential-mode outputs. The electrical characteristics are given in the table below.

Parameter	*Limit*
Output level (differential)	$\geq 4.0V_{pp}$
Output level (dynamic load = 32Ω)	$\geq 2.8V_{pp}$
Distortion at 1kHz and maximum output level	≤5%
Offset, BEARP to BEARN	±30mV
Ear-piece mute-switch attenuation	≥40dB

The following table shows the ear piece impedances that can be connected to BEARP and BEARN.

Ear piece model	*Impedance*	*Tolerance*
Dynamic ear piece	[32Ω + 800μH] // 100pF	±20%
Dynamic ear piece	[150Ω + 800μH] // 100pF	±20%
Pieza ear piece	1kΩ + 60nF	±20%

16 independent audio filters (8 transmit and 8 receive) determine the frequency/gain response characteristics of the audio interface. The gain characteristics of each of the Tx and Rx filters can be customised using AT commands to optimise and match the performance of the audio interface to a particular handset or audio sub-system.

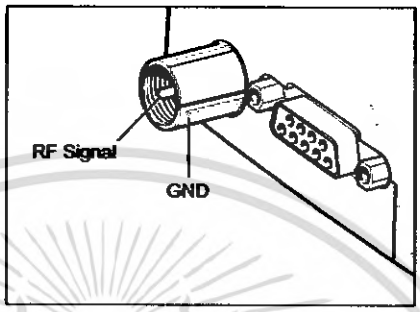
The allowable range of the gain parameter for each RX and TX DSP filter is -11 to +9dB.

The factory default settings for the DSP filters provide optimised performance for the recommenced handset accessory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Antenna Connector

The antenna connector allows transmission of radio frequency (RF) signals between the modem and an external customer-supplied antenna. The modem is fitted with a 50Ω, FME male coaxial jack as shown below.



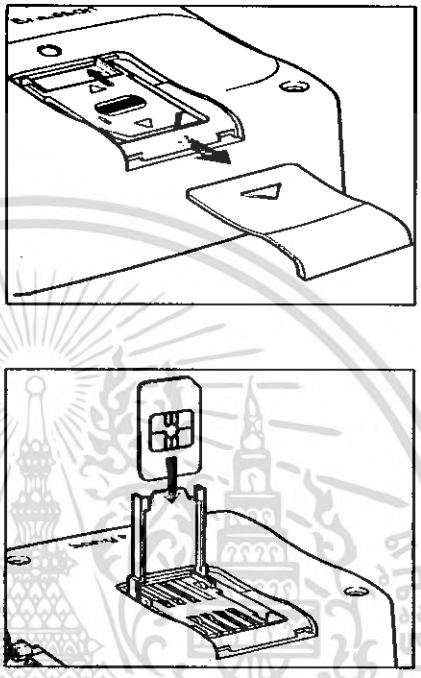
The table below shows the antenna electrical characteristics:

Parameter	*Limit*	*Description*
Nominal impedance	50Ω (SWR better than 2.5:1)	
Output Power	2 Watt peak (Class 4)	Extended GSM900
	1 Watt peak (Class 1)	GSM1800
Static Sensitivity	Better than –102dBm	Extended GSM900
	Better than –102dBm	GSM1800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 SIM Card Reader

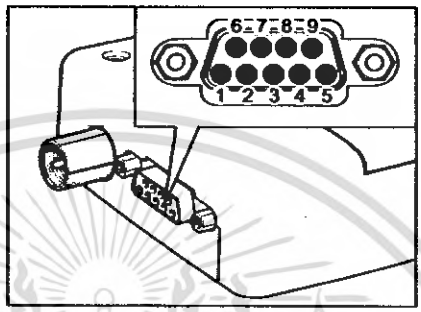
The GM29 is fitted with a SIM card reader designed for 3 V and 5 V SIM cards. It is the flip-up type which is lockable in the horizontal position and is accessed through a removable panel as shown below.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 RS232 Serial Port

The modem supports a standard RS232 serial interface (EIA/TIA 574) via its 9 pin Sub-D connector, shown below. In line with serial communication terminology the GM29 serial modem should be considered as the *data circuit-terminating equipment* (DCE) and the external application or computer as the *data terminating equipment* (DTE).



