รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการโทรมาตร

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล

โครงการวิจัยร่วมภาครัฐกับภาคเอกชน ปีงบประมาณ 2547

สัญญาเลขที่ ครอ. 7/2547

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กุมภาพันธ์ 2548

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่วิจัย	1
	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
	หน่วยงานที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
	ระเบียบวิธีวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ระยะเวลาการวิจัย	4
	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
	อุปกรณ์การวิจัย	4
บทที่ 2	ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM และบริการข่าวสารสั้น	6
	ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM	6
	บริการส่งข่าวสารสั้น Short Message Service หรือ SMS)	7
	ข้อดีของการใช้งานบริการส่งข่าวสารสั้น ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM	9
	การส่งข้อมูลแบบ Stream	9
	การพัฒนาการสื่อสารข้อมูลบนโครงข่าย GSM	10
	ข้อดีของการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Stream เมื่อเทียบกับการส่งข่าวสารสั้น (SMS)	10
	โมดการทำงานของโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่	11
บทที่ 3	การต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่	13
	คุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ในการต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่	13
	มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	15
	ชุดคำสั่งในการต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่	17
บทที่ 4	การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับต่อร่วมเข้ากับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM	23
	ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด	23
	นาฬิกาเวลาจริง (Real-Time Clock หรือ RTC) DS 1307	25
	EEPROM (24LC256) 30	

ตัวแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล (Analog-to-Digital Converter หรือ ADC) 33
บทที่ 5 การนำฮาร์ดแวร์ต่อร่วมไปประยุกต์ใช้กับการโทรมาตร 39
ความหมายของการโทรมาตร (Telemetering) 39
ข้อดีของระบบการโทรมาตร (Telemetering) 39
การทำงานของระบบการโทรมาตร (Telemetering) 39
การประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิระยะไกล 41
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินการและแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต 53
สรุปผลการดำเนินการ 53
แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต 53
รายการเอกสารอ้างอิง 55
ภาคผนวก ก 57
ภาคผนวก ข 59
ภาคผนวก ค 63

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่วิจัย

เนื่องจากปัจจุบันโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ได้กระจายครอบคลุมไปทั่วประเทศ ผู้ใช้บริการจึงมีความสะดวกสบายไม่ว่าจะติดต่อในสถานที่ใดๆ ประกอบกับรูปแบบของการให้บริการมีความหลากหลายและการประยุกต์ใช้งานโครงข่ายแบบใหม่ๆ มีเข้ามาตลอด อีกทั้งค่าบริการต่างๆ มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากมีการแข่งขันของผู้ให้บริการสูง จึงมีความเป็นไปได้ว่าถ้าสามารถนำโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM นี้มาประยุกต์ใช้งานด้านการโทรมาตร ก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ใช้บริการไม่ว่าจะเป็นทั้งองค์กรหรือระดับผู้บริโภค

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติปัจจุบันก็คือ ราคาของอุปกรณ์ GSM Interface ซึ่งต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาแพง และอาจไม่ใช่อุปกรณ์ดังกล่าวที่จะสามารถต่อร่วมเข้ากับการประยุกต์ใช้งานด้านการโทรมาตรได้ ดังนั้นการทำโครงการวิจัยสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface เพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านการโทรมาตรนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้ในประเทศสามารถหาอุปกรณ์ GSM Interface ที่มีราคาถูกและสามารถนำไปใช้กับการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นใช้เองภายในประเทศรวมไปถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องได้อีกด้วย เช่น อุปกรณ์วัดชนิดต่างๆ ที่สามารถต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เพื่อการส่งข้อมูลไปยังศูนย์กลางการประมวลผลต่างๆ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM เพื่อการส่งข่าวสารสั้นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการโทรมาตรได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้านการโทรมาตรเช่น การวัดระยะไกลและการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้

สำหรับลักษณะการประยุกต์ใช้งาน GSM Interface เป็นดังนี้

เนื่องจากโครงข่าย GSM มีอยู่ในเกือบทุกประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย ทำให้เป็นโครงข่ายสื่อสารที่สามารถติดต่อได้ทั่วโลกตลอดเวลา อีกทั้งมีความเชื่อถือได้สูงเพราะเป็นระบบดิจิทัล และมีการดูแลรักษาอย่างดีจากผู้ให้บริการ หากสามารถสร้างอุปกรณ์ GSM Interface เพื่อต่อระหว่างอุปกรณ์โทรมาตรที่มีพอร์ตสื่อสารชนิดต่างๆ กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM จะทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อ ควบคุม เชื่อมโยง อุปกรณ์โทรมาตรดังกล่าวกับสถานีควบคุมหรือศูนย์รวบรวมข้อมูลในระยะไกลโดยใช้ระบบ GSM Short Message Service (SMS) ได้ ตัวอย่างเช่น

1. ระบบ Telemetry เพื่อ monitor หรือ ควบคุมอุปกรณ์ทางไกลใดๆ เช่น ระบบวัดกระแสไฟฟ้าเกินในระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ระบบเฝ้าเตือนระดับน้ำในเขื่อน ระบบเฝ้าเตือนระดับน้ำในแม่น้ำและอุทกภัย
2. ระบบส่งข้อมูลอัตโนมัติ

เป็นต้น

ทั้งนี้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ถือเป็นระบบที่มีการใช้ประโยชน์ของช่องสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากใช้ระบบวิทยุสื่อสารปกติ (Radio Telemetry) จะมีปัญหาเรื่องการขอใช้ช่องสัญญาณความถี่วิทยุ ซึ่งทำให้ภาคเอกชนไม่สามารถใช้งานได้

หากสามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบจนนำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์นอกจากจะสามารถประหยัดเงินตราต่างประเทศในการลดการนำเข้าแล้ว ยังสามารถผลิตเพื่อเป็นการส่งออกสินค้าไปต่างประเทศได้อีกด้วย เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยี GSM SMS ยังมีการพัฒนาการใช้งานจำกัดอยู่ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ยังใหม่มีผู้พัฒนาการใช้งานไม่มากนักทำให้คู่แข่งทางการค้ามีจำนวนค่อนข้างน้อย

1.4 หน่วยงานที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

หน่วยงานที่สามารถนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้มีทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนที่มีความต้องการใช้การโทรมาตร เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา ฯลฯ

1.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้สืบค้นถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมารวมทั้งสิทธิบัตรเกี่ยวกับอุปกรณ์ GSM Interface แต่ไม่พบงานวิจัยที่เผยแพร่ในรูปของบทความทางวิชาการหรือเผยแพร่ในอินเทอร์เนต ฯลฯ อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ GSM Interface ซึ่งต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศนั้นน่าจะมีสิทธิบัตรคุ้มครองอยู่โดยปกติ

ทั่วไปอยู่แล้ว หากผู้ใดลอกเลียนแบบจากอุปกรณ์นั้นๆ โดยตรงก็จะมีความผิดฐานละเมิดสิทธิบัตรดังกล่าว อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้ไม่ได้ลอกเลียนแบบ แต่เป็นการออกแบบวงจรด้วยตนเองโดยให้วงจรที่ออกแบบเองนี้สามารถทำหน้าที่ได้ตามความต้องการของการต่อร่วมนั้นๆ ซึ่งวงจรที่ได้ออกแบบนั้นมีทางเป็นไปได้มากมาย จึงมีความเป็นไปได้ที่น้อยมากที่จะไปเหมือนกับของอุปกรณ์ GSM Interface ซึ่งต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้น การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM เพื่อการส่งข่าวสารสั้นในโครงการวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและเหมาะสม

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาวิธีการ ลักษณะ และคุณสมบัติของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยศึกษาจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นศึกษารายละเอียดการใช้คำสั่ง AT commands โดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสั่งงานและติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ทำความเข้าใจกับคำสั่งและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการใช้งานด้านการต่อเข้ากับระบบและการใช้งาน SMS (Short Message Service) ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและการใช้งานการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ฯลฯ ทั้งด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์
2. นำข้อมูลและความรู้ที่ได้มาออกแบบลักษณะของโครงการ โดยออกแบบปรับปรุงลักษณะของโครงการให้เข้ากับความรู้ที่ได้จากข้อที่ 1
3. ศึกษาวิธีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่กับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์โมเดม ไมโครโปรเซสเซอร์ ศึกษาวิธีการทางฮาร์ดแวร์ในการต่อการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ ศึกษาการเขียนโปรแกรมของไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเรียนรู้วิธีการต่อเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ SMS ศึกษาวิธีการทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการต่อการสื่อสารระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ กับอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ฯลฯ
4. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM
5. ทดสอบการทำงานและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ GSM Interface ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมา
6. สรุปผลการดำเนินการ แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ต่อไป

1.7 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM เพื่อการส่งข่าวสารสั้นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการโทรมาตรเพื่อ monitor หรือควบคุมอุปกรณ์ทางไกล ได้แก่ ระบบวัดกระแสไฟฟ้าเกินในระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

1.8 ระยะเวลาการวิจัย

1 ปี

1.9 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

โปรดดูตารางที่ 1.1

1.10 อุปกรณ์การวิจัย

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2 เครื่อง

   สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ GSM Interface, จำลองการทำงานของวงจรส่งและวงจรรับข้อมูลเพื่อให้ได้การออกแบบระบบที่ดีที่สุดก่อนการลงมือสร้างฮาร์ดแวร์ GSM Interface และใช้เป็นสถานีรับข้อมูลเพื่อ Monitor และวิเคราะห์ข้อมูล รวมไปถึงการส่งสัญญาณเตือนเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกิน (Alarm) ฯลฯ และการแสดงผลการวัดระยะไกล

2. โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM 2 เครื่อง

   สำหรับเป็นเครื่องส่งและรับข้อมูลในการทดลองใช้งานจริง

3. อุปกรณ์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ชุด

   สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้า

4. หม้อแปลงไฟฟ้า 1 ลูก

   สำหรับให้วัดกระแสไฟฟ้า โดยจะขอความร่วมมือจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง หรือห้องปฏิบัติการวิจัยไฟฟ้าแรงสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

การประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการโทรมาตร

ขั้นตอน	แนวทางการทำโครงการ / แผนการดำเนินโครงการ	ต.ค.-พ.ย.46	ธ.ค.-ม.ค.47	ก.พ.-มี.ค.47	เม.ย.-พ.ค.47	มิ.ย.-ก.ค.47	ส.ค.-ก.ย.47
1	ศึกษาวิธีการ ลักษณะ และคุณสมบัติของระบบโครงข่าย GSM ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน						
2	นำข้อมูลและความรู้ที่ได้มาออกแบบลักษณะของโครงการ						
3	ศึกษาวิธีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่กับอุปกรณ์อื่นๆ						
4	ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM						
5	ทดสอบการทำงานและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ GSM Interface						
6	สรุปผลการดำเนินการ แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข						

บทที่ 2
ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM และบริการข่าวสารสั้น

2.1 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM

ในปัจจุบันนี้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากระบบหนึ่งก็คือระบบ GSM ซึ่งย่อมาจากคำว่า Global System for Mobile Communication เป็นระบบโทรศัพท์แบบดิจิทัล ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแอนะลอกที่ใช้อยู่แต่เดิมหลายด้านได้แก่ ประสิทธิภาพในการใช้สเปกตรัม โดยสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้มากกว่า สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า มีความปลอดภัยสูง และยังใช้กำลังในการส่งสัญญาณน้อยกว่าอีกด้วย

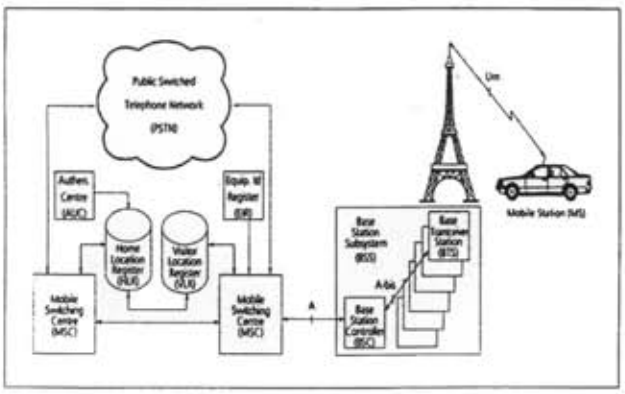
ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ประกอบด้วยระบบย่อยๆ 4 ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ดังนี้

1.ระบบย่อยสถานีฐาน (Base Station Sub System, BSS) ประกอบด้วย
   - สถานีฐานรับส่งสัญญาณ (Base Transceiver station หรือ BTS)
   - ตัวควบคุมสถานีฐาน (Base Station Controller หรือ BSC)

2. ระบบย่อยสวิตชิง (Switching Sub System, SSS) ประกอบด้วย
   - ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Switching Center หรือ MSC)
   - Home Location Register (HLR)
   - Visitor Location Register (VLR)
   - Authentication Center (AC)
   - Equipment Identity Register (EIR)
   - ศูนย์บริการเสริม เช่น ศูนย์บริการส่งข่าวสารสั้น (Short Message Service Center หรือ SMS-C) เป็นต้น

3. ศูนย์ปฏิบัติการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Center หรือ OMC)
   - ศูนย์ปฏิบัติการและบำรุงรักษาสำหรับระบบย่อยสถานีฐาน (Operation and Maintenance Center for Base Station Sub System หรือ OMC-B)

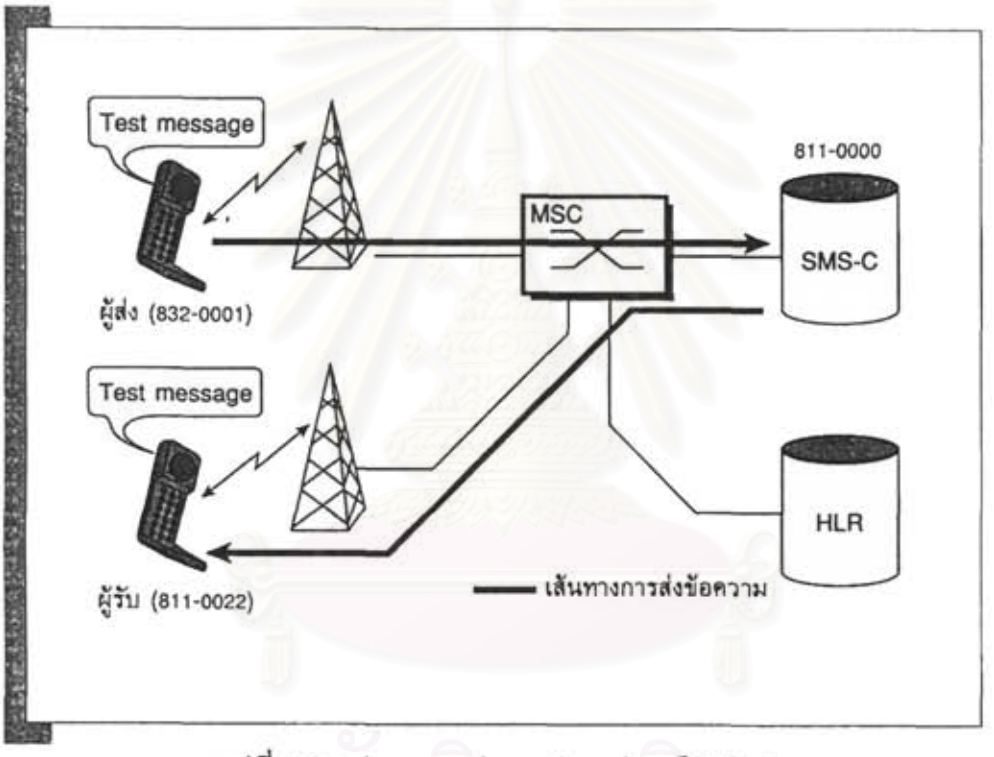
4. สถานีเคลื่อนที่หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station หรือ MS)



รูปที่ 2.1 การต่อร่วมระหว่างระบบย่อยต่างๆ ในโครงข่าย GSM

2.2 **บริการส่งข่าวสารสั้น** Short Message Service **หรือ** SMS)

บริการส่งข่าวสารสั้นใช้ความสามารถของระบบย่อยในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ในการรับข่าวสารสั้นจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้พร้อมกับตรวจสอบจุดหมายปลายทางที่ต้องการจะส่งข่าวสารนั้น เมื่อพบแล้วจึงส่งข้อมูลนั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทาง โดยเรียกตัวกลางที่ทำหน้าที่นี้ว่า ศูนย์บริการรับฝากข่าวสาร หรือ Short Message Service Center (SMS-C) การต่อร่วมจะกระทำระหว่างชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับ SMS-C โดยใช้ระบบการสัญญาณแบบ CCS 7 (Common Channel Signaling System No. 7) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



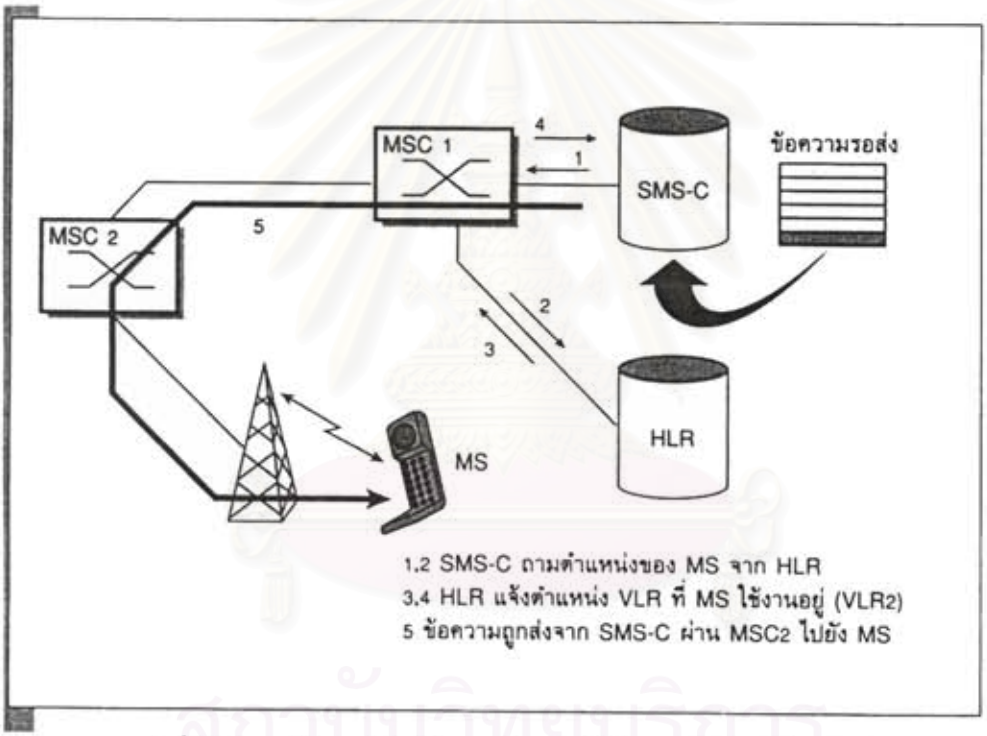
รูปที่ 2.2 รูปแบบการต่อระหว่างอุปกรณ์ SMS-C

ข่าวสารสั้นที่ส่งจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ไปเก็บไว้ใน SMS-C แต่ละชุดมีความยาวได้สูงสุด 160 อักขระ (160 characters)

เมื่อข่าวสารสั้นถูกส่งไปยัง SMS-C แล้ว อุปกรณ์ SMS-C จะประมวลผลข่าวสารสั้นเหล่านั้น เนื่องจากในตัวของข่าวสารสั้นเองได้รวมหมายเลขของโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางอยู่ อุปกรณ์ SMS-C จึงสามารถติดต่อกับ HLR เพื่อตรวจสอบว่าเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อนั้นอยู่ ณ ที่ใดในโครงข่าย HLR จะแจ้งหมายเลขของ VLR ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นลงทะเบียนอยู่ในปัจจุบันกลับไปยัง SMS-C ซึ่ง SMS-C จะติดต่อไปยัง VLR นั้นๆ เพื่อให้ VLR ติดต่อเรียกโทรศัพท์เคลื่อนที่

ปลายทางนั้นต่อไป ในกรณีที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ตอบรับการเรียกจาก VLR ศูนย์บริการ SMS-C จะส่งข่าวสารสั้นนั้นผ่านระบบย่อยสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางต่อไป

