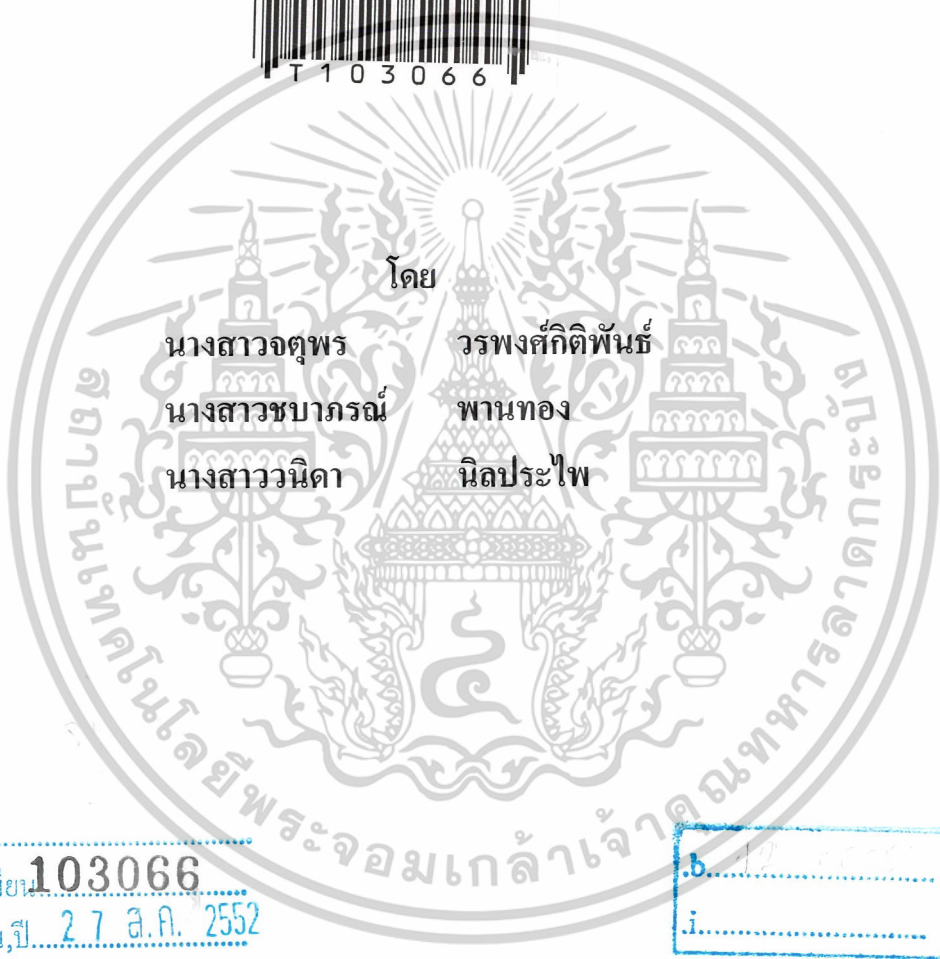


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่
CELLULAR BASED VENDING MACHINE MONITORY SYSTEM



โดย
นางสาวจตุพร วรพงศ์กิติพันธ์
นางสาวชบาภรณ์ พานทอง
นางสาววนิดา นิลประไพ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103066
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELLULAR BASED VENDING MACHINE MONITORING SYSTEM



BY
MISS.CHATUPORN **VORAPONGKITIPUN**
MISS.CHABAPORN **PANTHONG**
MISS.VANIDA **NILPRAPAI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่
Cellular Based Vending Machine Monitoring System

ชื่อนักศึกษา นางสาวจตุพร วรพงษ์กิติพันธ์ รหัสประจำตัว 48012076
นางสาวชบาภรณ์ พานทอง รหัสประจำตัว 48012079
นางสาววนิดา นิลประไพ รหัสประจำตัว 48012111

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้าย
ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2551

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว

(ผศ.มนต์ชัย แซ่มซ้าย)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจตุพร	วรพงศ์กิติพันธ์	รหัสประจำตัว 48012076
	นางสาวชบาภรณ์	พานทอง	รหัสประจำตัว 48012079
	นางสาววนิดา	นิลประไพ	รหัสประจำตัว 48012111

อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มนต์ชัย แซ่ม้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาและเพิ่มความสะดวกให้กับระบบการจัดส่งสินค้า ซึ่งตามปกติแล้ว เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติโดยทั่วไปนั้น จะไม่มีระบบแจ้งเตือนสถานะสินค้าไปยังผู้รับผิดชอบในการจัดส่งสินค้า ทำให้บริษัทต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสินค้าโดยไม่จำเป็น รวมไปถึงการที่ไม่สามารถสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างเต็มที่อีกด้วย ดังนั้นในการออกแบบโครงการครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อช่วยให้ระบบการจัดส่งสินค้าไปยังผู้จำหน่ายสินค้าอัตโนมัตินั้นเป็นไปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพที่สุด โดยได้เลือกใช้ระบบการส่งสัญญาณข้อความ (SMS) เป็นเครื่องมือสำคัญในการทำงานของระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในผู้จำหน่ายสินค้าแต่ละตู้ โดยจะทำหน้าที่ในการควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดภายในผู้จำหน่ายสินค้าและควบคุมการทำงานโมดูลจีเอสเอ็ม (GSM module) เพื่อทำการส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะของสินค้าที่ได้ทำการกำหนดค่าเอาไว้แล้วไปยังผู้รับผิดชอบ เพื่อแจ้งให้ทราบถึงสถานะคงเหลือของสินค้าในตู้ รวมไปถึงสถานที่ตั้งของผู้จำหน่ายสินค้านั้นๆ เพื่อทำการจัดส่งสินค้าไปยังผู้จำหน่ายสินค้านั้นต่อไป จากการทดลองพบว่าระบบได้รับสัญญาณข้อความเตือนแสดงสถานะสินค้าที่ใกล้เคียงมายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการทำงานร่วมกันของระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ในครั้งนี้ประสบความสำเร็จและสามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Cellular Based Vending Machine Monitory System		
Student	Miss.Chatuporn	Vorapongkitipun	ID.48012076
	Miss.Chabaporn	Panthong	ID.48012079
	Miss.Vanida	Nilprapai	ID.48012111
Advisor	Asst.Prof.Monchai	Chamchoy	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering		
Department	Information Engineering		
Academic Year	2008		

Abstract

This project has been created to develop and increase more convenient for goods delivery system. Normally, general vending machines do not have any goods quantities status alarm system to the person in charge who responsible in delivery the goods to the vending machine. Since then, the company also can not satisfy the need of consumers to the full as well. Therefore, according to all above reasons, this project has been created to achieve the main objective which can resolve all of these mentioned problems occurring with goods delivery system. We hope that this created or monitoring system can support the delivery system of goods to the vending machine with full efficiency. For main operation system, we decide to choose short message sending (SMS) system to achieve the working system. As a first step, we install the microcontroller inside each of vending machine. This microcontroller is not only used for controlling the overall system inside the vending machine, but also used for controlling GSM module working to send the alarm message regarding to the specified remaining quantities of the goods to the person in charge as well. So, this person in charge can suddenly acknowledge the remaining quantities of the goods and the location of that alarmed vending machine. As the result, he can deliver the refilled goods to that vending machine at last. According to the test result, we can receive the alarm message of the nearly empty goods quantities via our mobile phone as we expect. Since then, we can conclude that the co-working of Cellular Base Vending Machine Monitory System fully succeed and can be efficient applied with the real status as well.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มนต์ชัย แซ่มซ้อย อาจารย์ที่ปรึกษาปฏิญานิพนธ์ผู้ริเริ่มโครงการนี้ขึ้นมา และคอยแนะนำให้คำปรึกษาข้อคิดเห็นต่างๆ แก่ผู้จัดทำเป็นอย่างดีตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่แก้ม พี่แนน พี่นุก พี่นัท พี่เบิก และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดเห็น และเป็นกำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาในการทำปฏิญานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำตลอดมา จนปฏิญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR	3
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 128	3
2.1.2 คุณสมบัติ	4
2.2 ET-BASE AVR ATmega 128	5
2.2.1 โครงสร้างของบอร์ด	6
2.3 ภาษาซี	7
2.3.1 การพัฒนาโปรแกรมภาษาซี	8
2.4 อุปกรณ์แยกกันทางแสงหรือออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto – Isolator)	9
2.5 รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์	12
2.5.1 ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆ	13
2.5.2 ข้อดีถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป	13
2.5.3 จำนวนหน้าสัมผัสของรีเลย์	14
2.6 โซลินอยด์	14
2.6.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า	
2.6.2	ขั้นตอนการเลือกใช้โซลินอยด์	18
2.6.3	แนวความคิดในการนำเอาโซลินอยด์ไปประยุกต์ใช้	20
2.6.4	ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด	22
2.7	โมดูลจีเอสเอ็ม	24
2.7.1	จุดประสงค์ของผู้ใช้	24
2.7.2	วัตถุประสงค์	25
2.7.3	ข้อมูลเกี่ยวกับ GR64	25
2.7.4	ไวรัส โมเด็มในระบบการสื่อสาร	26
2.7.5	คุณลักษณะ	27
2.7.6	ชนิดของ Mobile Station	28
2.7.7	บริการข้อความ	28
2.8	AT Command	29
2.8.1	หลักการรับส่ง SMS ของโทรศัพท์มือถือ	29
2.8.2	กลุ่มคำสั่ง AT Command	32
2.8.3	ตัวอย่าง AT Command ที่ใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส	35
2.8.4	ตัวอย่าง (1) การส่งเอสเอ็มเอส โดยใช้ พีดียูโหมด	36
2.8.5	การรับ – ส่งข้อความภาษาไทย	37
2.8.6	ตัวอย่าง (2) การส่งเอสเอ็มเอส โดยใช้ พีดียูโหมด	39
2.9	รหัสแอสกี	41
2.9.1	ผังอักขระแอสกีที่ไม่แสดงผล	41
2.9.2	ผังอักขระแอสกีที่แสดงผล	43
2.10	ยูนิโคด (Unicode)	45
2.10.1	ผังอักขระไทยยูนิโคด	47
บทที่ 3	การออกแบบระบบ	51
3.1	องค์ประกอบของระบบ	51
3.2	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.1 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	52
3.2.2 ชุด GSM module	54
3.2.3 ชุด Interface and Drive	55
3.2.4 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการนับจำนวนสินค้าลดลงตามจำนวนครั้งที่กด	56
3.2.5 โฟลวชาร์ตการส่งข้อความ	57
3.3 การจำลองการส่งเอสเอ็มเอส	58
บทที่ 4 ผลการทดลอง	60
4.1 ทดลองการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และโมดูลจีเอสเอ็ม	60
4.2 เปิดเซิร์ฟเวอร์รอรับการติดต่อ	61
4.3 ซอฟแวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์	66
4.4 การทดสอบการทำงานของระบบ	68
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานของโครงการ	73
5.1 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงการ	73
5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา	74
5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนาโครงการต่อไปสำหรับผู้สนใจ	74
บรรณานุกรม	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่	1
รูปที่ 2.1 รายละเอียดขาพอร์ต AVR (ATmega128)	3
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ATmega128	5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ ET-BASE AVR ATmega 128	6
รูปที่ 2.4 โปรแกรม CodeVisionAVR	8
รูปที่ 2.5 รูปร่างและลักษณะต่างๆ ของออปโตไอโซเลเตอร์	9
รูปที่ 2.6 วงจรภายในและวงจรใช้งานของออปโตไอโซเลเตอร์	10
รูปที่ 2.7 ออปโตไอโซเลเตอร์แบบต่างๆ	10
รูปที่ 2.8 ออปโตไอโซเลเตอร์ในรูปแบบ IC	11
รูปที่ 2.9 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์	12
รูปที่ 2.10 สภาวะการทำงานของรีเลย์	12
รูปที่ 2.11 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และ ด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน	13
รูปที่ 2.12 จำนวนหน้าสัมผัสของรีเลย์	14
รูปที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์	15
รูปที่ 2.14 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด	16
รูปที่ 2.15 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล	16
รูปที่ 2.16 การเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก	17
รูปที่ 2.17 การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง	17
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน	19
รูปที่ 2.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12 V ยี่ห้อ โคอิเกะรุ่น SB-102	19
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน	21
รูปที่ 2.21 การเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า	22
รูปที่ 2.22 การใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน	23
รูปที่ 2.23 อุปกรณ์ลูกข่าย GSM module	24

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 ภาพหลักใน Wireless System (Embedded application)	26
รูปที่ 2.25 ภาพหลักใน Wireless System (external micro-controller)	27
รูปที่ 2.26 การติดต่อควบคุม โทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านชุดคำสั่ง AT Command	29
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการเชื่อมต่อระบบ	51
รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ	52
รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	53
รูปที่ 3.4 จอแสดงสถานะของสินค้า	53
รูปที่ 3.5 สวิตช์เลือกสินค้า	54
รูปที่ 3.6 GSM module	54
รูปที่ 3.7 ลายวงจรชุด Interface and Drive	55
รูปที่ 3.8 ชุดวงจร Interface and Drive	55
รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการนับจำนวนสินค้าลดลงตามจำนวนครั้งที่กด	56
รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตการส่งข้อความ	57
รูปที่ 3.11 การจำลองการส่งข้อความจาก โมดูลจีเอสเอ็ม ไปยัง โทรศัพท์เคลื่อนที่	58
รูปที่ 4.1 ทดสอบ AT Command ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal	60
รูปที่ 4.2 เปิดเซิร์ฟเวอร์รับการติดต่อ	61
รูปที่ 4.3 ตั้งค่าโปรแกรมเพื่อหา Baud Rate ที่เหมาะสมกับการใช้งาน	62
รูปที่ 4.4 ใส่เบอร์โทรศัพท์และข้อความที่ต้องการส่ง	63
รูปที่ 4.5 คำสั่งและโค้ด AT Command ที่โปรแกรม HHD Serial Monitor	64
รูปที่ 4.6 ข้อความที่ปรากฏบน โทรศัพท์เคลื่อนที่	65
รูปที่ 4.7 เขียนโปรแกรมและสร้าง HEX File สำหรับ โหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์	66
รูปที่ 4.8 การโหลด HEX File ลงไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม PonyProg2000	67
รูปที่ 4.9 เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ	68
รูปที่ 4.10 เปิดเครื่องแล้วนำสินค้าใส่ลงไปในจอ	69
รูปที่ 4.11 เลือกชนิดของสินค้าที่ต้องการ	70
รูปที่ 4.12 สินค้าถูกจ่ายในช่องรับสินค้าด้านล่าง	71
รูปที่ 4.13 จอ LCD แสดงผลการลดจำนวนลงของสินค้า	72
รูปที่ 4.14 ข้อความที่ปรากฏบน โทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อมีสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งลดลงเหลือสอง	72

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน	2
ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของ GR64	25
ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะเฉพาะของ GR64	28
ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการเข้ารหัส PDU ของคำว่า ALERT	31
ตารางที่ 2.4 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGF	32
ตารางที่ 2.5 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGS	32
ตารางที่ 2.6 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBS	33
ตารางที่ 2.7 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBR	33
ตารางที่ 2.8 รูปแบบของคำสั่ง AT+CGMR	34
ตารางที่ 2.9 รูปแบบของคำสั่ง AT+CIMI	34
ตารางที่ 2.10 รูปแบบของคำสั่ง AT+CSQ	34
ตารางที่ 2.11 รูปแบบของคำสั่ง AT+CLIP	35
ตารางที่ 2.12 ความหมายในแต่ละบิตที่ใช้ในการส่งข้อความใน PDU mode	37
ตารางที่ 2.13 ความหมายของแต่ละบิตจากข้อความที่ถูกส่งออกไป	40
ตารางที่ 2.14 ฟังก์ชันอะเอสกีที่ไม่แสดงผล	42
ตารางที่ 2.15 ฟังก์ชันอะเอสกีที่แสดงผล	43
ตารางที่ 2.16 ฟังก์ชันไทยยูนิโคด	47
ตารางที่ 3.1 ความหมายของแต่ละบิตจากการจำลองการส่งข้อความ	59

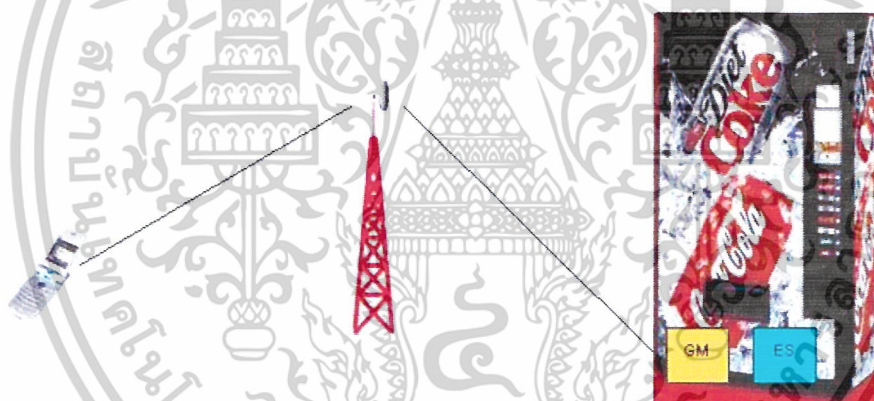
บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติในประเทศไทยต้องอาศัยพนักงานเป็นผู้ตรวจสอบ ทำให้เกิดปัญหาสินค้าหมดโดยที่ไม่สามารถทราบได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความไม่สะดวกทั้งต่อพนักงาน และต่อลูกค้า ซึ่งเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติโดยทั่วไป เมื่อสินค้าหมด พนักงานไม่อาจรู้ได้ ทำให้ไม่สามารถไปส่งสินค้าได้ทันตามความต้องการของลูกค้า หรืออาจทำให้เสียเวลาสำหรับการเดินทางเมื่อนำสินค้าไปส่งแล้วพบว่าสินค้ายังคงเหลืออยู่มาก

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะจัดสร้างระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อประโยชน์และความสะดวกสบายทั้งต่อพนักงานและลูกค้า



* ES (Embedded System) is a special purpose computer designed to perform one or a few dedicated function

** GM (GSM Module) is application control for connected of the local PC via a serial port by passing AT command

รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบแจ้งสถานะเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.2 จุดประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติให้สามารถตรวจสอบสถานะสินค้าได้

2.2 เพื่อให้สามารถส่งข้อความแจ้งสถานะสินค้าไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 3.1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบตรวจสอบสถานะสินค้า
- 3.2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของ โมดูลจีเอสเอ็มในระบบแจ้งสถานะสินค้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่
- 3.3 เขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาขั้นสูงเพื่อใช้ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.4 เขียนคำสั่งผ่าน AT Command เพื่อควบคุมการส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติที่สามารถแจ้งสถานะสินค้าไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้
- 4.2 สามารถนำระบบไปใช้ในเครื่องจำหน่ายสินค้าประเภทต่างๆได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน

การดำเนินการ	ม.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1.ส่งหัวข้อและศึกษาโครงการพร้อมจัดทำเอกสารนำเสนอ									
2.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ โมดูลจีเอสเอ็ม									
3.นำข้อมูลมาวิเคราะห์ห้ออกแบบระบบ									
4.พัฒนาอุปกรณ์ในส่วนฮาร์ดแวร์									
5.เขียนโปรแกรมควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถแจ้งสถานะสินค้าผ่าน โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้									
6. ทดสอบการทำงานและปรับปรุง									
7. ทำรายงานสรุปโครงการ									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

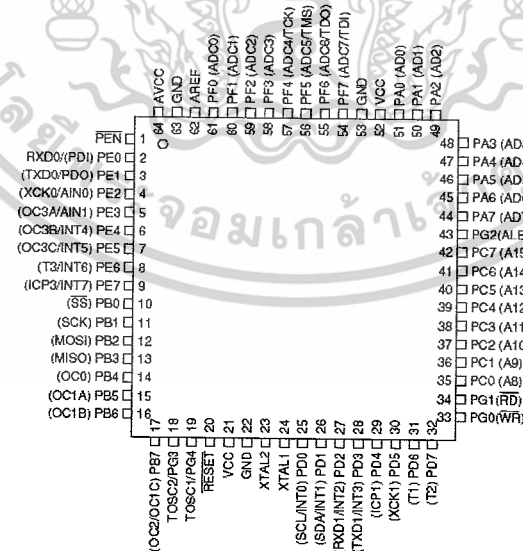
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) AVR เป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ผลิตโดยบริษัท ATMEL (ผู้นำทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51) AVR จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลใหม่จาก ATMEL มีสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Advanced RISC architecture) คือหนึ่งในคำสั่งทำงานใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก (instructions in a single clock cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถสูง แบ่งออกเป็นหลายอนุกรมในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกเป็นหลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งาน ในขณะที่ยังคงประสิทธิภาพที่เท่ากัน

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 128

ATmega128 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตตระกูล AVR เป็นสถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) ซึ่งมีคุณสมบัติที่มากกว่า ATmega16 ในส่วนของตัวถังแบบ Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP) และ Micro Lead Frame Package (MLF) ซึ่งมีการจัดตำแหน่งขาจากรูป



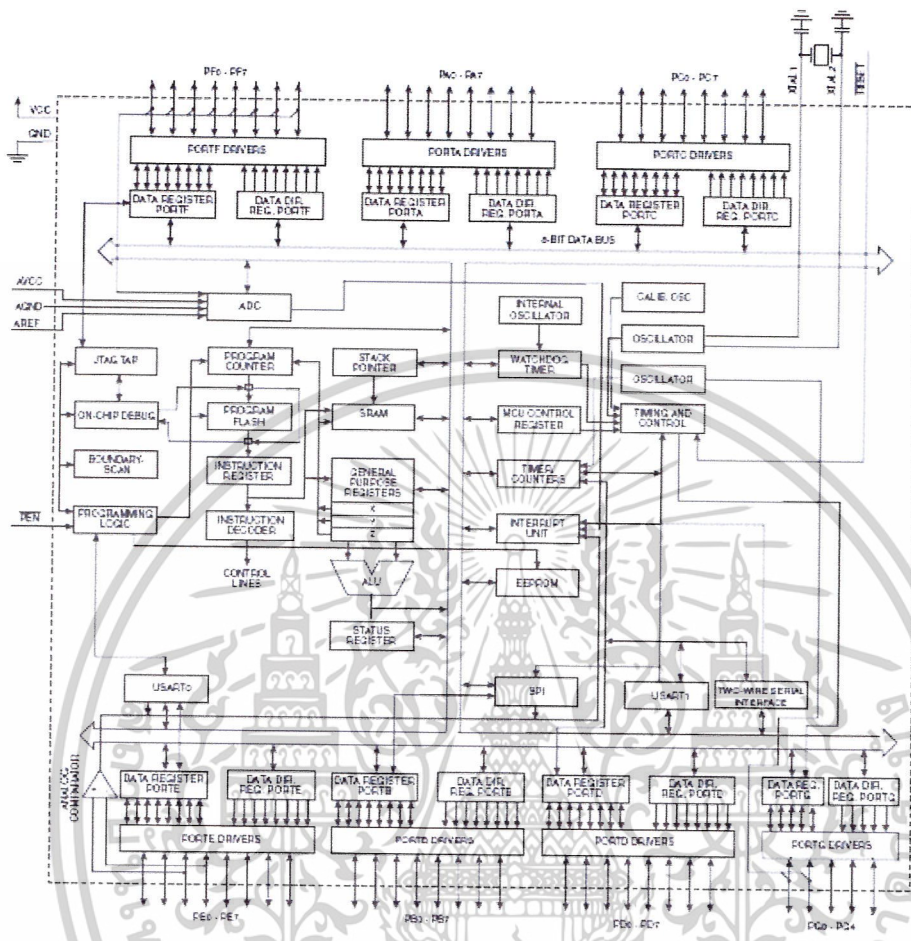
รูปที่ 2.1 รายละเอียดขาพอร์ต AVR (ATmega128)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณสมบัติ

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต กำลังไฟต่ำ ประสิทธิภาพสูง
- สถาปัตยกรรมเป็นแบบ Advanced RISC (Reduce Instruction Set Computer)
 - 133 คำสั่ง มีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา
 - รีจิสเตอร์ใช้งาน 32 ตัวขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ควบคุม
 - ความเร็วในการทำงานสูงถึง 16 MIPS ที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 16 เมกะเฮิรตซ์
- หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Nonvolatile และหน่วยความจำข้อมูล
 - หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH) ขนาด 128 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง
 - หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 4 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 100,000 ครั้ง
 - หน่วยความจำข้อมูล SPAM ขนาด 4 กิโลไบต์
- มีวงจรมัลติพอร์ทอินเทอร์เฟซแบบ JTAG
- โมดูลใช้งานประกอบด้วย
 - โมดูล ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 8 บิต 2 ตัว พร้อมปริสเกลเลอร์ และ โหมดเปรียบเทียบ
 - กำหนดให้ทำงานแบบ 16 บิต ได้ด้วยการใช้ ไทมเมอร์ 2 ตัวทำงานร่วมกันกับปริสเกลเลอร์ โหมดเปรียบเทียบ และ โหมดตรวจจับสัญญาณอินพุต
 - ตัวนับแบบเรียลไทม์กับออสซิลเลเตอร์แยกเฉพาะ
 - โมดูลสร้างสัญญาณ PWM 8 ช่อง
 - PWM 6 ช่องกำหนดความละเอียดได้ตั้งแต่ 2 ถึง 16 บิต
 - โมดูลเชื่อมต่อแบบอนุกรม TWI(Two-wire Serial), SPI และ USART
 - มีระบบตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงานของซอฟต์แวร์ (Watchdog Timer)
 - โมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต
 - โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก
- คุณสมบัติพื้นฐานสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
 - เพาเวอร์อนรีเซตและเบร้าวีเอาต์ดีเทคแบบ โปรแกรมได้
 - RC ออสซิลเลเตอร์ภายในเพื่อสร้างสัญญาณความถี่
 - แหล่งอินเทอร์รัปต์ทั้งภายในและภายนอก
 - 6 โหมดสลีปประกอบด้วย โหมด Idle, ADC noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby และ Extended Standby
- ขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต 53 ขาประกอบด้วยพอร์ต A,B,C,D,E,F,G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



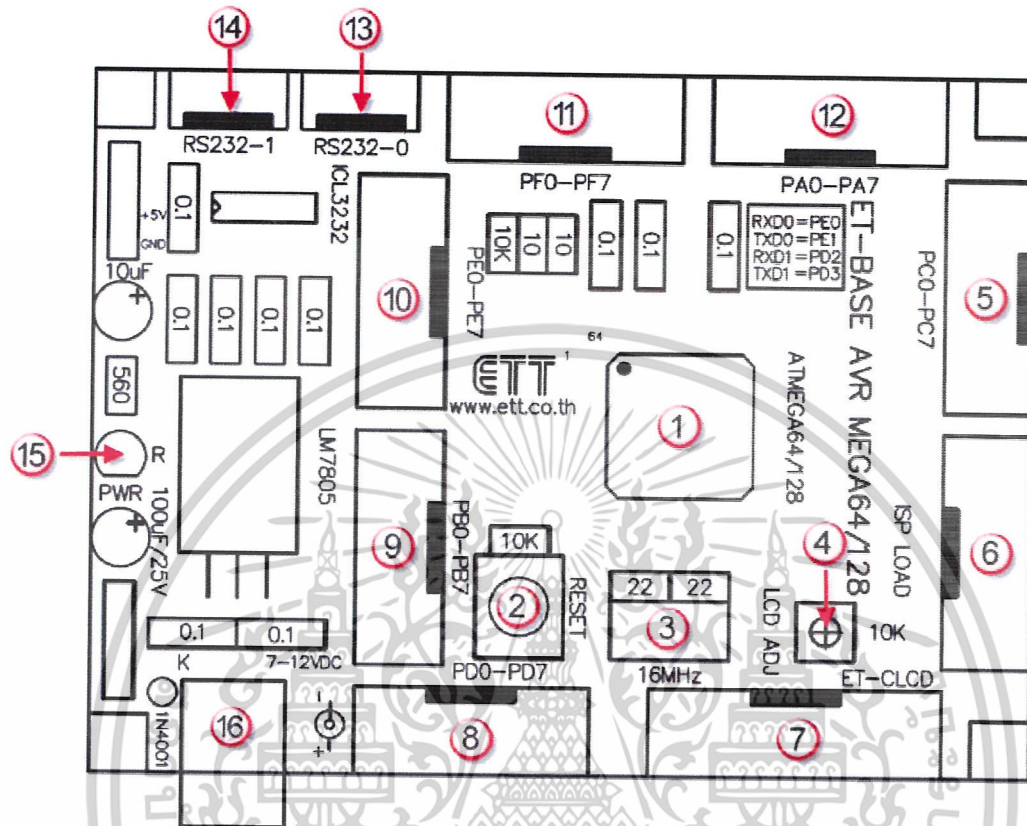
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ATmega128

2.2 ET-BASE AVR ATmega128

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel ซึ่งบอร์ดนี้เลือกใช้ MCU เบอร์ ATmega128 ขนาด 64 พิน โดยในบอร์ด ET-BASE AVR ATmega128 นี้จะเน้นจะเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัว MCU เองเป็นหลัก ซึ่งจะมีการต่อขาสัญญาณ อินพุท/เอาต์พุต ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต PA, PB, PC, PD, PE, PF และพอร์ต ET-CLCD เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวงจรไคร์ฟเวอร์อาร์เอส-สองสามสอง (RS-232) เข้าไปด้วยเพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรมอาร์เอส-สองสามสอง RS-232 ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 โครงสร้างของบอร์ด



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ ET-BASE AVR ATmega 128

- หมายเลข 1 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR จาก ATMEL
- หมายเลข 2 คือ สวิตช์รีเซ็ต ใช้สำหรับ รีเซ็ต การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 3 คือ Crystal ค่า 16 เมกะเฮิรต์
- หมายเลข 4 คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความสว่างให้แอลซีดี
- หมายเลข 5 คือ พอร์ตซี มีขนาด 8 บิต คือ PC0-PC7
- หมายเลข 6 คือ พอร์ต ISP LOAD ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- หมายเลข 7 คือ พอร์ต ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับแอลซีดีชนิด Character Type ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 บิต
- หมายเลข 8 คือ พอร์ตดี มีขนาด 8 บิต คือ PD0-PD7
- หมายเลข 9 คือ พอร์ตบี มีขนาด 8 บิต คือ PB0-PB7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลข 10 คือ พอร์ตไอ มีขนาด 8 บิต คือ PE0-PE7
- หมายเลข 11 คือ พอร์ตเอฟ มีขนาด 8 บิต คือ PF0-PF7
- หมายเลข 12 คือ พอร์ตเอ มีขนาด 8 บิต คือ PA0-PA7
- หมายเลข 13 และ 14 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป
- หมายเลข 15 คือ LED Power ใช้สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ +5VDC
- หมายเลข 16 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด

2.3 ภาษาซี (C Language)

พัฒนาครั้งแรกเพื่อใช้เป็นภาษาสำหรับพัฒนาระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix Operating System) แทนภาษาแอสเซมบลีซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็ว แต่จุดอ่อนของภาษาแอสเซมบลีก็คือความยุ่งยากในการโปรแกรม ความเป็นเฉพาะตัว และความแตกต่างกันไปในแต่ละเครื่อง

โปรแกรมในภาษาซีทุกโปรแกรมจะประกอบ ด้วยฟังก์ชันอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชัน คือ ฟังก์ชันเมน (main) โดยโปรแกรมภาษาซีจะเริ่มทำงานที่ฟังก์ชันเมน (main) ก่อน ในแต่ละฟังก์ชันจะประกอบด้วย

1. Function Heading

ประกอบด้วยชื่อฟังก์ชัน และอาจมีรายการของ argument (parameter) อยู่ในวงเล็บ

2. Variable Declaration

ส่วนประกาศตัวแปรสำหรับภาษาซี ตัวแปรหรือค่าคงที่ทุกตัว ที่ใช้ใน โปรแกรมจะต้องมีการประกาศก่อนว่าจะใช้งานอย่างไร จะเก็บค่าในรูปแบบใดเช่น integer หรือ real number

3. Compound Statements

ส่วนของประโยคคำสั่งต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็นประโยคเชิงซ้อน (compound statement) กับ ประโยคนิพจน์ (expression statement) โดยประโยคเชิงซ้อนจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกาคู่หนึ่ง { และ } โดยในหนึ่งประโยคเชิงซ้อน จะมีประโยคนิพจน์ที่แยกจากกันด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) หลายๆ ประโยครวมกัน และ อาจมีวงเล็บปีกกาใส่ประโยคเชิงซ้อนย่อยเข้าไปอีกได้

การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีข้อแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอมพิวเตอร์หรือคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี เพื่อนำไปใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นในทางปฏิบัติจริงๆ ไม่ใช่เนื้อโค้ดของโปรแกรมภาษาซีที่ถูกนำลงไปบรรจุในหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวรหัสข้อมูลที่ใช้งานจริงนั้น ได้มาจากการแปลภาษาซี เป็นรหัสภาษาเครื่อง หรือ แมทชีนโค้ดด้วยซอฟต์แวร์ที่เรียกกันว่า คอมไพเลอร์

2.3.1 การพัฒนาโปรแกรมภาษาซี

สำหรับ โปรแกรมที่จะใช้ในการเขียน โปรแกรมภาษาซี ก็คือ โปรแกรม CodeVisionAVR เป็นซอฟต์แวร์ของทางบริษัท HP InfoTech ซึ่งเป็น C Compiler ที่รวมเอาคุณสมบัติการพัฒนาโปรแกรมและยังสามารถโปรแกรมได้โดยอัตโนมัติหลังจากทำการ compiled โปรแกรมผ่านแล้ว โดยสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่อยู่ในตระกูล AVR ในการพัฒนาโปรแกรมนั้นจะดูผลของโปรแกรมโดยสามารถถ่ายโอนตัว hex file ที่ผ่านการ compiled แล้วลงบนตัวชิพ (chip) ได้โดยอัตโนมัติหลังจากนั้นก็จะสามารถสั่ง program chip ได้ ซึ่งโปรแกรม CodeVisionAVR ได้ ออกแบบให้ใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการที่เป็น Windows 95,98,Me,NT,2000 และ Windows XP

```

19 // *Lcdpin : D4 = PG0 , D5 = PG1 , DG = PG2 , D7 = PG3 , EN = PD7 , RS = PG4
20
21 #include <mega128.h> // ATmega128 MCU
22 #include <delay.h> // Delay functions
23 #include <stdio.h> // Standard Input/output functions
24
25
26 char lcdbuf[16+1]; // LCD Display Buffer
27
28 /* pototype section */
29 void init_lcd(void); // Initial Character LCD(4-Bit Interface)
30 void gotoLcd(unsigned char); // Set Cursor LCD
31 void write_ins(unsigned char); // Write Instruction LCD
32 void write_data(unsigned char); // Write Data LCD
33 void printLcd(void); // Display Message LCD
34
35
36 // SMS Function
37 void AT_CMGE(unsigned char Mode);
38 unsigned char AT_CIMI(void);
39 unsigned char Package(void);
40

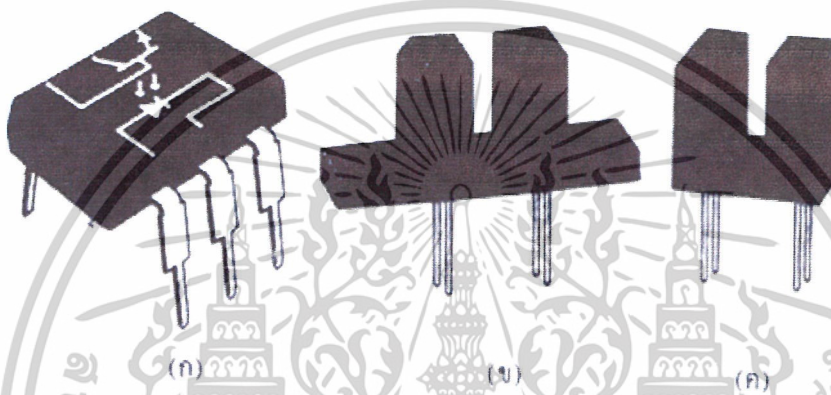
```

รูปที่ 2.4 โปรแกรม CodeVisionAVR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

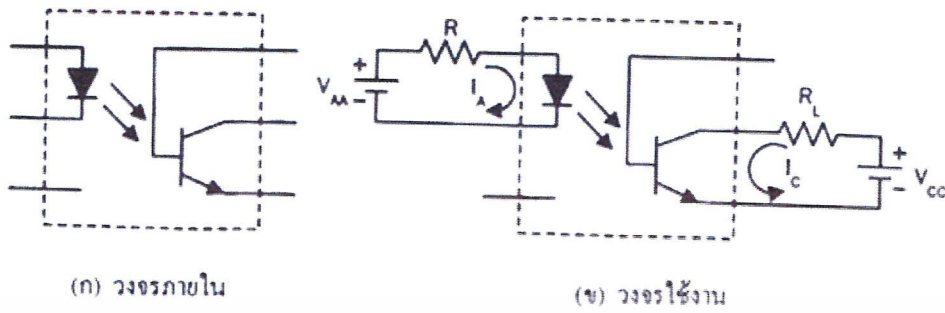
2.4 ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto – Isolator)

ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto – Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การเชื่อมต่อกันทางแสง ด้วยทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงที่คงที่ภายในตัวอุปกรณ์ ใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง และเปลี่ยนกลับจากสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม ใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างวงจร 2 วงจรที่ต้องการแยกกันทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันของสัญญาณไฟฟ้า รูปร่างและลักษณะของออปโตไอโซเลเตอร์ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.5 รูปร่างและลักษณะต่างๆ ของออปโตไอโซเลเตอร์

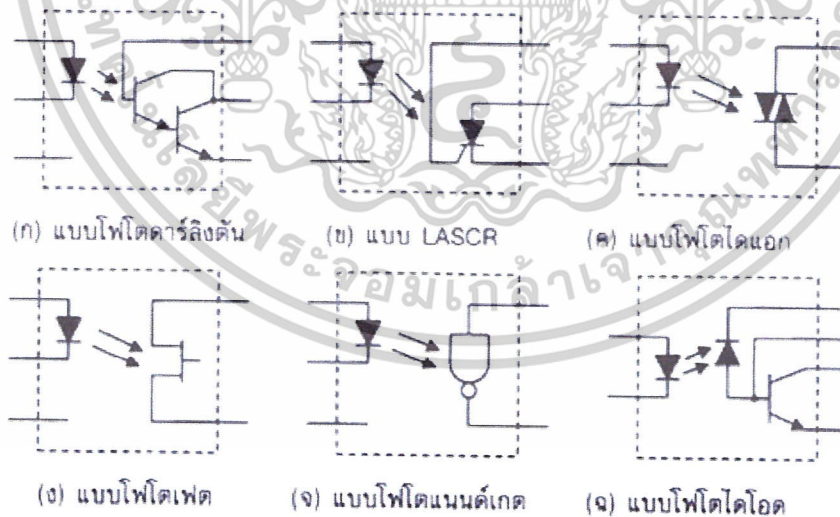
ออปโตไอโซเลเตอร์เบื้องต้น จะประกอบด้วยอุปกรณ์กำเนิดแสง ส่วนมากเป็นพวก LED กำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด และอุปกรณ์รับแสงมักเป็นพวกโฟโตทรานซิสเตอร์ ทั้ง LED และโฟโตทรานซิสเตอร์มักถูกสร้างไว้ในตัวเดียวกัน และต่อขาออกมาใช้งานแต่ละส่วน อาจสร้างขึ้นในรูป IC ดังรูป (ก) หรือสร้างแยกกันชัดเจนวางแนวขนานห่างกัน มีช่องว่างกั้นกลาง ดังรูป (ข) (ค) เพื่อให้อุปกรณ์รับแสง เช่น เฟืองหรือจานกลมแบนเจาะรูมาเคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสงตรงบริเวณช่องว่าง วงจรภายในออปโตไอโซเลเตอร์ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.6 วงจรภายในและวงจรใช้งานของออปโตไอโซเลเตอร์

จาก รูป (ข) เมื่อจ่ายแรงดันไบอัสให้ LED และโฟโตทรานซิสเตอร์ส่งผลให้ LED เปล่งแสงขึ้นส่องผ่านไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแส มีกระแส I_c ไหลในวงจรไปยังภาระ R_L

แรงดันระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองด้าน ทั้ง LED และค้ำโฟโตทรานซิสเตอร์ ต้องใช้แรงดันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะระหว่างตัวอุปกรณ์ทั้งสอง การจัดค่าแรงดันไบอัสที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ และพอมะกับค่าทนแรงดันของอุปกรณ์ด้วย นอกจากนี้ออปโตไอโซเลเตอร์จะทำมาจาก LED และโฟโตทรานซิสเตอร์แล้ว ในส่วนของอุปกรณ์รับแสงยังสามารถผลิตขึ้นมาจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่น ๆ ได้ด้วย แสดงดังรูป



รูปที่ 2.7 ออปโตไอโซเลเตอร์แบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เป็นออปโตไอโซเลเตอร์หลายแบบ อุปกรณ์กำเนิดแสงใช้ LED อินฟราเรดเป็นหลัก ส่วนอุปกรณ์รับแสงสามารถผลิตขึ้นได้จากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิด เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับวงจรและอุปกรณ์ทางเอาต์พุตที่จะเชื่อมต่อไป

รูป (ก) อุปกรณ์รับแสงเป็นโฟโตคาร์ลิ่งตัน ช่วยให้สามารถใช้งานได้กับวงจรที่ต้องการกระแสทำงานสูง แต่ความไวในการทำงานของวงจรลดลง

รูป (ข) อุปกรณ์รับแสงเป็น LASCR ช่วยการต่อเชื่อมวงจรทางอินพุตที่มีระดับแรงดันต่ำไปควบคุมวงจรทางเอาต์พุตที่มีระดับแรงดันสูง หรืออุปกรณ์เครื่องมือกลทางไฟฟ้าบางชนิด

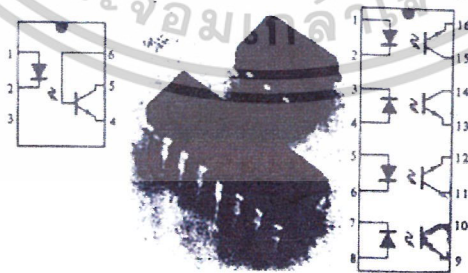
รูป (ค) อุปกรณ์รับแสงเป็นโฟโตไดโอด แสงที่สร้างขึ้นมาเพื่อประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์กระตุ้นขาเกตไตรแอก โดยที่วงจรอินพุตมีระดับแรงดันต่ำ

รูป (ง) อุปกรณ์รับแสงเป็นโฟโตเฟลด์ ใช้งานได้กับวงจรเอาต์พุตที่ต้องการอิมพีแดนซ์สูงในการต่อเชื่อม ที่ต้องการแรงดันในการทำงานมากกว่ากระแสในการทำงาน

รูป (จ) อุปกรณ์รับแสงเป็นโฟโตแนนด์เกต เป็นพวกอุปกรณ์ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ใช้ในการต่อเชื่อมวงจรรอนาล็อก และวงจรดิจิทัลเข้าด้วยกัน

รูป (ฉ) อุปกรณ์รับแสงเป็นโฟโตไดโอดคู่ร่วมกับ NPN ทรานซิสเตอร์ สามารถใช้งานได้กับภาระที่ต้องการกระแสสูงขึ้น พร้อมกับมีการขยายสัญญาณในตัวก่อนส่งต่อไปให้วงจรเอาต์พุต

ออปโตไอโซเลเตอร์ ส่วนมากมักผลิตขึ้นมาในรูปแบบ IC อาจมีอุปกรณ์แยกกันทางแสงชุดเดียวหรือหลายชุดก็ได้ แสดงดังรูป

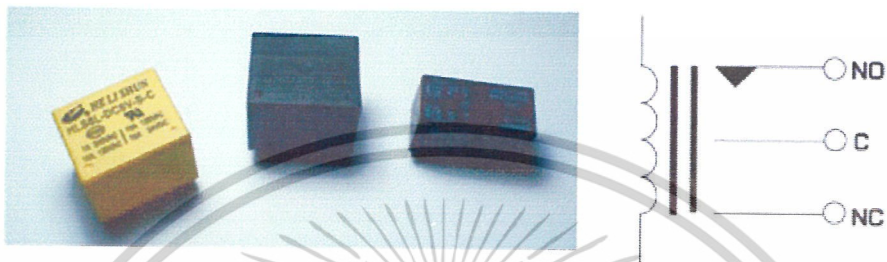


รูปที่ 2.8 ออปโตไอโซเลเตอร์ในรูปแบบ IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์

รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงกลชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ แต่รีเลย์นั้นจะถูกควบคุมด้วยกระแสไฟฟ้า



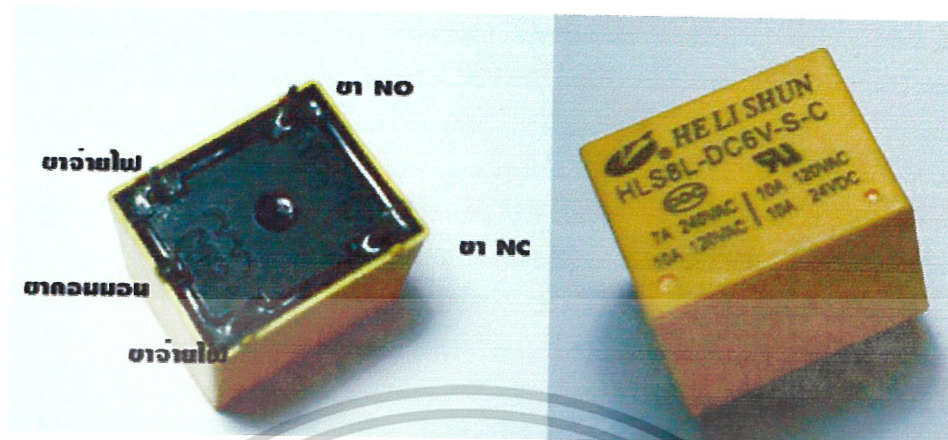
รูปที่ 2.9 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์