1 DCD	4 DTR	7 RTS
2 RD	5 GND	8 CTS
3 TD	6 DSR	9 RI

The electrical characteristics of the serial port signals are shown below:

Pin	*Signal*	*Dir*	*Voltage levels*	*Description*
1	DCD	O	> +4V < –4V	Data carrier detect
2	RD	O	> +4V < –4V	Received data
3	TD	I	> 2V < 0.8V	Transmitted data
4	DTR	I	> 4V < 0.8V	Data terminal ready
5	GND	-	0V	Ground connection
6	DSR	O	> +4V < –4V	Data set ready
7	RTS	I	> 2V < 0.8V	Request to send
8	CTS	O	> +4V < –4V	Clear to send
9	RI	O	> +4V < –4V	Ring indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 Serial Data

The modem supports the standard data character format of 1 start bit, 8 bit data, no parity plus 1 stop bit, in total 10 bits per character.

3.5.2 Serial Data Signals - RD, TD

The default baud rate is 9.6kbps, however higher bit rates up to 460kbps are supported and can be set by AT commands. At start-up the GM29 transmits and receives data at the default rate of 9.6kbps in either standard AT mode or binary mode (the first received data - AT or binary format - determines the operating mode).

Serial Data From Modem (RD)

RD is an output signal that the modem uses to send data to the application.

Serial Data To Modem (TD)

TD is an input signal, used by the application to send data to the modem.

3.5.3 Control Signals - RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI

RTS and CTS are capable of transmitting at 1/10th of the data transmission speed for data rates up to 460kbps (byte-oriented flow control mechanism).

Request to Send (RTS)

Used to condition the DCE for data transmission. The default level is high by internal pull up.

The exact behaviour of RTS is defined by an AT command. Software or hardware control can be selected. Hardware flow is the default control.

The application must pull RTS low to communicate with the modem. The modem will respond by asserting CTS low, indicating it is ready for communication.

Clear To Send (CTS)

CTS indicates that the DCE is ready to transmit data. The default level is high. You can define the exact behaviour of CTS through an AT command, and can select software or hardware flow control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Terminal Ready (DTR)

DTR indicates that the DTE is ready to transmit and receive data. It also acts as a hardware 'hang-up', terminating calls when switched high. The signal is active low. You can define the exact behaviour of DTR with an AT command.

Data Set Ready (DSR)

An active DSR signal is sent from the modem to the application (DTE) to confirm that a communications path has been established. DSR has two modes of operation, settable using the AT command AT&S.

Data Carrier Detect (DCD)

DCD indicates that the DCE is receiving a valid carrier (data signal) when low. You can define the exact behaviour of DCD with an AT command.

Ring Indicator (RI)

RI indicates that a ringing signal is being received by the DCE when low. You can define the exact behaviour or RI with an AT command.

3.6 Real Time Clock

The GM29 contains a real time clock (RTC) to maintain accurate timekeeping and to enable "timestamping" of messages.

The RTC is powered all the time that the modem is turned on. When the modem is powered off, a stored energy device within the GM29 provides back-up power to maintain the RTC for at least 7 hours.

3.7 Software Updates

It is possible and sometimes necessary to update the GM29 software. Updates must be carried out by a Sony Ericsson approved technician. Please contact your supplier for details (see "Service and Support", page 9).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Operation

4.1 Switching On the Modem

There are two ways to switch on the modem, once power is applied.

- either assert TO_IN high for > 0.2s;
- or activate the RS232 control line DTR, high for > 0.2s.

The modem is fully operational after 4 seconds. Logging onto a network may take longer than this and is outside the control of the modem.

The modem can be configured to start up at the time power is applied by permanently tying power connector signals TO_IN (pin 4) and VCC (pin 1) together. In this case DTR must be used to switch the modem on again after it has been switched off or reset, while power is still applied.

4.2 Switching Off the Modem

There are two ways to switch off the modem as described below:

- either use the appropriate AT command;
- or assert HR_IN high for 1 - 2 seconds. A delay of up to 10s is experienced as the modem logs off the network.