ในกรณีที่ไม่มีการตอบรับจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ อุปกรณ์ HLR พบว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางนั้นอยู่ในสถานะของการปิดเครื่อง HLR จะแจ้งกลับไปยัง SMS-C ให้ประวิงเวลาการส่งนั้นออกไป เมื่อใดก็ตามที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ปรากฏตัวขึ้นในโครงข่าย จะเกิดกระบวนการ Location Update ขึ้น SMS-C จะเริ่มกระบวนการส่งข่าวสารสั้นไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



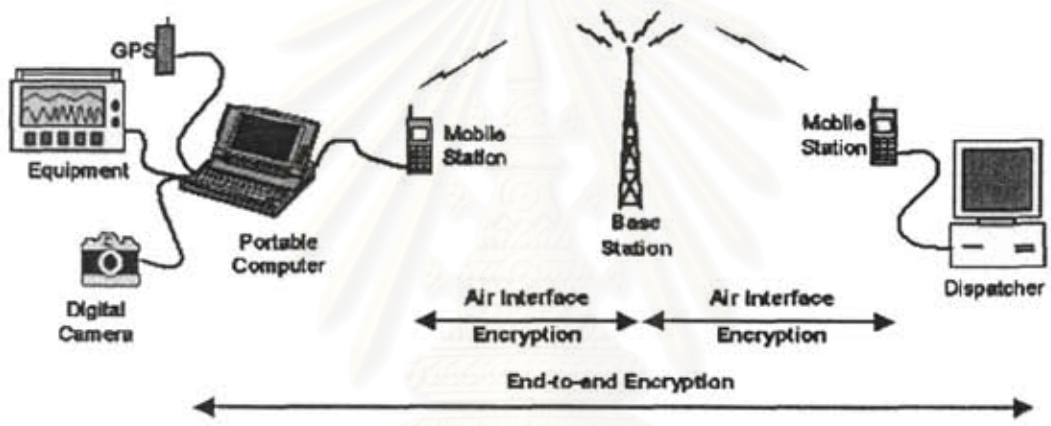
รูปที่ 2.3 การทำงานร่วมกันระหว่างศูนย์บริการ SMS-C กับ HLR

ข่าวสารสั้นที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางได้รับจาก SMS–C จะถูกเก็บลงในแผ่น SIM (Subscriber Identification Module) การรับข่าวสารสั้นแล้วไม่ลบออกไปเมื่ออ่านเสร็จ จะทำให้พื้นที่สำหรับเก็บข่าวสารสั้นในแผ่น SIM มีโอกาสเต็ม ข่าวสารสั้นอื่นๆ ที่ไม่สามารถเก็บลงใน SIM จะได้รับการเก็บไว้ในอุปกรณ์ SMS–C ซึ่งผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรายได้จำกัดระยะเวลาที่ข่าวสารสั้นสามารถคงอยู่ได้ใน SMS-C หากเกินกว่าเวลาที่ได้ตั้งไว้ ข่าวสารสั้นเหล่านั้นก็จะถูกลบไปโดยอัตโนมัติ

2.3 **ข้อดีของการใช้งานบริการส่งข่าวสารสั้น ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่** GSM

1. มีความเชื่อถือได้สูง เนื่องจากข่าวสารสั้นที่ถูกส่งไปจะไม่สูญหายไปจนกว่าจะถึงปลายทางในช่วงระยะเวลาหนึ่ง
2. ครอบคลุมพื้นที่การใช้งานได้เป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากสามารถทำงานได้ในทุกพื้นที่ที่มีโครงข่ายของระบบ GSM อยู่
3. ค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก มีการลงทุนน้อย ค่าบริการต่อครั้งไม่แพงจนเกินไป

2.4 การส่งข้อมูลแบบ Stream



รูปที่ 2.4 การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

SS7 (Signaling System No.7) เป็นระบบการสัญญาณที่มีคุณภาพในการออกแบบโพรโทคอล (protocol) สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง, มีประสิทธิภาพ, และเชื่อถือได้ ซึ่งจะรองรับทั้งการประยุกต์ใช้งานที่เป็นเสียงและไม่ใช่เสียง ไม่ว่าจะเป็น ข้อมูล, โทรสาร หรือรูปภาพ

การสัญญาณ SS7 เป็นการติดต่อสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็วระหว่าง MSCs (Mobile Switching Centers) นั่นคือเมื่อมีการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ 2 เครื่อง โครงข่ายจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลอย่างรวดเร็ว เช่น บริการข่าวสารสั้น (SMS) ก็เป็นบริการที่เป็นส่วนหนึ่งของ SS7

ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านโครงข่าย GSM ประการแรก โทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องสนับสนุนการรับ-ส่งข้อมูลนั่นคือ จะต้องมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า โมเดม อยู่บนตัวเครื่องซึ่งโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่จะทำงานเหมือนกับโมเดมแบบแอนะลอกที่ใช้ในการต่อร่วมระหว่างโทรศัพท์พื้นฐานกับคอมพิวเตอร์ แต่โมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่จำเป็นจะต้องติดตั้งอยู่ประจำที่สถานีหลักของโครง

ข่ายเหมือนกับโมเดมแบบแอนะลอก เราเรียกโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ว่า "IWU" หรือ Inter Working Unit

ในการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Data stream ข้อมูลจะไหลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้นทางไปสู่โทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางด้วยอัตราข้อมูล 9.6 kbps

การรับ-ส่งข้อมูลบนโครงข่าย GSM แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- การรับ-ส่งข้อมูลแบบโปร่งใส (Transparent Data Transmission)
- การรับ-ส่งข้อมูลแบบไม่โปร่งใส (Non-transparent Data Transmission)

ซึ่งในแบบที่ 2 จะมีข้อดีกว่าแบบแรกตรงที่ จะมีการตรวจวัดความผิดพลาดในการรับ-ส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า "Radio Link Protocol" หรือ RLP ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นหน้าที่การทำงานของ IWU ในการควบคุมการไหลของข้อมูล

การตรวจวัดความผิดพลาดจะใช้สัญญาณการตอบรับ (Acknowledgement Signal) ซึ่งผู้รับข้อมูลจะส่งกลับมายังผู้ส่งเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ผู้รับได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว หากไม่มีสัญญาณการตอบรับจากผู้รับ โครงข่ายจะใช้การเก็บพักข้อมูลไว้ชั่วคราว (Data Buffering) ซึ่งจะส่งข้อมูลใหม่ในภายหลัง สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลโดยผ่านการสื่อสารทางอากาศจะไม่มีการตรวจวัดความผิดพลาดในการรับ-ส่งข้อมูล

หากต้องการรับ-ส่งข้อมูลผ่านโครงข่าย GSM จะต้องใช้หมายเลขที่ได้รับจากโครงข่าย เช่นหากเป็นข้อมูลเสียงธรรมดา ซึ่งก็คือการสนทนาทางโทรศัพท์ธรรมดา จะใช้หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ และเช่นเดียวกัน หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้ในการติดต่อเพื่อรับ-ส่งข้อมูลที่อัตราข้อมูล 9.6 kbps ด้วย ดังนั้น จะเห็นได้ว่า หากต้องการรับ-ส่งข้อมูลจะต้องมีการหมุนโทรศัพท์เพื่อติดต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ 2 เครื่องเสียก่อน

2.5 การพัฒนาการสื่อสารข้อมูลบนโครงข่าย GSM

-เพิ่มอัตราข้อมูลให้เป็น 14.4 kbps จาก 9.6 kbps ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาทั้งโครงข่ายและอุปกรณ์ภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่

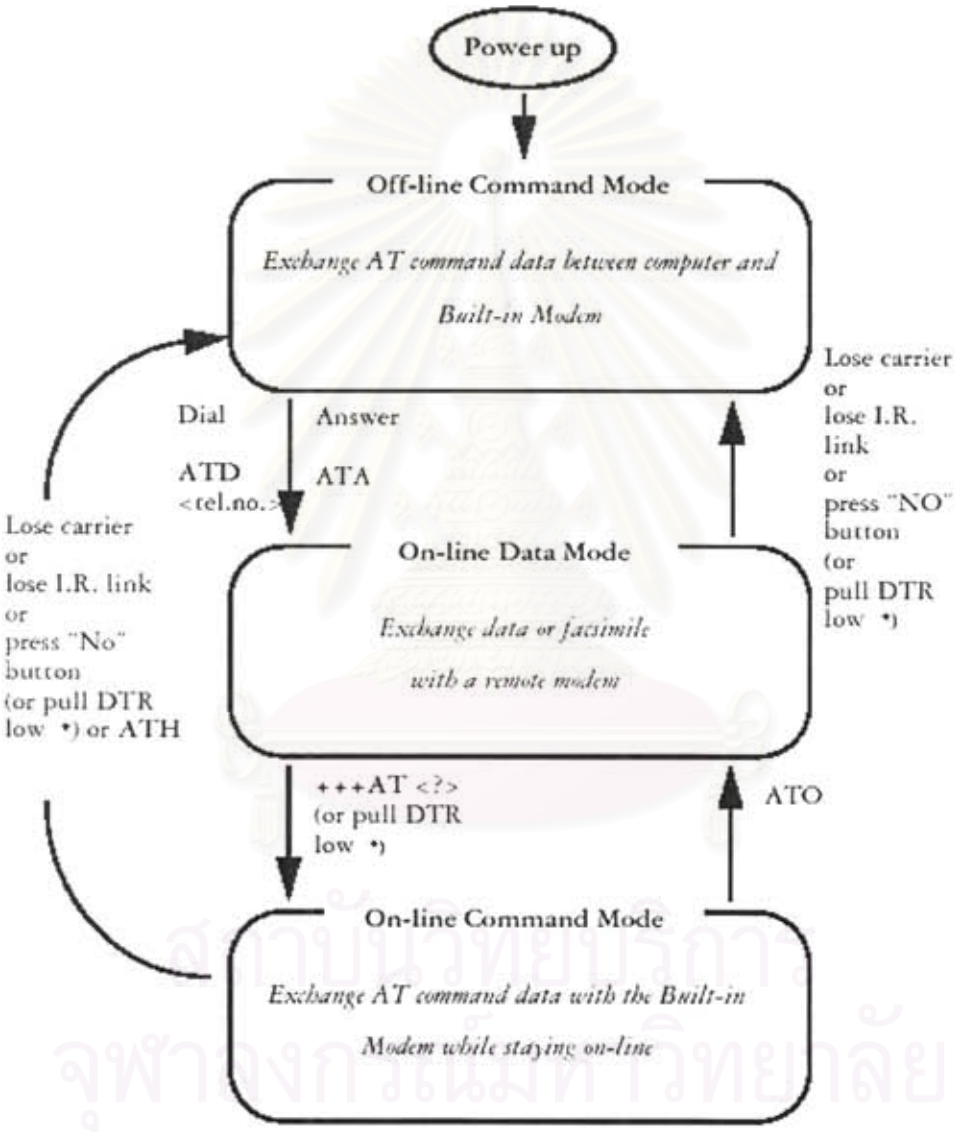
-ใช้การรวมกลุ่มข้อมูลให้เป็น "Packet Data" ซึ่งเรียกว่า "GPRS" (General Packet Radio Services) และ HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data) ซึ่งจะอนุญาตให้มีการแบ่งช่องสัญญาณที่ซับซ้อน ซึ่งจะส่งผลให้สมรถนะของระบบดียิ่งขึ้น

2.6 ข้อดีของการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Stream เมื่อเทียบกับการส่งข่าวสารสั้น (SMS)

- สามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละมากๆ ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการส่ง SMS 1 ครั้ง
- สามารถโปรแกรมให้รายงานข้อมูลเป็นระยะๆ ได้

2.7 โมดการทำงานของโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

สำหรับในโครงการนี้ จะใช้การสื่อสารข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ 2 เครื่อง และได้เลือกใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อ Sony Ericsson รุ่น T230 ซึ่งมีโมเดมอยู่ในตัว ขั้นตอนการรับ-ส่งข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2,5



รูปที่ 2.5 โมดการทำงานของโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โมดการทำงานของโมเดมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่มี 3 โมดได้แก่

1) off-line command mode : เป็นโมดการทำงานที่ไม่มีการติดต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะไม่สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ และโมดนี้จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการเปิดเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่เสมอ
2) on-line data mode : โมดการทำงานที่แสดงว่าจะมีการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการรับ-ส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นที่โมดการทำงานนี้
3) on-line command mode : โมดการทำงานที่เราสามารถใช้ชุดคำสั่ง AT ในการสั่งการอื่นๆ โดยจะใช้โปรแกรม Hyper-Terminal

เนื่องจากการทำงานของโมเดมในแต่ละโมดไม่สามารถทำงานได้พร้อมกัน ดังนั้นจะต้องมีการเปลี่ยนโมดการทำงาน เพื่อที่จะสามารถกำหนดสถานะของโมเดมได้ตามต้องการ ซึ่งจะแบ่งเป็น 5 แบบได้แก่

- ✓ การเปลี่ยนโมดการทำงานจาก off-line command mode เป็น on-line data mode เมื่อต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องเข้าสู่ on-line data mode โดยใช้คำสั่ง ATD แล้วตามด้วยหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางเพื่อสร้างการต่อระหว่างกัน หรือคำสั่ง ATA เพื่อตอบรับสายที่เรียกเข้ามา
- ✓ การเปลี่ยนโมดการทำงานจาก on-line data mode เป็น off-line command mode ซึ่งจะมีสาเหตุหลายสาเหตุที่ทำให้สถานะของโมเดมกลับเข้าสู่ off-line command mode ได้แก่

  -สัญญาณขาดหาย

  -โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องใดเครื่องหนึ่งมีการกดวางสาย
- ✓ การเปลี่ยนโมดการทำงานจาก on-line data mode เป็น on-line command mode สามารถทำได้โดยพิมพ์ "+++" ตามด้วยคำสั่ง AT ที่ต้องการใช้ได้แก่ AT, ATE, ATH, ATI, ATM, ATQ, ATV, และ ATX เช่น พิมพ์ +++ATH แล้วกด Enter เพื่อออกจาก on-line data mode และวางสาย
- ✓ การเปลี่ยนโมดการทำงานจาก on-line command mode เป็น on-line data mode ใช้คำสั่ง ATO เพื่อกลับสู่โมดการทำงานในการรับ-ส่งข้อมูลปกติ โดยพิมพ์ ATO แล้วกด Enter
- ✓ การเปลี่ยนโมดการทำงานจาก on-line command mode เป็น off-line command mode

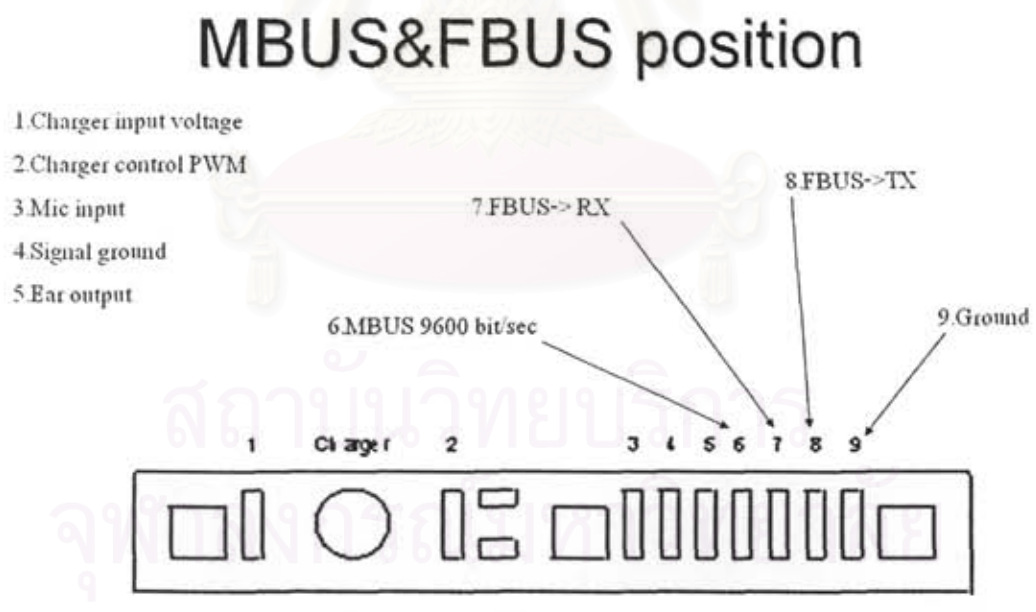
  ใช้คำสั่ง ATH เพื่อวางสาย โดยพิมพ์ +++ATH แล้วกด Enter

บทที่ 3
การต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1 คุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ในการต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่

โทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไปส่วนมากมีความสามารถในการต่อร่วมเพื่อถ่ายโอนข้อมูลกับอุปกรณ์ปลายทางชนิดต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC), คอมพิวเตอร์พกพา (PDA), หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยกัน ตัวอย่างเช่น เพื่อ upload ringtone, logo ฯลฯ ความสามารถเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ว่าจะต้องมีจุดต่อร่วม (พอร์ต) อยู่ จากการศึกษาทราบว่า จุดต่อร่วมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ผลิตแต่ละรายจะมีลักษณะแตกต่างกันไป แต่สิ่งที่เหมือนกันคือโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ผลิตทุกรายจะมีบัสข้อมูล 2 อย่างคือ MBUS และ FBUS ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

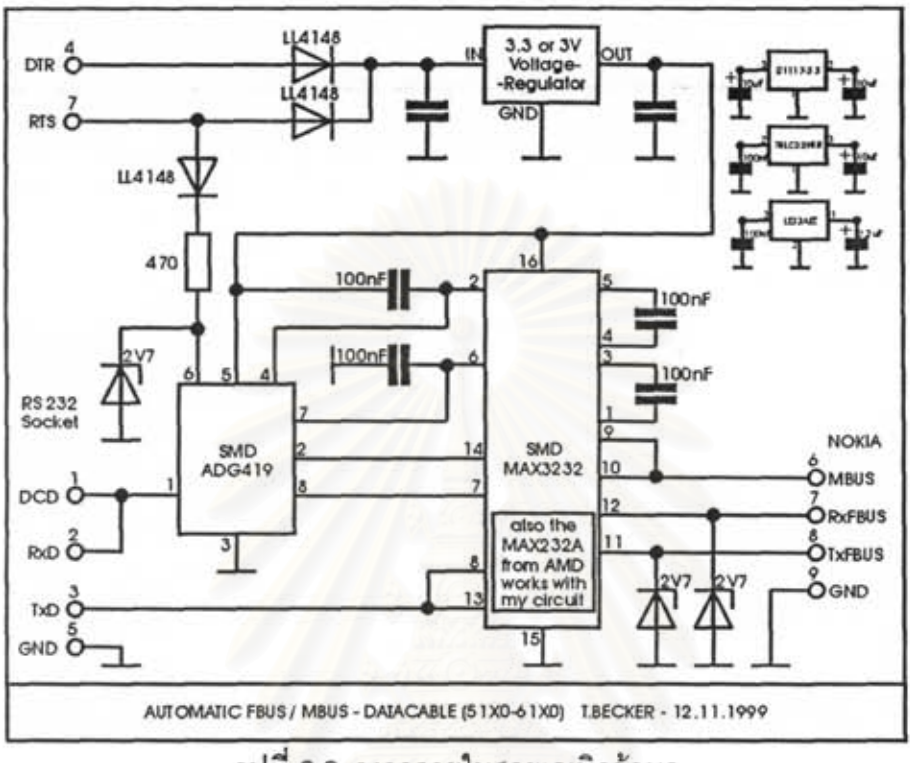
- ✓ MBUS หรือ message bus ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมครึ่งดูเพลกซ์ โดยสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นโมเดมและใช้รับส่งข่าวสารสั้นสำหรับบริการ SMS
- ✓ FBUS ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมดูเพล็กซ์เต็ม ครอบคลุมความสามารถเข้าถึงข้อมูลทุกอย่างที่ MBUS ทำได้ แต่ FBUS จะมีพอร์ตออกมาให้ใช้เพียงโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรุ่นเท่านั้น



รูปที่ 3.1 จุดต่อร่วมแบบ DAU-9P ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อ NOKIA