การทำงานของรีเลย์ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึง แผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา และหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้



รูปที่ 2.10 สภาวะการทำงานของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และ ด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน

2.5.1 ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆดังนี้คือ

ขาจ่ายแรงดันใช้งาน ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากรูปจะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา coil หรือ ขาค่อแรงดันใช้งาน

- ขา C หรือ COM หรือ ขาคอมมอน จะเป็นขาคู่ระหว่าง NO และ NC
- ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์
- ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เรายังไม่ได้จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

2.5.2 ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ คือได้ที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น หากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

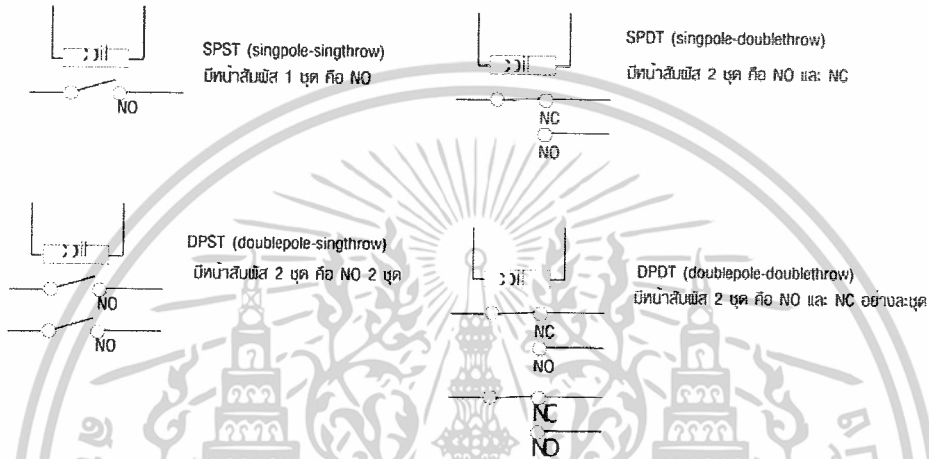
2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่าที่กำหนดไว้ เพราะถ้ากระแสมากกว่าหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรคว่ำรีเลย์นั้นหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.5.3 จำนวนหน้าสัมผัสของรีเลย์

ปกติแล้วรีเลย์จะมีหน้าสัมผัสและการเรียกจำนวนหน้าสัมผัสดังนี้

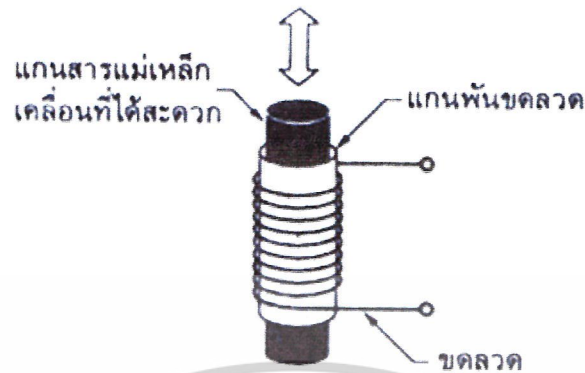


รูปที่ 2.12 จำนวนหน้าสัมผัสของรีเลย์

2.6 โซลินอยด์

รากศัพท์ของโซลินอยด์น่าจะมาจากคำว่า โซเลน (Solen) ซึ่งมีความหมายทางแพทย์เป็นคล้ายๆ เพื่อกู้มอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ ซึ่งก็อาจจะอยู่ในลักษณะของปลอกแขน หรือ ปลอกขา เมื่อมี ประดิษฐ์กรรมตัวนี้เกิดขึ้น ซึ่ง โครงสร้างของมันก็คือ ขดลวดพันรอบๆ แกนสารแม่เหล็ก (ดังเช่นรูปที่ 2.15) นั่นเอง ลักษณะก็ เป็นคล้ายๆ ทรงกระบอก เช่นกัน ศัพท์โซลินอยด์จึงอาจจะถูกเรียกมาเป็นเช่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



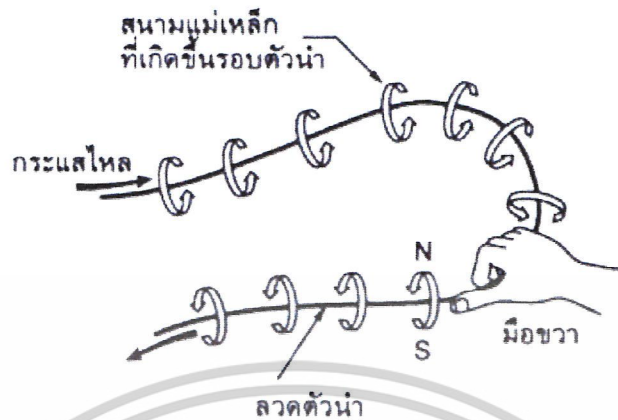
รูปที่ 2.13 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

โซลินอยด์ประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเชื่อมโยงพลังงานไฟฟ้ามาเป็น พลังงานกลโดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้า ที่ป้อนเข้ามาทางขดลวด จะทำให้แกนสารแม่เหล็กของโซลินอยด์เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น การเคลื่อนที่นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขับกลอนประตูเอาไว้, ไปตีบกระเดื่อง ทำให้กลไกทำงาน หรือ หยุดทำงาน ฯลฯ โซลินอยด์ที่ใช้กันซึ่งมีทั้ง ชนิดใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง

2.6.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์

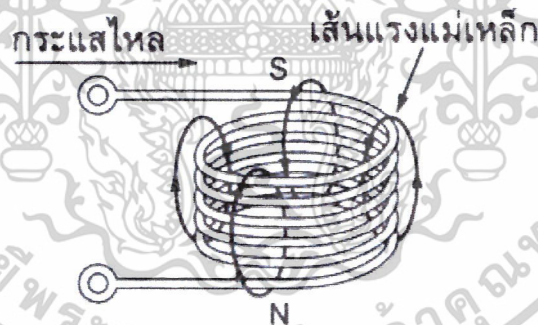
เออร์สเตด เป็นผู้ตั้งกฎ (ตามหลักความเป็นจริงที่ค้นพบ) ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำใดๆ ก็ตามจะ เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆตัวนำนั้น (ดูรูปที่ 2.16) เขาได้ออกกฎมือขวามาให้ดูทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กด้วย คือ ถ้าเอามือขวากำรอบเส้นลวด โดยนิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางกระแสไหล นิ้วที่เหลือทั้งหมด (ซึ่งมี 4 นิ้ว และ จะหัน ไปทางเดียวกัน) จะแสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วได้ ไปขั้วเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด

เมื่อเอาเส้นลวดแบบรูปที่ 2.14 แต่ยาวกว่าเดิมมาขดเป็นวงๆ หลายๆ วง ก็จะเกิดลักษณะของขดลวดขึ้น ดังรูปที่ 2.15 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ใน ทิศทางเสริมกัน และก่อกำเนิดเป็นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่ง ซึ่ง พร้อมทั้งจะดูดสารแม่เหล็กทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบๆ ขดลวดอาจเป็นอากาศ เส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่เข้มข้นมากนัก

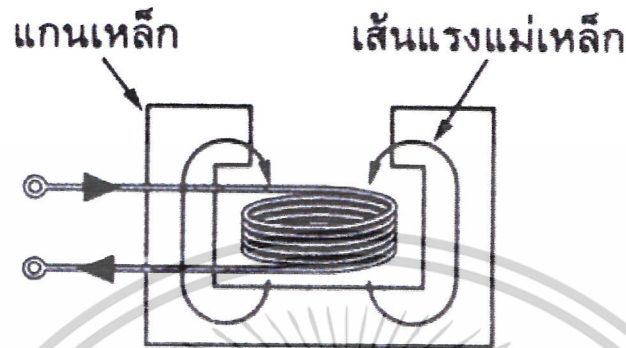


รูปที่ 2.15 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล

เพื่อ ที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจาย จึงใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัว C เข้ามา รอบๆขดลวด เพื่อให้สนาม แม่เหล็กมากขึ้นดังรูปที่ 2.16 ถ้าเอาแกนกระทุ้ง (plunger) มาใส่เข้าไป ตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่ 1 แกนกระทุ้งจะถูกดูด ให้ลึกลงมาจนสนิทในตำแหน่งที่ 2 ยิ่ง ระยะทางไกลสักเท่าไร แรงดูดก็จะมากขึ้นเท่านั้น ดังรูปที่ 2.17

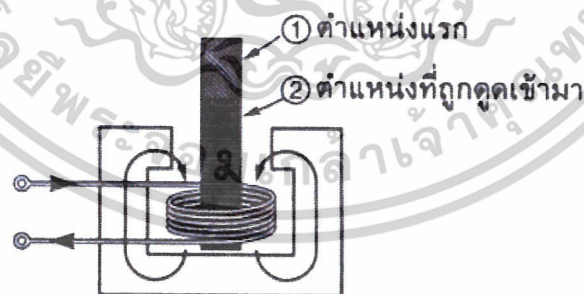
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.16 การเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

มีข้อแตกต่างอยู่ระหว่างโซลินอยด์ไฟตรง และโซลินอยด์ไฟสลับ คือ ในโซลินอยด์ไฟตรง กระแสที่ไหลในขดลวด จะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าแกนกระทงจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม แต่โซลินอยด์ไฟสลับ กระแสในขณะที่แกนกระทงอยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูง และเมื่อแกนกระทงถูกคูดเข้ามาจนสุดขดลวด กระแสจะลดต่ำลง. ลักษณะแบบนี้ทำให้ต้อง ระวังอย่าให้เกิดการกระทงในโซลินอยด์ไฟสลับ เพราะจะทำให้เกิดกระแสหลายๆ ไหลค้างอยู่ ทำให้ขดลวดร้อนขึ้น และ อาจจะไม่เสียหายได้



รูปที่ 2.17 การเคลื่อนที่ของแกนกระทง

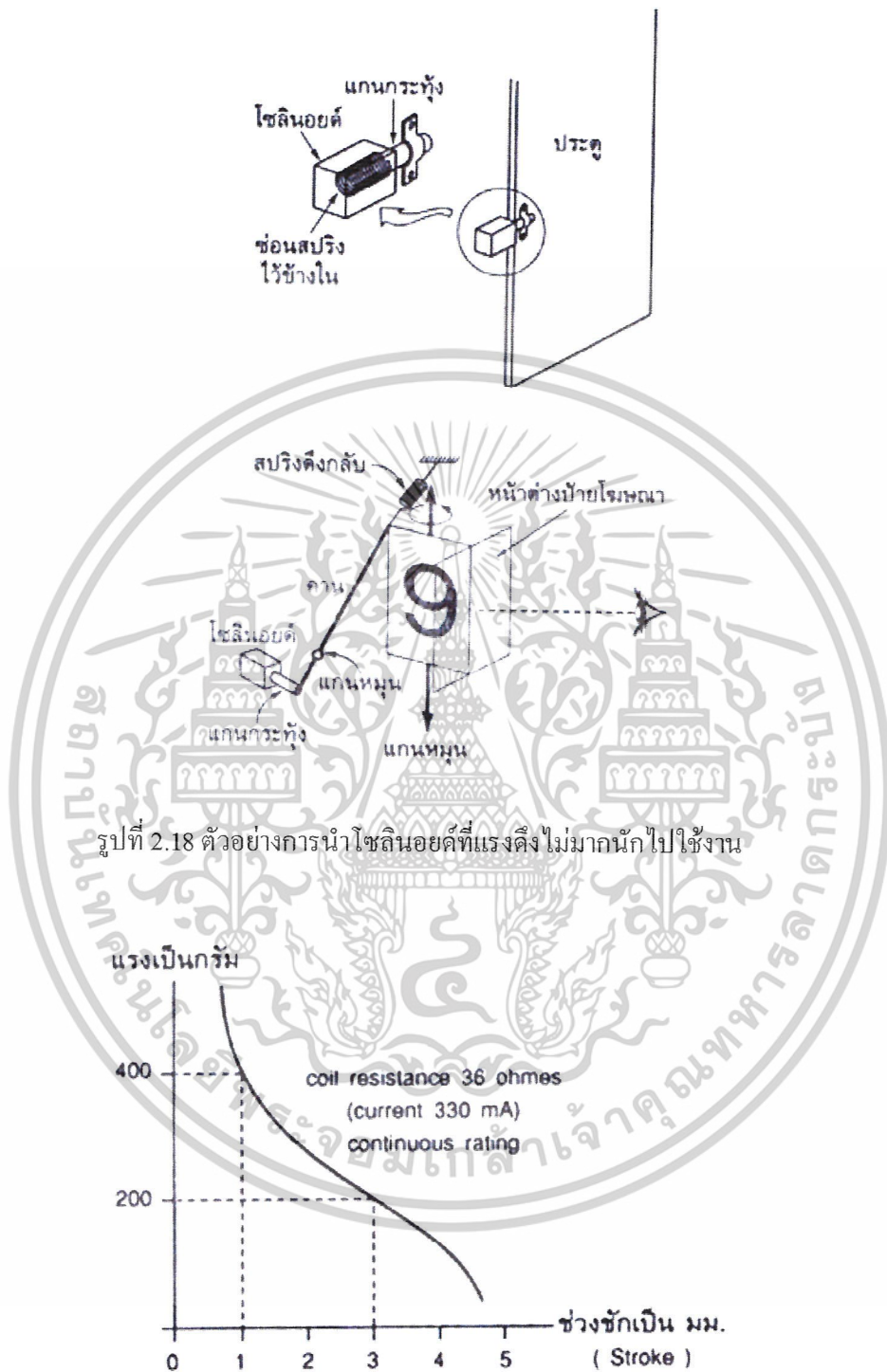
103066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงสร้างของโซลินอยด์แบบไฟสลับนั้น จะต้องพันขดลวด shaded coil หรือ แหวน (ring) ซึ่งเป็นลวดพัน รอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียว หรือ ไม่ก็รอบลวดวงจรเอาไว้โดย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะในไฟสลัป กระแสจะลดลงมาเป็นศูนย์ ทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลง และ ทำให้เกิดเสียงหึ่งๆ ขึ้น และ การดูดก็จะไม่แน่น ขดลวดแหวนที่เพิ่มเติมเข้าไปนี้ จะทำให้วงจรแม่เหล็กเกิดเป็นสภาพ 2 เฟส คือ แม้ในขณะที่กระแสเป็นศูนย์ก็ตาม ขดลวดแหวนซึ่งมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็ก จะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดในช่วงนี้ได้ แต่ก็ทำให้เกิดการสูญเสีย (loss) ของความร้อนในขดลวดบ้างเป็นข้อแลกเปลี่ยน

2.6.2 ขั้นตอนการเลือกใช้โซลินอยด์

1. แรงดันใช้งาน ไม่ว่าจะ เป็นไฟตรง หรือ ไฟสลัป ถ้าเป็นไฟสลัปก็ต้องดูความถี่ใช้งานให้ตรงตามต้องการ ด้วย
2. ช่วงชักใช้งาน (operating stroke) ของโซลินอยด์จะต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าใด (จะกำหนดเป็นมิลลิเมตร)
3. ขนาดของโหลด ว่าต้องใช้แรงขนาดเท่าใด มักจะบอกเป็นกรัม
4. ใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ การใช้งานต่อเนื่อง (continuous) หมายถึง อาจจะใส่แรงดันไฟเข้าขดลวดค้างไว้ได้เลย โดยขดลวดไม่ไหม้ หรือ เป็นแบบจั่งหะๆ (intermittent duty)



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน

รูปที่ 2.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12 V ยี่ห้อ โคอิเกะ

รุ่น SB-102

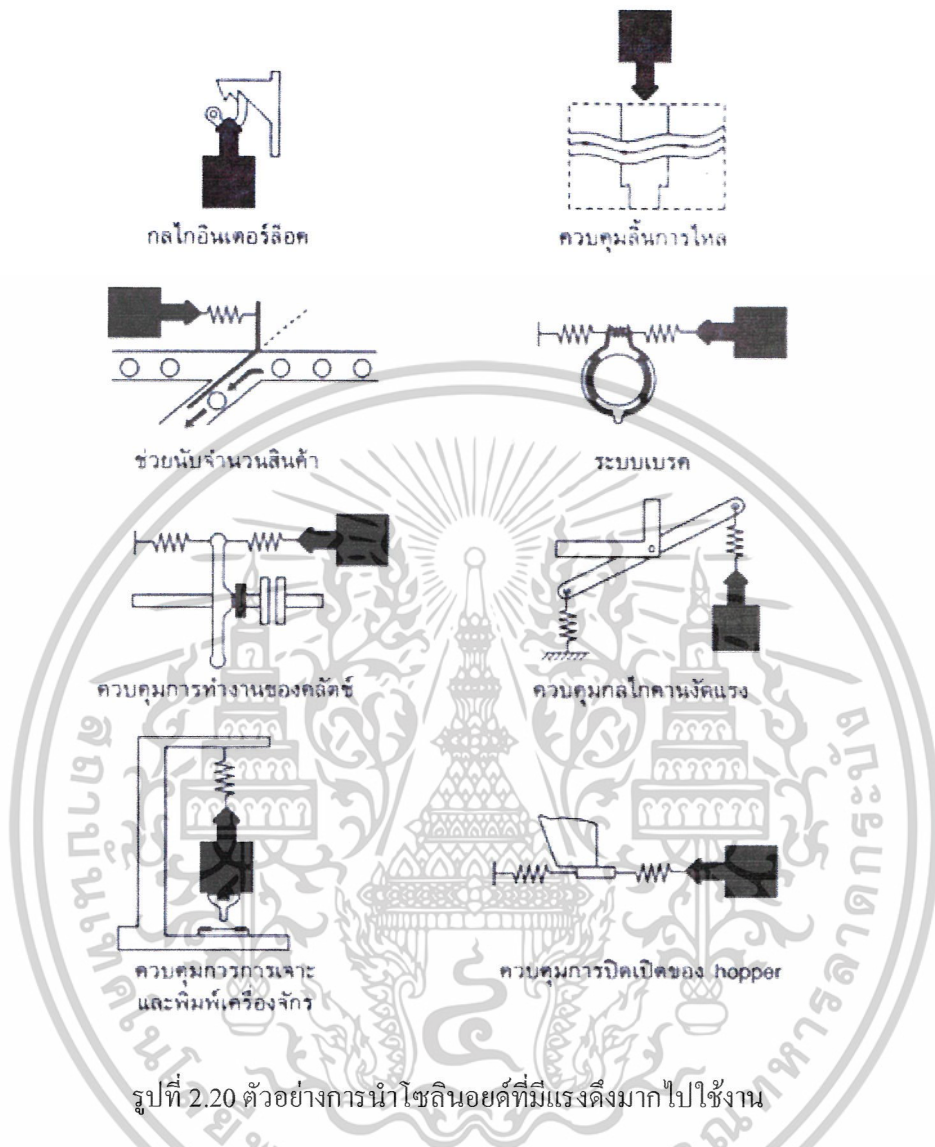
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.19 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ จะเห็นว่าช่วงชักไกลๆ จะมีแรงน้อยมาก และ ที่ระยะใกล้เข้ามาแรงก็จะมากขึ้นเป็นทวีคูณ ในกรณีนี้โซลินอยด์จะให้แรงดูด 200 กรัม ที่ระยะช่วงชัก 3 มม. และ จะให้แรงถึง 400 กรัม ในช่วงชักสั้นๆ ขนาด 1 มม.