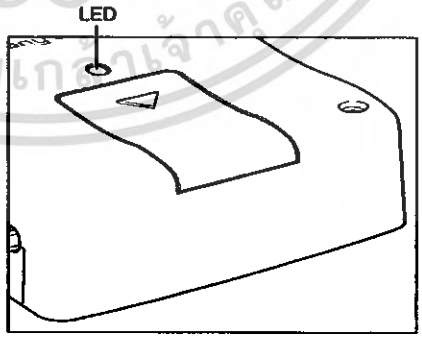
4.3 Resetting the Modem

A full system reset, independent of the status of the software, may be applied to the modem as follows:

- assert HR_IN high for > 3.5s.

4.4 Operating States/LED

The modem has a green LED, as depicted below, which is used to indicate various operating states. These states are described in following table.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating state	*LED*
After switching on the modem	On after 4s
Switch off or power removed	Off
Standby or talk	Flashing
No network, network search, no SIM card, no PIN entered	On

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Technical Data

Data Features

CSD	Up to 9.6kbps, transparent and non-transparent
HSCSD (2+1)	Up to 19.2kbps
GPRS Class B (4+1) - P channels - Coding schemes CS1 - CS4	85.6kbps (subject to network support and terminal location)
GSM	07.10 multiplexing protocol

Short Message Service Features

SMS	Text and PDU
	Point to point (MT/MO)
	Cell broadcast
	concatenation of up to 6 SMS

Voice Features

Full Rate, Enhanced Full Rate and Half Rate (FR/EFR/HR)
Echo Cancellation and Noise Reduction
Dual Tone Multi Frequency (DTMF

Fax Features

Group 3
Class 1 and 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Storage

SMS storage capacity	40 in ME In addition, the unit can handle as many SMS as the SIM can store
Phone book capacity	100

Power Supply

Supply voltage range	5 - 32V d.c.

Average Power Consumption

		Idle Mode	*Transmit/Operation*
GSM900	Voice/CSD	<15mA	<250mA (<2A peak)
	Data (GPRS 4+1)	<15mA	<350mA (<2A peak)
GSM1800	Voice/CSD	<15mA	<250mA (<1.75A peak)
	Data (GPRS 4+1)	<15mA	<350mA (<1.75A peak)

Note! The power consumption during transmission is measured at maximum transmitted power.

Radio Specifications

Frequency range	GM29: EGSM 900MHz and 1800MHz (dual band)
Maximum RF output power	2W (900MHz) and 1W (1800MHz)
Antenna impedance	50Ω
Static sensitivity	Better than –102dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Audio Specifications

Parameter	Limit
Output level (differential)	≥4.0V_{pp}
Output level (dynamic load = 32Ω)	≥2.8V_{pp}
Distortion at 1 kHz and maximum output level	≤5%
Offset, BEARP to BEARN	±30mV
Ear-piece mute-switch attenuation	≥40dB

Ear piece model	Impedance	Tolerance
Dynamic ear piece	[32Ω + 800µH] // 100pF	±20%
Dynamic ear piece	[150Ω + 800µH] // 100pF	±20%
Piezo ear piece	1kΩ + 60nF	±20%

SIM Card Reader

Voltage type	Support for 3 V and 5 V SIM cards

Electrical Connectors and LED

Plug-in power supply connector	RJ11 6-way
Handset audio connector	RJ9 4-way
Antenna connector	FME male
RS232 port	Sub-D socket, 9 pin
LED	Green

Mechanical Specification

Length	77.4mm
Width	66.4mm
Height	26.2mm
Weight	<130g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Environmental specifications

Operating temperature range	–25°C to +55°C
Storage temperature range	–40°C to +85°C
Relative humidity	5 - 95%, non-condensing
Stationary vibration, sinusoidal	Displacement: 7.5mm Acceleration amplitude: 20m/s² and 40m/s² Frequency range: 2-8Hz, 8-200Hz, 200-500Hz
Stationary vibration, random	Acceleration spectral density (m²/s³): 0.96, 2.88, 0.96 Frequency range: 5-10Hz, 10-200Hz, 200-500Hz, 60min/axis
Non-stationary vibration, including shock	Shock response spectrum I, peak acceleration: 3 shocks in each axis and direction; 300m/s², 11ms Shock response spectrum II, peak acceleration: 3 shocks in each axis and direction; 1000m/s², 6ms
Bump	Acceleration: 250m/s²
Free fall transportation	1.2m
Rolling pitching transportation	Angle: ±35degrees; period: 8s
Static load	10kPa
Low air pressure/high air pressure	70kPa/106kPa