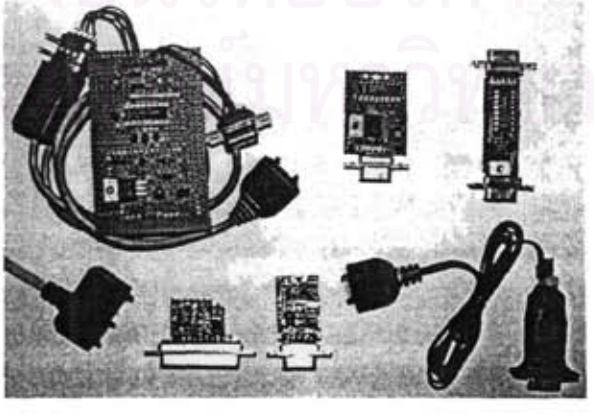
สายเคเบิลข้อมูล (Data cable)

เนื่องจากสัญญาณที่ออกจาก MBUS และ FBUS ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 จึงต้องมีตัวแปลงมาตรฐานแรงดันซึ่งก็คือสายเคเบิลข้อมูล (data cable) ภายในประกอบไปด้วยวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าและตัวตัดต่อสัญญาณสำหรับ MBUS และ FBUS ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรภายในสายเคเบิลข้อมูล

สายเคเบิลข้อมูลชนิดหนึ่งๆ จะมีตัวต่อ (Connector) อยู่ที่ด้านหนึ่งของสายโดยเฉพาะสำหรับต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่กำหนด ส่วนตัวต่อที่ปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นชนิด DB-9 สำหรับต่อเข้ากับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล (Data Terminal Equipment หรือ DTE) เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เป็นต้น รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างของสายเคเบิลข้อมูลชนิดต่างๆ



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างสายเคเบิลข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการต่อร่วมแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล (Data Terminal Equipment หรือ DTE) กับอุปกรณ์ปิดปลายวงจรข้อมูล (Data Circuit Terminating Equipment หรือ DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

โดย ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมดังนี้

ลอจิก "0" จะมีระดับแรงดัน +3 ถึง +15 V

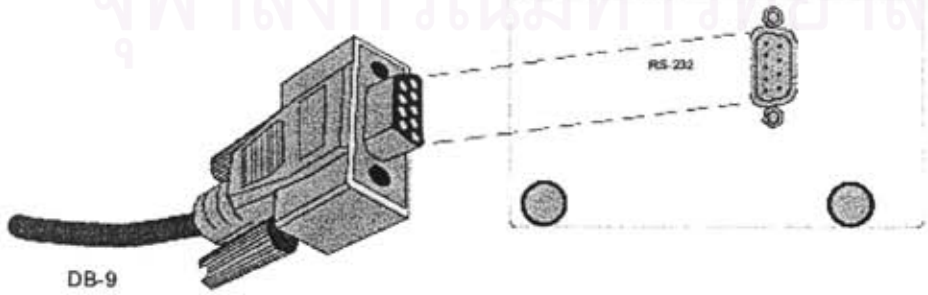
ลอจิก "1" จะมีระดับแรงดัน -3 ถึง -15 V

ระดับแรงดันนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาต์พุตใด ๆ ของพอร์ตอนุกรมต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง แต่จะต้องนำมาผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน โดยสามารถใช้ IC MAX 232 ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS-232 ให้อยู่ในระดับของ Transistor-Transistor-Logic หรือ TTL โดยลอจิก "0" ซึ่งเดิมมีระดับแรงดัน +3 ถึง +15 V จะถูกแปลงเป็น 0 V ส่วนลอจิก "1" ซึ่งมีระดับแรงดัน -3 ถึง -15 V จะถูกแปลงเป็น +5 V ทั้งนี้เพื่อให้สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์ดิจิทัลอื่นๆ ที่ใช้ระดับแรงดันทีทีแอลได้

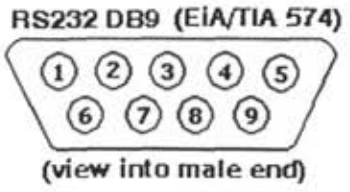
ตัวต่อสำหรับพอร์ต RS-232 และการต่อร่วม

การต่อร่วมอุปกรณ์ DTE เข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะใช้ตัวต่อแบบ DB-9 ดังแสดงในรูปที่ 3.4, 3.5 และตารางที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ตัวต่อสำหรับพอร์ต RS-232



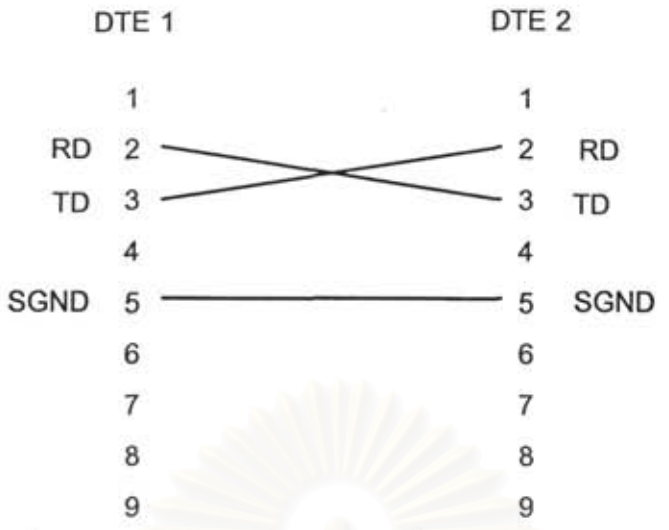
รูปที่ 3.5 ตัวต่อ RS-232 แบบ DB-9

Pin No.	Name	Notes/Description
1	DCD	Data Carrier Detect
2	RD	Receive Data (a.k.a RxD, Rx)
3	TD	Transmit Data (a.k.a TxD, Tx)
4	DTR	Data Terminal Ready
5	SGND	Ground
6	DSR	Data Set Ready
7	RTS	Request To Send
8	CTS	Clear To Send
9	RI	Ring Indicator

ตารางที่ 3.1 หน้าที่ของขาต่างๆ ในตัวต่อ แบบ DB-9

การต่อร่วมระหว่างอุปกรณ์ DTE กับโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบนัลล์โมเดม (Null modem) หรือการต่อร่วมโดยไม่ต้องผ่านโมเดม ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวนด์ ดังนั้นเราสามารถต่อร่วมอุปกรณ์ DTE ร่วมเข้าด้วยกันโดยใช้นัลล์โมเดมสำหรับส่งข้อมูลระยะใกล้ๆ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ DCE โดยมีการต่อร่วมมูลฐาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ดังนี้

- พิน 2 ของอุปกรณ์ DTE 1 ต่อเข้ากับพิน 3 ของอุปกรณ์ DTE 2
- พิน 2 ของอุปกรณ์ DTE 2 ต่อเข้ากับพิน 3 ของอุปกรณ์ DTE 1
- พิน 5 ของอุปกรณ์ DTE 1 ต่อเข้ากับพิน 5 ของอุปกรณ์ DTE 2



รูปที่ 3.6 การต่อร่วมแบบนัลล์โมเดมที่ใช้สายสัญญาณ 3 เส้น

UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์สากลที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง

หน้าที่หลักของ UART คือแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไปและทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล ฯลฯ)

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 ได้ UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบครึ่งดูเพลกซ์ (Half duplex) และดูเพลกซ์เต็ม (full duplex) โดยการส่งแบบครึ่งดูเพลกซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบดูเพลกซ์เต็มสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

3.3 ชุดคำสั่งในการต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในโครงการนี้ การเข้าถึงข้อมูลในโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Hyperterminal คำสั่งที่ใช้ติดต่อเป็นประเภท AT ซึ่งมีเพียงบริษัทผู้ผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่ NOKIA และ SONY ERICSSON เท่านั้นที่เปิดเผยชุดคำสั่งนี้ สำหรับโครงการนี้จะใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ SONY ERICSSON ในการต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยรูปแบบชุดคำสั่งที่ใช้มีดังนี้

1. คำสั่งตรวจสอบการต่อร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในการตรวจสอบการต่อร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะใช้คำสั่ง AT แล้วกด Enter

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT และกด Enter

จะได้คำตอบ OK

โดยในการต่อร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกครั้ง ควรใช้คำสั่งนี้ในการตรวจสอบการต่อร่วมก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2. คำสั่งตรวจสอบแบตเตอรี่

รูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

AT+CBC ซึ่งจะได้ผลกลับมาเป็น +CBC: <bcs>,<bcl> โดย bcs บอกถึงสถานะการต่อโทรศัพท์เข้ากับแบตเตอรี่ขณะที่ bcl บอกถึงปริมาณของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT+CBC และกด Enter

ถ้าจะได้ผลตอบเป็น

+CBC: 0,50

OK

จะหมายความว่าโทรศัพท์ได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ โดยในขณะนี้มีแบตเตอรี่อยู่ 50 เปอร์เซนต์

3. คำสั่งเรียกดูข่าวสารสั้นทั้งหมด

โดยรูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

AT+CMGL=<STAT>

โดย <STAT > แทนด้วย 0, 1. 2, 3 หรือ 4 โดยที่

0 หมายถึง เรียกดูข่าวสารสั้นที่ยังไม่ได้เปิดอ่านมาก่อน

1 หมายถึง เรียกดูข่าวสารสั้นที่อ่านแล้ว

2 หมายถึง เรียกดูข่าวสารสั้นที่เขียนเก็บไว้แต่ยังไม่ได้ส่ง

3 หมายถึง เรียกดูข่าวสารสั้นที่ได้ส่งออกไปแล้ว

4 หมายถึง เรียกดูข่าวสารสั้นทั้งหมด

ผลที่ได้ออกมาจะแสดงลำดับที่ของข่าวสารสั้น, รูปแบบของข่าวสารสั้น ว่าเป็นข่าวสารสั้นที่อ่านแล้ว (1) หรือข่าวสารสั้นที่ยังไม่ได้อ่าน (0), ความยาวในหน่วยของจำนวนอักขระ (Characters) ของข่าวสารสั้น และเนื้อหาข่าวสารสั้น

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT+CMGL=1 และกด Enter

จะได้ผลตอบ

+CMGL : 1,1, ,31

0691666113013004 0A916676760326000020011241011582 0E

C8321B0E6A97417076393C2F03

+CMGL : 2,1, ,29

0691668111808804 0A916671453473000030206031643382 0C

C8329BFD6681EE6F399B0C

OK

ผลที่ได้ออกมาจากตัวอย่างนี้ จะเห็นว่ามีข่าวสารสั้นที่อ่านแล้วจำนวน 2 ข่าว

4. คำสั่งดูเฉพาะข่าวสารสั้นที่ต้องการ

โดยรูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

AT+CMGR=<index>

โดย <index> เป็นเลขที่ลำดับของข่าวสารสั้น ผลที่ออกมาจะแสดงเลขที่ลำดับของข่าวสารสั้น, รูปแบบของข่าวสารสั้น ว่าเป็นข่าวสารสั้น ที่อ่านแล้ว (1) หรือข่าวสาร ที่ยังไม่ได้อ่าน (0) ,ความยาวของข่าวสารสั้นในหน่วยของจำนวนอักขระ และเนื้อหาข่าวสารสั้น ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT+CMGR=2 และกด Enter

จะได้ผลตอบ

+CMGR : 2,1, ,29

0691668111808804 0A916671453473000030206031643382 0C

C8329 BFD6681EE6F399B0C

OK

แสดงว่าเป็นการอ่านข่าวสารสั้น ที่ 2 โดยรายละเอียดของข่าวสารมีดังนี้

06 = ความยาวของหมายเลขโทรศัพท์ในหน่วยของออกเตต (length of the telephone number in octets)

91 = ฟอร์แมตของหมายเลขโทรศัพท์ SMS (Format of the SMS telephone number)

6681118088 = หมายเลขของ SMS-C โดยผ่านการทำ nibble swap (การสลับตัวเลขแต่ละคู่)

(หมายเลข SMS-C ที่แท้จริง (ก่อนการทำ nibble swap) คือ 6618110888

กรณีใช้ SIM ของ DTAC หมายเลข SMS-C คือ 6616110400

กรณีใช้ SIM ของ AIS หมายเลข SMS-C คือ 6618110888)

04 = พารามิเตอร์ของโพรโทคอลถ่ายโอน (Transfer protocol parameters)

0A = ความยาวของที่อยู่ด้านส่ง (Length of originating address)

91 = ชนิดของที่อยู่ด้านหลัง (Type of originating address)

6671453473 = ที่อยู่ด้านแสงที่ผ่านการทำ nibble swap (Originating address (nibble swapped))

00 = ตัวแสดงโพรโทคอล (protocol identifier)

00 = แบบแผนการเข้ารหัสข้อมูล (Data coding scheme)

30206031643382 = ตราประทับเวลาของศูนย์บริการที่ผ่านการทำ nibble swap (Service center timestamp (nibble swaped))

(Y/M/D/H/M/S/Zone = 2003 February 06,13:46:33)

0C = ความยาวของข่าวสารสั้นในหน่วยของออกเตต (Length of message)

C8329BFD6681EE6F399B0C = ข่าวสารสั้น (คำว่า Hello, world)

5. คำสั่งส่งข่าวสารสั้น

โดยรูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

AT+CMGS=<length><CR><pdu is given><CTRL-Z>

โดย <length> คือความยาวของข่าวสารสั้น

<CR> คือการกดปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด

<pdu is given> คือข่าวสารสั้นในรูปแบบหน่วยข้อมูลโพรโตคอล (Protocol Data Unit หรือ PDU)

<CTRL-Z> คือการกดปุ่ม Ctrl และปุ่ม Z บนคีย์บอร์ดพร้อมกัน

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT+CMGS=23 และกด Enter

>0691666111400001000A91667676032600000CC8329BFD

6681EE6F399B0C และกด CTRL-Z

จะได้ผลตอบ +CMGS : 144

OK

โดย 23 นั้นเกิดจากการนับ PDU ตั้งแต่ C8329BFD....จนถึง....399B0C ซึ่งจะได้ 23 nibbles ส่วนรายละเอียดของ PDU ทั้งหมดมีดังนี้

06 = ความยาวของหมายเลขโทรศัพท์ในหน่วยของออกเตต (length of the telephone number in octets)

91 = ฟอร์แมตของหมายเลขโทรศัพท์ SMS (Format of the SMS telephone number)

6661114000 = หมายเลขของ SMS-C โดยผ่านการทำ nibble swap

01 = พารามิเตอร์ของโพรโตคอลถ่ายโอน (Transfer protocol parameters)

00 = หมายเลขอ้างอิงของข่าวสารสั้น (Message reference number)

0A = ความยาวของหมายเลขปลายทางในหน่วยของหลัก (Length of destination number in digit (0A = 10))

91 = ชนิดของหมายเลขปลายทาง (Type of destination number)

6676760326 = หมายเลขโทรศัพท์ปลายทางหลักที่ผ่านการทำ nibble swap (Destination telephone number (nibble swapped)) (หมายเลขโทรศัพท์ปลายทางในที่นี้คือ 067673062)

00 = ตัวอย่างโพรโทคอล (Protocol identifier)

00 = แบบแผนการเข้ารหัสข้อมูล (Data coding scheme)

0C = ความยาวของข่าวสารสั้น (Message length)

C8329BFD6681EE6F399B0C = ข่าวสารสั้น (คำว่า "Hello, world")

โดยรายละเอียดของการเข้ารหัส PDU จะได้กล่าวถึงใน*ภาคผนวก ก*

6. คำสั่งที่ถามเกี่ยวกับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข่าวสารสั้น

โดยรูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

AT+CPMS=<mem1>,[<mem2>],[<mem3>]

โดย mem1 เป็นหน่วยความจำสำหรับข่าวสารสั้นที่อ่านแล้ว สามารถใช้หน่วยความจำได้ทั้งในเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ("ME") และใน SIM card ("SM")

mem2 เป็นหน่วยความจำสำหรับข่าวสารสั้นที่เขียนขึ้นเพื่อส่ง สามารถใช้หน่วยความจำได้ทั้งในเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ ("ME") และใน SIM card ("SM")

mem3 เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข่าวสารสั้นที่ได้รับ สามารถใช้หน่วยความจำได้เฉพาะในเครื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่ ("ME") เท่านั้น

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ AT+CPMS? และกด Enter

จะได้ผลตอบ +CPMS : "SM",35,36,"SM",35,36,"ME",0,15

OK

ซึ่งหมายความว่าในขณะนี้ mem1 และ mem2 ใช้หน่วยความจำของ SIM มีข่าวสารสั้น ที่เก็บไว้ 35 ข่าว จากที่เก็บได้ทั้งหมด 36 ข่าว ในขณะที่ mem3 ใช้หน่วยความจำของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยไม่มีข่าวสารสั้น เก็บในหน่วยความจำนี้ จากที่เก็บได้ทั้งหมด 15 ข่าว

7. คำสั่งโทรออก

โดยรูปแบบของคำสั่งมีดังนี้

ATD[dial_string]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่ง [dial_string] คือหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทาง

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ ATD063225645

จะได้ผลตอบ OK

8. คำสั่งยกเลิกการติดต่อ

ในการยกเลิกการติดต่อ หรือวางสาย จะใช้คำสั่ง ATH แล้วกด Enter

ตัวอย่างเช่น

พิมพ์ ATH แล้วกด Enter

จะได้ผลตอบ OK

9. คำสั่งรับสาย

เมื่อมีการเรียกสายโทรศัพท์เข้ามาในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในหน้าต่างของโปรแกรม Hyper-Terminal จะปรากฏคำว่า "RING" ขึ้นมาเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการรับสาย ดังนั้นเมื่อต้องการรับสายจะใช้คำสั่ง ATA แล้วกด Enter

ตัวอย่างเช่น

RING

RING

พิมพ์ ATA แล้วกด OK

จะได้ผลตอบ CONNECT<text>

โดย <text> จะเป็นอัตราบิตข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ในที่นี้เราจะใช้ อัตราบิตข้อมูลเท่ากับ 9600 bps

การทดลองเกี่ยวกับคำสั่งต่างๆ ปรากฏอยู่ใน*ภาคผนวก ข*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

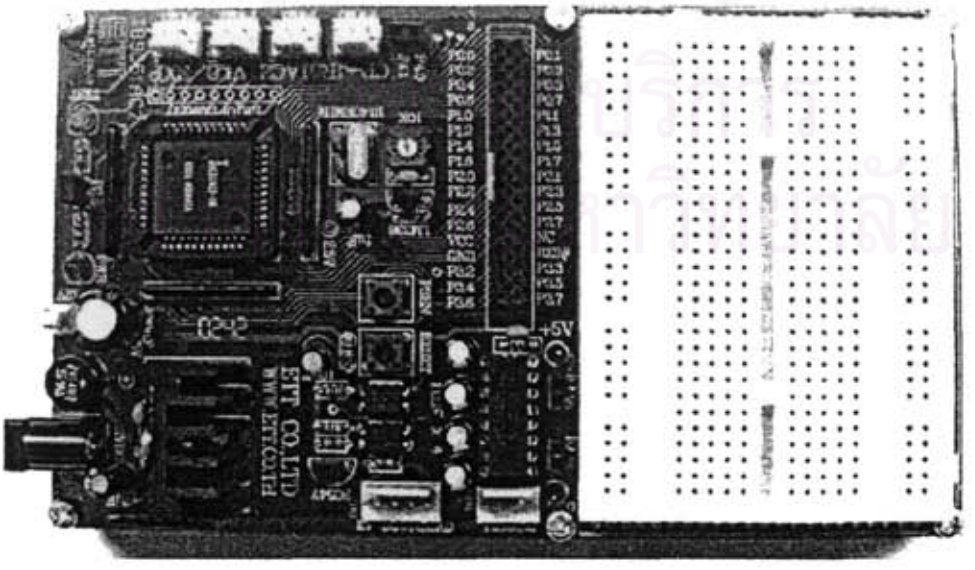
บทที่ 4
การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับต่อร่วมเข้ากับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM

การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับต่อร่วมเข้ากับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ในโครงการนี้ เริ่มต้นจากการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดสำเร็จรูป หลังจากนั้นก็ทำการตรวจสอบหน้าที่การทำงานให้ได้ตามความต้องการที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำต้นแบบฮาร์ดแวร์ที่ได้มาสร้างเป็นอุปกรณ์ต่อร่วมที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ต่อไป