2.6.3 แนวความคิดในการนำเอาโซลินอยด์ไปประยุกต์ใช้

สำหรับ โซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก

- ทำเป็นกลอนล็อกประตู เมื่อมีแรงดันมาที่ขอลวด โซลินอยด์ก็จะดึงแกนกระทุ้งกลับ เป็นการปลดล็อก
- ชูป้ายโฆษณา (display) ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้ายทำให้เราไม่เห็นตัวหนังสือ แต่ถ้าโซลินอยด์ ได้รับแรงดันเข้ามา แกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คันตืดงัด หน้าป้ายโฆษณาออกมา ให้เราเห็นได้
- ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์ รถยนต์ และ อื่นๆ อีกมาก



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

สำหรับ โซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก (เช่นในงานอุตสาหกรรม) รูปที่ 2.22 ประกอบด้วย

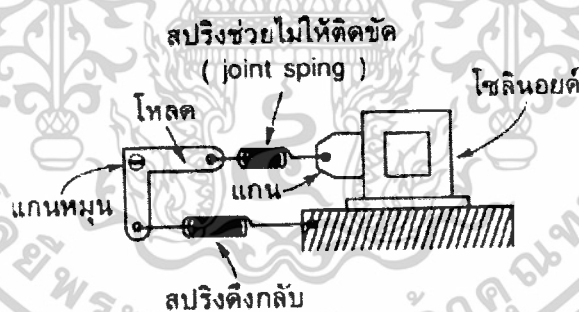
- กลไกอินเทอร์ล็อก ใช้กับพวกเครื่องหยุดหรือหยุดต่างๆ , เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์ , กระเบื้องทริป ของเซอกิตเบรกเกอร์, ฯลฯ
- ควบคุมลื่นของไหล พวกกลืนปิดเปิดทางเดินของลม หรือ น้ำมันในระบบนิวแมติก และ ไฮดรอลิกส์ , ควบคุมลื่นทังน้ำของ เครื่องซักผ้า
- ช่วย ในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันมาที่โซลินอยด์ เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ.โซลินอยด์ จะดูด และ เบนทิสทางสินค้าไปลงหีบห่อ ตามจำนวนที่ ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบเบรก ใช้ควบคุมระบบเบรกในเครื่องจักรกล , เครื่องมือช่างไม้ , ลิฟท์ , รอก ฯลฯ
- ควบคุมการทำงานของคลัทช์ โดยการดึงให้หน้าคลัทช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไป
- ควบคุมกลไกคานจัดแรง ในเครื่องมือสำนักงาน , เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ , เครื่องบันทึกสัญญาณ
- ควบคุมการเจาะและพิมพ์ของเครื่องจักร ก็โดยการดัดแปลงติดตั้งหัวเจาะ และ พิมพ์เข้าบนแกนของโซลินอยด์
- ควบคุมการปิดเปิดของฮอปเปอร์ (hopper - คล้ายกับปากกรวย มีหน้าที่เป็นทางไหลของวัตถุที่อยู่ในไซโล)

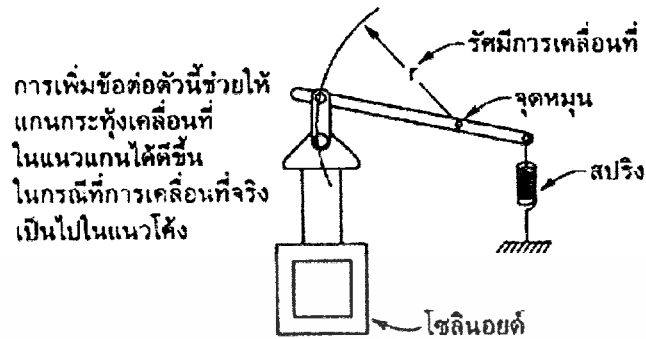
2.6.4 ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อยู่นานที่สุด

1. ถ้าใช้โซลินอยด์ไฟสลับจะต้องทำกลไกให้มั่นใจได้ว่า โซลินอยด์จะดูดแกนเข้ามาหาสุดตัวเต็มที่ มิฉะนั้นกระแสในโซลินอยด์จะสูงและเกิดความร้อน และขดลวดอาจจะไหม้ได้ การดัดแปลงแก้ไขก็ กระทำกันดังรูปที่ 2.23 โดยถ้าเกิดการ ดัดขัดด้าน โหลด สปริงเชื่อมต่อ (joint spring) เพิ่มเติมนี้จะยึดตัวให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปสุดได้



รูปที่ 2.21 การเพิ่มเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่าเดิม

2. ควรระวังให้แนวการเคลื่อนที่ของแกนกระทั่งอยู่ในแนวแกนเสมอในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ที่จะเป็นส่วนโค้ง ก็อาจเพิ่มข้อต่อ เข้ามาดังรูปที่ 2.24 เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของแกน กระทั่งอยู่ในแนวแกนมากขึ้น



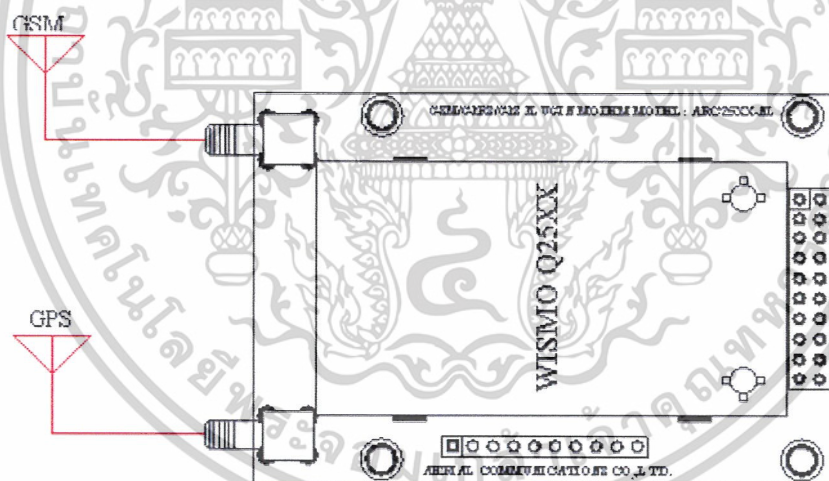
รูปที่ 2.22 การใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทั่งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน

3. พยายามอย่างวางตำแหน่งโซลินอยด์อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็ก เพราะอาจจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งรั่วไหลออกไป ได้อันจะเป็นเหตุให้แรงดึงดูดลดลง ควรแก้ไข โดยเพิ่มฉนวนแม่เหล็กแทรกเข้าไปด้วย

4. ต้องติดตั้งตัวถังโซลินอยด์ให้แน่นหนา เนื่องจากโซลินอยด์เป็นตัวส่งกำลังทางกล ฉะนั้นเมื่อมีแรงกิริยาออกมา ก็ย่อมต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับตัวถังของโซลินอยด์ ถ้ายึดไม่แน่นพอในระยะยาวอาจจะทำให้เกิดการสั่น หรือหลุด หรือหลวมได้

2.7 โมดูลจีเอสเอ็ม

โมดูลจีเอสเอ็ม (GSM module) เป็นอุปกรณ์ลูกข่ายที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเคลื่อนที่ในย่านความถี่ของระบบเครือข่าย GSM เหมือนกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป โดยตัว GSM module นั้นจะมีคุณสมบัติพิเศษกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไปโดยจะสนับสนุนการใช้งานชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุม (AT Command) ได้มากกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป ซึ่งมีข้อจำกัดในการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ที่ควบคุมด้วยชุดคำสั่ง AT Command โดยรุ่นที่ได้รับความนิยม คือรุ่น GR64 ซึ่งเคยเป็นผลิตภัณฑ์ของ Sony Ericson ปัจจุบัน บริษัท WaveCom เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายแทน โดยคำสั่งต่างๆ ยังคงเหมือนเดิม ดังนั้นบทความนี้ จะอ้างอิงคำสั่งของ GR64 เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม คำสั่งในการทำงานหลักส่วนใหญ่เป็นคำสั่งมาตรฐาน คือสามารถใช้ได้กับโมดูลจีเอสเอ็มทุกยี่ห้อ เช่น การตรวจสอบสัญญาณ, การรับ-ส่ง SMS เป็นต้น ส่วนคำสั่งที่เปลี่ยนแปลงไปตามการออกแบบของผู้ผลิตได้แก่ การควบคุมเมนูของ ซิมแอปพลิเคชันชุดลิต (Sim Application Toolkit) ซึ่งใช้จำลองการเลือกเมนูพิเศษ ที่ทางโอเปอเรเตอร์บรรจุไว้ในซิม เพื่อให้สามารถใช้บริการเสริมต่างๆ ที่ทางโอเปอเรเตอร์จัดไว้ให้



รูปที่ 2.23 อุปกรณ์ลูกข่าย GSM Module

2.7.1 จุดประสงค์ของผู้ใช้

ไวร์เลส โมเด็ม GR64 ถูกออกแบบเพื่อที่จะรวมเข้าไปในการใช้งานการติดต่อสื่อสารระหว่าง อุปกรณ์ไปยังอุปกรณ์ หรือระหว่างมนุษย์ไปยังอุปกรณ์

จุดมุ่งหมายคือการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม การรวมเข้าไปในระบบ และการพัฒนาอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารด้วยไวร์เลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 วัตถุประสงค์

GSM Moduleจะเป็นการรวมโมเด็มไร้สายเข้าไปในการใช้งาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องดังต่อไปนี้

- GSM Networking
- Wireless communication and antennas
- AT Command
- ITU-T standard V.24/V.28
- Micro controller and programming
- Electronic hardware design

2.7.3 ข้อมูลเกี่ยวกับ GR64

เป็นอุปกรณ์ในตระกูล Sony Ericsson Gx64 เป็น Quad Band GSM/GPRS wireless modem ที่ทำงานใน GSM 850/900/1800/1900

ผลิตภัณฑ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของ โมเด็มไร้สายรุ่นใหม่ของ Sony Ericsson และถูกใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไปยังอุปกรณ์ และ มนุษย์ไปยังอุปกรณ์ ซึ่งจะถูกใช้เมื่อต้องการที่จะส่งและรับข้อมูล (โดย SMS, CSD หรือ GPRS) และการสื่อสารด้วยเสียงบนเครือข่ายจีเอสเอ็ม

GR64 สามารถใช้งานได้ 4 รูปแบบ ตามตารางที่ 2.1 รายการรูปแบบของ GR64 มีทั้งลักษณะของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งอุปกรณ์จะสามารถทำงานด้วยสองฮาร์ดแวร์ บางฮาร์ดแวร์สามารถทำงานได้สองซอฟต์แวร์ รูปแบบของฮาร์ดแวร์ตัวแรก (/10 และ /30) จัดให้มี PCM compatible pins แต่ไม่มี USB และ SIM Card Holder รูปแบบของฮาร์ดแวร์ตัวที่สอง (/20 และ /40) มี USB และ SIM Card Holder แต่ไม่มี PCM compatible pins

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทำงานของ GR64

Variant	PCM		USB	SIM Card Holder	Embedded Applications
	Compatible PINS	VREF Input			
DPY 102 1494/10	Yes	No	No	No	No
DPY 102 1494/20	No	Yes	Yes	Yes	No
DPY 102 1494/30	Yes	No	No	No	Yes
DPY 102 1494/40	No	Yes	Yes	Yes	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบซอฟต์แวร์หนึ่งถูกออกแบบให้ความคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในอุปกรณ์หลัก ส่วนรูปแบบซอฟต์แวร์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับ รูปแบบการทำงานของ embedded บนโมดูล เมื่อใช้รูปแบบการทำงานแบบ embedded จะสามารถเขียนควบคุมการทำงานได้ภายใน โมดูล หรือสามารถ ใช้การควบคุมจากภายนอกได้

ตัวอย่างการทำงานจะเกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์และไวร์เลสโมเด็มซึ่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่ง AT Command ไปยัง ไวร์เลสโมเด็มผ่านสาย RS232

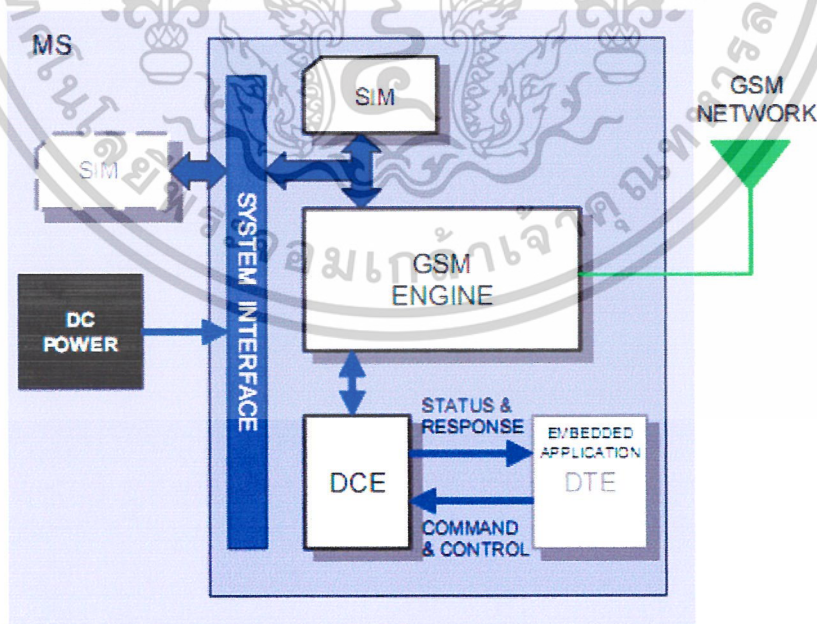
2.7.4 โมเด็มแบบไร้สายในระบบการสื่อสาร

จากรูปที่ 2.24 และ 2.25 เป็นภาพหลักของระบบการสื่อสารด้วยไวร์เลส โดยการใช้ ไวร์เลสโมเด็มรูปที่ 2.24 แสดงระบบการสื่อสารเมื่อควบคุมด้วย embedded บน ไวร์เลสโมเด็มและรูปที่ 2.25 แสดงระบบการสื่อสารเมื่อควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มันแสดงการสื่อสารแบบพื้นฐานของระบบ และ การเชื่อมต่อระหว่าง ไวร์เลสโมเด็มและ การใช้งาน

MS (mobile station) แทนด้วย ไวร์เลสโมเด็มและ SIM card และ ไวร์เลสโมเด็มที่ไม่รวม SIM card จะถูกเรียกว่า ME (mobile equipment)

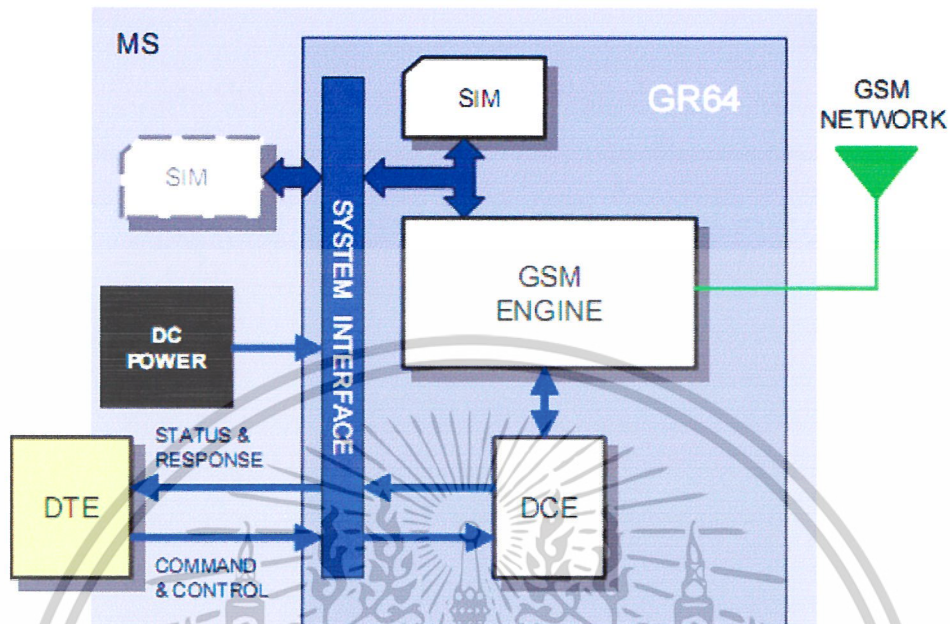
DTE (data terminal equipment) เป็นอุปกรณ์การควบคุม ซึ่งสามารถทำงานจากภายนอกหรือภายใน embedded ก็ได้

DCE (data circuit terminating equipment) เป็นการถ่ายโอนข้อมูลการสื่อสารเชื่อมต่อกับ MS



รูปที่ 2.24 ภาพหลักใน Wireless System (Embedded application)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ภาพหลักใน Wireless System (external micro-controller)

ซึ่งถูกกำหนดอยู่ภายใต้มาตรฐานของ ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunications Standardization Sector) V.24 การสื่อสาร TE ด้วย MS บนการเชื่อมต่อถ่ายโอนข้อมูล

ฟังก์ชันของ ไร้เลสโมเด็มตามข้อกำหนด 3GPP (3rd Generation Partnership Project) และ ITU-T 3GPP เป็นการร่วมมือตามข้อตกลงซึ่งถูกก่อตั้งเมื่อเดือนธันวาคม ปี 1998 เป็นการร่วมมือตามข้อตกลง นำมาซึ่งมาตรฐานโทรคมนาคม ซึ่งรู้จักกันนาม Organizational Partners ซึ่งในปัจจุบัน Organizational Partners คือ ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA, และ TTC

3GPP เน้นในเรื่อง AT Command สำหรับควบคุม ส่วน GSM ของ ไร้เลสโมเด็ม

2.7.5 คุณลักษณะ

ไร้เลสโมเด็มประกอบไปด้วย ชุดของการให้บริการทางโทรคมนาคม ตามมาตรฐาน 3GPP ฉบับที่ 99 และ ITU-T ฟังก์ชันของ ไร้เลสโมเด็มรองรับ AT Command บนการเชื่อมต่อถ่ายโอนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 ชนิดของ Mobile Station

GR64 เป็นแบบ fully Quad Band สามารถทำงานบน Mobile Station แบบ GSM/GPRS ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะ ตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะเฉพาะของ GR64

Feature		GSM850	E-GSM900	GSM1800	GSM1900
Frequency range (MHz)	Tx	824-849	880-915	1710-1785	1850-1910
	Rx	869-894	925-960	1805-1880	1930-1990
Channel spacing		200kHz	200kHz	200kHz	200kHz
Number of channels		124	174	374	299
Number of TD slots		8	8	8	8
Duplex spacing		45MHz	45MHz	95MHz	80MHz
GSM power class		4 (2W)	4 (2W)	1 (1W)	1 (1W)
Modulation		GMSK			
Receive sensitivity		< -102dBm at antenna connector			
GPRS multi-slot class		Class 10			

2.7.7 บริการข้อความ

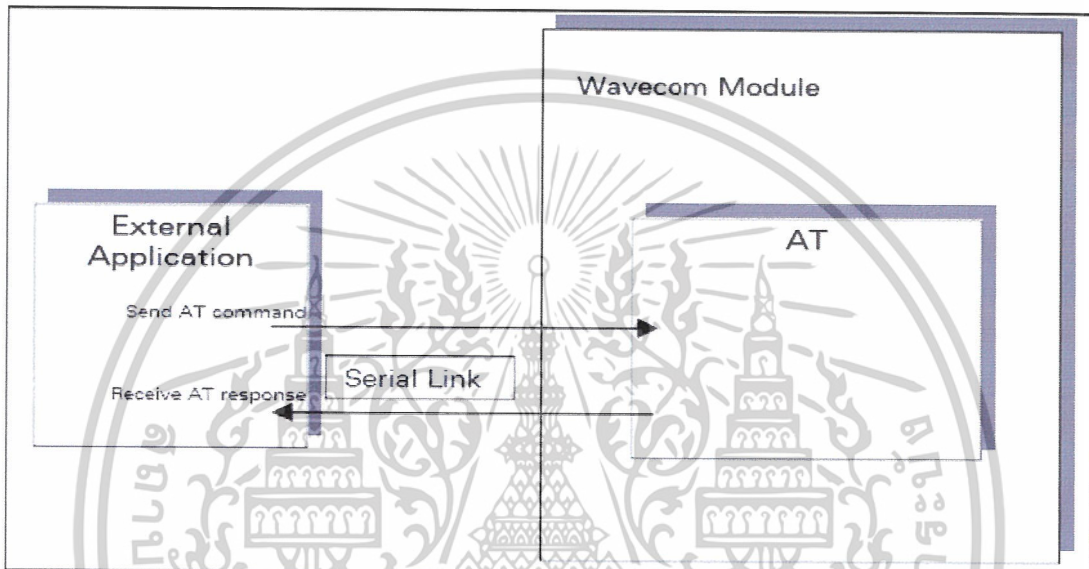
ไอร์แลนด์โมเด็มรองรับการบริการ SMS ดังต่อไปนี้

- ภาคส่ง ; MO (mobile-originated) รองรับทั้ง PDU (protocol data unit) และ text mode
- ภาครับ ; MT (mobile-terminated) รองรับทั้ง PDU และ text mode
- CBM (cell broadcast message) ; เป็นบริการในการส่งข้อความไปยังสมาชิกทั้งหมดที่อยู่ในเซลล์เดียวกันหรือเซลล์อื่นๆ ในเครือข่าย GSM
- การรายงานสถานะ SMS เป็นไปตามมาตรฐาน 3GPP TS 23.40

ความยาวสูงสุดของข้อความ SMS ใน text mode คือ 160 ตัวอักษร ใช้การเข้ารหัสแบบ 7 บิต

2.8 AT Command

AT Command หรือ Attention Command เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมหรือกำหนดค่าให้กับตัวโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยในการควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สามารถทำงานต่างๆ ได้นั้น จะทำการส่งชุดคำสั่งผ่านการเชื่อมต่อแบบอนุกรม (Serial Port) ซึ่งแต่ละชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นจะใช้ชุดคำสั่งที่แตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.26 การติดต่อควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่ผ่านชุดคำสั่ง AT Command

AT Command เป็นชุดคำสั่งมาตรฐานที่ใช้ติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ โดยส่วนมากมักใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) ในชุดคำสั่งพื้นฐานนั้นบริษัท Hayes ได้เป็นผู้ออกแบบคิดค้นเพื่อใช้กับโมเด็มของตน และต่อมาบริษัทผู้ผลิตมือถือยี่ห้อต่างๆ ได้พัฒนามาใช้กับผลิตภัณฑ์ของตนเป็นเหตุให้คำสั่งพิเศษบางคำสั่งไม่เหมือนกัน ในผลิตภัณฑ์ที่ยี่ห้ออื่น และความสามารถของโทรศัพท์ในบางรุ่นจะไม่รองรับคำสั่งดังกล่าว เนื่องจากไม่ได้มีวงจรส่วนของโมเด็มบรรจุอยู่ใน

2.8.1 หลักการรับส่ง SMS ของโทรศัพท์มือถือ

SMS ย่อมาจาก Short Message Service เป็นบริการส่งข้อความสั้นๆ จากโทรศัพท์มือถือต้นทางผ่านชุมสายไปยังโทรศัพท์มือถือปลายทาง โดยสามารถส่งได้มากถึง 160 ตัวอักษรต่อครั้ง (ในบางครั้งสามารถส่งได้มากถึง 255 ตัวอักษร) ตามข้อกำหนดมาตรฐานขององค์การ ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการรับ-ส่งข้อความนั้น โทรศัพท์มือถือจะมีรูปแบบในการรับ-ส่งข้อมูลในรูปแบบ เอสเอ็มเอส ผ่าน เอทีคอมมานด์ 2 รูปแบบ คือ Text Mode และ PDU Mode

1. Text Mode

เป็นการส่งข้อมูลในรูปแบบของตัวอักษรได้โดยตรง ผู้ใช้สามารถพิมพ์ตัวอักษรหรือข้อความลงในโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่เครื่องจะเก็บตัวอักษรหรือข้อความเป็นรหัสแอสกีไค้ดและนำรหัสแอสกีไค้ดที่ได้ส่งให้กับเลขหมายปลายทาง และเลขหมายปลายทางจะต้องแปลงรหัสแอสกีไค้ดที่ได้มาให้เป็นตัวอักษรเพื่อแสดงผลออกหน้าจอ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งตัวเครื่องส่วนใหญ่ไม่รองรับการส่งข้อมูลรูปแบบนี้ผ่านทางเอทีคอมมานด์ จึงไม่สามารถใช้งานได้สมบูรณ์ เนื่องจากการส่งข้อความใน Text Mode นั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน (โดยตัวเครื่องเอง) แล้วจึงส่งข้อมูลในรูปแบบ PDU Mode อีกครั้งหนึ่ง แต่ในโทรศัพท์บางเครื่องก็ไม่สนับสนุนการส่งข้อความแบบ Text Mode ผ่านทาง AT Command แต่หากส่งข้อความเป็น PDU Mode จะสามารถส่งได้ เนื่องจากโทรศัพท์จะไม่ต้องมีการแปลงข้อมูลอีกชั้นหนึ่ง

2. PDU Mode

PDU Mode หรือ Protocol Data Unit คือ โหมมคการทำงานประเภทหนึ่ง ซึ่งจะทำการแปลงรหัสแอสกี (ASCII) ของตัวอักษรแต่ละตัวให้เป็นรหัส PDU ซึ่งรหัส PDU นั้น สามารถนำมาใช้งานได้กับชุดคำสั่ง เอทีคอมมานด์ ในการส่งเอสเอ็มเอส และสามารถใช้ได้กับโทรศัพท์มือถือทุกเครื่องที่รับคำสั่งเอทีคอมมานด์ได้ โดยที่การเข้ารหัส PDU มีขั้นตอนดังนี้