Certification

Directive 1999/5/EC	EMC: EN 301 489-1 EMC: EN 301 489-7 Safety: EN 60950 GSM 3GPP TS 51.010-1
Tested according to GCF-CC	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. AT Command Summary

The AT standard is a line-oriented command language. AT is an abbreviation of ATtention and it is always used to start sending a command line from the terminal equipment (TE) to the terminal adaptor (TA).

The command line consists of a string of alphanumeric characters. It is sent to the modem to instruct it to perform the commands specified by the characters.

As the list of AT commands supported ocassionally changes, it is wise to check the latest listing with Sony Ericsson before starting any software development (see "Service and Support", page 9).

Control and Identification

Subscriber information	AT+CNUM, AT+CIMI, AT*ESNU
Product and release information	AT+CGMI, AT+CGMM, AT+CGMR, AT+CGSN
Generic information and settings	AT, AT*, AT+CLAC, ATI, AT+CSCS, AT&F, AT&W, ATZ, AT+WS46, AT*E2SSN
Security and locks	AT*E2SSD, AT*EPEE, AT+CPIN
Product functionality	AT+CFUN

Call Control

General call control	ATA, ATD, ATL, ATH, ATP, ATT, ATX, AT+CHUP, AT+CMOD, AT+CVHU, AT+CR, AT+CRC
DTMF	AT+VTS
Data commands	ATO, AT+CRLP, AT*E2ESC

Audio Control

Audio profile modification	AT*E2EAMS
Audio profile manipulation	AT*EALR, AT*EAMS, AT*EARS, AT*ELAM, AT*EMIR, AT*EMIC, AT*EXVC, AT*E2APR
DSP filter settings	AT*E2DSPRX, AT*E2DSPTX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Network Services

Alternate line service (ALS)	AT*EALS, AT*ELIN, AT*ESLN
Customer service profile	AT*ECSP
Call forwarding	AT+CCFC, AT*EDIF
Calling/called number identification	AT+CLIP, AT+CLIR, AT*EIPS, AT+COLP
Preferred networks	AT*EPNR, AT*EPNW
Advice of charge	AT+CACM, AT+CAMM, AT+CAOC, AT+CPUC
Calling cards	AT*ESCN
Call hold, waiting and multiparty	AT+CCWA, AT+CHLD
Operator selection	AT+COPS
Network registration	AT+CREG
USSD	AT+CUSD, AT+CSSN, AT*E2SSI
Security and locks	AT+CLCK, AT+CPWD, AT*ECPI
Service provider indication	AT*E2SPN

Settings

Resetting	AT*EMAR
ME status information	AT*ECAM, AT+CSQ, AT+CIND, AT+CPAS, AT+CMER
Error control	AT+CMEE, AT+CEER

Short Message Service and Cell Broadcast

Settings	AT+CPMS, AT+CRES, AT+CSAS, AT+CSCA, AT+CSMS, AT+CNMI, AT+CSDH, AT+CSMP, AT+CGSMS
SMS command	AT+CMGC
Read/write SMS	AT+CMGD, AT+CMGW, AT+CMGL, AT+CMGR
Send SMS	AT+CMGS, AT+CMSS
Format	AT+CMGF
Broadcast message type	AT+CSCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phonebook

Read/write/find	AT+CPBS, AT+CPBR, AT+CPBW, AT+CPBF
Groups	AT*ESAG, AT*ESCG, AT*ESDG, AT*ESDI, AT*ESGR
Settings	AT*E2PBCS

Clock

Time and date	AT+CCLK, AT+CTZU, AT*EDST

Interface Commands

Flow control	AT&C, AT&D, AT+IFC, AT+IPR
S registers	ATS0, ATS10, ATS2, ATS3, ATS4, ATS5, ATS6, ATS7, ATS8
Response control	AT+ILRR, ATE, ATV, ATQ, AT+CSCS
07.10 Multiplexing	AT+CMUX
DSR mode selection	AT&S
Format	AT+ICF

Data - GPRS

PDP context activation	AT+CGACT
GPRS attachment	AT+CGATT
Enter data state	AT+CGDATA
Define PDP context	AT+CGDCONT
GPRS event reporting	AT+CGEREP
Show PDP address	AT+CGPADDR
Quality of service profile (Minimum Acceptable)	AT+CGQMIN
Quality of service profile (Requested)	AT+CGQREQ
GPRS network registration status	AT+CGREG

Data - CSD and HSCSD

Radio Link Protocol	AT+CRLP
Parameter report	AT+CHSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Upgrading	AT+CHSU
Service type	AT+CBST
Parameters	AT+CHSC, AT+CHSD
Configuration	AT+CHSN

Network Information

Cell information	AT*E2CD
Engineering mode	AT*E2EMM, AT*E2NBTS

SIM Application Toolkit

Set up call	AT*E2STKC
Display text	AT*E2STKD
Get inkey	AT*E2STKG
Get input	AT*E2STKI
Select item	AT*E2STKL
Set up menu	AT*E2STKM
Envelope (Menu Selection)	AT*E2STKN
Application toolkit settings	AT*E2STKS
Control	AT*E2STKTO

Fax

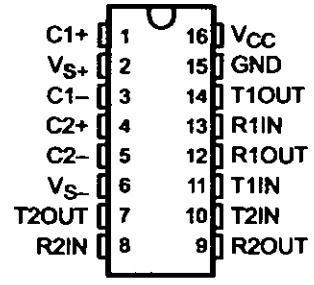
Interface data rate	AT*E2FAX
Low level commands	AT+FAA, AT+FBADLIN, AT+FBADMUL, AT+FBOR, AT+FBUG, AT+FCIG, AT+FCLASS, AT+FCQ, AT+FCR, AT+FDCC, AT+FDFFC, AT+FDIS, AT+FDR, AT+FDT, AT+FECM, AT+FET, AT+FK, AT+FLID, AT+FLNFC, AT+FLPL, AT+FMDL?, AT+FMFR?, AT+FMI?, AT+FMINSP, AT+FMM?, AT+FMR?, AT+FPHCTO, AT+FPTS, AT+FRBC, AT+FREL, AT+FREV?, AT+FRH, AT+FRM, AT+FRS, AT+FSPL, AT+FTBC, AT+FTH, AT+FTM, AT+FTS, AT+FVRFC, AT+FWDFC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
–40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

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

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

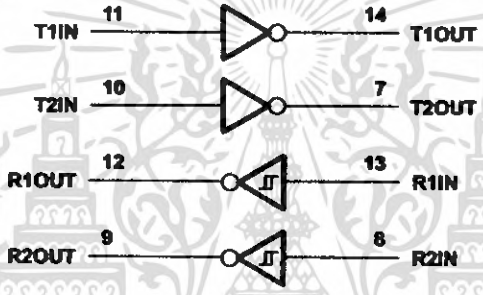
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1) ..... –0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+} ..... V_{CC} – 0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-} ..... –0.3 V to –15 V
Input voltage range, V_I: Driver ..... –0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Receiver ..... ±30 V
Output voltage range, V_O: T1OUT, T2OUT ..... V_{S-} – 0.3 V to V_{S+} + 0.3 V
R1OUT, R2OUT ..... –0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT ..... Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package ..... 73°C/W
DW package ..... 57°C/W
N package ..... 67°C/W
NS package ..... 64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C
Storage temperature range, T_{stg} ..... –65°C to 150°C

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

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

			MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage		4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN,T2IN)		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)				0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage				±30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0		70	°C
		MAX232I	–40		85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5.5 V, All outputs open, T_A = 25°C		8	10	mA

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND		5	7		V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND			–7	–5	V
r_o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V_{S+} = V_{S-} = 0,	V_O = ±2 V	300			Ω
I_{OS}§	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V_{CC} = 5.5 V,	V_O = 0		±10		mA
I_{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V_I = 0				200	µA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
§ Not more than one output should be shorted at a time.
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R_L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/µs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/µs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT	I_{OH} = –1 mA		3.5			V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT	I_{OL} = 3.2 mA				0.4	V
V_{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C		1.7	2.4	V
V_{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C	0.8	1.2		V
V_{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V		0.2	0.5	1	V
r_i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5,	T_A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

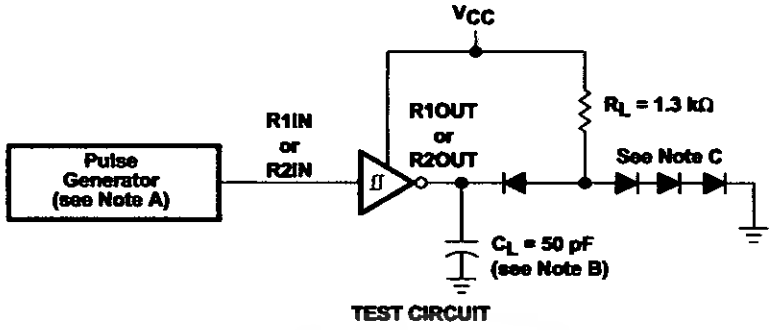
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
$t_{PLH(R)}$	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
$t_{PHL(R)}$	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

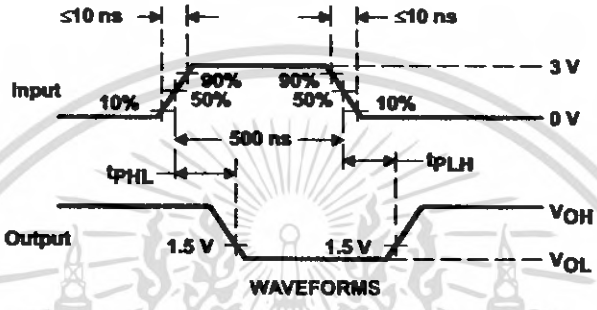
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



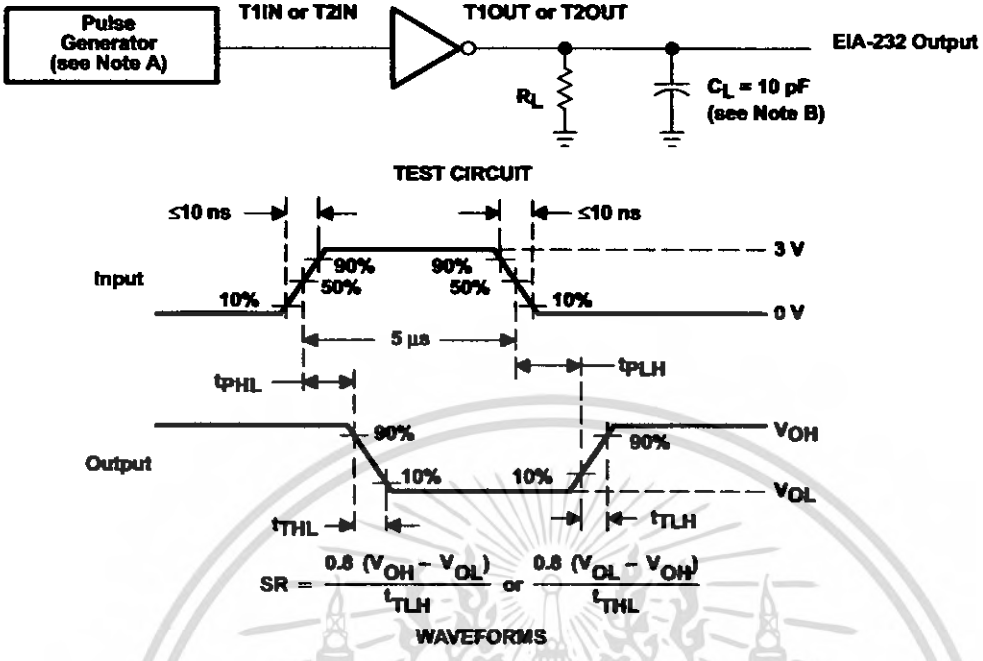
WAVEFORMS

NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.
C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

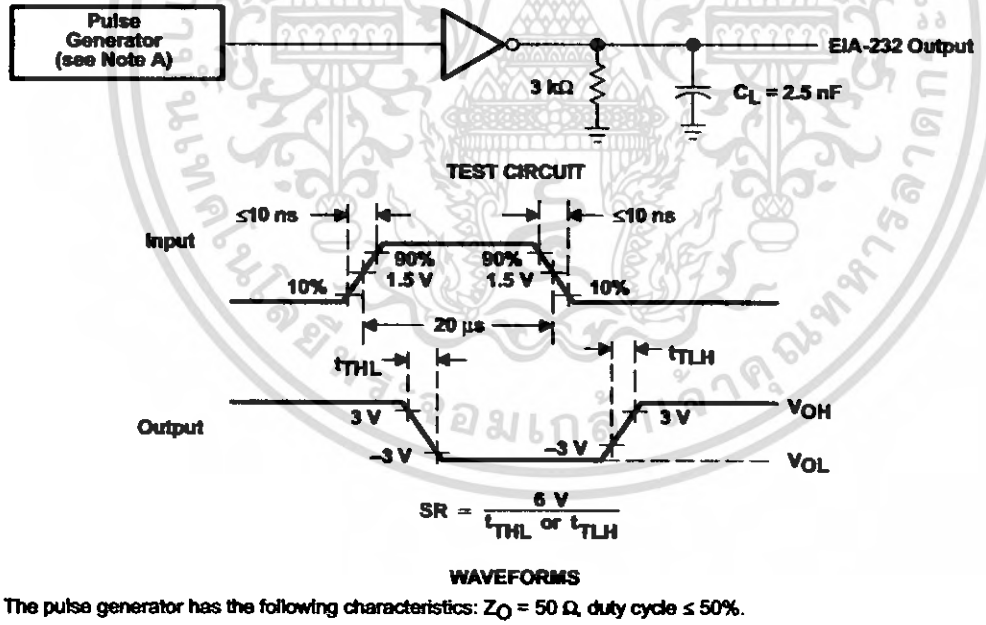
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5-µs Input)

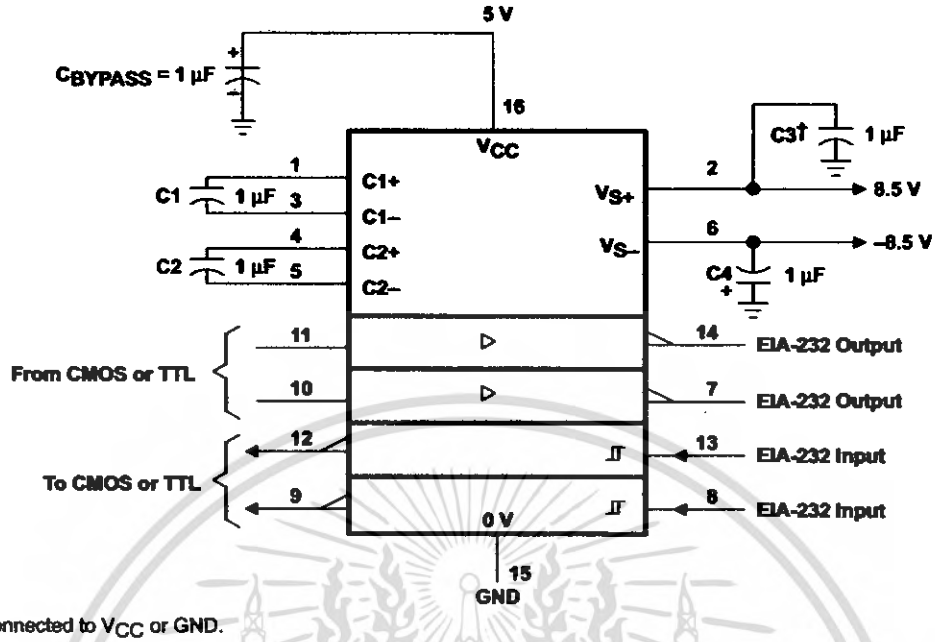


NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20-µs Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third–party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Mailing Address:

Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้