4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด

ลักษณะโดยทั่วไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดที่ใช้ในการออกแบบคือ CP-JR51AC2 version 1.0 expansion (รูปที่ 4.1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดขนาดกลาง โดยได้เลือกใช้ CPU ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ ATMEL ในตระกูล MCS51 เบอร์ T89C51AC2 เป็น CPU ประจำบอร์ด ซึ่ง CPU ตัวนี้บรรจุอยู่ภายในตัวถังแบบ PLCC ขนาด 44 ขา และมีทรัพยากรต่างๆบรรจุไว้ภายในตัว CPU อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็น ADC/TIMER/
COUNTER/PWM หรือ PORT I/O ต่างๆ ซึ่งมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ หน้าที่การทำงานต่าง ๆ ของฮาร์ดแวร์ สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้ด้วยโปรแกรม ดังนั้น จึงสามารถนำระบบฮาร์ดแวร์แบบเดียวกันไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กันได้ โดยการปรับเปลี่ยนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ด



รูปที่ 4.1 ลักษณะของบอร์ด CP-JR51AC2 V1.0 EXPANSION

แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

สำหรับแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดในกลุ่ม CP-JR51AC2 นั้น สามารถต่อใช้งานได้ทั้งกับไฟกระแสตรงและกระแสสลับ เนื่องจากในบอร์ดมีวงจรเรียงกระแส (Rectifier) แบบสะพาน (Bridge) พร้อมวงจรกรอง (Filter) และวงจรควบคุมแรงดัน (Voltage Regulater) ขนาด +5V จึงสามารถป้อนแรงดันไฟตรงหรือไฟสลับที่มีระดับแรงดันประมาณ 9-12V ให้กับบอร์ดได้ โดยสามารถเลือกต่อกับขั้วของตัวต่อ (Connector) แบบ CPA ขนาด 2 ขา หรือจะต่อผ่านขั้วของตัวต่อสำหรับอะแดปเตอร์ (Adapter) จ่ายไฟก็ได้เช่นกัน โดยการทำงานของแหล่งจ่ายไฟจะมีไดโอดเปล่งแสง (LED "PWR") สำหรับแสดงผลการทำงานให้ทราบ

สัญญาณนาฬิกา (Clock)

ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับ CPU เบอร์ T89C51AC2 นั้น ตามปกติทั่ว ๆ ไปแล้ว จะสามารถป้อนค่าความถี่ของออสซิลเลเตอร์ผลึก (Crystal Oscillator) ได้สูงถึง 40 MHz ในกรณีโปรแกรมโมดการทำงานของ CPU ให้ทำงานในโมดมาตรฐาน (Standard Mode) (12 Clock / 1 Machine Cycle) แต่ในกรณีที่โปรแกรมโมดการทำงานของ CPUในโมดความเร็วสองเท่า (x2 Mode) (6 Clock / 1 Machine Cycle) สามารถใช้ค่าความถี่สูงสุดได้ 20 MHz ซึ่งเทียบเท่ากับความเร็ว 40 MHz ในโมดมาตรฐาน แต่สำหรับบอร์ด CP-JR51AC2 นั้น ได้ถูกกำหนดให้ใช้ค่าความถี่ของผลึกที่ป้อนให้กับ CPU ด้วยค่าความถี่ **ออสซิลเลเตอร์ผลึกเป็น** 18.432 MHz เพื่อให้การใช้งานพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมสามารถหาค่าบอดเรตได้ลงตัวตามมาตรฐานของการสื่อสารอนุกรมทั่ว ๆ ไป ซึ่งค่าความเร็วในการทำงานของ CPU ในบอร์ดจะอ้างอิงการทำงานจากความถี่ 18.432 MHz นี้เป็นหลัก อย่างไรก็ตามความเร็วในการปฏิบัติงานของ CPU สามารถปรับเปลี่ยนได้จากโปรแกรมเพื่อให้การทำงานเร็วขึ้นเป็น 2 เท่า โดยกำหนดให้การทำงานของ CPU ทำงานในโมดความเร็วสองเท่า ซึ่งจะเปรียบเทียบได้กับการทำงานด้วยความเร็วเท่ากับความถี่ 36.864 MHz ในโมดมาตรฐาน โดยคุณสมบัติการทำงานของสัญญาณนาฬิกามีดังนี้

- กำหนดให้ CPU ทำงานในโมดมาตรฐาน หรือ 12 Clock / 1 Machine Cycle ซึ่งคุณสมบัตินี้
  เหมือนกับ CPU ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่วๆไป
- กำหนดให้ CPU ทำ างานในโมดความเร็ว 2 เท่า หรือ 6 Clock / 1 Machine Cycle ซึ่งจะทำให้การทำงานของ CPU เร็วกว่า CPU ในตระกูล MCS51 มาตรฐานทั่ว ๆ ไปถึง 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่าความถี่ของผลึกค่าเดียวกัน

บอร์ด CP-JR51AC2 V1.0 ใช้ CPU เบอร์ T89C51AC2 เป็น CPU ประจำบอร์ด

โดยตัว CPU เบอร์นี้จะมีขาสัญญาณที่สามารถนำมาใช้งานเป็นพอร์ตขาเข้า/ขาออก (I/O Port) ได้ทั้งหมด 34 เส้นสัญญาณ ประกอบด้วย

- P0[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P1[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P2[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P3[0..7] จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- P4[0..1] จำนวน 2 เส้นสัญญาณ

*P1.0-P1.7 สำหรับขาสัญญาณเหล่านี้สามารถใช้งานได้หลายหน้าที่ เช่น ใช้งานสำหรับแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (ADC)

*P3.0 ทำหน้าที่เป็นวงจรรับ (RXD) ของวงจรสื่อสารแบบอนุกรม RS232/422/485

*P3.1 ทำหน้าที่เป็นวงจรส่ง (TXD) ของวงจรสื่อสารอนุกรม RS232/422/485

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มี 2 โมด คือ

1. โมดโหลดโปรแกรมเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ : ในการโหลดโปรแกรมเข้าไมโครคอน โทรลเลอร์ทำได้โดยใช้โปรแกรม Flip เลือกเบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราได้ใช้เบอร์ T89C51AC2 แล้วเลือกโปรแกรมที่ต้องการโหลด จากนั้น กดปุ่ม psen ตามด้วย reset จากนั้นก็ปล่อยปุ่ม reset ตามด้วยปล่อยปุ่ม psen (ซึ่งปุ่ม reset และ psen มีอยู่บนบอร์ด) จากนั้นจึงกด run โปรแกรมจะค่อยๆ โหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์ในบอร์ดผ่านพอร์ตแบบอนุกรม โดยเรียกการลงโปรแกรมนี้ว่า In-system programming
2. โมด run โปรแกรมที่ได้โหลดเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ : เมื่อลงโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราก็จะสามารถ run โปรแกรมให้ทำงานปกติได้ โดยการกดปุ่ม reset ที่อยู่บนบอร์ด เพื่อเป็นการเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมที่ได้ลงไว้

4.2 นาฬิกาเวลาจริง (Real-Time Clock หรือ RTC) DS 1307

คุณสมบัติ

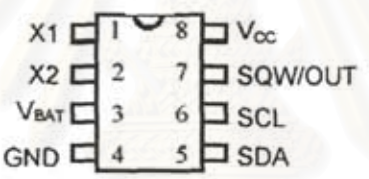
- นาฬิกาเวลาจริงนับวินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน, ปี ซึ่งสามารถโปรแกรมได้อย่างถูกต้องจนถึงปี 2100
- มีแหล่งจ่ายไฟสำรอง (Battery-backed) จึงสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ในขณะที่ไม่มีการจ่ายไฟให้จากแหล่งจ่ายไฟภายนอก
- RAM สำรองข้อมูลได้ 56-ไบต์

- รับ-ส่งข้อมูลแบบสองสายผ่านการต่อร่วมแบบอนุกรม (Two-wire serial interface)
- เป็นชิปแบบ 8-pin DIP

คำอธิบาย

การรับ-ส่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านแบบอนุกรมผ่านทางบัส 2 ทิศทาง 2 สาย (2-wire, bi-directional bus) ซึ่งข้อมูลนี้ประกอบด้วย วินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, วันที่, เดือน และปี โดยที่ข้อมูลวันที่ของเดือนที่มีน้อยกว่า 31 วัน รวมทั้งวันที่ของเดือนกุมภาพันธ์จะถูกปรับอัตโนมัติอย่างถูกต้อง DS 1307 สามารถบอกเวลาได้ทั้งในโมด 24 ชั่วโมง หรือโมด 12 ชั่วโมง พร้อมทั้ง บอก AM/PM นอกจากนั้นแล้ว DS 1307 ยังมีวงจรวัดกำลังไฟฟ้าภายในตัว (Built-in Power sense circuit) ที่สามารถตรวจจับกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟภายนอกเข้ามา ซึ่งจะสวิตช์อัตโนมัติไปยังแหล่งจ่ายไฟสำรองโดยอัตโนมัติ

การกำหนดหน้าที่ของขาต่าง ๆ (Pin Assignment)



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

รูปที่ 4.2 ขาต่าง ๆ ของ DS 1307 (Real Time Clock)

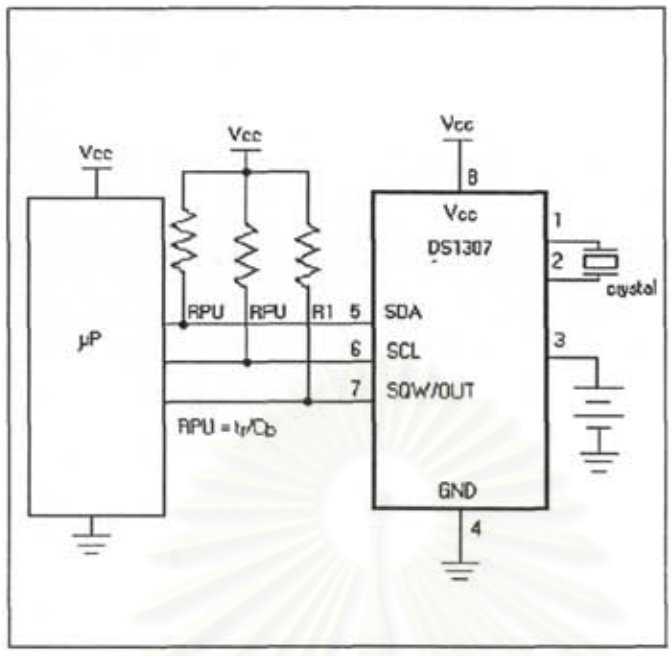
รูปที่ 4.2 แสดงการกำหนดหน้าที่ของขาต่าง ๆ ของ DS1307 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Vcc	- Primary Power Supply
X1,X2	- 32.768 kHz Crystal Connection
VBAT	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

วงจรทำงาน

วงจรทำงานระหว่าง DS1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 วงจรการทำงานระหว่าง DS 1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

หลักการทำงาน

DS 1307 จะทำงานโดยถูกสั่งงานผ่านทางบัสอนุกรม (สามารถดูรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial bus) ได้ในหัวข้อเรื่องบัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus)) โดยเริ่มทำงานจาก START condition ตามด้วย identification code (slave address) และ register address (word address) จากนั้นก็จะเป็นบิตข้อมูลต่างๆ ตามลำดับจนถึง STOP condition โดยปกติแล้ว DS 1307 จะใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอกผ่านทาง ขา 8 (Vcc) ในกรณีที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟภายนอก (ถอดปลั๊ก) DS 1307 จะไม่มีการ update ข้อมูลเวลา และจะ reset address counter ดังนั้นจึงต้องมี battery backup เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง

คำอธิบายสัญญาณในขาต่าง ๆ (Signal Description)

- Vcc, GND — ใช้ไฟ DC โดย Vcc ใช้ +5V input
- VBAT — ใช้แบตเตอรี่ลิเธียม 3V ขนาด 48mAhr หรือมากกว่าจะสามารถใช้งานกับ DS 1307 ได้นานมากกว่า 10 ปี
- SCL (Serial Clock Input) — ใช้สร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อซิงโครไนซ์

ข้อมูลบนการติดต่อแบบอนุกรม 2 สาย (2-wire serial)

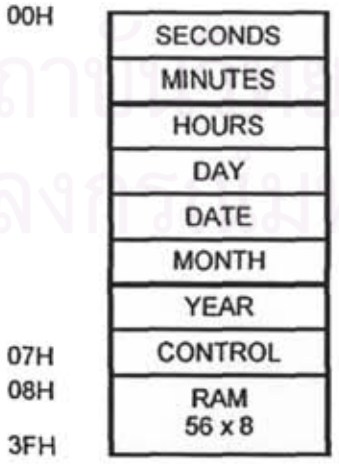
- SDA(Serial Data Input/Output) ใช้เป็นขา input/output สำหรับสายแบบ 2-อนุกรม 2 สาย
- SQW/OUT(Square Wave/Output Driver) เมื่อถูกใช้งาน บิต SQWE จะถูกเซตเป็น 1 SQW/OUT pin สามารถให้สัญญาณออกมาเป็นความถี่ที่เลือกได้ 4 ค่าคือ 1 Hz, 4 kHz, 8 kHz, 32 kHz
- X1, X2 ใช้ต่อกับผนึกควอตซ์ความถี่ 32.768 kHz ซึ่งจะ ต้องใช้ความจุของโหลด (load capacitance หรือ CL) ขนาด 12.5 pF

แผนที่ที่อยู่ของรีจิสเตอร์ของนาฬิกาเวลาจริงและของ RAM (RTC and RAM Address Map)

รีจิสเตอร์ของนาฬิกาเวลาจริงจะอยู่ในที่อยู่ ที่ 00H ถึง 07H RAM register ที่อยู่ที่ 08H ถึง 0FH ในการเข้าถึงข้อมูล pointer จะชี้ไปยังตำแหน่งที่เราเซตไว้ แล้วจะทำงานลงมาเรื่อยๆ ถ้า pointer ชี้มาถึงตำแหน่ง 3FH แล้ว มันก็จะวนขึ้นไปยังที่อยู่ตำแหน่งแรกคือ 00H

แผนที่ที่อยู่ใน DS1307 (DS 1307 Address Map)

รูปที่ 4.4 แสดง Address ที่อยู่ภายใน DS 1307



รูปที่ 4.4 Address ที่อยู่ภายใน DS 1307

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาฬิกาและปฏิทิน (Clock And Calendar)

การอ่านค่าเวลาและปฏิทินทำได้โดยการอ่าน register ไบต์ที่เหมาะสม ในขณะเดียวกัน เวลาและปฏิทินจะถูกตั้งค่าโดยการเขียนโปรแกรมลงไปใน register ไบต์ที่ถูกต้อง นอกจากนั้นยังมีบิตที่สำคัญบิตหนึ่งคือ บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ตำแหน่งที่อยู่ที่ 0 ซึ่งเรียกว่าบิตหยุดนาฬิกา (Clock Hault (CH) bit) ถ้าบิตนี้ถูกเคลียร์เป็น 0 แล้วออสซิลเลเตอร์จะทำงาน ถ้าเซตเป็น 1 จะไม่ทำงาน ดังนั้นจึงต้องเคลียร์บิตนี้ทุกครั้งในการใช้งานครั้งแรก

DS 1307 สามารถบอกเวลาได้ทั้งในระบบ 12 ชั่วโมง (12-hour) หรือ 24 ชั่วโมง (24-hour) ซึ่งสามารถเลือกได้โดยเซตบิตที่ 6 ในที่อยู่ที่ 02H โดยเซตเป็น 1 คือระบบ 12 ชั่วโมง จากนั้นก็ต้องไปเซตบิตที่ 5 ในที่อยู่ซึ่งเป็นบิต AM/PM โดยเซตเป็น 1 คือ PM ส่วนในระบบ 24 ชั่วโมงให้เคลียร์บิตที่ 6 ในที่อยู่ที่ 02H ให้เป็น 0 และในบิตที่ 5 ที่ที่อยู่เดียวกันเป็นบิตที่ใช้ตั้งหลักสิบตัวที่สองของชั่วโมง (20-23)

รีจิสเตอร์รักษาเวลาใน DS 1307 (DS 1307 Timekeeper Registers)

รูปที่ 4.5 แสดงที่อยู่ของรีจิสเตอร์ที่ใช้ตั้งค่าเวลา

	BIT7						BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS			00–59
	0	10 MINUTES			MINUTES			00–59
	0	12/24	10 HR A/P	10 HR	HOURS			01–12 00–23
	0	0	0	0	0	DAY		1–7
	0	0	10 DATE		DATE			01–28/29 01–30 01–31
	0	0	0	10 MONTH	MONTH			01–12
	10 YEAR				YEAR			00–99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

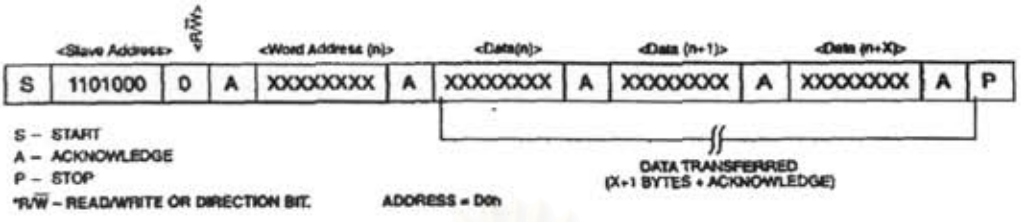
รูปที่ 4.5 ที่อยู่ของรีจิสเตอร์ที่ใช้ตั้งค่าเวลา

DS 1307 **มีการทำงาน 2 โมด คือ**

1. โมดเขียนข้อมูลลงใน DS 1307 (DS 1307 write mode) : การเขียนข้อมูลลงใน DS 1307 สามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อบัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus) ในภาคผนวก ค โดยมีรูปแบบการเขียนข้อมูลลงใน DS 1307 ดังนี้

การเขียนข้อมูลในโมด Slave Receiver (Data Write-Slave Receiver Mode)

รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบการเขียนข้อมูลในโมด Slave Receiver ลงใน DS 1307

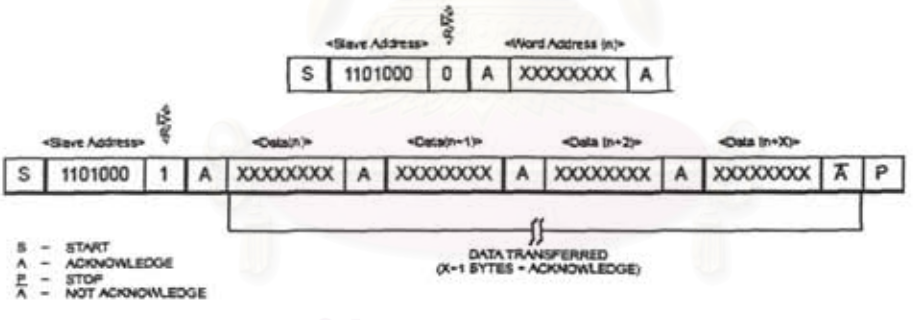


รูปที่ 4.6 รูปแบบการเขียนข้อมูลลงใน DS 1307

2. โมดอ่านข้อมูลจาก DS 1307 (DS 1307 read mode) : **การอ่านข้อมูลจาก** DS 1307 สามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อบัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus) ในภาคผนวก ค โดยก่อนที่จะมีการอ่านข้อมูล จะต้องใส่ pointer **ระบุตำแหน่งที่อยู่** ก่อน จึงจะสามารถอ่านข้อมูลได้ รูปแบบการอ่านข้อมูลเป็นดังนี้

การอ่านข้อมูลในโมด Slave Transmitter (Data Read – Slave Transmitter Mode)

รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบการอ่านข้อมูลในโมด Slave Transmitter จาก DS 1307



รูปที่ 4.7 รูปแบบการอ่านข้อมูลจาก DS 1307

4.3 EEPROM (24LC256)

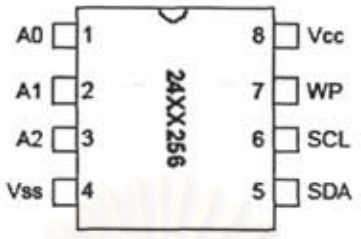
คุณสมบัติ

- รับ-ส่งข้อมูลผ่านการต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (Two-wire serial interface)
- สามารถใช้งานโดยการต่อขนานกันได้มากถึง 8 ตัว
- หน่วยความจำขนาด 256 กิโลไบต์
- มีระบบป้องกันการเขียน (Write Protect) ซึ่งสามารถ เปิด ปิดได้ทั้งทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สามารถเขียนข้อมูลลงใน 24LC256 ในแบบต่อเนื่องได้ถึง 64 ไบต์/ครั้ง