- จะต้องทราบรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal) ของแต่ละอักขระ
- แปลงจากรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 16 เป็นรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 2 (Binary)
- รหัสแอสกีแบบเลขฐาน 2 มาตัดบิตซ้ายสุดทิ้ง
- แปลงเป็นรหัส PDU โดยนำบิตสุดท้ายของตัวอักขระตัวที่ 2 มาวางหน้า 7 บิตของอักขระตัวที่ 1 ซึ่งจะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 1 จากนั้นนำ 2 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 3 มาวางหน้า 6 บิตที่เหลืออยู่ของอักขระตัวที่ 2 ซึ่งจะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 2 จากนั้นนำ 3 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 4 มาวางหน้า 5 บิตที่เหลือของอักขระตัวที่ 3 ซึ่งจะได้รหัส PDU ของอักขระตัวที่ 3 จากนั้นทำตามขั้นตอนเดิมไปเรื่อยๆ จนได้รหัส PDU 8 บิต ของทุกอักขระ
- แปลงรหัส PDU 8 บิตที่ได้ให้ให้เป็นรหัส PDU แบบเลขฐาน 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 จะเป็นการเข้ารหัส PDU ของคำว่า ALERT ซึ่งจะเห็นได้ว่ารหัส PDU ของคำว่า ALERT คือ 4166514A05

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการเข้ารหัส PDU ของคำว่า ALERT

Format	A	L	E	R	T
ASCII Hex	41	4C	45	52	54
ASCII Bin	0100 0001	0100 1100	0100 0101	0101 0010	0101 0100
บิตที่จะเข้ารหัส	100 0001	100 1100	100 0101	101 0010	101 0100

PDU	0100 0001	0110 0110	0101 0001	0100 1010	0000 0101
PDU Hex	41	66	51	4A	05

โดยตัวอักษรที่ใช้จะมีความแตกต่างกัน และมีทางเลือกในการเข้ารหัสน้อยมาก เมื่อมีการแสดงผล เอสเอ็มเอสทางเลือกต่างๆ ไปคือ "PCCP437", "PCDN", "8859-1", "IRA" และ "GSM". โดยทั้งหมดนั้นจะถูกกำหนดด้วย AT Command "AT+CSCS" หากอ่านข้อความในคอมพิวเตอร์ แต่หากอ่านข้อความบนมือถือ มือถือนั้นจะต้องทำการเลือกการเข้ารหัสที่เหมาะสม การทำงานที่ดีที่สุดของการอ่านข้อความเอสเอ็มเอสที่ได้รับมานั้น สามารถใช้ได้ทั้ง เท็กซ์โหมด และ พีดียูโหมดหากใช้ เท็กซ์โหมดการทำงานจะถูกจำกัดโดยการตั้งค่าในการเข้ารหัส ในกรณีเดียวกันนั้น ซึ่งมันยังไม่ดีพอ แต่หากเป็นการทำงานด้วย พีดียูโหมดนั้นไม่ว่าจะเป็นการเข้ารหัสแบบใดก็สามารถใช้งานได้ทั้งหมด

ข้อความพีดียูนั้นเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของข้อความเท่านั้น โดยจะถูกเพิ่มเข้าไปที่ส่วนท้ายของข้อความ การส่งข้อความแบบพีดียูนั้นไม่ได้ถูกจำกัดอยู่เพียงแค่ข้อความเท่านั้น แต่ยังสามารถบอกได้ถึงข้อมูลของผู้ส่ง, ศูนย์บริการเอสเอ็มเอส ที่ใช้, เวลาที่ส่ง เป็นต้นซึ่งจะถูกกำหนดด้วยรูปแบบของเลขฐาน16 (hexa-decimal octets) หรือ เลขฐานสิบ (decimal semi-octets)

2.8.2 กลุ่มคำสั่ง AT Command

กลุ่มคำสั่งในการส่งเอสเอ็มเอส

- **AT+CMGF** เป็นคำสั่งที่ใช้เลือกรูปแบบของการส่งข้อความ ซึ่งมี 2 โหมด คือ SMS PDU Mode กับ SMS Text Mode โดยมีรูปแบบของคำสั่งดังนี้

ตารางที่ 2.4 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGF

คำสั่ง	การตอบสนอง	ค่ามาตรฐาน
AT+CMGF=[<mode>]	0	
AT+CMGF?	+CMGF: <mode>	
AT+CMGF=?	+CMGF: (0,1)	

<mode> 0 คือเลือกใช้ PDU mode

1 คือเลือกใช้ Text mode

- **AT+CMGS** เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งเอสเอ็มเอส

ตารางที่ 2.5 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGS

คำสั่ง	การตอบสนอง	ค่ามาตรฐาน
Text mode (+CMGF=1): AT+CMGS=<da>[,<toda>]<CR> text is entered<ctrl-Z/ESC>	Text mode and sending OK: +CMGS: <mr>[,<scts>]	Text mode: [129/145]
PDU mode (+CMGF=0): AT+CMGS=<length><CR> PDU is given<ctrl-Z/ESC>	PDU mode and sending OK: +CMGS: <mr>[,<ackpdu>]	
AT+CMGS=?		

<da> คือหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่จะส่งเอสเอ็มเอสไป

<text is entered> คือข้อความที่ต้องการจะส่ง

<length> คือความยาวข้อมูลของข้อความใน PDU mode (นับ 8 บิต เป็น 1 length)

<PDU is given> คือข้อมูลในรูปแบบรหัส PDU แบบเลขฐาน 16

<CR> คือปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด

<CTRL-Z> คือปุ่ม Ctrl และ ปุ่ม Z บนแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มคำสั่งในการควบคุมและดูสถานะของโทรศัพท์มือถือ

- **AT+CPBS** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเลือกที่เก็บหน่วยความจำของสมุดโทรศัพท์ (Select Phone Book Memory Storage)

ตารางที่ 2.6 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBS

คำสั่ง	การตอบสนอง	ค่ามาตรฐาน
AT+CPBS=<storage>	“SM”	
AT+CPBS?	+CPBS: <storage>,<used>,<total>	
AT+CPBS=?	+CBPS: (list of supported <storage>'s)	

<storage> มีค่าต่างๆได้ดังนี้ “DC”, “MC”, “RC”, “ME”, “FD”, “SM”, “ON” and “EN

- **AT+CPBR** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ (Read Phone Book Entries)

ตารางที่ 2.7 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBR

คำสั่ง	การตอบสนอง
AT+CPBR=<index1>,<index2>	[+CPBR: <index1>,<number>,<type>,<text>[[...]<CR><LF>]+CPBR: <index2>,<number>,<type>,<text>]]
AT+CPBR=?	+CPBR: (<index>-list),[<nlength>],[<length>]

<index1>, <index2> คือ เลขจำนวนเต็มที่ระบุตำแหน่งของหมายเลขโทรศัพท์ในหน่วยความจำของสมุดโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **AT+CGMR** เป็นคำสั่งโทรตรวจสอบเวอร์ชันของเฟิร์มแวร์

ตารางที่ 2.8 รูปแบบของคำสั่ง AT+CGMR

คำสั่ง	การตอบสนอง
AT+CGMR	<revision> +CME ERROR: <err>
AT+CGMR=?	OK / ERROR

- **AT+CIMI** เป็นคำสั่งตรวจสอบสถานะความพร้อมของซิม

ตารางที่ 2.9 รูปแบบของคำสั่ง AT+CIMI

คำสั่ง	การตอบสนอง
AT+CIMI	<IMSI> +CME ERROR <err> OK ERROR
AT+CIMI=?	OK / ERROR

- **AT+CSQ** เป็นคำสั่งตรวจสอบระดับความแรงของสัญญาณ

ตารางที่ 2.10 รูปแบบของคำสั่ง AT+CSQ

คำสั่ง	การตอบสนอง
AT+CSQ	+CSQ: <rsqi>,<ber> +CME ERROR <err> OK / ERROR
AT+CSQ=?	+CSQ: (list of supported <rsqi>s),(list of supported <ber>s) +CME ERROR <err> OK / ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มคำสั่งบริการเครือข่าย

- **AT+CLIP** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า (Calling Line Identification Presentation)

ตารางที่ 2.11 รูปแบบของคำสั่ง AT+CLIP

คำสั่ง	การตอบสนอง	ค่ามาตรฐาน
AT+CLIP=<n>	0	
AT+CLIP?	+CLIP: <n>,<m>	
AT+CLIP=?	+CLIP: (0,1)	

<n> 0 คือปิดการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า

1 คือเปิดการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า

2.8.3 ตัวอย่าง AT Command ที่ใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส

AT+CMGF ใช้ในการเซตค่าการรับส่งเอสเอ็มเอส หากเป็น 1 จะเป็นการรับส่งในเท็กซ์โหมด ถ้าเป็น 0 จะเป็นการรับส่งในพีดียูโหมด โดยสามารถเซตว่าโทรศัพท์ที่เราจะส่งนั้นรองรับในโหมดใดโดยการพิมพ์ AT+CMGF=? หากผลลัพธ์เป็น +CMGF:(0,1) แสดงว่ารองรับทั้ง 2 โหมด แต่หากเป็น +CMGF:(0) คือรองรับเพียง PDU mode

AT+CMGW เป็นคำสั่งในการเขียนข้อความเพื่อเก็บไว้ในเมมโมรี่ (memory) รูปแบบคำสั่งที่ใช้ในการเขียน คือ

AT+CMGW="เบอร์โทรศัพท์ผู้รับ",address type,.สถานะข้อความ" <CR>
> (ข้อความ)

- address type: 81 คือ National address type (ไม่มี + ขึ้นหน้า)

91 คือ International number (มี + อยู่ด้านหน้าเบอร์)

- สถานะข้อความ: Text mode ความหมาย PDU mode

REC UNREAD - ข้อความที่ยังไม่ได้อ่าน - 0

REC READ - ข้อความที่อ่านแล้ว - 1

STO UNSENT - ข้อความที่ยังไม่ได้ส่ง - 2

STO SENT - ข้อความที่ส่งไปแล้ว - 3

ALL - ข้อความทั้งหมด - 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CMGS	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อความ
AT+CMGD	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการลบข้อความ
AT+CMSS	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อความจาก เมม โมรีที่ได้เขียนเก็บเอาไว้แล้ว ถ้า AT+CMSS=1 แสดงว่าข้อความภายในเมม โมรีที่ถูกส่งไปมี 1 ข้อความ
AT+CSMP	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเซตค่าตัวแปร ในเท็กซ์โหมด
AT+CSMS	เป็นคำสั่งในการเลือกการบริการข้อความ (ใช้ได้ทั้ง เท็กซ์โหมดและ พีดียูโหมด)
AT+E2CMGA	ใช้ในการเปลี่ยนแปลงลักษณะข้อความ AT+E2CMGA=<op>,<index>[,<arr>] - <op> (= 1 คือ อ่าน =0 คือ เขียน) - <index> หมายเลขข้อความที่ถูกแก้ไข - <arr> (=0; ได้รับแต่ยังไม่ได้อ่าน ,=1; ได้รับและอ่านแล้ว ,=2; ข้อความยังไม่ได้ถูกส่ง(ใช้เมื่อ op=0), =3; ข้อความถูกส่งไปแล้ว(ใช้เมื่อ op=0))
AT+E2CMGL	แสดงข้อความ
AT+E2CMGR	อ่านข้อความ

