

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม



พรก.  
ช.๒๑.๐๑  
๗๕๐๘

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....**62312**  
วัน,เดือน,ปี. - 8 ส.ค. 2549

b. 11620121  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ปีการศึกษา 2548

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ปีการศึกษา 2548  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **Remote control and monitoring by digital GSM mobile phone**



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of  
Bachelor of Science  
Department of Applied Physics  
Faculty of Science

King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
Academic Year 2005  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิตอลจีเอสเอ็ม

นักศึกษา นายชาญณรงค์ บุญฤทธิ์  
นายชนพันธ์ อนันต์ปัญญาวงศ์



ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์- เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิจิต ศิริโชติ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ปิติพร ถนอมงาม

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อ.สุรศักดิ์ พิพัฒน์ศาสตร์	
กรรมการ อ.วิฑูรย์ ยินดีสุข	
กรรมการ อ.ภารุจ บัณฑิตาวิทย์	
กรรมการที่ปรึกษา รศ.วิจิต ศิริโชติ	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม ดร.ปิติพร ถนอมงาม	

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม
นักศึกษา	นายชาณูณรงค์ บุญฤทธิ์ นายชนพันธ์ อนันต์ปัญญาวงศ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2548
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิจิต ศิริโชติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ปิติพร ถนอมงาม

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้พัฒนาเครื่องควบคุมและแสดงผลระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม เครื่องควบคุมนี้สร้างขึ้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51 คำสั่งที่ใช้ควบคุมเป็นรูปแบบเทคโนโลยีเอสเอ็มเอส เครื่องควบคุมนี้สามารถให้เอาต์พุตรีเลย์ 8 ช่อง ถ้าหรับโหมคการรายงานผล จะมีช่องรับสัญญาณพัลส์ 2 ช่อง รับสัญญาณอนาลอก 1 ช่อง และช่องรับสัญญาณดิจิทัล 8 บิต สำหรับช่องรับสัญญาณดิจิทัล 8 บิต ได้ออกแบบเพื่อใช้เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

**Special Project Title** Remote control and monitoring by digital GSM Mobile phone  
**Name** Mr.Channarong Boonyarit  
Mr.Tanaphan Ananpanyawong  
**Department** Applied Physics  
**Program** Applied Physics – Science and Industry Instrumentation  
**Academic Year** 2005  
**Special Project Advisor** Asso.Prof. Vichit Sirichot  
**Special Project co-advisor** PhD. Pitipon Tanomngam

### ABSTRACT

A device used for remote controlling and monitoring by digital GSM mobile phone has been developed. The device was built with MCS51 microcontroller. Commanding was formulated with SMS technology. The device is capable of providing 8-channel relay output. For monitoring mode, the device accepts 2-channel pulse, 1-channel analog input and 8-bit digital input. The 8-bit digital input was designed for interfacing the water level sensor.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดามารดาอันเป็นที่รัก คอยส่งเสียและเป็นกำลังใจให้ ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่เป็นแหล่งศึกษาหาความรู้อันมีค่ายิ่ง และสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ ขอบคุณรุ่นพี่ที่ให้คำแนะนำหลาย ๆ อย่าง ทั้งด้านการเรียนและการอยู่ในภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์และขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ทำให้กำลังใจและช่วยเหลือกันตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล GSM	6
2.2 เทคโนโลยี SMS	15
2.3 เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์	18
2.4 การควบคุมและแสดงผลระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัล GSM	23
2.5 การสื่อสารระหว่าง MS และ MCU	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 ศึกษาชุดคำสั่งสำหรับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม	27
3.2 ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.3 ออกแบบวงจรระบบควบคุมและแสดงผล	30
3.4 การทดสอบการทำงาน	33
3.5 ออกแบบและพัฒนาให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆ ได้	34
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	35
4.1 ส่วนประกอบของ RCM	35
4.2 คำสั่งและผังการทำงาน	36
4.3 ระบบการรายงานผลระยะไกล	39

## สารบัญ(ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
4.4 ระบบการควบคุมระยะไกล	42
4.5 RCMv2	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	48
5.1 สรุป	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
5.3 ปัญหาที่พบ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	55
ภาคผนวก ค	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงความถี่สัญญาณขาขึ้นและขาลงระบบ GSM ประเทศไทย	9
ตารางที่ 2.2	แสดงประเภทของข้อมูลของตัวแปร	20
ตารางที่ 3.1	แสดงชุดคำสั่งสำหรับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม	28
ตารางที่ 4.1	แสดงโหมดการทำงานของ RCM	37
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบการรายงานสัญญาณอะนาล็อก	40
ตารางที่ 4.3	แสดงคำสั่งสำหรับ RCMv2	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

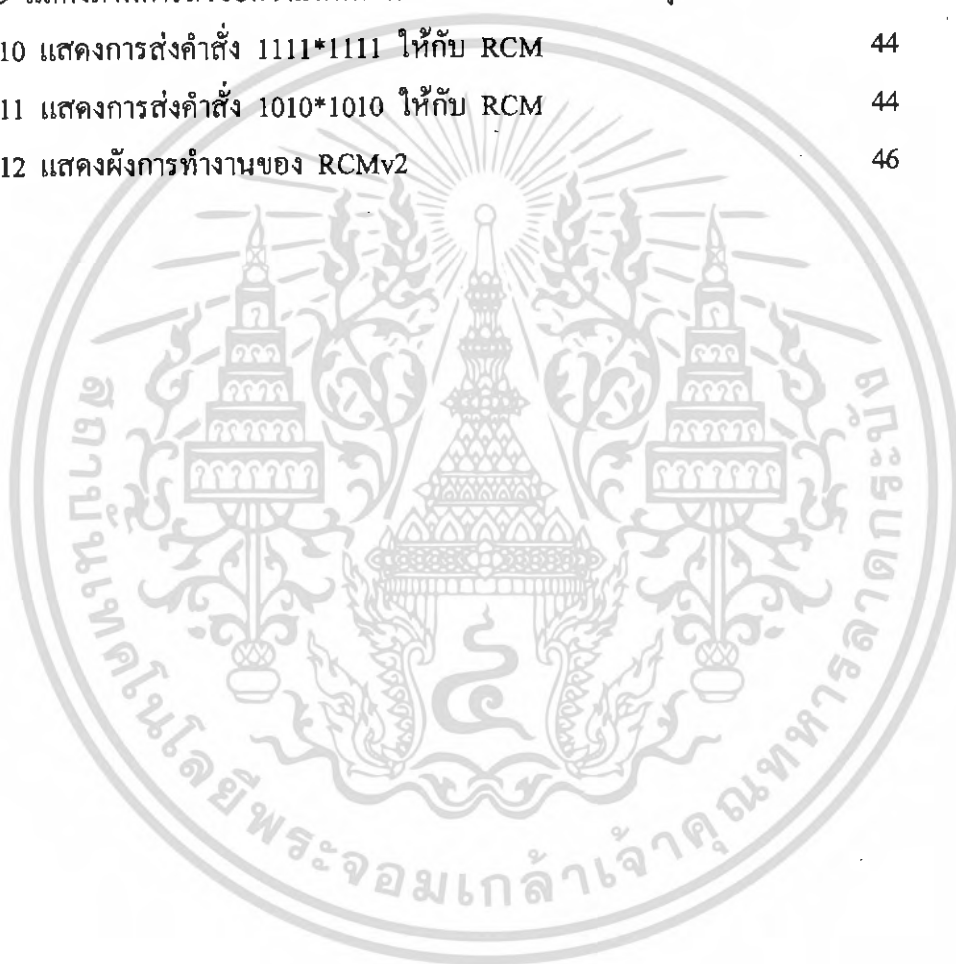
## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงผังบริษัทที่ให้บริการ โครงข่าย GSM ในประเทศไทย	2
รูปที่ 1.2 แสดงผังการเชื่อมโยงระบบควบคุมและแสดงผลโดยใช้ SMS	3
รูปที่ 2.1 แสดง โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ GSM	7
รูปที่ 2.2 แสดง โครงสร้างหมายเลข IMSI	14
รูปที่ 2.3 แสดง โครงสร้างของหมายเลข MSISDN	14
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ในระบบ GSM	15
รูปที่ 2.5 แสดง โครงสร้างเทคโนโลยี SMS	17
รูปที่ 2.6 แสดงการส่งข้อความระหว่าง SME ในโครงข่าย	18
รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการคอมไพล์โปรแกรม	19
รูปที่ 2.8 แสดงผังระบบควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้ GSM	24
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของระบบควบคุมระยะไกลโดยใช้ GSM	24
รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของระบบแสดงผลระยะไกลโดยใช้ GSM	25
รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง MCU กับ MS	26
รูปที่ 2.12 แสดง โครงสร้างการสื่อสารแบบ Asynchronous	26
รูปที่ 3.1 แสดงการแปลงข้อมูล 7 บิตให้อยู่ในรูป 8 บิต	28
รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	29
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรทดลองเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	29
รูปที่ 3.4 แสดงผังการออกแบบ RCM โดยใช้ MCU สองตัว	30
รูปที่ 3.5 แสดงผังการออกแบบ RCM	31
รูปที่ 3.6 แสดงภาพ RCM	32
รูปที่ 3.7 แสดงผังระบบแสดงผลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์	33
รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	33
รูปที่ 3.9 แสดงผังแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมและแสดงผล	34
รูปที่ 4.1 แสดง โครงสร้างหลักของ RCM	35
รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบ RCM พร้อมทำงาน	36
รูปที่ 4.3 แสดง RCM พร้อมทำงาน	37
รูปที่ 4.4 แสดงผังการทำงานของ RCM	38
รูปที่ 4.5 แสดงการรับข้อความสั้นผ่าน โทรศัพท์เคลื่อนที่	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงภาพการทดสอบรายงานค่าสัญญาณอะนาลอก	40
รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ	41
รูปที่ 4.8 แสดงเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ	42
รูปที่ 4.9 แสดงภาพการส่งข้อความสั้นแสดงการพร้อมทำงานควบคุมระยะไกล	43
รูปที่ 4.10 แสดงการส่งคำสั่ง 1111*1111 ให้กับ RCM	44
รูปที่ 4.11 แสดงการส่งคำสั่ง 1010*1010 ให้กับ RCM	44
รูปที่ 4.12 แสดงผังการทำงานของ RCMv2	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านโทรคมนาคมเข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีทางด้านโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ช่วยให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็วฉับไว แต่เดิมนั้นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นระบบสัญญาณแบบอนาล็อก แต่เนื่องจากความต้องการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ระบบเดิมจึงไม่สามารถรองรับผู้ใช้งานจำนวนมากได้ จึงได้มีการพัฒนานำระบบดิจิทัลมาใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้รองรับผู้ใช้งานได้จำนวนมาก และมีการพัฒนาระบบให้มีความแม่นยำน่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัยของข้อมูล

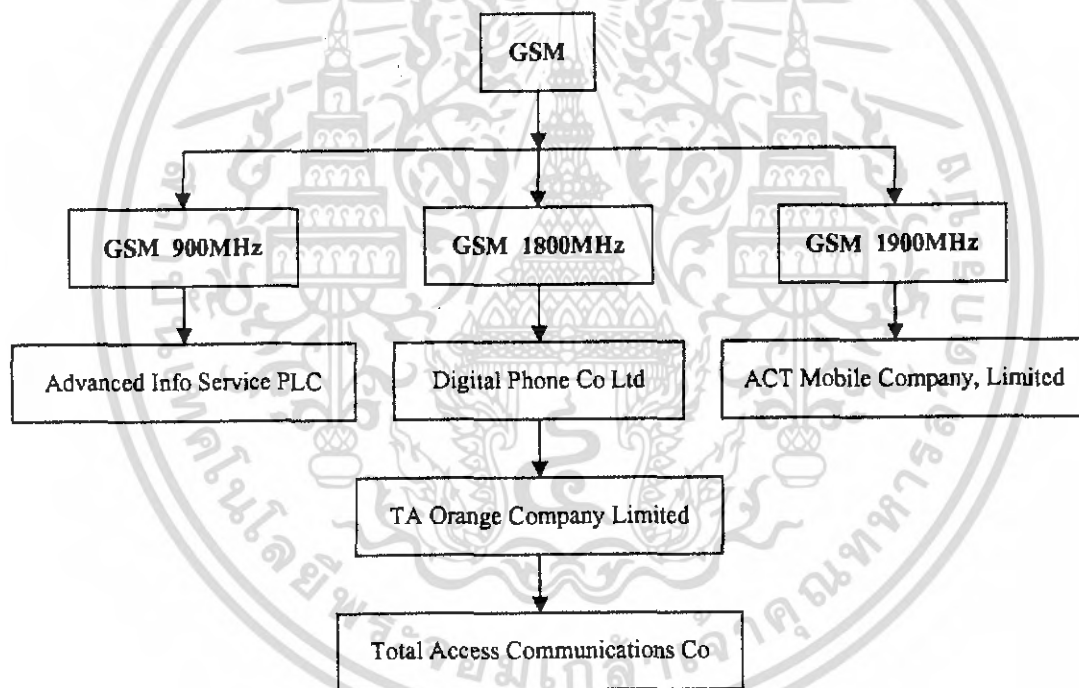
ระบบดิจิทัล GSM คำว่า GSM ย่อมาจากคำว่า Group Special Mobile ซึ่งเป็นกลุ่มนักวิจัยที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของประเทศในยุโรปหลายประเทศเพื่อศึกษาและพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายใต้การดูแลและสนับสนุนจาก ECPT (The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบใหม่ที่สามารถรองรับความต้องการการใช้งานของผู้ใช้บริการได้มากขึ้นและที่สำคัญคือต้องสามารถอนุญาตให้ ผู้ใช้โทรศัพท์มีอิสระในการติดต่อสื่อสารจาก ณ สถานที่ใด ๆ ก็ได้ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM นั้นจัดว่าเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สอง (second generation mobile system) ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคแรก จุดแตกต่างที่สำคัญของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สองกับยุคแรกก็คือ การนำเทคโนโลยีแบบดิจิทัลมาแทนการใช้เทคโนโลยีอนาล็อกแบบเดิม และเนื่องจากมีการใช้งานระบบ GSM มากขึ้นจึงมีการนำมาตรฐาน GSM ที่ใช้งานในย่านความถี่ 900 MHz ไปใช้ในย่านความถี่ 1800 MHz ด้วย จึงมีการเปลี่ยนชื่อเต็มเต็มของระบบ GSM มาเป็น Global System for Mobile Communication และหลังจากนั้นยังนำมาใช้ในย่านความถี่ 1900 MHz และใช้ชื่อนี้มาจนถึงปัจจุบัน

ในปัจจุบันระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM นี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายกว่า 210 ประเทศทั่วโลก 650 โครงการ ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย สำหรับประเทศไทยนั้นมีบริษัทที่ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ถึง 5 บริษัทได้แก่บริษัท Advanced Info Service PLC (AIS GSM) หรือที่รู้จักในชื่อ GSM Advance บริษัท Total Access Communications Co (DTAC)

หรือที่รู้จักในชื่อ DTAC บริษัท Digital Phone Co Ltd (GSM 1800) หรือรู้จักในชื่อ GSM 1800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

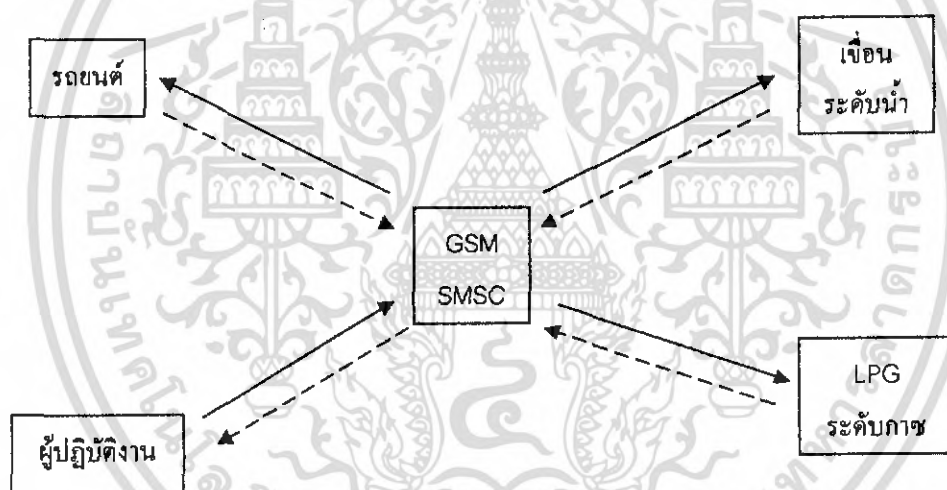
บริษัทTA Orange Company Limited (True Wireless) และบริษัทACT Mobile Company,Limited (ACT GSM 1900) ซึ่งการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล GSM ในประเทศไทยมีปริมาณที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับโทรศัพท์ระบบอื่น ๆ และในปัจจุบันอัตราค่าบริการโครงข่ายก็มีราคาลดลงมาก บวกกับตัวเครื่องโทรศัพท์ก็มีการพัฒนาให้มีความทำงานได้หลากหลายรูปแบบและมีราคาต่ำลงมาก ด้วยเหตุนี้หากนำระบบสื่อสารด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ซึ่งมีโครงข่ายให้บริการหลายบริษัทมาประยุกต์ใช้งานด้านอื่น ๆ ก็จะทำให้เกิดประโยชน์อย่างมาก เช่น นำมาประยุกต์ใช้เป็นระบบควบคุมระยะไกลผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบ การรายงานผลทางโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถอยู่ที่ใดก็ได้เท่าที่โครงข่ายครอบคลุมถึง



รูปที่ 1.1 แสดงผังบริษัทที่ให้บริการโครงข่าย GSM ในประเทศไทย

ในงานทางด้านอุตสาหกรรมระบบควบคุมจำเป็นต้องมีระบบแสดงสถานะ หรือ รายงานผลหรือที่เรียกว่า Monitoring system เพื่อให้ทราบความเป็นไปของงานในระบบเพื่อจะได้ควบคุมงานให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ เช่น การรายงานระดับของก๊าซธรรมชาติในถังกักเก็บในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ การรายงานระดับน้ำในเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานระบบควบคุมต้องทราบถึงระดับน้ำในเขื่อนหรือระดับของก๊าซธรรมชาติในถังกักเก็บ เพื่อที่จะควบคุมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ให้น้ำดื่มเขื่อน หรือควบคุมมิให้ปริมาณกาซธรรมชาติในถังกักเก็บมีมากเกินไปถึงกักเก็บจะรับได้ หรือในงานด้านระบบรักษาความปลอดภัย ก็ต้องมีรายงานสถานะให้พนักงานรักษาความปลอดภัยทราบหรือเมื่อมีการโจรกรรมทรัพย์สิน เช่น รถยนต์แล้วมีระบบการรายงานว่ามีการโจรกรรม เราก็สามารถระงับเหตุได้ทันห่วงที ในงานเหล่านี้ผู้ปฏิบัติงานต้องประจำอยู่ที่ห้องควบคุมเพื่อดูการรายงานผลของระดับน้ำในเขื่อน หรือระดับของกาซธรรมชาติในถังกักเก็บตลอดเวลา หรือพนักงานรักษาความปลอดภัยก็ต้องนั่งเฝ้ารถยนต์เพื่อป้องกันการโจรกรรม เพื่อให้การปฏิบัติงานมีความสะดวกเราสามารถสร้างระบบการรายงานผลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อรายงานผลให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับทราบสถานะแม้ไม่อยู่ในห้องปฏิบัติงาน หรือพนักงานรักษาความปลอดภัยก็ไม่จำเป็นต้องนั่งเฝ้ารถยนต์เพราะหากเกิดการโจรกรรมก็สามารถทราบได้ทันทีผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 1.2 แสดงผังการเชื่อมโยงระบบควบคุมและแสดงผลโดยใช้ SMS

ตัวอย่างการรายงานผลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล GSM โดยใช้ SMS (Short Message Service) ซึ่งระบบ Monitoring จากเขื่อนกักเก็บน้ำ จากถังกักเก็บกาซธรรมชาติ และจากรถยนต์ จะส่งสัญญาณ SMS ไปยัง SMSC (Short Message Service Center) และ SMSC จะทำการส่งสัญญาณไปยังผู้ปฏิบัติงานให้ทราบ และผู้ปฏิบัติงานก็สามารถส่งสัญญาณกลับเพื่อควบคุมระบบได้ เช่น ควบคุมให้เกิดประตุน้ำที่เขื่อน ตั้งให้หยุดการบรรจุกาซธรรมชาติลงในถังกักเก็บ หรือสั่งสตาร์ทเครื่องยนต์ของรถยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการสื่อสารแบบดิจิทัลจีเอสเอ็ม (GSM)
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อศึกษา คำสั่ง และ ชุดคำสั่ง สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่
4. เพื่อศึกษาการเขียนคำสั่ง และชุดคำสั่ง สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยภาษาซี (C)
5. เพื่อสร้างเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้จริง ในทางอุตสาหกรรมและระบบรักษาความปลอดภัย

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลจีเอสเอ็ม (GSM) ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับเทคโนโลยีด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ และมุ่งเน้นการสร้างเครื่องมือการควบคุมและแสดงผลระยะไกล (Remote control and monitoring) ผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลจีเอสเอ็ม (GSM) โดยใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ และเขียนคำสั่งหรือชุดคำสั่งในการควบคุมด้วยภาษาซี (C)

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลจีเอสเอ็ม (GSM)
2. ศึกษาการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่และคำสั่งหรือชุดคำสั่งสำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่
3. ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนคำสั่งหรือชุดคำสั่งด้วยภาษาซี (C)
4. ออกแบบวงจรสร้างเป็นเครื่องมือระบบควบคุมและแสดงผล (Control and monitoring system) ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลจีเอสเอ็ม และเขียนคำสั่งหรือชุดคำสั่งควบคุมการทำงาน
5. ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ
6. สรุปผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้และเข้าใจในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ หลักการทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และชุดคำสั่ง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆ ได้
2. มีความรู้เข้าใจโครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนคำสั่งหรือชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้และพัฒนา ออกแบบสร้างเป็นเครื่องมือได้
3. ช่วยให้เกิดประโยชน์ในงานระบบควบคุม และงานด้านระบบรักษาความปลอดภัย และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ และนำมาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล GSM

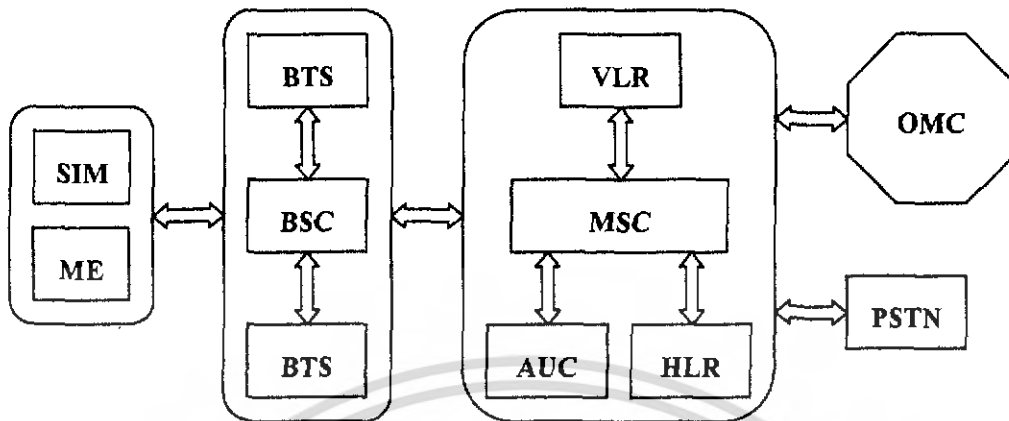
ระบบดิจิทัล GSM คำว่า GSM ย่อมาจากคำว่า Group Special Mobile ซึ่งเป็นกลุ่มนักวิจัยที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของประเทศในยุโรปหลายประเทศ เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ภายใต้การดูแลและสนับสนุนจาก ECPT (The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบใหม่ที่สามารถรองรับความต้องการการใช้งานของผู้ใช้บริการได้มากขึ้น และที่สำคัญคือต้องสามารถอนุญาตให้ ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในการติดต่อสื่อสารจาก ณ สถานที่ใด ๆ ก็ได้ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM นั้นจัดว่าเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สอง (second generation mobile system) ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคแรก จุดแตกต่างที่สำคัญของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สองกับยุคแรกก็คือ การนำเทคโนโลยีแบบดิจิทัลมาแทนการใช้เทคโนโลยีอนาล็อกแบบเดิมและเนื่องจากการใช้งานระบบ GSM มากขึ้นจึงมีการนำมามาตรฐาน GSM ที่ใช้งานในย่านความถี่ 900 MHz ไปใช้ในย่านความถี่ 1800 MHz ด้วย จึงมีการเปลี่ยนชื่อเพิ่มเติมของระบบ GSM มาเป็น Global System for Mobile Communication และหลังจากนั้นยังนำมาใช้ ในย่านความถี่ 1900 MHz และใช้ชื่อนี้มาจนถึงปัจจุบัน

##### 2.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ GSM

โครงสร้างของระบบ GSM ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station หรือ MS)
2. ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem หรือ BSS)
3. ส่วนของระบบเน็ตเวิร์กและสวิตซ์ซิง (Network and Switching Subsystem หรือ NSS)
4. ระบบปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem หรือ OSS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ GSM

เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือ Mobile Station (MS) มีหลายรูปแบบคือแบบติดตั้งกับยานพาหนะ (Vehicle Mounted) แบบกระเป๋าหิ้ว (Portable Equipment) และแบบมือถือ (Hand held Station) ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นเป็นแบบมือถือเป็นส่วนใหญ่ ภายในเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station) ประกอบด้วยส่วนย่อย 2 ส่วนคือ Mobile Equipment (ME) และ Subscriber Identity Module (SIM) ส่วนของ ME ทำหน้าที่ในการรับส่งคลื่นวิทยุระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์เคลื่อนที่กับส่วนของสถานีฐาน (BSS) และยังรวมถึงอุปกรณ์ต่ำกรับติดต่อกับผู้ใช้เช่น ไมโครโฟน ลำโพง จอภาพ และปุ่มต่าง ๆ ส่วนของ SIM มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ รายการประเภทของบริการที่ผู้ใช้ได้ขอไว้ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย เช่น เลขหมายประจำตัวของผู้ใช้ ตำแหน่งหรือบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์ที่มีการใช้งานอยู่ และรหัสลับที่ใช้ในการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อป้องกันการดักฟัง นอกจากนี้ยังอาจจะเก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ผู้ใช้มีการติดต่อด้วยเป็นประจำเพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการ SIM มีสองรูปแบบคือ แบบที่มีขนาดเท่าบัตรเครดิตเรียกว่า ISO SIM และแบบขนาดเล็กเรียกว่า Plug-in SIM ซึ่งเป็นแบบที่พบเห็นเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน

ส่วนของสถานีฐานหรือ Base Station Subsystem (BSS) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ Base Transceiver Station (BTS) และ Base Station Controller (BSC) ในส่วนของ BTS จะทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณวิทยุกับ MS โดย BTS แต่ละชุดจะครอบคลุมพื้นที่หนึ่งเซลล์ และ BTS นี้จะถูกควบคุมการทำงานโดยส่วนที่เรียกว่า Base Station Controller (BSC) ซึ่ง BSC นี้จะสามารถควบคุม BTS ได้หลายตัว โดย BSC จะควบคุมการทำงานของ BTS เช่น การจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับการติดต่อสื่อสาร การเริ่มต้นการเชื่อมต่อและการสิ้นสุดของการใช้ช่องสัญญาณควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมกำลังส่งสัญญาณของ BTS และควบคุมการทำ Hand Over เมื่อเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS) มีการเปลี่ยนตำแหน่งจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งและ BSC ยังสามารถเชื่อมต่อคู่สายระหว่างเครื่องโทรศัพท์สองเครื่องที่ใช้งานในบริเวณที่ BSC ควบคุมอยู่ได้ด้วย การเชื่อมต่อระหว่าง BTS กับ BSC จะใช้มาตรฐานที่เรียกว่า Abis Interface

ส่วนของระบบเนตเวิร์กสวิตซ์จิงหรือ Network and Switching Subsystem (NSS) ประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของ Mobile Service Switching Center (MSC) และส่วนของฐานข้อมูล สำหรับในส่วนของ MSC นั้นจะเชื่อมต่อกับโครงข่ายโทรศัพท์อื่น ๆ ด้วยเช่น PSTN หรือโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่อื่น ๆ ซึ่งมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่าง MSC กับโครงข่ายโทรศัพท์ภายนอก เรียกว่า Signaling System no.7 (SS7) MSC ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์และเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยกัน และระหว่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่กับผู้ใช้โครงข่ายโทรศัพท์อื่น ๆ ด้วยและ MSC ยังทำหน้าที่รายงานตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่และทำ Hand Over ในกรณีที่มีการเปลี่ยนเซลล์อีกด้วย ในส่วนฐานข้อมูลของ NSS ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ Home Location Register (HLR) Authentication Centre (AUC) และ Visitor Location Register (VLR)

Home Location Register (HLR) เป็นฐานข้อมูลที่เก็บสถานะการใช้งานต่าง ๆ ของผู้ใช้ เช่น บริการที่ผู้ใช้ขอใช้งาน การเปิด-ปิด เครื่อง การเรียกออกและเรียกเข้าบริเวณที่ใช้โทรศัพท์ครั้งสุดท้าย และ HLR ยังเก็บหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้แต่ละคนโดยรับข้อมูลจาก SIM ที่ส่งโดย ME

Authentication Centre (AUC) เป็นฐานข้อมูลที่มีความสำคัญมาก ทำหน้าที่ประมวลผลและ ทำหน้าที่ในการเก็บรหัสลับที่ใช้ในการเข้าใช้งานระบบเครื่องข่าย ซึ่ง AUC จะมีการติดต่อกับ HLR โดยตรงในการทำงาน

Visitor Location Register (VLR) เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการณ้ใช้บริการโครงข่าย เช่น เก็บข้อมูลตำแหน่งหรือบริเวณการใช้งานซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลไว้ชั่วคราวเพื่อลดการเรียกข้อมูลจาก HLR

ระบบปฏิบัติการหรือ Operation Support Subsystem (OSS) จะประกอบด้วย Operation and Maintenance Centre (OMC) มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานโดยรวม ปรับตั้งค่าการทำงานต่าง ๆ ภายในระบบและแก้ไขเมื่ออุปกรณ์ในระบบเกิดปัญหา รวมทั้งการคิดค่าบริการจากการใช้งานของผู้ใช้บริการโครงข่าย โดย OMC จะมีการติดต่อกับ HLR ด้วยเสมอ

## 2.1.2 การรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุในระบบ GSM

ในระบบ GSM นั้นจะแบ่งช่วงความถี่สัญญาณที่ใช้เป็นสองช่วงคือช่วงความถี่ต่ำและช่วงความถี่สูง โดยช่วงความถี่ต่ำนั้นใช้ในการส่งข้อมูลจากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐานเรียกว่าการส่งสัญญาณขาขึ้น (Up-Link Transmission) และช่วงความถี่สูงนั้นใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลจากสถานีฐานไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกว่าการส่งสัญญาณขาลง (Down-Link Transmission)

ความถี่ระบบ GSM	ความถี่ Up-Link	ความถี่ Down-Link
GSM 900 MHz	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz
GSM 1800 MHz	1710 - 1785 MHz	1805 - 1880 MHz
GSM 1900 MHz	1850 - 1910 MHz	1930 - 1990 MHz

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่สัญญาณขาขึ้นและขาลงระบบ GSM ประเทศไทย

ช่วงความถี่ขาขึ้นและขาลงจะถูกนำมาแบ่งเป็นช่องสัญญาณ โดยแต่ละช่องมีความกว้าง 200 kHz ในระบบ GSM900 จะมีช่องสัญญาณขาขึ้น 175 ช่อง และช่องสัญญาณขาลง 175 ช่อง ระบบ GSM1800 จะมีช่องสัญญาณขาขึ้น 375 ช่องและช่องสัญญาณขาลงอีก 375 ช่องซึ่งมีจำนวนช่องสัญญาณมากที่สุด ส่วนระบบ GSM1900 จะมีช่องสัญญาณขาขึ้น 300 ช่องและช่องสัญญาณขาลงอีก 300 ช่อง ซึ่งการแบ่งความถี่เป็นช่องเพื่อการใช้งานนี้เรียกว่าการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่หรือ Frequency Division Multiple Access (FDMA) และแต่ละช่องความถี่นำมาแบ่งช่วงเวลาการเข้าถึงอีก เรียกว่า Time Division Multiple Access (TDMA)

ในการรับส่งสัญญาณนั้นจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิทัล และเข้าสู่วงจรลดจำนวนบิตให้น้อยลงโดยสัญญาณยังมีคุณภาพที่ดีอยู่ และเข้าสู่กระบวนการเข้ารหัส และมอดูเลตสัญญาณ ส่งออกไปยังสถานีฐานซึ่งสถานีฐานก็จะใช้กระบวนการที่ตรงกันข้ามเพื่อให้ได้ข้อมูลดิจิทัลเข้าสู่การเชื่อมต่อสัญญาณโดย MSC และการส่งสัญญาณจากสถานีฐาน ไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็ใช้วิธีคล้ายกันกับการส่งสัญญาณจากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน

### 2.1.3 ประเภทสัญญาณในระบบ GSM

สัญญาณที่ใช้ในระบบ GSM สามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทคือสัญญาณประเภทข้อมูล ทั้งข้อมูลเสียงและข้อมูลของผู้ให้บริการ หรือเรียกว่า Traffic Channel (TCH) และสัญญาณประเภทสัญญาณระบบโครงข่าย หรือเรียกว่า Signaling Channel (SC)

Traffic Channel (TCH) เป็นสัญญาณในการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้ซึ่งมีข้อมูลสองประเภท คือ ข้อมูลเสียง และข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลเสียง ซึ่งการรับส่งข้อมูลเหล่านี้ก็ต้องบรรจุข้อมูลลงใน Time Slot รูปแบบสัญญาณ TCH ในระบบ GSM แบ่งได้เป็น 7 รูปแบบ โดยเป็นรูปแบบที่ใช้ส่งสัญญาณข้อมูลประเภทเสียง 2 รูปแบบคือ TCH/FS และ TCH/HS สำหรับรูปแบบ TCH/FS สัญญาณเสียงจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล 13 kbps และนำไปผ่านกระบวนการเข้ารหัสสัญญาณ เพื่อให้มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีขนาด 22.8 kbps ส่วนสัญญาณเสียงรูปแบบ TCH/HS จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีขนาดลดลงครึ่งหนึ่งคือ 6.5 kbps และผ่านกระบวนการเข้ารหัสซึ่งจะได้สัญญาณขนาด 11.4 kbps ซึ่งรูปแบบ TCH/HS นี้ต้องใช้วิธีการเข้ารหัสที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากได้สัญญาณที่มีขนาดเล็กและยังคงให้คุณภาพเสียงที่ดี ส่วนสัญญาณประเภทที่เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่สัญญาณเสียงหรือ Data มี 5 รูปแบบคือ TCH/F9.6 TCH/F4.8 TCH/F2.4 ซึ่งเป็นการรับส่งแบบ Full Rate และ TCH/H4.8 TCH/H2.4 ซึ่งเป็นการรับส่งแบบ Half Rate

Signaling Channel (SC) เป็นสัญญาณที่ใช้ในการส่งสัญญาณในระบบโครงข่ายเพื่อให้งานเป็นไปอย่างถูกต้อง แบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ Broadcast Channel (BCH) Common Control Channel (CCCH) และ Dedicated Control Channel (DCCH)

Broadcast Channels (BCH) เป็นสัญญาณที่มีการส่งในทิศทางขาลง (Down-Link) เพียงทิศทางเดียวซึ่งการส่งสัญญาณจะส่งเป็นระยะสม่ำเสมออย่างต่อเนื่องเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้อ่านข้อมูลเกี่ยวกับเซลล์ที่เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู๋ และให้เซลล์รอบข้างรับข้อมูลด้วย ซึ่งสัญญาณ BCH นี้จะบรรจุใน Time Slot ที่ศูนย์ (TS0) ในมัดติเฟรมที่มี 51 เฟรมหรือเรียกว่า Signaling Multi-Fram ซึ่งสัญญาณ BCH แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ Broadcast Control Channel (BCCH) Frequency Correction Channel (FCCH) และ Synchronization Channel (SCH) โดยที่สัญญาณ BCCH ใช้ในการกระจายข้อมูลของสถานีฐาน เช่น หมายเลขประจำเซลล์ หมายเลขประจำโครงข่าย สถานะและการใช้งานช่องสัญญาณ โดยสัญญาณจะถูกส่งในเฟรมที่ 2-5 ทุก ๆ 51 เฟรม ส่วนสัญญาณ FCCH เป็นสัญญาณที่ช่วยให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถซิงโครไนซ์ความถี่ให้ถูกต้องตรงกับสถานีฐาน โดยสัญญาณ FCCH จะถูกบรรจุใน Time Slot ที่ศูนย์ (TS0) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเฟรมที่ 0,10,20,30,40 ของทุก ๆ มัลติเฟรม สัญญาณ SCH เป็นสัญญาณที่ช่วยให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถซิงโครไนซ์หมายเลขของเฟรม (Fram Number) ให้ถูกต้อง ซึ่งระบบ GSM กำหนดหมายเลขเฟรมตั้งแต่ 0 ถึง 2,715,647 ( $26 \times 51 \times 2,048$ ) โดยสัญญาณ SCH จะถูกบรรจุใน Time Slot ที่ 1 ของเฟรมที่ 0,10,20,30,40 ทุก ๆ มัลติเฟรมต่อจากสัญญาณ FCCH

Common Control Channel (CCCH) เป็นสัญญาณที่บรรจุใน Time Slot ที่ศูนย์ (TS0) ของเฟรมใด ๆ ก็ได้ที่ไม่ได้ถูกใช้ในการส่งสัญญาณ BCH แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ Paging Channel (PCH) Random Access Channel (RACH) และ Access Grant Channel (AGCH) สำหรับสัญญาณ PCH ใช้ในการค้นหาเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยส่งสัญญาณจากสถานีฐานไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ สัญญาณ RACH เป็นสัญญาณที่ส่งออกจากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อเป็นการตอบรับสัญญาณการค้นหา PCH หรือส่งสัญญาณเพื่อขอใช้ช่องสัญญาณสื่อสาร ส่วนสัญญาณ AGCH เป็นสัญญาณที่สถานีฐานส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อเป็นการตอบรับสัญญาณ RACH และยังเป็นการส่งข้อมูลของสัญญาณ Stand-Alone Dedicated Control Channel (SDCCH) ให้กับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย

Dedicated Control Channel (DCCH) เป็นสัญญาณที่คล้ายกับสัญญาณ TCH คือส่งได้สองทิศทางลักษณะเป็นแบบ Point-to-Point แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ Stand-Alone Dedicated Control Channel (SDCCH) Slow Associated Control Channel (SACCH) และ Fast Associated Control Channel (FACCH) สัญญาณ SDCCH เป็นสัญญาณที่ใช้ในโครงข่ายเพื่อการตรวจสอบและลงทะเบียนก่อนการใช้งานช่องสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับสัญญาณ SACCH เป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ช่วยในการทำ Hand Over ใช้ส่งสัญญาณบอกระดับความแรงของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์รับได้ ใช้ในการปรับจูนห้วงการส่งสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์แต่ละเฟรมให้ถูกต้อง และควบคุมระดับกำลังส่งสัญญาณกำลังส่งสัญญาณให้เหมาะสม ซึ่งสัญญาณ SACCH นี้จะถูกส่งเป็นระยะอย่างต่อเนื่องควบคู่กับสัญญาณ TCH ส่วนสัญญาณ FACCH จะใช้ในกรณีที่ต้องใช้ช่องสัญญาณ SACCH จะใช้ช่องสัญญาณที่ปกติใช้ในการส่งสัญญาณเสียงของผู้ใช้เป็นเวลา 20 ms แทน

#### 2.1.4 โครงสร้างของเฟรมในระบบ GSM

ระบบ GSM ใช้แบนด์วิธขนาด 200 kHz ในการส่งข้อมูลดิจิทัล 270.833 kbps โดยการส่งข้อมูลดิจิทัลนี้จะจัดเป็นเฟรม ซึ่งในหนึ่งเฟรมจะประกอบด้วย 8 ไทม์สล็อต แต่ละไทม์

สล็อตมีความยาว 577 us ดังนั้นหนึ่งเฟรมก็จะมีมีความยาว 4.62 ms ในระบบ GSM แบ่งประเภทของเฟรมเป็นสองประเภทคือ Traffic multi-frame และ Signaling multi-frame

Traffic multi-frame ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลประกอบด้วยเฟรมจำนวน 26 เฟรมซึ่งมีความยาวเท่ากับ 120 ms ซึ่งในการส่งข้อมูลนั้นจะใช้เพียง 24 เฟรม ส่วนอีกสองเฟรมคือเฟรมที่ 12 และ 25 ใช้สำหรับส่งสัญญาณ Signaling SACCH และ Idle/SACCH

Signaling multi-frame ทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณโครงข่าย (Signaling) ประกอบด้วยเฟรมจำนวน 51 เฟรม ดังนั้นจะมีความยาวเท่ากับ 235.4 ms

นอกจากนี้ระบบ GSM ยังกำหนด Super frame และ Hyper frame ด้วย โดย Super frame สร้างได้สองวิธีคือนำ Traffic multi-frame จำนวน 51 ชุดมารวมกันหรือนำ Signaling multi-frame จำนวน 26 ชุดมารวมกันก็จะได้เป็น Super frame ซึ่งมีความยาวเท่ากับ 6.12 วินาที สำหรับ Hyper frame สร้างได้โดยนำ Super frame จำนวน 2,048 ชุดมารวมกัน ซึ่งจะมีความยาว 3 ชั่วโมง 28 นาที 53 วินาที 760 มิลลิวินาที

## 2.1.5 โครงสร้างของโหม่สล็อตในระบบ GSM

ในระบบ GSM ได้กำหนดโครงสร้างของโหม่สล็อตไว้ 5 รูปแบบคือ แบบ Normal Burst แบบ Frequency Correction Burst แบบ Synchronization Burst แบบ Access Burst และแบบ Dymmy Burst

Normal Burst ใช้สำหรับสัญญาณประเภท TCH และสัญญาณอื่นที่ไม่ใช่สัญญาณ RACH, SCH และ FCCH ประกอบด้วย The Tail bits สองชุดชุดละ 3 bit และมีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมดเป็นตัวกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละโหม่สล็อต The encrypted bit เป็นข้อมูลที่เข้ารหัส 57 bit สองชุดและยังมี Stealing flag 1 bit อีกสองชุดซึ่ง Stealing flage เป็นตัวบอกว่า encrypted bit ทำหน้าที่ส่งข้อมูลหรือถูกนำไปใช้ส่งสัญญาณ FACCH ส่วน The training sequence มีขนาด 26 bit ทำหน้าที่ส่งค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการปรับให้เหมาะสมกับสภาพการใช้ช่องสัญญาณ และ The guard bit มีขนาด 8.25 bit เป็นบริเวณว่างเปล่าเพื่อป้องกันการทับกันของสัญญาณในสองโหม่สล็อต

Frequency Correction Burst ใช้ในการส่งสัญญาณ FCCH เพื่อให้ความถี่ระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสถานีฐานให้ตรงกันเพื่อช่วยในการซิงโครไนส์โครงสร้างของ Frequency Correction Burst ประกอบด้วย Tail bits 2 ชุดชุดละ 3 bit ทำหน้าที่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด Fixed

bit ขนาด 142 bit ซึ่งมีค่าเป็น 0 ทั้งหมดและ guard bits ขนาด 8.25 bit ป้องกันการซ้อนทับในไทม์สล็อตที่ติดกัน

Synchronization Burst ใช้สำหรับส่งสัญญาณ SCH เพื่อช่วยในการซิงโครไนส์จังหวะเวลารับส่งของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะมีข้อมูลหมายเลขเฟรมและ Base Station Identity Code(BSIC) ซึ่งในระบบ GSM ได้กำหนดหมายเลขเฟรมไว้ 2,715,648 เฟรม ซึ่งเท่ากับ 1 Hyper frame ส่วน BSIC เป็นรหัสของสถานีฐานเพื่อให้เครื่องโทรศัพท์รู้ว่าติดต่อกับสถานีใดอยู่ โครงสร้าง Synchronization Burst ประกอบด้วย Tail bits สองชุด Encrypted Sync bit มีขนาด 39 bits สองชุด และมี Extended training sequence ขนาด 64 bits และ Guard bits อีก 8.25 bits

Access Burst ใช้ในการส่งสัญญาณติดต่อกับสถานีฐานครั้งแรก ซึ่งมีโครงสร้างประกอบด้วย 8 bits เริ่มต้น Sync sequence ขนาด 41 bits Encrypted ขนาด 36 bits บิตสิ้นสุดขนาด 3 bits และ Guard bits ขนาด 68.25 bits ซึ่งมีขนาดมากเนื่องจากในการติดต่อครั้งแรกเครื่องโทรศัพท์ยังไม่รู้จังหวะการส่งสัญญาณที่ถูกต้อง จึงต้องใช้ Guard bits ขนาดใหญ่เพื่อป้องกันการซ้อนทับของไทม์สล็อตที่ติดกัน

Dummy Burst จะส่งโดยสถานีฐานในบางเวลาเท่านั้น โดยไม่มีข้อมูลใดๆ เลยซึ่งโครงสร้างเหมือนกับ Normal Burst ต่างกันตรงที่ Encrypted bits จะเป็น Mixed bits แทน

## 2.1.6 หมายเลขประจำตัวผู้ใช้ระบบ GSM

ในระบบ GSM จะมีการกำหนดหมายเลขประจำตัวผู้ใช้ซึ่งเป็นหมายเลขที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละผู้ใช้งาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเข้าใช้งานในระบบ GSM และใช้ในกระบวนการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลผู้ใช้งาน ซึ่งได้แก่หมายเลข IMSI (International mobile subscriber Identity) หมายเลข MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number) และหมายเลข TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)

IMSI (International Mobile Subscriber Identity) เป็นหมายเลขที่ถูกบันทึกลงใน SIM ซึ่งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละ SIM ทั่วโลก ประกอบด้วยสามส่วนคือ MCC (Mobile Country Code) ใช้บอกถึงประเทศที่ผู้ใช้เป็นสมาชิกอยู่มีขนาดตัวเลข 3 ตัว MNC (Mobile Network Code) มีขนาดตัวเลข 2 ตัว ใช้ในการบอกถึงโครงข่ายที่ใช้ภายในประเทศนั้น และ MSIN มีขนาดตัวเลขไม่เกิน 10 ตัว ใช้สำหรับบอกถึงผู้ใช้ตัวผู้ใช้งาน

MCC 3 digit	MNC 2 digit	MSIN 10 digit
-------------	-------------	---------------

รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างหมายเลข IMSI

MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number) เป็นหมายเลขที่จะใช้ในการติดต่อประกอบด้วยสามส่วนคือ CC (Country Code) เป็นหมายเลขที่ระบุประเทศที่ต้องการจะติดต่อ ซึ่งกำหนดโดยองค์กรระหว่างประเทศ CCITT NDC (National Destination Code) ใช้ในการบอกถึงพื้นที่ย่อยภายในประเทศที่ต้องการติดต่อและ SN (Subscriber Number) เป็นหมายเลขของผู้ใช้ที่จะติดต่อ ซึ่งหมายเลข NDC และ SN จะถูกกำหนดโดยองค์กรของประเทศนั้น ๆ

CC (ประเทศ)	NDC (พื้นที่ย่อย)	SN (ผู้ใช้)
-------------	-------------------	-------------

รูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของหมายเลข MSISDN

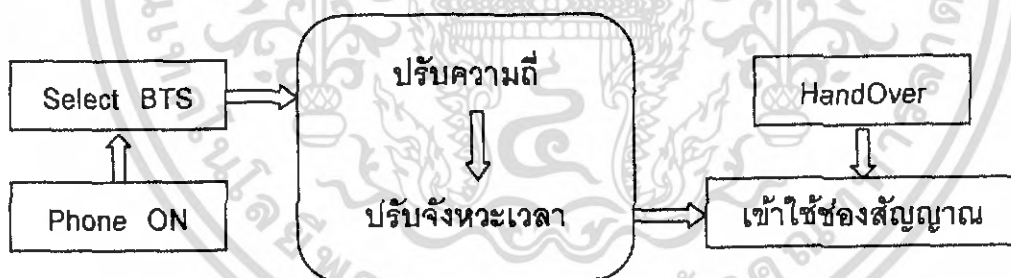
TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) เป็นหมายเลขที่ใช้ในขณะการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นหมายเลขประจำตัวของผู้ใช้นั้น ๆ ที่สร้างขึ้นเพื่อแทนหมายเลข IMSI เพื่อป้องกันการตรวจจับหมายเลข IMSI เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งานระบบ GSM

### 2.1.7 การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ในระบบ GSM

เมื่อมีการเปิดเครื่องโทรศัพท์เพื่อใช้งาน เครื่องโทรศัพท์จะทำการค้นหาสัญญาณ BCCH ที่ส่งจากสถานีฐาน เพื่ออ่านข้อมูลของสถานีฐานที่ใกล้ที่สุด และสถานีฐานรอบข้างที่สัญญาณ BCCH มาถึงเครื่องโทรศัพท์ เมื่อเครื่องโทรศัพท์ได้ข้อมูลต่าง ๆ แล้วจะทำการเลือกสถานีฐานที่จะใช้ในการติดต่อสื่อสาร โดยจะพิจารณาถึงขนาดกำลังของสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์ได้รับ ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการรับส่งสัญญาณสถานีฐานที่สามารถทำให้คุณภาพการรับส่งสัญญาณดีที่สุดจะถูกเลือกใช้ในการติดต่อสื่อสาร เมื่อเครื่องโทรศัพท์เลือกสถานีฐานแล้วก็จะทำการซิงโครไนซ์สัญญาณให้สอดคล้องกับสถานีฐาน โดยเริ่มจากการปรับความถี่ของคลื่นพาห์ให้ตรงกับความถี่ของสถานีฐานซึ่ง จะทำได้โดยดูจาก FCB ที่ส่งมาจากสถานีฐานบนสัญญาณ FCCH เมื่อความถี่คลื่นพาห์ตรงกับสถานีฐานก็จะทำการปรับจังหวะการรับส่งข้อมูลในเชิงเวลา ให้สอดคล้องกับสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐาน ซึ่งจะใช้ SB ซึ่งถูกส่งจากสถานีฐานบนสัญญาณ SCH ภายใน SB จะประกอบไปด้วย RFN (Reduced TDMA Frame Number) ซึ่งเป็นหมายเลขเฟรมและ BSIC ซึ่ง BSIC นั้นจะช่วยให้เครื่องโทรศัพท์รู้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นมาจากสถานีฐานใดเมื่อเครื่องโทรศัพท์ทำการซิงโครไนซ์แล้วก็สามารถที่จะเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ ซึ่งการเข้าใช้ช่องสัญญาณ จะเป็นการเข้าใช้แบบสุ่ม (Random Access) ซึ่งเครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณ RACH ไปยังสถานีฐานเพื่อขอใช้ช่องสัญญาณ สถานีฐานก็จะทำการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ และจะส่ง สัญญาณ AGCH กลับไปยังเครื่องโทรศัพท์และอนุญาตให้ใช้ช่องสัญญาณในกรณีข้อมูลถูกต้อง ในกรณีที่สถานีฐานต้องการติดต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์ก็จะใช้การส่งสัญญาณ PCH ไปยังเครื่องโทรศัพท์และจะได้รับการติดต่อกลับด้วยสัญญาณ RACH จากเครื่องโทรศัพท์ในการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีการออกนอกรัศมีสัญญาณจากสถานีฐานที่ใช้งานอยู่ไปยังสถานีฐานข้างเคียงจะต้องทำการแฮนด์โอเวอร์ (Hand over) เพื่อเปลี่ยนสถานีฐานเพื่อให้การติดต่อสถานีฐานยังคงดำเนินต่อไปได้โดยเครื่องโทรศัพท์จะรายงานกำลังสัญญาณที่ได้รับจากสถานีฐานและสถานี ใกล้เคียงให้ระบบทราบ เมื่อเครื่องโทรศัพท์ได้รับกำลังสัญญาณ จากสถานีฐานต่ำลงและได้รับกำลังสัญญาณจากสถานีฐานข้างเคียงเพิ่มขึ้นระบบก็จะทำการแฮนด์โอเวอร์ (Handover) เพื่อเปลี่ยนสถานีฐานไปยังสถานีที่เครื่อง โทรศัพท์ ได้รับกำลังสัญญาณสูงที่สุดเพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีคุณภาพที่ดีที่สุด



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ในระบบ GSM

## 2.2 เทคโนโลยี SMS

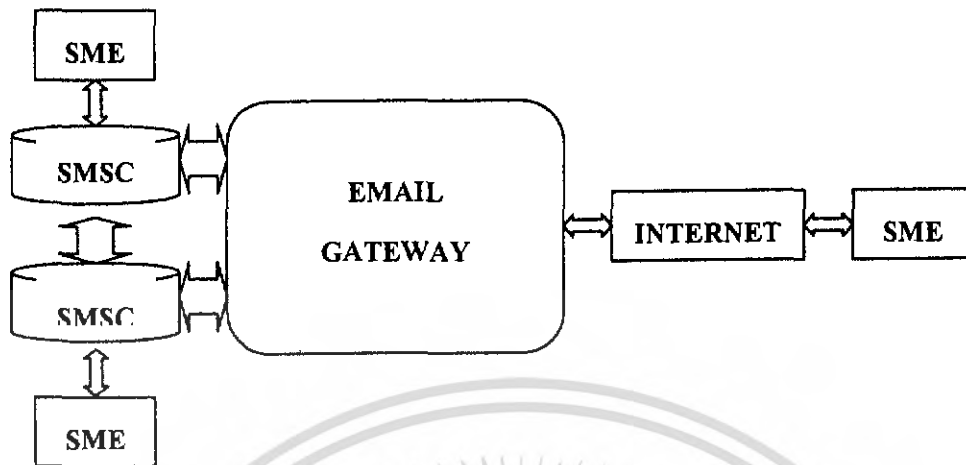
SMS ย่อมาจาก Short Message Service เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM โดยอยู่ในรูปของข้อความสั้น เริ่มขึ้นในปี 1992 ผ่านช่องสัญญาณ Signaling ของระบบโทรศัพท์ GSM ในยุโรป ต่อมามีการพัฒนาและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันผู้ผลิตเครื่องโทรศัพท์ที่ได้ผลิตเครื่องให้สามารถใช้เทคโนโลยี SMS ได้และมีการเพิ่มฟังก์ชันในการใช้งานให้ง่ายขึ้นอีกด้วย

### 2.2.1 โครงสร้างของเทคโนโลยี SMS

เทคโนโลยี SMS ประกอบด้วยสามส่วนหลักคือ ส่วนที่ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อความสั้น เรียกว่า Short Message Entities (SME) ส่วนของศูนย์กลางเชื่อมโยงการทำงานของระบบเรียกว่า Short Message Service Center (SMSC) และส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงไปยังระบบอินเทอร์เน็ต เรียกว่า Email Gateway สำหรับ SME เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยตรงทำหน้าที่เป็นทั้งรับและส่งข้อความซึ่งอาจเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ เช่น เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรืออาจเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ในการรับส่งข้อความแบบ SMS เช่น ซอร์ฟแวร์ของคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตเป็นต้น ส่วน SMSC ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางเชื่อมโยง SME ที่ทำหน้าที่ส่งข้อความเข้ากับ SME ที่ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรับข้อความและในกรณีที่ SMSC ไม่สามารถหา SME ที่ทำหน้าที่ฝ่ายรับได้เนื่องจาก SME นั้นไม่สามารถใช้งานได้ชั่วคราว SMSC ก็จะทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อความนั้นไว้ และจะส่งต่อให้ SME ฝ่ายรับเมื่อ SME นั้นกลับมาใช้งานในระบบได้ตามปกติ และ SMSC ยังทำหน้าที่รายงานผลให้ SME ฝ่ายส่งข้อความได้รับทราบสถานการณ์ส่งด้วย และนอกจากนี้ SMSC ยังทำหน้าที่เชื่อมโยงกับ SMSC ที่อยู่ต่างเครือข่ายด้วยกัน เพื่อให้สามารถส่งข้อความต่างเครือข่ายได้ สำหรับ Email Gateway จะทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่าง SMSC เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต โดยจะเปลี่ยนรูปแบบข้อความสั้นเป็นจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือเรียกว่า SMS-to-Email ในกรณีที่ส่งข้อความสั้นไปยัง SME ที่เป็นซอร์ฟแวร์ของคอมพิวเตอร์ในระบบอินเทอร์เน็ต หรือในทางกลับกันส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไปยัง SME ที่เป็นเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ Email Gateway ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เป็นข้อความสั้น หรือเรียกว่า Email-to-SMS ซึ่งโครงสร้างของเทคโนโลยี SMS แสดงไว้ดังรูป



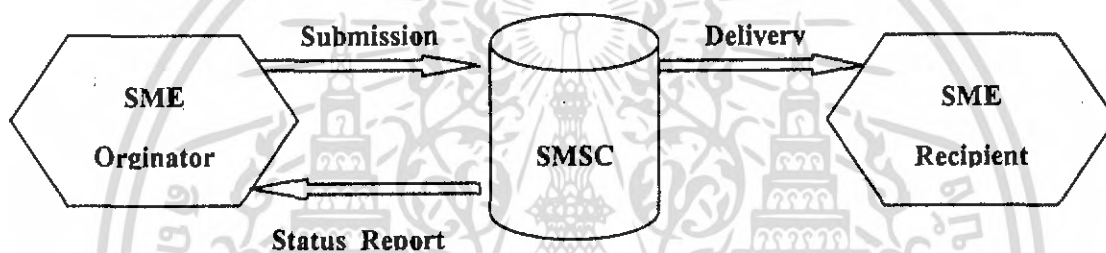
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างเทคโนโลยี SMS

### 2.2.2 โปรโตคอลของเทคโนโลยี SMS

กลุ่มชั้นของโปรโตคอล SMS หรือเรียกว่า Stack ประกอบด้วย 4 ชั้นได้แก่ Application Layer ชั้น Transfer Layer ชั้น Relay Layer และชั้น Link Layer ถ้าสำหรับชั้น Application Layer จะอยู่ในรูปของซอฟต์แวร์การใช้งานในการรับส่งข้อความ เป็นชั้นที่ติดต่อกับผู้ใช้ทำหน้าที่แปลความหมายของข้อความให้ผู้เข้าใจ ซึ่งเรียกชั้นนี้ว่า Short Message Application Layer (SM-AL) สำหรับชั้น Transfer Layer เป็นชั้นการส่งข้อมูลข้อความซึ่งจะอยู่ในรูปของเลขฐานแปด เช่นขนาดความยาวของข้อความ ข้อมูลผู้ส่งและผู้รับข้อความ วันที่รับข้อความ ข้อความที่ต้องการส่ง เป็นต้น ซึ่งชั้นนี้เรียกว่า Short Message Transfer Layer (SM-TL) ชั้น Relay Layer เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับต่างเครือข่าย เพื่อให้สามารถส่งข้อความต่างเครือข่ายได้ สำหรับชั้นนี้ MSC จะทำงานเป็นสองแบบคือ แบบแรกเรียกว่า SMS GateWay MSC (SMS-GMSC) เป็นการรับข้อความจาก SMSC และเชื่อมโยงข้อมูลกับ HLR และทำการส่งไปยังเครือข่ายฝ่ายรับ แบบที่สองเรียกว่า SMS InterWorking MSC (SMS-IWMSC) เป็นการรับข้อความจากโครงข่ายและนำเข้าสู่ SMSC ชั้น Relay Layer เรียกว่า Short Message Relay Layer (SM-RL) โปรโตคอลชั้นที่ 4 คือ Link Layer เป็นชั้นที่ช่วยให้ข้อความสามารถส่งได้อย่างปกติ ป้องกันการผิดพลาดของการทำงาน เรียกชั้นนี้ว่า Short Message Link Layer (SM-LL)

### 2.2.3 การส่งข้อความระหว่าง SME

การส่งข้อความจะกระทำที่ชั้น Transfer Layer ซึ่งมีขั้นตอนการส่งข้อความจาก SME ผู้ส่งไปยัง SME ฝ่ายรับ คือขั้นแรกเมื่อ SME ฝ่ายส่งได้สร้างข้อความขึ้นมาก็จะทำการส่งไปยัง SMSC เมื่อ SMSC ได้รับข้อความจาก SME ฝ่ายส่ง ก็จะทำการหา SME ฝ่ายรับที่ได้กำหนดไว้ และทำการส่งไปยัง SME ฝ่ายรับซึ่งเป็นขั้นตอนที่สองขั้นตอนที่สามถ้าหาก SME ฝ่ายรับไม่สามารถรับข้อความได้ SMSC ก็จะทำการเก็บข้อความนั้นไว้จนกว่าจะสามารถส่งไปยัง SME ฝ่ายรับได้หรือจนกว่าจะหมดอายุเวลาของข้อความ และจะรายงานสถานะไปยัง SME ฝ่ายส่ง



รูปที่ 2.6 แสดงการส่งข้อความระหว่าง SME ในโครงข่าย

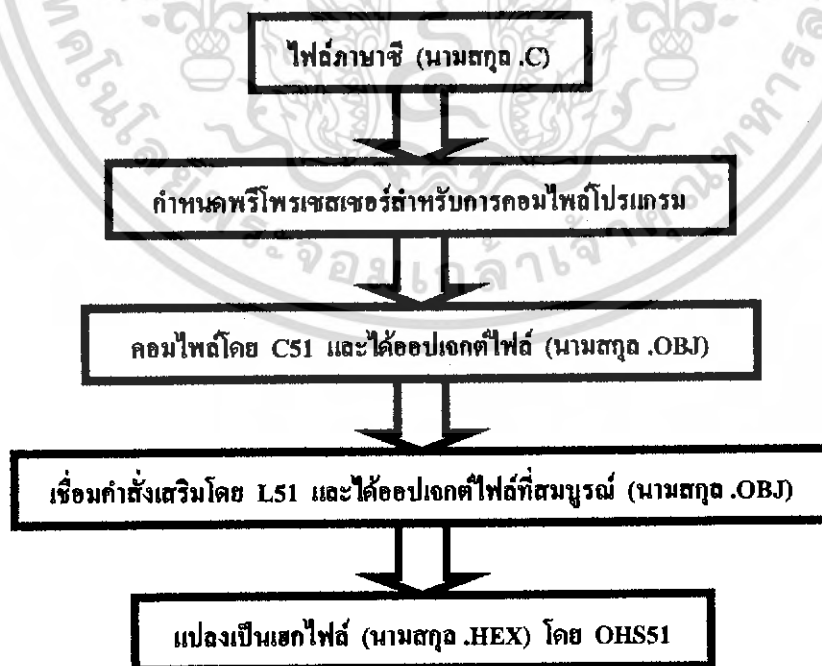
### 2.3 เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ Microcontroller Unit (MCU) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในด้านระบบควบคุมและการวัด รวมทั้งเป็นหน่วยประมวลผลในเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์มีความยืดหยุ่นในการใช้งานและมีการพัฒนาให้มีความสามารถมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการตั้งบริษัทผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมาหลายบริษัทเช่น บริษัทฟิลิปส์ แอทเมต ไมโครชิป และอินเทล เป็นต้น ตามเว็บไซต์ต่างๆ ก็มีการเผยแพร่ความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์มากมาย ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมนำมาประยุกต์ใช้งานกัน มากได้แก่ตระกูล 8051 หรือเรียกว่า MCS-51 ซึ่งมีหลายเบอร์แต่ละเบอร์ก็จะแตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เพิ่มเข้าไปเท่านั้น

### 2.3.1 การเขียนโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานการควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยม ใช้กันอย่างแพร่หลาย การใส่ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้อยู่ในรูปของเฮกไฟล์(นามสกุล.HEX)ซึ่งทำได้โดยใช้โปรแกรมคอมไพเลอร์

ในการเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้โปรแกรมไคล์ (keil) มีเว็บไซต์ที่ [www.keil.com](http://www.keil.com)ซึ่งสามารถใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งและคอมไพล์ให้อยู่ในรูปแบบเฮกไฟล์ (นามสกุล.HEX) และนำไปโปรแกรมให้กับชิปไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมคือ เริ่มด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาซี (นามสกุล .C) แล้วกำหนดพรีโพรเซสเซอร์สำหรับกำหนดการคอมไพล์โปรแกรม เช่น การกำหนดให้สร้างไฟล์ภาษาแอสเซมบลี (นามสกุล .ASM) ขั้นต่อมาทำการคอมไพล์โปรแกรมโดยโปรแกรม C51 และได้ไฟล์ออบเจกต์ออกมา (นามสกุล .OBJ) จากนั้นจะเชื่อมชุดคำสั่งเสริมโดยโปรแกรม L51 ซึ่งจะรวมชุดคำสั่งต่างๆ ที่อ้างอิงถึงกัน และสร้างออบเจกต์ไฟล์ที่สมบูรณ์ออกมา และขั้นสุดท้ายจะเป็นการแปลงให้อยู่ในรูปของเฮกไฟล์ (นามสกุล .HEX)



รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนการคอมไพล์โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 โครงสร้างและประโยคในภาษาซี

ภาษาซีเป็นภาษาที่เขียนเป็นโครงสร้างได้โดยจะเขียนเป็นกลุ่มคำสั่งการทำงานเรียกว่าฟังก์ชัน โดยทุกๆ โปรแกรมจะต้องมีฟังก์ชันหลักในการทำงาน ส่วนฟังก์ชันอื่น ๆ จะเรียกว่าฟังก์ชันย่อย ฟังก์ชันย่อยจะสามารถถูกเรียกมาใช้ใหม่ได้ ในโปรแกรมภาษาซีหากต้องการใช้ตัวแปรจะต้องทำการประกาศตัวแปรก่อนจึงจะใช้ตัวแปรนั้นได้ การประกาศตัวแปรจะเริ่มด้วยชื่อประเภทของข้อมูลตามด้วยชื่อของตัวแปรที่ต้องการ โดยชื่อของตัวแปรนั้นจะซ้ำกันไม่ได้และต้องไม่ตรงกับคำพิเศษ (keyword) ที่กำหนดไว้ของคอมไพเลอร์ และหากต้องการประกาศตัวแปรหลายตัวโดยเป็นตัวแปรที่เก็บข้อมูลประเภทเดียวกันก็สามารถประกาศตัวแปรแบบอาร์เรย์ได้

ประเภทของข้อมูล	ขนาด (บิต)	ค่าที่เก็บได้
bit	1	0 ถึง 1
char	8	-128 ถึง 127
Unsigned char	8	0 ถึง 255
int	16	-32768 ถึง 32767
Unsigned int	16	0 ถึง 65535
long	32	-2147483648 ถึง +2147483647
Unsigned long	32	0 ถึง 4294967295
float	32	-1.17549e -38 ถึง +3.402823e +38

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทของข้อมูลของตัวแปร

การทำงานของโปรแกรมภาษาซีนั้นจะทำงานตามคำสั่งแต่ละคำสั่งเรียงลำดับกันไป ในคำสั่งนั้นสามารถให้มีการเลือกทำคำสั่ง หรือให้ทำคำสั่งซ้ำๆ กันได้โดยใช้ประโยคควบคุมเป็นเงื่อนไขในการทำตามคำสั่ง ภาษาซีมีประโยคควบคุมหลายประโยคดังนี้

ประโยค if/else เป็นประโยคที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการทำงานของโปรแกรมโดยจะเป็นภาษาแอสเซมบลีคือ jz,jnz,jb,jnb,jc,jnc โดยมีรูปแบบประโยคสองแบบคือ

```
แบบที่ 1      if(expression)
              {
                statement;
              }
```

```
แบบที่ 2      if(expression)
              {
                Statement 1;
              }
              else
              {
                Statement 2;
              }
```

ในประโยคแบบที่ 1 จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขหากเงื่อนไขเป็นจริงก็จะทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกา หากเงื่อนไขเป็นเท็จจะไม่ทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกา ส่วนในประโยคแบบที่ 2 จะทำการตรวจสอบเงื่อนไขหากเงื่อนไขเป็นจริงจะทำคำสั่งในวงเล็บปีกกาแรก (statement 1) หากเงื่อนไขเป็นเท็จจะทำคำสั่งถัดมาในวงเล็บปีกกา (statement 2)

ประโยค switch เป็นประโยคที่ใช้ในกรณีที่มีทางเลือกหลายๆ ทางเลือกการใช้ประโยค if/else จะทำให้ยุ่งยากกว่า เพื่อความง่ายจึงใช้ประโยค switch แทน โดยการตรวจสอบค่าของตัวแปร k ว่าเท่ากับในกรณีใด (case) และจะทำตามคำสั่งหลังกรณีนั้นๆ และจะออกจากประโยค switch เมื่อถึงคำสั่ง break หากค่าตัวแปร k ไม่เท่ากับกรณีใดเลยก็จะทำตามคำสั่งหลังดีฟอลท์ (default) แทน รูปแบบของประโยค switch คือ

```
switch (k)
{
  case 1 : statement 1;
          break;
  case 2 : statement 2;
          break;
  case 3 : statement 3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

break;
:
:
default : statement 4;
}

```

ประโยค for เป็นประโยคให้ทำคำสั่งซ้ำโดยมีจำนวนรอบการทำซ้ำที่แน่นอน มีรูปแบบของประโยคคือ

```

for(initialization; condition; increment)
{
    statement;
}

```

ประโยค while เป็นประโยคให้ทำคำสั่งซ้ำโดยตรวจสอบเงื่อนไขหากเงื่อนไขเป็นจริงจะทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกา หากเงื่อนไขเป็นเท็จจะไม่ทำคำสั่งในวงเล็บปีกกา มีรูปแบบของประโยคคือ

```

while(expression)
{
    statement;
}

```

ประโยค do/while เป็นประโยคการทำคำสั่งซ้ำโดยจะทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกาค่อนแล้วจึงจะไปตรวจสอบเงื่อนไข หากเงื่อนไขเป็นจริงจะกลับมาทำตามคำสั่งในวงเล็บปีกกา หากเงื่อนไขเป็นเท็จ จะไม่กลับมาทำคำสั่งในวงเล็บปีกกาอีก รูปแบบของประโยคคือ

```

do
{
    Statement;
}
while(condition);

```

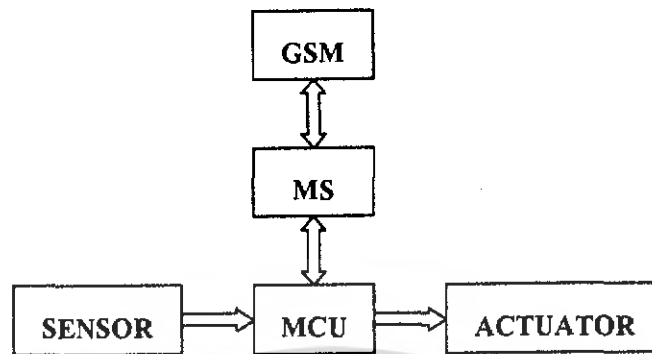
## 2.4 การควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM

การควบคุมและการแสดงผลมีความสำคัญมากในทางวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และอุตสาหกรรม มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อช่วยในงานระบบควบคุม ระบบแสดงผลหรือระบบการวัด ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

การควบคุมและการแสดงผลระยะไกลผ่านระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เป็นระบบที่นำเทคโนโลยีด้านการสื่อสารแบบดิจิทัล GSM มาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์และอิเล็กทรอนิกส์นำมาประยุกต์ใช้ในงานควบคุม และการวัดระยะไกล เช่น นำมาใช้แสดงผลระดับน้ำในเขื่อนขนาดใหญ่และควบคุมการเปิดปิดประตูระบายน้ำของเขื่อนการรายงานปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันจากแผงโซลาร์เซลล์ระยะไกล หรือใช้ในงานทางด้านระบบรักษาความปลอดภัย เช่นการรายงานเมื่อเกิดการโจรกรรมทรัพย์สินหรืออาจควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อเกิดการโจรกรรม เป็นต้น

### 2.4.1 โครงสร้างของระบบควบคุมและแสดงผลผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM

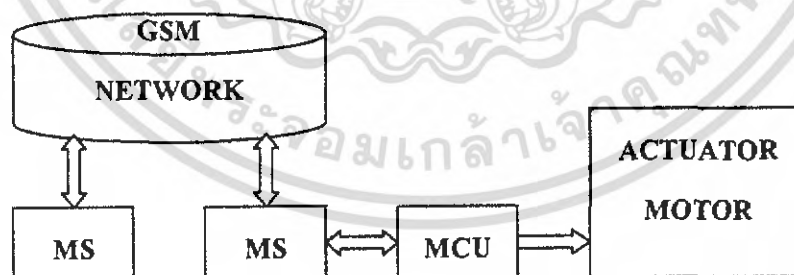
โครงสร้างของการควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัล GSM ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือส่วนแรกเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาต์พุทของระบบ ได้แก่ อุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ Actuator เช่น มอเตอร์ ส่วนที่สองคือส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของระบบส่วนนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล ส่วนที่สามคือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งและรับสัญญาณการสื่อสารแบบดิจิทัล GSM ซึ่งใช้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการทำงาน ส่วนที่สี่คือระบบโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล GSM ทำหน้าที่เป็นช่องทางการส่งผ่านข้อมูลระยะไกลไปยังผู้ใช้งาน



รูปที่ 2.8 แสดงฟังก์ชันการควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้ GSM

#### 2.4.2 หลักการทำงานของ การควบคุมระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM

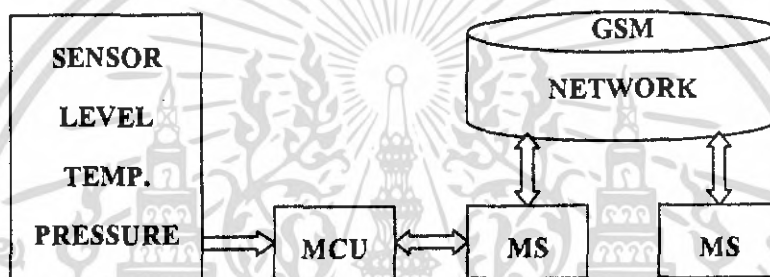
ในการสั่งงานควบคุมให้ Actuator ทำงาน ทำได้โดยส่งคำสั่งในรูปแบบของ SMS ผ่านโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ซึ่ง SMS จะถูกรับโดย MS เมื่อ MS ได้รับคำสั่งในรูปแบบของ SMS ก็จะส่งสัญญาณให้ MCU ทำการอ่านคำสั่งที่ได้รับมา และ MCU จะประมวลผลคำสั่งและส่งค่าเอาต์พุตตามคำสั่งไปสั่งให้ Actuator ทำงาน เมื่อมีคำสั่งใหม่เข้ามายัง MS ก็จะส่งสัญญาณให้ MCU อ่านคำสั่งและประมวลผลส่งค่าเอาต์พุตสั่งงาน Actuator อีกครั้ง Actuator ก็จะทำตามคำสั่งใหม่ที่ได้รับ



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของ การควบคุมระยะไกลโดยใช้ GSM

### 2.4.3 หลักการทำงานของ การแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM

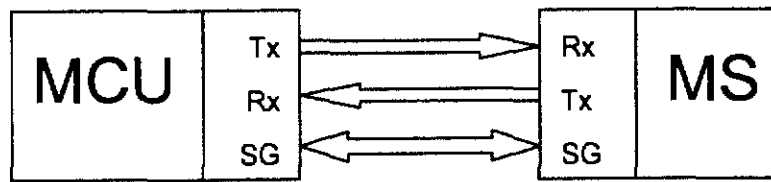
ในการแสดงผลหรือรายงานผลจะใช้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับสัญญาณอินพุทและส่งสัญญาณที่ได้ให้กับ MCU เพื่อประมวลผลของสัญญาณนั้น และจะส่งผลการประมวลผลให้กับ MS เพื่อสร้างข้อความแบบ SMS ที่สอดคล้องกับสัญญาณอินพุทจากเซนเซอร์ และส่งผ่านเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ซึ่งจะทำหน้าที่ส่ง SMS ไปยังผู้ใช้งาน และแสดง SMS ผ่าน MS ของผู้ใช้งาน ซึ่งการรายงานผลหรือแสดงผลนี้อาจกำหนดให้แสดงผลทุก ๆ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งก็ได้หรือให้แสดงผลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านอินพุทของระบบ



รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของ การแสดงผลระยะไกลโดยใช้ GSM

### 2.5 การสื่อสารระหว่าง MS และ MCU

การส่งข้อมูลระหว่าง MS และ MCU ใช้ การสื่อสารแบบอนุกรม ซึ่ง MCU จะใช้ สายสัญญาณสามสายได้แก่ สายส่งข้อมูลไปยัง MS (Tx) สายรับข้อมูลจาก MS (Rx) และสายสัญญาณกราวด์ (SG) ส่วน MS ก็ใช้สายสัญญาณเช่นเดียวกับ MCU แต่สายสัญญาณ Tx ของ MCU จะต่อเข้ากับสายสัญญาณ Rx ของ MS และสายสัญญาณ Tx ของ MS จะต่อเข้ากับสายสัญญาณ Rx ของ MCU ส่วนสายสัญญาณ SG ของ MS และ MCU จะต่อถึงกัน ซึ่งการส่งข้อมูลระหว่าง MCU กับ MS นี้อยู่ในรูปแบบ Asynchronous



รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง MCU กับ MS

### 2.5.1 การสื่อสารแบบ Asynchronous

Asynchronous เป็นการสื่อสารแบบไม่ต่อเนื่องคือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลไม่สามารถที่จะรู้ได้ว่าข้อมูลจะเข้ามาเมื่อใด และสิ้นสุดข้อมูลเมื่อใด ดังนั้นในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ Asynchronous จึงต้องใส่บิตพิเศษก่อนและหลังของบิตข้อมูล (Data bit) ซึ่งบิตพิเศษก่อนบิตข้อมูลเรียกว่า Start bit เป็นบิตที่บอกให้อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลว่ามีข้อมูลเข้ามาและบิตที่อยู่หลังบิตข้อมูลเรียกว่า Stop bit เป็นบิตที่บอกให้อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับข้อมูลรู้ว่าสิ้นสุดของบิตข้อมูลแล้ว และนอกจากนี้ยังอาจเพิ่มบิตตรวจสอบความถูกต้องของการส่งข้อมูล (Parity bit) ซึ่งบิตตรวจสอบมีด้วยกันสองแบบคือ Even Parity และ Odd Parity สำหรับแบบ Even Parity นั้นหากบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น High เป็นจำนวนคู่ บิตตรวจสอบต้องมีค่าเป็น Low หรือถ้าบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น High เป็นจำนวนคี่ บิตตรวจสอบต้องมีค่าเป็น High ถ้าไม่เป็นตามเงื่อนไขนี้ถือว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล สำหรับแบบ Odd Parity หากบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น High เป็นจำนวนคี่ บิตตรวจสอบต้องมีค่าเป็น Low ถ้าหากบิตข้อมูลที่เป็น High เป็นจำนวนคู่ บิตตรวจสอบต้องมีค่าเป็น High เพื่อให้ผลรวมของบิตข้อมูลและบิตตรวจสอบที่มีค่าเป็น High มีค่าเป็นจำนวนคี่ หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขนี้ถือว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล

#### 1 Frame Asynchronous

Start bit	Data bit	Parity bit	Stop bit
-----------	----------	------------	----------

รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างการสื่อสารแบบ Asynchronous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการนำระบบการสื่อสารผ่านระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมาใช้ในระบบ การควบคุม และระบบรายงานผลโดยในการสื่อสารในรูปแบบของ sms เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในรา คาทถูกโดยมุ่งเน้นที่จะสร้างเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้งาน ได้จริงซึ่งหัวใจสำคัญของการวิจัยนี้ก็คือ การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องมือเพื่อเชื่อมต่อกับ ระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาชุด คำสั่งสำหรับเครื่อง โทรศัพท์ ขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาการเชื่อมต่อเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้า กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ขั้นตอนที่สามเป็นการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างเครื่องมือ เชื่อมต่อกับเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม ขั้นตอนที่ดีเป็นการนำเครื่องมือมาทดสอบการทำ งานโดยจะทดสอบระบบการรายงานปริมาณพลังงานไฟฟ้า ที่ผลิตได้จากแผง โซลาร์เซลล์ในแต่ละ วัน และทดสอบระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนิน การวิจัยจะเป็นการปรับปรุงเพิ่มความสามารถให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆ ได้

#### 3.1 ศึกษาชุดคำสั่งสำหรับเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม

ชุดคำสั่งสำหรับเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่ จีเอสเอ็ม เป็นชุดคำสั่งที่เรียกว่า AT Commands (Attention Command) ซึ่งคำสั่งทั้งหมดจะขึ้นต้นด้วย AT มีลักษณะคล้ายกับคำสั่งสำหรับ Modem สำหรับคำสั่งที่ใช้ใน การวิจัยมีดังนี้

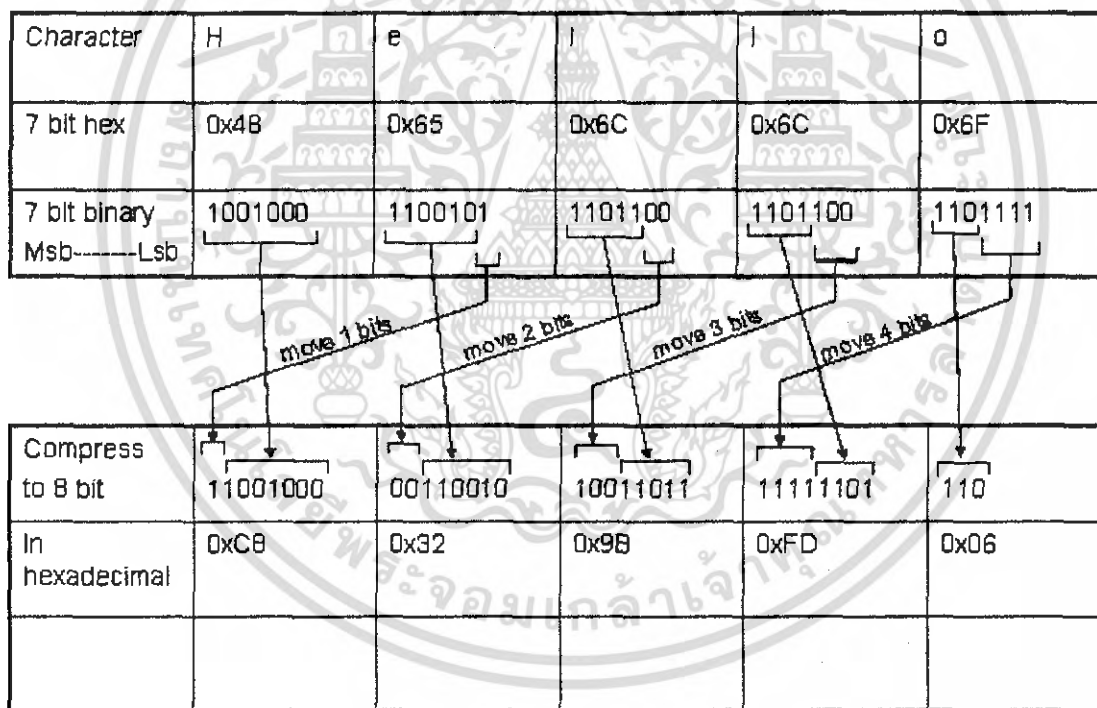
Commands	Description
AT	Attention
AT + CSMS	Select Message Service
AT + CPMS	Preferred Message Storage
AT + CMGF	Message Format
AT + CNMI	New Message Indication to TE
AT + CMGR	Read Message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้ผู้อื่นไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT + CMGS	Send Message
AT + CMGD	Delete Message

ตารางที่ 3.1 แสดงชุดคำสั่งสำหรับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

ในการส่งตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่ใช้คำสั่งให้กับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม จะต้องทำข้อมูล ให้อยู่ในรูปของ Protocol Data Unit (PDU) ซึ่งจะต้องใช้รหัส ASCII Code ซึ่งแทนตัวอักษรและสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีขนาด 7 บิต แปลงให้เป็นข้อมูลขนาด 8 บิตแล้วเขียนให้อยู่ในรูปของเลขฐานสิบหกเสียก่อน จึงจะสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้องซึ่งวิธีการแปลงข้อมูล 7 บิตให้อยู่ในรูป 8 บิต แสดงได้ดังรูป



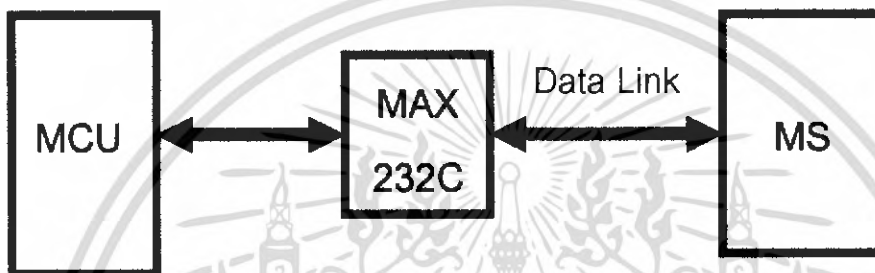
รูปที่ 3.1 แสดงการแปลงข้อมูล 7 บิตให้อยู่ในรูป 8 บิต

### 3.2 ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

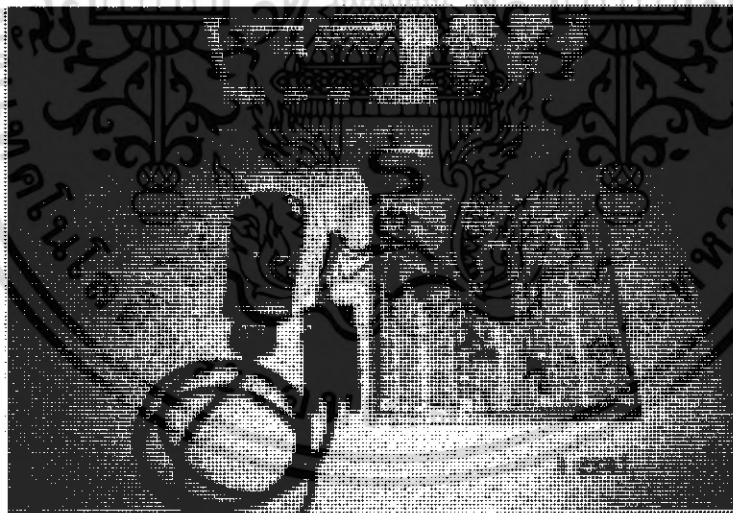
ในการรับส่งข้อมูล ระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการรับส่งผ่าน สัญญาณ Rx และ Tx โดยมีสายสัญญาณกราวด์เป็นระดับอ้างอิงซึ่งการทำงานจะใช้ ไมโครเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการเชิง ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมโดยส่งคำสั่งและข้อมูลให้กับเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่

ในการวิจัยนี้ใช้สาย Data Link ในการเชื่อมต่อกับตัวเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งภายในสาย Data Link จะมีวงจรปรับระดับสัญญาณไฟฟ้าในการสื่อสารเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ดังนั้นในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงต้องปรับระดับสัญญาณไฟฟ้าในการสื่อสารของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นมาตรฐาน RS-232 ด้วยเช่นกันโดยใช้วงจรรวม (IC) เบอร์ MAX 232 ในการปรับสัญญาณไฟฟ้า



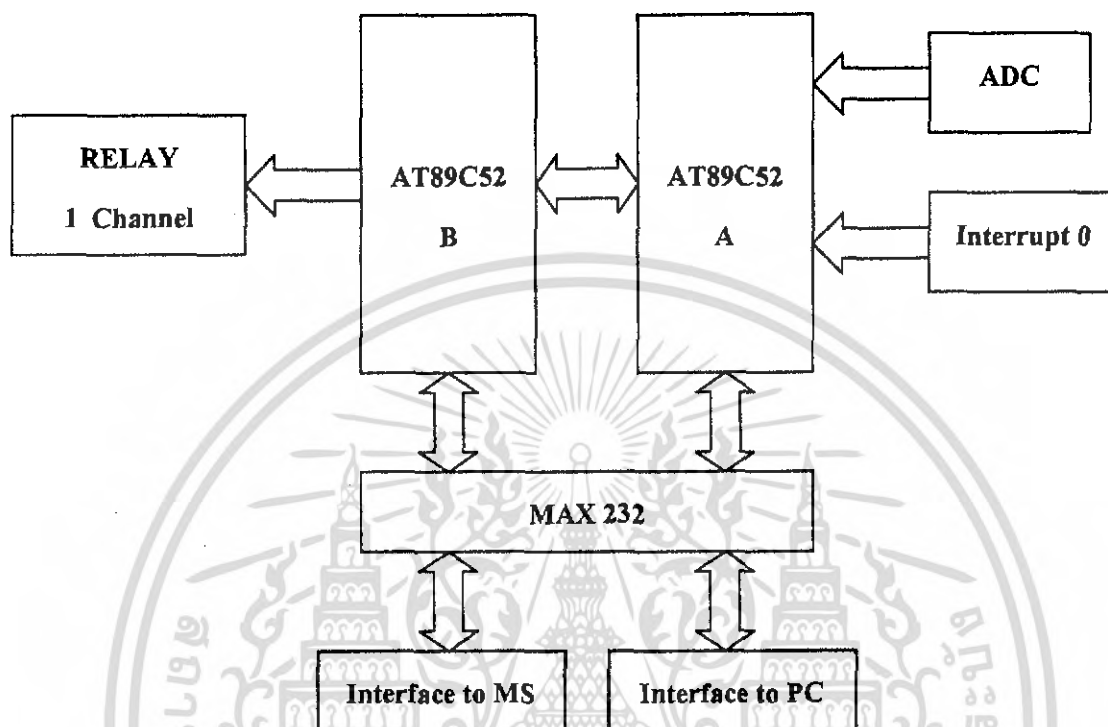
รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อเครื่อง โทรศัพท์กับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรทดลองเชื่อมต่อเครื่อง โทรศัพท์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ออกแบบวงจรระบบควบคุมและแสดงผล

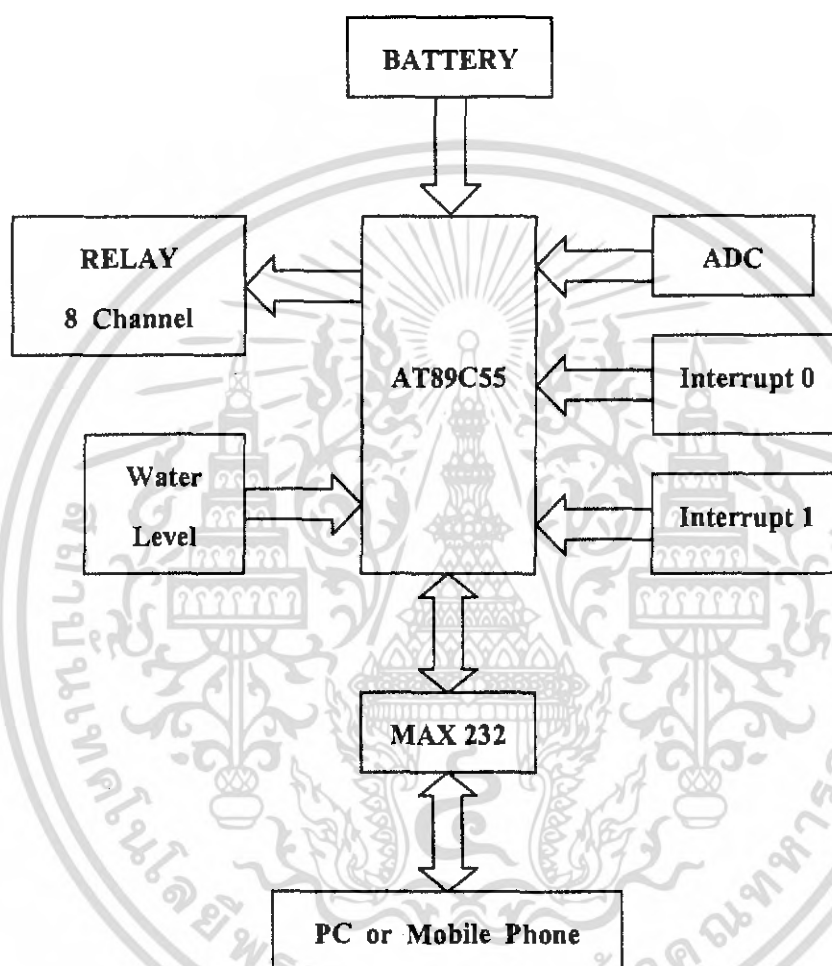


รูปที่ 3.4 แสดงผังการออกแบบ RCM โดยใช้ MCU สองตัว

ในการออกแบบวงจรนี้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สองตัวทำงานร่วมกัน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ A ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตและประมวลผลสัญญาณอินพุตนั้น ซึ่งอินพุตสามารถรับสัญญาณอนาล็อกได้โดยมีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ A และรับสัญญาณอินพุตอินเทอร์รับ นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังสามารถเชื่อมต่อกับ PC ได้โดยผ่านตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นมาตรฐาน RS-232 สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ B ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ MS โดยผ่านตัวแปลงระดับสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณมาตรฐาน RS-232 และเชื่อมต่อกับ Relay เพื่อเป็นเอวท์ทุกในการควบคุม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ B จะประมวลผลสัญญาณจาก MS เพื่อควบคุม Relay และไมโครคอนโทรลเลอร์ B ยังรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ A เพื่อติดต่อกับ MS ด้วย

จากแผนผังวงจรรูปที่ 3.4 พบว่ามีความซับซ้อนในการเขียนซอฟต์แวร์ในการควบคุมการทำงานมาก เนื่องจากต้องใช้ซอฟต์แวร์ถึงสองซอฟต์แวร์ในการควบคุม MCU สองตัวให้ทำงานร่วมกัน และการใช้ MCU ถึงสองตัวก็จะเป็นการทำให้อุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์มีราคาสูงด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

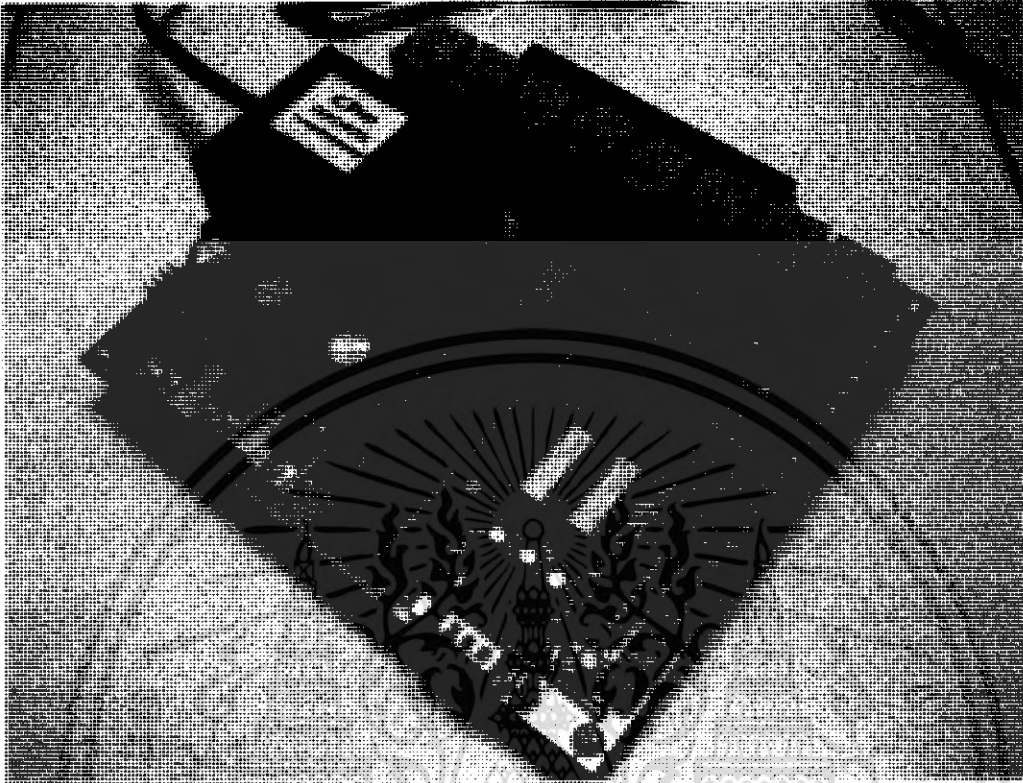
และนอกจากนี้ช่องรับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตมีจำนวนน้อย การจะนำไปประยุกต์ใช้งานจึงทำได้ไม่มากนัก ดังนั้นเพื่อเพิ่มความสามารถของ RCM จึงออกแบบวงจรใหม่เพิ่มอินพุตและเอาต์พุตขึ้น เรียกว่า RCM



รูปที่ 3.5 แสดงผังการออกแบบ RCM

RCM มีช่องรับสัญญาณอนาล็อก 1 ช่อง ช่องรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ 2 ช่องคือ Interrupt 0 และ Interrupt 1 และมีช่องรับสัญญาณสำหรับการวัดระดับน้ำได้ถึง 8 ระดับ ส่วนช่องสัญญาณเอาต์พุตสามารถควบคุมรีเลย์ได้ 8 ช่อง ในระบบการทำงานจะใช้ MCU AT89C55 มีหน่วยความจำแบบแฟลช 20 kbyte เพียงตัวเดียว มีช่องสำหรับเชื่อมต่อ PC หรือเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่ 1 ช่อง และยังมีระบบจ่ายไฟสำรองในกรณีที่เกิดแหล่งจ่ายไฟหลักที่จ่ายให้กับ RCM ไม่สามารถจ่ายได้ ซึ่งจะทำให้การทำงานในการควบคุมหรือการรายงานผลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



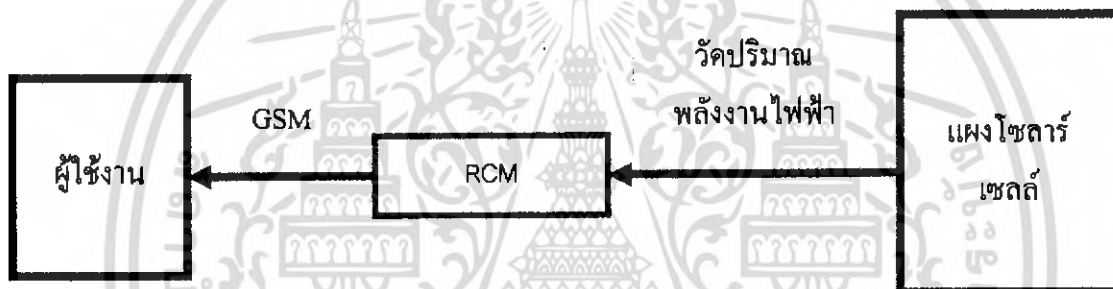
รูปที่ 3.6 แสดงภาพ RCM

ฟังก์ชันการทำงานของ RCM มี 5 ฟังก์ชันแบ่งเป็น ฟังก์ชันรายงานผล 4 ฟังก์ชันฟังก์ชันควบคุม 1 ฟังก์ชัน สำหรับฟังก์ชันรายงานผลแบ่งเป็น ฟังก์ชันรายงานพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ โดยช่องรับสัญญาณอินพุต Interrupt 0 ฟังก์ชันรายงานผลจำนวนที่นับได้โดยแสดงเป็นหน่วย (Unit) โดย 1 หน่วยเท่ากับมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้ามา 10 ครั้งซึ่งจะใช้ช่องสัญญาณ Interrupt 1 ฟังก์ชันวัดระดับน้ำ สามารถวัดระดับน้ำได้ 8 ระดับ ฟังก์ชันวัดสัญญาณอนาล็อก สามารถรับสัญญาณอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ฟังก์ชันควบคุม สามารถควบคุมแบบ เปิด-ปิดผ่านรีเลย์ 8 ช่อง ซึ่งรีเลย์แต่ละช่องสามารถควบคุมการทำงานได้อิสระต่อกัน การทำงานของ RCM สามารถป้องกันการควบคุมการทำงานจากผู้อื่นได้ โดยบันทึกหมายเลขผู้ใช้งานไว้ในซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน

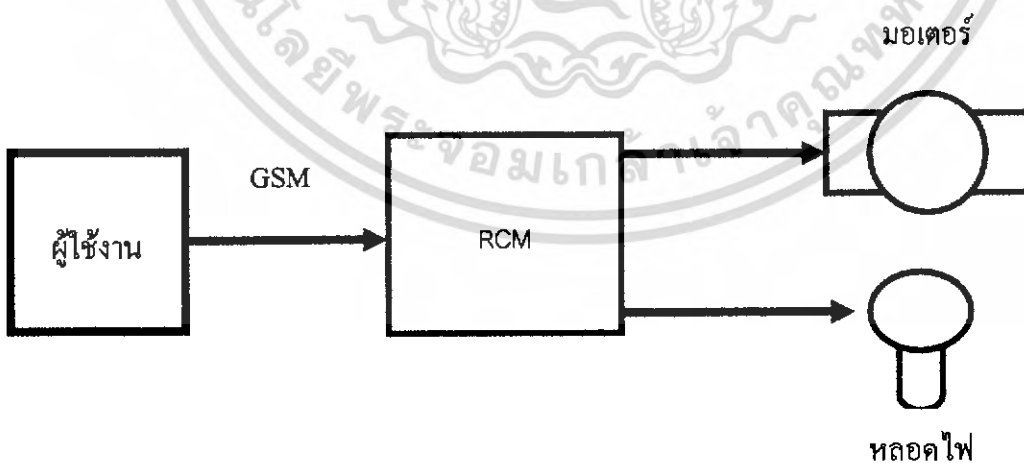
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การทดสอบการทำงาน

ในการทดสอบการทำงานนี้แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกทดสอบการทำงานของระบบแสดงผล เป็นการนำมาใช้ในการรายงานปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์ในแต่ละวัน ซึ่งระบบจะแสดงปริมาณพลังงานที่ผลิตได้ไปยังผู้ใช้งานระบบ ในรูปแบบของ SMS วันละ 1 ครั้ง ในเวลา 18.00 นาฬิกาผู้ใช้งานระบบก็จะทราบว่าในวันนั้นแผงโซลาร์เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่าใด ส่วนที่สองเป็นการทดสอบการทำงานของระบบควบคุม ซึ่งจะนำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน เช่น หลอดไฟมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมระยะไกลผ่านเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม



รูปที่ 3.7 แสดงผังระบบแสดงผลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์



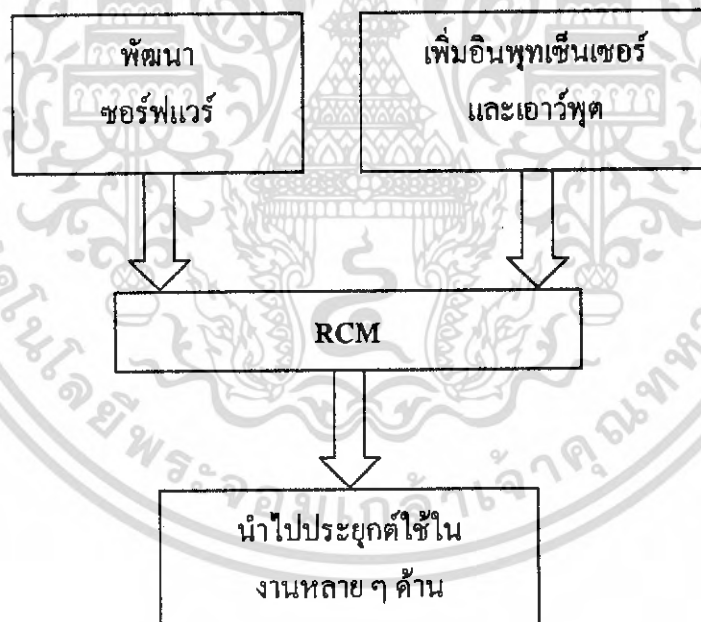
รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ออกแบบและพัฒนาให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆได้

การควบคุมและแสดงผลระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์แบบดิจิทัลจีเอสเอ็มเป็นการควบคุมและแสดงผลที่สามารถใช้ได้ในระยะทางที่ห่างไกลไม่จำกัดทราบเท่าที่มีโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล จีเอสเอ็ม ครอบคลุมถึง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ในหลายๆด้าน เช่นการประยุกต์ใช้เป็นระบบรายงานระดับน้ำในเขื่อนขนาดใหญ่ และควบคุมการเปิดปิดประตูระบายน้ำของเขื่อน การนำมาใช้ในระบบเตือนภัยจากการเกิดคลื่นขนาดใหญ่บริเวณชายฝั่งทะเล การนำมาใช้เป็นระบบเตือนภัยจากการโจรกรรมทรัพย์สิน และรวมถึงการนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และระบบแสดงผลในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเช่นกัน

การพัฒนานั้นจะเพิ่มช่องอินพุตและเซ็นเซอร์ให้มากขึ้นเพื่อสามารถใช้งานต่างๆและเพิ่มช่องเอาต์พุตเพื่อใช้ในการควบคุมและพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานให้สามารถรองรับการทำงานได้หลากหลายรูปแบบ



รูปที่ 3.9 แสดงผังแนวทางการพัฒนาระบบควบคุมและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

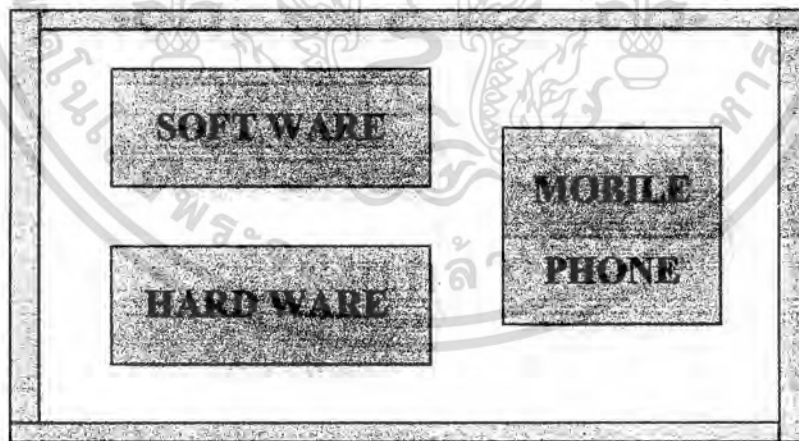
## บทที่ 4

### ผลการดำเนินการวิจัย

#### 4.1 ส่วนประกอบของ RCM

การควบคุมและรายงานผลระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม ได้ออกแบบวงจรทั้งด้านอินพุตและเอาต์พุตให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้ในหลายรูปแบบ โดยเน้นที่การรายงานผลและการควบคุมที่สามารถทำได้ในระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

ในการรายงานผลและการควบคุมระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่นี้ ใช้หลักการส่งข้อความสั้นหรือที่เรียกว่า SMS ในการทำงาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลงกว่าการใช้หลักการทำงานโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หลักการอื่น และการรับส่งข้อความสั้นโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ก็ทำได้ง่าย เช่น ในการควบคุมระยะไกลก็เพียงส่งคำสั่งเป็นข้อความสั้นออกไป ก็สามารถควบคุมการทำงานระยะไกลได้แล้ว หรือในการรายงานผลก็เพียงรอรับข้อความสั้นและอ่านค่าจากข้อความสั้นที่ได้รับซึ่งเป็นตัวอักษรที่เข้าใจได้ง่าย โครงสร้างหลักของ RCM ประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงาน ฮาร์ดแวร์ และส่วนที่เป็นเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงกับโครงข่ายจีเอสเอ็ม

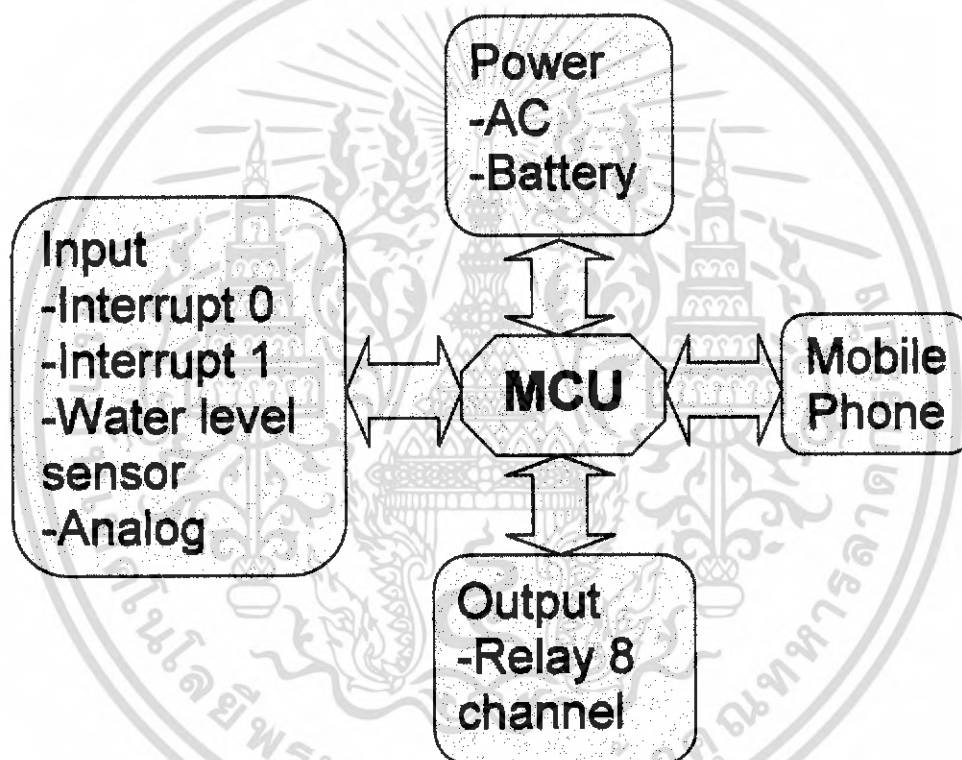


รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างหลักของ RCM

RCM ประกอบด้วยส่วนควบคุมที่เป็นเอาต์พุตใช้รีเลย์ในการทำงาน ซึ่งมี 8 ช่อง มี LED แสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัวและส่วนรับอินพุตเพื่อใช้อ่านค่ารายงานผลผ่านทางโทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม ซึ่งในส่วนอินพุตนี้ประกอบด้วยส่วนรับสัญญาณอนาล็อก ส่วนรับ สัญญาณอินเทอร์รับและส่วนที่ใช้สำหรับวัดระดับน้ำ ซึ่งการทำงานของระบบถูกควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์และซอฟต์แวร์ สำหรับซอฟต์แวร์ใช้ภาษาซีในการเขียนและได้ฟังก์ชันการทำงานแบ่งเป็นสองฟังก์ชันหลักคือ ฟังก์ชันด้านการควบคุมระยะไกล และฟังก์ชันรายงานผลระยะไกล และในการทำงานของ RCM จะต้องเชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านสาย DATA LINK และสื่อสารกันโดยอาศัยมาตรฐานที่เรียกว่า RS-232 และ RCM ยังมีแหล่งจ่ายพลังงานสำรองด้วย



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนประกอบ RCM พร้อมทำงาน

#### 4.2 คำสั่งและผังการทำงาน

ในการสั่งให้ RCM ทำงาน ใช้การสั่งผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มากับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ RCM เชื่อมต่อผ่าน serial port แล้วจึงทำการโปรแกรมโดยเลือกโหมดการทำงานของ RCM ใส่หมายเลขโทรศัพท์ระบบดิจิทัลจีเอสเอ็มของผู้ใช้งาน และใส่ค่าเวลาสำหรับในโหมดการรายงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล หรือใส่เฉพาะหมายเลขโทรศัพท์สำหรับโหมดการควบคุม เมื่อทำการโปรแกรมแล้วจึงเชื่อมต่อ RCM เข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านสาย Data Link และกดปุ่ม RUN เพื่อเริ่มการทำงาน

สำหรับคำสั่งในโหมดการทำงานแบบควบคุมนั้น จะเป็นรูปแบบของตัวเลข 8 ตัว โดยสี่ตัวแรกและสี่ตัวหลังจะขึ้นด้วยเครื่องหมายดอกจัน (\*) ซึ่งแต่ละตัวเลขจะใช้ 1 แทนคำสั่ง ON รีเลย์ ตัวเลข 0 แทนคำสั่ง OFF รีเลย์

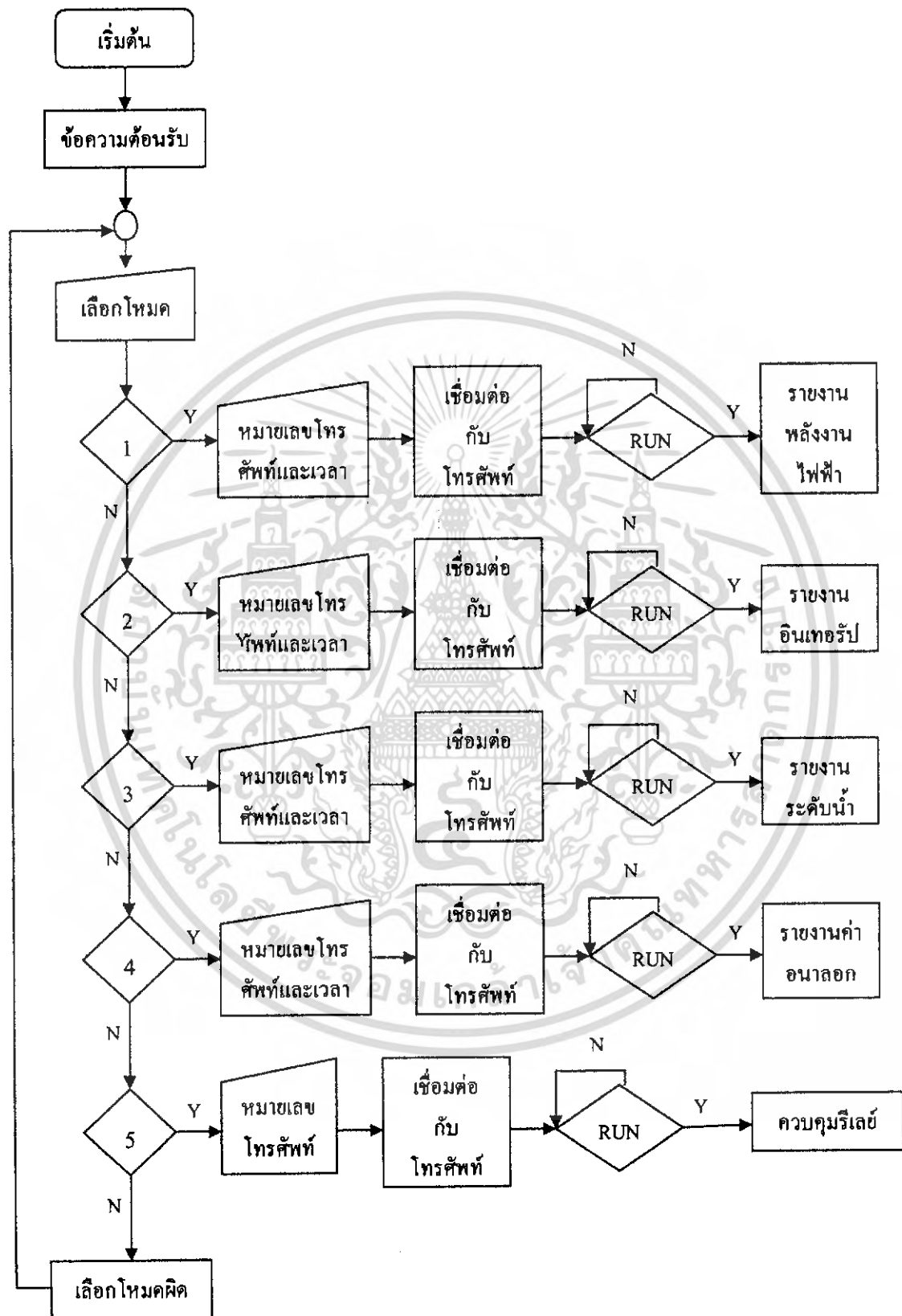


รูปที่ 4.3 แสดง RCM พร้อมทำงาน

โหมดการทำงาน	ความหมาย
1	รายงานพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้
2	รายงานปริมาณแบบอินเทอร์ป
3	รายงานระดับน้ำ
4	รายงานค่าสัญญาณนอก
5	ควบคุมรีเลย์

ตารางที่ 4.1 แสดงโหมดการทำงานของ RCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงผังการทำงานของ RCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ระบบการรายงานผลระยะไกล

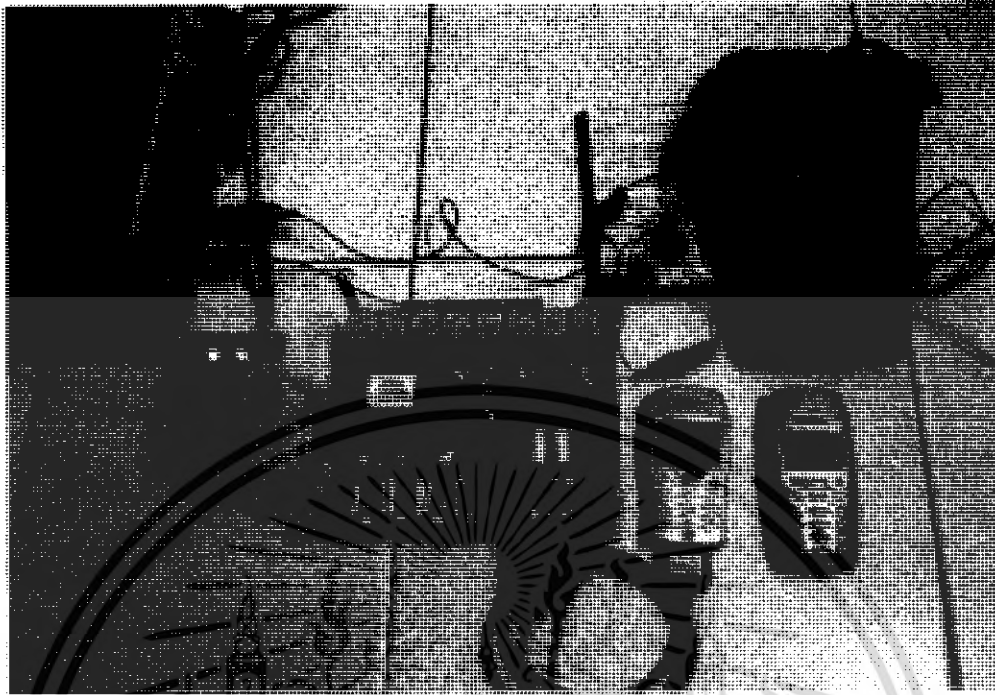
ระบบการรายงานผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม ใช้การติดต่อกับผู้ใช้งานในรูปแบบของข้อความสั้น (SMS) ซึ่งผู้ใช้สามารถรับข้อความได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนตัวที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างง่ายดาย



รูปที่ 4.5 แสดงการรับข้อความสั้นผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

#### 4.3.1 การรายงานผลสัญญาณนอก

RCM มีช่องรับสัญญาณนอกในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ โดยค่าสัญญาณที่ได้จากการรายงานผลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ 1 Unit มีค่าเท่ากับสัญญาณนอก 196 mV ค่าการรายงานผลที่ทดสอบนี้จะรายงานผลทุกๆ เวลา 1 นาที โดยทุกๆ 1 นาที จะปรับสัญญาณนอกเพิ่มขึ้น 0.5 โวลต์ ผลการทดสอบแสดงได้ดังตาราง



รูปที่ 4.6 แสดงภาพการทดสอบรายงานค่าสัญญาณอนาล็อก

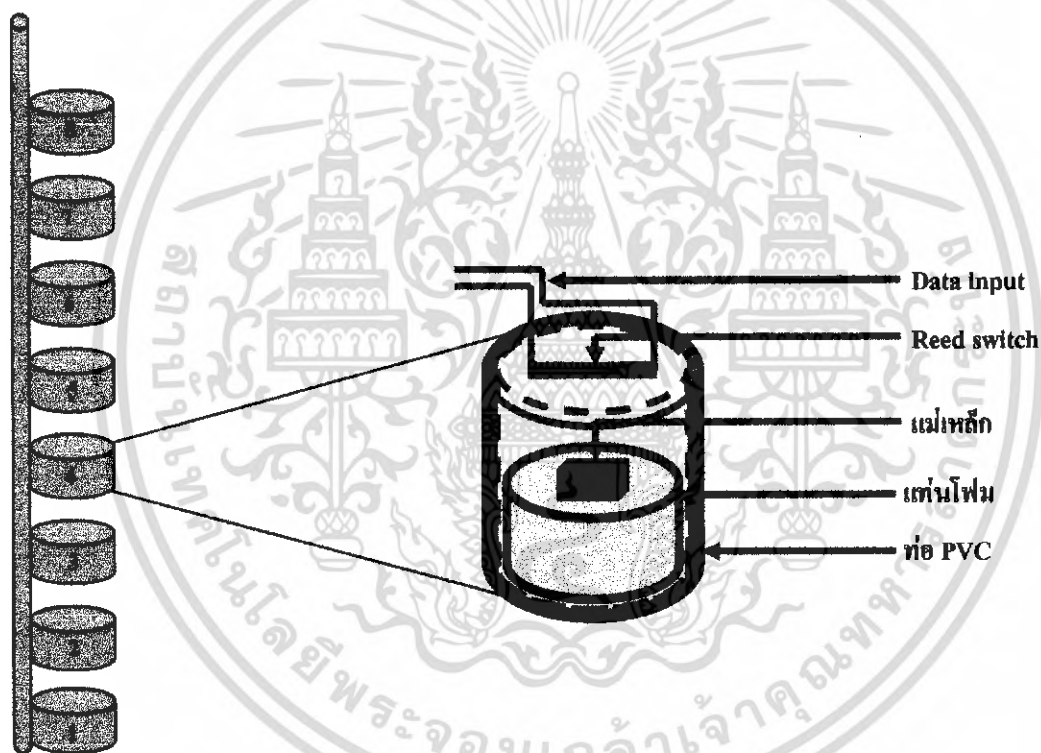
นาที่ที่	สัญญาณอนาล็อก (V)	ค่าที่อ่านได้จากโทรศัพท์ (Unit)	ค่าที่ได้จากโทรศัพท์ (V)
1	0.0	0.0	0.0
2	0.5	2.7	0.5
3	1.0	5.3	1.0
4	1.5	8.0	1.6
5	2.0	10.5	2.1
6	2.5	13.1	2.6
7	3.0	15.8	3.1
8	3.5	18.3	3.6
9	4.0	21.1	4.1
10	4.5	23.7	4.6
11	5.0	25.5	5.0

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการรายงานสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 การรายงานระดับน้ำ

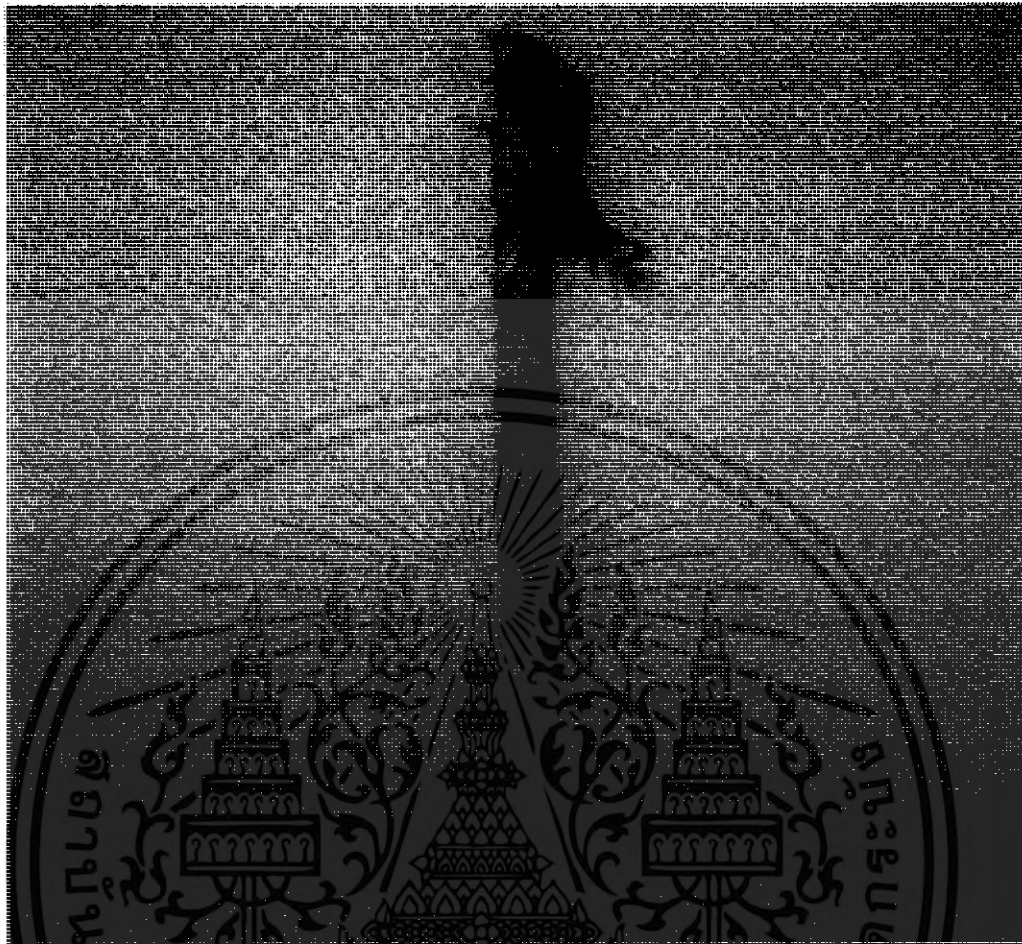
RCM สามารถตรวจจับระดับน้ำได้ 8 ระดับ ใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับ ซึ่งลักษณะของเซ็นเซอร์นี้ได้ถูกออกแบบให้เชื่อมรต่อกับ RCM เพื่อใช้สำหรับวัดระดับน้ำโดยจำลองเพื่อใช้บอกระดับน้ำในเขื่อน มีการออกแบบให้สามารถวัดระดับน้ำได้ 8 ระดับ รายงานผลมายังผู้ใช้ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้ตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนดเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับทราบระดับน้ำที่อาจเป็นอันตรายต่อเขื่อน เพื่อที่จะได้ระบายน้ำออกจากเขื่อนได้ทัน เพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำ

เซ็นเซอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ Reed switch และแม่เหล็ก หลักการทำงานก็คือเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นแท่นโฟมก็จะลอยขึ้นมาทำให้แม่เหล็กที่ติดกับแท่นโฟมเข้าใกล้ Reed switch และเกิดการเหนี่ยวนำให้ Reed switch ทำงาน Data input ก็จะถูส่งเข้าสู่ RCM เพื่อจะนำสัญญาณนี้ไปประมวลผลรายงานเป็นระดับน้ำในรูปแบบของข้อความสั้น (SMS) ไปยังผู้ใช้งานผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิตอลจีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

#### 4.3.3 การรายงานสัญญาณอินเทอร์เน็ต

RCM ยังมีฟังก์ชันการทำงานแบบอินเทอร์เน็ตสำหรับวัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะมีการอินเทอร์เน็ต 600 ครั้ง มีค่าเท่ากับพลังงานไฟฟ้า 1 kWh และฟังก์ชันอินเทอร์เน็ตสำหรับนำไปใช้ในการวัดทั่วไป ซึ่งค่าการอินเทอร์เน็ต 10 ครั้งเท่ากับ 1 Unit สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ที่ใช้การวัดแบบอินเทอร์เน็ตได้

#### 4.4 ระบบการควบคุมระยะไกล

RCM มีรีเลย์ 8 ช่อง ซึ่งสามารถใช้ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ถึง 8 ตัว โดยการควบคุมระยะไกลผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน โดยการส่งคำสั่งในรูปแบบของข้อความ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

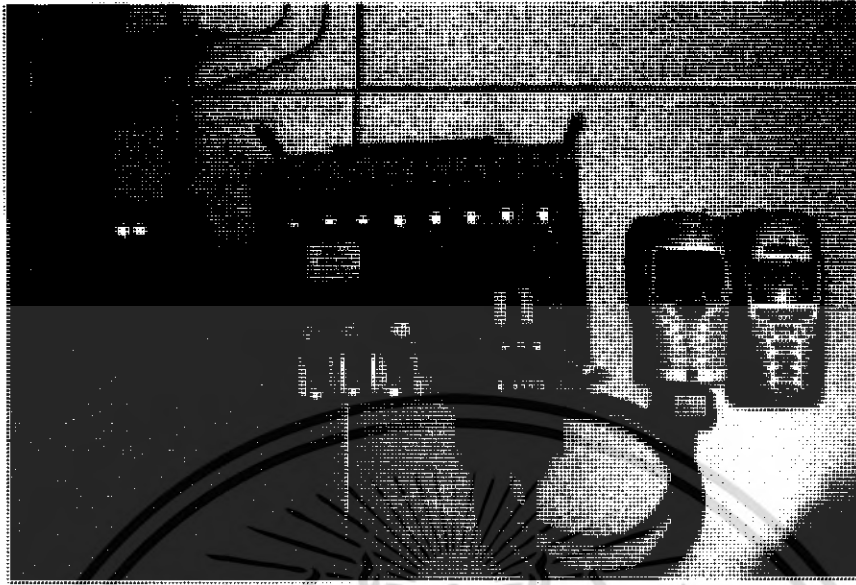
สั้น (SMS) โดยรูปแบบของคำสั่งประกอบไปด้วยตัวเลขแทนสถานะการทำงานของรีเลย์ 8 ตัว เลขเริ่มด้วยลำดับที่ 0,1,2,3 แทนรีเลย์ช่องที่ 8,7,6,5 และตามด้วยเครื่องหมายดอกจันแล้วตามด้วย ลำดับเลขที่ 4,5,6,7 แทนรีเลย์ช่องที่ 4,3,2,1 โดยกำหนดตัวเลขที่ใช้มีค่าเป็น 0 และ 1 เท่านั้นซึ่ง เลข 1 หมายถึงรีเลย์เปิดหน้าสัมผัส เลข 0 หมายถึงรีเลย์ปิดหน้าสัมผัส การเริ่มการควบคุมระยะไกล ผู้ใช้งานจะได้รับข้อความสั้นแจ้งพร้อมการทำงานในรูปแบบการควบคุมระยะไกล และผู้ใช้ สามารถส่งคำสั่งควบคุมได้ เมื่อ RCM ได้รับคำสั่ง ก็จะทำตามคำสั่งและยืนยันการทำคำสั่งกลับไปยังผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.9 แสดงภาพการส่งข้อความสั้นแสดงการพร้อมทำงานควบคุมระยะไกล

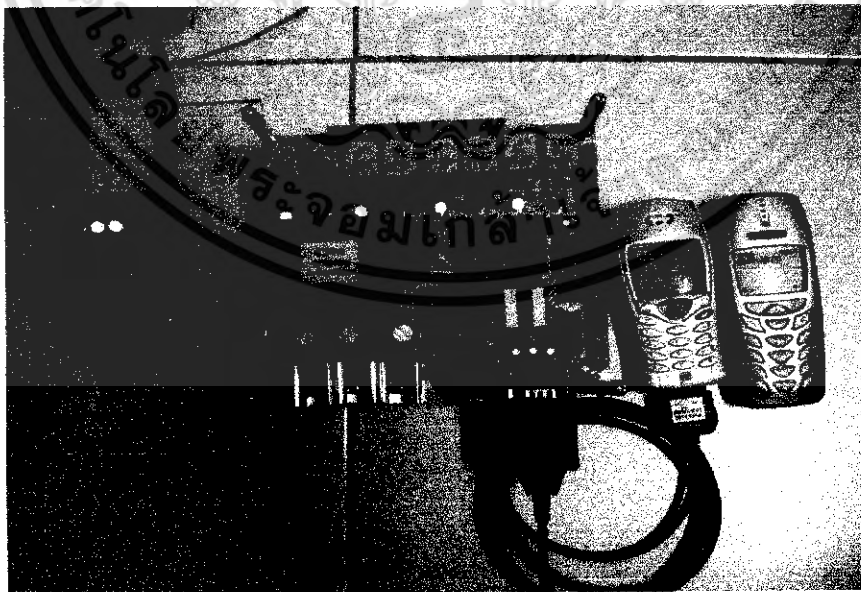
การควบคุมระยะไกลผู้ใช้งานอื่นจะไม่สามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้ง 8 ช่องได้ เนื่องจากจะมีการตรวจสอบหมายเลขผู้ใช้งานจากข้อความสั้นหาพบว่าไม่ใช่หมายเลขผู้ใช้งานที่กำลังใช้งานการควบคุมระยะไกล โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิตอลจีเอสเอ็ม RCM ก็จะไม่ทำตามคำสั่งนั้น และนอกจากนี้ คำสั่งนั้นต้องมีตัวเลข 8 ตัวและอักขระ (เครื่องหมายดอกจัน) 1 ตัว รวมทั้งหมด 9 ตัวในหนึ่งคำสั่ง หากผู้ใช้งานส่งคำสั่งไม่เป็นดังรูปแบบนี้ RCM ก็จะไม่ต้องตอบสนองต่อคำสั่งเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการส่งคำสั่ง 1111\*1111 ให้กับ RCM

หากผู้ใช้งานส่งคำสั่ง 1111\*1111 ให้กับ RCM ก็จะทำให้รีเลย์ทั้ง 8 ช่องอยู่ในสถานะ ปิดหน้าสัมผัส หากมีการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้ากับรีเลย์ ก็จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นทำงาน หรือหากผู้ใช้งานส่งคำสั่ง 1010\*1010 ก็จะทำให้รีเลย์ทั้ง 8 ช่อง ทำงานในสถานะปิด และเปิดหน้าสัมผัส สลับกันในแต่ละตำแหน่งตามคำสั่ง



รูปที่ 4.11 แสดงการส่งคำสั่ง 1010\*1010 ให้กับ RCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

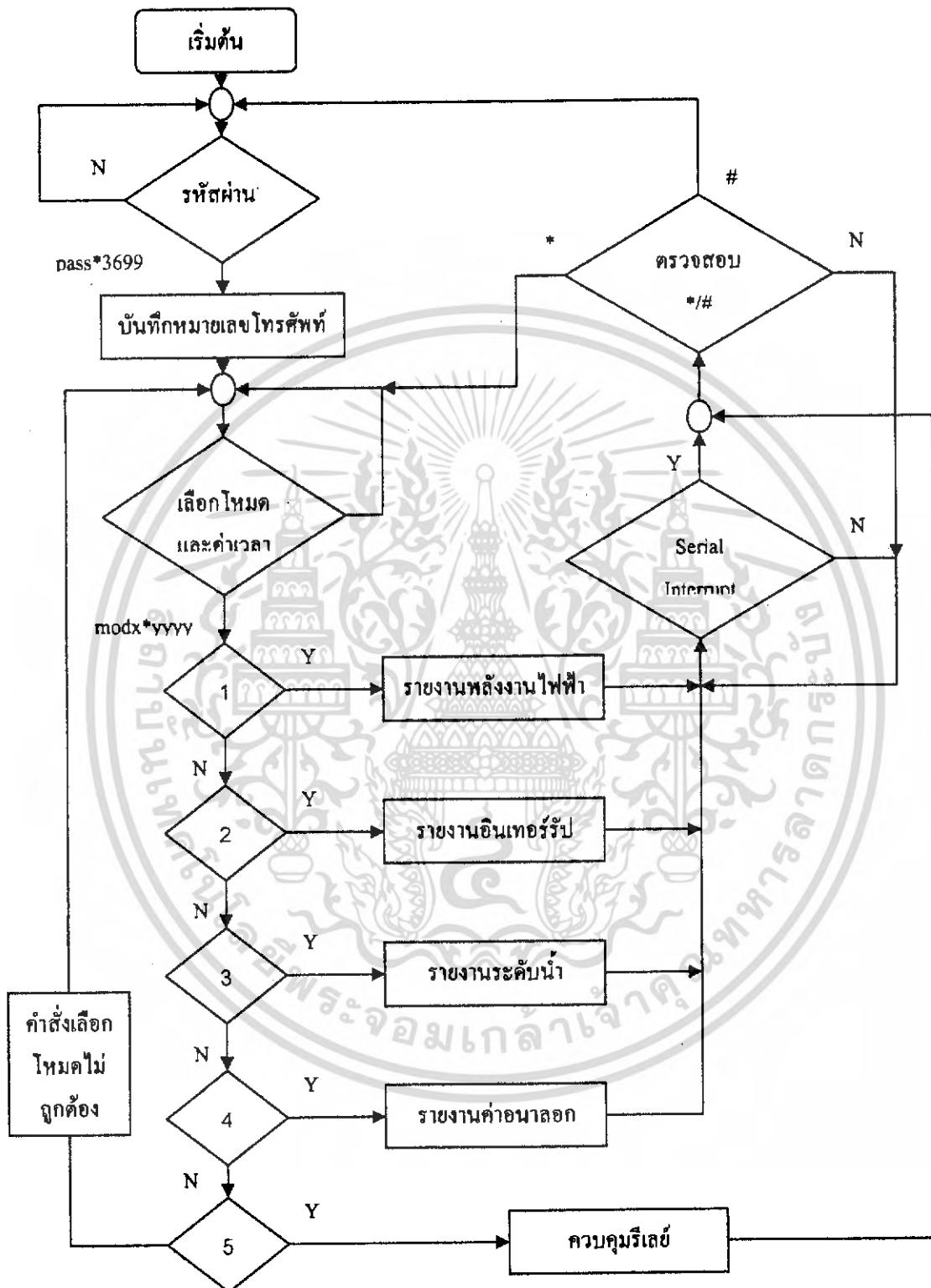
#### 4.5 RCMv2

RCMv2 มีรูปแบบการทำงานที่ไม่ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการโปรแกรมการทำงาน แต่สามารถใช้ในการโปรแกรมผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยตรงโดยใช้ SMS ทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น และนอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงาน หรือตั้งรีเซตระบบใหม่ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้อีกด้วย สำหรับคำสั่งของ RCMv2 เพิ่มมากขึ้นจาก RCM แต่โหมดการทำงานยังคงเหมือนกัน

คำสั่ง	ความหมาย
pass*3699	รหัสผ่าน
modx*hhmm	เลือกโหมดการทำงาน และเวลา : x คือ โหมดการทำงาน : hh คือ เวลาชั่วโมง ค่าสูงสุดไม่เกิน 29 : mm คือ เวลาคานาที ค่าสูงสุดไม่เกิน 59
*	คำสั่งเปลี่ยนโหมด
#	คำสั่งรีเซตระบบใหม่
zzzz*zzzz	คำสั่งควบคุมรีเลย์ : z คือ ตัวเลข 1 สำหรับตั้งรีเลย์ ON : z คือ ตัวเลข 0 สำหรับตั้งรีเลย์ OFF

ตารางที่ 4.3 แสดงคำสั่งสำหรับ RCMv2

การทำงานของ RCMv2 เริ่มต้นโดยผู้ใช้งานต้องทราบรหัสผ่านของเครื่อง RCMv2 ซึ่งได้กำหนดไว้เป็น pass\*3699 ผู้ใช้งานสามารถส่งรหัสผ่านนี้ไปยังเครื่อง RCMv2 ในรูปแบบของ SMS เมื่อ RCMv2 รับ SMS จะทำการตรวจสอบรหัสผ่าน หากรหัสผ่านถูกต้อง จะทำการบันทึกหมายเลขผู้ใช้งานไว้ในหน่วยความจำ และมีข้อความ SMS แจ้งกลับไปยังผู้ใช้งานให้สามารถเข้าใช้งานได้ ผู้ใช้งานก็จะสามารถทำการเลือกโหมดการทำงาน และกำหนดค่าเวลาสำหรับโหมด การรายงานผลผ่านทาง SMS และจะถูกตรวจสอบความถูกต้องโดย RCMv2 เมื่อคำสั่งถูกต้องก็จะเริ่มทำงานตามคำสั่ง ในขณะที่ RCMv2 ทำงานนั้น หากผู้ใช้งานต้องการเปลี่ยนโหมดการทำงาน ก็สามารถส่งคำสั่งคอกจัน (\*) ในรูปแบบ SMS เพื่อทำการเปลี่ยนโหมด RCMv2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงผังการทำงานของ RCMv2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหยุดทำงานในโหมดต่าง ๆ และแจ้งให้ผู้ใช้งานส่งคำสั่งเลือกโหมดการทำงานใหม่ เมื่อผู้ใช้งานเลือกโหมดการทำงานใหม่แล้วส่งเป็น SMS ให้กับเครื่อง RCMv2 ก็จะมีการตรวจสอบคำสั่งหากคำสั่งถูกต้องก็จะเริ่มทำงาน ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการออกจากการใช้งาน หรือต้องการเปลี่ยนหมายเลขผู้ใช้งานใหม่ สามารถทำได้โดยส่งคำสั่งเครื่องหมายชาร์ป (#) ซึ่งจะทำให้ RCMv2 หยุดการทำงานและรีเซตเพื่อรอตรวจสอบรหัสผ่านที่ส่งจากผู้ที่ต้องการใช้งานต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

ในการศึกษานี้ได้สร้างเครื่อง RCM ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีช่องสัญญาณรับอินพุต และเอาต์พุตในส่วนของ การรับอินพุตสามารถรับสัญญาณอนาล็อก สัญญาณอินเทอร์ป และสัญญาณดิจิทัล 8 บิต จาก เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ ในส่วนของเอาต์พุตสามารถควบคุมรีเลย์ได้ 8 ช่อง

ในการใช้งานผู้ใช้สามารถส่งคำสั่งและรับข้อมูลผ่านข้อความสั้น (SMS) ได้โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็มที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสามารถรับการรายงานระดับน้ำ การรายงานระดับสัญญาณอนาล็อก การรายงานสัญญาณอินเทอร์ป หรือการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยที่ผู้ใช้สามารถควบคุมจากสถานที่ใดก็ได้ที่ราบเท่าที่มีโครงข่ายจีเอสเอ็ม ทำให้มีความสะดวก และมีความรวดเร็วในการควบคุมและรายงานผลระยะไกล และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นๆ ที่ต้องการการควบคุมหรือรายงานผลระยะไกลทั้งในด้านอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวัน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำงานแบบรายงานผลควรทำงานได้พร้อมกับการทำงานแบบควบคุม
2. ในการทำงานแบบควบคุม ควรมีการรายงานผลจากการส่งคำสั่งควบคุมยืนยันการควบคุมที่มีการตรวจสอบจากการทำงานของอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมจริง
3. สามารถควบคุมสัญญาณอนาล็อก โดยการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก เพื่อประยุกต์ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์
4. เพิ่มระบบประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่เครื่องโทรศัพท์ที่เชื่อมต่อกับ RCM

### 5.3 ปัญหาที่พบ

1. ในการส่ง SMS จะต้องใช้เวลาช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้เวลาในการรายงานผลคลาดเคลื่อนไปเล็กน้อย



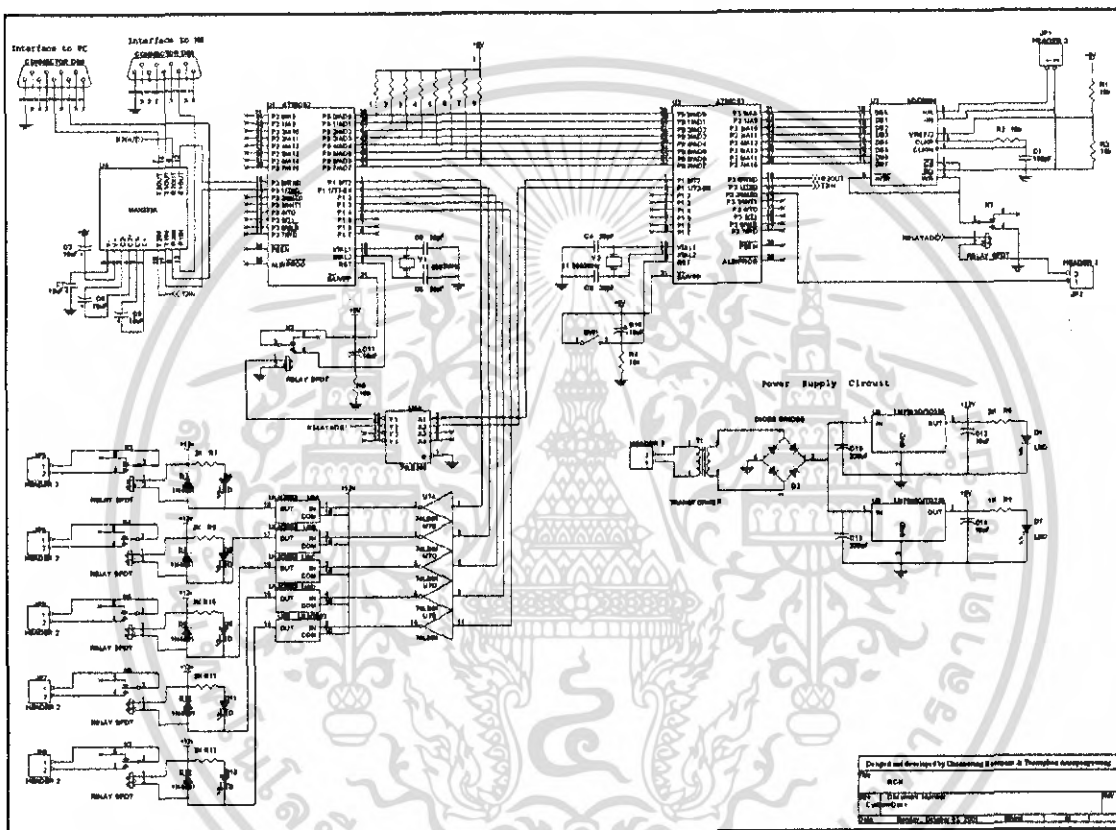
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- จิรศักดิ์ เหลืองอุไร. 2538. การสื่อสารอนุกรมบน PC. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2548. การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี. 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- ไพโรจน์ ไวรานิชกิจ. 2545. เปิดโลกมือถือ GSM สู่ UMTS. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- วิชุด ศิริโชติ. 2544. การเขียนโปรแกรม MCS 51 ด้วยภาษา C. กรุงเทพฯ: บริษัทแอนนาดิจิต กรุ๊ป จำกัด
- ถัญฉกร วุฒิสัทธาภัก. 2546. หลักการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่. 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Arnaud Henry – Labordere and Vincent Jonack. 2004. **SMS and MMS Interworking in Mobile Networks**. Norwood: Artech House, INC.
- Erdal Bckiroglua and Nihat Daldalb. Remote control of an ultrasonic motor by using a GSM mobile phone. **Sensors and Actuators A 120** (2005) 536–542
- Gwenael Le Bodic. 2005. **Mobile Messaging Technologies and Services SMS, EMS and MMS**. 2 nd. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.

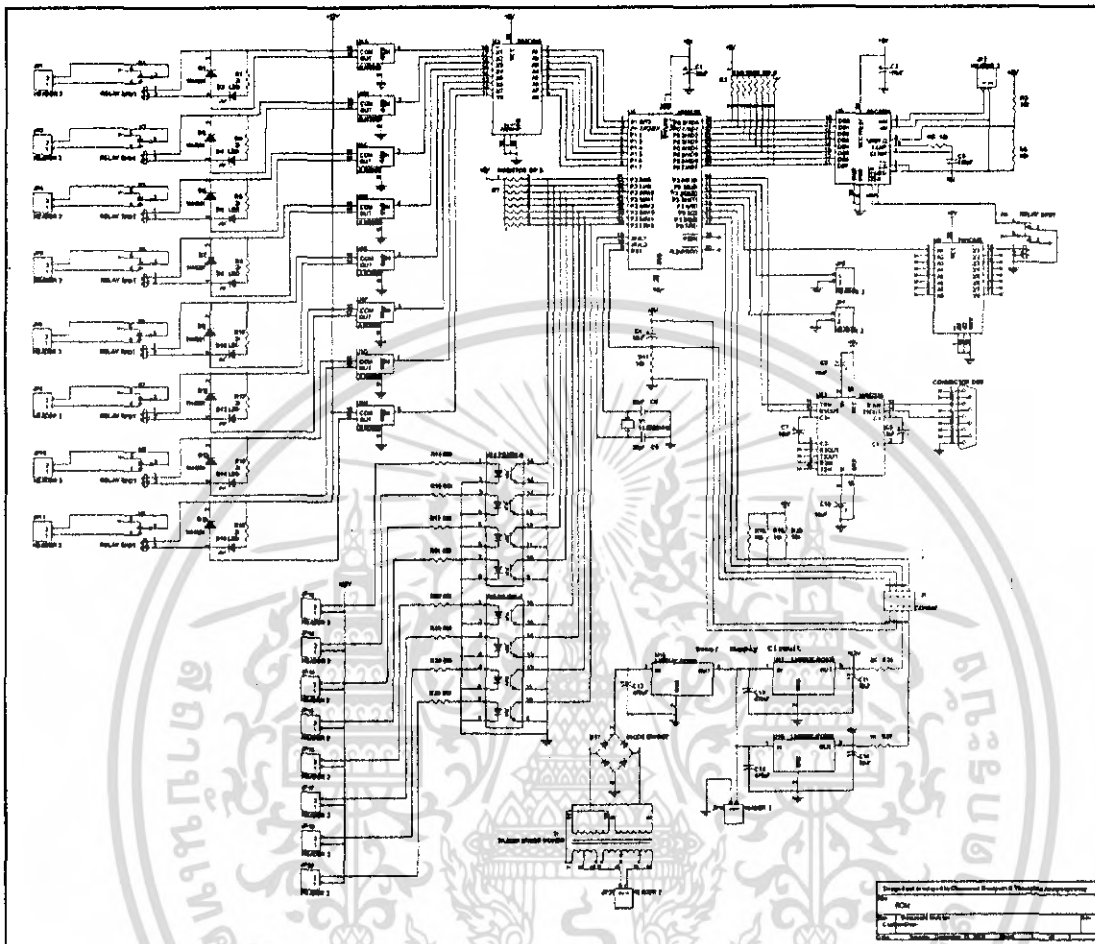
ภาคผนวก ก

แผนผังแสดงวงจรการควบคุมและแสดงผลระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลจีเอสเอ็ม

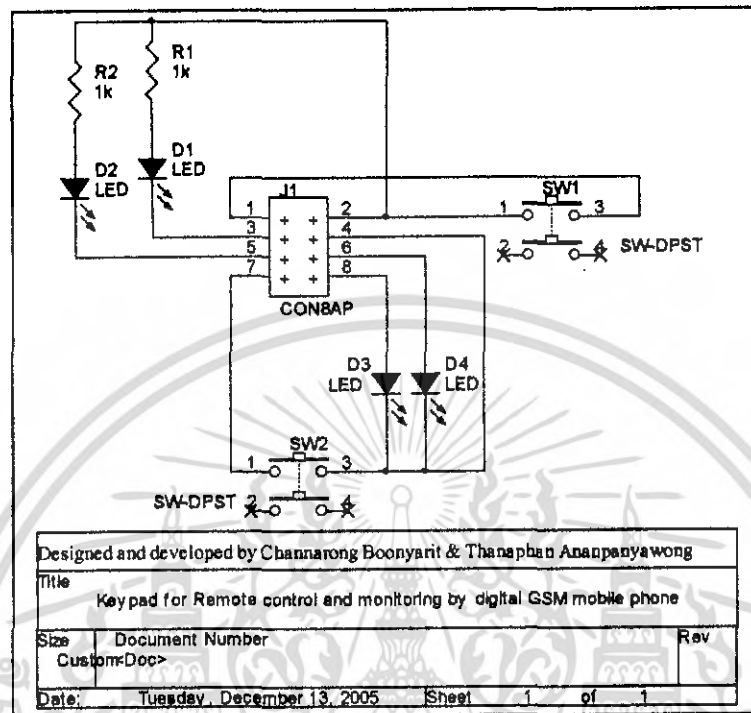


ผังวงจร RCM แบบใช้ MCU สองตัวทำงานร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

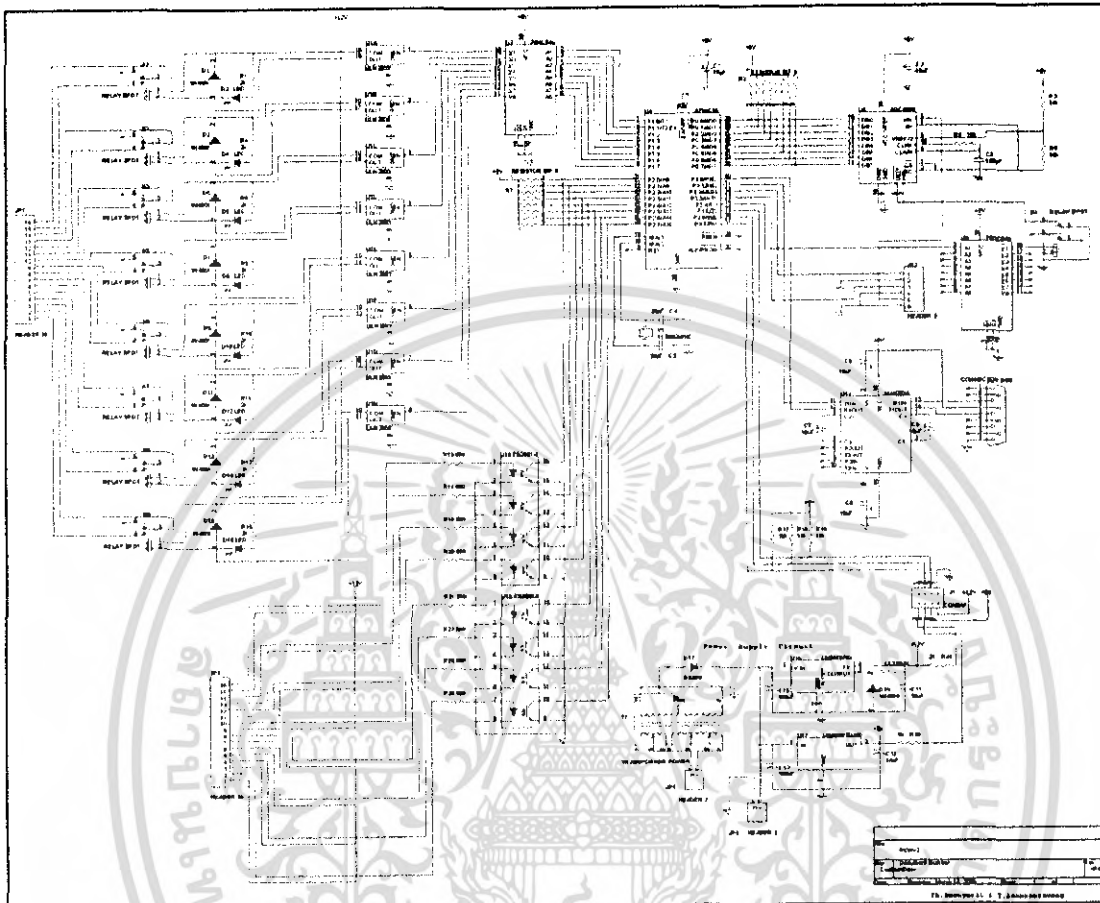


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนผังวงจร keypad RCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนผังวงจร RCMv2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

Source code program



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





```

case 40 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 78 : WR = 0;
         break;
case 80 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 118 : WR = 0;
         break;
case 120 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 158 : WR = 0;
         break;
case 160 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 198 : WR = 0;
         break;
case 200 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 238 : WR = 0;
         break;
case 240 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 278 : WR = 0;
         break;
case 280 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 318 : WR = 0;
         break;
case 320 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 358 : WR = 0;
         break;
case 360 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 398 : WR = 0;
         break;
case 400 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 438 : WR = 0;
         break;
case 440 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 478 : WR = 0;
         break;
case 480 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 518 : WR = 0;
         break;
case 520 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 558 : WR = 0;
         break;
case 560 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 598 : WR = 0;
         break;
case 600 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 638 : WR = 0;
         break;
case 640 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 678 : WR = 0;
         break;
case 680 : WR = 1;
         clear_time();
         break;
case 718 : WR = 0;
         break;
case 720 : WR = 1;
         clear_time();

```



```

        break;
    case 758 : WR = 0;
              break;
    case 760 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 798 : WR = 0;
              break;
    case 800 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 838 : WR = 0;
              break;
    case 840 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 878 : WR = 0;
              break;
    case 880 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 918 : WR = 0;
              break;
    case 920 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 958 : WR = 0;
              break;
    case 960 : WR = 1;
              clear_time();
              break;
    case 998 : WR = 0;
              break;
    }
}
if(fifty_milli == 1000)
{
    WR = 1;
    fifty_milli = 0;
    count--;
}

```

```

_time_delay(void)
{
    a,b,c,d,e,f;
    10;
    50;
    a*b;
    our_a*c;
    our_b*b;
    min_a*a;
    t = ((d+e)+f)+min_b;
    _delay();
}

```

```

ay_command(unsigned int a)
{
    signed int i,t;
    c = 0;
    i=0; i<=a; i++)
    for(t=0; t<=a; t++)
    {
        ;
    }
}

```

```

SMS Function xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Library protocal sms -----
void)

```

```

_serial("0");
void)
_serial("1");
void)
_serial("2");
void)
_serial("3");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม้วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void)
_serial("4");
void)
_serial("5");
void)
_serial("6");
void)
_serial("7");
void)
_serial("8");
void)
_serial("9");
void)
_serial("a");
void)
_serial("b");
void)
_serial("c");
void)
_serial("d");
void)
_serial("e");
void)
_serial("f");
```

Library of Numeric  
6(void)

```
;xb();x6();
7(void)
;xb();x7();
(void)
;x8();
(void)
;x9();
(void)
;xa();
(void)
;xb();
(void)
;xc();
(void)
;x0();
(void)
;xl();
(void)
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
:x2();
(void)
;x0();
(void)
;x1();
(void)
;x2();
```

Point one digit (.0) -----

```
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb6();
(void)
; zbb7();
(void)
; zbb7();
```

Two digit (00) -----

```
(void)
); z98();
(void)
); z98();
(void)
); z99();
(void)
); z99();
(void)
); z9a();
(void)
); z9a();
(void)
); z9b();
(void)
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

(void)
};z9c();
(void)
};z9c();
(void)
};z98();
(void)
};z98();
(void)
};z99();
(void)
};z99();
(void)
};z9a();
(void)
};z9a();
(void)
};z9b();
(void)
};z9b();
(void)
};z9c();
(void)
};z9c();
(void)
};z98();
(void)
};z98();
(void)
};z99();
(void)
};z99();
(void)
};z9a();

```

```

Word -----
h_electric_int0(void) //INT0
_serial("5a5fd13a50915d1ed3e5e971980d");
h_overrange(void) //INT0
_serial("5a5fd13ad0d35e9683e461f7b90c");
water_P2(void) //P2
_serial("6a96e9f2b20e740dd3cb7210bb6c2fb341");
sensor_error(void) //P2

```



```

serial("6a96e9f2b20e342dbbe76f39a82c97bfe5");
measure(void) //INT1 and ADC
serial("aabad3741da8590ecfebf272bbeca603");
verrange(void) //INT1
serial("aabad3741de8692fcb41f2b0fb5c0601");
-----
le code for send sms (first_gsm_code(); + lim_number(); + after_phone(); + PDU + finish_gsm_code());
t_gsm_code(void) //first code
serial("0011000aa166");
r_phone_code_electric_int0(void)//INT0
serial("0000ff14");
r_phone_code_measure(void) //INT1
//ADC
serial("0000ff16");
r_phone_code_water_P2(void) //Water level
serial("0000ff18");
sh_gsm_code(void) //code end after PDU ward
serial("04028140");
-----
number(void) //phone number
ch(phone_number[2])
case 0x30 : x0();
break;
case 0x31 : x1();
break;
case 0x32 : x2();
break;
case 0x33 : x3();
break;
case 0x34 : x4();
break;
case 0x35 : x5();
break;
case 0x36 : x6();
break;
case 0x37 : x7();
break;
case 0x38 : x8();
break;
case 0x39 : x9();
break;

ch(phone_number[1])
case 0x30 : x0();
break;
case 0x31 : x1();
break;
case 0x32 : x2();
break;
case 0x33 : x3();
break;
case 0x34 : x4();
break;
case 0x35 : x5();
break;
case 0x36 : x6();
break;
case 0x37 : x7();
break;
case 0x38 : x8();
break;
case 0x39 : x9();
break;

ch(phone_number[4])
case 0x30 : x0();
break;
case 0x31 : x1();
break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
break;  
case 0x32 : x2();  
break;  
case 0x33 : x3();  
break;  
case 0x34 : x4();  
break;  
case 0x35 : x5();  
break;  
case 0x36 : x6();  
break;  
case 0x37 : x7();  
break;  
case 0x38 : x8();  
break;  
case 0x39 : x9();  
break;
```

ch(phone\_number[3])

```
case 0x30 : x0();  
break;  
case 0x31 : x1();  
break;  
case 0x32 : x2();  
break;  
case 0x33 : x3();  
break;  
case 0x34 : x4();  
break;  
case 0x35 : x5();  
break;  
case 0x36 : x6();  
break;  
case 0x37 : x7();  
break;  
case 0x38 : x8();  
break;  
case 0x39 : x9();  
break;
```

ch(phone\_number[6])

```
case 0x30 : x0();  
break;  
case 0x31 : x1();  
break;  
case 0x32 : x2();  
break;  
case 0x33 : x3();  
break;  
case 0x34 : x4();  
break;  
case 0x35 : x5();  
break;  
case 0x36 : x6();  
break;  
case 0x37 : x7();  
break;  
case 0x38 : x8();  
break;  
case 0x39 : x9();  
break;
```

ch(phone\_number[5])

```
case 0x30 : x0();  
break;  
case 0x31 : x1();  
break;  
case 0x32 : x2();  
break;  
case 0x33 : x3();  
break;  
case 0x34 : x4();  
break;  
case 0x35 : x5();  
break;  
case 0x36 : x6();  
break;  
case 0x37 : x7();  
break;  
case 0x38 : x8();  
break;  
case 0x39 : x9();  
break;
```



เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
h(phone_number[8])
```

```
case 0x30 : x0();
           break;
case 0x31 : x1();
           break;
case 0x32 : x2();
           break;
case 0x33 : x3();
           break;
case 0x34 : x4();
           break;
case 0x35 : x5();
           break;
case 0x36 : x6();
           break;
case 0x37 : x7();
           break;
case 0x38 : x8();
           break;
case 0x39 : x9();
           break;
```

```
h(phone_number[7])
```

```
case 0x30 : x0();
           break;
case 0x31 : x1();
           break;
case 0x32 : x2();
           break;
case 0x33 : x3();
           break;
case 0x34 : x4();
           break;
case 0x35 : x5();
           break;
case 0x36 : x6();
           break;
case 0x37 : x7();
           break;
case 0x38 : x8();
           break;
case 0x39 : x9();
           break;
```

```
mand for send sms
i_now(void)
```

```
//command to send sms
```

```
_serial("\x1a");
y_command(260);
```

```
t_command(void)
```

```
//command test AT command with the phone
```

```
_serial("at\r");
y_command(260);
```

```
mand_send_electric_int0(void)//command for initial to send PDU to the phone for moni electrical function
```

```
_serial("at+cmgs=35\r");
y_command(260);
```

```
mand_send_water_P2(void)
```

```
//command for initial to send PDU to the phone for moni water level function
```

```
_serial("at+cmgs=38\r");
y_command(260);
```

```
mand_send_measure(void)
```

```
//command for initial to send PDU to the phone for moni measurement intl functi
```

```
//and for moni measurement adc function
```

```
_serial("at+cmgs=37\r");
y_command(260);
```

```
-----
_get_sms(void)
```

```
0;
_command();
_serial("at+cnmi=3,3,0,0,0\r");
y_command(260);
1;
```

```
omment function for sms
```

```
ote_moni_begin(void)เอกสารที่สวนวโศภการโครงการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
```

```
0;
_command();
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```

_serial("at+cmgs=38\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();
_serial("0000ff17");
_serial("d272fb4d2f839a6f779afe96a7dd6790b07c4ebb01");
sh_gsm_code();
now();
/_command(800);
I;

```

-----  
 ste\_con\_ready(void)

```

0;
set_sms();
_serial("at+cmgs=35\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();
_serial("0000ff14");
_serial("d272fb4d2f83866f375dfe6683a4e530390f");
sh_gsm_code();
now();
/_command(800);
I;

```

-----  
 \_successfully(void)

```

0;
_command();
_serial("at+cmgs=35\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();
_serial("0000ff14");
_serial("c3b79b2e7fb341d3fa785c9ecfcd75363b0f");
sh_gsm_code();
now();
/_command(800);
I;

```

-----  
 \_error(void)

```

0;
_command();
_serial("at+cmgs=29\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();
_serial("0000ff0d");
_serial("c3b79b2e7fb34145b9fc2d07");
sh_gsm_code();
now();
/_command(800);
I;

```

-----  
 id\_password\_ok(void)

```

0;
_command();
_serial("at+cmgs=27\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();
_serial("0000ff0b");
_serial("d0f07c7e7fcbc9a0e712");
sh_gsm_code();
now();
/_command(800);
I;

```

-----  
 id\_error(void)

```

0;
_command();
_serial("at+cmgs=22\r");
/_command(260);
/_gsm_code();
number();

```

\_serial("0000ff05");เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 \_serial("45a9f42905");  
 sh\_gsm\_code();

การแก้ไขทุกสิ่ง ทุกอย่างที่มีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
now();
_command(800);
1;
```

```
-----
_reset_ok(void)
```

```
0;
command();
serial("at+cmgs=24\r");
_command(260);
_gsm_code();
umber();
serial("0000ff08");
serial("d2e2b448053d97");
h_gsm_code();
now();
_command(800);
1;
```

```
-----
_new_mode(void)
```

```
0;
command();
serial("at+cmgs=24\r");
_command(260);
_gsm_code();
umber();
serial("0000ff06");
serial("cee215d47c128b");
h_gsm_code();
now();
_command(800);
1;
```

```
function control & monitoring -----
```

```
function for monitoring electrical energy (int0) -----
```

```
_electric_int0(void)
```

```
0;
command();
ind_send_electric_int0();
_gsm_code();
umber();
phone_code_electric_int0();
value_int0 <= 599 // 00.0kwh - 00.9kwh
```

```
000();
if(value_int0 <= 59)
```

```
  x_0();
```

```
if(value_int0 >= 60)
```

```
  if(value_int0 <= 119)
```

```
  {
    x_1();
  }
```

```
if(value_int0 >= 120)
```

```
  if(value_int0 <= 179)
```

```
  {
    x_2();
  }
```

```
if(value_int0 >= 180)
```

```
  if(value_int0 <= 239)
```

```
  {
    x_3();
  }
```

```
if(value_int0 >= 240)
```

```
  if(value_int0 <= 299)
```

```
  {
    x_4();
  }
```

```
if(value_int0 >= 300)
```

```
  if(value_int0 <= 359)
```

```
  {
    x_5();
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if(value_int0 >= 360)
{
    if(value_int0 <= 419)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 420)
{
    if(value_int0 <= 479)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 480)
{
    if(value_int0 <= 539)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 540)
{
    if(value_int0 <= 599)
    {
        x_9();
    }
}
}
value_int0 >= 600) //value is 01.0kwh - 01.9kwh
if(value_int0 <= 1199)
{
    x01();
    if(value_int0 <= 659)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 660)
    {
        if(value_int0 <= 719)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 720)
    {
        if(value_int0 <= 779)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 780)
    {
        if(value_int0 <= 839)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 840)
    {
        if(value_int0 <= 899)
        {
            x_4();
        }
    }
}
if(value_int0 >= 900)
{
    if(value_int0 <= 959)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 960)
{
    if(value_int0 <= 1019)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 1020)
{
    if(value_int0 <= 1079)
    {
        x_7();
    }
}

```

(เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

) ไม่วาการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if(value_int0 >= 1080)
{
    if(value_int0 <= 1139)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 1140)
{
    if(value_int0 <= 1199)
    {
        x_9();
    }
}
}
}
value_int0 >= 1200) //value is 02.0kwh - 02.9kwh
if(value_int0 <= 1799)
{
    x02();
    if(value_int0 <= 1259)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 1260)
    {
        if(value_int0 <= 1319)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1320)
    {
        if(value_int0 <= 1379)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1380)
    {
        if(value_int0 <= 1439)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1440)
    {
        if(value_int0 <= 1499)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1500)
    {
        if(value_int0 <= 1559)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1560)
    {
        if(value_int0 <= 1619)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1620)
    {
        if(value_int0 <= 1679)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1680)
    {
        if(value_int0 <= 1739)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1740)
    {
        if(value_int0 <= 1799)
        {
            x_9();
        }
    }
}
}

```

```

    }
}
alue_int0 >= 1800)    //value is 03.0kwh - 03.9kwh
if(value_int0 <= 2399)
{
    x03();
    if(value_int0 <= 1859)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 1860)
    {
        if(value_int0 <= 1919)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1920)
    {
        if(value_int0 <= 1979)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 1980)
    {
        if(value_int0 <= 2039)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2040)
    {
        if(value_int0 <= 2099)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2100)
    {
        if(value_int0 <= 2159)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2160)
    {
        if(value_int0 <= 2219)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2220)
    {
        if(value_int0 <= 2279)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2280)
    {
        if(value_int0 <= 2339)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 2340)
    {
        if(value_int0 <= 2399)
        {
            x_9();
        }
    }
}
}
alue_int0 >= 2400)    //value is 04.0kwh - 04.9kwh
if(value_int0 <= 2999)
{
    x04();
    if(value_int0 <= 2459)
    {
        x_0();
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(value_int0 >= 2460)
{
    if(value_int0 <= 2519)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 2520)
{
    if(value_int0 <= 2579)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 2580)
{
    if(value_int0 <= 2639)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 2640)
{
    if(value_int0 <= 2699)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 2700)
{
    if(value_int0 <= 2759)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 2760)
{
    if(value_int0 <= 2819)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 2820)
{
    if(value_int0 <= 2879)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 2880)
{
    if(value_int0 <= 2939)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 2940)
{
    if(value_int0 <= 2999)
    {
        x_9();
    }
}
}
value_int0 >= 3000) //value is 05.0kwh - 05.9kwh
if(value_int0 <= 3599)
{
    x05();
    if(value_int0 <= 3059)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 3060)
    {
        if(value_int0 <= 3119)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 3120)
    {
        if(value_int0 <= 3179)
        {
            x_2();
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if(value_int0 >= 3180)
{
    if(value_int0 <= 3239)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 3240)
{
    if(value_int0 <= 3299)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 3300)
{
    if(value_int0 <= 3359)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 3360)
{
    if(value_int0 <= 3419)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 3420)
{
    if(value_int0 <= 3479)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 3480)
{
    if(value_int0 <= 3539)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 3540)
{
    if(value_int0 <= 3599)
    {
        x_9();
    }
}
}
value_int0 >= 3600) //value is 06.0kwh - 06.9kwh
if(value_int0 <= 4199)
{
    x06();
    if(value_int0 <= 3659)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 3660)
    {
        if(value_int0 <= 3719)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 3720)
    {
        if(value_int0 <= 3779)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 3780)
    {
        if(value_int0 <= 3839)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 3840)
    {
        if(value_int0 <= 3899)
        {
            x_4();
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
if(value_int0 >= 3900)
{
    if(value_int0 <= 3959)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 3960)
{
    if(value_int0 <= 4019)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 4020)
{
    if(value_int0 <= 4079)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 4080)
{
    if(value_int0 <= 4139)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 4140)
{
    if(value_int0 <= 4199)
    {
        x_9();
    }
}
}
value_int0 >= 4200) //value is 07.0kwh - 07.9kwh
if(value_int0 <= 4799)
{
    x07();
    if(value_int0 <= 4259)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 4260)
    {
        if(value_int0 <= 4319)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 4320)
    {
        if(value_int0 <= 4379)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 4380)
    {
        if(value_int0 <= 4439)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 4440)
    {
        if(value_int0 <= 4499)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 4500)
    {
        if(value_int0 <= 4559)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 4560)
    {
        เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
        if(value_int0 <= 4619)
        {
            ไม่วาทกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
        }
    }
}

```

```

    x_6();
}
if(value_int0 >= 4620)
{
    if(value_int0 <= 4679)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 4680)
{
    if(value_int0 <= 4739)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 4740)
{
    if(value_int0 <= 4799)
    {
        x_9();
    }
}

value_int0 >= 4800)    //value is 08.0kwh - 08.9kwh
if(value_int0 <= 5399)

```

```

x08();
if(value_int0 <= 4859)
{
    x_0();
}
if(value_int0 >= 4860)
{
    if(value_int0 <= 4919)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 4920)
{
    if(value_int0 <= 4979)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 4980)
{
    if(value_int0 <= 5039)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 5040)
{
    if(value_int0 <= 5099)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 5100)
{
    if(value_int0 <= 5159)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 5160)
{
    if(value_int0 <= 5219)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 5220)
{
    if(value_int0 <= 5279)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 5280)
{
    if(value_int0 <= 5339)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 หากทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 5340)
{
    if(value_int0 <= 5399)
    {
        x_9();
    }
}

value_int0 >= 5400 //value is 09.0kwh - 09.9kwh
if(value_int0 <= 5999)
{
    x09();
    if(value_int0 <= 5459)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 5460)
    {
        if(value_int0 <= 5519)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5520)
    {
        if(value_int0 <= 5579)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5580)
    {
        if(value_int0 <= 5639)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5640)
    {
        if(value_int0 <= 5699)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5700)
    {
        if(value_int0 <= 5759)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5760)
    {
        if(value_int0 <= 5819)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5820)
    {
        if(value_int0 <= 5879)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5880)
    {
        if(value_int0 <= 5939)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 5940)
    {
        if(value_int0 <= 5999)
        {
            x_9();
        }
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ue_int0 >= 6000) //value is 10.0kwh - 10.9kwh
```

```
if(value_int0 <= 6599)
```

```
    x10();
    if(value_int0 <= 6059)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 6060)
    {
        if(value_int0 <= 6119)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6120)
    {
        if(value_int0 <= 6179)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6180)
    {
        if(value_int0 <= 6239)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6240)
    {
        if(value_int0 <= 6299)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6300)
    {
        if(value_int0 <= 6359)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6360)
    {
        if(value_int0 <= 6419)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6420)
    {
        if(value_int0 <= 6479)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6480)
    {
        if(value_int0 <= 6539)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 6540)
    {
        if(value_int0 <= 6599)
        {
            x_9();
        }
    }
}
```

```
value_int0 >= 6600) //value is 11.0kwh - 11.9kwh
```

```
if(value_int0 <= 7199)
```

```
{
    x11();
    if(value_int0 <= 6659)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 6660)
    {
        if(value_int0 <= 6719)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    x_1();
}
if(value_int0 >= 6720)
{
    if(value_int0 <= 6779)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 6780)
{
    if(value_int0 <= 6839)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 6840)
{
    if(value_int0 <= 6899)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 6900)
{
    if(value_int0 <= 6959)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 6960)
{
    if(value_int0 <= 7019)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 7020)
{
    if(value_int0 <= 7079)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 7080)
{
    if(value_int0 <= 7139)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 7140)
{
    if(value_int0 <= 7199)
    {
        x_9();
    }
}
}

```

```

value_int0 >= 7200) //value is 12.0kwh - 12.9kwh

```

```

if(value_int0 <= 7799)

```

```

x12();
if(value_int0 <= 7259)
{
    x_0();
}
if(value_int0 >= 7260)
{
    if(value_int0 <= 7319)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 7320)
{
    if(value_int0 <= 7379)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 7380)
{
    if(value_int0 <= 7439)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        x_3();
    }
if(value_int0 >= 7440)
{
    if(value_int0 <= 7499)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 7500)
{
    if(value_int0 <= 7559)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 7560)
{
    if(value_int0 <= 7619)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 7620)
{
    if(value_int0 <= 7679)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 7680)
{
    if(value_int0 <= 7739)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 7740)
{
    if(value_int0 <= 7799)
    {
        x_9();
    }
}
value_int0 >= 7800) //value is 13.0kwh - 13.9kwh
if(value_int0 <= 8399)
{
    x13();
    if(value_int0 <= 7859)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 7860)
    {
        if(value_int0 <= 7919)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 7920)
    {
        if(value_int0 <= 7979)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 7980)
    {
        if(value_int0 <= 8039)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 8040)
    {
        if(value_int0 <= 8099)
        {
            x_4();
        }
    }
}
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
if(value_int0 >= 8100)
{
    ไม่มีกรรมใดๆ พงสน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
}

```

```

    if(value_int0 <= 8159)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 8160)
{
    if(value_int0 <= 8219)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 8220)
{
    if(value_int0 <= 8279)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 8280)
{
    if(value_int0 <= 8339)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 8340)
{
    if(value_int0 <= 8399)
    {
        x_9();
    }
}

value_int0 >= 8400) //value is 14.0kwh - 14.9kwh
if(value_int0 <= 8999)
x14();
if(value_int0 <= 8459)
{
    x_0();
}
if(value_int0 >= 8460)
{
    if(value_int0 <= 8519)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 8520)
{
    if(value_int0 <= 8579)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 8580)
{
    if(value_int0 <= 8639)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 8640)
{
    if(value_int0 <= 8699)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 8700)
{
    if(value_int0 <= 8759)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 8760)
{
    if(value_int0 <= 8819)
    {
        x_6();
    }
}
}
if(value_int0 >= 8820)

```

)เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        if(value_int0 <= 8879)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 8880)
    {
        if(value_int0 <= 8939)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 8940)
    {
        if(value_int0 <= 8999)
        {
            x_9();
        }
    }
}

```

```

value_int0 >= 9000) //value is 15.0kwh - 15.9kwh

```

```

if(value_int0 <= 9599)
{
    x15();
    if(value_int0 <= 9059)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 9060)
    {
        if(value_int0 <= 9119)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9120)
    {
        if(value_int0 <= 9179)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9180)
    {
        if(value_int0 <= 9239)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9240)
    {
        if(value_int0 <= 9299)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9300)
    {
        if(value_int0 <= 9359)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9360)
    {
        if(value_int0 <= 9419)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9420)
    {
        if(value_int0 <= 9479)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 9480)
    {
        if(value_int0 <= 9539)
        {
            x_8();
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(value_int0 >= 9540)
{
    if(value_int0 <= 9599)
    {
        x_9();
    }
}

ue_int0 >= 9600)    //value is 16.0kwh - 16.9kwh
:(value_int0 <= 10199)

x16();
if(value_int0 <= 9659)
{
    x_0();
}
if(value_int0 >= 9660)
{
    if(value_int0 <= 9719)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 9720)
{
    if(value_int0 <= 9779)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 9780)
{
    if(value_int0 <= 9839)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 9840)
{
    if(value_int0 <= 9899)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 9900)
{
    if(value_int0 <= 9959)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 9960)
{
    if(value_int0 <= 10019)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 10020)
{
    if(value_int0 <= 10079)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 10080)
{
    if(value_int0 <= 10139)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 10140)
{
    if(value_int0 <= 10199)
    {
        x_9();
    }
}
}

```

```

alue_int0 >= 10200)    //value is 17.0kwh - 17.9kwh

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนวิชาสหการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 if(value\_int0 <= 10799)  
 {

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x17();
if(value_int0 <= 10259)
{
    x_0();
}
if(value_int0 >= 10260)
{
    if(value_int0 <= 10319)
    {
        x_1();
    }
}
if(value_int0 >= 10320)
{
    if(value_int0 <= 10379)
    {
        x_2();
    }
}
if(value_int0 >= 10380)
{
    if(value_int0 <= 10439)
    {
        x_3();
    }
}
if(value_int0 >= 10440)
{
    if(value_int0 <= 10499)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 10500)
{
    if(value_int0 <= 10559)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 10560)
{
    if(value_int0 <= 10619)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 10620)
{
    if(value_int0 <= 10679)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 10680)
{
    if(value_int0 <= 10739)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 10740)
{
    if(value_int0 <= 10799)
    {
        x_9();
    }
}
}

```

```

value_int0 >= 10800) //value is 18.0kwh - 18.9kwh

```

```

if(value_int0 <= 11399)
{
    x18();
    if(value_int0 <= 10859)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 10860)
    {
        if(value_int0 <= 10919)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        if(value_int0 <= 10979)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 10980)
    {
        if(value_int0 <= 11039)
        {
            x_3();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11040)
    {
        if(value_int0 <= 11099)
        {
            x_4();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11100)
    {
        if(value_int0 <= 11159)
        {
            x_5();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11160)
    {
        if(value_int0 <= 11219)
        {
            x_6();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11220)
    {
        if(value_int0 <= 11279)
        {
            x_7();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11280)
    {
        if(value_int0 <= 11339)
        {
            x_8();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11340)
    {
        if(value_int0 <= 11399)
        {
            x_9();
        }
    }
}
value_int0 >= 11400) //value is 19.0kwh - 19.9kwh
if(value_int0 <= 11999)
{
    x19();
    if(value_int0 <= 11459)
    {
        x_0();
    }
    if(value_int0 >= 11460)
    {
        if(value_int0 <= 11519)
        {
            x_1();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11520)
    {
        if(value_int0 <= 11579)
        {
            x_2();
        }
    }
    if(value_int0 >= 11580)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(value_int0 >= 11640)
{
    if(value_int0 <= 11699)
    {
        x_4();
    }
}
if(value_int0 >= 11700)
{
    if(value_int0 <= 11759)
    {
        x_5();
    }
}
if(value_int0 >= 11760)
{
    if(value_int0 <= 11819)
    {
        x_6();
    }
}
if(value_int0 >= 11820)
{
    if(value_int0 <= 11879)
    {
        x_7();
    }
}
if(value_int0 >= 11880)
{
    if(value_int0 <= 11939)
    {
        x_8();
    }
}
if(value_int0 >= 11940)
{
    if(value_int0 <= 11999)
    {
        x_9();
    }
}
}

```

```

value_int0 == 12000)
:20();x_0();
value_int0 <= 12000)
<kwh_electric_int0());
value_int0 >= 12001)
<kwh_overrange();
sh_gsm_code();
now();
command(800);
1;

```

Function for monitoring measurement unit (int1) -----  
i\_measure\_int1(void)

```

0;
command();
and_send_measure();
t_gsm_code();
number();
r_phone_code_measure();
value_int1 <= 9) //00.0Unit ~ 00.9Unit

x00();
switch(value_int1)
{
    case 0 :x_0();
            break;
    case 1 :x_1();
            break;
    case 2 :x_2();
            break;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case 6 :x_6();
        break;
case 7 :x_7();
        break;
case 8 :x_8();
        break;
case 9 :x_9();
        break;

```

```

lue_int1 >= 10) //01.0Unit - 01.9Unit

```

```

f(value_int1 <= 19)

```

```

x01();
switch(value_int1)
{
    case 10 :x_0();
            break;
    case 11 :x_1();
            break;
    case 12 :x_2();
            break;
    case 13 :x_3();
            break;
    case 14 :x_4();
            break;
    case 15 :x_5();
            break;
    case 16 :x_6();
            break;
    case 17 :x_7();
            break;
    case 18 :x_8();
            break;
    case 19 :x_9();
            break;
}

```

```

lue_int1 >= 20) //02.0Unit - 02.9Unit

```

```

f(value_int1 <= 29)

```

```

x02();
switch(value_int1)
{
    case 20 :x_0();
            break;
    case 21 :x_1();
            break;
    case 22 :x_2();
            break;
    case 23 :x_3();
            break;
    case 24 :x_4();
            break;
    case 25 :x_5();
            break;
    case 26 :x_6();
            break;
    case 27 :x_7();
            break;
    case 28 :x_8();
            break;
    case 29 :x_9();
            break;
}

```

```

alue_int1 >= 30) //03.0Unit - 03.9Unit

```

```

if(value_int1 <= 39)

```

```

{
    x03();
    switch(value_int1)
    {
        case 30 :x_0();
                break;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case 35 :x_5();
              break;
    case 36 :x_6();
              break;
    case 37 :x_7();
              break;
    case 38 :x_8();
              break;
    case 39 :x_9();
              break;
}

alue_int1 >= 40)          //04.0Unit - 04.9Unit
if(value_int1 <= 49)
{
    x04();
    switch(value_int1)
    {
        case 40 :x_0();
                  break;
        case 41 :x_1();
                  break;
        case 42 :x_2();
                  break;
        case 43 :x_3();
                  break;
        case 44 :x_4();
                  break;
        case 45 :x_5();
                  break;
        case 46 :x_6();
                  break;
        case 47 :x_7();
                  break;
        case 48 :x_8();
                  break;
        case 49 :x_9();
                  break;
    }
}

alue_int1 >= 50)          //05.0Unit --05.9Unit
if(value_int1 <= 59)
{
    x05();
    switch(value_int1)
    {
        case 50 :x_0();
                  break;
        case 51 :x_1();
                  break;
        case 52 :x_2();
                  break;
        case 53 :x_3();
                  break;
        case 54 :x_4();
                  break;
        case 55 :x_5();
                  break;
        case 56 :x_6();
                  break;
        case 57 :x_7();
                  break;
        case 58 :x_8();
                  break;
        case 59 :x_9();
                  break;
    }
}

alue_int1 >= 60)          //06.0Unit - 06.9Unit
if(value_int1 <= 69)
{
    x06();
    switch(value_int1)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        break;
    case 64 :x_4();
        break;
    case 65 :x_5();
        break;
    case 66 :x_6();
        break;
    case 67 :x_7();
        break;
    case 68 :x_8();
        break;
    case 69 :x_9();
        break;
}

value_int1 >= 70) //07.0Unit - 07.9Unit
f(value_int1 <= 79)
x07();
switch(value_int1)
{
    case 70 :x_0();
        break;
    case 71 :x_1();
        break;
    case 72 :x_2();
        break;
    case 73 :x_3();
        break;
    case 74 :x_4();
        break;
    case 75 :x_5();
        break;
    case 76 :x_6();
        break;
    case 77 :x_7();
        break;
    case 78 :x_8();
        break;
    case 79 :x_9();
        break;
}

value_int1 >= 80) //08.0Unit - 08.9Unit
f(value_int1 <= 89)
x08();
switch(value_int1)
{
    case 80 :x_0();
        break;
    case 81 :x_1();
        break;
    case 82 :x_2();
        break;
    case 83 :x_3();
        break;
    case 84 :x_4();
        break;
    case 85 :x_5();
        break;
    case 86 :x_6();
        break;
    case 87 :x_7();
        break;
    case 88 :x_8();
        break;
    case 89 :x_9();
        break;
}

value_int1 >= 90) //09.0Unit - 09.9Unit
f(value_int1 <= 99)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case 92 :x_2();
break;
case 93 :x_3();
break;
case 94 :x_4();
break;
case 95 :x_5();
break;
case 96 :x_6();
break;
case 97 :x_7();
break;
case 98 :x_8();
break;
case 99 :x_9();
break;
}

lue_int1 >= 100) //10.0Unit - 10.9Unit
f(value_int1 <= 109)
x10();
switch(value_int1)
{
case 100 :x_0();
break;
case 101 :x_1();
break;
case 102 :x_2();
break;
case 103 :x_3();
break;
case 104 :x_4();
break;
case 105 :x_5();
break;
case 106 :x_6();
break;
case 107 :x_7();
break;
case 108 :x_8();
break;
case 109 :x_9();
break;
}

lue_int1 >= 110) //11.0Unit - 11.9Unit
f(value_int1 <= 119)
x11();
switch(value_int1)
{
case 110 :x_0();
break;
case 111 :x_1();
break;
case 112 :x_2();
break;
case 113 :x_3();
break;
case 114 :x_4();
break;
case 115 :x_5();
break;
case 116 :x_6();
break;
case 117 :x_7();
break;
case 118 :x_8();
break;
case 119 :x_9();
break;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        break;
    case 121 :x_1();
        break;
    case 122 :x_2();
        break;
    case 123 :x_3();
        break;
    case 124 :x_4();
        break;
    case 125 :x_5();
        break;
    case 126 :x_6();
        break;
    case 127 :x_7();
        break;
    case 128 :x_8();
        break;
    case 129 :x_9();
        break;
}

```

```

lue_int1 >= 130) //13.0Unit - 13.9Unit

```

```

f(value_int1 <= 139)

```

```

x13();
switch(value_int1)
{
    case 130 :x_0();
        break;
    case 131 :x_1();
        break;
    case 132 :x_2();
        break;
    case 133 :x_3();
        break;
    case 134 :x_4();
        break;
    case 135 :x_5();
        break;
    case 136 :x_6();
        break;
    case 137 :x_7();
        break;
    case 138 :x_8();
        break;
    case 139 :x_9();
        break;
}

```

```

lue_int1 >= 140) //14.0Unit - 14.9Unit

```

```

f(value_int1 <= 149)

```

```

x14();
switch(value_int1)
{
    case 140 :x_0();
        break;
    case 141 :x_1();
        break;
    case 142 :x_2();
        break;
    case 143 :x_3();
        break;
    case 144 :x_4();
        break;
    case 145 :x_5();
        break;
    case 146 :x_6();
        break;
    case 147 :x_7();
        break;
    case 148 :x_8();
        break;
    case 149 :x_9();
        break;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

switch(value_int1)
{
    case 150 :x_0();
                break;
    case 151 :x_1();
                break;
    case 152 :x_2();
                break;
    case 153 :x_3();
                break;
    case 154 :x_4();
                break;
    case 155 :x_5();
                break;
    case 156 :x_6();
                break;
    case 157 :x_7();
                break;
    case 158 :x_8();
                break;
    case 159 :x_9();
                break;
}

```

```

value_int1 >= 160) //16.0Unit - 16.9Unit

```

```

if(value_int1 <= 169)

```

```

x16();
switch(value_int1)
{
    case 160 :x_0();
                break;
    case 161 :x_1();
                break;
    case 162 :x_2();
                break;
    case 163 :x_3();
                break;
    case 164 :x_4();
                break;
    case 165 :x_5();
                break;
    case 166 :x_6();
                break;
    case 167 :x_7();
                break;
    case 168 :x_8();
                break;
    case 169 :x_9();
                break;
}

```

```

value_int1 >= 170) //17.0Unit - 17.9Unit

```

```

if(value_int1 <= 179)

```

```

x17();
switch(value_int1)
{
    case 170 :x_0();
                break;
    case 171 :x_1();
                break;
    case 172 :x_2();
                break;
    case 173 :x_3();
                break;
    case 174 :x_4();
                break;
    case 175 :x_5();
                break;
    case 176 :x_6();
                break;
    case 177 :x_7();
                break;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(value_int1 <= 189)
```

```
x18();
switch(value_int1)
{
    case 180 :x_0();
              break;
    case 181 :x_1();
              break;
    case 182 :x_2();
              break;
    case 183 :x_3();
              break;
    case 184 :x_4();
              break;
    case 185 :x_5();
              break;
    case 186 :x_6();
              break;
    case 187 :x_7();
              break;
    case 188 :x_8();
              break;
    case 189 :x_9();
              break;
}
```

```
value_int1 >= 190) //19.0Unit - 19.9Unit
```

```
if(value_int1 <= 199)
```

```
x19();
switch(value_int1)
{
    case 190 :x_0();
              break;
    case 191 :x_1();
              break;
    case 192 :x_2();
              break;
    case 193 :x_3();
              break;
    case 194 :x_4();
              break;
    case 195 :x_5();
              break;
    case 196 :x_6();
              break;
    case 197 :x_7();
              break;
    case 198 :x_8();
              break;
    case 199 :x_9();
              break;
}
```

```
value_int1 == 200)
```

```
x20():x_0();
```

```
value_int1 <= 200)
```

```
xu_measure();
```

```
value_int1 >= 201)
```

```
xu_overrange();
```

```
sh_gsm_code();
```

```
_now();
```

```
y_command(800);
```

```
l;
```

Function for monitoring water level -----

```
i_water_P2(void)
```

```
0;
_command();
and_send_water_P2();
t_gsm_code();
number();
r_phone_code_water_P2();
ch(P2)
```

```
case 0xff : x00();
```



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xfe : x01();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xfc : x02();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xf8 : x03();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xf0 : x04();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xe0 : x05();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0xc0 : x06();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0x80 : x07();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
.se 0x00 : x08();
    x_0();
    xm_water_P2();
    break;
efault : x00();
    x_0();
    xm_sensor_error();
```

```
h_gsm_code();
now();
_command(800);
1;
```

```
unction for monitoring measurement ADC -----
_measure_adc(void)
```

```
0;
command();
nd_send_measure();
_gsm_code();
umber();
_phone_code_measure();
<= 0x09)
```

```
.00();
witch(P0)
```

```
case 0x00 : x_0();
            break;
case 0x01 : x_1();
            break;
case 0x02 : x_2();
            break;
case 0x03 : x_3();
            break;
case 0x04 : x_4();
            break;
case 0x05 : x_5();
            break;
case 0x06 : x_6();
            break;
case 0x07 : x_7();
            break;
case 0x08 : x_8();
            break;
case 0x09 : x_9();
            break;
```

```
1
```

```
) >= 0x0a)
```

```
if(P0 <= 0x13)
```

```
{
    x01();เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
    switch(P0)
    {
        1.ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```

    case 0x0a : x_0();
                break;
    case 0x0b : x_1();
                break;
    case 0x0c : x_2();
                break;
    case 0x0d : x_3();
                break;
    case 0x0e : x_4();
                break;
    case 0x0f : x_5();
                break;
    case 0x10 : x_6();
                break;
    case 0x11 : x_7();
                break;
    case 0x12 : x_8();
                break;
    case 0x13 : x_9();
                break;
}

```

```

    >= 0x14)

```

```

if(P0 <= 0x1d)

```

```

    x02();
    switch(P0)
    {
        case 0x14 : x_0();
                    break;
        case 0x15 : x_1();
                    break;
        case 0x16 : x_2();
                    break;
        case 0x17 : x_3();
                    break;
        case 0x18 : x_4();
                    break;
        case 0x19 : x_5();
                    break;
        case 0x1a : x_6();
                    break;
        case 0x1b : x_7();
                    break;
        case 0x1c : x_8();
                    break;
        case 0x1d : x_9();
                    break;
    }

```

```

    >= 0x1e)

```

```

if(P0 <= 0x27)

```

```

    x03();
    switch(P0)
    {
        case 0x1e : x_0();
                    break;
        case 0x1f : x_1();
                    break;
        case 0x20 : x_2();
                    break;
        case 0x21 : x_3();
                    break;
        case 0x22 : x_4();
                    break;
        case 0x23 : x_5();
                    break;
        case 0x24 : x_6();
                    break;
        case 0x25 : x_7();
                    break;
        case 0x26 : x_8();
                    break;
        case 0x27 : x_9();
                    break;
    }

```

```

    >= 0x28)

```

```

if(P0 <= 0x31)

```

```

{
    เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
    ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
}

```

```

x04();
switch(P0)
{
    case 0x28 : x_0();
                break;
    case 0x29 : x_1();
                break;
    case 0x2a : x_2();
                break;
    case 0x2b : x_3();
                break;
    case 0x2c : x_4();
                break;
    case 0x2d : x_5();
                break;
    case 0x2e : x_6();
                break;
    case 0x2f : x_7();
                break;
    case 0x30 : x_8();
                break;
    case 0x31 : x_9();
                break;
}

>= 0x32)
f(P0 <= 0x3b)
x05();
switch(P0)
{
    case 0x32 : x_0();
                break;
    case 0x33 : x_1();
                break;
    case 0x34 : x_2();
                break;
    case 0x35 : x_3();
                break;
    case 0x36 : x_4();
                break;
    case 0x37 : x_5();
                break;
    case 0x38 : x_6();
                break;
    case 0x39 : x_7();
                break;
    case 0x3a : x_8();
                break;
    case 0x3b : x_9();
                break;
}

>= 0x3c)
f(P0 <= 0x45)
x06();
switch(P0)
{
    case 0x3c : x_0();
                break;
    case 0x3d : x_1();
                break;
    case 0x3e : x_2();
                break;
    case 0x3f : x_3();
                break;
    case 0x40 : x_4();
                break;
    case 0x41 : x_5();
                break;
    case 0x42 : x_6();
                break;
    case 0x43 : x_7();
                break;
    case 0x44 : x_8();
                break;
    case 0x45 : x_9();
                break;
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

0 >= 0x46) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(P0 <= 0x4f)
    x07();
    switch(P0)
    {
        case 0x46 : x_0();
                    break;
        case 0x47 : x_1();
                    break;
        case 0x48 : x_2();
                    break;
        case 0x49 : x_3();
                    break;
        case 0x4a : x_4();
                    break;
        case 0x4b : x_5();
                    break;
        case 0x4c : x_6();
                    break;
        case 0x4d : x_7();
                    break;
        case 0x4e : x_8();
                    break;
        case 0x4f : x_9();
                    break;
    }

```

>= 0x50)

```

if(P0 <= 0x59)
    x08();
    switch(P0)
    {
        case 0x50 : x_0();
                    break;
        case 0x51 : x_1();
                    break;
        case 0x52 : x_2();
                    break;
        case 0x53 : x_3();
                    break;
        case 0x54 : x_4();
                    break;
        case 0x55 : x_5();
                    break;
        case 0x56 : x_6();
                    break;
        case 0x57 : x_7();
                    break;
        case 0x58 : x_8();
                    break;
        case 0x59 : x_9();
                    break;
    }

```

) >= 0x5a)

```

if(P0 <= 0x63)
    x09();
    switch(P0)
    {
        case 0x5a : x_0();
                    break;
        case 0x5b : x_1();
                    break;
        case 0x5c : x_2();
                    break;
        case 0x5d : x_3();
                    break;
        case 0x5e : x_4();
                    break;
        case 0x5f : x_5();
                    break;
        case 0x60 : x_6();
                    break;
        case 0x61 : x_7();
                    break;
        case 0x62 : x_8();
                    break;
        case 0x63 : x_9();
                    break;
    }

```



>= 0x64)

f(P0 <= 0x6d)

```
x10();
switch(P0)
{
    case 0x64 : x_0();
                break;
    case 0x65 : x_1();
                break;
    case 0x66 : x_2();
                break;
    case 0x67 : x_3();
                break;
    case 0x68 : x_4();
                break;
    case 0x69 : x_5();
                break;
    case 0x6a : x_6();
                break;
    case 0x6b : x_7();
                break;
    case 0x6c : x_8();
                break;
    case 0x6d : x_9();
                break;
}
```

>= 0x6e)

f(P0 <= 0x77)

```
x11();
switch(P0)
{
    case 0x6e : x_0();
                break;
    case 0x6f : x_1();
                break;
    case 0x70 : x_2();
                break;
    case 0x71 : x_3();
                break;
    case 0x72 : x_4();
                break;
    case 0x73 : x_5();
                break;
    case 0x74 : x_6();
                break;
    case 0x75 : x_7();
                break;
    case 0x76 : x_8();
                break;
    case 0x77 : x_9();
                break;
}
```

f >= 0x78)

f(P0 <= 0x81)

```
x12();
switch(P0)
{
    case 0x78 : x_0();
                break;
    case 0x79 : x_1();
                break;
    case 0x7a : x_2();
                break;
    case 0x7b : x_3();
                break;
    case 0x7c : x_4();
                break;
    case 0x7d : x_5();
                break;
    case 0x7e : x_6();
                break;
    case 0x7f : x_7();
                break;
    case 0x80 : x_8();
                break;
    case 0x81 : x_9();
                break;
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 วิศวกรรมไฟฟ้า อื่นๆ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case 0x81 : x_9();
                break;
    }

    >= 0x82)

f(P0 <= 0x8b)
    x13();
    switch(P0)
    {
        case 0x82 : x_0();
                    break;
        case 0x83 : x_1();
                    break;
        case 0x84 : x_2();
                    break;
        case 0x85 : x_3();
                    break;
        case 0x86 : x_4();
                    break;
        case 0x87 : x_5();
                    break;
        case 0x88 : x_6();
                    break;
        case 0x89 : x_7();
                    break;
        case 0x8a : x_8();
                    break;
        case 0x8b : x_9();
                    break;
    }

    >= 0x8c)

f(P0 <= 0x95)
    x14();
    switch(P0)
    {
        case 0x8c : x_0();
                    break;
        case 0x8d : x_1();
                    break;
        case 0x8e : x_2();
                    break;
        case 0x8f : x_3();
                    break;
        case 0x90 : x_4();
                    break;
        case 0x91 : x_5();
                    break;
        case 0x92 : x_6();
                    break;
        case 0x93 : x_7();
                    break;
        case 0x94 : x_8();
                    break;
        case 0x95 : x_9();
                    break;
    }

    >= 0x96)

f(P0 <= 0x9f)
    x15();
    switch(P0)
    {
        case 0x96 : x_0();
                    break;
        case 0x97 : x_1();
                    break;
        case 0x98 : x_2();
                    break;
        case 0x99 : x_3();
                    break;
        case 0x9a : x_4();
                    break;
        case 0x9b : x_5();
                    break;
        case 0x9c : x_6();
                    break;
        case 0x9d : x_7();
                    break;
    }

```



```

        break;
    case 0x9e : x_8();
                break;
    case 0x9f : x_9();
                break;
}

```

```
>= 0xa0)
```

```

f(P0 <= 0xa9)
x16();
switch(P0)
{
    case 0xa0 : x_0();
                break;
    case 0xa1 : x_1();
                break;
    case 0xa2 : x_2();
                break;
    case 0xa3 : x_3();
                break;
    case 0xa4 : x_4();
                break;
    case 0xa5 : x_5();
                break;
    case 0xa6 : x_6();
                break;
    case 0xa7 : x_7();
                break;
    case 0xa8 : x_8();
                break;
    case 0xa9 : x_9();
                break;
}

```

```
>= 0xaa)
```

```

f(P0 <= 0xb3)
x17();
switch(P0)
{
    case 0xaa : x_0();
                break;
    case 0xab : x_1();
                break;
    case 0xac : x_2();
                break;
    case 0xad : x_3();
                break;
    case 0xae : x_4();
                break;
    case 0xaf : x_5();
                break;
    case 0xb0 : x_6();
                break;
    case 0xb1 : x_7();
                break;
    case 0xb2 : x_8();
                break;
    case 0xb3 : x_9();
                break;
}

```

```
) >= 0xb4)
```

```

.f(P0 <= 0xbd)
{
    x18();
    switch(P0)
    {
        case 0xb4 : x_0();
                    break;
        case 0xb5 : x_1();
                    break;
        case 0xb6 : x_2();
                    break;
        case 0xb7 : x_3();
                    break;
        case 0xb8 : x_4();
                    break;
        case 0xb9 : x_5();
                    break;
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ใดๆอย่างอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case 0xba : x_6();
                break;
    case 0xbb : x_7();
                break;
    case 0xbc : x_8();
                break;
    case 0xbd : x_9();
                break;
}

>= 0xbe)
if(P0 <= 0xc7)
    x19();
    switch(P0)
    {
        case 0xbe : x_0();
                    break;
        case 0xbf : x_1();
                    break;
        case 0xc0 : x_2();
                    break;
        case 0xc1 : x_3();
                    break;
        case 0xc2 : x_4();
                    break;
        case 0xc3 : x_5();
                    break;
        case 0xc4 : x_6();
                    break;
        case 0xc5 : x_7();
                    break;
        case 0xc6 : x_8();
                    break;
        case 0xc7 : x_9();
                    break;
    }

) >= 0xc8)
if(P0 <= 0xd1)
    x20();
    switch(P0)
    {
        case 0xc8 : x_0();
                    break;
        case 0xc9 : x_1();
                    break;
        case 0xca : x_2();
                    break;
        case 0xcb : x_3();
                    break;
        case 0xcc : x_4();
                    break;
        case 0xcd : x_5();
                    break;
        case 0xce : x_6();
                    break;
        case 0xcf : x_7();
                    break;
        case 0xd0 : x_8();
                    break;
        case 0xd1 : x_9();
                    break;
    }

)
0 >= 0xd2)
if(P0 <= 0xdb)
{
    x21();
    switch(P0)
    {
        case 0xd2 : x_0();
                    break;
        case 0xd3 : x_1();
                    break;
        case 0xd4 : x_2();
                    break;
        case 0xd5 : x_3();
                    break;
        case 0xd6 : x_4();
                    break;
    }
}

```



```

        break;
    case 0xd7 : x_5();
                break;
    case 0xd8 : x_6();
                break;
    case 0xd9 : x_7();
                break;
    case 0xda : x_8();
                break;
    case 0xdb : x_9();
                break;
    }

    >= 0xdc)
if(P0 <= 0xe5)
    x22();
    switch(P0)
    {
        case 0xdc : x_0();
                    break;
        case 0xdd : x_1();
                    break;
        case 0xde : x_2();
                    break;
        case 0xdf : x_3();
                    break;
        case 0xe0 : x_4();
                    break;
        case 0xe1 : x_5();
                    break;
        case 0xe2 : x_6();
                    break;
        case 0xe3 : x_7();
                    break;
        case 0xe4 : x_8();
                    break;
        case 0xe5 : x_9();
                    break;
    }

    >= 0xe6)
if(P0 <= 0xef)
    x23();
    switch(P0)
    {
        case 0xe6 : x_0();
                    break;
        case 0xe7 : x_1();
                    break;
        case 0xe8 : x_2();
                    break;
        case 0xe9 : x_3();
                    break;
        case 0xea : x_4();
                    break;
        case 0xeb : x_5();
                    break;
        case 0xec : x_6();
                    break;
        case 0xed : x_7();
                    break;
        case 0xee : x_8();
                    break;
        case 0xef : x_9();
                    break;
    }

    }

    0 >= 0xf0)
if(P0 <= 0xf9)
    {
        x24();
        switch(P0)
        {
            case 0xf0 : x_0();
                        break;
            case 0xf1 : x_1();
                        break;
            case 0xf2 : x_2();
                        break;

```

```

    case 0xf3 : x_3();
                break;
    case 0xf4 : x_4();
                break;
    case 0xf5 : x_5();
                break;
    case 0xf6 : x_6();
                break;
    case 0xf7 : x_7();
                break;
    case 0xf8 : x_8();
                break;
    case 0xf9 : x_9();
                break;
}

>= 0xfa)
f(P0 <= 0xff)
x25();
switch(P0)
{
    case 0xfa : x_0();
                break;
    case 0xfb : x_1();
                break;
    case 0xfc : x_2();
                break;
    case 0xfd : x_3();
                break;
    case 0xfe : x_4();
                break;
    case 0xff : x_5();
                break;
}

measure();
sh_gsm_code();
now();
command(800);
I;

Function for control relay -----
rol_relay(void)

check_command;
command = 0;
get = 0;
new_mode

RI = 0;
while(RI != 1);
get_value[index_get] = SBUF;
index_get++;
RI = 0;
if(index_get == 66)
{
    if(get_value[61] == 0x31)
    {
        if(get_value[34] == phone_number[2])
        {
            if(get_value[35] == phone_number[1])
            {
                if(get_value[36] == phone_number[4])
                {
                    if(get_value[37] == phone_number[3])
                    {
                        if(get_value[38] == phone_number[6])
                        {
                            if(get_value[39] == phone_number[5])
                            {
                                if(get_value[40] == phone_number[8])
                                {
                                    if(get_value[41] == phone_number[7])
                                    {
                                        if(get_value[62] == 0x32)
                                        {
                                            switch(get_value[63])
                                            {
                                                case 0x41 : new_mode = 0;
                                                            index_get = 0;
                                                            break;
                                                case 0x33 ; new_mode = 0;
                                                            reset = 0;
                                                            break;
                                            }
                                        }
                                    }
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







```

    }
    if(get_value[71] != 0x41)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[70] != 0x39)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[69] != 0x45)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[68] != 0x41)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[67] != 0x43)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[66] != 0x37)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[65] != 0x30)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[64] != 0x46)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[63] != 0x30)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[62] != 0x46)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }
    if(get_value[61] != 0x39)
    {
        delay_command(500);
        index_get = 0;
    }
    }

```

-----  
: k\_mode(void)

```

    out_check_mode;
    check_mode = 1;
    k_get = 0;
    return(out_check_mode)

```

```

    RI = 0;
    while(RI != 1);
    get_value[index_get] = SBUF;
    index_get++;
    RI = 0;
    if(index_get == 80)
    {

```

if(get\_value[61] == 0x39) ทวงไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 {  
 if(get\_value[34] == phone\_number[2]) ปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(get_value[35] == phone_number[1])
{
    if(get_value[36] == phone_number[4])
    {
        if(get_value[37] == phone_number[3])
        {
            if(get_value[38] == phone_number[6])
            {
                if(get_value[39] == phone_number[5])
                {
                    if(get_value[40] == phone_number[8])
                    {
                        if(get_value[41] == phone_number[7])
                        {
                            if(get_value[62] == 0x45)
                            {
                                if(get_value[63] == 0x44)
                                {
                                    if(get_value[64] == 0x33)
                                    {
                                        if(get_value[65] == 0x37)
                                        {
                                            if(get_value[67] == 0x39)
                                            {
                                                if(get_value[68] == 0x41)
                                                {
                                                    if(get_value[69] == 0x36)
                                                    {
                                                        switch(get_value[66])
                                                        {
                                                            case 0x33 : mode = 1;
                                                            break;
                                                            case 0x35 : mode = 2;
                                                            break;
                                                            case 0x37 : mode = 3;
                                                            break;
                                                            case 0x39 : mode = 4;
                                                            break;
                                                            case 0x42 : mode = 5;
                                                            break;
                                                            default : mode = 0;
                                                        }
                                                    }
                                                    if(get_value[70] == 0x38)
                                                    {
                                                        switch(get_value[71])
                                                        {
                                                            case 0x32 : hour_a = 0;
                                                            break;
                                                            case 0x41 : hour_a = 1;
                                                            break;
                                                            default : mode = 0;
                                                        }
                                                    }
                                                    if(get_value[70] == 0x39)
                                                    {
                                                        hour_a = 2;
                                                    }
                                                    if(get_value[72] == 0x43)
                                                    {
                                                        switch(get_value[73])
                                                        {
                                                            case 0x31 : hour_b = 0;
                                                            break;
                                                            case 0x35 : hour_b = 1;
                                                            break;
                                                            case 0x39 : hour_b = 2;
                                                            break;
                                                            case 0x44 : hour_b = 3;
                                                            break;
                                                            default : mode = 0;
                                                        }
                                                    }
                                                }
                                            }
                                        }
                                    }
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
if(get_value[72] == 0x44)
{
    switch(get_value[73])
    {
        case 0x31 : hour_b = 4;
        break;
        case 0x35 : hour_b = 5;
        break;
        case 0x39 : hour_b = 6;
        break;
        case 0x44 : hour_b = 7;
        break;
        default : mode = 0;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    if(get_value[72] == 0x45)
    {
        switch(get_value[73])
        {
            case 0x31 : hour_b = 8;
                        break;
            case 0x35 : hour_b = 9;
                        break;
            default  : mode = 0;
        }
    }
    switch(get_value[75])
    {
        case 0x30 : min_a = 0;
                    break;
        case 0x32 : min_a = 1;
                    break;
        case 0x34 : min_a = 2;
                    break;
        case 0x36 : min_a = 3;
                    break;
        case 0x38 : min_a = 4;
                    break;
        case 0x41 : min_a = 5;
                    break;
        default  : mode = 0;
    }
    switch(get_value[77])
    {
        case 0x30 : min_b = 0;
                    break;
        case 0x31 : min_b = 1;
                    break;
        case 0x32 : min_b = 2;
                    break;
        case 0x33 : min_b = 3;
                    break;
        case 0x34 : min_b = 4;
                    break;
        case 0x35 : min_b = 5;
                    break;
        case 0x36 : min_b = 6;
                    break;
        case 0x37 : min_b = 7;
                    break;
        case 0x38 : min_b = 8;
                    break;
        case 0x39 : min_b = 9;
                    break;
        default  : mode = 0;
    }
    out_check_mode = 0;
    if(get_value[69] != 0x36)
    {
        send_error();
        index_get = 0;
    }
    if(get_value[68] != 0x41)
    {
        send_error();
        index_get = 0;
    }
    if(get_value[67] != 0x39)
    {
        send_error();
        index_get = 0;
    }
    if(get_value[65] != 0x37)
    {
        send_error();
        index_get = 0;
    }
    if(get_value[64] != 0x33)
    {
        send_error();
        index_get = 0;
    }
    if(get_value[63] != 0x44)
    {
        send_error();
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

if(new_mode == 0)
{
    send_new_mode();
}
check_mode();
new_mode = 1;
while(new_mode)
{
    switch(mode)
    {
        case 0 : send_error();
                new_mode = 0;
                break;
        case 1 : remote_moni_begin();          //send_serial("Monitoring electrical energy");
                delay_command(260);
                index_get = 0;
                ES = 1;
                run_time_delay();
                ES = 0;
                while(new_mode)
                {
                    moni_electric_int0();
                    delay_command(260);
                    index_get = 0;
                    ES = 1;
                    run_time_delay();
                    ES = 0;
                }
                break;
        case 2 : remote_moni_begin();          //send_serial("Monitoring count unit");
                delay_command(260);
                index_get = 0;
                ES = 1;
                run_time_delay();
                ES = 0;
                while(new_mode)
                {
                    moni_measure_int1();
                    delay_command(260);
                    index_get = 0;
                    ES = 1;
                    run_time_delay();
                    ES = 0;
                }
                break;
        case 3 : remote_moni_begin();          //send_serial("Monitoring water level");
                delay_command(260);
                index_get = 0;
                ES = 1;
                run_time_delay();
                ES = 0;
                while(new_mode)
                {
                    moni_water_P2();
                    delay_command(260);
                    index_get = 0;
                    ES = 1;
                    run_time_delay();
                    ES = 0;
                }
                break;
        case 4 : remote_moni_begin();          //send_serial("Monitoring analog signal");
                T0 = 0;
                delay_command(200);
                T0 = 1;
                index_get = 0;
                ES = 1;
                run_time_delay();
                ES = 0;
                while(new_mode)
                {
                    moni_measure_adc();
                    delay_command(260);
                    index_get = 0;
                    ES = 1;
                    run_time_delay();
                    ES = 0;
                }
                break;
        case 5 : remote_con_ready();          //send_serial("Remote control ON/OFF");
                control_relay();
                break;
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Finish Main Function =====



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก**

Datasheet IC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

## General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

## Features

- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

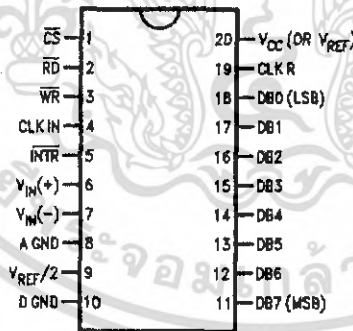
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5  $V_{CC}$ , 2.5  $V_{DC}$ , or analog span adjusted voltage reference

## Key Specifications

- Resolution 8 bits
- Total error  $\pm 1/4$  LSB,  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time 100  $\mu$ s

## Connection Diagram

**ADC080X**  
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



DS005671-30

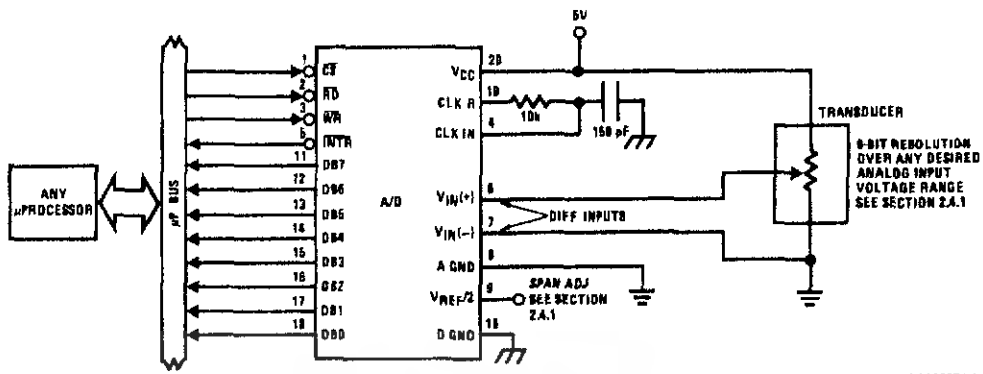
See Ordering Information

## Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	-40°C TO +85°C
ERROR	$\pm 1/4$ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	$\pm 1/2$ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	$\pm 1/2$ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	$\pm 1$ Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

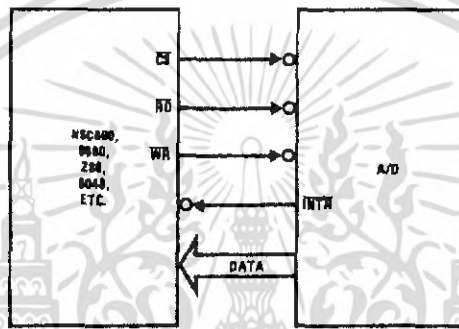
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

# Typical Applications



DS006871-1

## 8080 Interface



DS006871-31

**Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)**

Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2=2.500 V_{DC}$ (No Adjustments)	$V_{REF}/2=$ No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		$\pm 1$ LSB	
ADC0805			$\pm 1$ LSB

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
Other Input and Outputs	-0.3V to ( $V_{CC}+0.3V$ )
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
Through-Hole Package (plastic)	260°C
Through-Hole Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	260°C
Vapor Phase (60 seconds)	215°C

Infrared (15 seconds)	220°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

### Operating Ratings (Notes 1, 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0804LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of $V_{CC}$	4.5 $V_{DC}$ to 6.3 $V_{DC}$

### Electrical Characteristics

Following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK}=640$  kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2=2.500 V_{DC}$			$\pm 1$	LSB
805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			$\pm 1$	LSB
2 Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k $\Omega$ k $\Omega$
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC}+0.05$	$V_{DC}$
Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/2$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC}=5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/2$	LSB

### DC Electrical Characteristics

Following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	Conversion Time	$f_{CLK}=640$ kHz (Note 6)	103		114	$\mu\text{s}$
	Conversion Time	(Notes 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
	Clock Frequency	$V_{CC}=5V$ , (Note 5)	100	640	1460	kHz
	Clock Duty Cycle		40		60	%
	Conversion Rate in Free-Running Mode	$\overline{INTR}$ tied to $\overline{WR}$ with $\overline{CS}=0 V_{DC}$ , $f_{CLK}=640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W}$	Width of $\overline{WR}$ Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS}=0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
	Access Time (Delay from Falling Edge of $\overline{RD}$ to Output Data Valid)	$C_L=100$ pF		135	200	ns
$t_{OH}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of $\overline{RD}$ to Hi-Z State)	$C_L=10$ pF, $R_L=10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{RI}$	Delay from Falling Edge of $\overline{WR}$ or $\overline{RD}$ to Reset of $\overline{INTR}$			300	450	ns
	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF

## AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for  $V_{CC}=5 V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
<b>CONTROL INPUTS</b> [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=5.25 V_{DC}$	2.0		15	$V_{DC}$
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.8	$V_{DC}$
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=5 V_{DC}$		0.005	1	$\mu A_{DC}$
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN}=0 V_{DC}$	-1	-0.005		$\mu A_{DC}$
<b>CLOCK IN AND CLOCK R</b>						
$V_{T+}$	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	$V_{DC}$
$V_{T-}$	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	$V_{DC}$
$V_H$	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )		0.6	1.3	2.0	$V_{DC}$
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O=360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4	$V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O=-360 \mu A$ $V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
<b>DATA OUTPUTS AND INTR</b>						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT}=1.6 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$ $I_{OUT}=1.0 mA, V_{CC}=4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	$V_{DC}$ $V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-360 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O=-10 \mu A, V_{CC}=4.75 V_{DC}$	4.5			$V_{DC}$
$I_{OUT}$	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT}=0 V_{DC}$ $V_{OUT}=5 V_{DC}$	-3		3	$\mu A_{DC}$ $\mu A_{DC}$
$I_{SOURCE}$		$V_{OUT}$ Short to Gnd, $T_A=25^\circ C$	4.5	6		$mA_{DC}$
$I_{SINK}$		$V_{OUT}$ Short to $V_{CC}$ , $T_A=25^\circ C$	9.0	16		$mA_{DC}$
<b>POWER SUPPLY</b>						
$I_{CC}$	Supply Current (Includes Ladder Current)	$f_{CLK}=640 kHz$ , $V_{REF}/2=NC, T_A=25^\circ C$ and $\overline{CS}=5V$				
	ADC0801/02/03/04LCJ/05			1.1	1.8	mA
	ADC0804LCN/LCWM			1.9	2.5	mA

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

**Note 2:** All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

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

**Note 4:** For  $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$  the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. Be careful, during testing at low  $V_{CC}$  levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0  $V_{DC}$  to 5  $V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of  $4.950 V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

**Note 5:** Accuracy is guaranteed at  $f_{CLK} = 640 kHz$ . At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

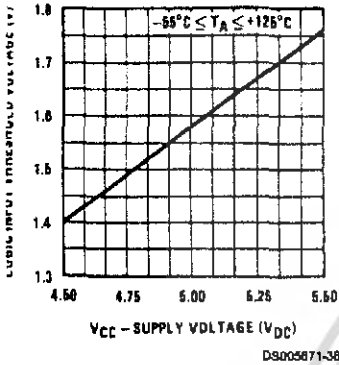
**Note 6:** With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 4 and section 2.0.

## Electrical Characteristics (Continued)

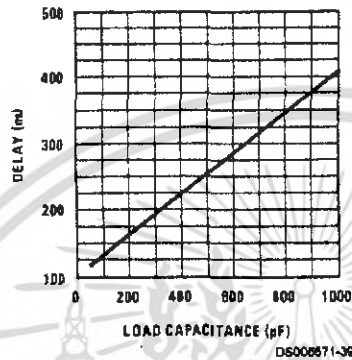
- 7: The  $\overline{CS}$  input is assumed to bracket the  $\overline{WR}$  strobe input and therefore timing is dependent on the  $\overline{WR}$  pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the  $\overline{WR}$  pulse (see timing diagrams).
- 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 7.
- 9: The  $V_{REF/2}$  pin is the center point of a two-resistor divider connected from  $V_{CC}$  to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and 20805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 k $\Omega$ . In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 k $\Omega$ .
- 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

## Typical Performance Characteristics

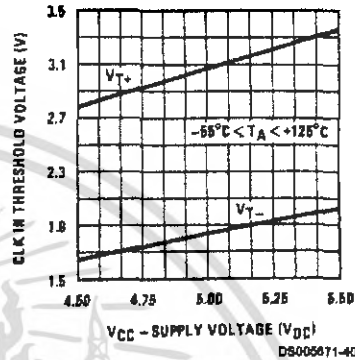
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



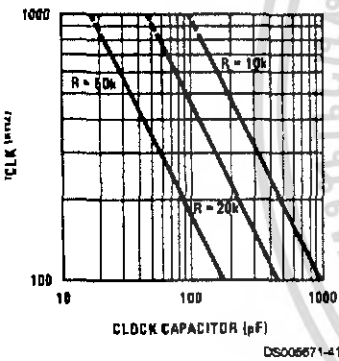
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



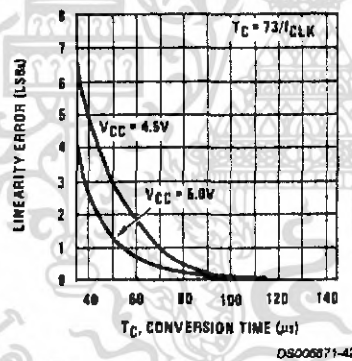
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



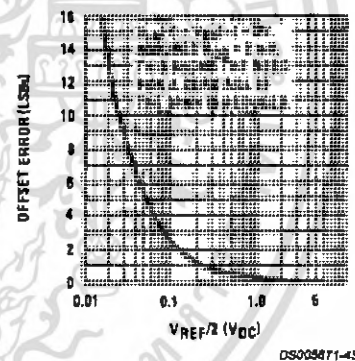
CLK vs. Clock Capacitor



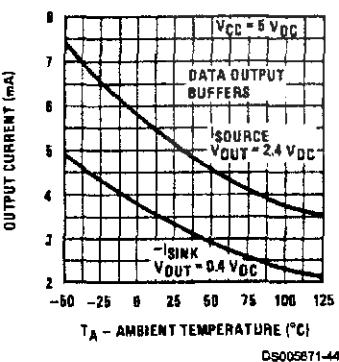
Full-Scale Error vs. Conversion Time



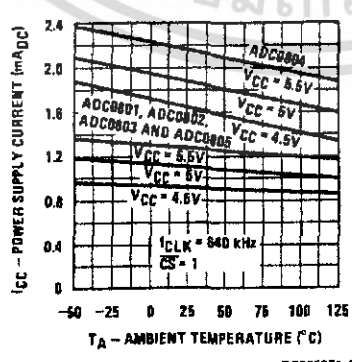
Effect of Unadjusted Offset Error vs. VREF/2 Voltage



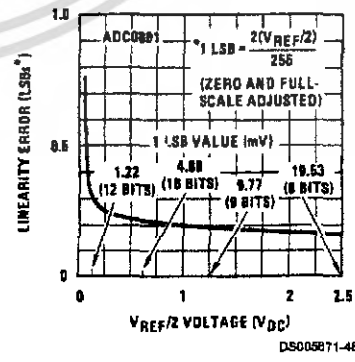
Output Current vs. Temperature



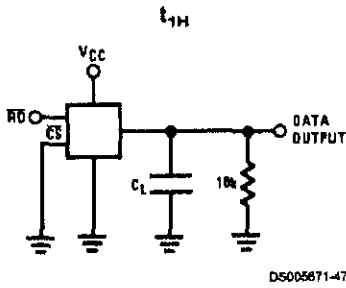
Power Supply Current vs. Temperature (Note 9)



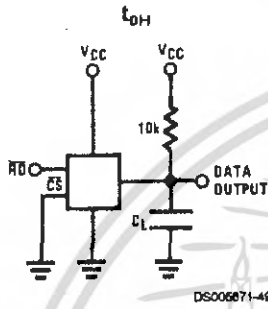
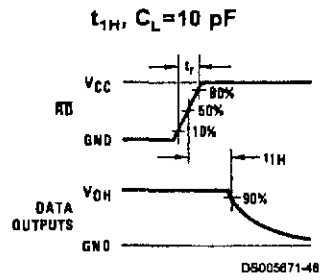
Linearity Error at Low VREF/2 Voltages



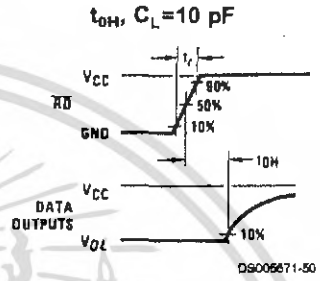
### TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



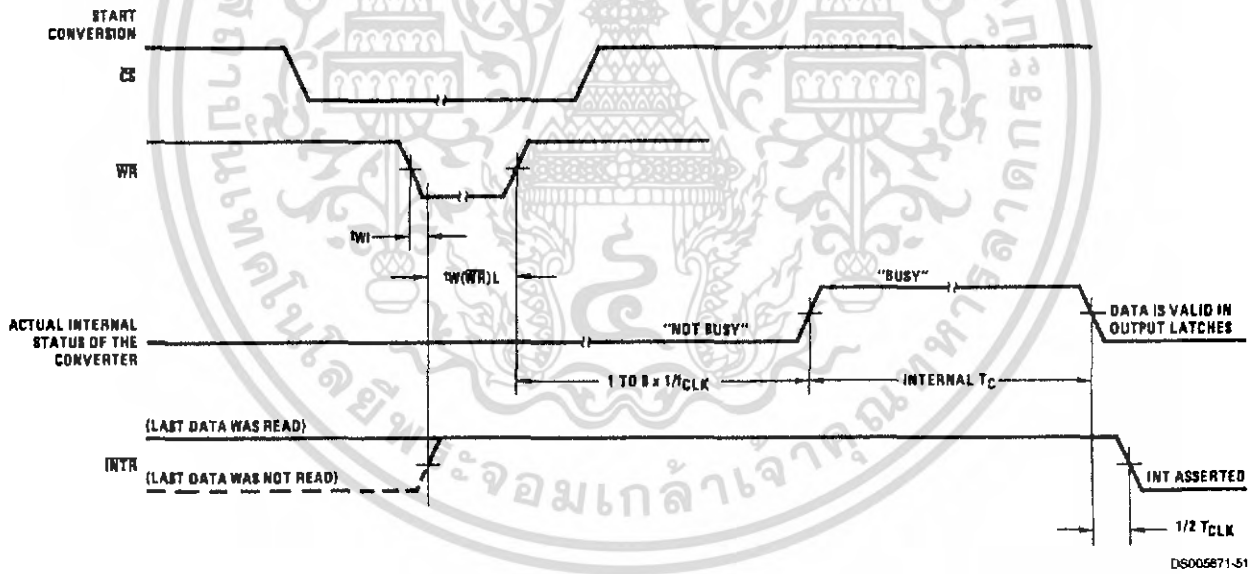
$t_r = 20 \text{ ns}$



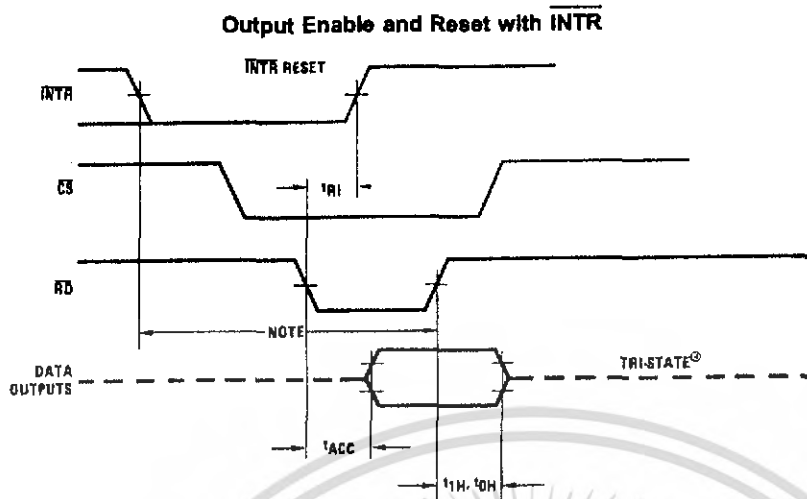
$t_r = 20 \text{ ns}$



### Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



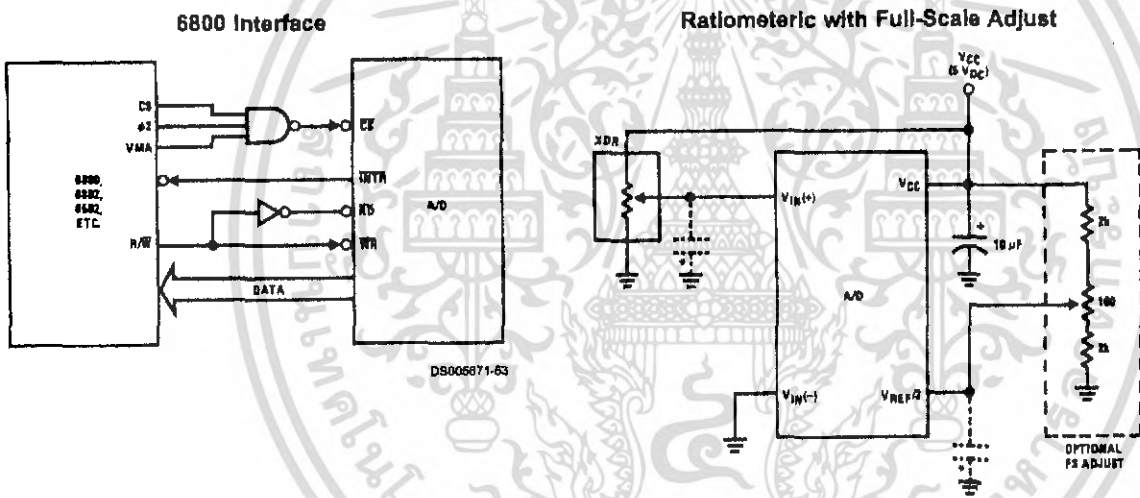
**Timing Diagrams** (All timing is measured from the 50% voltage points) (Continued)



DS005671-62

Note: Read strobe must occur 8 clock periods ( $8t_{CLK}$ ) after assertion of interrupt to guarantee reset of INTR.

**Typical Applications**



DS005671-63

DS005671-64

Note: before using caps at  $V_{IN}$  or  $V_{REF}/2$ , see section 2.3.2 Input Bypass Capacitors.

## Features

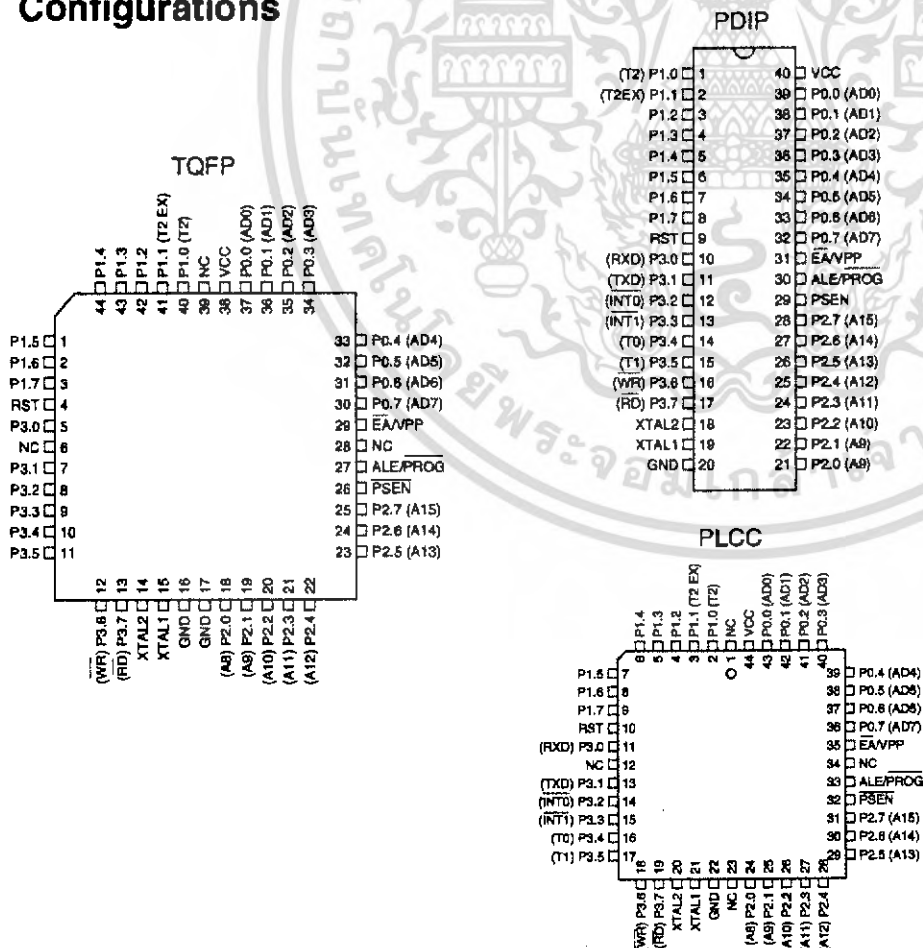
- Compatible with MCS-51™ Products
- 16K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
- Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- Operating Voltage Range: 2.7V to 5.5V
- Operating Frequency: 0 Hz to 33 MHz
- Low-Power Idle and Power-down Modes
- Programmable Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 8 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Two Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Hardware Watchdog Timer
- 8-bit Data Pointer
- Power-off Flag

## Description

AT89C55WD is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 16K bytes of Flash programmable read only memory and 256 bytes of RAM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and

(continued)

## Configurations



Rev. 1921A-08/00



8-bit  
Microcontroller  
with 20K Bytes  
Flash

AT89C55WD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่เอกสารนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

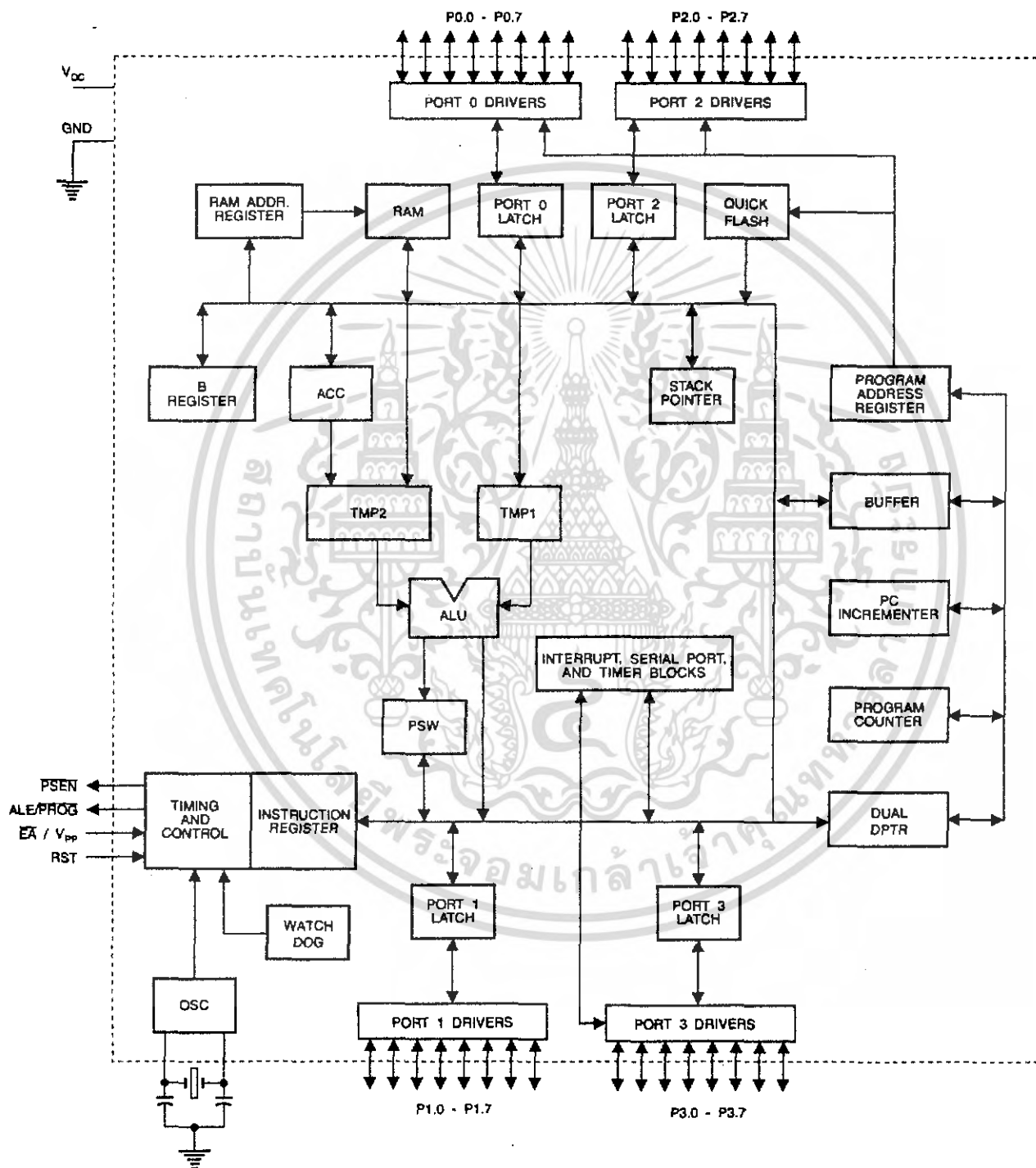




it. The on-chip Flash allows the program memory to be programmed by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash

on a monolithic chip, the Atmel AT89C55WD is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

## Block Diagram



The AT89C55WD provides the following standard features: 20K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการ  
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t timer/counters, a six-vector, two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and circuitry. In addition, the AT89C55WD is designed static logic for operation down to zero frequency and ports two software selectable power saving modes. The Mode stops the CPU while allowing the RAM, /counters, serial port, and interrupt system to continue ioning. The Power-down Mode saves the RAM content but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.

## Description

ply voltage.

ind.

0

0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pull-ups.

0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pull-ups are required during program operation.

1

1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pull-ups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pull-ups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

### Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pull-ups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pull-ups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C55WD, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. This pin drives High for 96 oscillator periods after the Watchdog times out. The DISRTO bit in SFR AUXR (address 8EH) can be used to disable this feature. In the default state of bit DISTRO, the RESET HIGH out feature is enabled.

### ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external





y. This pin is also the program pulse input ( $\overline{\text{PROG}}$ ) Flash programming.

nal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 oscillator frequency and may be used for external or clocking purposes. Note, however, that one ALE is skipped during each access to external data y.

red, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of location 8EH. With the bit set, ALE is active only during MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is y pulled high. Setting the ALE-disable bit has no if the microcontroller is in external execution mode.

cycle, except that two  $\overline{\text{PSEN}}$  activations are skipped during each access to external data memory.

#### $\overline{\text{EA/VPP}}$

External Access Enable.  $\overline{\text{EA}}$  must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed,  $\overline{\text{EA}}$  will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$  should be strapped to  $V_{CC}$  for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ( $V_{PP}$ ) during Flash programming.

#### XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

#### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

ram Store Enable is the read strobe to external memory.

the AT89C55WD is executing code from external memory,  $\overline{\text{PSEN}}$  is activated twice each machine

### 1. AT89C55WD SFR Map and Reset Values

0FH								0FFH
0EH	B 00000000							0F7H
0DH								0EFH
0CH	ACC 00000000							0E7H
0BH								0DFH
0AH	PSW 00000000							0D7H
09H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
08H								0C7H
07H	IP XX000000							0BFH
06H	P3 11111111							0B7H
05H	IE 0X000000							0AFH
04H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXX0				WDTRST XXXXXXXX	0A7H
03H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
02H	P1 11111111							97H
01H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXX0XX0	8FH
00H	P0 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000	PCON 0XXX0000	87H

## เอกสาร AT89C55WD

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Special Function Registers

Port of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Not that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

Software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Timer 2 Registers:** Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

**Interrupt Registers:** The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

### 2. T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H		Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/ $\overline{TL2}$	CP/ $\overline{RL2}$
	7	6	5	4	3	2	1	0
Bit	Function							
7	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.							
6	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).							
5	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.							
4	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.							
3	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.							
2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.							
1	Timer or counter select for Timer 2. C/ $\overline{TL2}$ = 0 for timer function. C/ $\overline{TL2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered).							
0	Capture/Reload select. CP/ $\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/ $\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.							



3a. AUXR: Auxiliary Register

SR	Address = 8EH	Reset Value = XXX00XX0B						
	Not Bit Addressable							
	-	-	-	WDIDLE	DISRTO	-	-	DISALE
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	Reserved for future expansion							
ALE	Disable/Enable ALE							
	DISALE Operating Mode							
	0 ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency							
	1 ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction							
TRO	Disable/Enable Reset out							
	DISRTO							
	0 Reset pin is driven High after WDT times out							
	1 Reset pin is input only							
IDLE	Disable/Enable WDT in IDLE mode							
	WDIDLE							
	0 WDT continues to count in IDLE mode							
	1 WDT halts counting in IDLE mode							

**Data Pointer Registers:** To facilitate accessing both internal and external data memory, two banks of 16-bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR addresses 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in AUXR1 selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.

**Power Off Flag:** The Power Off Flag (POF) is located at bit 4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by reset.

3b. AUXR1: Auxiliary Register 1

SR1	Address = A2H	Reset Value = XXXXXXX0B						
	Not Bit Addressable							
	-	-	-	-	-	-	-	DPS
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	Reserved for future expansion							
DPS	Data Pointer Register Select							
	0 Selects DPTR Registers DP0L, DP0H							
	1 Selects DPTR Registers DP1L, DP1H							

## Memory Organization

-51 devices have a separate address space for Program and Data Memory. Up to 64 Kbytes each of external Program and Data Memory can be addressed.

### Program Memory

If  $\overline{EA}$  pin is connected to GND, all program fetches are directed to external memory.

For AT89C55WD, if  $\overline{EA}$  is connected to  $V_{CC}$ , program fetches to addresses 0000H through 4FFFH are directed to on-chip memory and fetches to addresses 5000H through 7FFFH are to external memory.

### Data Memory

AT89C55WD implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are logically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

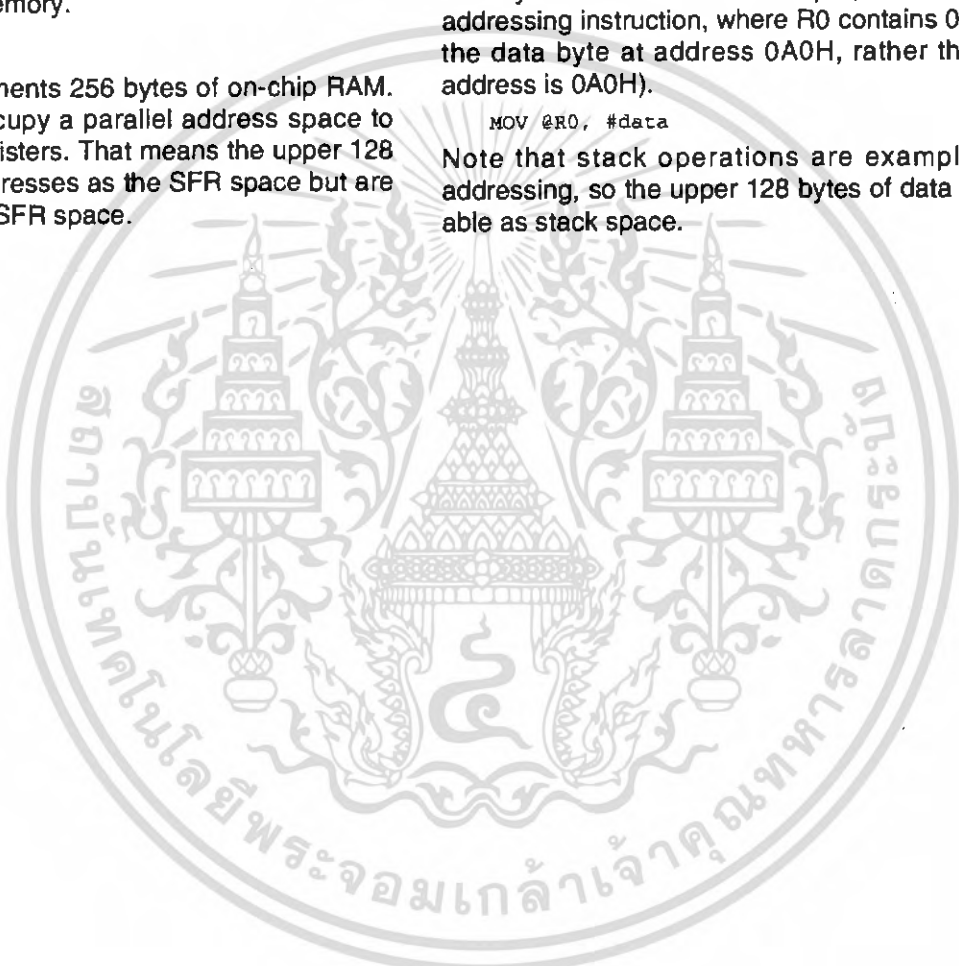
For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.





## Software Watchdog Timer (WDT) Enabled with Reset-out

The WDT is intended as a recovery method in situations where the CPU may be subjected to software upsets. The WDT consists of a 14-bit counter and the WatchDog Timer Register (WDTRST) SFR. The WDT is defaulted to disable exiting reset. To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. There is no way to disable the WDT except through a hardware reset (either hardware reset or WDT overflow reset). When the WDT overflows, it will drive an output RESET HIGH pulse at the RST pin.

### Enabling the WDT

To enable the WDT, a user must write 01EH and 0E1H in sequence to the WDTRST register (SFR location 0A6H). When the WDT is enabled, the user needs to service it by writing 01EH and 0E1H to WDTRST to avoid a WDT overflow. The 14-bit counter overflows when it reaches 16383 (01EH), and this will reset the device. When the WDT is enabled, it will increment every machine cycle while the oscillator is running. This means the user must reset the WDT at least every 16383 machine cycles. To reset the WDT the user must write 01EH and 0E1H to WDTRST. WDTRST is a write-only register. The WDT counter cannot be read or written. When WDT overflows, it will generate an output RESET pulse at the RST pin. The RESET pulse width is 98xTOSC, where TOSC=1/FOSC. To make the most use of the WDT, it should be serviced in those sections of code that will periodically be executed within the time required to prevent a WDT reset.

### WDT During Power-down and Idle

In Power-down mode the oscillator stops, which means the WDT also stops. While in Power-down mode, the user does not need to service the WDT. There are two methods of exiting Power-down mode: by a hardware reset or via a hardware-activated external interrupt which is enabled prior to entering Power-down mode. When Power-down is exited via hardware reset, servicing the WDT should occur as it normally does whenever the AT89C55WD is reset. Exiting Power-down with an interrupt is significantly different. The interrupt is held low long enough for the oscillator to stabilize. When the interrupt is brought high, the interrupt is serviced. To prevent the WDT from resetting the device while the interrupt pin is held low, the WDT is not started until the interrupt pin is pulled high. It is suggested that the WDT be serviced during the interrupt service for the interrupt used to exit Power-down.

To ensure that the WDT does not overflow within a few states of exiting Power-down, it is best to reset the WDT just before entering Power-down.

Before going into the IDLE mode, the WDIDLE bit in SFR AUXR is used to determine whether the WDT continues to count if enabled. The WDT keeps counting during IDLE (WDIDLE bit = 0) as the default state. To prevent the WDT from resetting the AT89C55WD while in IDLE mode, the user should always set up a timer that will periodically exit IDLE, service the WDT, and reenter IDLE mode.

With WDIDLE bit enabled, the WDT will stop to count in IDLE mode and resumes the count upon exit from IDLE.

## UART

The UART in the AT89C55WD operates the same way as the UART in the AT89C51 and AT89C52. For further information, see the December 1997 Microcontroller Data Book, page 2-48, section titled, "Serial Interface".

### Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C55WD operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51 and AT89C52.

### Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/T2 in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 4. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 4. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-Reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which

ransition was detected. Since two machine cycles (24  
 (for periods) are required to recognize a 1-to-0 transi-  
 he maximum count rate is 1/24 of the oscillator fre-  
 y. To ensure that a given level is sampled at least  
 before it changes, the level should be held for at least  
 all machine cycle.

### ure Mode

capture mode, two options are selected by bit  
 J2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer  
 ounter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON.  
 bit can then be used to generate an interrupt. If  
 J2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a  
 ) transition at external input T2EX also causes the

current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H  
 and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at  
 T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit,  
 like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is  
 illustrated in Figure 5.

### Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when  
 configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is  
 invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in  
 the SFR T2MOD (see Table 5). Upon reset, the DCEN bit  
 is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When  
 DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on  
 the value of the T2EX pin.

Figure 5. Timer in Capture Mode

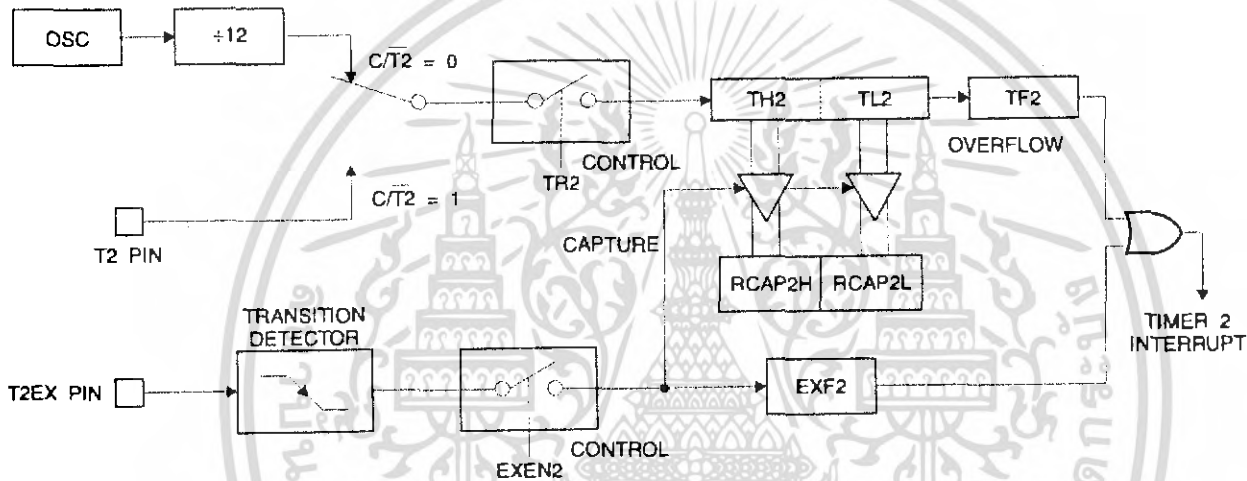


Figure 6 shows Timer 2 automatically counting up when  
 DCEN=0. In this mode, two options are selected by bit  
 EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to  
 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The  
 overflow also causes the timer registers to be reloaded  
 with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in  
 the registers in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset  
 by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered  
 by an overflow or by a 1-to-0 transition at external  
 T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the  
 TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

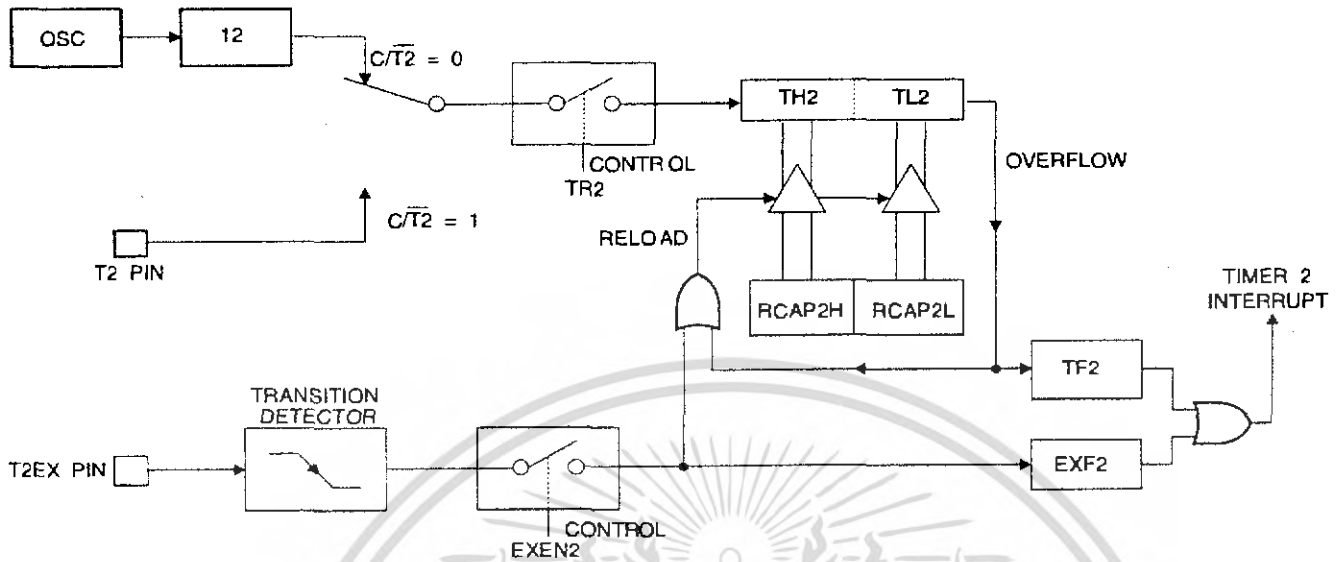
Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down,  
 as shown in Figure 6. In this mode, the T2EX pin controls

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2  
 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the  
 TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in  
 RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer regis-  
 ters, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer  
 underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in  
 RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and  
 causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or  
 underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In  
 this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

**e 6. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)**



**e 5. T2MOD—Timer 2 Mode Control Register**

T2MOD Address = 0C9H

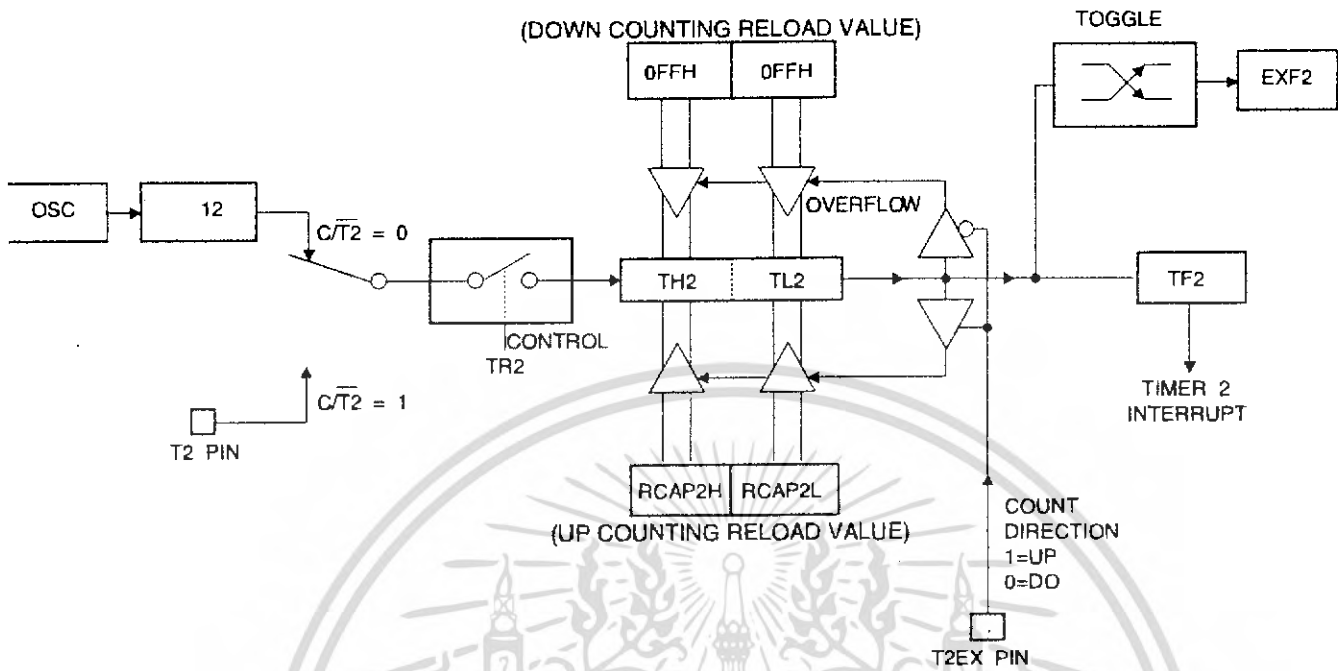
Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

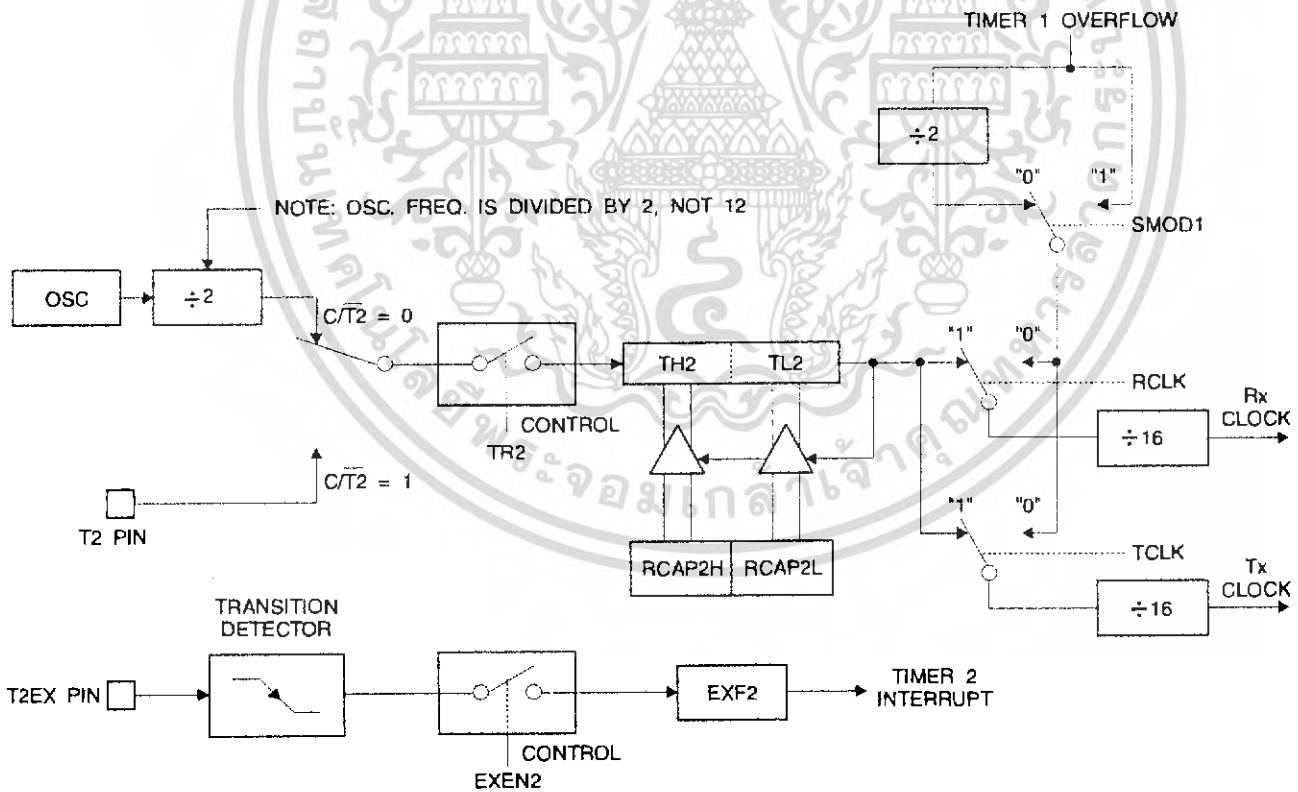
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

nbol	Function
	Not implemented, reserved for future
OE	Timer 2 Output Enable bit
EN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter

re 7. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)



re 8. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



## Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting RCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 8.

Baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

Baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2 overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

Timer 2 can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ( $CP/\overline{T2} = 0$ ). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

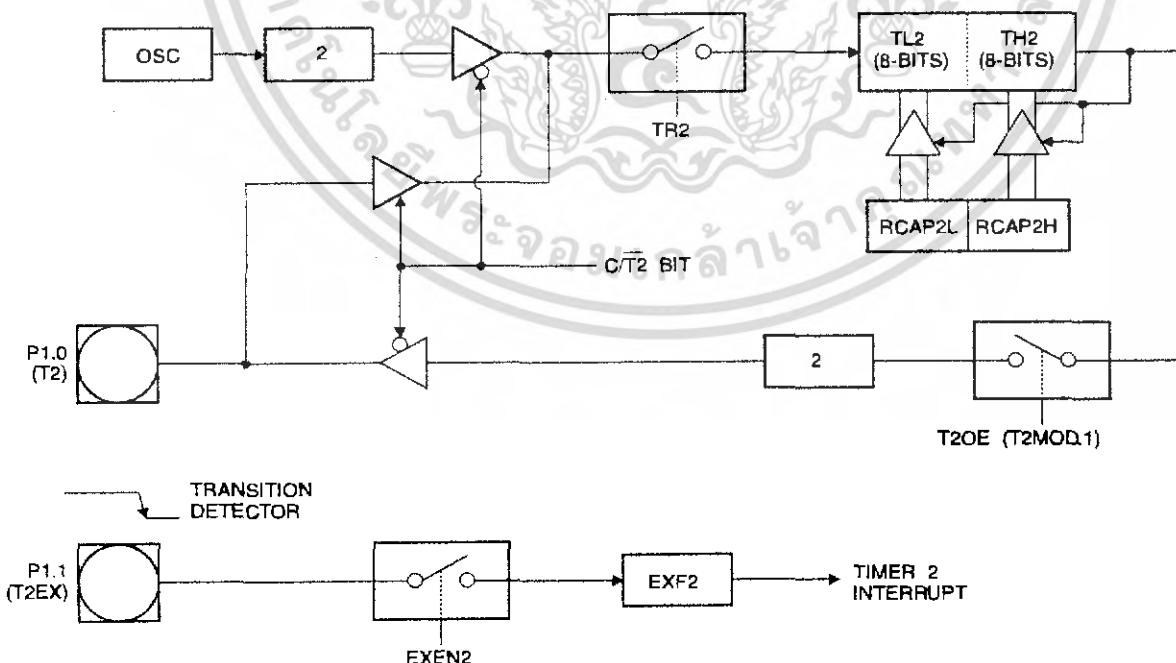
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - \text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 8. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ( $TR2 = 1$ ) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 9. Timer 2 in Clock-Out Mode



## Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on pin 1, as shown in Figure 9. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 kHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit 7 (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

## Interrupts

The AT89C55WD has a total of six interrupt vectors: two external interrupts (INT0 and INT1), three timer interrupts (TF0, TF1, and TF2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

As that Table 5 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C55WD, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to it. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at the end of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the next cycle in which the timer overflows.

Table 6. Interrupt Enable (IE) Register

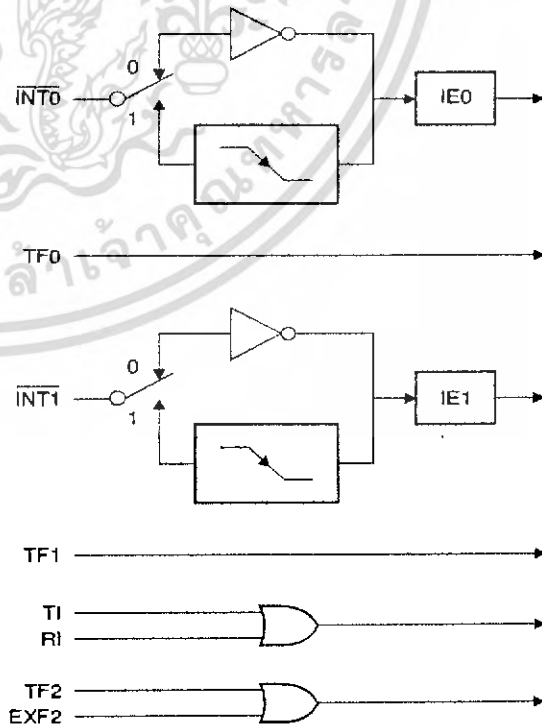
(MSB)								(LSB)
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
Enable Bit = 1 enables the interrupt.								
Enable Bit = 0 disables the interrupt.								

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 10. Interrupt Sources



## Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an on-chip inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the oscillator from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. There are no requirements on the duty cycle of the external signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## Idle Mode

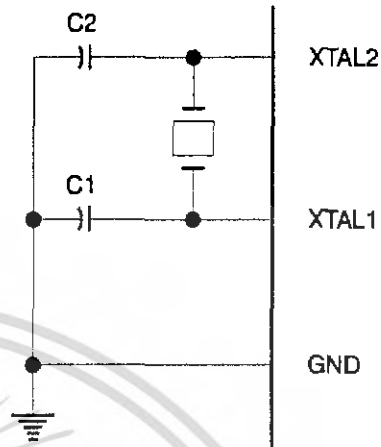
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special function registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

When idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution where it left off, up to two machine cycles before the normal reset algorithm takes control. On-chip hardware maintains its access to internal RAM in this event, but access to I/O port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that enters idle mode should not write to a port pin or to external memory.

## Power-down Mode

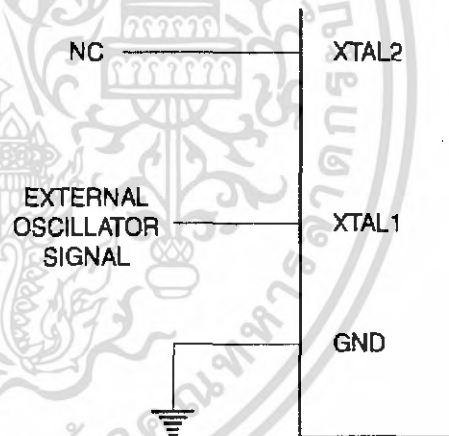
In Power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power-down mode is terminated. Exit from Power-down can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. Reset configures the SFRs but does not change the on-chip RAM. A hardware reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 11. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 12. External Clock Drive Configuration



## Table 7. Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Normal	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data



## +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

### General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where  $\pm 12V$  is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than  $5\mu W$ . The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

### Applications

Portable Computers  
Low-Power Modems  
Interface Translation  
Battery-Powered RS-232 Systems  
Multidrop RS-232 Networks

### Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications:  
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/  
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1 $\mu F$  External Capacitors (MAX3246E Available in a UCSP™ Package)
- ◆ For Low-Cost Applications:  
MAX221E:  $\pm 15kV$  ESD-Protected, +5V, 1 $\mu A$ , Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Ordering information continued at end of data sheet.

\*Contact factory for dice specifications.

### Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value ( $\mu F$ )	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

MAX220-MAX249

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )	-0.3V to +6V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	440mW
Input Voltages		16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	696mW
T <sub>IN</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> - 0.3V)	16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R <sub>IN</sub> (Except MAX220)	±30V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
R <sub>IN</sub> (MAX220)	±25V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
T <sub>OUT</sub> (Except MAX220) (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	640mW
T <sub>OUT</sub> (MAX220)	±13.2V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
Output Voltages		18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
T <sub>OUT</sub>	±15V	Operating Temperature Ranges	
R <sub>OUT</sub>	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)	MAX2_AC_, MAX2_C_	0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	MAX2_AE_, MAX2_E_	-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		MAX2_AM_, MAX2_M_	-55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW	Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C

**Note 1:** Input voltage measured with T<sub>OUT</sub> in high-impedance state, SHDN or V<sub>CC</sub> = 0V.

**Note 2:** For the MAX220, V<sub>+</sub> and V<sub>-</sub> can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

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 in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

V<sub>CC</sub> = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RS-232 TRANSMITTERS</b>					
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND	±5	±8		V
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220	2	1.4		V
	MAX220: V <sub>CC</sub> = 5.0V	2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation		5	40	µA
	SHDN = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220		±0.01	±1	
Output Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 5.5V, SHDN = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±15V, MAX222/242		±0.01	±10	µA
	V <sub>CC</sub> = SHDN = 0V		±0.01	±10	
	V <sub>OUT</sub> = ±15V			±10	
	MAX220, V <sub>OUT</sub> = ±12V			±25	
Data Rate			200	116	kbps
Transmitter Output Resistance	V <sub>CC</sub> = V <sub>+</sub> = V <sub>-</sub> = 0V, V <sub>OUT</sub> = ±2V	300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V <sub>OUT</sub> = 0V	±7	±22		mA
	MAX220			±60	
<b>RS-232 RECEIVERS</b>					
RS-232 Input Voltage Operating Range				±30	V
	MAX220			±25	
RS-232 Input Threshold Low	V <sub>CC</sub> = 5V	0.8	1.3		V
	MAX243 R <sub>2IN</sub> (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V <sub>CC</sub> = 5V		1.8	2.4	V
	MAX243 R <sub>2IN</sub> (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V <sub>CC</sub> = 5V, no hysteresis in shdn.	0.2	0.5	1	V
	MAX243		1		
RS-232 Input Resistance		3	5	7	kΩ
	T <sub>A</sub> = +25°C (MAX220)	3	5	7	

# +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

**MAX220-MAX249**

## LECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

$V_{CC} = +5V \pm 10\%$ ,  $C_1-C_4 = 0.1\mu F$ , MAX220,  $C_1 = 0.047\mu F$ ,  $C_2-C_4 = 0.33\mu F$ ,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 3.2mA$			0.2	0.4	V
	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX220)				0.4	
TL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1.0mA$		3.5	$V_{CC} - 0.2$		V
TL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing $V_{OUT} = GND$		-2	-10		mA
	Sinking $V_{OUT} = V_{CC}$		10	30		
TL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN} = V_{CC}$ or $\overline{EN} = V_{CC}$ ( $\overline{SHDN} = 0V$ for MAX222), $0V \leq V_{OUT} \leq V_{CC}$			$\pm 0.05$	$\pm 10$	$\mu A$
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
$V_{CC}$ Supply Current ( $\overline{SHDN} = V_{CC}$ ), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3k $\Omega$ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	$T_A = +25^\circ C$		0.1	10	$\mu A$
		$T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$		2	50	
		$T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$		2	50	
		$T_A = -55^\circ C$ to $+125^\circ C$		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				$\pm 1$	$\mu A$
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	$C_L = 50pF$ to $2500pF$ , $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$ , $V_{CC} = 5V$ , $T_A = +25^\circ C$ , measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/ $\mu s$
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	tPHLT	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	$\mu s$
		MAX220		4	10	
	tPLHT	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	tPHLR	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	$\mu s$
		MAX220		0.6	3	
	tPLHR	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	tPHLS	MAX242		0.5	10	$\mu s$
		MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	tER	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	tDR	MAX242		160	500	ns

**Note 3:** MAX243  $R_{2OUT}$  is guaranteed to be low when  $R_{2IN}$  is  $\geq 0V$  or is floating.

# 5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

$V_{CC} = +5V \pm 10\%$ , C1–C4 = 0.1 $\mu$ F, MAX220, C1 = 0.047 $\mu$ F, C2–C4 = 0.33 $\mu$ F,  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Transmitter-Output Enable Time (SHDN Goes High), Figure 4	MAX222/242, 0.1 $\mu$ F caps (includes charge-pump start-up)		250		$\mu$ s
Transmitter-Output Disable Time (SHDN Goes Low), Figure 4	MAX222/242, 0.1 $\mu$ F caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
	MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
	MAX220		225		

## Typical Operating Characteristics

### MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