การกำหนดหน้าที่ของขาต่าง ๆ



รูปที่ 4.8 ขาต่างๆ ของ EEPROM

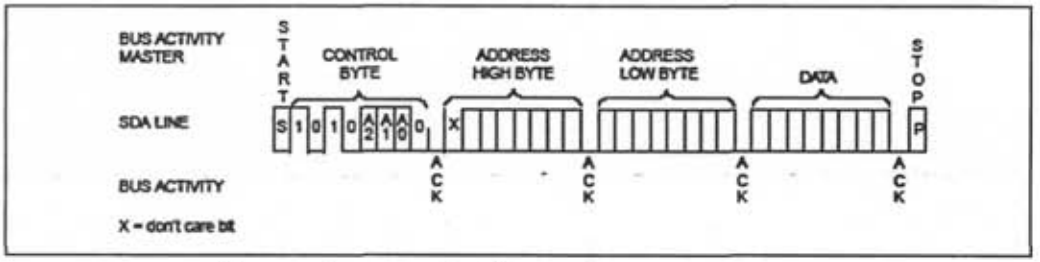
รูปที่ 4.8 แสดงการกำหนดหน้าที่ของขาต่างๆของ EEPROM

- A0, A1, A2 (Chip Address Input) : เป็นขาที่ใช้กำหนดชิป 24LC256 ที่จะนำมาต่อขนานกัน ซึ่งต่อกันได้มากถึง 8 ตัว คือ จาก 000 – 111 โดยการกำหนดค่า A0, A1, A2 ลงใน slave address ในส่วนของ control byte
- SDA (Serial Data): ขานี้ใช้สำหรับ รับ-ส่ง ข้อมูล คือ address และ data เข้าหรือออก

  จากชิป ในการอ่าน-เขียนข้อมูลจากสาย SDA จะสามารถเปลี่ยนระดับแรงดันได้ขณะที่ SCL อยู่ในระดับ low เท่านั้น ส่วนการเปลี่ยนระดับแรงดันของ SDA ขณะที่ SCL เป็น high จะถือเป็นการ START หรือ STOP condition
- SCL (Serial Clock Input) : ขานี้ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ในการซิงโครไนซ์ข้อมูลจากการอ่านหรือเขียน
- WP : ต่อลง Ground เพื่อปิด Write Protect ทำให้สามารถเขียนข้อมูลลงใน 24LC256 ได้ หรือต่อเข้ากับแรงดัน 5V เพื่อเปิด Write Protect ทำให้ไม่สามารถเขียนข้อมูลลง 24LC256 ได้
- Vss : ต่อลง ground
- Vcc : ต่อไฟเลี้ยง 5 V

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

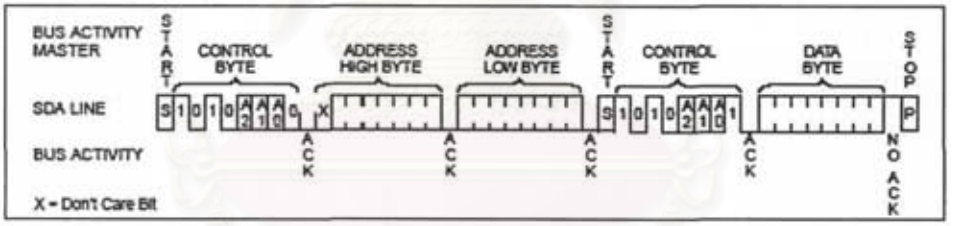
การเขียนข้อมูล (Write Operation)



รูปที่ 4.9 รูปแบบการเขียนข้อมูลลงใน EEPROM

รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบการเขียนข้อมูลลงใน EEPROM สามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อโมดการทำงานแบบเขียน ในเรื่องบัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus) ในส่วนท้ายของภาคผนวก ค แต่ในส่วนของไบต์ที่อยู่ ซึ่งระบุตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0000H ถึง 3FFFH ใช้ 16 บิต ในการเก็บค่าที่อยู่ ดังนั้นจึงแบ่งได้เป็น Address High Byte ซึ่งเป็นบิตที่ 15 ถึง 8 และ Address Low Byte ซึ่งเป็นบิต ที่ 7 ถึง 0

การอ่านข้อมูล (READ OPERATION)



รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบการอ่านข้อมูลจาก EEPROM

รูปที่ 4.10 แสดงรูปแบบการอ่านข้อมูลจาก EEPROM สามารถดูรายละเอียดได้ในหัวข้อโมดการทำงานแบบอ่านในเรื่องบัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus) ในส่วนท้ายของภาคผนวก ค โดยก่อนที่จะอ่าน จำเป็นจะต้องเขียนไบต์ที่อยู่ลงไปก่อนที่จะอ่านเพื่อเป็นตัวกำหนดว่าที่อ่านข้อมูลจากที่อยู่ไหน เมื่อกำหนดที่อยู่แล้วก็จะสามารถอ่านข้อมูลได้ตามปกติ

4.4 ตัวแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล (Analog-to-Digital Converter หรือ ADC)

ตัวแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลขนาด 10 บิตอยู่บนชิปไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ T89C51AC2 ซึ่งบนชิปไมโครคอนโทรลเลอร์มี ADC ให้ใช้ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ (Channel) โดยใช้ได้ตั้งแต่ขา AN0 ถึง AN7 โดยสามารถเลือกขาใดขาหนึ่งเป็นขาเข้า (input) หรือ ADC input voltage (ADCIN) รับสัญญาณแอนะลอกเข้ามาแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งการแปลงผันของ ADC มี 2 โมด คือ 1. การแปลงผันมาตรฐาน (Standard conversion (8 bits)) 2. การแปลงผันอย่างเที่ยงตรง (Precision conversion (10 bits))

โมดการแปลงผันอย่างเที่ยงตรงทำได้โดย เซตบิต PSIDLE ในรีจิสเตอร์ชื่อ ADCON เมื่อเริ่มต้นการแปลงผันก็จะอยู่ในโมด pseudo-idle mode

คุณสมบัติ

- รับขาเข้าได้ 8 ช่องสัญญาณ
- ใช้เวลาในการแปลงผัน 16 ไมโครวินาที
- ADCIN อยู่ในช่วง 0-3 V
- มีบิตที่ใช้บอกการเสร็จสิ้นการแปลงผัน

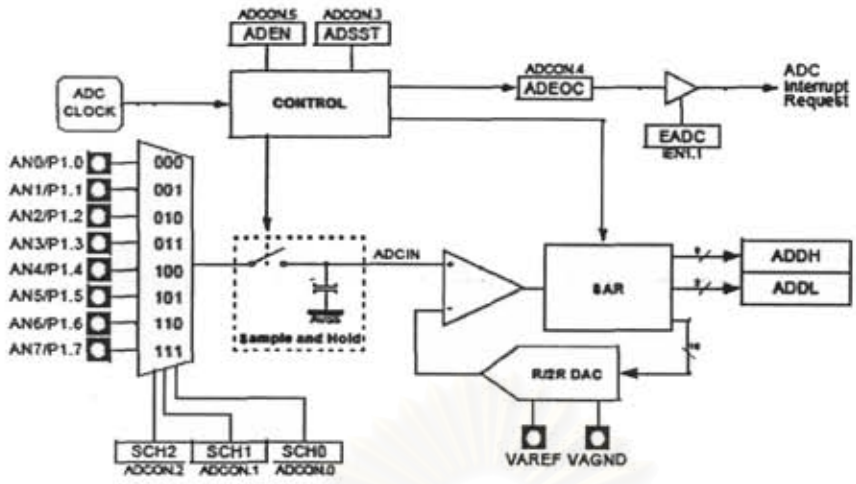
หน้าที่การทำงานของ ADC พอร์ต 1 ขาเข้า/ ขาออก (ADC PORT 1 I/O Functions)

พอร์ต 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้เป็นช่องสัญญาณขาเข้า/ ขาออก (I/O channel) หรือใช้เป็นช่องสัญญาณ (ADC channel) ก็ได้ การเลือกใช้พินของพอร์ต 1 นั้นทำได้โดยเซตบิตที่ควบคุมการใช้เป็นช่องสัญญาณ ADC ในรีจิสเตอร์ที่ชื่อ ADCF เพื่อให้พินช่องสัญญาณ ADC / พอร์ต 1 (ADC channel/port 1 pin) ใช้เป็น ADCIN ส่วนพินอื่นๆที่ไม่ได้เซตในพอร์ต 1 สามารถใช้เป็นขา I/O ได้ตามปกติ

วงจรทำงานของ ADC (ADC Description)

รูปที่ 4.11 แสดงวงจรทำงานภายในตัวแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล

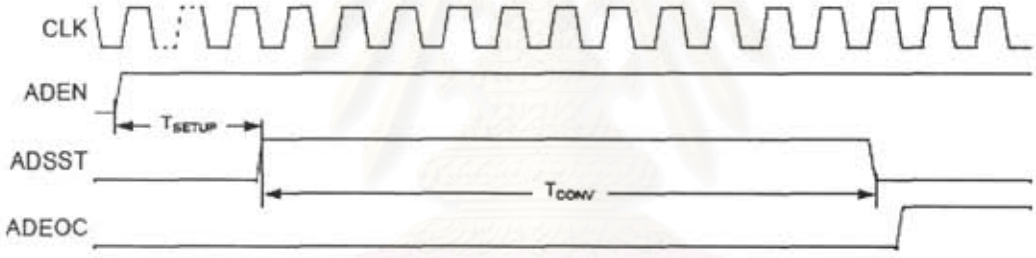
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 วงจรทำงานภายในตัวแปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล (ADC Converter)

แผนภาพไทมิง (TIMING DIAGRAM)

รูปที่ 4.12 แสดงแผนภาพไทมิงของตัวแปลงผัน ADC



รูปที่ 4.12 แผนภาพไทมิงของตัวแปลงผัน ADC

*T_{SETUP} มีค่าอย่างน้อย 4 ไมโครวินาที

การทำงานของตัวแปลงผัน ADC

ก่อนเริ่มการทำงานของตัวแปลงผัน ADC จะต้องเริ่มจากเซตบิต ADEN จากนั้นต้องมีการประวิงเวลาก่อนสั่งการแปลงผันไว้อย่างน้อยเท่ากับ T_{SETUP} (4 ไมโครวินาที) เมื่อเลยเวลา T_{SETUP} แล้วถึงจะสามารถเริ่มการแปลงผันได้โดยเซตบิต ADSST หลังจากแปลงผัน เสร็จแล้ว บิต ADSST จะถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ จากนั้นข้อมูลจำนวน 10 บิตที่ถูกแปลงแล้วจะถูกนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ 2 ไบต์ คือ ADDH และ ADDL เมื่อข้อมูลถูกเก็บเรียบร้อยแล้ว จะมีบิตๆ หนึ่งถูกเซตอัตโนมัติ คือ ADEOC เพื่อบอกว่าข้อมูลที่ถูกแปลงได้ถูกจัดเก็บไว้เรียบร้อยแล้ว

การแปลงผันแรงดัน (Voltage Conversion)

เมื่อแรงดันขาเข้า ADC (ADC input voltage หรือ ADCIN) มีค่าเท่ากับ V_{AREF} ตัวแปลงผัน ADC จะแปลงผันแรงดันออกมาเป็น 3FFH (full scale) ถ้าแรงดันขาเข้าเท่ากับ V_{AGND} ตัวแปลงผัน ADC จะแปลงผันแรงดันออกมาเป็น 000H ค่าแรงดันขาเข้าที่อยู่ระหว่าง V_{AREF} และ V_{AGND} จะถูกแปลงผันออกมาเป็นสัดส่วนแบบเส้นตรงระหว่าง 3FFH และ 000H ส่วนค่าแรงดันขาเข้าที่มากกว่า V_{AREF} จะถูกแปลงเป็น 3FFH ถ้ามีค่าน้อยกว่า V_{AGND} จะถูกแปลงผันเป็น 000H

* V_{AREF}: 2.7V

* V_{AGND}: 0V

รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของการแปลงผันสัญญาณ ADC

ADCF **รีจิสเตอร์** (ADCF Register)

รูปที่ 4.13 แสดง ADCF รีจิสเตอร์

7	6	5	4	3	2	1	0
CH 7	CH 6	CH 5	CH 4	CH 3	CH 2	CH 1	CH 0

Bit Number	Bit Mnemonic	Description
7 - 0	CH 0:7	Channel Configuration Set to use P1.x as ADC input. Clear to use P1.x as standart I/O port.

รูปที่ 4.13 ADCF รีจิสเตอร์

ADCF รีจิสเตอร์เป็นรีจิสเตอร์ ที่มีไว้สำหรับเลือกช่องสัญญาณในพอร์ต 1 ว่าต้องการให้ช่องสัญญาณไหนทำหน้าที่แปลงผันสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลโดยเซต บิต/ช่องสัญญาณที่ต้องการให้เป็น high

ADCON **รีจิสเตอร์** (ADCON Register)

รูปที่ 4.14 แสดง ADCON รีจิสเตอร์

ADCON รีจิสเตอร์เป็นรีจิสเตอร์ ที่ใช้ควบคุมการทำงานของตัวแปลงผัน ADC ไม่ว่าจะเป็น การเลือกโมดการทำงาน การเริ่มการใช้งาน, การเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการแปลงผันหรือการเลือกช่องสัญญาณในการแปลงผัน

7	6	5	4	3	2	1	0
-	PSIDLE	ADEN	ADEOC	ADSST	SCH2	SCH1	SCH0

Bit Number	Bit Mnemonic	Description
7	-	
6	PSIDLE	Pseudo idle mode (best precision) Set to put in idle mode during conversion. Clear to convert without idle mode.
5	ADEN	Enable/Standby Mode Set to enable ADC. Clear for Standby mode (power dissipation 1 uW).
4	ADEOC	End Of Conversion Set by hardware when ADC result is ready to be read. This flag can generate an interrupt. Must be cleared by software.
3	ADSST	Start and Status Set to start an A/D conversion. Cleared by hardware after completion of the conversion.
2-0	SCH2:0	Selection of channel to convert See Table 58.

รูปที่ 4.14 ADCON รีจิสเตอร์

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงบิต SCH0 ถึง SCH1 ใน ADCON รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเลือกขาให้เป็นช่องสัญญาณแอนะลอกขาเข้า

SCH2	SCH1	SCH0	Selected Analog input
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	AN4
1	0	1	AN5
1	1	0	AN6
1	1	1	AN7

ในการเลือกช่องสัญญาณแอนะลอกขาเข้านั้น นอกจากเลือกที่ ADCF รีจิสเตอร์แล้ว ยังต้องมากำหนดอีกครั้งใน ADCON รีจิสเตอร์ ซึ่งจะมีบิต SCH0 – SCH1 เป็นตัวกำหนดเลือกขา 0-7 ของพอร์ต 1 ในการเป็นช่องสัญญาณขาเข้า

ADDH รีจิสเตอร์ (ADC รีจิสเตอร์สำหรับข้อมูลไบต์ความสำคัญสูง) (ADDH Register ADC Data High Byte Register))

7	6	5	4	3	2	1	0
ADAT 9	ADAT 8	ADAT 7	ADAT 6	ADAT 5	ADAT 4	ADAT 3	ADAT 2

Bit Number	Bit Mnemonic	Description
7 - 0	ADAT9:2	ADC result bits 9 - 2

รูปที่ 4.15 ADDH รีจิสเตอร์

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้ เป็นรีจิสเตอร์ภายในที่ไว้พักข้อมูล (บิต 9 ถึงบิต 0) ที่ได้จากการแปลงผันผ่าน ADC เรียบร้อยแล้ว ซึ่ง ADDH นี้จะใช้เก็บข้อมูลบิตที่ 9 ถึงบิตที่ 2

ADDL **รีจิสเตอร์ (ADC รีจิสเตอร์สำหรับข้อมูลไบต์ความสำคัญต่ำ)** (ADDL Register (ADC Data Low Byte Register))

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	ADAT 1	ADAT 0

Bit Number	Bit Mnemonic	Description
7 - 2	-	Reserved The value read from these bits are indeterminate. Do not set these bits.
1 - 0	ADAT1:0	ADC result bits 1-0

รูปที่ 4.16 ADDL รีจิสเตอร์

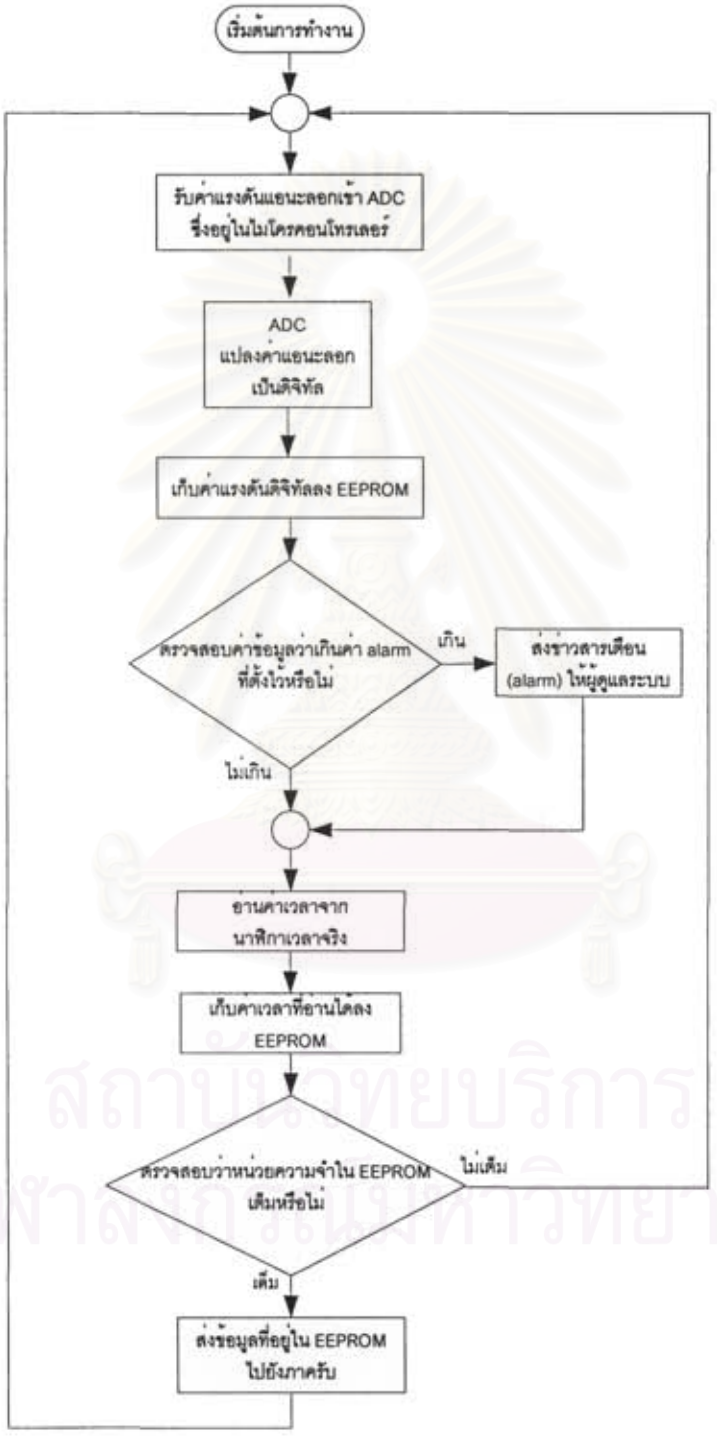
ADDL เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้ ใช้สำหรับพักข้อมูล (บิต 9 ถึงบิต 0) ที่ได้จากการแปลงผันผ่าน ADC เรียบร้อยแล้ว ซึ่ง ADDL นี้จะใช้เก็บข้อมูลบิตที่ 1 ถึงบิตที่ 0