2.8.4 ตัวอย่าง (1) การส่งเอสเอ็มเอส โดยใช้ พีดียูโหมด

หากเราต้องการส่งข้อความ hellohello ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ 0895646789 ลำดับในการส่งข้อความจะเป็นดังต่อไปนี้

```

AT //ทดสอบการเชื่อมต่อกับ โมดูลจีเอสเอ็ม
OK
AT+CMGF=0 //เซตค่าในการรับ-ส่งในพีดียูโหมด
OK
AT+CIMI //เซตค่าคุณสมบัติความพร้อมของซิม
OK
AT+CMGS = 23.0011000A8180594676980000AA0AE8329BFD
4697D9EC37 //ข้อความที่ถูกส่ง
OK //ส่งข้อความเรียบร้อยแล้ว

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(AT+CMGS คือคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อความ โดยใน พิตีอูโหมคณัน ข้อความที่ถูกส่งไปจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบหก 23 หมายความว่า ข้อความจะมี 23 octets (46 ‘characters’) โดย octet แรก ‘00’ จะไม่ถูกนับรวม)

ตารางที่ 2.12 ความหมายในแต่ละบิตที่ใช้ในการส่งข้อความใน PDU mode

ตัวเลข (ฐาน16)	คำอธิบาย
00	ข้อความจะถูกจัดเก็บในมือถือ
11	เช็คสถานะของการรับข้อความ โดยในที่นี้หมายถึง หากข้อความไม่สามารถส่งไปยังมือถือได้ ข้อความนั้นจะถูกลบทิ้งภายในระยะเวลาที่กำหนด
00	โทรศัพท์สามารถถอดรหัสข้อความได้เอง
0A	ความยาวของหมายเลขโทรศัพท์
81	address type โดย 81 หมายถึงเบอร์โทรศัพท์ภายในประเทศ
8059467698	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ นั่นคือ “0895646789”
00	ระบุนค่า Protocol
00	การเข้ารหัส ในที่นี้หมายถึงการเข้ารหัสแบบ 7 บิต นั่นคือ หากข้อความที่ส่งมีขนาด 8 บิต จะถูกยุบรวมเหลือเพียง 7 บิต ในการส่ง
AA	ระยะเวลาลบข้อความ AA หมายถึงจะถูกลบภายใน 4 วันหากข้อความนั้นไม่สามารถส่งไปยังปลายทางได้
0A	ความยาวของข้อความที่ส่ง (10)
E8329BFD4697D9EC37	ข้อความที่ถูกส่งไป นั่นคือ “hellohello”

2.8.5 การรับ – ส่งข้อความภาษาไทย

ในกรณีที่จะส่งข้อความเป็นภาษาไทย จะต้องใช้รหัสตัวอักษรเป็น Unicode Format เนื่องจากรหัสแอสกี(ASCII)นั้นสามารถส่งได้แต่ภาษาอังกฤษเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการส่งข้อความภาษาไทยจะเป็นการแปลงค่าจาก Unicode เป็นข้อมูลพิตีอู แล้วจึงจะสามารถส่งข้อความออกไปในรูป PDU Mode (ไม่สามารถใช้ Text Mode ได้เนื่องจากข้อกำหนดของ Unicode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการส่ง SMS ภาษาไทย ของระบบ TRUE โดยที่ SMS Message Center ของ TRUE = "+66891009120" (โทรตาม Call Center) ส่งให้เบอร์ "+66811234567" และข้อความคือ "กขข" จะมีมีขั้นตอนดังนี้

Call Ready

AT+CMGF=1

OK

AT+CSCS="UCS2"

OK

AT+CSCA="002B00360036003800390031003000300039003100320030",145

OK

AT+CSMP=17,167,0,24

OK

AT+CMGS="002B00360036003800310031003200330034003500360037"

> 0E010E020E03[ctrl+z]

+CMGS: 1

OK

ความหมายของรหัสที่ส่งไป

AT+CSCA="002B00360036003800390031003000300039003100320030",145

คือ รหัส Unicode ของ +66891009120 (+ ก็คือ 00 2B ส่วน 6 ก็คือ 00 36)

AT+CMGS="002B00360036003800310031003200330034003500360037"

คือ รหัส Unicode ของ +66811234567

กขข

0E010E020E03[ctrl+z]

คือ รหัส Unicode ของ ตัวอักษร กขข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ตัวอย่าง (2) การส่งเอสเอ็มเอส โดยใช้ พีดียูโทมด

หากเราต้องการส่งข้อความ “Test ทดสอบ” ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ 0836861623 ลำดับในการส่งข้อความจะเป็นดังต่อไปนี้

AT //ทดสอบการเชื่อมต่อกับโมดูจี้เอ็สเอ็ม

OK

AT+CMGF=0 //เซ็คค่าในการรับ-ส่งใน พีดียูโทมด

OK

AT+CIMI //เซ็คค่าคุณสมบัติความพร้อมของซิม

OK

AT+CMGS =

23.0011000A8180636861320008AA0A005400650073007400200E170E140E2A0E2D0E1A

//ข้อความที่ถูกส่ง

OK

//ส่งข้อความเรียบร้อยแล้ว

จากข้อความที่ถูกส่ง เราสามารถอธิบายโค้ด ได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 ความหมายของแต่ละบิตจากข้อความที่ถูกส่งออกไป

ตัวเลข	คำอธิบาย
00	ข้อความจะถูกจัดเก็บในมือถือ
11	เช็คสถานะของการรับข้อความ โดยในที่นี้หมายถึง หากข้อความไม่สามารถส่งไปยังมือถือได้ ข้อความนั้นจะถูกลบทิ้งภายในระยะเวลาที่กำหนด
00	โทรศัพท์ที่สามารถถอดรหัสข้อความได้เอง
0A	ความยาวของหมายเลขโทรศัพท์
81	address type โดย 81 หมายถึงเบอร์โทรศัพท์ภายในประเทศ
8063686132	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ นั่นคือ “0836861623”
00	ระบุนค่า Protocol
08	การเข้ารหัส ในที่นี้หมายถึงการเข้ารหัสแบบ 7 บิต นั่นคือ หากข้อความที่ส่งมีขนาด 8 บิต จะถูกยุบรวมเหลือเพียง 7 บิต ในการส่ง
AA	ระยะเวลาลบข้อความ AA หมายถึงจะถูกลบภายใน 4 วัน หากข้อความนั้นไม่สามารถส่งไปยังปลายทางได้
0A	ความยาวของข้อความที่ส่ง (10)
005400650073007400200E170E140E2A0E2D0E1A	ข้อความที่ถูกส่งไป นั่นคือ “Test ทดสอบ”

จากโค้ดของข้อความที่ส่งจะเห็นได้ว่าหากเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษนั้นจะมี “00” ขึ้นหน้า เช่น 0054 = T, 0065 = c เป็นต้น แต่หากเป็นตัวอักษรภาษาไทยจะขึ้นต้นด้วย “0E” เช่น 0E17 = ท, 0E14 = ค เป็นต้น

2.9 รหัสแอสกี (ASCII)

รหัสมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาเพื่อการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (American Standard Code for Information Interchange) หรือ แอสกี (ASCII) เป็นรหัสอักขระที่ประกอบด้วยอักษรละติน เลขอารบิก เครื่องหมายวรรคตอน และสัญลักษณ์ต่างๆ โดยแต่ละรหัสจะแทนด้วยตัวอักษรหนึ่งตัว เช่น รหัส 65 (เลขฐานสิบ) ใช้แทนอักษรเอ (A) พิมพ์ใหญ่ เป็นต้น

รหัสแอสกีมีใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือสื่อสารแบบดิจิทัลต่างๆ พัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการ X3 ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของสมาคมมาตรฐานอเมริกา (American Standards Association) ภายหลังกลายเป็น สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกา (American National Standard Institute : ANSI) ในปี ค.ศ. 1969 โดยเริ่มต้นใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1967 ซึ่งมีอักขระทั้งหมด 128 ตัว (7 บิต) โดยจะมี 33 ตัวที่ไม่แสดงผล (unprintable/control character) ซึ่งใช้สำหรับควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์บางประการ เช่น การขึ้นย่อหน้าใหม่สำหรับการพิมพ์ (CR & LF - carriage return and line feed) การสิ้นสุดการประมวลผลข้อมูลตัวอักษร (EOT - end of text) เป็นต้น และอีก 95 ตัวที่แสดงผลได้ (printable character) ดังที่ปรากฏตามผังอักขระ (character map) ด้านล่าง

รหัสแอสกีได้รับการปรับปรุงล่าสุดเมื่อ ค.ศ. 1986 ให้มีอักขระทั้งหมด 256 ตัว (8 บิต) สำหรับแสดงอักขระเพิ่มเติมในภาษาของแต่ละท้องถิ่นที่ใช้ เช่น ภาษาเยอรมัน ภาษารัสเซีย ฯลฯ โดยจะมีผังอักขระที่แตกต่างกันไปในแต่ละภาษาซึ่งเรียกว่า โคดเพจ (codepage) โดยอักขระ 128ตัวแรกส่วนใหญ่จะยังคงเหมือนกันแทบทุกโคดเพจ มีส่วนน้อยที่เปลี่ยนแค่บางอักขระ

2.9.1 ผังอักขระแอสกีที่ไม่แสดงผล

อักขระที่ไม่แสดงผลเหล่านี้ถูกใช้เพื่อรหัสควบคุมการพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ หรือใช้เป็นตัวแบ่งข้อมูลในสื่อบันทึกข้อมูลบางชนิด (เช่นเทป) อักขระตัวแทนที่ปรากฏในตารางเป็นเพียงการแสดงว่า ณ ตำแหน่งนั้นมีรหัสดังกล่าวอยู่ ไม่ใช่สัญลักษณ์ที่จะนำมาแสดงผลเป็นหลัก

ตารางที่ 2.14 พังอักขระแอสกีที่ไม่แสดงผล

ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ความหมาย	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ความหมาย
0000 0000	0	00	(ว่าง)	NUL - null character	0001 0010	18	12	↕	DC2 - device control two
0000 0001	1	01	☺	SOH - start of heading	0001 0011	19	13	!!	DC3 - device control three
0000 0010	2	02	☺	STX - start text	0001 0100	20	14	¶	DC4 - device control four
0000 0011	3	03	♥	ETX - end text	0001 0101	21	15	§	NAK - negative acknowledge
0000 0100	4	04	♦	EOT - end of transmission	0001 0110	22	16	—	SYN - synchronous idle
0000 0101	5	05	♣	ENQ - enquiry	0001 0111	23	17	↕	ETB - end of transmission block
0000 0110	6	06	♠	ACK - acknowledge	0001 1000	24	18	↑	CAN - cancel
0000 0111	7	07	•	BEL - bell	0001 1001	25	19	↓	EM - end of medium
0000 1000	8	08	▣	BS - backspace	0001 1010	26	1A	→	SUB - substitute
0000 1001	9	09	○	HT - horizontal tabulation	0001 1011	27	1B	←	ESC - escape
0000 1010	10	0A	◐	LF - line feed	0001 1100	28	1C	└	FS - file separator
0000 1011	11	0B	♂	VT - vertical tabulation					
0000 1100	12	0C	♀	FF - form feed					
0000 1101	13	0D	♪	CR - carriage return					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ความหมาย	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ความหมาย
0000 1110	14	0E	♪	SO - shift out	0001 1110	30	1E	▲	RS - record separator
0000 1111	15	0F	☀	SI - shift in	0001 1111	31	1F	▼	US - unit separator
0001 0000	16	10	▶	DLE - data link escape	0111 1111	127	7F	␣	DEL - delete
0001 0001	17	11	◀	DC1 - device control one					

2.9.2 ฟังก์ชันอักขระแอสกีที่แสดงผล

ตารางที่ 2.15 ฟังก์ชันอักขระแอสกีที่แสดงผล

ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ
0010 0000	32	20	(ช่องว่าง)	0100 0000	64	40	@	0110 0000	96	60	`
0010 0001	33	21	!	0100 0001	65	41	A	0110 0001	97	61	a
0010 0010	34	22	"	0100 0010	66	42	B	0110 0010	98	62	b
0010 0011	35	23	#	0100 0011	67	43	C	0110 0011	99	63	c
0010 0100	36	24	\$	0100 0100	68	44	D	0110 0100	100	64	d
0010 0101	37	25	%	0100 0101	69	45	E	0110 0101	101	65	e
0010 0110	38	26	&	0100 0110	70	46	F	0110 0110	102	66	f
0010 0111	39	27	'	0100 0111	71	47	G	0110 0111	103	67	g
0010 1000	40	28	(	0100 1000	72	48	H	0110 1000	104	68	h
0010 1001	41	29	)	0100 1001	73	49	I	0110 1001	105	69	i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ	ฐานสอง	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	อักขระ
0010 1010	42	2A	*	0100 1010	74	4A	J	0110 1010	106	6A	j
0010 1011	43	2B	±	0100 1011	75	4B	K	0110 1011	107	6B	k
0010 1100	44	2C	,	0100 1100	76	4C	L	0110 1100	108	6C	l
0010 1101	45	2D	-	0100 1101	77	4D	M	0110 1101	109	6D	m
0010 1110	46	2E	.	0100 1110	78	4E	N	0110 1110	110	6E	n
0010 1111	47	2F	/	0100 1111	79	4F	O	0110 1111	111	6F	o
0011 0000	48	30	0	0101 0000	80	50	P	0111 0000	112	70	p
0011 0001	49	31	1	0101 0001	81	51	Q	0111 0001	113	71	q
0011 0010	50	32	2	0101 0010	82	52	R	0111 0010	114	72	r
0011 0011	51	33	3	0101 0011	83	53	S	0111 0011	115	73	s
0011 0100	52	34	4	0101 0100	84	54	T	0111 0100	116	74	t
0011 0101	53	35	5	0101 0101	85	55	U	0111 0101	117	75	u
0011 0110	54	36	6	0101 0110	86	56	V	0111 0110	118	76	v
0011 0111	55	37	7	0101 0111	87	57	W	0111 0111	119	77	w
0011 1000	56	38	8	0101 1000	88	58	X	0111 1000	120	78	x
0011 1001	57	39	9	0101 1001	89	59	Y	0111 1001	121	79	y
0011 1010	58	3A	:	0101 1010	90	5A	Z	0111 1010	122	7A	z
0011 1011	59	3B	;	0101 1011	91	5B	[	0111 1011	123	7B	{
0011 1100	60	3C	≤	0101 1100	92	5C	\	0111 1100	124	7C	|
0011 1101	61	3D	=	0101 1101	93	5D	]	0111 1101	125	7D	}
0011 1110	62	3E	≥	0101 1110	94	5E	^	0111 1110	126	7E	~

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ยูนิโคด (Unicode)

ยูนิโคด คือมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์แสดงผลและจัดการเท็กซ์ (text) หรือข้อความตัวอักษรที่ใช้ในระบบการเขียนของภาษาส่วนใหญ่ในโลกได้อย่างสอดคล้องกัน ยูนิโคดประกอบด้วยรายการอักขระที่แสดงผลได้ 100,507 ตัว (รุ่น 5.1.0) ซึ่งคิดเป็นประมาณ 10% ของจำนวนรหัสที่เป็นไปได้ทั้งหมด วางเรียงกันตามรหัสของมาตรฐานชุดอักขระสากล (Universal Character Set: UCS) และมีการตีพิมพ์ลงในหนังสือ The Unicode Standard เพื่อใช้เป็นรายการอ้างอิง นอกจากนี้ยังมีการอธิบายวิธีการที่ใช้เข้ารหัสและการนำเสนอมาตรฐานของการเข้ารหัสอักขระอีกจำนวนหนึ่ง การเรียงลำดับอักขระ กฎเกณฑ์ของการรวมและการแยกอักขระ รวมไปถึงลำดับการแสดงผลของอักขระสองทิศทาง (เช่นอักขระอาหรับหรืออักขระฮีบรูที่เขียนจากขวาไปซ้าย) โดยมี องค์กรยูนิโคดคอนซอร์เทียม (Unicode Consortium) เป็นผู้ผลิตและคิดค้นขึ้น ซึ่งเป็นองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร เป็นผู้รับผิดชอบในการพัฒนายูนิโคด องค์กรนี้มีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับการแทนที่การเข้ารหัสอักขระที่มีอยู่ด้วยยูนิโคดและมาตรฐานรูปแบบการแปลงยูนิโคด (Unicode Transformation Format: UTF) แต่ก็เป็นที่ยุ่งยากเนื่องจากแผนการที่มีอยู่ถูกจำกัดไว้ด้วยขนาดและขอบเขต ซึ่งอาจไม่รองรับกับสภาพแวดล้อมหลายภาษาในคอมพิวเตอร์

ความสำเร็จของยูนิโคดในเรื่องของการรวมการเข้ารหัสอักขระให้เป็นหนึ่ง เป็นที่รู้จักกว้างขวางและมีอิทธิพลต่อการทำซอฟต์แวร์ให้เป็นสากล กล่าวคือสามารถใช้ได้หลายภาษา มาตรฐานนี้มีการนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีหลักหลายอย่าง อาทิ เอกซ์เอ็มแอล ภาษาจาวา และระบบปฏิบัติการสมัยใหม่

โดยพื้นฐานแล้ว คอมพิวเตอร์จะเกี่ยวข้องกับเรื่องของตัวเลข. คอมพิวเตอร์จัดเก็บตัวอักษรและอักขระอื่นๆ โดยการกำหนดหมายเลขให้สำหรับแต่ละตัว. ก่อนหน้าที่ Unicode จะถูกสร้างขึ้น, ได้มีระบบ encoding อยู่หลายร้อยระบบสำหรับการกำหนดหมายเลขเหล่านี้. ไม่มี encoding ใดที่มีจำนวนตัวอักขระมากเพียงพอ: ยกตัวอย่างเช่น, เฉพาะในกลุ่มสหภาพยุโรปเพียงแห่งเดียว ก็ต้องการหลาย encoding ในการครอบคลุมทุกภาษาในกลุ่ม. หรือแม้แต่ในภาษาเดียว เช่น ภาษาอังกฤษ ก็ไม่มี encoding ใดที่เพียงพอสำหรับทุกตัวอักษร, เครื่องหมายวรรคตอน และสัญลักษณ์ทางเทคนิคที่ใช้กันอยู่ทั่วไป.

ระบบ encoding เหล่านี้ยังขัดแย้งซึ่งกันและกัน. นั่นก็คือ, ในสอง encoding สามารถใช้หมายเลขเดียวกันสำหรับตัวอักขระสองตัวที่แตกต่างกัน, หรือใช้หมายเลขต่างกันสำหรับอักขระตัวเดียวกัน. ในระบบคอมพิวเตอร์ (โดยเฉพาะเซิร์ฟเวอร์) ต้องมีการสนับสนุนหลาย encoding; และเมื่อข้อมูลที่ผ่านไปมาระหว่างการเข้ารหัสหรือแพลตฟอร์มที่ต่างกัน, ข้อมูลนั้นจะเสี่ยงต่อการผิดพลาดเสียหาย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น Unicode จึงได้มีการกำหนดหมายเลขเฉพาะสำหรับแต่ละอักขระ, โดยไม่สนใจว่าเป็นแพลตฟอร์มใด, ไม่ขึ้นกับว่าจะจะเป็นโปรแกรมใดและไม่ว่าจะเป็นภาษาใด. มาตรฐาน Unicode ได้ถูกนำไปใช้โดยผู้นำในอุตสาหกรรม เช่น Apple, HP, IBM, JustSystem, Microsoft, Oracle, SAP, Sun, Sybase, Unisys และอื่นๆ อีกมาก. Unicode เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมาตรฐานใหม่ๆ เช่น XML, Java, ECMAScript (JavaScript), LDAP, CORBA 3.0, WML ฯลฯ และเป็นแนวทางอย่างเป็นทางการในการทำ ISO/IEC 10646. Unicode ได้รับการสนับสนุนในระบบปฏิบัติการจำนวนมาก, บราวเซอร์ใหม่ๆ ทดตัว, และผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมาก. การเกิดขึ้นของ Unicode Standard และทูลส์ต่างๆ ที่มีในการสนับสนุน Unicode, เป็นหนึ่งในแนวโน้มทางเทคโนโลยีซอฟต์แวร์ระดับโลกที่มีความสำคัญที่สุด.

การรวม Unicode เข้าไปในระบบไคลเอ็นต์-เซิร์ฟเวอร์ หรือแอปพลิเคชันแบบ multi-tiered และเว็บไซต์ จะทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้ชุดอักขระแบบเดิม. Unicode ทำให้ผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์หนึ่งเดียว หรือเว็บไซต์แห่งเดียว รองรับได้หลายแพลตฟอร์ม, หลายภาษาและหลายประเทศโดยไม่ต้องทำการรีอับระบบ. Unicode ยังทำให้ข้อมูลสามารถเคลื่อนย้ายไปมาในหลายๆ ระบบโดยไม่เกิดความผิดพลาดเสียหาย.

Unicode เป็นรหัสแบบ 16 บิต จึงมีความสามารถในการแทนข้อมูลได้สูงถึง 65,536 แบบ อย่างไรก็ตาม รหัสแอสกีก็ยังสามารถใช้ได้กับรหัส Unicode เนื่องจากอักขระ 256 ตัวแรกของ Unicode จะมีลักษณะเดียวกับรหัสแทนข้อมูลแบบแอสกี แต่จะเติม 0 ไว้ข้างหน้าจำนวน 8 บิต เช่น 0111 0100 ในรหัสแอสกีแทน t ถ้าเป็น Unicode จะเป็น 0000 0000 0111 0100 ปัจจุบัน Unicode เป็นรหัสที่นำไปใช้กับระบบปฏิบัติการหลายประเภท เช่น Windows 2000 (NT 5) และ OS/2 เป็นต้น

2.10.1 พังอักษรไทยยูนิโคด

ตารางที่ 2.16 พังอักษรไทยยูนิโคด

Character	Decimal	Hex	Name
ก	3585	0E01	THAI CHARACTER KO KAI
ข	3586	0E02	THAI CHARACTER KHO KHAI
ฃ	3587	0E03	THAI CHARACTER KHO KHUAT
ค	3588	0E04	THAI CHARACTER KHO KHWAI
ฅ	3589	0E05	THAI CHARACTER KHO KHON
ฆ	3590	0E06	THAI CHARACTER KHO RAKHANG
ง	3591	0E07	THAI CHARACTER NGO NGU
จ	3592	0E08	THAI CHARACTER CHO CHAN
ช	3593	0E09	THAI CHARACTER CHO CHING
ฌ	3594	0E0A	THAI CHARACTER CHO CHANG
ซ	3595	0E0B	THAI CHARACTER SO SO
ฎ	3596	0E0C	THAI CHARACTER CHO CHOE
ญ	3597	0E0D	THAI CHARACTER YO YING
ฎ	3598	0E0E	THAI CHARACTER DO CHADA
ฏ	3599	0E0F	THAI CHARACTER TO PATAK
ฐ	3600	0E10	THAI CHARACTER THO THAN
ฑ	3601	0E11	THAI CHARACTER THO NANGMONTHO
ฒ	3602	0E12	THAI CHARACTER THO PHUTHAO
ณ	3603	0E13	THAI CHARACTER NO NEN
ด	3604	0E14	THAI CHARACTER DO DEK
ต	3605	0E15	THAI CHARACTER TO TAO
ถ	3606	0E16	THAI CHARACTER THO THUNG
ท	3607	0E17	THAI CHARACTER THO THAHAN
ธ	3608	0E18	THAI CHARACTER THO THONG
น	3609	0E19	THAI CHARACTER NO NU
บ	3610	0E1A	THAI CHARACTER BO BAIMAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Name
ป	3611	0E1B	THAI CHARACTER PO PLA
พ	3612	0E1C	THAI CHARACTER PHO PHUNG
ฝ	3613	0E1D	THAI CHARACTER FO FA
พ	3614	0E1E	THAI CHARACTER PHO PHAN
ฟ	3615	0E1F	THAI CHARACTER FO FAN
ภ	3616	0E20	THAI CHARACTER PHO SAMPHAO
ม	3617	0E21	THAI CHARACTER MO MA
ย	3618	0E22	THAI CHARACTER YO YAK
ร	3619	0E23	THAI CHARACTER RO RUA
ฤ	3620	0E24	THAI CHARACTER RU
ล	3621	0E25	THAI CHARACTER LO LING
ฌ	3622	0E26	THAI CHARACTER LU
ว	3623	0E27	THAI CHARACTER WO WAEN
ศ	3624	0E28	THAI CHARACTER SO SALA
ษ	3625	0E29	THAI CHARACTER SO RUSI
ส	3626	0E2A	THAI CHARACTER SO SUA
ห	3627	0E2B	THAI CHARACTER HO HIP
ฬ	3628	0E2C	THAI CHARACTER LO CHULA
อ	3629	0E2D	THAI CHARACTER O ANG
ฮ	3630	0E2E	THAI CHARACTER HO NOKHUK
๑	3631	0E2F	THAI CHARACTER PAIYANNOI
๒	3632	0E30	THAI CHARACTER SARA A
๓	3633	0E31	THAI CHARACTER MAI HAN-AKAT
๔	3634	0E32	THAI CHARACTER SARA AA
๕	3635	0E33	THAI CHARACTER SARA AM
๖	3636	0E34	THAI CHARACTER SARA I
๗	3637	0E35	THAI CHARACTER SARA II
๘	3638	0E36	THAI CHARACTER SARA UE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Name
๔	3639	0E37	THAI CHARACTER SARA UEE
๕	3640	0E38	THAI CHARACTER SARA U
๖	3641	0E39	THAI CHARACTER SARA UU
.	3642	0E3A	THAI CHARACTER PHINTHU
฿	3647	0E3F	THAI CURRENCY SYMBOL BAHT
เ	3648	0E40	THAI CHARACTER SARA E
แ	3649	0E41	THAI CHARACTER SARA AE
โ	3650	0E42	THAI CHARACTER SARA O
๑	3651	0E43	THAI CHARACTER SARA AI MAIMUAN
๒	3652	0E44	THAI CHARACTER SARA AI MAIMALAI
๓	3653	0E45	THAI CHARACTER LAKKHANGYAO
๔	3654	0E46	THAI CHARACTER MAIYAMOK
๕	3655	0E47	THAI CHARACTER MAITAIKHU
๖	3656	0E48	THAI CHARACTER MAIEK
๗	3657	0E49	THAI CHARACTER MAI THO
๘	3658	0E4A	THAI CHARACTER MAI TRI
๙	3659	0E4B	THAI CHARACTER MAI CHATTAWA
๐	3660	0E4C	THAI CHARACTER THANTHAKHAT
๑	3661	0E4D	THAI CHARACTER NIKHAHIT
๒	3662	0E4E	THAI CHARACTER YAMAKKAN
๓	3663	0E4F	THAI CHARACTER FONGMAN
๐	3664	0E50	THAI DIGIT ZERO
๑	3665	0E51	THAI DIGIT ONE
๒	3666	0E52	THAI DIGIT TWO
๓	3667	0E53	THAI DIGIT THREE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Name
๔	3668	0E54	THAI DIGIT FOUR
๕	3669	0E55	THAI DIGIT FIVE
๖	3670	0E56	THAI DIGIT SIX
๗	3671	0E57	THAI DIGIT SEVEN
๘	3672	0E58	THAI DIGIT EIGHT
๙	3673	0E59	THAI DIGIT NINE
๙๑	3674	0E5A	THAI CHARACTER ANGKHANKHU
๙๒	3675	0E5B	THAI CHARACTER KHOMUT



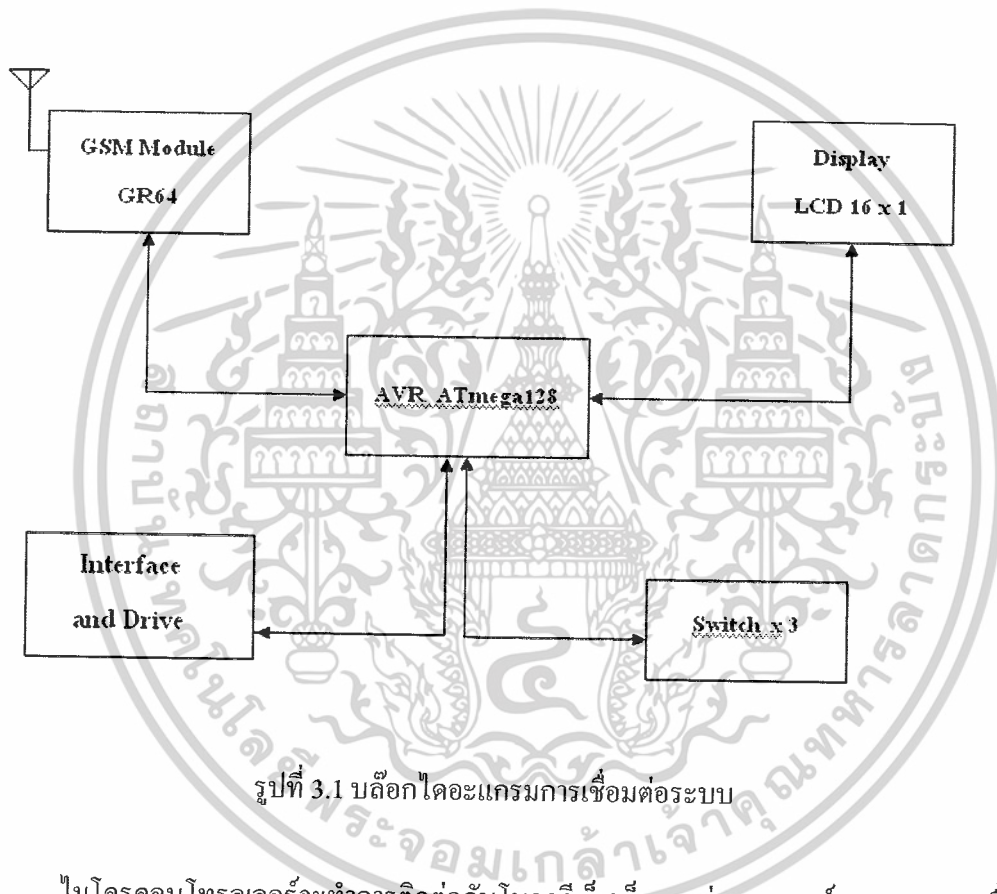
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ

3.1 องค์ประกอบของระบบ

การออกแบบระบบนี้ แบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วน ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ซึ่งส่วน ฮาร์ดแวร์ มีการออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับ โมดูลจีเอสเอ็ม จอแอลซีดี และ สวิตช์ ดังรูปข้างล่างนี้



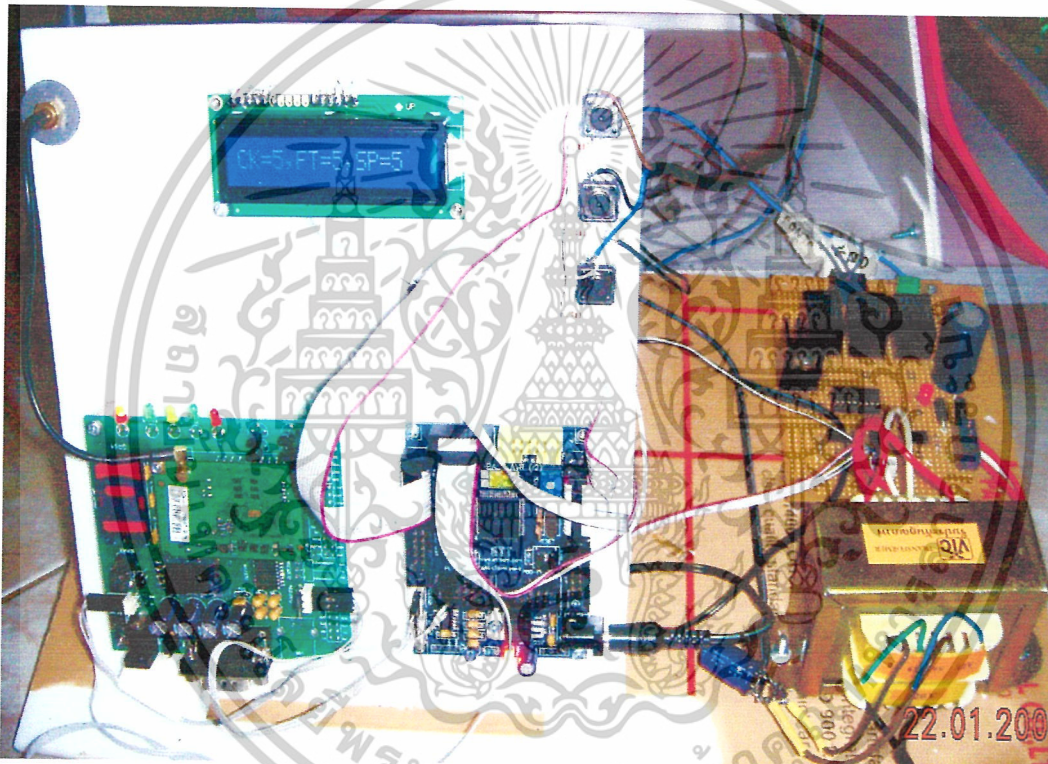
ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับ โมดูลจีเอสเอ็ม ผ่านทางพอร์ตอนุกรม เพื่อควบคุมการส่งเอสเอ็มเอส ซึ่งจะทำการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะระบุหมายเลขที่ต้องการส่ง ข้อความที่ต้องการส่ง และเงื่อนไขที่จะส่งเอสเอ็มเอสออกไป

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับแอลซีดี ผ่านทางพอร์ตดี เพื่อแสดงสถานะของสินค้า 3 ชนิด เมื่อมีการกดปุ่ม

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับสวิทช์ ผ่านทางพอร์ตเอ เพื่อเป็นการเลือกชนิดของสินค้า โดยเมื่อกดปุ่มแล้ว โปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับจำนวนถอยหลังลงทีละหนึ่ง

ส่วนซอฟต์แวร์ จะใช้ภาษาซีในการเขียนผ่านโปรแกรม CodeVisionAVR เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ

3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

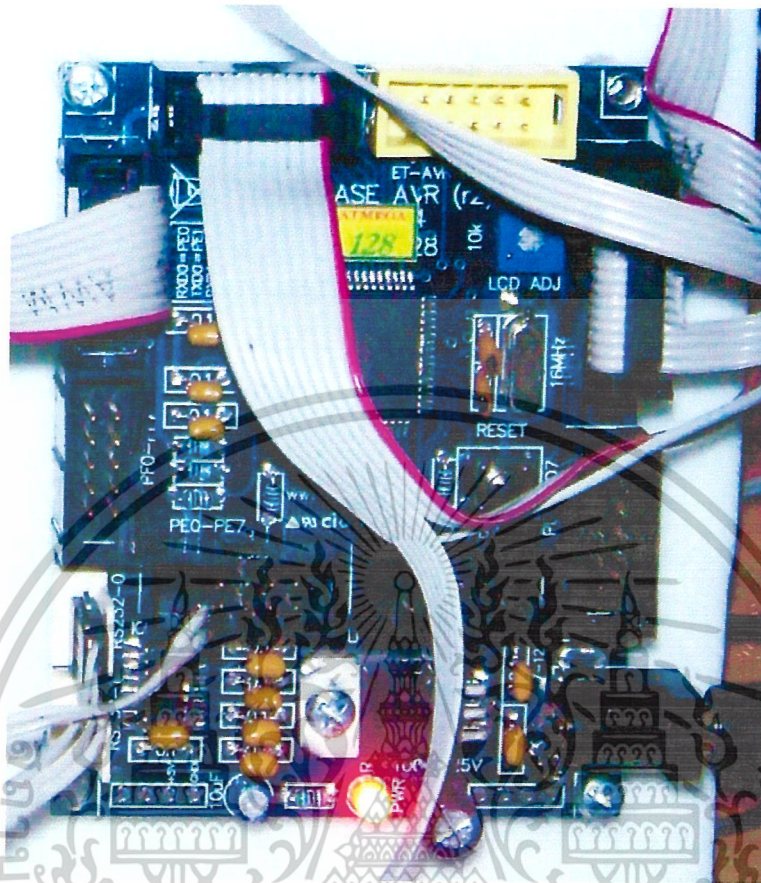


รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

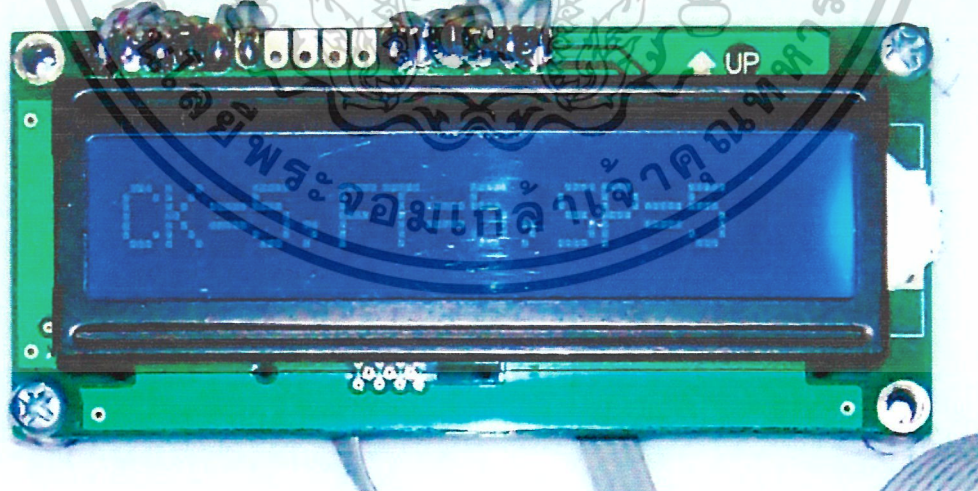
3.2.1 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เครื่องตรวจสอบสถานะสินค้าอัตโนมัติ ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มานับจำนวนสินค้าที่ลดลงโดยการกดสวิทช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

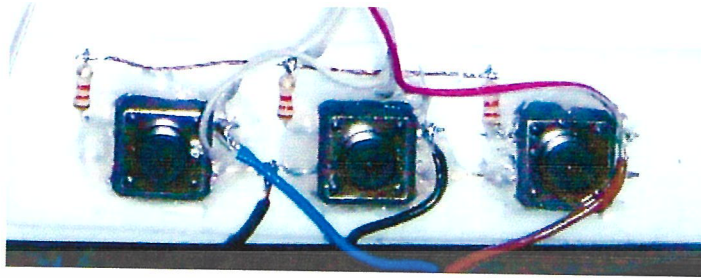


รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 จอแสดงสถานะของสินค้า

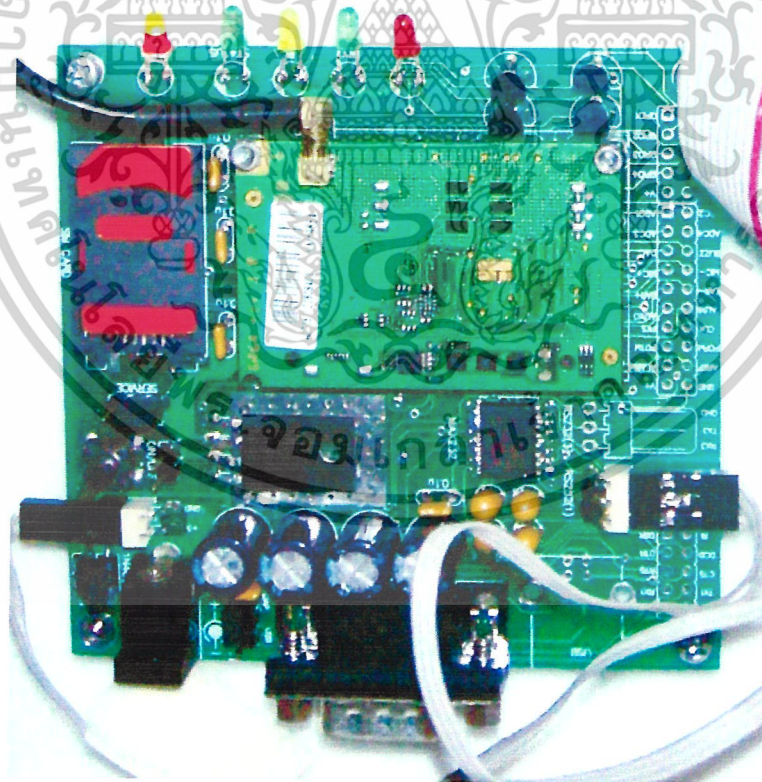
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 สวิตช์เลือกสินค้า

การแสดงผลของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการแสดงผลออกมาสองทาง คือ ทางจอแอลซีดี ซึ่งจะแสดงผลการนับจำนวนลงของสินค้าเมื่อทำการกด และทาง เอสเอ็มเอส จะแสดงผลเมื่อจำนวนสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งลดลงถึงค่าที่กำหนด ซึ่งโครงการนี้ได้กำหนดให้จำนวนสินค้าลดลงถึง 2 แล้วจึงจะทำการส่งเอสเอ็มเอสแจ้งสถานะของสินค้าทั้งหมดที่ยังคงเหลืออยู่

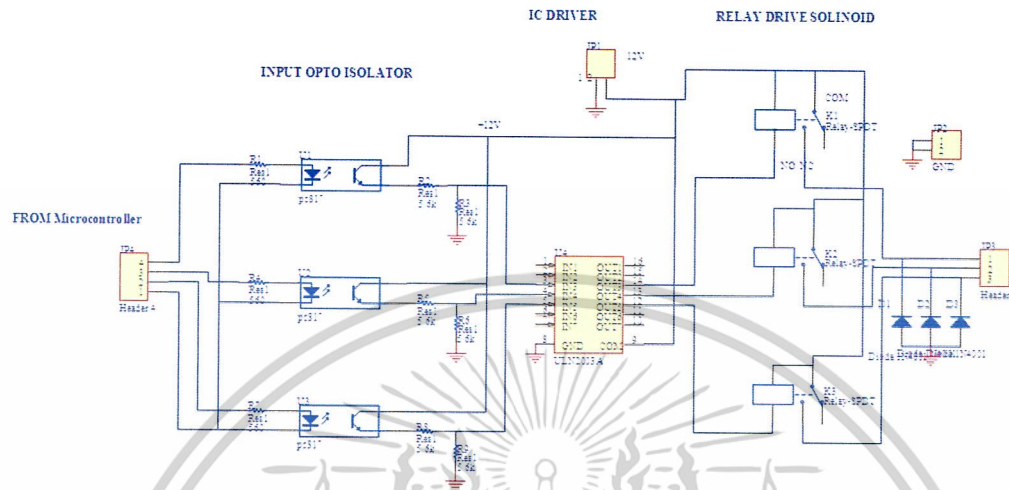
3.2.2 ชุด GSM module



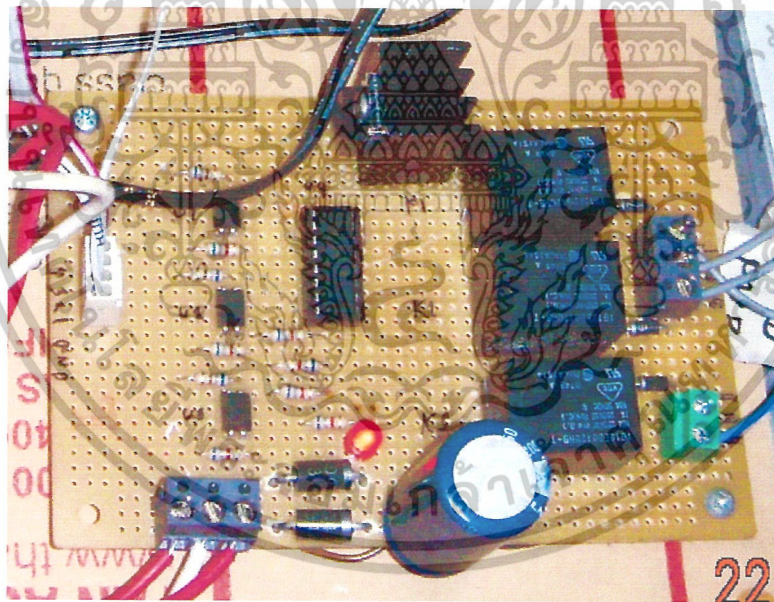
รูปที่ 3.6 GSM module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ชุด Interface and Drive



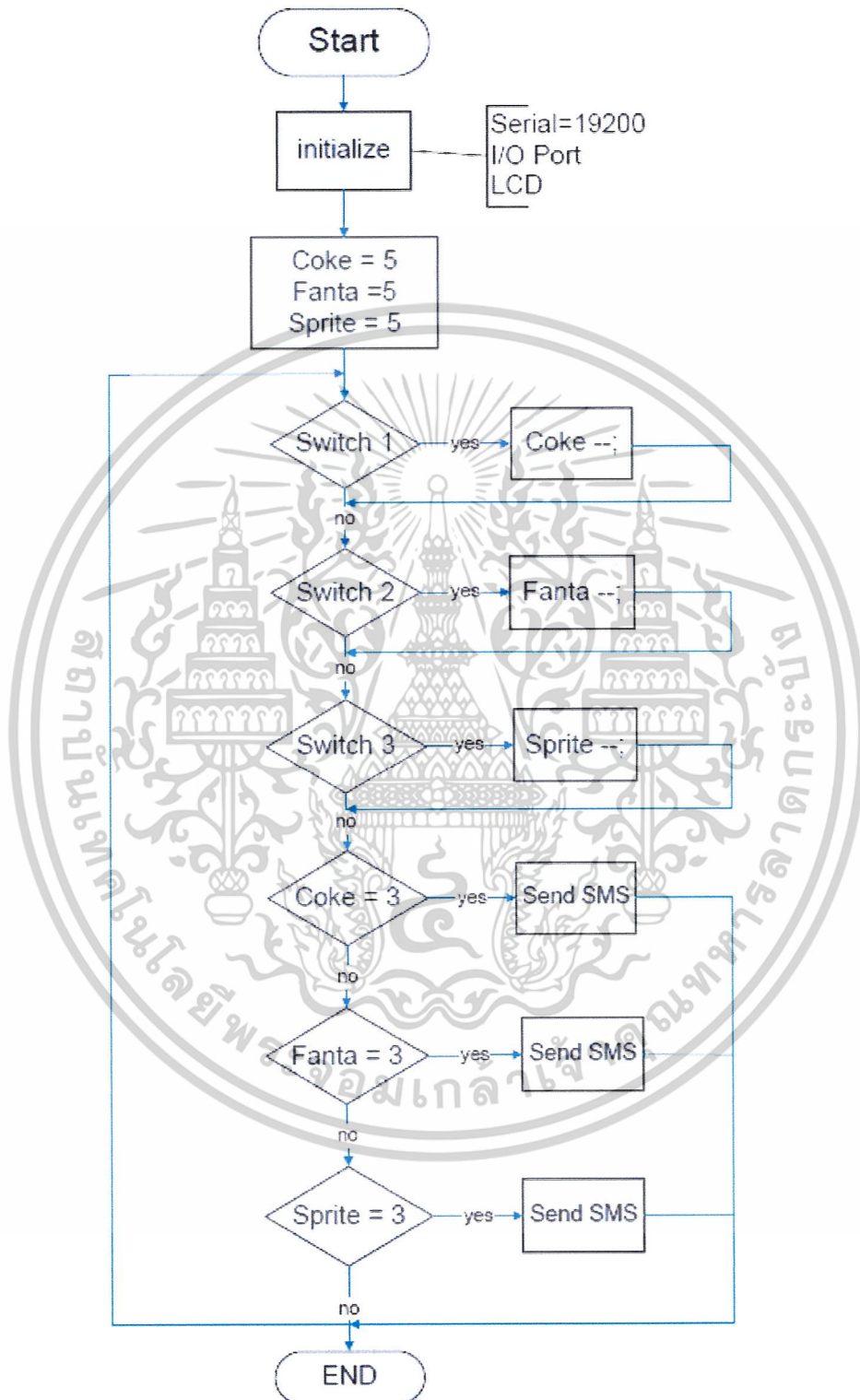
รูปที่ 3.7 วงจรชุด Interface and Drive



รูปที่ 3.8 ชุดวงจร Interface and Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการนับจำนวนสินค้าลดลงตามจำนวนครั้งที่กด

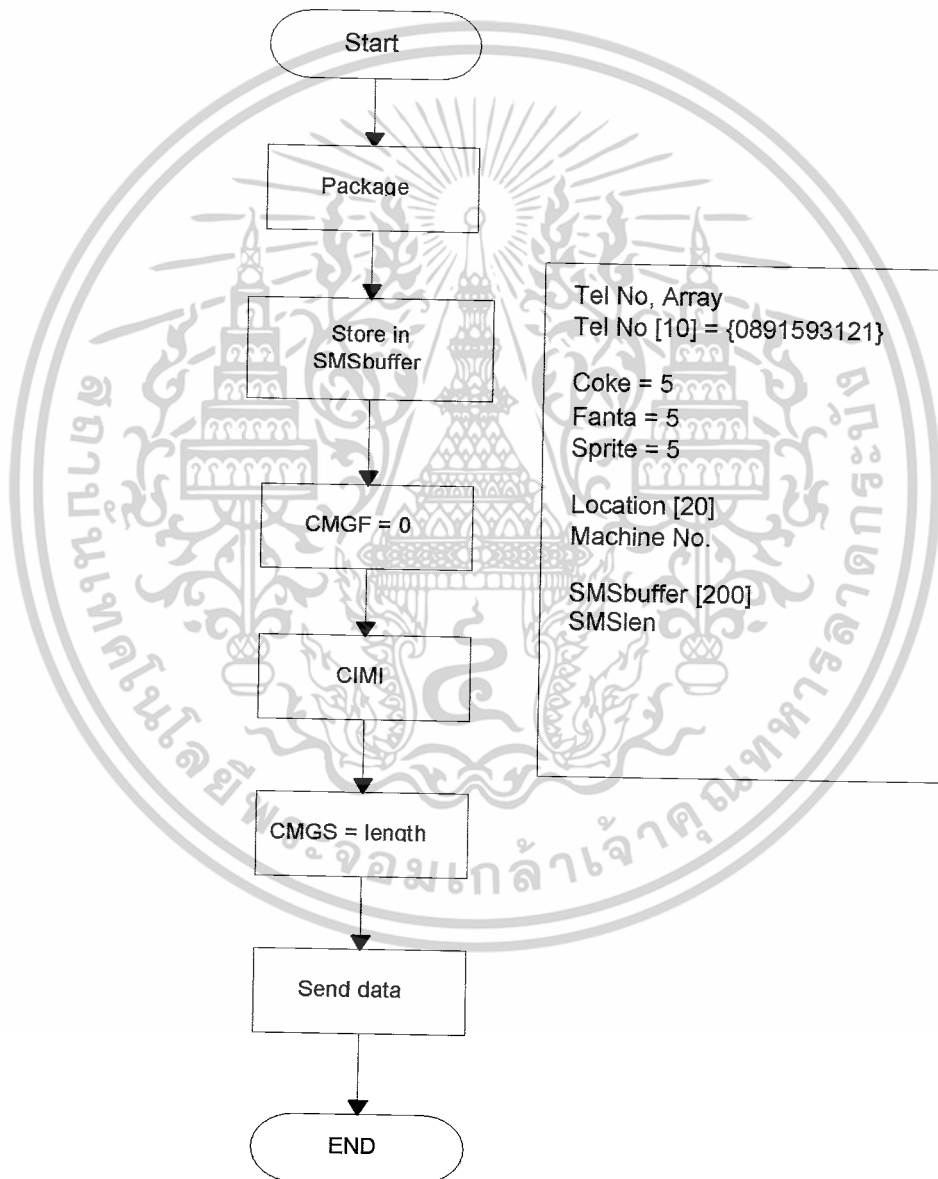


รูปที่ 3.9 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการนับจำนวนสินค้าลดลงตามจำนวนครั้งที่กด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้น กำหนด baud rate ที่ 19200 ซึ่งเราจะได้จากการสุ่มในการทดสอบด้วยโปรแกรม Hyper Terminal แล้วทำการติดต่อพอร์ต I/O จากโฟลวชาร์ต กำหนดค่าเริ่มต้นของสินค้าแต่ละชนิดที่ เท่ากับ 5 เมื่อมีการกดสวิทซ์สินค้าชนิดหนึ่ง สินค้าชนิดนั้นจะลดลงทีละหนึ่ง จนกระทั่งสินค้าลดลงถึงค่าที่กำหนด คือ เท่ากับ 2 จะมีการส่งเอสเอ็มเอส ไปยังเบอร์ที่กำหนด แล้วเมื่อมีการรีเซ็ต สถานะของสินค้าจะกลับไปยังค่าเริ่มต้น คือ เท่ากับ 5

3.2.5 โฟลวชาร์ตการส่งข้อความ



รูปที่ 3.10 โฟลวชาร์ตการส่งข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อความที่ถูกส่ง เราสามารถอธิบายโค้ดได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ความหมายของแต่ละบิตจากการจำลองการส่งข้อความ

ตัวเลข	คำอธิบาย
00	ข้อความจะถูกจัดเก็บในมือถือ
11	เช็คสถานะของการรับข้อความ โดยในที่นี้หมายถึง หากข้อความไม่สามารถส่งไปยังมือถือได้ ข้อความนั้นจะถูกลบทิ้งภายในระยะเวลาที่กำหนด
00	โทรศัพท์ที่สามารถถอดรหัสข้อความได้เอง
0A	ความยาวของหมายเลขโทรศัพท์
81	address type โดย 81 หมายถึงเบอร์โทรศัพท์ภายในประเทศ
8019951312	หมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ นั่นคือ “0891593121”
00	ระบุนำ Protocol
08	การเข้ารหัส ในที่นี้หมายถึงการเข้ารหัสแบบ 7 บิต นั่นคือ หากข้อความที่ส่งมีขนาด 8 บิต จะถูกยุบรวมเหลือเพียง 7 บิต ในการส่ง
AA	ระยะเวลาลบข้อความ AA หมายถึงจะถูกลบภายใน 4 วันหากข้อความนั้น ไม่สามารถส่งไปยังปลายทางได้
56	ความยาวของข้อความที่ส่ง
0E400E150E370E2D0E19004B004D0049 0054004C002300200031003A000D000A 0E420E400E490E01002800350029002C 0E410E1F0E190E150E490E3200280035 0029002C0E2A0E440E1B0E230E170E4 C002800320029	ข้อความที่ถูกส่งไป นั่นคือ “เดือนKMITL#1: โด๊ก(5),แฟนต้า(5),สไปรท์(5)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ทดลองการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และโมดูลจีเอสเอ็ม

ใช้โปรแกรม Hyper Terminal ในการทดสอบการเชื่อมต่อ และการรองรับคำสั่ง AT Command ของโมดูลจีเอสเอ็ม



The screenshot shows a HyperTerminal window titled 'KMITL - HyperTerminal'. The window contains the following text:

```
AT
OK
AT+CMGF=0
OK
AT+CIMI
520990203788541
OK
AT+CMGS=?
OK
-
```

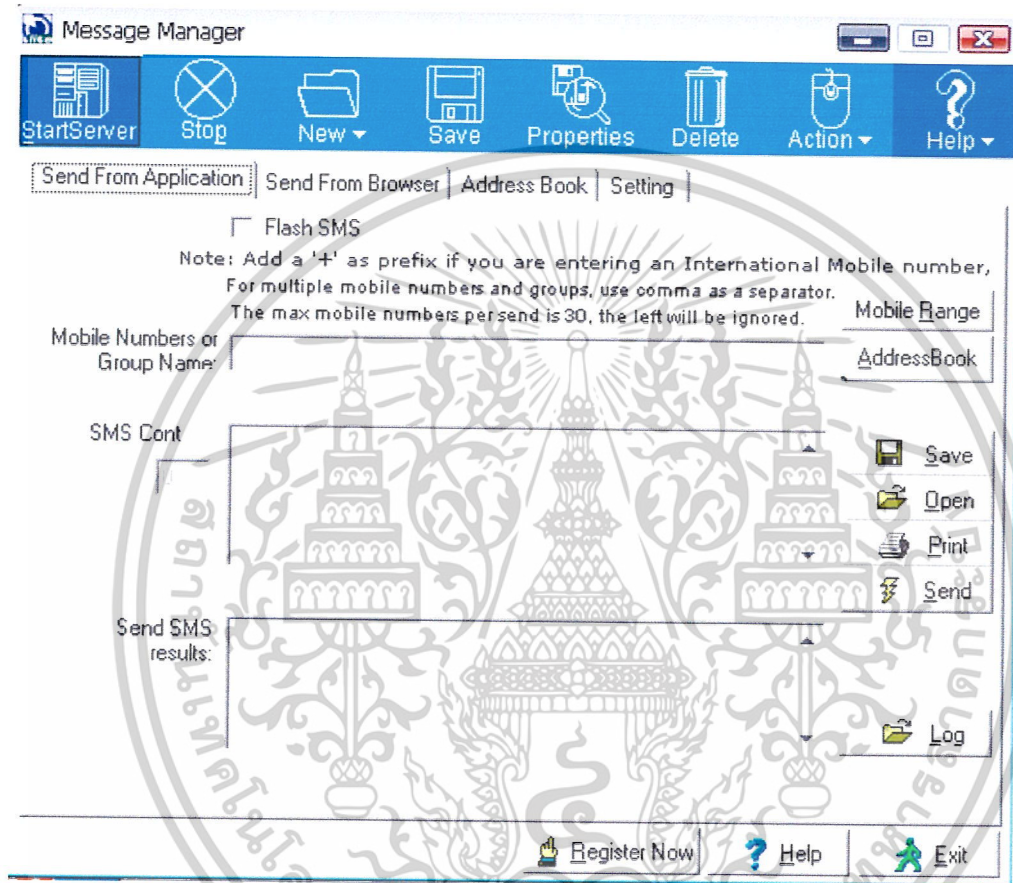
At the bottom of the window, it shows 'Connected 0:03:27 Auto detect 19200 8-N-1'.

รูปที่ 4.1 ทดสอบ AT Command ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

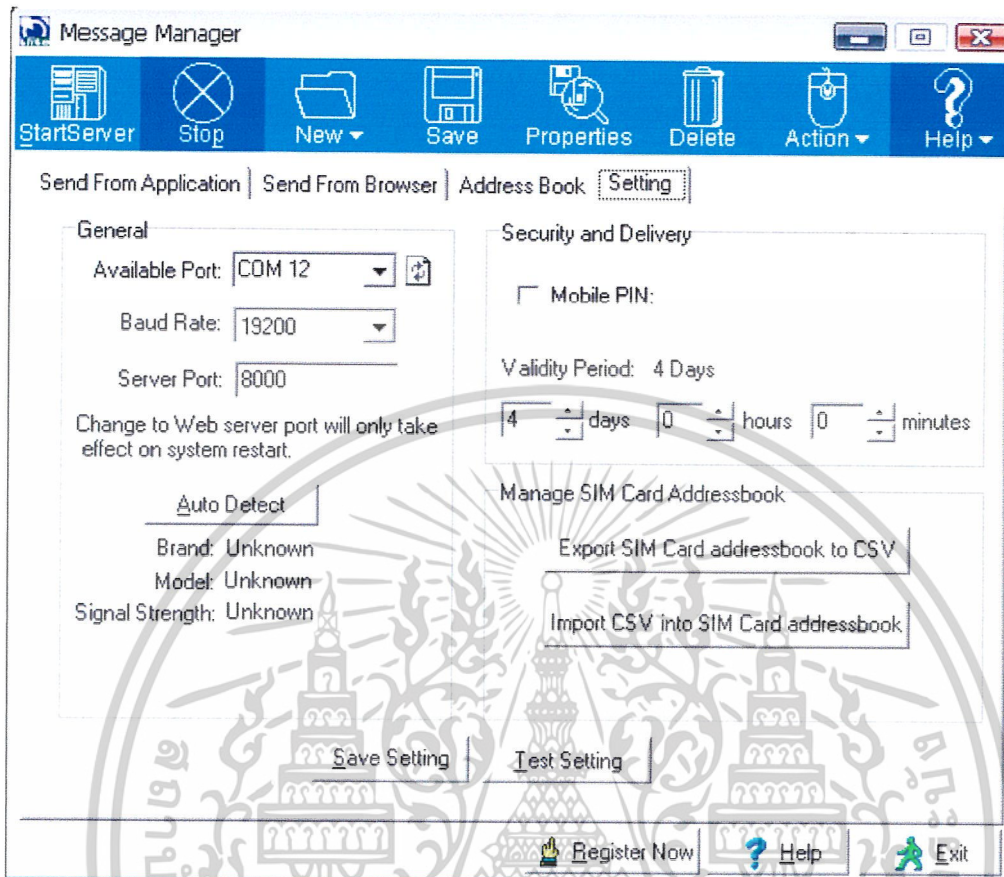
4.2 เปิดเซิร์ฟเวอร์รอรับการติดต่อ

ใช้โปรแกรม Message Manager ในการรอรับการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และโมดูลจีเอสเอ็มเพื่อทดลองส่งข้อความ มีขั้นตอนดังนี้



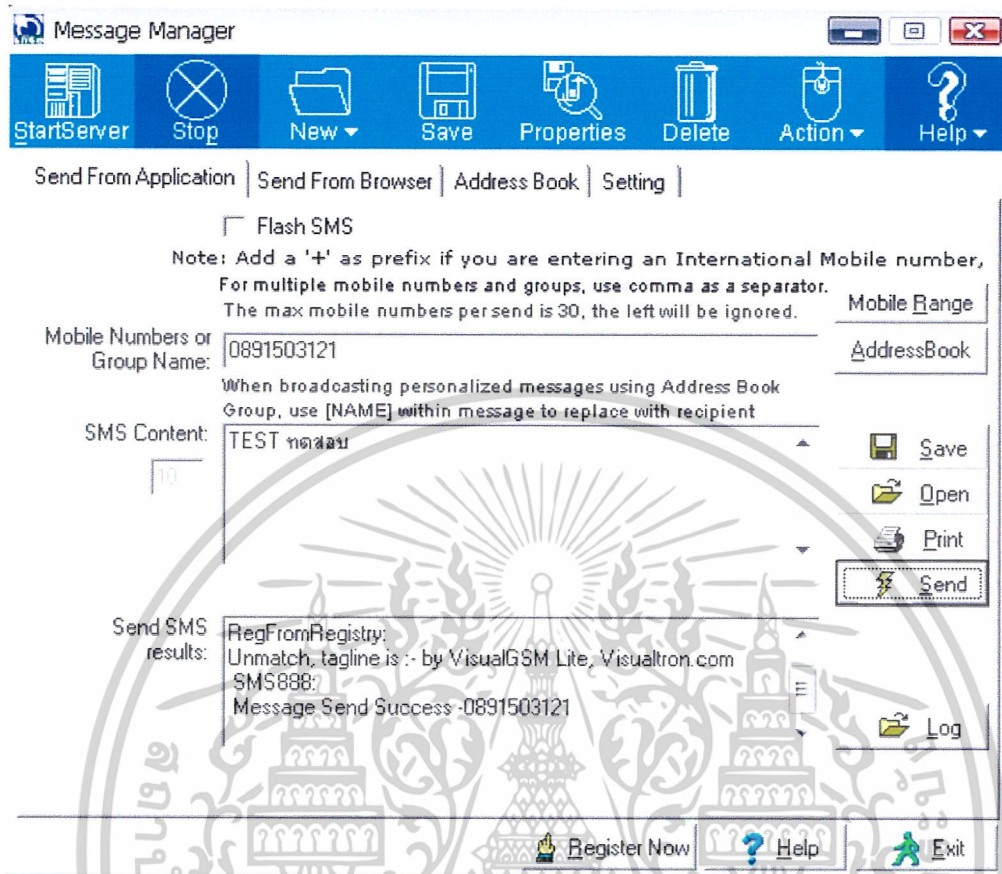
รูปที่ 4.2 เปิดเซิร์ฟเวอร์รอรับการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ตั้งค่าโปรแกรมเพื่อหา Baud Rate ที่เหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ใส่เบอร์โทรศัพท์และข้อความที่ต้องการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

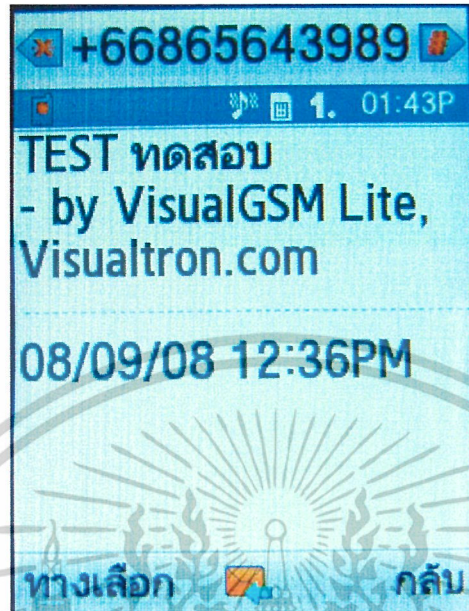
Connected to "Prolific USB-to-Serial Comm Port (COM12)"
Port opened by process "messagemanager.exe" (PID: 3896)
Port closed
Port opened by process "messagemanager.exe" (PID: 3896)
Request: 8/3/2551 12:28:10.54664
41 54 2E 43 4D 47 46 30 0D 0A AT+CMGF=0..
Answer: 8/3/2551 12:28:11.54664 (+1.0000 seconds)
41 54 2E 43 4D 47 46 30 0D 0A 4F 4B 0D 0A AT+CMGF=0...02..
Request: 8/3/2551 12:28:11.54664 (+0.0000 seconds)
41 54 2E 43 43 4D 43 0D 0A AT+CMII..
Answer: 8/3/2551 12:28:12.34364 (+0.7968 seconds)
41 54 2E 43 4D 49 0D 0A 35 32 3D 39 39 30
32 36 33 37 36 38 35 34 31 0D 0A 0D 0A 4F 4B 0D
0A
Request: 8/3/2551 12:28:12.40664 (+0.0625 seconds)
41 54 2E 43 4D 47 53 3D 31 30 35 0D 30 30 31 31
30 30 41 39 31 30 3D 31 39 30 35 31 33 31 32
30 30 38 41 41 38 43 30 30 35 34 30 39 34 35
30 35 33 30 30 35 34 30 30 32 30 30 45 31 37
30 45 31 34 30 45 32 41 30 45 32 44 30 45 31 41
30 30 41 39 32 44 30 30 32 30 30 30 36 32
30 30 37 36 30 30 32 30 30 35 36 30 30 36 39
30 30 37 33 30 30 37 35 30 30 36 31 30 30 36 43
30 30 34 37 30 30 35 33 30 30 34 44 30 30 32 30
30 30 34 43 30 30 36 39 30 30 37 34 30 30 36 35
30 30 32 43 30 30 32 30 30 33 35 34 30 36 39
30 30 37 33 30 30 37 35 30 30 36 31 30 30 36 43
30 30 37 34 30 30 37 32 30 30 36 46 30 30 36 45
30 30 32 45 30 30 36 33 30 30 36 46 30 30 35 44
1A
Answer: 8/3/2551 12:28:13.95264 (+1.0000 seconds)
Ready