การทำงานของบอร์ด

การทำงานของบอร์ดเริ่มจากรับค่าขาเข้า (input) ซึ่งเป็นค่าแรงดันแอนะลอกเข้าสู่ตัวแปลงผัน ADC (ADC converter) ผ่านทางขา P1.7 (ADC เป็นอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่แล้ว) จากนั้นตัวแปลงผัน ADC ก็จะแปลงค่าแรงดันที่เข้ามาจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 10 บิต ค่าดิจิทัลขนาด 10 บิตนี้จะถูกนำไปตรวจสอบกับค่าที่ตั้งโปรแกรมไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีค่าเกินกว่าที่ได้กำหนดไว้ (ค่า alarm) หรือไม่ ถ้าเกินไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ส่งข่าวสารสั้น (Short Message) เป็นการเตือนผู้ดูแลระบบไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกเครื่องหนึ่งของผู้ดูแลระบบทางภาครับ เมื่อส่งข่าวสารสั้นเรียบร้อยแล้วก็จะทำงานต่อตามปกติคือ นำข้อมูลดิจิทัล 10 บิตนั้นไปเก็บไว้ใน EEPROM ส่วนกรณีที่ค่าดิจิทัล 10 บิตที่ถูกตรวจสอบมีค่าไม่เกินค่าที่กำหนด (ค่า alarm) ก็จะถูกจัดเก็บยัง EEPROM เช่นกัน จากนั้นจะมีการอ่านเวลาจาก DS 1307 (นาฬิกาเวลาจริง) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วนำค่าเวลานั้นเก็บไว้ใน EEPROM ค่าข้อมูล 10 บิต และค่าเวลาจะถูกจัดเก็บในรีจิสเตอร์ของ EEPROM ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเต็มหน่วยความจำของ EEPROM เมื่อข้อมูลเต็มแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ติดต่อไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกเครื่องหนึ่งในภาครับเพื่อส่งข้อมูลทั้งหมดที่เก็บไว้ใน EEPROM จนเต็ม โดยการส่งข้อมูลจะส่งแบบ stream

*การติดต่อระหว่าง DS 1307 (นาฬิกาเวลาจริง) กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ระบบบัสต่อร่วมอนุกรมระบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus)

*การติดต่อระหว่าง EEPROM (24LC256) กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ระบบบัสต่อร่วมระบบ 2 สาย (2-wire serial interface bus)



รูปที่ 4.17 Flow Chart **แสดงการทำงานของบอร์ด**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การนำฮาร์ดแวร์ต่อร่วมไปประยุกต์ใช้กับการโทรมาตร

5.1 ความหมายของการโทรมาตร (Telemetering)

การโทรมาตร (Telemetering) คือ การใช้ระบบสื่อสารข้อมูล ส่งข้อมูลการวัดที่อุปกรณ์เครื่องวัดสามารถวัดออกมาได้ ซึ่งเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ผู้ควบคุมหรือผู้ประกอบการจะได้รับข้อมูลการวัดที่อุปกรณ์ปลายทางที่อยู่กับตัว ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่

ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ระบบการโทรมาตร สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการวัดที่เกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าแรงดันไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า ฯลฯ หรือจะเป็นการวัดที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณออกซิเจน ฯลฯ

โดยอุปกรณ์เครื่องวัดที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับระบบนี้ได้จะต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้

-มีพอร์ตรับ-ส่งข้อมูลเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร

-มีหน่วยความจำ (Memory) เพื่อเก็บข้อมูลที่วัดได้

-สามารถเลือกความถี่ในการวัดได้

-มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

-ฯลฯ

5.2 ข้อดีของระบบการโทรมาตร (Telemetering)

- ประหยัดแรงงานคนที่จะต้องจดค่าที่วัดได้
- ค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพมีราคาค่อนข้างถูก
- เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน สามารถควบคุมได้ทันที

5.3 การทำงานของระบบการโทรมาตร (Telemetering)

ในการศึกษาระบบการโทรมาตร จะแบ่งการทำงานเป็น 2 ภาค คือ

- ภาคส่ง
- ภาครับ

1) <u>การทำงานของระบบการโทรมาตร (ภาคส่ง)</u>

รูปที่ 5.1 โครงสร้างของระบบการโทรมาตร (ภาคส่ง)

รูปที่ 5.1 โครงสร้างของระบบการโทรมาตร (ภาคส่ง) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่างคือ

- โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะติดตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งที่ต้องการวัด จะกำหนดให้เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้นทาง
- อุปกรณ์ GSM Interface Unit (GIU)
- อุปกรณ์เครื่องวัด

หลักการทำงานของการโทรมาตร (ภาคส่ง) มีขั้นตอนดังนี้

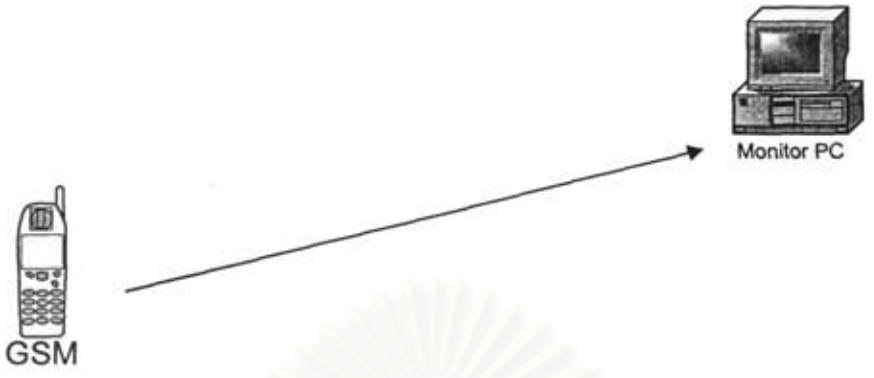
1) อุปกรณ์เครื่องวัด วัดข้อมูลต่างๆ ตามต้องการ

2) นำข้อมูลที่วัดได้ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) ที่อยู่ภายในอุปกรณ์เครื่องวัด

3) เมื่อข้อมูลครบจำนวนตามที่ต้องการแล้ว อุปกรณ์เครื่องวัดส่งข้อมูลไปให้ GIU และส่งต่อไปที่โทรศัพท์เคลื่อนที่

4) เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดตั้งอยู่กับ GIU ได้รับข้อมูลแล้ว จะส่งข้อมูลในรูปแบบ text file ไปสู่โทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทาง

2) การทำงานของระบบการโทรมาตร (ภาครับ)



รูปที่ 5.2 โครงสร้างของระบบการโทรมาตร (ภาครับ)

รูปที่ 5.2 แสดงโครงสร้างการทำงานของการโทรมาตร (ภาครับ) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) โทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางได้รับข้อมูล

2) โทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลข้อมูลต่อไป

3) หากผู้ใช้ต้องการควบคุมตัวอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ก็สามารถส่งข่าวสารสั้น (SMS) ไปยังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดต่ออยู่กับอุปกรณ์เครื่องวัด

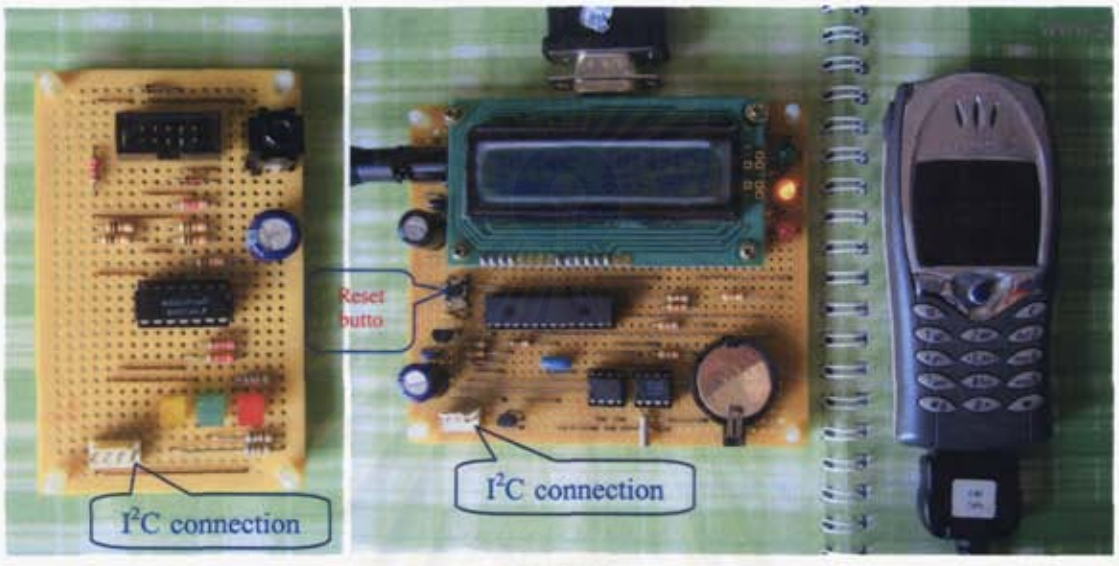
5.4 การประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิระยะไกล

เราสามารถใช้เซนเซอร์อุณหภูมิในการวัดอุณหภูมิซึ่งเป็นการวัดค่าทางกายภาพชนิดหนึ่งได้โดยไม่ยากนัก อย่างไรก็ตาม ถ้าเราอยู่ไกลจากจุดที่เราต้องการวัดอุณหภูมิ การวัดโดยใช้เซนเซอร์จากระยะไกลจะมีปัญหาในเรื่องการส่งค่าของอุณหภูมิที่วัดได้มายังจุดที่เราอยู่ ซึ่งหากเราใช้ระบบวิทยุสื่อสารปกติ (Radio Telemetry) จะมีปัญหาเรื่องการขอใช้ช่องสัญญาณวิทยุ ซึ่งทำให้ภาคเอกชนหรือหน่วยงานราชการที่ไม่มีใบอนุญาตใช้งานคลื่นความถี่วิทยุไม่สามารถใช้งานได้ แต่เนื่องจากโครงข่าย GSM มีอยู่เกือบทุกประเทศในโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย ทำให้เป็นโครงข่ายสื่อสารที่สามารถติดต่อได้ทั่วโลกตลอดเวลาอีกทั้งมีความเชื่อถือได้สูงเพราะเป็นระบบดิจิทัลและมีการดูแลรักษาอย่างดีจากผู้ให้บริการ ดังนั้นการประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ระบบ GSM สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิระยะไกลจึงสามารถเป็นทางแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง

เป้าหมายของโครงการวิจัยในปีที่ 1 นี้คือ เครื่องต้นแบบ GSM Interface สำหรับวัดค่าทางกายภาพชนิดต่างๆ จากระยะไกล เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ใน

รายงานฉบับสมบูรณ์นี้เราเลือกทดลองและแสดงผลการวัดอุณหภูมิจากระยะไกลเพียงอย่างเดียวก่อน สำหรับการวัดค่าทางกายภาพอื่นๆ เช่น ความชื้น ความดัน ฯลฯ เราก็สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกัน เนื่องจากเซนเซอร์วัดค่าทางกายภาพเหล่านี้แปลงค่าทางกายภาพเป็นแรงดันแบบแอนะลอกเหมือนกันทั้งหมด ทั้งหมดจึงมีการประยุกต์ใช้ในลักษณะเดียวกัน

5.4.1 **ส่วนประกอบของระบบ GSM Interface ที่พัฒนาขึ้น** (ดูรูปที่ 5.3 ประกอบ)



รูปที่ 5.3 มอดูลตัวแปลงวงจรต่อร่วม RS-232 ไปเป็น I^2C และมอดูล GSM Interface ที่ได้พัฒนาขึ้น

ระบบ GSM Interface ที่ได้พัฒนาขึ้นประกอบด้วยมอดูล 2 มอดูล ดังนี้

1) มอดูลตัวแปลงวงจรต่อร่วม RS-232 ไปเป็น I^2C

มอดูลนี้ทำหน้าที่แปลงวงจรต่อร่วม RS-232 ซึ่งต่อมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในกรณีที่เราต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหรือไปยังมอดูล GSM Interface ไปเป็นวงจรต่อร่วม I^2C จึงจะสามารถติดต่อกับมอดูล GSM Interface ได้ การสื่อสารข้อมูลในโมดนี้จึงเป็นการสื่อสารโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับมอดูล GSM Interface เพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับมอดูล GSM Interface ก่อนการใช้งานหรือเพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับข้อมูล GSM Interface ใหม่หลังจากใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว ข้อมูลที่ติดต่อสื่อสารกันในโมดนี้ ได้แก่

1. การตั้งค่าของคาบเวลาการวัดอุณหภูมิว่าทุกๆ ระยะเวลานานเท่าไรที่จะให้ระบบส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ผ่านทางบริการ SMS มาให้เราจากระยะไกล

2. การตั้งค่าหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ปลายทางที่เราต้องการให้ระบบ GSM Interface นี้ส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ไปให้ ซึ่งอาจเป็นหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูล (Central's Number) หรืออาจเป็นหมายเลขของผู้จัดการระบบ GSM Interface นี้ (Manager's Number) หรือหมายเลขของผู้สั่งการให้ส่งข้อมูลวัดจากเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ใดๆ หรือทั้ง 2 หรือ 3 กรณีข้างต้นพร้อมๆ กันก็ได้

2) มอดูล GSM Interface

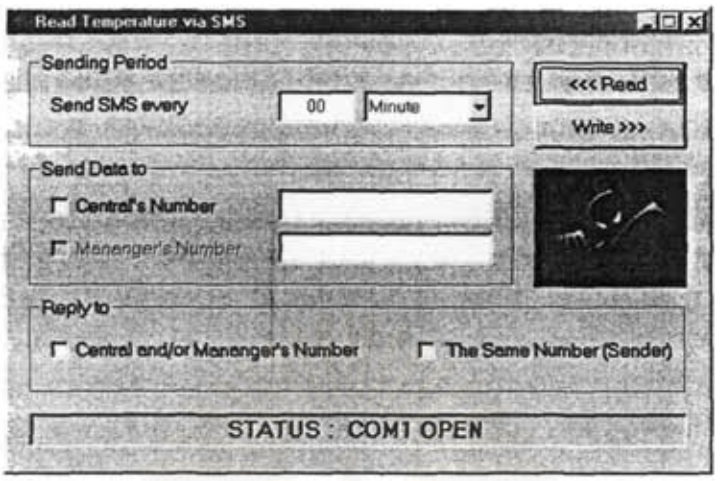
มอดูลนี้ทำหน้าที่รับข้อมูลที่วัดได้จากเซนเซอร์อุณหภูมิ ซึ่งเป็นค่าแรงดันแบบแอนะลอก แปลงค่าแรงดันให้เป็นสัญญาณดิจิทัล รับข้อมูลเวลาขณะทำการวัดจาก Real Time Clock (RTC) ที่อยู่ในมอดูลนี้ด้วย แปลงค่าแรงดันแบบดิจิทัลและข้อมูลเวลานี้ให้อยู่ในรูปของ SMS PDU (Short Message Service Protocal Data Unit) ซึ่งเป็นฟอร์แมตสำหรับการส่งข้อมูลผ่าน SMS แล้วจึงสั่งการให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ที่ต่ออยู่ทำหน้าที่ส่งค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิและเวลาขณะทำการวัดผ่านทางบริการ SMS ไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำหนดค่าโดยการตั้งค่าโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางมอดูลตัวแปลงวงจรต่อร่วม RS-232 เป็น I^2C มายังมอดูล I^2C นี้ที่ได้กระทำไปก่อนการนำมอดูล GSM Interface นี้มาใช้งาน

5.4.2 หลักการทำงาน

ในโครงการวิจัยนี้ เราไม่เพียงแต่แสดงผลค่าอุณหภูมิที่วัดได้บนจอแสดงผลแบบ LCD (LCD Display) บนมอดูล GSM Interface เท่านั้น แต่เรายังใช้บริการ SMS สำหรับรับ-ส่งคำสั่งและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อีกด้วย

ในตอนเริ่มเปิดเครื่องมอดูล GSM Interface มอดูลนี้จะตรวจสอบดูว่ามีการต่อเข้ามาที่พอร์ต I^2C จากมอดูลตัวแปลงวงจรต่อร่วม RS-232 เป็น I^2C หรือไม่ ถ้ามีแสดงว่า การทำงานอยู่ในโมดการตั้งค่าพารามิเตอร์การทำงาน ในกรณีนี้ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) สีส้มและสีเขียวจะสว่างขึ้น

เราได้พัฒนาโปรแกรมภาษา Visual Basic ที่สมบูรณ์สำหรับอ่านและตั้งค่ารูปลักษณ์ (Configuration) ของมอดูล GSM Interface นี้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เมื่อโปรแกรมนี้เริ่มต้นทำงาน จะมีคำอธิบายสั้นๆ ปรากฏออกมาดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 โปรแกรมสำหรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในมอดูล GSM Interface

1. ความหมายของปุ่มต่างๆ

   1.1 ปุ่มอ่าน (Read) เลือกคลิกที่ปุ่มนี้เมื่อต้องการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากมอดูล GSM Interface

   1.2 ปุ่มเขียน (Write) เลือกคลิกที่ปุ่มนี้เมื่อต้องการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไปยังมอดูล GSM Interface

2. ความหมายของช่องใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

   2.1 ช่องคาบเวลาการส่ง (Sending Period)

   1) เมื่อเรากดปุ่มอ่าน ช่องนี้จะแสดงค่าคาบเวลาการส่ง SMS ที่บันทึกไว้ในมอดูล GSM Interface ปัจจุบัน

   2) เมื่อเรากดปุ่มเขียน เราสามารถตั้งค่าของคาบเวลาการส่งที่เราต้องการให้กับมอดูล GSM Interface หลังจากที่เราได้ตั้งค่าในช่องนี้แล้ว

   2.2 ช่องส่งข้อมูล (Send Data to)

   1) เมื่อเรากดปุ่มอ่าน ช่องนี้จะแสดงค่าหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูล (Central's Number) (และหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้จัดการระบบ (Manager's Number) ในกรณีที่เราเลือกตั้งค่าให้มีหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่นี้ไว้อยู่ก่อนแล้วด้วย)

   2) เมื่อกดปุ่มเขียน เราสามารถตั้งค่าหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูล (และหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้จัดการระบบในกรณีที่เราตั้งให้สามารถกำหนดค่าหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่นี้ได้ด้วย) หลังจากที่เราได้ตั้งค่าในช่องหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องไว้แล้ว

3. ช่องเลือกตอบกลับ (Reply to)

1) เมื่อกดปุ่มอ่าน ช่องนี้จะแสดงค่าการตอบกลับที่บันทึกไว้ในมอดูล GSM Interface ปัจจุบันว่าให้มอดูลนี้ส่งค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูล และ/หรือของผู้จัดการระบบ และ/หรือส่งไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ใดๆ (Sender) ที่โทรเข้ามายังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของมอดูล GSM Interface นี้ เพื่อสั่งให้มอดูลนี้ส่งข้อมูลค่าการวัดอุณหภูมิไปให้ผ่านทางระบบ SMS (The Same Number)

2) เมื่อกดปุ่มเขียน เราสามารถตั้งค่าให้มอดูล GSM Interface ตอบกลับโดยการส่งค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูล และ/หรือของผู้จัดการระบบ และ/หรือส่งไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ใดๆ (Sender) ที่โทรเข้ามายังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ของมอดูล GSM Interface นี้ เพื่อสั่งให้มอดูลนี้ส่งข้อมูลค่าการวัดอุณหภูมิไปให้ผ่านทางระบบ SMS (The Same Number)

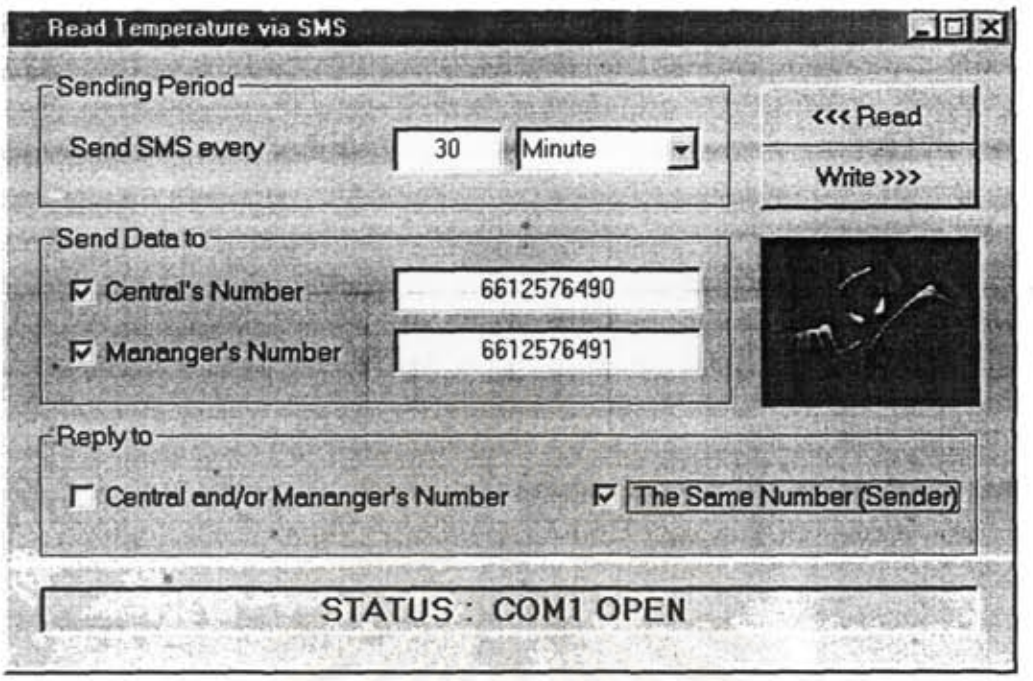
4. ช่องแสดงสถานะ (Status)