```

รูปที่ 4.5 คำสั่งและโค้ด AT Command ที่โปรแกรม HHD Serial Monitor

เปิดโปรแกรม HHD Serial Monitor เพื่อดูคำสั่งและโค้ด AT Command ที่โปรแกรม Message Manager ส่งผ่านซีเรียลพอร์ตไปยัง โมดูลจีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

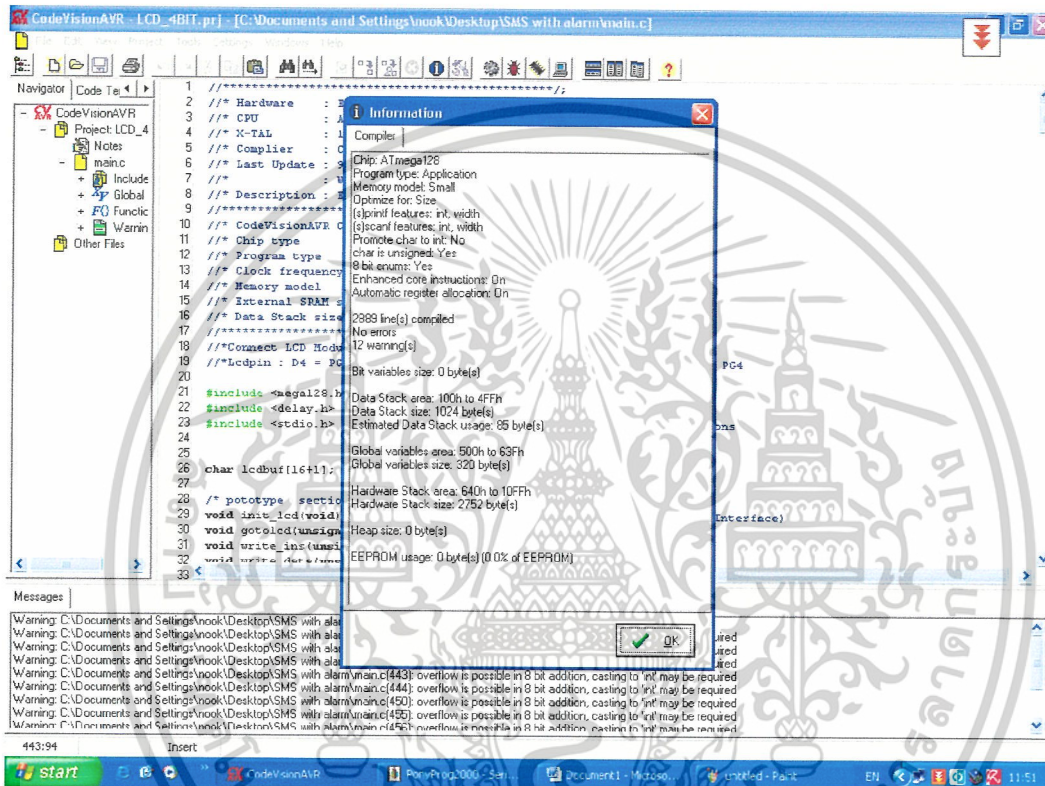


รูปที่ 4.6 ข้อความที่ปรากฏบน โทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

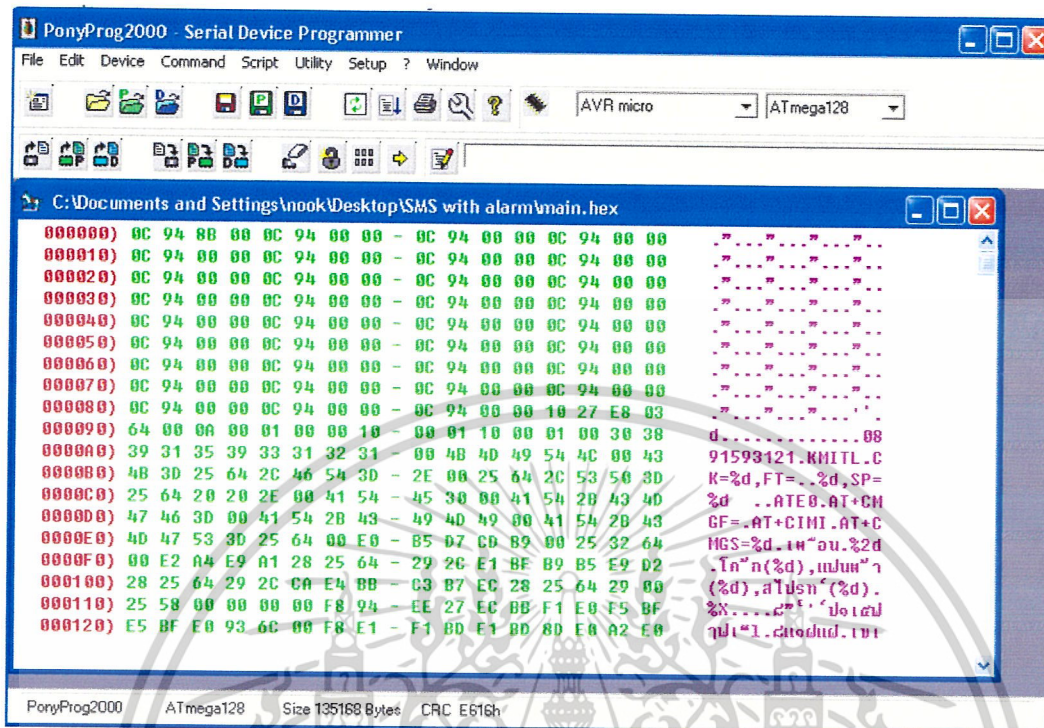
4.3 ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

ใช้โปรแกรม CodeVisionAVR ในการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซีเพื่อเขียนคำสั่งควบคุมระบบทั้งหมด



รูปที่ 4.7 เขียนโปรแกรมและสร้าง HEX File สำหรับโหลดลงไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การโหลด HEX File ลงไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม PonyProg2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบการทำงานของระบบ



รูปที่ 4.9 เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 เปิดเครื่อง แล้วนำสินค้าใส่ลงไปจนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เลือกชนิดของสินค้าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

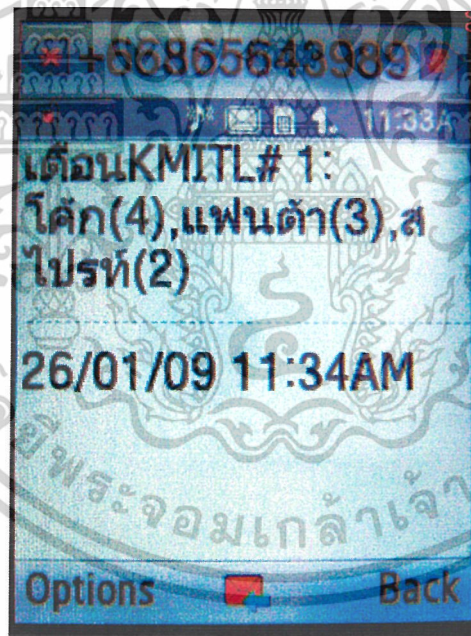


รูปที่ 4.12 สินค้าถูกขายในช่องรับสินค้าด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 จอ LCD แสดงผลการลดจำนวนลงของสินค้า



รูปที่ 4.14 ข้อความที่ปรากฏบนโทรศัพท์ที่เคลื่อนที่เมื่อมีสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งลดลงเหลือ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานของโครงการ

การทดลองในโครงการนี้เป็นการติดต่อสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลจีเอสเอ็ม เพื่อส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยนำความรู้ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มาใช้กับอุปกรณ์ฝังตัวเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสาร

5.1 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงการ

1. เนื่องจากมีความแตกต่างทางด้านฟังก์ชันของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละรุ่น และแต่ละยี่ห้อ ทำให้ไม่สามารถรับข้อความภาษาไทยในโหมด พีดียู ได้ เช่น ถ้าเครื่องไหนไม่มีฟังก์ชันภาษาไทยก็ไม่สามารถอ่านภาษาไทยได้
2. เมื่อเปิดระบบในครั้งแรก จะต้องใช้เวลาในการเริ่มต้นเป็นเวลานาน เพราะต้องใช้เวลาในการรีเซ็ต ในบางครั้งอาจจะไม่สามารถทำงานได้ต้องทำการรีเซ็ตระบบใหม่ทั้งหมด
3. ในการกดสวิตช์ในบางครั้งเกิดการรบกวนของวงจร ทำให้กดแล้วไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า และถ้าเซตค่าดีเลย์ไม่เหมาะสมทำให้การกดสวิตช์อาจจะช้าหรือเร็วเกินไปจนทำให้ค่าที่แสดงออกมาเร็วเกินไปจนไม่สามารถเห็นค่าเปลี่ยนไปอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ถ้าเซตค่าดีเลย์น้อยเกินไป ในการกดสวิตช์หนึ่งครั้งจะทำให้ค่าลดลงอย่างรวดเร็วจนเหมือนกับเป็นการกดสวิตช์สองครั้ง แต่ถ้าเซตค่าดีเลย์มากเกินไป ก็อาจจะทำค่าที่แสดงออกมาช้าจนเกินไป
4. เนื่องจากโครงการนี้ใช้ชิพการ์ดในระบบเติมเงิน ดังนั้นเมื่อส่งข้อความไปแล้ว เงินในชิพการ์ดจะลดลง เมื่อเงินในชิพการ์ดหมดจะไม่สามารถตรวจสอบได้ ทำให้ไม่สามารถส่งข้อความออกไปได้ อาจจะทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าระบบเกิดความผิดพลาด
5. เนื่องจากความแพร่หลายของเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติในประเทศไทยยังไม่แพร่หลาย ทำให้การค้นคว้าข้อมูล และวงจรการทำงาน ได้จำกัด ส่งผลให้ไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ในด้านนี้เท่าที่ควร
6. เนื่องจากในโครงการนี้ บอร์ดของไมโครคอนโทรลเลอร์และ โมดูลจีเอสเอ็ม ถูกผลิตจากคนละบริษัท ทำให้มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเชื่อมต่อของสองอุปกรณ์นี้ต้องมีการตรวจสอบขาอินพุต/เอาต์พุต อย่างละเอียด และจะต้องมีการไขว้สายไฟ
7. เนื่องจากข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าในเว็บไซต์ของประเทศไทยมีน้อย ทำให้มีความเข้าใจในการออกแบบของระบบ และการทำงานค่อนข้างยากลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในการส่งข้อความภาษาไทยใน โหมด พีดียู ต้องใช้การสุ่มค่าตัวอักษร ทำให้ทำได้เป็นเวลานาน

5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ในการพัฒนาระบบควรใช้บอร์ดของบริษัทเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อ และสะดวกต่อการพัฒนาระบบต่อไป
2. เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาและพัฒนาระบบตามโครงการนี้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย จึงต้องไปค้นคว้า ศึกษาของข้อมูลในเว็บไซต์ต่างประเทศ
3. ในการเซตค่าดีเลย์ใช้การสุ่มค่าเพื่อให้เหมาะสมกับค่าที่แสดงออกมา

5.3 แนวทางสำหรับการพัฒนาโครงการต่อไปสำหรับผู้สนใจ

1. สามารถพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับเครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติได้จริง
2. สามารถพัฒนาระบบเพื่อให้เปลี่ยนแปลงค่าที่ตั้งไว้ได้สะดวกขึ้น
3. สามารถพัฒนาระบบของโครงการนี้ร่วมกับระบบจีพีเอสเพื่อให้ค้นหาเส้นทางที่สั้นและเร็วที่สุดในการเดินทางมายังเครื่องจำหน่ายสินค้าได้สะดวกขึ้น
4. สามารถพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถส่ง จีพีอาร์เอส ได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า
5. สามารถพัฒนาให้มีการเก็บฐานข้อมูลสถานะต่างๆของเครื่อง และสามารถจัดเก็บและดึงข้อมูลได้จากฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ASCII, 2009 : <http://th.wikipedia.org/wiki/แอสกี>
- [2] AT Command, 2008 : <http://opensiam.com/index.php/articles/1-2008-07-18-03-59-24/5-at-command-gsm-module>
- [3] AVR, 2007-2008 : <http://inex.co.th/micro/avr.html>
- [4] AVR ATmega128, 2008 : <http://www.es.co.th/detail.asp?Prod=ET%2DBASEAVR%2DATMEG128>
- [5] C Language, 2006 : <http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/c/basic/index.htm>
- [6] ET-Base AVR ATmega128, 2006 : <http://www.etteam.com/product/03A21.html>
- [7] GR64 GSM/GPRS modem, 2006 : http://www.silaresearch.com/acc/gr64_manual.pdf
- [8] How to send SMS, 2007 : <http://www.developershome.com/sms/howToSendSMSFormPC.asp>
- [9] Opto-Isolator, 2008 : <http://www.kingsolder.com/electronics/light/opto-isolator.asp>
- [10] Relay, 2008 : http://www.kingsolder.com/content-elec/?id_content=6
- [11] Send SMS with Thai language, 2008 : <http://www.electoday.com/cgi-bin/YaBB.pl?num=1211969503/7>
- [12] SMS and PDU format , 2007 : <http://www.dreamfabric.com/sms/>
- [13] Solenoid, 2005 : <http://www.tn.ac.th/web%20elec/soli.html>
- [14] Thai Unicode, 2006 : http://tumrai.com/?Unicode:Thai_unicode
- [15] Unicode, 2005 : <http://unicode.org/standard/translations/thai.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้