ช่องแสดงสถานะแสดงถึงสถานการณ์ทำงานปัจจุบันของโปรแกรม เช่น ในรูปที่ 5.4 แสดงถึงสถานะปัจจุบันว่า พอร์ตสื่อสารที่ 1 ในปัจจุบันกำลังเปิดอยู่ เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมภาษา Visual Basic ที่พัฒนาขึ้นมาเองสำหรับอ่านและตั้งค่ารูปลักษณ์ (Configuration) ของมอดูล GSM Interface จากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีดังนี้

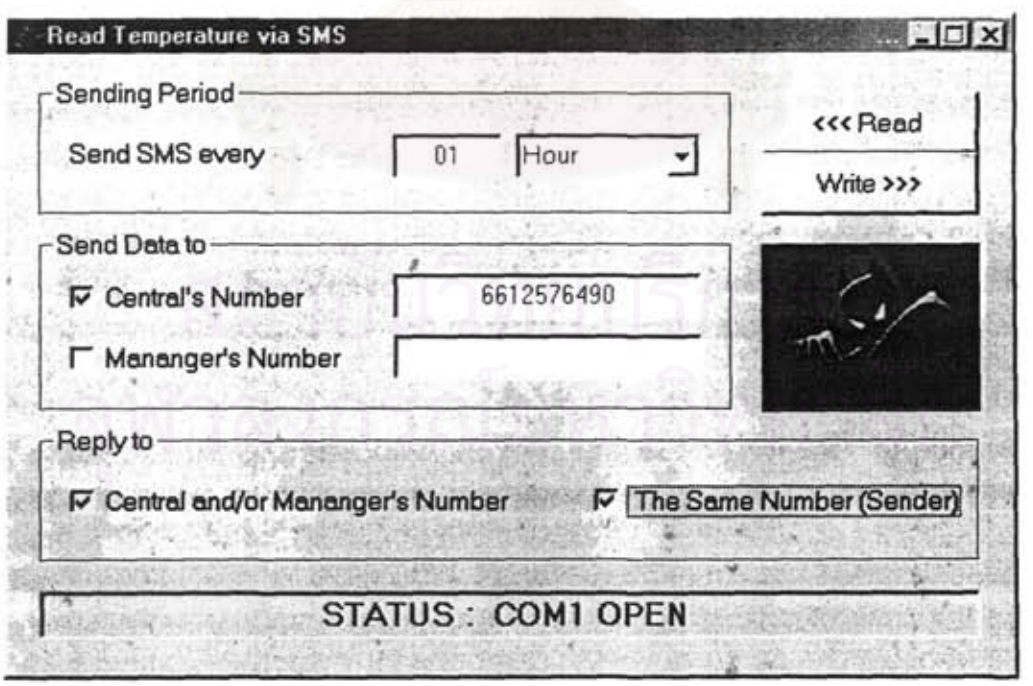
1. เมื่อต้องการให้มอดูลรายงานค่าอุณหภูมิทุกๆ 30 นาที ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูลหมายเลข 6612576490 และของผู้จัดการระบบหมายเลข 6612576491 หรือเมื่อมอดูลนี้ได้รับคำสั่งให้ตอบกลับค่าไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ในการสั่งการนี้ เราสามารถเติมข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



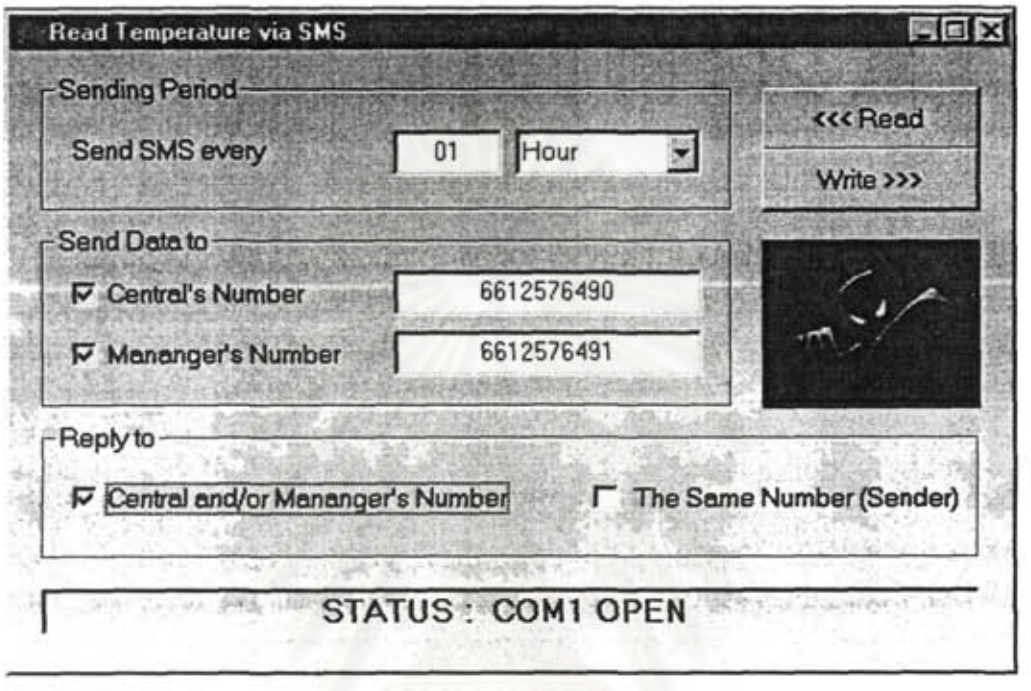
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างการตั้งค่าตามความต้องการในข้อที่ 1

2. เมื่อต้องการให้มอดูลรายงานค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมง ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูลหมายเลข 6612576490 หรือเมื่อมอดูลนี้ได้รับคำสั่งให้ตอบกลับค่าไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ในการสั่งการนี้และไปยังศูนย์รวบรวมข้อมูลด้วย เราสามารถเติมข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างการตั้งค่าตามความต้องการในข้อที่ 2

3. เมื่อต้องการให้มอดูลรายงานค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 ชั่วโมง ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูลหมายเลข 6612576490 และของผู้จัดการระบบหมายเลข 6612576491 หรือเมื่อมอดูลนี้ได้รับคำสั่งให้ตอบกลับค่าไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของศูนย์รวบรวมข้อมูลและผู้จัดการระบบ เราสามารถเติมข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการตั้งค่าตามความต้องการในข้อที่ 3

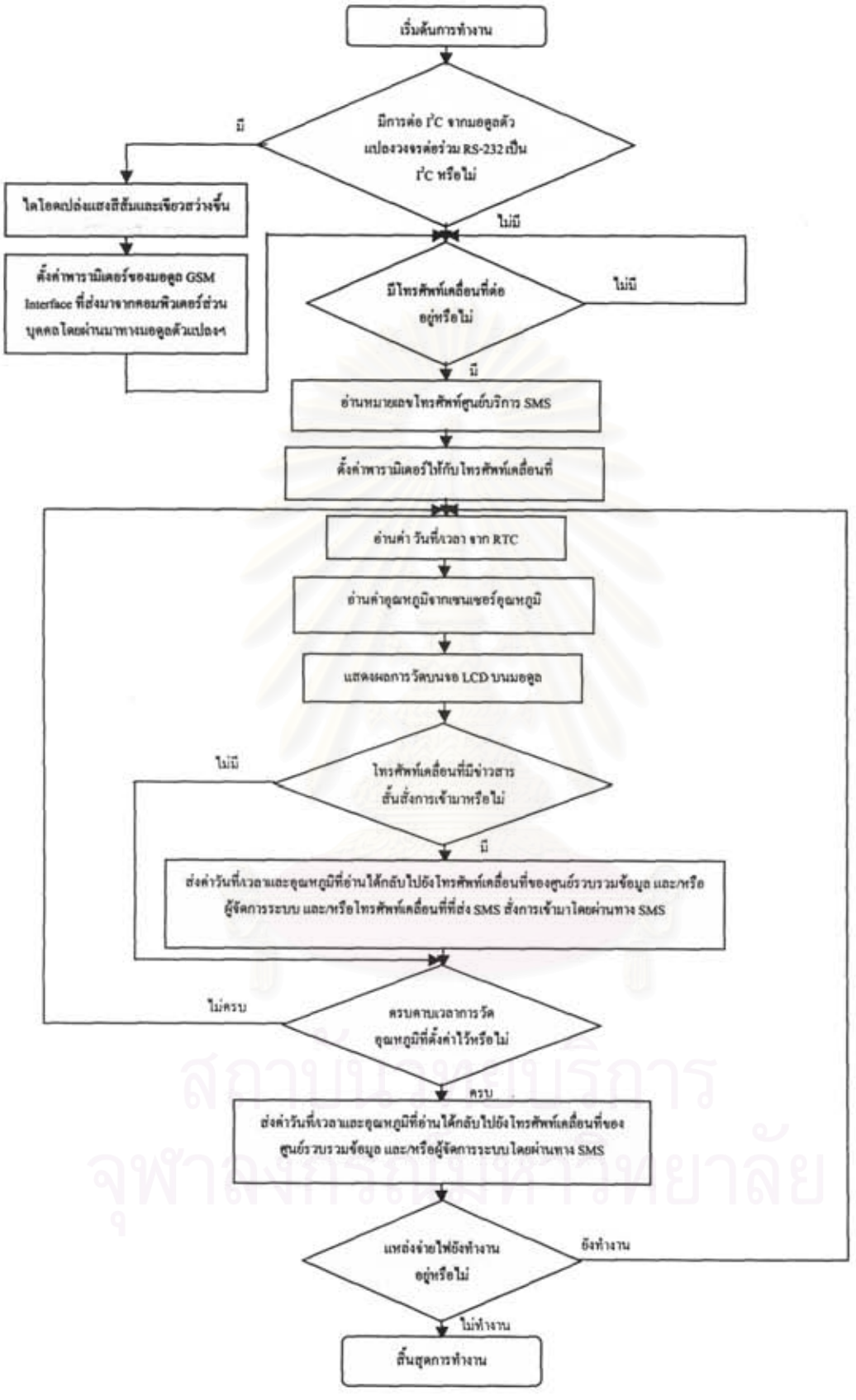
อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มอดูลพบว่าไม่มีการต่อเข้ามาที่พอร์ต I^2C จากมอดูลตัวแปลงวงจรต่อร่วม RS-232 เป็น I^2C มอดูล GSM Interface จะดำเนินการตรวจสอบดูต่อไปว่ามีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (ที่มอดูลนี้ใช้ในการส่ง SMS) ต่ออยู่หรือไม่ ถ้ามีโทรศัพท์เคลื่อนที่ต่ออยู่แล้วและสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง มอดูลนี้จะอ่านหมายเลขโทรศัพท์ของศูนย์บริการ SMS (หมายเลขนี้แตกต่างกันไปตามความแตกต่างของผู้ให้บริการ) เพื่อนำมาใช้ในการส่งข้อมูลผ่านทาง SMS พร้อมกับตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่จำเป็นให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ เช่น เลือกฟอร์แมตของ SMS ที่ใช้ (ในกรณีนี้เราเลือกใช้เป็นฟอร์แมต PDU) และเลือกที่ตั้งของหน่วยความจำของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะใช้บันทึกข้อมูล

ภายหลังการตั้งค่าต่างๆ เสร็จสิ้นลงแล้ว มอดูล GSM Interface จะเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมหลักในลักษณะวนรอบอย่างไม่มีจุดสิ้นสุด โดยเริ่มต้นจากการอ่านค่า วันที่/เวลา (date/time) จาก Real Time Clock (RTC) และอ่านค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์อุณหภูมิ DS 1820 ของบริษัท Dallas ที่ใช้ แล้วจึงแสดงผลการวัดบนแผงแสดงผลแบบ LCD ขนาด 16 characters

×2 rows ที่อยู่บนมอดูล GSM Interface เอง หลังจากการแสดงผลเวลาและอุณหภูมิบนแผงแสดงผลแบบ LCD แล้วมอดูลจะตรวจสอบว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต่ออยู่มี SMS สั่งการส่งเข้ามาหรือไม่ ถ้าไม่มี โปรแกรมหลักนี้ก็จะวนรอบการทำงานในรอบต่อไป แต่ถ้ามี มอดูลนี้จะอ่านค่าอุณหภูมิที่วัดได้และส่งกลับไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ได้ตั้งค่าไว้ก่อนแล้วในช่องเลือกตอบกลับ (Reply to) โดยผ่านทาง SMS เช่นกัน

รูปที่ 5.8 แสดงแผนภาพการทำงานของมอดูล GSM Interface

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 แผนภาพแสดงการทำงานของมอดูล GSM Interface

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

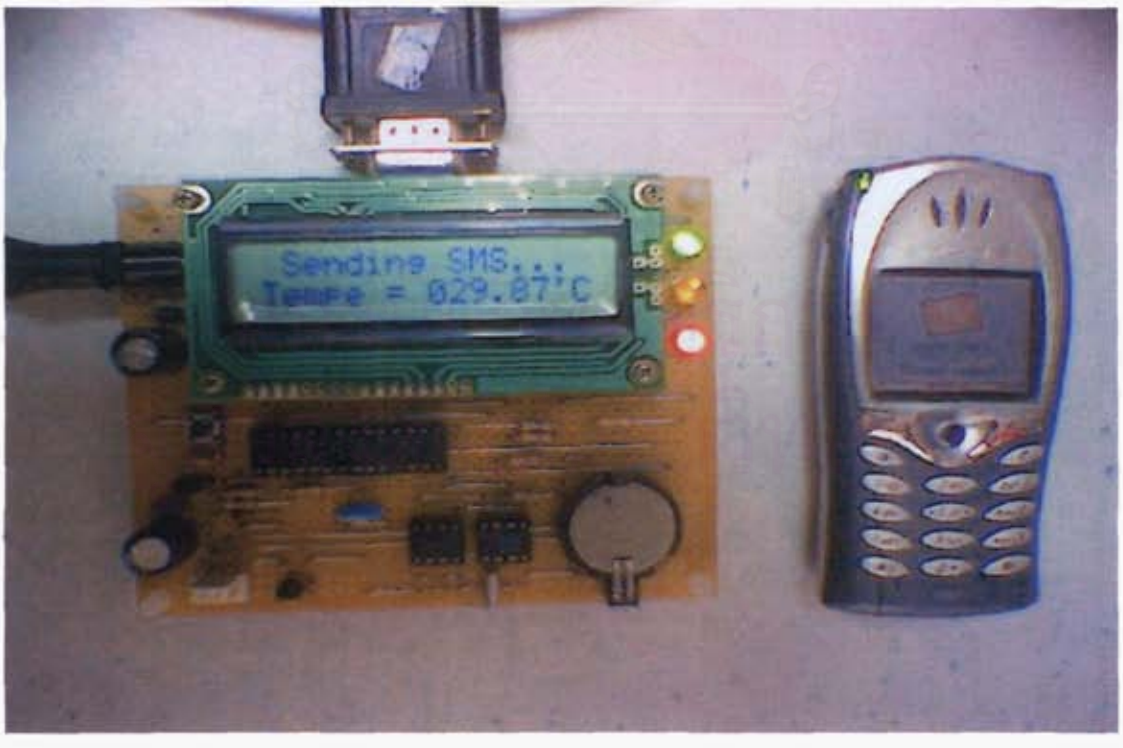
ไดโอดเปล่งแสงสีส้มแสดงถึงสถานะการอ่านวันที่/เวลา, อุณหภูมิ และการแสดงผลบนจอ LCD ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวแสดงถึงสถานะการตรวจสอบการอ่านและการส่ง SMS และไดโอดเปล่งแสงสีแดงแสดงถึงสถานะการทำงานของแหล่งจ่ายไฟและ RTC ว่าทำงานอย่างถูกต้องหรือไม่

5.4.3 การสั่งการให้มอดูล GSM Interface ส่งค่าอุณหภูมิมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ใดๆ

เราสามารถสั่งการให้มอดูล GSM Interface ส่งค่าวันที่/เวลา และอุณหภูมิที่วัดไว้มายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ใดๆ ได้ (เมื่อเราได้เลือกช่อง The Same Number (Sender) ในช่องเลือกตอบกลับ (Reply to) ไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว) โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่หมายเลขนั้นส่งข่าวสารสั้นสั่งการเข้าไปที่หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต่ออยู่กับมอดูล GSM Interface โดยการส่งข่าวสารสั้น <READ> xxxxxxxxx โดยที่ xxxxxxxxx คือหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต่ออยู่กับมอดูล GSM Interface ที่เราต้องการทราบค่าการวัดอุณหภูมิ

5.4.4 ผลการทดลองการประยุกต์ใช้บริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิระยะไกล

รูปที่ 5.9 แสดงผลการทดลองเมื่อมอดูล GSM Interface กำลังส่งข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ (29.87°c) ที่เวลา 16:39 น. วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ผ่านทางบริการ SMS จากมอดูล GSM Interface ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่วางอยู่ด้านข้าง



รูปที่ 5.9 ผลการทดลองเมื่อมอดูล GSM Interface กำลังส่งข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้

รูปที่ 5.10 แสดงผลการทดลองเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งมาจากมอดูล GSM Interface ในรูปที่ 5.9 ซึ่งในรูปที่ 5.10 นี้จะเห็นผลการส่งข้อมูลบนจอของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ว่า ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ซึ่งมีค่า 29.87°c ซึ่งส่งมาเมื่อเวลา 16:39 น. วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งตรงกับข้อมูลในรูปที่ 5.9 ที่ส่งมาให้ และในขณะเวลาเดียวกันมอดูล GSM Interface นี้ กำลังเตรียมตัวส่งข้อมูลที่วัดได้ที่เวลา 16:42 น. (ในการทดลองนี้เราตั้งค่าให้ระบบส่งข้อมูลทุกๆ 3 นาที) ด้วยค่าอุณหภูมิ 29.81°c ซึ่งคงที่มาตั้งแต่เวลา 16:41:38 น.

รูปที่ 5.10 ผลการทดลองเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งมาจากมอดูล GSM Interface ในรูปที่ 5.9 และเตรียมส่งข้อมูล (29.81°c) ในคาบเวลาส่งถัดไปที่เวลา 16.42น.

รูปที่ 5.11 แสดงผลการทดลองเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งมาจากมอดูล GSM Interface ในรูปที่ 5.10 ซึ่งในรูปที่ 5.11 นี้จะเห็นผลการส่งข้อมูลบนจอของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ว่า ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ซึ่งมีค่า 29.81°c ซึ่งส่งมาเมื่อเวลา 16:42 น. วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งตรงกับข้อมูลในรูปที่ 5.10

รูปที่ 5.11 ผลการทดลองเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งมาจากมอดูล GSM Interface ในรูปที่ 5.10

ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.9, 5.10 และ 5.11 ข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่าเราสามารถออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM เพื่อการส่งข่าวสารสั้นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับการวัดอุณหภูมิระยะไกลได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการนี้ทุกประการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการดำเนินการและแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

6.1 สรุปผลการดำเนินการ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือ เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ GSM Interface ที่สามารถติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM เพื่อการส่งข่าวสารสั้นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับบริการส่งข่าวสารสั้นในระบบโทรทัศน์เคลื่อนที่สำหรับการโทรมาตรได้

โดยที่ในโครงการวิจัยในปีที่ 1 นี้ ตั้งเป้าหมายไว้ที่การพัฒนาการประยุกต์ใช้กับการวัดค่าทางกายภาพต่างๆ จากระยะไกล เช่น อุณหภูมิ ฯลฯ

ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้วเป็นไปตามระเบียบวิธีวิจัยในหัวข้อที่ 1.6 ในบทที่ 1 ของรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ทุกประการ

การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับต่อร่วมเข้ากับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งของโครงการวิจัยนี้ ได้เริ่มต้นศึกษาแนวทางการทำงานสำหรับการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการนี้จากไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดสำเร็จรูป และได้ทดลองออกแบบวงจรในส่วนอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการทำงานและดูผลที่ได้จากการทดลองบนบอร์ดสำเร็จรูปนี้จนกระทั่งแน่ใจว่า GSM Interface ที่จะสร้างขึ้นสามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดแล้ว จึงค่อยออกแบบวงจรต่อร่วม GSM Interface นี้ลงบนบอร์ดต่างๆ จากนั้นจึงนำ Electronic Parts ชนิดต่างๆ กันมาติดตั้งลงบนบอร์ดที่ได้ทำการออกแบบไว้ หลังจากนั้นได้ทำการทดลองให้บอร์ดทำงาน ดังแสดงผลการทดลองการทำงานในหัวข้อที่ 5.4 ในบทที่ 5 ซึ่งผลการทดลองแสดงว่ามอดูล GSM Interface ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

6.2 แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการสิ้นสุดปีที่ 1 ไปแล้ว แต่ยังมีแนวทางการพัฒนาการประยุกต์ใช้งานต่อไปในอนาคตดังต่อไปนี้

ปีที่ 2 เครื่องต้นแบบ GSM Interface สำหรับระบบเฝ้าเตือนระดับน้ำในเขื่อน ระบบเฝ้าเตือนระดับน้ำในแม่น้ำ และอุทกภัย

ปีที่ 3 เครื่องต้นแบบ GSM Interface สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าเกินและการวัดค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

นอกจากแนวทางการพัฒนาสำหรับการประยุกต์ใช้งานอื่นๆ ข้างต้นแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังอาจมีแนวทางพัฒนาใช้การส่งข้อมูลแบบอื่นๆ ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ GSM เช่น

1. การส่งข้อมูลแบบ Stream ซึ่งมีข้อดีที่เหนือกว่าการส่งข่าวสารสั้น คือ สามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละมากๆ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย (หากไม่จำเป็นต้องทราบข้อมูลที่ update ตลอดเวลาในแบบ Real Time)
2. ใช้การรวมกลุ่มข้อมูลให้เป็น Packet Data และใช้บริการ GPRS (General Packet Radio Services) ซึ่งจะทำให้สมรรถนะของระบบดียิ่งขึ้น

สำหรับแนวทางในการพัฒนามอดูล GSM Interface ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่างๆ กันซึ่งมักต้องนำไปใช้งานนอกอาคารในสภาพแวดล้อมต่างๆ กัน มีแนวทางดังนี้

1. พัฒนาแหล่งจ่ายไฟให้เป็นไปใช้เซลล์แสงอาทิตย์แทนแหล่งจ่ายไฟปัจจุบันที่เป็นอะแดปเตอร์ซึ่งต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ
2. เปลี่ยนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มอดูล GSM Interface ปัจจุบันต้องใช้ไปเป็น GSM Module ที่มีขนาดเล็กสามารถนำไปรวมบนมอดูล เพื่อทำให้มอดูลมีขนาดเล็กลง
3. Optimize ลายเส้นวงจรบนมอดูล เพื่อทำให้มอดูลมีขนาดเล็กลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1) Scott B. Guthery, Mary J. Cronin. "Mobile Application Development", McGraw-Hill, 2002
2) ไพโรจน์ ไววานิชกิจ. "เปิดโลกมือถือ GSM สู่ UMTS", ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2545
3) ดร.วาทิต เบญจพลกุล, "การสื่อสารข้อมูล", Sophia Publishing , 2543
4) ฉัททวุฒิ พืชผล และพิชิต ลันติกุลานนท์. "คู่มือเรียน Visual Basic 6", โพรวิชั่น, 2544
5) อรรถพล บุญยโภคา, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. "เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม"
6) วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. "เรียนรู้และปฏิบัติการณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
7) Jan Axelson,"Serial Port Complete", Lakeview Research, USA, 2000
8) Ericsson developer zone: available in http://www.ericsson.com/mobilityworld/
9) Atmel Corp Microcontroller : available in http://www.atmel.com
10) Dallas Semiconductor : available in http://www.maxim-ic.com
11) ประเสริฐ จริงโพธิ์ และพงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบูลย์. "เรื่องน่ารู้โมบายล์โทรคมนาคม", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

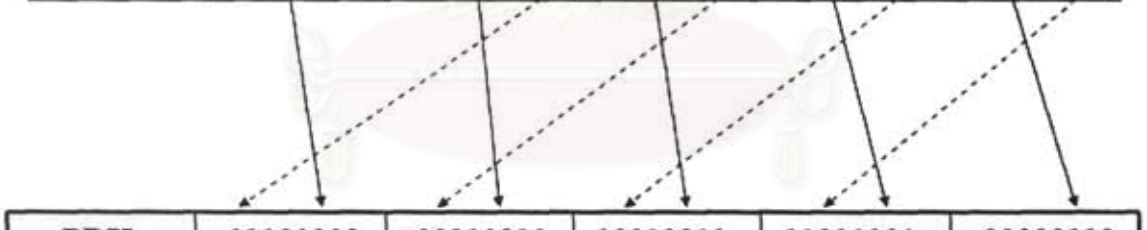
ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
การเข้ารหัส PDU

ในการเข้ารหัส PDU นั้นในตอนแรกจะต้องทราบว่าตัวอักขระแต่ละตัวที่เราต้องการเข้ารหัสนั้นมีรหัส ASCII (hexadecimal) อย่างไรก่อน ซึ่งสามารถดูได้จาก ตารางที่ ก.1 จากนั้นจึงแปลงจากรหัส ASCII (hexadecimal) เป็น ASCII (binary) แล้วตัด 0 บิตแรกทิ้ง จากนั้นก็แปลงเป็นรหัส PDU โดยนำบิตสุดท้ายของตัวอักขระตัวที่ 2 มาวางหน้า 7 บิตของอักขระตัวที่ 1 ซึ่งก็จะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 1 ต่อไปก็นำ 2 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 3 มาวางหน้า 6 บิตที่เหลืออยู่ของอักขระตัวที่ 2 ซึ่งก็จะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 2 จากนั้นนำ 3 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 4 มาวางหน้า 5 บิตที่เหลืออยู่ของอักขระตัวที่ 3 ซึ่งก็จะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 3 จากนั้นทำเหมือนเดิมไปเรื่อยๆ เมื่อได้รหัส PDU 8 บิตแล้วจึงแปลงเป็นรหัส PDU (hexadecimal) ดังตัวอย่างที่ต้องการเข้ารหัส PDU ของคำว่า hello ในรูปที่ ก.1

Format	h	e	l	l	o
ASCII Hex	68	65	6C	6C	6F
ASCII Bin	01101000	01100101	01101100	01101100	01101111
บิตที่จะเข้ารหัส	1101000	1100101	1101100	1101100	1101111



PDU	11101000	00110010	10011011	11111101	00000110
PDU HEX	32	32	9B	FD	06

รูปที่ ก.1 การแปลงรหัส PDU

จะเห็นได้ว่ารหัส PDU ของคำว่า hello คือ32329 BFD06

ตารางที่ ก.1 รหัส ASCII (hexadecimal) ของอักขระต่างๆ

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040		Space	64	40	100	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	(	72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	)	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[	[	123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174			|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135	]	]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177	&#127;	DEL

Source: www.asciitable.com

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
การทดสอบการต่อร่วมเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในการทดสอบโดยใช้ชุดคำสั่ง AT ในโปรแกรม Hyper Terminal ได้ผลดังต่อไปนี้

1) การทดสอบคำสั่งตรวจสอบการต่อถึงกันของโทรศัพท์เคลื่อนที่

2) การทดสอบคำสั่งตรวจสอบแบตเตอรี่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) การทดสอบคำสั่งเรียกดูข่าวสารสั้นทั้งหมด

4) การทดสอบคำสั่งดูเฉพาะข่าวสารสั้นที่ต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) การทดสอบคำสั่งส่งข่าวสารสั้น

6) การทดสอบคำสั่งที่ถามเกี่ยวกับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข่าวสารสั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) การทดสอบคำสั่งเกี่ยวกับการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Stream

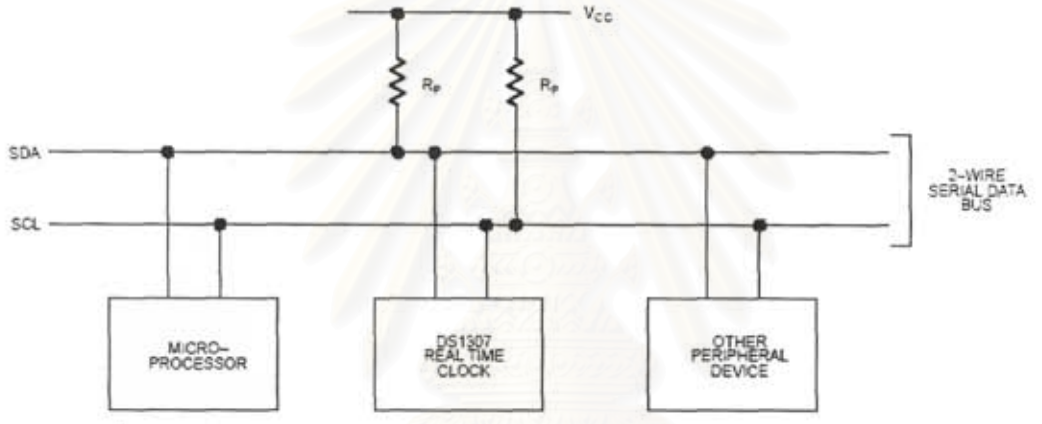
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

บัสต่อร่วมอนุกรมแบบ 2 สาย I^2C (2 Wire Serial Interface Bus, I^2C)

I^2C เป็นระบบรับส่งข้อมูล ซึ่งในบอร์ดทดลอง GIU เราใช้ระบบนี้ติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ DS 1307 และ EEPROM โดยระบบ I^2C นี้จะรับส่งข้อมูลผ่านทางสาย 2 สาย คือ SCL และ SDA โดยที่ SCL เป็นสายสำหรับสร้างสัญญาณนาฬิกา ส่วน SDA เป็นสายสำหรับโปรแกรมได้ทั้งในโมดการทำงานเขียนหรืออ่านข้อมูล ซึ่งระบบนี้สามารถต่อร่วมกับอุปกรณ์หลายตัวได้ โดยมีหลักการทำงานต่างๆ ดังนี้

รูปลักษณ์ของบัส 2 สายแบบฉบับ (Typical 2-Wire Bus Configuration)



รูปที่ ค.1 วิธีการต่อขนานกันระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย

รูปที่ ค.1 แสดงวิธีการต่อขนานกันระหว่างอุปกรณ์ต่างๆในระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย

- การรับ-ส่งข้อมูลสามารถเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อบัสว่างเท่านั้น (ทั้ง SCL และ SDA เป็น high)
- ระหว่างรับ-ส่งข้อมูล สายข้อมูล (SDA) จะต้องมีค่าแรงดันคงที่ตลอดในช่วงที่สายสัญญาณนาฬิกา (SCL) เป็น high

สถานะของบัส (Bus condition)

เริ่มถ่ายโอนข้อมูล (Start data transfer) : การเปลี่ยน state ของสายข้อมูล (SDA) จาก high เป็น low ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเป็น high ถือว่าบัสอยู่ในสถานะเริ่มถ่ายโอนข้อมูล

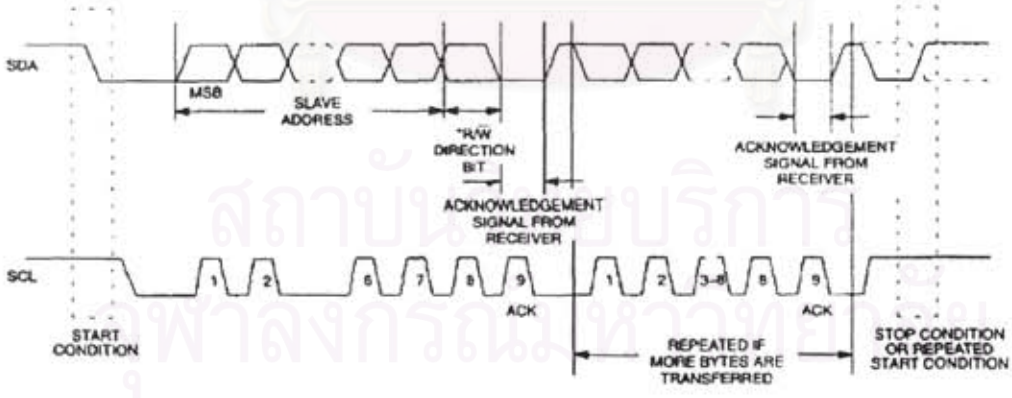
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หยุดถ่ายโอนข้อมูล (Stop data transfer) : การเปลี่ยน state ของสายข้อมูล (SDA) จาก low เป็น high ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาเป็น high ถือว่าบัสอยู่ในสถานะหยุดถ่ายโอนข้อมูล

ถ่ายโอนข้อมูล (Data valid) : ระดับแรงดันของสายข้อมูล (SDA) แสดงถึงค่าข้อมูลเมื่อบัสอยู่ในสถานะเริ่มถ่ายโอนข้อมูล โดยสายข้อมูล (SDA) จะต้องมีค่าแรงดันคงที่ในช่วงที่สายสัญญาณนาฬิกา (SCL) เป็น high ดังนั้น ข้อมูลบนสาย SDA จะต้องเปลี่ยนระหว่างที่สายสัญญาณนาฬิกาเป็น low เท่านั้น โดยข้อมูลแต่ละข้อมูลที่รับ-ส่งกัน จะต้องเริ่มด้วยสถานะเริ่มถ่ายโอนข้อมูลและสิ้นสุดด้วยสถานะหยุดถ่ายโอนข้อมูล จำนวนไบต์ข้อมูลที่จะรับ-ส่งระหว่างสถานะเริ่มกับหยุดถ่ายโอนข้อมูลนั้นมีได้ไม่จำกัด การรับ-ส่งไบต์ข้อมูลทุกไบต์จะต้องมี บิตตอบรับ (acknowledgement) ซึ่งเป็นบิตที่ 9 ต่อท้ายไบต์

ตอบรับ (Acknowledge) : อุปกรณ์ภาครับแต่ละตัวจะต้องให้กำเนิดบิตตอบรับ (acknowledge) หลังการรับข้อมูลในแต่ละไบต์

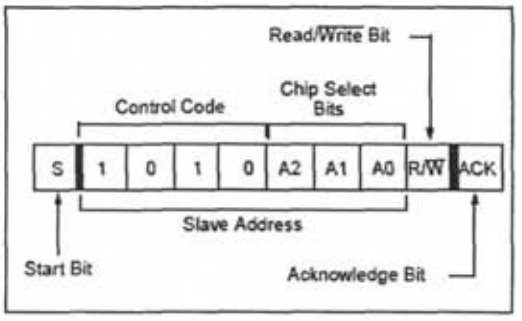
การถ่ายโอนข้อมูลบนบัสอนุกรมแบบ 2 สาย (Data Transfer On 2-Wire Serial Bus)



รูปที่ ค.2 รูปแบบการส่งข้อมูลบนระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย (2-Wire Serial Bus)

รูปที่ ค.2 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลบนระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย (2-Wire Serial Bus)

*การรับ-ส่งข้อมูลสามารถทำงานได้ 2 โมดขึ้นอยู่กับบิต R/W ดังแสดงในรูปที่ ค.3

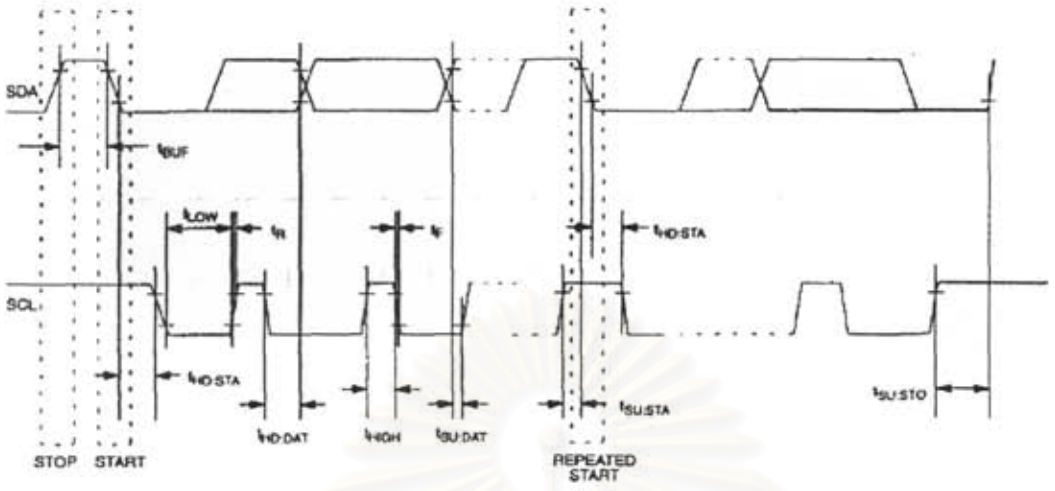


รูปที่ ค.3 ไบต์ควบคุม (control byte)

การทำงานของระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย (2-wire serial bus) มีโมดการทำงาน 2 โมด

1. โมดการทำงานแบบเขียน (write) (บิต R/W เป็น low) : หลังจากอยู่ในสถานะเริ่มถ่ายโอนข้อมูล (START condition) แล้ว ไบต์แรกที่ถูกส่งคือไบต์ควบคุม (control byte) ซึ่งประกอบด้วย slave address 7 บิต (เป็นรหัสต่างๆขึ้นอยู่กับชิปที่จะนำมาต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller), R/W 1 บิต (write=low), และบิตตอบรับ (acknowledgement) 1 บิต ตามด้วยที่อยู่ของคำ (word address) และบิตตอบรับจากภาครับ จากนั้นก็จะเป็นในส่วนของข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการจะเขียนลงในตัวอุปกรณ์ โดยจะต้องได้รับการตอบรับ จากภาครับตามหลังข้อมูลทุกไบต์ ในการเขียน จะต้องเขียน MSB (Most Significant Bit) ก่อน
2. โมดการทำงานแบบอ่าน (read) (บิต R/W เป็น high) : ก่อนการอ่านจะต้องกำหนดตัวชี้ (pointer) ก่อนเสมอ เริ่มจากสถานะเริ่มถ่ายโอนข้อมูลตามด้วยไบต์ควบคุม (control byte) ตามด้วยที่อยู่ของคำ (word address) และบิตตอบรับจากภาครับ จากนั้นจึงเริ่มต้นอ่านข้อมูลได้โดยสถานะเริ่มต้นโอนถ่ายข้อมูลอีกครั้ง ตามด้วยไบต์ควบคุมซึ่ง slave address ยังเป็นเลขชุดเดียวกับกรณีโมดการทำงานแบบเขียน แต่ในส่วนของบิต R/W จะต้องเป็น high แล้วตามด้วยบิตตอบรับจากภาครับ จากนั้นก็จะเป็นการอ่านข้อมูลแต่ละไบต์จาก SDA ซึ่งการอ่านแต่ละไบต์ เราต้องส่งบิตตอบรับกลับไปยังภาคส่งด้วย การอ่านข้อมูลจะสิ้นสุดเมื่อเราส่ง not acknowledge ไปยังภาคส่ง

แผนภาพไทมิง (Timing Diagram)



รูปที่ ค.4 แผนภาพไทมิงของระบบบัสอนุกรมแบบ 2 สาย

รูปที่ ค.4 แสดงการเซตค่าในจังหวะต่างๆ ซึ่งในการโปรแกรมเพื่อสั่งการทำงานของชิปอุปกรณ์ต่างๆ จะมีค่าลักษณะสมบัติไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Characteristics) ที่ต่างกัน เช่น ค่า t_{low} , t_{high} ของสัญญาณนาฬิกา SCL เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย