สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
T061360

# การควบคุมการใช้บริการอินเตอร์เน็ตโดยบัตรสมาร์ทการ์ด

# CONTROLLING INTERNET SERVICES BY SMART CARD

โดย

นายศักดิ์ชัย สวนโต 45015076
นายศุภโชค อุ่นสุข 45015077

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

ปพ.
ศ324ก
2547
เลขหมู่
เลขทะเบียน 61360
วัน,เดือน,ปี 17 ก.ค. 2549
b.
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การควบคุมการใช้บริการอินเตอร์เน็ตโดยบัตรสมาร์ทการ์ด

# CONTROLLING INTERNET SERVICES BY SMART CARD

โดย

นายศักดิ์ชัย สวนโต

นายศุภโชค อุ่นสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **การควบคุมการใช้บริการอินเตอร์เน็ตโดยบัตรสมาร์ทการ์ด**

**CONTROLLING INTERNET SERVICES BY SMART CARD**


ผู้จัดทำ

**1. นายศักดิ์ชัย สวนโต 45015076**

2. นายศุภโชค อุ่นสุข 45015077


.................................................................. อาจารย์ที่ปรึกษา

( รศ. สมยศ จูณณะปิยะ )

.................................................................. อาจารย์ที่ปรึกษา

( ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ )


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการใช้บริการอินเตอร์เน็ตโดยบัตรสมาร์ทการ์ด

CONTROLLING INTERNET SERVICES BY SMART CARD

โดย นายศักดิ์ชัย สวนโต 45015076

นายศุภโชค อุ่นสุข 45015077

**อาจารย์ที่ปรึกษา** รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์

**บทคัดย่อ**

โครงงานนี้เป็นโครงงานควบคุมการบริการอินเตอร์เน็ต โดยการหักค่าเงินจากบัตรสมาร์ทการ์ด เพื่อทดแทนเครื่องหยอดเหรียญทั่วๆไป ซึ่งไม่ต้องมีพนักงานคอยควบคุมดูแล โดยจะนำบัตรสมาร์ทการ์ดมาใช้แทนการหยอดเหรียญแบบเดิมๆ และมีพาสเวิร์ด 4 หลักเพื่อป้องกันบุคคลอื่นนำไปใช้ ยอดคงเหลือในบัตรจะแสดงผลผ่านทาง LCD Module และสามารถที่จะโปรแกรมอัตราค่าบริการได้

**ABSTRACT**

This Project is a controlling internet services's project by debit a cash from smart card for replace a droping coin machine which used with the internet that services in many place by nobody to see and control. This method , by using smart card replace an original droping coin and have the password 4 figures for protect other person to use. A balance in the card show the performance pass LCD Module and can set service rate's program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาของหัวข้อปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 สมาร์ทการ์ดคืออะไร | 3 |
| 2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ทการ์ด | 3 |
| 2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ทการ์ด | 4 |
| 2.3.1 ตัวบัตรพลาสติก | 4 |
| 2.3.2 หน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ด | 4 |
| 2.4 การประกอบสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในบัตรพลาสติก | 5 |
| 2.4.1 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีทับซ้อนของแผ่นพลาสติก | 5 |
| 2.4.2 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการวางสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในเนื้อบัตร | 6 |
| 2.4.3 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการสร้างหน้าสัมผัสบนผิวของบัตร | 6 |
| 2.5 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| 2.5.1 มาตรฐาน ISO7810-ISO7811 และ ISO7813 | 7 |
| 2.5.2 มาตรฐาน ISO7816 | 7 |
| 2.6 ข้อกำหนดอีเอ็มวี | 8 |
| 2.6.1 ข้อกำหนดสำหรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในระบบการชำระเงิน | 8 |
| 2.6.2 ข้อกำหนดสำหรับเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในระบบการชำระเงิน | 9 |
| 2.6.3 ข้อกำหนดสำหรับการใช้งานบัตรสมาร์ทการ์ดในระบบการชำระเงิน | 9 |
| 2.7 รายละเอียดพื้นฐานของสมาร์ทการ์ด | 9 |
| 2.8 ชนิดของสมาร์ทการ์ด | 10 |
| 2.8.1 การ์ดหน่วยความจำ | 11 |
| 2.8.2 โปรเซสเซอร์การ์ดหรืออะซิงโครนัสการ์ด | 13 |
| 2.8.3 สมาร์ทการ์ดแบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป | 14 |
| 2.9 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ด | 17 |
| 2.10 การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า | 18 |
| 2.11 การรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด | 19 |
| 2.12 ส่วนประกอบของข้อมูล ATR | 21 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|---|
| 2.12.1 อินทิเชียลชาแรกเตอร์ | 21 |
| 2.12.2 ฟอร์แมทชาแรกเตอร์ | 22 |
| 2.12.3 อินเตอร์เฟสชาแรกเตอร์ | 22 |
| 2.12.4 ฮิสทอริคอลชาแรกเตอร์ | 27 |
| 2.12.5 ชาแรกเตอร์ตรวจสอบ | 27 |
| 2.13 การเลือกชนิดโปรโตคอลสำหรับติดต่อกับสมาร์ทการ์ด | 27 |
| 2.14 โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ทการ์ด | 31 |
| 2.15 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ด | 31 |
| 2.15.1 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Memory | 32 |
| 2.15.2 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Processor | 33 |
| 2.16 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ | 33 |
| 2.16.1 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิดหน้าสัมผัส | 34 |
| 2.16.2 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิด Contactless | 34 |
| 2.17 สมาร์ทการ์ดเบอร์ SLE4442 ของบริษัท SIEMENS | 34 |
| 2.17.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ SLE4442 | 34 |
| 2.17.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ด SLE4442 | 36 |
| 2.17.3 การรีเซตและการตอบกลับ | 36 |
| 2.17.4 การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง | 38 |
| 2.17.5 โหมดการอ่านข้อมูล | 42 |
| 2.17.6 โหมดดำเนินการ | 42 |
| 2.18 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 43 |
| 2.18.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ MCS-51 | 43 |
| 2.18.2 พอร์ตชนิดอนุกรมอยู่ภายใน | 47 |
| 2.19 การขับโมดูลแบบผลึกเหลว | 47 |
| 2.19.1 โครงสร้างโมดูลแบบผลึกเหลว | 47 |
| 2.19.2 การเชื่อมต่อโมดูลแบบผลึกเหลวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 49 |
| 2.19.3 ชุดคำสั่งของโมดูลแบบผลึกเหลว | 49 |
| 2.20 สายเมาส์และคีย์บอร์ด | 53 |
| บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง | 55 |
| 3.1 วิธีการออกแบบในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 55 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | |
|---|---|
| | หน้า |
| 3.1.1 วิธีการออกแบบเพื่อทดสอบการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 56 |
| 3.1.2 วิธีการออกแบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS232 | 58 |
| 3.1.3 วิธีการออกแบบเพื่อนำแอลซีดีมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 59 |
| 3.1.4 วิธีการออกแบบเพื่อนำคีย์เพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 61 |
| 3.2 วิธีการเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ดและอุปกรณ์เชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสกับสมาร์ทการ์ด | 62 |
| 3.2.1 การเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ด | 62 |
| 3.3 การออกแบบวงจรเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด | 63 |
| 3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดสำหรับการตรวจสอบจำนวนเงิน | 67 |
| 3.5 การเขียนโปรแกรมการเพิ่มจำนวนเงินให้แก่บัตรสมาร์ทการ์ด | 69 |
| 3.6 การเขียนโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดและแสดงผลทางจอแสงผลแบบผลึกเหลว | 70 |
| 3.7 การเขียนโปรแกรมการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด | 71 |
| 3.8 การเขียนโปรแกรมควบคุมการเปรียบเทียบรหัสผ่าน | 72 |
| 3.9 การเขียนโปรแกรมการหาเวลาในการใช้งานจากยอดเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ด | 74 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง | 76 |
| 4.1 วิธีการทดลองและผลการทดลองในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 76 |
| 4.1.1 วิธีการทดลองทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 76 |
| 4.1.2 วิธีการทดลองการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS232 | 77 |
| 4.1.3 วิธีการทดลองนำเอาแอลซีดีมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 79 |
| 4.1.4 วิธีการทดลองเพื่อนำคีย์เพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 80 |
| 4.2 บัตรที่นำมาใช้ทดลอง | 81 |
| 4.3 วิธีการทดลองกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ด | 82 |
| 4.3.1 การทดลองโปรแกรมติดต่อกับไฮเปอร์เทอร์มินอลขณะไม่มีการเสียบบัตร | 82 |
| 4.3.2 การทดลองติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดโดยการอ่านและเขียนข้อมูล | 83 |
| 4.3.3 การทดลองการติดต่อกับสมาร์ทการ์ด SLE4442 ที่ใช้งานไม่ได้ | 85 |
| 4.3.4 การทดลองทำการติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ไม่ใช่ SLE4442 | 86 |
| 4.4 ผลการวัดสัญญาณที่ตัวบัตรสมาร์ทการ์ด | 87 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.5 การทดลองการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ด 89

4.5.1 การเซ็ทค่าฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของวงจร 91

4.5.2 กรณีเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้งานได้ 92

4.5.3 กรณีบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้งานไม่ได้ 95

4.5.4 กรณีเป็นบัตรชนิดอื่นที่ไม่ใช่ บัตร SLE 4442 97

4.5.5 กรณีบัตรไม่มีเงิน 97

4.5.6 กรณีเป็นบัตรใหม่ 98

4.5.7 ขั้นตอนการเติมเงิน 100

4.5.8 กรณีจำนวนเงินใกล้จะหมด 103

4.6 การทดลองนำชิ้นงานต่อร่วมกับเมาส์ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ 104

4.7 การประกอบชิ้นงานลงกล่องและทำการทดสอบในขั้นตอนสุดท้าย 105

4.8 ผลการทดลองในส่วนของซอฟท์แวร์ 108

4.8.1 การทำงานของปุ่มกดต่างๆบนหน้าต่างโปรแกรมหลัก 110

4.8.2 ผลการทดลองเสียบบัตรเพื่อติดต่อกับส่วนซอฟท์แวร์ 111

4.8.3 ผลการทดลองในส่วนของข้อมูลการเติมเงิน 112

4.8.4 ผลการทดลองในส่วนของการบันทึกเวลาใช้งานของสมาชิก 113

4.8.5 ผลการทดลองการเพิ่มข้อมูลของสมาชิกใหม่ 114

บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์ 115

5.1 บทสรุป 115

5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 การประกอบสมาร์ทการ์ดโมดูลด้วยวิธีการทับซ้อนของชั้นพลาสติก | 5 |
| รูปที่ 2.2 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการวางสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในเนื้อบัตร | 6 |
| รูปที่ 2.3 การสร้างสมาร์ทการ์ดโดยวิธีการสร้างหน้าสัมผัสบนผิวของบัตร | 7 |
| รูปที่ 2.4 การแบ่งสมาร์ทการ์ดตามชนิดของหน่วยความจำ และประเภทของหน้าสัมผัส | 11 |
| รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ | 12 |
| รูปที่ 2.6 ตัวอย่างหน่วยความจำของการ์ดหน่วยความจำชนิด PIN Protect | 13 |
| รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์การ์ด | 14 |
| รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ต้องใช้หน้าสัมผัสของชิป | 15 |
| รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Contactless แบบ Com-Bi card | 16 |
| รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ใช้หน้าสัมผัสแบบใช้หน่วยความจำแยกกัน | 16 |
| รูปที่ 2.11 ตัวอย่างรูปแบบสัญญาณของการสื่อสารแบบซิงเกิลบัสแบบ Direct convention และConverse Convention | 18 |
| รูปที่ 2.12 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลกับสมาร์ทการ์ด | 19 |
| รูปที่ 2.13 ไทม์มิ่งไดอะแกรมการรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด | 20 |
| รูปที่ 2.14 ข้อมูล Initial character ในรูปแบบของ Direct convention และ Converse convention | 21 |
| รูปที่ 2.15 ขั้นตอนตรวจสอบการเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ด | 28 |
| รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ด | 29 |
| รูปที่ 2.17 โครงสร้างข้อมูล PTS | 29 |
| รูปที่ 2.18 รายละเอียดของการสื่อสารแบบซิงโครนัส และ อะซิงโครนัสในสมาร์ทการ์ด | 31 |
| รูปที่ 2.19 ตัวอย่างวงจรสำหรับติดต่อกับชิปสมาร์ทการ์ด | 31 |
| รูปที่ 2.20 ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อกับชิปสมาร์ทการ์ดด้วยวงจรลอจิก | 32 |
| รูปที่ 2.21 ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ | 33 |
| รูปที่ 2.22 ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์ | 33 |
| รูปที่ 2.23 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442 | 35 |
| รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card | 36 |
| รูปที่ 2.25 รูปสัญญาณของการรีเซตและการตอบกลับ ATR | 37 |
| รูปที่ 2.26 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442 | 37 |
| รูปที่ 2.27รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด | 39 |
| รูปที่ 2.28 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Main Memory | 39 |
| รูปที่ 2.29 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Protection Memory | 39 |
| รูปที่ 2.30 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ | 40 |
| รูปที่ 2.31 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory การลบข้อมูลหรือเขียนข้อมูล | 40 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า


รูปที่ 2.32 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Security Memory 41

รูปที่ 2.33 รูปสัญญาณของคำสั่ง Compare Verification Data 41

รูปที่ 2.34 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล 42

รูปที่ 2.35 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ 42

รูปที่ 2.36 กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC 43

รูปที่ 2.37 แสดงโครงสร้างภายในของ 8051 44

รูปที่ 2.38 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 45

รูปที่ 2.39 แสดงลักษณะของตัว LCD Module 48

รูปที่ 2.40 หัวต่อแบบ PS/2 54

รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 55

รูปที่ 3.2 การต่อวงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์ 56

รูปที่ 3.3 แผนผังทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์ 57

รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ทอนุกรม RS232 58

รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม RS232 59

รูปที่ 3.6 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับแอลซีดี โมดูล 59

รูปที่ 3.7 แผนผังของโปรแกรมการทำงานของแอลซีดีโมดูล 60

รูปที่ 3.8 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับคีย์แพด 61

รูปที่ 3.9 แผนผังของการทำงานโปรแกรมการเชื่อมต่อกับคีย์แพด 61

รูปที่ 3.10 ลักษณะบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิป SLE4442 บรรจุอยู่ 62

รูปที่ 3.11 การออกแบบวงจรรวมของโครงงานนี้ 63

รูปที่ 3.12 ลายวงจรเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 65

รูปที่ 3.13 ด้านใส่อุปกรณ์ของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด 65

รูปที่ 3.14 ลายวงจรและด้านใส่อุปกรณ์ของตัวซ็อกเก็ตบัตรสมาร์ทการ์ด 66

รูปที่ 3.15 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ด สำหรับการตรวจสอบจำนวนเงิน 67

รูปที่ 3.16 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการเพิ่มจำนวนเงินในบัตรสมาร์ทการ์ด 69

รูปที่ 3.17 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ด และแสดงผลทางจอแสดงผลแบบผลึกเหลว 70

รูปที่ 3.18 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด 71

รูปที่ 3.19 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการเปรียบเทียบรหัสผ่าน 72

รูปที่ 3.20 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการหาค่าเวลาที่คิดจากยอดเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ด 74



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่4.1 ผลการทดลองป้อนค่า 01100110 ออกเอาท์พุตพอร์ท 0 76

รูปที่ 4.2 ผลการทดลองป้อน 01010000 ออกเอาท์พุตพอร์ท 1 77

รูปที่ 4.3 ผลการทดลองป้อน 000001000 ออกเอาท์พุตพอร์ท 2 77

รูปที่ 4.4 หน้าต่างโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลเมื่อเปิดขึ้นมาใช้งานครั้งแรก 78

รูปที่ 4.5 หน้าต่างการกำหนดโหมดการทำงานให้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล 78

รูปที่ 4.6 แสดงผลหน้าจอของโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล 79

รูปที่ 4.7 ผลการทดลองการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดีโมดูล 79

รูปที่ 4.8 ผลการทดลองการนำคีย์แพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 80

รูปที่ 4.9 ผลจากการค้างสภาวะหลังจากกดปุ่มที่แป้นคีย์แพด 80

รูปที่ 4.10 บัตรที่นำมาใช้ทดลอง 81

รูปที่ 4.11 หน้าสัมผัสสมาร์ทการ์ด 81

รูปที่ 4.12 แสดงผลการทดลองการติดต่อกับไฮเปอร์เทอร์มินอลขณะไม่มีการเสียบบัตร 82

รูปที่ 4.13 แสดงการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 83

รูปที่ 4.14 แสดงการเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 84

รูปที่ 4.15 แสดงการอ่านข้อมูลจาก SLE4442บัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 ใช้งานไม่ได้ 85

รูปที่ 4.16 แสดงการเขียนข้อมูลลงใน SLE4442บัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 ที่ใช้งานไม่ได้ 85

รูปที่ 4.17 แสดงผลการติดต่อกับสมาร์ทการ์ดที่ไม่ใช่ SLE4442 86

รูปที่ 4.18 รูปสัญญาณของการรีเซตตัวสมาร์ทการ์ดโดยวัดสัญญาณที่ขา RST เทียบกับขา CLK 87

รูปที่ 4.19 รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังสมาร์ทการ์ดโดยวัดสัญญาณที่ขา IO เทียบกับขา CLK 88

รูปที่ 4.20 รูปสัญญาณของการสิ้นสุดการอ่านค่าจากสมาร์ทการ์ดโดยวัดสัญญาณที่ขา IO เทียบกับขา CLK 88

รูปที่ 4.21 ชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้วนำมาต่อใช้งานร่วมกัน 89

รูปที่ 4.22 การทดสอบต่อไฟให้ชิ้นงาน 90

รูปที่ 4.23 รูปแสดงดิพสวิทช์แสดงฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ 91

รูปที่ 4.24 รูปแสดงเมื่อทำการเสียบบัตร 92

รูปที่ 4.25 เมื่อกดรหัสผ่าน 93

รูปที่ 4.26 แสดงหน้าจอเมื่อกดรหัสผ่าน 93

รูปที่ 4.27 แสดงผลของจำนวนเงินที่คงเหลือและเวลา 94

รูปที่ 4.28 แสดงผลของจำนวนเงินที่คงเหลือและเวลา 95

รูปที่ 4.29 แสดงผลกรณีทำการเสียบบัตรที่ใช้งานไม่ได้ 95

รูปที่ 4.30 แสดงการเสียบบัตรเสีย 96

รูปที่ 4.31 แสดงข้อความหน้าจอกรณีเสียบบัตรเสีย 96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.32 แสดงผลกรณีไม่ใช่บัตร SLE 4442 97

รูปที่ 4.33 แสดงผลกรณีบัตรไม่มีเงิน 98

รูปที่ 4.34 แสดงกรณีเสียบบัตรที่ยังไม่ได้ลงทะเบียน 98

รูปที่ 4.35 การกำหนดรหัสผ่านให้กับบัตรใหม่ 99

รูปที่ 4.36 เมื่อทำการกำหนดรหัสผ่านเสร็จเรียบร้อย 100

รูปที่ 4.37 แสดงข้อความให้ทำการกดจำนวนเงิน 101

รูปที่ 4.38 เมื่อทำการกดจำนวนเงิน 101

รูปที่ 4.39 เมื่อทำการเติมเงินเรียบร้อย 102

รูปที่ 4.40 เมื่อนำบัตรใหม่ที่ลงทะเบียนเรียบร้อยมาใช้งาน 102

รูปที่ 4.41 กรณีจำนวนเงินใกล้จะหมด 103

รูปที่ 4.42 การนำชิ้นงานต่อร่วมกับเมาส์ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ 104

รูปที่ 4.43 แสดงการตัดต่อเมาส์ กับคีย์บอร์ดโดยรีเลย์ 104

รูปที่ 4.44 นำชิ้นงานมาประกอบลงกล่องและทำการทดสอบ 105

รูปที่ 4.45 ชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้วและทำการทดสอบ 106

รูปที่ 4.46 เมื่อประกอบชิ้นงานลงกล่องเรียบร้อยแล้ว 106

รูปที่ 4.47 ด้านเสียบบัตรของชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้ว 107

รูปที่ 4.48 อีกด้านหนึ่งของชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้ว 107

รูปที่ 4.49 แสดงตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสมาชิกในร้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ 108

รูปที่ 4.50 แสดงตารางที่ใช้เก็บวันที่ เวลา จำนวนเงิน ของการเติมเงินของสมาชิก 108

รูปที่ 4.51 แสดงตารางที่ใช้เก็บค่าวันที่ เวลาเล่นและเวลาที่เลิกเล่นอินเตอร์เน็ตของสมาชิก 109

รูปที่ 4.52 แสดงหน้าต่างของซอฟท์แวร์ที่ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมเดลไฟล์ 110

รูปที่ 4.53 แสดงหน้าต่างของการเซ็ทพอร์ททีปุ่มของตัวซอฟท์แวร์ 111

รูปที่ 4.54 แสดงข้อมูลของเจ้าของบัตรสมาร์ทการ์ดที่ได้ทำการเสียบบัตร 112

รูปที่ 4.55 หน้าต่างแสดงข้อมูลการเติมเงินของเจ้าของบัตร 113

รูปที่ 4.56 หน้าต่างแสดงวันที่ เวลาเล่นและเวลาเลิกเล่นอินเตอร์เน็ต 113

รูปที่ 4.57 แสดงหน้าต่างที่ใช้กรอกข้อมูล 114

รูปที่ 4.58 แสดงข้อมูลของสมาชิกที่เรียกดู 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 2.1 แสดงความหมายของฟอร์แมทชาแรกเตอร์ | 22 |
| ตารางที่ 2.2 อัตราหารความถี่สัญญาณนาฬิกา | 22 |
| ตารางที่ 2.3 Adjustment factor | 23 |
| ตารางที่ 2.4 รูปแบบข้อมูล TB1 | 23 |
| ตารางที่ 2.5 รูปแบบข้อมูล TC1 | 24 |
| ตารางที่ 2.6 รูปแบบของข้อมูล TDi | 24 |
| ตารางที่ 2.7 รูปแบบของข้อมูล TA2 | 25 |
| ตารางที่ 2.8 รูปแบบของข้อมูล TB2 | 25 |
| ตารางที่ 2.9 รูปแบบของข้อมูล TC2 | 26 |
| ตารางที่ 2.10 รูปแบบของข้อมูล Tai เมื่อ i > 2 | 26 |
| ตารางที่ 2.11.รูปแบบของข้อมูล TBi เมื่อ i > 2 | 26 |
| ตารางที่ 2.12 รูปแบบของข้อมูล TCi เมื่อ i > 2 | 27 |
| ตารางที่ 2.13 รูปแบบของข้อมูล PTS0 | 30 |
| ตารางที่ 2.14 รูปแบบของข้อมูล PTS1 | 30 |
| ตารางที่ 2.15 รูปแบบข้อมูล PTS2 | 30 |
| ตารางที่ 2.16 โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ | 38 |
| ตารางที่ 2.17 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต 3 | 46 |
| ตารางที่ 2.18 แสดงชุดคำสั่งและเวลาที่ LCD Module ใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง | 49 |
| ตารางที่ 2.19 แสดงคำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล | 50 |
| ตารางที่ 2.20 แสดงคำสั่ง CURSOR AT HOME | 50 |
| ตารางที่ 2.21 แสดงคำสั่งโหมดในการป้อนข้อมูล | 50 |
| ตารางที่ 2.22 แสดงคำสั่งควบคุมการแสดงผล | 51 |
| ตารางที่ 2.23 แสดงคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร | 51 |
| ตารางที่ 2.24 แสดงคำสั่งการกำหนดฟังก์ชันการทำงาน | 52 |
| ตารางที่ 2.25 แสดงคำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM | 52 |
| ตารางที่ 2.26 แสดงคำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM | 53 |
| ตารางที่ 2.27 แสดงคำสั่งอ่านแฟลก BUSY และ Address | 53 |
| ตารางที่ 2.28 แสดงรายละเอียดขาของเมาส์แบบ PS/2 | 53 |
| ตารางที่ 2.29 แสดงรายละเอียดขาของคีย์บอร์ดแบบ PS/2 | 54 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

หากพูดถึงอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าตามห้างสรรพสินค้าหรือสถานที่อื่นๆ ต่างก็มีวิธีให้บริการเหมือนกัน คือใช้การหยอดเหรียญหรือใช้พนักงานคอยดูแลเก็บค่าใช้บริการ ซึ่งแน่นอนว่าบางทีเราอาจพบกับปัญหาไม่มีเหรียญหรือมีเหรียญไม่พอ ไม่มีที่แลกเหรียญ ช่องรับเหรียญเต็ม หรือผู้ประกอบธุรกิจเองอาจจะพบกับปัญหาเกี่ยวกับพนักงานที่คอยดูแล เช่น อาจทุจริตยักยอกเงินหรือ อาจไม่มีเวลาในการคอยควบคุมดูแลเก็บค่าบริการ เป็นต้น ปัญหาเหล่านี้ส่วนหนึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวกแก่ผู้ใช้บริการหรือลูกค้า ในขณะเดียวกันก็อาจทำลายโอกาสในการทำธุรกิจของผู้ประกอบการ ไปด้วย ประเด็นที่กล่าวมาเหล่านี้จึงทำให้มีแนวคิดที่จะทำโครงงานเกี่ยวกับบัตรสมาร์ทการ์ดขึ้นมา

ซึ่งโครงงานนี้คิดขึ้นมาเพื่อให้สามารถใช้บัตรสมาร์ทการ์ดแทนเงินสดหรือเหรียญที่จะนำไปหยอดหรือเสียค่าบริการในการใช้บริการอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ตามสถานที่ต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ นอกจากนี้บัตรสมาร์ทการ์ดยังมีประโยชน์ในด้านความปลอดภัยของการเก็บข้อมูล มีความทนทานสูงและมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน

## 1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

สร้างเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดที่ควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้สามารถควบคุมการใช้บริการอินเตอร์เน็ตโดยการหักค่าเงินจากบัตรสมาร์ทการ์ด สามารถเพิ่ม-ลดค่าเงินในบัตรสมาร์ทการ์ดได้และมีพาสเวิร์ดป้องกันผู้ไม่พึงประสงค์นำไปใช้งาน โดยแสดงผลผ่านจอแอลซีดีโมดูล (LCD Module)

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

1. เข้าใจถึงโครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้
3. เข้าใจโครงสร้างและการทำงานของบัตรสมาร์ทการ์ดอันเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในอนาคตและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้
4. เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดเก็บค่าบริการอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ อีกทั้งยังสามารถที่จะพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆได้ต่อไป

## 1.4 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของบัตรสมาร์ทการ์ด
2. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมออกแบบและสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด โดยแบ่งการทดลองออกเป็นย่อยๆดังนี้

- ทดลองเชื่อมต่อกับพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ทดลองเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผลแอลซีดี โมดูล (LCD Module)
- ทดลองเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคีย์แพด (Key pad)
- ทดลองเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรม RS232
- ทดลองเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำของบัตรสมาร์ทการ์ด
- สร้างเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดพร้อมทดสอบการทำงานของเครื่อง

3. เขียนโปรแกรมประยุกต์และพัฒนาเพื่อให้บัตรสมาร์ทการ์ดมีพาสเวิร์ดป้องกันการใช้งานและสามารถเพิ่ม-ลดค่าเงินได้

4. เขียนโปรแกรมเพื่อให้บัตรสมาร์ทการ์ดสามารถควบคุมการใช้งานกับคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2
## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 สมาร์ทการ์ดคืออะไร

สมาร์ทการ์ดคือบัตรพลาสติกที่มีชิปไอซี (Integrated circuit) ติดหรือฝังอยู่ในตัวบัตรพลาสติกตามมาตรฐาน ISO (International Standard Organization) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและประมวลผลภายในตัวเองโดยวิธีการเข้ารหัสตามมาตรฐาน DSE Algorithm (Data Encryption Standard) เพื่อให้ระบบมีระดับความปลอดภัยสูงขึ้น ด้วยคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้สมาร์ทการ์ดมีความแตกต่างจากบัตรพลาสติกทั่วไปก็คือ ขณะทำรายการ (Transaction) สมาร์ทการ์ดสามารถทำงานได้ด้วยตัวของมันเองโดยไม่ต้องอาศัยติดต่อสื่อสารกับระบบหลัก (Font End) นั้นก็คือบัตรสมาร์ทการ์ดไม่จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารกับศูนย์กลางข้อมูลเหมือนกับบัตรแถบแม่เหล็ก (Off-line) ทำให้ประหยัดในเรื่องระบบสื่อสารไปได้มาก

ในการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูล สมาร์ทการ์ดสามารถทำได้อย่างรวดเร็วกว่าสื่อสำหรับจัดเก็บข้อมูลชนิดอื่นๆ ด้วยขนาดที่เท่ากับบัตรแถบแม่เหล็กทำให้สะดวกในการจัดเก็บและพกพา นอกจากนี้สมาร์ทการ์ดยังมีคุณสมบัติด้านความทนทานที่น่าทึ่งไม่ว่าจะเป็นรังสีชนิดต่างๆ (ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์) สนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต ความชื้น ความร้อน การบิดงอฯลฯ ก็ไม่สามารถทำให้บัตรสมาร์ทการ์ดเสียหายได้โดยง่าย จึงทำให้สมาร์ทการ์ดเทียบเท่าบัตรในทางอุดมคติเลยทีเดียว ในต่างประเทศก็ได้มีการใช้งานสมาร์ทการ์ดกันอย่างแพร่หลาย จนเป็นไปได้ว่าสมาร์ทการ์ดกำลังเป็นบัตรชนิดใหม่ที่จะเข้ามาแทนที่บัตรแถบแม่เหล็กที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

### 2.2 ประวัติความเป็นมาของสมาร์ทการ์ด

สมาร์ทการ์ดปรากฏขึ้นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน ในปี 1968 โดยชาวเยอรมัน (Jurgen Dethloff และ Helmut Grotupp) เป็นผู้คิดค้น แต่ผู้ที่ได้มาซึ่งสิทธิบัตรกลับเป็นชาวญี่ปุ่น (Kunitaka Arimura) ในปี 1970 และมีการจดสิทธิบัตรในชื่อของสมาร์ทการ์ดโดยชาวฝรั่งเศส (Roland Moreno) ในปี 1974 ในระยะแรกนั้นสมาร์ทการ์ดยังทำงานได้ไม่สมบูรณ์นัก เพราะสมาร์ทการ์ดรุ่นแรกๆ ยังมีปัญหาทางเทคนิคเล็กๆน้อยๆ แม้ว่าสมาร์ทการ์ดจะถือกำเนิดในยุโรป แต่ในระยะแรกสมาร์ทการ์ดกลับไม่ค่อยได้รับความสนใจเท่าที่ควร จนกระทั่งปี 1984 บริษัท French PTS (Postal and Telecommunications Services) ได้นำสมาร์ทการ์ดมาใช้งานเป็นบัตรโทรศัพท์ เพื่อป้องกันการโกงค่าโทรศัพท์ ในครั้งนั้นโครงการเป็นโครงการนำร่องโดยมีการนำบัตรแถบแม่เหล็ก บัตรแถบแสง(Optical Storage) และสมาร์ทการ์ดมาทำการทดลองใช้งานเปรียบเทียบกัน ซึ่งแน่นอนว่าสมาร์ทการ์ดได้พิสูจน์ให้เห็นคุณลักษณะที่เหนือกว่าบัตรชนิดอื่น ทั้งในเรื่องของความทนทาน ความปลอดภัย ความสวยงาม เป็นผลให้สมาร์ทการ์ดในรูปของบัตรโทรศัพท์มีการนำไปใช้ถึง 60 ล้านใบ(เฉพาะประเทศฝรั่งเศส) และตอกย้ำความสำเร็จอีกกว่า 100 ล้านใบจาก 50 ประเทศทั่วโลกในปี 1997 กระนั้นสมาร์ทการ์ดก็ยังเป็นเพียงบัตรโทรศัพท์ การนำสมาร์ทการ์ดมาใช้ทางด้านการเงินการธนาคารกลับเป็นไปอย่างเชื่องช้า เนื่องจากบัตรที่เกี่ยวข้องกับระบบการเงินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธนาคารมีความยุ่งยากมากกว่าบัตรโทรศัพท์

และในปี 1960 เทคโนโลยีการประมวลผลเพื่อเข้ารหัสข้อมูลของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มีความพร้อมมากขึ้น จึงมีการนำมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลในสมาร์ทการ์ด ซึ่งแต่เดิมนั้นการเข้ารหัสจะมีการใช้งานเฉพาะในหน่วยงานทหาร หรือหน่วยงานราชการลับเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ทำให้สมาร์ทการ์ดสามารถทำการเข้า-ถอดรหัสข้อมูลได้ด้วยตัวมันเอง ทำให้การใช้สมาร์ทการ์ดมีความปลอดภัยสูงขึ้นจนสามารถนำมาใช้เป็นบัตรเครดิต หรือบัตรเงินสดได้อย่างสมบูรณ์แบบ

ในปี 1984 ธนาคารในฝรั่งเศสได้นำสมาร์ทการ์ดมาใช้เป็นบัตรเครดิตเป็นครั้งแรก ในระยะแรกนั้นต้องประสบกับปัญหามากมาย เกี่ยวกับการเข้ากันได้ของบัตรต่างธนาคาร ซึ่งต้องใช้เวลาถึง 10 ปีที่จะทำให้เข้ากันได้ทั้งหมดเป็นเหตุให้มีการรวมกันของ Europay VISA และ MASTER เพื่อกำหนดมาตรฐานแก่เครดิตการ์ด ในรูปของสมาร์ทการ์ดให้มีมาตรฐานเดียวกันทุกธนาคารในชื่อของมาตรฐาน EMV (Europay MASTER VISA) โดยอ้างอิงกับมาตรฐาน ISO7816 เป็นหลัก ทำให้มีผู้ที่ต้องการพัฒนาแอพพลิเคชั่นเครดิตหรือเดบิตบนสมาร์ทการ์ดต้องทำตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EMV เท่านั้น

## 2.3 ส่วนประกอบและโครงสร้างของสมาร์ทการ์ด

### 2.3.1 ตัวบัตรพลาสติก

สมาร์ทการ์ดเป็นชิปไอซีขนาดเล็กที่ถูกสร้างขึ้นมาเช่นเดียวกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ นำมาติดลงบนหน้าสัมผัส และทำการฝังลงในเนื้อบัตรพลาสติก ซึ่งพลาสติกที่นิยมนำมาทำเป็นตัวบัตรจะใช้พลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ PVC (Polyvinyl Cholotide) ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) PC (Polycabonate) และ PET (Polyethylene Terephthalate) ในประเทศไทยจะใช้บัตรพลาสติก PVC มากเป็นอันดับหนึ่ง ส่วนอันดับสองเป็นบัตรพลาสติกชนิด ABS ซึ่งบัตรพลาสติกชนิด PVC มักนำมาใช้เป็นบัตรเอทีเอ็ม บัตรเครดิต-เดบิต บัตรประจำตัวประชาชน ฯลฯ ส่วนบัตรพลาสติกชนิด ABS ไม่ค่อยพบว่าใช้งานกันมากนักเนื่องจากราคาสูงกว่า และลายที่พิมพ์ลงบนบัตรไม่สวยงามคงทนเท่าบัตรพลาสติกชนิด PVC จะพบก็เพียงบัตรพลาสติกเนื้อผสมโดยใช้พลาสติกชนิด ABS เป็นแกนและฉาบผิวด้วยพลาสติกชนิด PVC แต่ความทนทานของตัวบัตรจะสู้บัตรพลาสติกเนื้อ PVC ล้วนไม่ได้

สำหรับบัตรพลาสติกอีก 2 ชนิดที่เหลือ ยังไม่พบว่ามีการใช้งานในประเทศไทย อาจเนื่องมาจากราคาที่สูงเกินไปของวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นตัวบัตร และคุณสมบัติของวัสดุที่ด้อยกว่าพลาสติกชนิด PVC แต่ข้อเสียที่สำคัญของพลาสติกชนิด PVC ก็ไม่ด้อยไปกว่าข้อดีของมัน นั่นก็คือมันไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ซึ่งเท่ากับเป็นขยะสำหรับสิ่งแวดล้อมเลยทีเดียว

### 2.3.2 หน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ด (Smart card Module)

สมาร์ทการ์ดโมดูล หรือหน้าสัมผัสและชิปสมาร์ทการ์ด คือส่วนที่แสดงความเป็นตัวตนของสมาร์ทการ์ดที่ชัดเจนที่สุด สมาร์ทการ์ดบางชนิดเมื่อหยิบขึ้นมาเราอาจไม่ทราบได้เลยว่ามันคือ สมาร์ทการ์ดที่มีการฝังชิปไว้ในเนื้อบัตรดังนั้นการที่จะระบุว่าบัตรใบใดเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดนั้นต้องดูที่หลักการทำงานและลูกเล่นของบัตรเป็นหลักซึ่งต้องใช้ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับบัตรสมาร์ทการ์ดพอสมควร แต่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่นี้จะขอแนะนำให้เห็นภาพลักษณ์ที่ชัดเจนของสมาร์ทการ์ดเป็นหลัก ซึ่งก็คือส่วนของสมาร์ทการ์ดโมดูลนั้นเอง

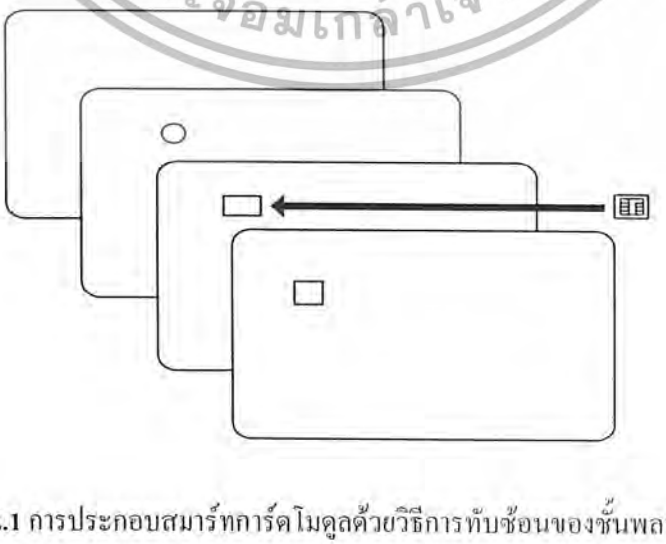
ในการผลิตสมาร์ทการ์ดโมดูล ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ดประกอบด้วยโลหะหลายชิ้นประกอบกัน แต่ละส่วนจะถูกยึดด้วยแถบฟิล์มบางๆ ทางด้านหลังของหน้าสัมผัสเพื่อให้คงรูปอยู่ได้ แถบฟิล์มตัวนี้จะมีการเจาะช่องเล็ก ๆ สำหรับการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณกับชิปสมาร์ทการ์ดกับหน้าสัมผัสหลังจากที่วางชิปสมาร์ทการ์ดลงในตำแหน่งที่ต้องการและเชื่อมต่อสายนำสัญญาณจากชิปสมาร์ทการ์ดเข้ากับหน้าสัมผัสเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการผนึกชิปสมาร์ทการ์ดเพื่อป้องกันตัวชิปและสายนำสัญญาณต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมภายนอก (เป็นการทดสอบเบื้องต้น) ส่วนขั้นตอนที่เหลือจะเป็นการนำหน้าสัมผัสและชิปใส่ลงในบัตรพลาสติก และทดสอบการทำงานของชิปขั้นสุดท้าย

**2.4 การประกอบสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในบัตรพลาสติก**

การประกอบสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในบัตรนั้นมีหลายวิธีด้วยกันตามแต่ชนิดของสมาร์ทการ์ดโมดูล และการเตรียมบัตรพลาสติก ซึ่งการเตรียมบัตรพลาสติกจะนำมาใส่สมาร์ทการ์ดโมดูลมีด้วยกันสองแบบคือ บัตรพลาสติกที่ถูกขุดหลุมบนบัตร และบัตรพลาสติกที่เกิดจากการทับซ้อนของชั้นพลาสติกที่เจาะช่องมาแล้ว โดยสมาร์ทการ์ดโมดูลจะใช้บัตรพลาสติกที่มีการเตรียมการแล้วดังนี้

**2.4.1 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีทับซ้อนของแผ่นพลาสติก (TAB-Tape automated bonding)**

สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เกิดจากการทับซ้อนของชั้นพลาสติกตั้งแต่ 3ชั้นขึ้นไป โดยแต่ละชั้นจะมีการเจาะช่องตามขนาดหน้าสัมผัส และชิปสมาร์ทการ์ดไว้อยู่แล้ว ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสและชิปจะถูกแทรกอยู่ในชั้นในของพลาสติก เมื่อวางซ้อนกันเรียบร้อยแล้วก็จะทำการอัดแต่ละชั้นด้วยความร้อน เมื่อความร้อนถึงที่จุดที่ทำให้พลาสติกแต่ละชั้นประสานตัวเอง ก็จะนำมาตัดแต่งขอบบัตรและทำการทดสอบการทำงานของชิปเป็นขั้นตอนสุดท้าย

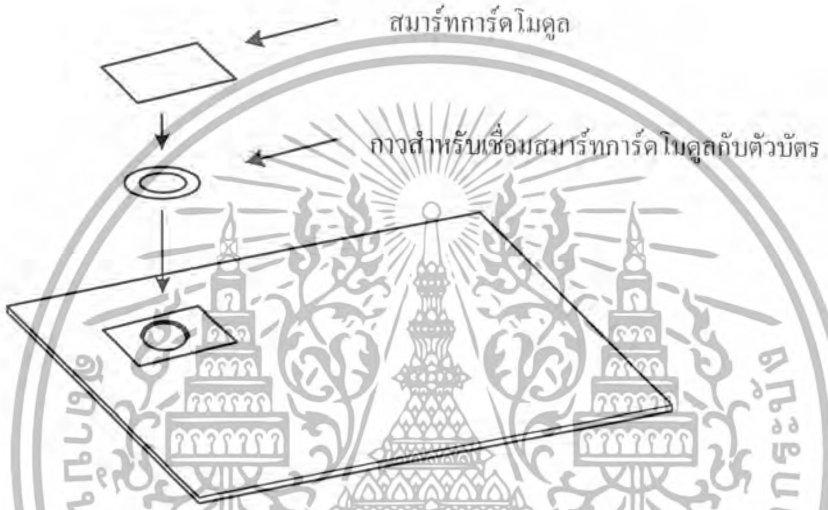


**รูปที่ 2.1** การประกอบสมาร์ทการ์ดโมดูลด้วยวิธีการทับซ้อนของชั้นพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.2 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการวางสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในเนื้อบัตร (Chip-On-Flex)**

สมาร์ทการ์ดโมดูลที่จะนำมาใส่ลงในบัตรพลาสติก ผู้ผลิตจะทำการตัดตามขนาดของหลุมบนบัตรพลาสติกที่ขุดรอไว้แล้วด้วยเครื่องจักร ทำการเชื่อมด้วยกาว และอบด้วยความร้อนเพื่อให้สมาร์ทการ์ดโมดูลติดสนิทกับเนื้อพลาสติก จากนั้นจึงทำการทดสอบการทำงานของชิปเป็นขั้นตอนสุดท้าย การใส่หน้าสัมผัส และชิปสมาร์ทการ์ดด้วยกาวนี้เป็นวิธีที่นิยมทำกันมากที่สุด เพราะผู้ผลิตสามารถประหยัดต้นทุนในการผลิตได้มาก เนื่องจากวิธีการนี้เสียค่าใช้จ่ายในการผลิตน้อยที่สุด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของแรงงาน ความรวดเร็วในการผลิตและเปอร์เซ็นต์สินค้าชำรุดต่ำในคุณภาพของสมาร์ทการ์ดที่ยังพอยอมรับได้




**รูปที่ 2.2** การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการวางสมาร์ทการ์ดโมดูลลงในเนื้อบัตร

**2.4.3 การสร้างสมาร์ทการ์ดด้วยวิธีการสร้างหน้าสัมผัสบนผิวของบัตร (Chip-On-Surface)**

สมาร์ทการ์ดโมดูลชนิดติดบนผิวของบัตร ผลิตโดยการใช้แสงเลเซอร์ทำการขุดหลุมบนบัตรพลาสติกขนาดเท่ากับตัวชิปสมาร์ทการ์ด วางชิปสมาร์ทการ์ดลงในตำแหน่งที่กำหนด สร้างหน้าสัมผัสและเชื่อมสายสัญญาณกับชิปสมาร์ทการ์ดด้วยหมึกนำไฟฟ้า สุดท้ายพิมพ์ทับส่วนที่เป็นภายในโดยปล่อยส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสที่สร้างจากหมึกนำไฟฟ้าไว้เท่านั้น สมาร์ทการ์ดชนิดนี้ไม่ค่อยมีให้เห็นมากนัก เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่สูงกว่าหน้าสัมผัสแบบอื่น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย อีกทั้งความทนทานก็ยังน้อยกว่าสมาร์ทการ์ดโมดูลชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 2.3** การสร้างสมาร์ทการ์ดโดยวิธีการสร้างหน้าสัมผัสบนผิวของบัตร

**2.5 มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง**

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ทการ์ดมีด้วยกันหลายมาตรฐาน มาตรฐานหลายๆ ตัวมีเนื้อหาที่ซ้ำซ้อนกันเป็นผลให้สมาร์ทการ์ดเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยาก ถึงฉะนั้นการพัฒนาระบบเพื่อใช้งานร่วมกับสมาร์ทการ์ดก็ยังต้องยึดถือตามมาตรฐานเหล่านั้น มาตรฐานที่นำมาใช้กับสมาร์ทการ์ดนี้จะมีทั้งมาตรฐานที่มีอยู่แต่เดิมก่อนที่จะมีสมาร์ทการ์ด และมาตรฐานที่กำหนดขึ้นสำหรับสมาร์ทการ์ด โดยเฉพาะซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐานบัตรพลาสติกและบัตรแถบแม่เหล็กที่มีอยู่แล้ว

**2.5.1 มาตรฐาน ISO7810-ISO7811 และ ISO7813**

ก่อนที่จะเข้าถึงเรื่องสมาร์ทการ์ดคงต้องกล่าวถึงมาตรฐานอีกตัวหนึ่งซึ่งมีความสำคัญพอๆ กับมาตรฐานของสมาร์ทการ์ดนั้นก็คือมาตรฐานของบัตรพลาสติก และบัตรแถบแม่เหล็ก(บัตรเครดิต) นั้นก็คือมาตรฐาน ISO7810 และมาตรฐาน ISO7813

ISO7810 : มาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของบัตรพลาสติก
ISO7811-1 : มาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของตัวอักษรนูนบนบัตร
ISO7811-2 : มาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของแถบแม่เหล็กบนบัตร
ISO7811-3 : มาตรฐานที่กำหนดตำแหน่งของการพิมพ์ตัวอักษรนูนบนบัตร
ISO7811-4 : มาตรฐานที่กำหนดตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลแทร็ก 1 และ 2
ISO7811-5 : มาตรฐานที่กำหนดตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลแทร็ก 3
ISO7811-6 : มาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของแถบแม่เหล็กแบบความหนาแน่นสูงบนบัตร
ISO7813 : มาตรฐานที่กำหนดด้านการเงินการธนาคาร

**2.5.2 มาตรฐาน ISO7816**

เพื่อให้เกิดความเข้ากันได้ของสมาร์ทการ์ด จึงมีการกำหนดมาตรฐานของสมาร์ทการ์ดในชื่อของ ISO7816 เป็นการกำหนดในเรื่องของคุณลักษณะของบัตรพลาสติกที่จะนำมาทำเป็นสมาร์ทการ์ด โดยมาตรฐาน ISO7816 มีหัวข้อย่อยโดยแบ่งเป็น ISO7816-1, ISO7816-2, ISO7816-3, และปัจจุบันมีถึง ISO7816-6 ซึ่งมีข้อกำหนดเกี่ยวกับเรื่องของสมาร์ทการ์ดมากมายเกินกว่าจะจดจำได้ทั้งหมดดังนั้นจึงขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นเพียงคร่าวๆ เบื้องต้นดังนี้

ISO7816-1: มาตรฐานที่กำหนดด้วยเรื่องของคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของสมาร์ทการ์ด ประกอบด้วย

- ความทนทานต่อแสงและรังสีชนิดต่างๆ
- ขนาดความหนาของชิปสมาร์ทการ์ด
- ความทนทานต่อแรงกดของหน้าสัมผัส (ทนทานต่อแรงกด 1.5 นิวตันได้โดยไม่เสียหาย)
- ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (ไม่เกิน 0.5 โอห์ม ที่กระแส 0.5 ไมโครแอมป์ -300มิลลิแอมป์)
- ความทนทานต่อสนามแม่เหล็ก
- ความทนทานต่อไฟฟ้าสถิต 1500 โวลต์ ประจุ 100 ฟิโกฟารัด ที่ 1500 โอห์ม
- ความทนทานต่อการบิดงอ เป็นจำนวน 30 ครั้งต่อนาทีโดยบัตรและชิปต้องไม่เกิดการเสียหาย

**2.6 ข้อกำหนดอีเอ็มวี (EMV : Europay,MASTER,VISA)**

ข้อกำหนดอีเอ็มวีเป็นข้อกำหนดที่ใช้ระบุข้อกำหนดขั้นต่ำของสมาร์ทการ์ด และเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ดซึ่งเป็นการร่วมกันระหว่าง Europay มาสเตอร์ และวีซ่าในการกำหนดคุณสมบัติของสมาร์ทการ์ด ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการทำธุรกรรมด้านการเงิน และการธนาคาร ซึ่งกำลังได้รับการผลักดันให้กลายเป็นมาตรฐานในการทำธุรกรรมบนสมาร์ทการ์ด ประกอบด้วยข้อกำหนด 3 ตัว ได้แก่

2.6.1 ข้อกำหนดสำหรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในระบบการชำระเงิน

เป็นข้อกำหนดส่วนใหญ่ในข้อกำหนดอีเอ็มวี สำหรับบัตรสมาร์ทการ์ดมีอ้างอิงกับมาตรฐาน ISO7816 โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อย ดังนี้

- คุณสมบัติทางกายของบัตรและข้อกำหนดในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ประกอบด้วย
  1.คุณสมบัติเชิงกล เช่น ขนาด และตำแหน่งของชิปสมาร์ทการ์ด
  2.คุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน ความถี่ที่ใช้งาน
  3.โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร
- รายละเอียดข้อมูลและชุดคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสาร ประกอบด้วย
  1.โครงสร้างข้อมูลที่ใช้สำหรับการสื่อสารเพื่อธุรกรรมทางการเงิน
  2.โครงสร้างไฟล์ข้อมูลในสมาร์ทการ์ด
- ขั้นตอนการประเมินผลเป็นการกำหนดขั้นตอนสำหรับเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ดว่าในการทำธุรกรรมต้องประมวลผลอะไรบ้างรวมถึงการบังคับให้บัตรหลายๆบัตรสามารถใช้งานร่วมกันได้ และกำหนดให้มีฟังก์ชั่นการทำงานภายในบัตรมากพอเพื่อใช้ในการทำธุรกรรมซึ่งข้อกำหนดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย

1.โครงสร้างไดเร็กทอรี่ของข้อมูลในสมาร์ทการ์ด

2.กระบวนการประมวลผล

- มาตรการรักษาความปลอดภัย ประกอบด้วย

1.ป้องกันการแก้ไขข้อมูลที่หวงห้าม

2. กุญแจรหัสสำหรับการแจกจ่าย

3. การตรวจสอบความถูกต้องของกุญแจรหัส (Key Verification)

4.รูปแบบการรักษาความปลอดภัยของสายข้อมูล (Secure Messaging)

**2.6.2 ข้อกำหนดสำหรับเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้ในระบบการชำระเงิน**

เป็นข้อกำหนดสำหรับเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ระบุถึงส่วนบังคับส่วนที่แนะนำและส่วนที่เป็นทางเลือกให้แก่ผู้ผลิตเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ด โดยรวมถึงเครื่องเอทีเอ็ม เครื่อง POS อุปกรณ์ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องเก็บเงินอิเล็คทรอนิกส์ เครื่องอ่านบัตรสำหรับผู้ถือบัตร และเครื่องเติมเงิน ซึ่งประกอบด้วย

- ชนิดของเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ด และความสามารถในการทำงาน
- คุณสมบัติทางกายภาพทั่วไป
- สถาปัตยกรรมทางด้านซอฟต์แวร์
- มาตรการรักษาความปลอดภัยของเครื่องรับบัตรสมาร์ทการ์ด
- ส่วนแสดงผลสำหรับผู้ถือบัตร หรือร้านค้า

**2.6.3 ข้อกำหนดสำหรับการใช้งานบัตรสมาร์ทการ์ดในระบบการชำระเงิน**

เป็นข้อกำหนดที่เจาะจงสำหรับกระบวนการในการใช้บัตรเพื่อชำระเงิน ประกอบด้วย

- โครงสร้างไฟล์ข้อมูลสำหรับจัดการเรื่องของธุรกรรม
- ขั้นตอนการทำธุรกรรมด้วยบัตรสมาร์ทการ์ด
- การประมวลผลสำหรับธุรกรรมที่ผิดปกติ

**2.7 รายละเอียดพื้นฐานของสมาร์ทการ์ด**

สมาร์ทการ์ดเป็นบัตรพลาสติกขนาดเท่าบัตรเครดิต หรือบัตรเอทีเอ็ม (ATM: Automatic Teller Machine) ที่มีหน่วยเก็บข้อมูล และหน่วยประมวลผลที่เรียกว่า ไมโครชิป ติดอยู่บนบัตร ซึ่งข้อมูลนี้อาจจะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษรก็ได้ โดยมีกลไกในการเขียนและการอ่านข้อมูลที่ซับซ้อน ทำให้ยากต่อการปลอมแปลง จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น ด้านการเงินและการธนาคาร ด้านโทรคมนาคม ด้านงานทะเบียน ด้านการศึกษา ด้านการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

สมาร์ทการ์ดมีพื้นฐานมาจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีแนวคิดเริ่มแรกจากการนำชิปหน่วยความจำ (EEPROM) มาฝังลงในบัตรพลาสติก โดยมีหน้าสัมผัสเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเชื่อมต่อต้องมีการป้อนกระแสไฟฟ้าให้ชิปหน่วยความจำสามารถทำงานได้ การสั่งงานเพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูลจากชิปหน่วยความจำ ก็ทำได้โดยการเชื่อมต่อสัญญาณผ่านหน้าสัมผัสที่กำหนดไว้แล้ว

ในการเชื่อมต่อขาสัญญาณของชิปหน่วยความจำแบบธรรมดา อาจจะไม่เหมาะสมนักสำหรับบัตรพลาสติกขนาดเล็ก เนื่องจากจำนวนขาสัญญาณของหน่วยความจำ (BUS) มีจำนวนไม่น้อยทีเดียวยิ่งหน่วยความจำที่มีความจุสูงๆ ยิ่งต้องใช้สัญญาณอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูล (Address Bus) มากขึ้น จึงมีการนำเอาระบบสื่อสารแบบซิงเกิลบัสมาใช้ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งมีด้วยกันหลายรูปแบบ (I2C, T0, T1) ในการนำเอาระบบสื่อสารแบบอนุกรมมาใช้ จำเป็นให้ต้องมีการป้อนสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำกับจังหวะการรับ-ส่งข้อมูลแต่ละบิต ทำให้ต้องมีหน้าสัมผัสสำหรับสัญญาณนาฬิกาบนชิปสมาร์ทการ์ดเพิ่มขึ้นมา แต่ก็นับว่าทำให้ขาเชื่อมต่อลดลงไปได้ไม่น้อยทีเดียว ด้วยเหตุนี้สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำจึงเป็นสมาร์ทการ์ดชนิดแรกที่ถูกสร้างขึ้น

การนำชิปหน่วยความจำมาใส่ในบัตรพลาสติก ทำให้เกิดข้อดีเหนือบัตรแถบแม่เหล็กด้วยความจุที่ข้อมูลที่มากกว่า ไม่มีผลต่อสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และรอยขีดข่วนทำให้สมาร์ทการ์ดโดดเด่นกว่าแถบแม่เหล็กเทียบกันไม่ได้ แต่ข้อเสียประการหนึ่งของการใช้หน่วยความจำเพียงอย่างเดียวคือ สามารถทำการอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระเช่นเดียวกับบัตรแถบแม่เหล็ก จึงถือได้ว่าความปลอดภัยของข้อมูลเกือบเป็นศูนย์ นั่นก็คือข้อมูลภายในสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ไม่เป็นความลับด้วยเหตุนี้จึงมีการเพิ่มวงจรสำหรับป้องกันลงไปอีก เพื่อให้ผู้ออกบัตร(Card Issue) สามารถกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลแต่ละไบต์ด้วยวงจรฟิวส์แมทริกธรรมดาๆ ที่เมื่อกำหนดเงื่อนไขไปแล้วจะไม่สามารถแก้ไขได้อีก ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทางด้านเซมิคอนดักเตอร์สูงขึ้น จึงมีการออกแบบวงจรที่สามารถกำหนดเป็นกุญแจรหัส (PIN) สำหรับเข้าถึงข้อมูลในบัตร ซึ่งต้องทำการแสดงกุญแจรหัสทุกครั้งที่บัตรเริ่มทำงาน เพื่อป้องกันการเจาะระบบอีกชั้นหนึ่ง อีกทั้งกุญแจรหัสก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้อีกด้วย

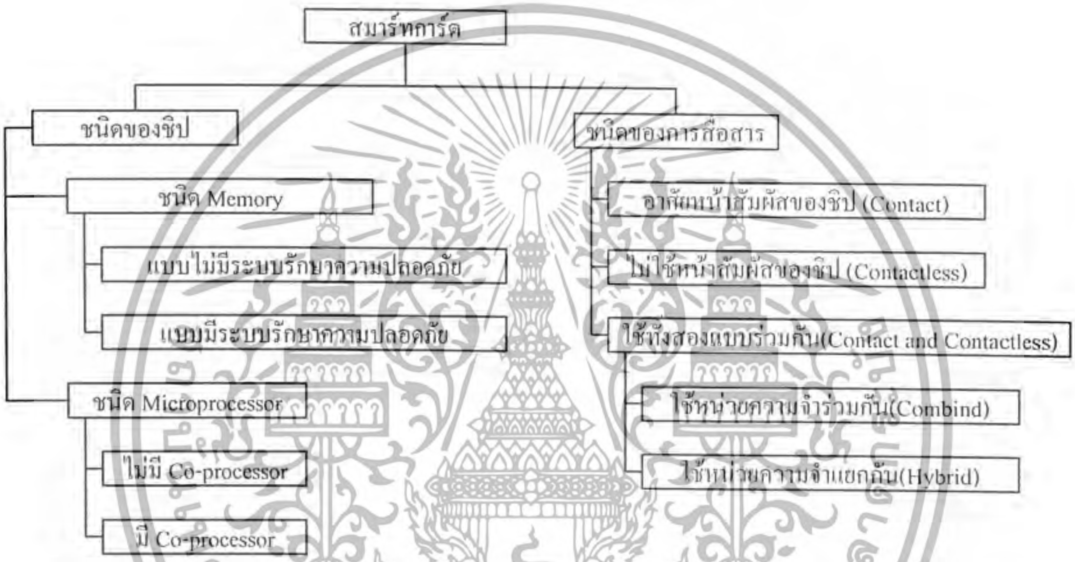
ต่อมามีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ (ที่จริงแล้วเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่จะขอเรียกว่าไมโครโปรเซสเซอร์เป็นหลัก) มาใส่ลงในสมาร์ทการ์ด ทำให้เกิดเป็นสมาร์ทการ์ดชนิดใหม่ที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น การเข้าถึงข้อมูลไม่สามารถทำได้โดยตรงเหมือนอย่างสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ การใช้งานสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ต้องเขียนข้อมูลขึ้นเป็นชุดคำสั่ง และส่งให้กับชิปไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานแทน การที่ใส่ชิปไมโครโปรเซสเซอร์ลงในสมาร์ทการ์ด ทำให้ต้องมีการเพิ่มส่วนของหน่วยความจำโปรแกรม (OS-Operating System) สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถทำการประมวลผลคำสั่งต่างๆ และสามารถโปรแกรมการเข้าถึงข้อมูลทำให้ช่องโหว่ที่สำคัญของสมาร์ทการ์ดได้รับการแก้ไขจนเกือบสมบูรณ์แบบ

**2.8 ชนิดของสมาร์ทการ์ด**

การแบ่งชนิดของสมาร์การ์ดในปัจจุบันอาจทำได้ยากสักหน่อย เนื่องจากมีการใส่เทคโนโลยีใหม่ๆ ลงสมาร์ทการ์ดตลอดเวลา ถ้าจะแบ่งตามชนิดของหน่วยความจำภายในอาจไม่ชัดเจนนักยิ่งแบ่งตามลักษณะการเชื่อมต่อ ก็ยังไม่ครอบคลุมสมาร์ทการ์ดได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงขอแสดงการแบ่งชนิดของสมาร์ทการ์ดให้เข้าใจง่ายๆดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าเราสามารถแบ่งสมาร์ทการ์ดจากโครงสร้างภายในได้ 2 ชนิดก็คือ สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ (Memory card) และสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์ (Processor card) ซึ่งชิปทั้งสองแบบมีหน้าสัมผัสเหมือนกัน แต่สัญญาณที่ต้องป้อนให้แก่หน้าสัมผัสบางหน้าสัมผัส จะไม่มีการใช้งานในสมาร์ทการ์ดต่างชนิดกันเช่น แรงดันไฟฟ้าสำหรับการเขียนข้อมูลลงในชิป (Vpp) จะมีใช้ในสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำเท่านั้น สัญญาณนาฬิกาสำหรับป้อนให้ชิปทำงาน (CLK) ต้องป้อนให้กับชิปเหมือนกัน สำหรับสัญญาณนาฬิกา (CLK) ที่ป้อนให้ชิปสมาร์ทการ์ดเป็นสัญญาณนาฬิกาภายนอกที่ป้อนให้ชิปทำงานได้ เพราะภายในชิปสมาร์ทการ์ดไม่มีวงจรสำหรับสร้างสัญญาณนาฬิกา แต่หน้าสัมผัส I/O จะมีการรับ-ส่งข้อมูลที่แตกต่างกันในเรื่องของความถี่ และวิธีการควบคุมจังหวะการรับ-ส่งของข้อมูลแต่ละบิต



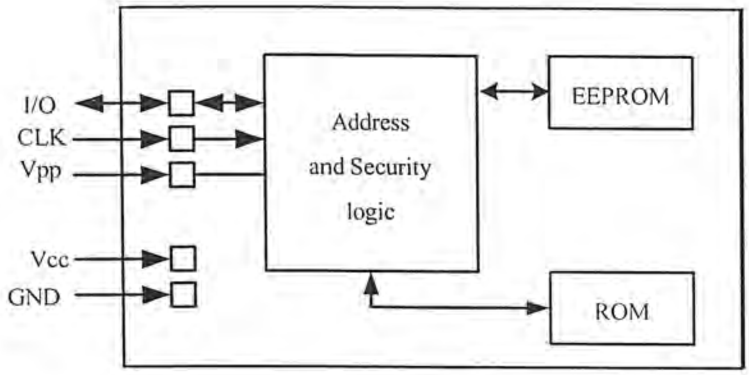

รูปที่ 2.4 การแบ่งสมาร์ทการ์ดตามชนิดของหน่วยความจำ และประเภทของหน้าสัมผัส

ในการแบ่งสมาร์ทการ์ดออกเป็นสองชนิดตามชนิดของวงจรภายในดังที่กล่าวมาแล้ว อาจแบ่งได้อีกลักษณะคือ แบ่งตามความถี่ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านหน้าสัมผัส I/O ของสมาร์ทการ์ดดังที่กล่าวไปแล้ว ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

**2.8.1 การ์ดหน่วยความจำ (Memory Card) หรือซิงโครนัสการ์ด (Synchronous card)**

สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำหรืออีกชื่อหนึ่งคือซิงโครนัสการ์ด เนื่องจากสมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีการรับ-ส่งข้อมูลตามสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ชิป (ข้อมูลแต่ละบิตที่ส่งให้แก่ชิปต้องสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา) สมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย ส่วนของวงจรสำหรับติดต่อสื่อสารภายนอก หน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำสำหรับเก็บชุดคำสั่งของสมาร์ทการ์ดดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

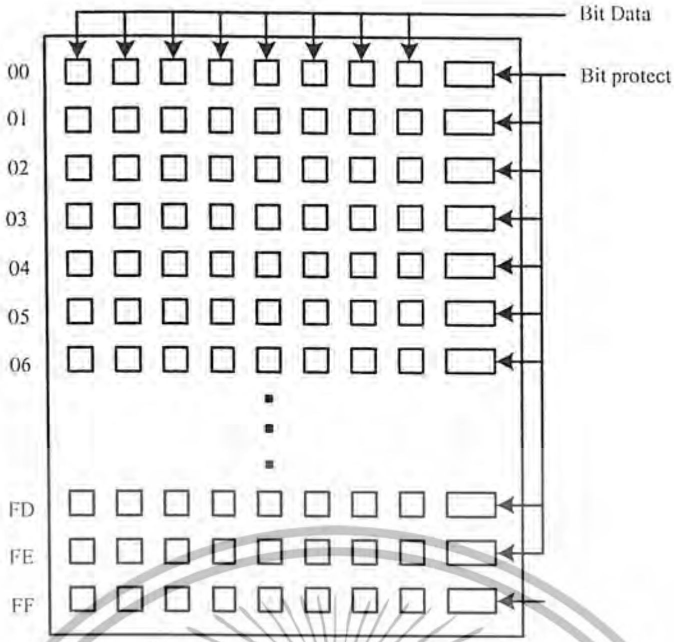



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ

สมาร์ทการ์ดที่เป็นพื้นฐานของสมาร์ทการ์ดในปัจจุบัน ก็คือสมาร์ทการ์ดชนิด Free Access Memory สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เปิดโอกาสให้อ่านหรือเขียนข้อมูลในแอดเดรสใดๆ ก็ได้ตามชื่อของสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ ไม่มีการป้องกันข้อมูลใดๆ ภายในสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ซึ่งแน่นอนว่าเป็นสมาร์ทการ์ดที่มีความปลอดภัยต่ำที่สุด ถึงกระนั้นการอ่านข้อมูลก็ไม่ใช่เรื่องง่ายนักเมื่อมีการออกแบบหน่วยความจำข้อมูลให้มีการสลับตำแหน่งของบิตข้อมูล โดยมีวงจรควบคุมการสลับตำแหน่งของบิตเป็นส่วนป้องกันข้อมูลอีกต่อหนึ่ง ดังนั้นการอ่านข้อมูลแบบธรรมดาจะไม่ได้ข้อมูลที่ถูกต้องหากไม่ติดต่อกับวงจรควบคุมการสลับตำแหน่งของบิตโดยตรง

นอกจากนี้สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำแบบธรรมดา ยังมีการใส่วงจรกำหนดเงื่อนไขการอ่านเขียนข้อมูลลงไปด้วย ทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขการอ่าน-เขียนข้อมูลได้ทุกไบต์ โดยสมาร์ทการ์ดที่มีวงจรป้องกันการอ่าน-เขียนชนิดนี้ถูกเรียกว่า PIN Protect Memory เนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลจะต้องแสดงรหัสผ่านให้บัตรรับทราบก่อนจึงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ วงจรกำหนดเงื่อนไขการอ่านเขียนข้อมูลจะมีบิตพิเศษที่มีชื่อว่าบิตป้องกันซึ่งเป็นบิตข้อมูลที่ฝากไว้กับข้อมูลให้เป็นบิตที่ 9แต่ไม่สามารถแก้ไขด้วยคำสั่งเขียนข้อมูลธรรมดาเพราะ บิตป้องกันไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลจริงๆ ในการแก้ไขบิตป้องกันนี้จะสามารถทำการเปลี่ยนแปลงได้เพียงครั้งเดียวด้วยคำสั่งเฉพาะเท่านั้นเช่น หากต้องการบังคับไม่ให้ข้อมูลไบต์ใดไม่สามารถแก้ไขได้ก็ให้ทำการเคลียร์บิตที่ 9 ของข้อมูลไบต์นั้นๆ แต่สำหรับรหัสผ่านในการเข้าถึงข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ต้องแสดงรหัสผ่านชุดเก่าให้บัตรรับทราบเสียก่อนจึงจะสามารถเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



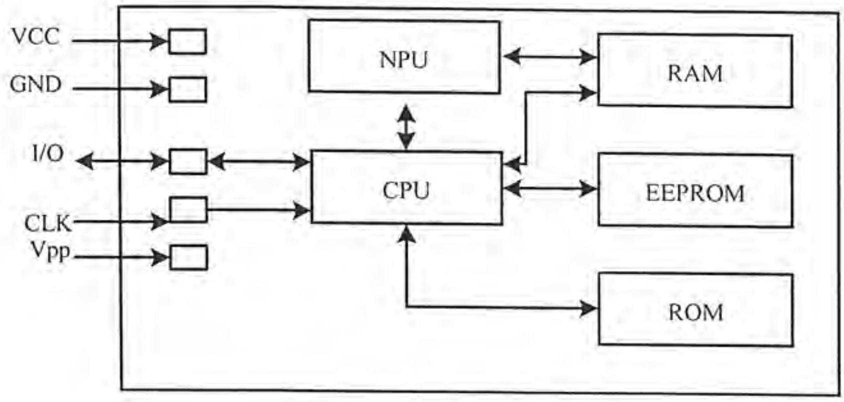

**รูปที่ 2.6** ตัวอย่างหน่วยความจำของการ์ดหน่วยความจำชนิด PIN Protect

สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ เป็นสมาร์ทการ์ดที่เป็นพื้นฐานของสมาร์ทการ์ดรุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบัน ด้วยโครงสร้างและการทำงานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ราคาถูก สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมาก และความเร็วในการทำงานของชิปไม่สูงนัก จึงทำให้สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ข้อมูลไม่ค่อยสำคัญมากนักเช่น บัตรลงเวลาทำงาน บัตรผ่านประตู บัตรโทรศัพท์ ฯลฯ ปัจจุบันสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำมีขนาดหน่วยความจำสูงสุดถึง 64 กิโลไบต์ และอีกไม่นานนักเราจะได้เห็นสมาร์ทการ์ดที่มีขนาดหน่วยความจำข้อมูลถึง 128 กิโลไบต์

**2.8.2 โปรเซสเซอร์การ์ด (Processor Card) หรืออะซิงโครนัสการ์ด (Asynchronous card)**

สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เป็นสมาร์ทการ์ดที่ได้รับการปรับปรุงจากสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ ด้วยการใส่เทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์เข้าไปในชิป เพื่อให้ชิปสามารถประมวลผลข้อมูล และเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูลให้สูงขึ้น การที่ใส่ไมโครโปรเซสเซอร์ลงในชิปทำให้จำเป็นต้องมีการเพิ่มส่วนของหน่วยความจำสำหรับการประมวลผลข้อมูล นอกจากนี้ยังมีการใส่ชิปประมวลผลทางคณิตศาสตร์ลงในชิปสมาร์ทการ์ดเพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลด้วยอัลกอริทึมสำหรับเข้า-ถอดรหัส ทำให้สมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์การ์ด มีความเร็วในการทำงานสูงกว่าสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำหลายเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในชิปสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์การ์ด

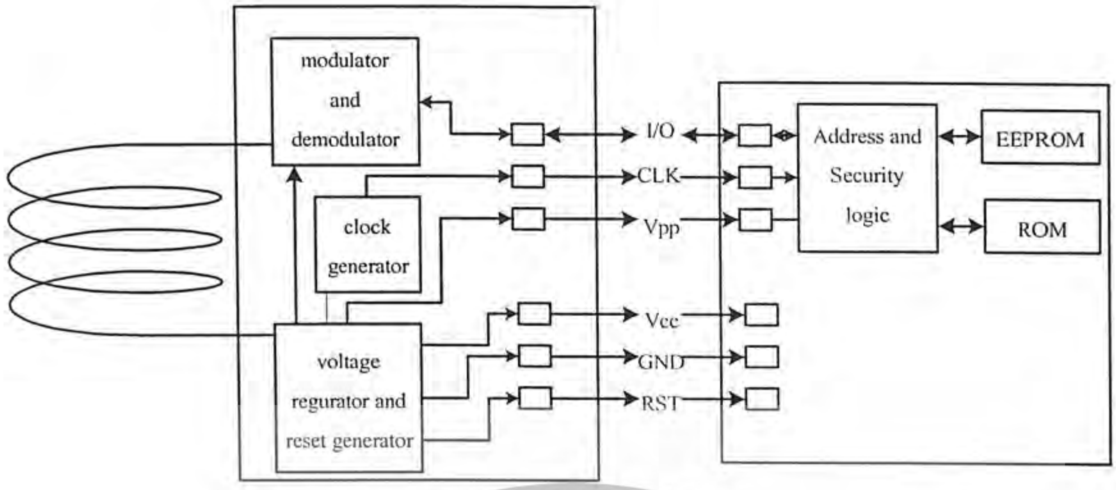
ในการรับส่งข้อมูลให้กับสมาร์ทการ์ดชนิดนี้ จะใช้หน้าสัมผัสเดียวกับสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำโดยสัญญาณนาฬิกาที่ป้อน จะถูกใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ชิป เพียงกำหนดอัตราการรับ-ส่งข้อมูลเป็น 9600 บิต/วินาที ก็จะสามารถติดต่อกับโปรเซสเซอร์ของชิปได้แล้ว แต่การเข้าถึงข้อมูลจะไม่สามารถทำได้เหมือนอย่างในสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ การเข้าถึงข้อมูลต้องกระทำผ่านโปรเซสเซอร์ของสมาร์ทการ์ดเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลก็ตามเพราะหน่วยความจำจะอยู่ภายในความควบคุมของโปรเซสเซอร์เพียงอย่างเดียว ข้อดีอย่างหนึ่งที่ไม่สามารถติดต่อกับหน่วยความจำในชิปโดยตรงก็คือ การลอบเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาตแทบเป็นไปไม่ได้ ยกเว้นมีความบกพร่องในการกำหนดเงื่อนไขในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นความลับ

**2.8.3 สมาร์ทการ์ดแบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป (Contactless card)**

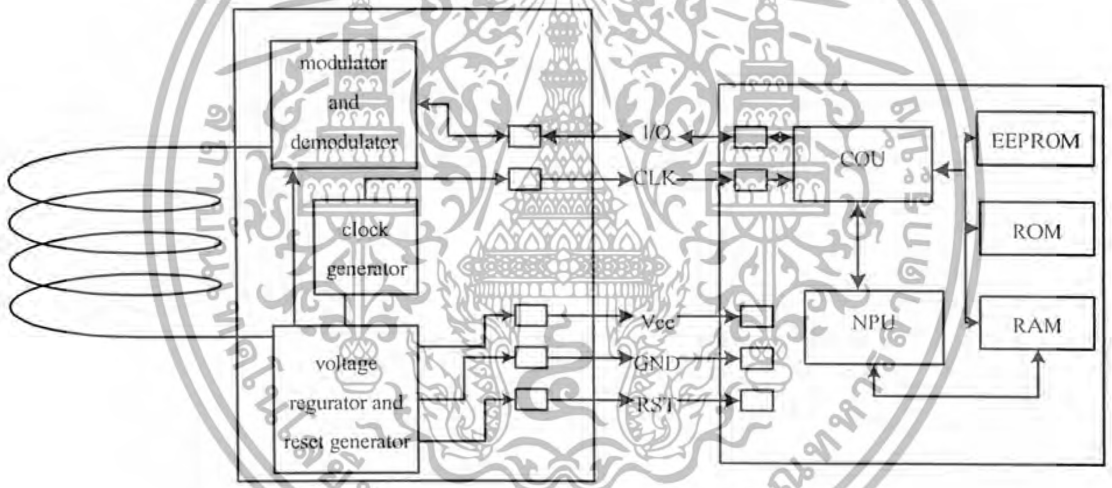
สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เป็นสมาร์ทการ์ดที่ล้ำสมัยที่สุดในปัจจุบัน ด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ โดยการส่งคลื่นวิทยุความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ที่ได้รับการมอดูเลตข้อมูลและส่งให้กับชิปสมาร์ทการ์ด ทางด้านชิปสมาร์ทการ์ดจะใช้ขดลวดเป็นเสารับ-ส่งสัญญาณ โดยเสารับ-ส่งสัญญาณนี้จะเป็นขดลวดขนาดเล็กที่ถูกฝังลงในเนื้อบัตร ภายนอกบัตรชนิดนี้แถบดูไม่ออกว่าเป็นบัตรสมาร์ทการ์ด ด้วยเหตุนี้เราจะพบว่าสมาร์ทการ์ดชนิด ไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป มักอยู่ในรูปร่างแปลกๆ เสมอ

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่าส่วนที่เพิ่มเข้ามาเป็นส่วนที่ใช้รับสัญญาณคลื่นวิทยุมาแบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะถูกแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าสำหรับป้อนชิป และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาให้สามารถทำงานได้ อีกส่วนหนึ่งจะถูกดีมอดูเลต (Demodulate) เอาข้อมูลออกจากคลื่นวิทยุ และส่งให้แก่ชิปสมาร์ทการ์ดอีกต่อหนึ่ง ส่วนการส่งข้อมูลกลับก็จะใช้กระแสไฟฟ้าที่ได้จากคลื่นวิทยุมาทำการมอดูเลต (Modulate) ข้อมูลและส่งกลับไปยังเสารับ-ส่งสัญญาณภายในเนื้อบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




สมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำแบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป




สมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์ แบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป

**รูปที่ 2.8** บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ชิปสมาร์ทการ์ดชนิด ไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป ถูกออกแบบให้ใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่ำเพราะกระแสไฟฟ้าที่ได้จากคลื่นวิทยุนั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อยไม่เพียงพอที่จะทำให้สมาร์ทการ์ดแบบธรรมดาทำงานได้ ฉะนั้นสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป รุ่นเก่าๆ จะไม่สามารถทำคำสั่งที่ซับซ้อนมากๆ เช่นคำสั่งในการเข้ารหัสข้อมูล หรือคำสั่งที่ต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากๆ และระยะเวลาในการรับ-ส่งสัญญาณก็ไม่มากนัก แต่ปัจจุบันสมาร์ทการ์ดไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป สามารถทำการเข้ารหัสที่ยุ่งยากได้แล้วด้วยการเพิ่มวงจรสำหรับเข้ารหัสไว้ภายในชิป

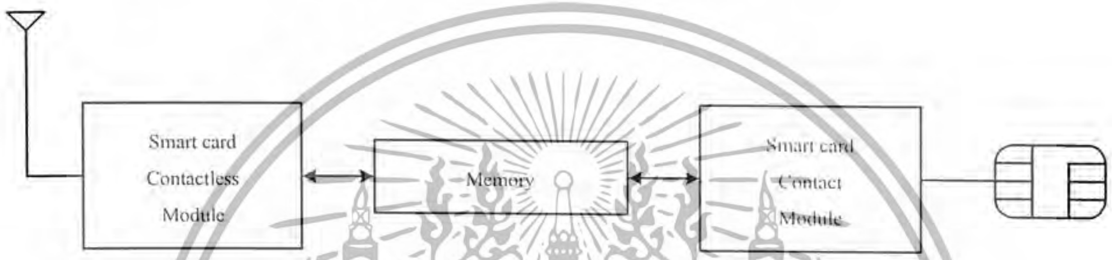
นอกจากสมาร์ทการ์ดแบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป ที่ใช้การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีการรวมเอาสมาร์ทการ์ดชนิดใช้หน้าสัมผัสของชิป และ ไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิปบนบัตรใบเดียวกัน ซึ่งเป็นสมาร์ทการ์ดที่รวมเอาสมาร์ทการ์ดแบบที่หน้าสัมผัส กับสมาร์ทการ์ดแบบไม่มีหน้าสัมผัสเข้าด้วยกัน เพื่อความสะดวก และเพิ่มความเร็วในการใช้งานอีกด้วย สมาร์ทการ์ดชนิดนี้สามารถแบ่งออกได้อีกสองประเภทคือ

- ใช้หน่วยความจำร่วมกัน (Com-Bi card)

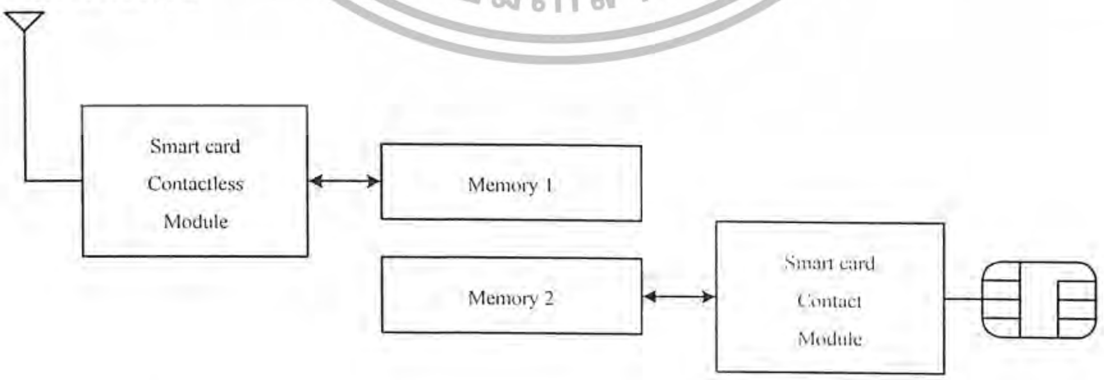
สมาร์ทการ์ดชนิดนี้เป็นการรวมเอาสมาร์ทการ์ดแบบ หน้าสัมผัสและสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ใช้หน้าสัมผัส เข้าด้วยกัน โดยใช้หน่วยความจำข้อมูลร่วมกันเพื่อนให้การทำรายการที่จำเป็นต้องอยู่ภายในระบบรักษาความปลอดภัย สามารถทำได้โดยผ่านทางหน้าสัมผัสที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมอยู่ และสามารถใช้งานทั่วไปได้อย่างสะดวกสบาย (Speed pass) ผ่านคลื่นวิทยุ




**รูปที่ 2.9** โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิด Contactless แบบ Com-Bi card

- ใช้หน่วยความจำแยกกัน (Hybrid card)

สมาร์ทการ์ดชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายกับประเภทใช้หน่วยความจำร่วมกัน (แต่จะต่างกันในเรื่องของหน่วยความจำข้อมูล โดยหน่วยความจำข้อมูลจะถูกแยกจากกันอย่างสิ้นเชิงระหว่างใช้หน้าสัมผัส และ ไม่ใช่หน้าสัมผัสเพื่อความสะดวกในการแยกใช้งาน ซึ่งปัจจุบันการ์ดแบบใช้หน่วยความจำแยกกัน จะมีความหมายรวมถึงบัตรที่มีคุณสมบัติในการใช้งานตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปเช่น สมาร์ทการ์ดที่มีทั้งชิปสมาร์ทการ์ดและแถบแม่เหล็ก บัตรสมาร์ทการ์ดที่เป็นทั้ง หน่วยความจำแบบไม่ใช้หน้าสัมผัสของชิป




**รูปที่ 2.10** โครงสร้างภายในของสมาร์ทการ์ดชนิดไม่ใช้หน้าสัมผัสแบบใช้หน่วยความจำแยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**2.9 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ด**

การใช้งานสมาร์ทการ์ดการเชื่อมต่อ (Interface) มีความแตกต่างจากการเชื่อมต่อและใช้งานชิป IC ธรรมดาทั่วไป ด้วยระบบสื่อสารแบบซิงเกิลบัสซึ่งแตกต่างจากการสื่อสารแบบอนุกรมทั่วๆ ไป ทำให้การเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ดเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก สำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้เรื่องอิเล็กทรอนิกส์ การสื่อสารข้อมูล และความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรม ยิ่งถ้าต้องการใช้งานสมาร์ทการ์ดในระดับเชื่อมต่อและสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดโดยตรง ยิ่งต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครโปรเซสเซอร์ การสื่อสารข้อมูล และการเขียนโปรแกรมภาษาระดับต่ำอย่างภาษาแอสแซมบลีและภาษาระดับสูงอย่างภาษาซีเป็นอย่างน้อย

การที่จะเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ด ต้องใช้ความรู้ในด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ก็เนื่องจาก สมาร์ทการ์ดเป็น IC หรือวงจรรวมขนาดเล็กที่ต้องมีการป้อนแรงดัน และกระแสไฟฟ้าให้ชิปสมาร์ทการ์ดทำงาน ทำให้จำเป็นต้องมีการออกแบบ และสร้างวงจรไฟฟ้าสำหรับเชื่อมต่อกับคอนแทรกต์รีดเดอร์ ความรู้ทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ส่วนความรู้ด้านไมโครโปรเซสเซอร์ จะใช้สำหรับทำความเข้าใจการทำงานของสมาร์ทการ์ดและออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับสร้างเป็นเทอร์มินอล สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งานโดยตรงการออกแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์สำหรับสร้างเป็นเทอร์มินอล ต้องมีส่วนของจอแสดงผล คีย์บอร์ด ส่วนเชื่อมต่อวงจรสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ วงจรสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกเช่น RS-232

สำหรับโปรแกรมใช้งานสมาร์ทการ์ด จะมีการแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ โปรแกรมส่วนที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ด และโปรแกรมที่ใช้สำหรับบริหารข้อมูลและติดต่อกับผู้ใช้งานในเทอร์มินอล การที่จะเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดจะใช้ภาษาระดับต่ำอย่างภาษาแอสแซมบลีเป็นส่วนใหญ่ เพราะภาษาชั้นสูงหรือภาษาชั้นสูงที่มีความใกล้เคียงภาษาแอสแซมบลีอย่างภาษาซีไม่สามารถทำงานได้ทันเวลา เนื่องจาก Card Driver ต้องทำการสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดระดับสัญญาณโดยตรง (โปรแกรมติดต่อสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดมีชื่อเรียกว่าCard Driver) โดย Card Driver สำหรับสมาร์ทการ์ดแต่ละชนิดจะมีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกันจะต่างกันก็เพียงวิธีการสื่อสารระหว่างสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำกับชนิดโปรเซสเซอร์เท่านั้นที่ไม่เหมือนกัน สำหรับการเลือกภาษาแอสแซมบลีมาใช้เขียนโปรแกรม ก็ต้องเลือกใช้ให้ตรงกับตระกูลของโปรเซสเซอร์ที่ใช้ ส่วนโปรแกรมที่ใช้สำหรับบริหารข้อมูล และติดต่อกับผู้ใช้งานในเทอร์มินอล สามารถเขียนด้วยภาษาระดับสูงอย่างภาษาซี เหตุที่เลือกภาษาซีเพราะภาษาซีมีความสามารถในการประมวลผลที่รวดเร็ว สามารถจัดการกับข้อมูลในระดับบิตได้ดีกว่าภาษาระดับสูงภาษาอื่น และทำการพัฒนาเป็นโปรแกรมได้ง่ายกว่า โดยทั่วไปภาษาซีที่ใช้ในการเขียนเป็นโปรแกรมสำหรับเทอร์มินอลจะต้องใช้ชุดพัฒนาเฉพาะตระกูลของโปรเซสเซอร์ที่ใช้งานเช่นเดียวกับภาษาแอสแซมบลี

การสร้าง Card Driver ด้วยภาษาระดับต่ำอย่างภาษาแอสแซมบลีอาจเป็นเรื่องยุ่งยากเกินความจำเป็น นักพัฒนาระบบอาจนำ IC ที่ใช้มีด้วยกันหลายเบอร์ หลายผู้ผลิตที่น่าสนใจเช่น IC เบอร์ TDA8002 TDA8003 TDA8004 TDA8006 และ TDA8008 ของบริษัท Philips MC33560 ของบริษัท ON Semiconductor และ ML69240 ของบริษัท OKI Semiconductor ฯลฯ แต่การสั่งซื้ออาจทำได้ยากเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61360

ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศคราวละจำนวนมากๆ (ต้องสั่งซื้อ 2000 ตัวต่อครั้งเป็นอย่างน้อย) เนื่องจาก IC สำหรับเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ดเหล่านี้ถูกผลิตขึ้นเพื่อส่งให้แก่ผู้ผลิตสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์เท่านั้น แต่ปัจจุบันเริ่มมีผู้ประกอบการจำหน่ายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บางรายได้สั่ง IC สำหรับเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ดเข้ามาขายในประเทศบ้างแล้ว

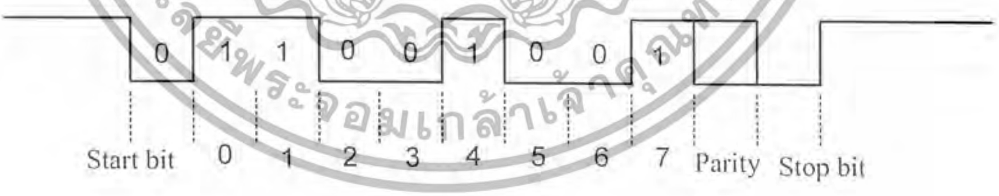
การที่สามารถใช้งานสมาร์ทการ์ดได้นั้น ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจในเรื่องของไทม์มิ่งไดอะแกรมของสมาร์ทการ์ด การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า การสร้างวงจรสำหรับเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ด โปรโตคอลที่ใช้กับสมาร์ทการ์ดชนิดต่างๆ และวิธีการเลือกใช้โปรโตคอล ฯลฯ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

## 2.10 การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้า

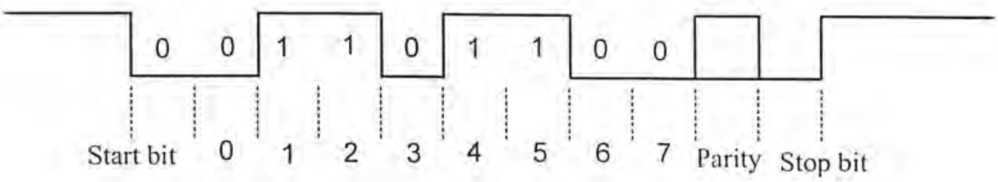
การสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดในระดับสัญญาณไฟฟ้ามีมาตรฐาน ISO7816-3 เป็นตัวกำหนดวิธีการสื่อสาร สมาร์ทการ์ดรุ่นเก่าทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีสูงขึ้นสมาร์ทการ์ดจึงมีการลดระดับแรงดันไฟฟ้าลงมาเหลือเพียง 3 โวลต์ ระดับสัญญาณต่างๆ จึงอยู่ในระดับ 0-3 โวลต์ ตามระดับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชิปสมาร์ทการ์ด ความสิ้นเปลืองพลังงานจึงน้อยลงตามไปด้วย

ในการสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ด จะใช้การสื่อสารแบบซิงเกิลบัสเป็นหลัก การสื่อสารแบบซิงเกิลบัสเป็นการสื่อสารที่คล้ายกับการสื่อสารแบบอนุกรมแบบธรรมดา แต่การสื่อสารแบบซิงเกิลบัสไม่สามารถทำการสื่อสารแบบ Full Duplex (การสื่อสารข้อมูลแบบที่สามารถส่งข้อมูลได้ในขณะที่รับข้อมูลในเวลาเดียวกัน) และต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการรับ-ส่งข้อมูลแต่ละบิต (เฉพาะในสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำเท่านั้น) การสื่อสารแบบซิงเกิลบัสจะมีการรับและส่งข้อมูลในคนละเวลากัน โดยบิตข้อมูลที่ใช้รับ-ส่งจะมีสองแบบด้วยกัน ดังรูปที่ 2.11

ตัวอย่างข้อมูล C9(HEX) หรือ 11001001(Bin) ในรูปแบบ Direct convention



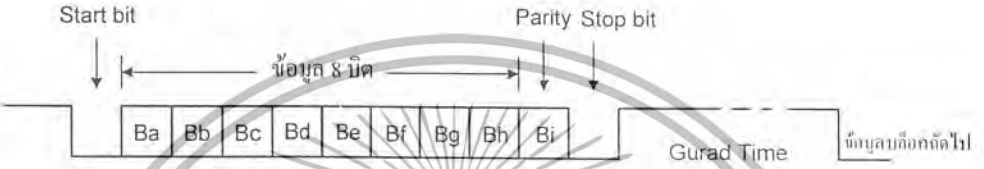

ตัวอย่างข้อมูล C9(HEX) หรือ 11001001(Bin) ในรูปแบบ Converse convention




**รูปที่ 2.11** ตัวอย่างรูปแบบสัญญาณของการสื่อสารแบบซิงเกิลบัสแบบ Direct convention และ Converse convention

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารแบบซิงเกิลบัสแบบ Direct convention และ Converse convention มีความแตกต่างกันในเรื่องของลอจิกที่ใช้แทนความหมายของบิตข้อมูล โดยแบบ Direct convention จะมีการแทนลอจิก 0 แทนค่าบิตข้อมูลที่เป็น 0 และแทนลอจิก 1 แทนค่าบิตข้อมูลที่เป็น 1 และบิตข้อมูลที่จะถูกส่งมาเป็นบิตแรกคือบิตที่มีค่านัยสำคัญต่ำ (LSB – Least Significant Bit) ส่วนแบบ Converse convention จะมีการแทนลอจิก 0 แทนค่าบิตข้อมูลที่เป็ฯ 1 และแทนลอจิก 1 แทนค่าบิตข้อมูลที่เป็น 0 และบิตข้อมูลที่จะถูกส่งมาเป็นบิตแรกคือบิตที่มีค่านัยสำคัญสูง (MSB – Mosty Significant Bit) ซึ่งจะกลับค่ากับแบบแรก ส่วนมากแล้วจะนิยมใช้แบบ Direct convention มากกว่าแบบ Converse convention แต่ทางที่ดีควรสร้าง Card Driver ให้สามารถตอบสนองการสื่อสารได้ทั้งสองแบบ




**รูปที่ 2.12** ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลกับสมาร์ทการ์ด

### 2.11 การรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด (Card Present)

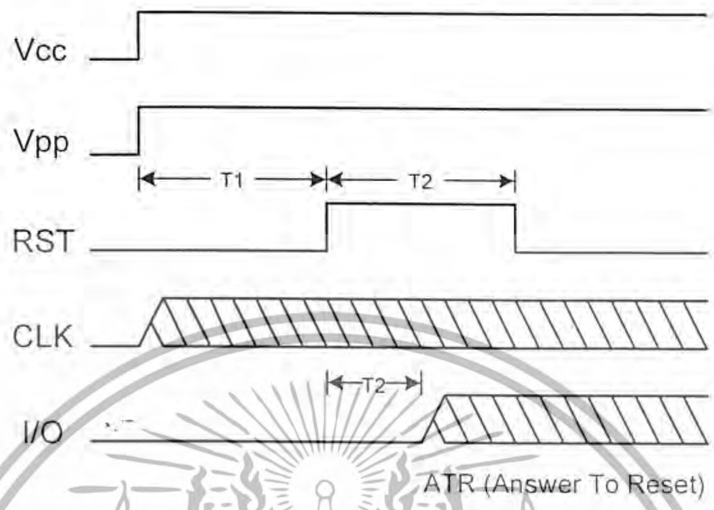
ขั้นตอนการรีเซตชิปสมาร์ทการ์ดเป็นขั้นตอนที่ต้องทำทุกครั้งเมื่อตรวจสอบพบว่ามีการเสียบบัตรเข้ามาในคอนแทกต์รีดเดอร์ เพื่อให้สมาร์ทการ์ดพร้อมทำงานหลังจากได้รับกระแสไฟฟ้าเลี้ยงวงจรภายใน (Vcc) และเป็นการเริ่มต้นการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่มาเชื่อมต่อ โดยในที่นี้จะเรียกอุปกรณ์เชื่อมต่อว่าเทอร์มินอล ในสภาวะว่าง (Idle) ของขาเชื่อมต่อหน้าสัมผัสชิปสมาร์ทการ์ด (ยกเว้นกราวนด์) ขณะที่ยังไม่มีสมาร์ทการ์ดเสียบเข้ามาจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของเทอร์มินอลเสมอ

เมื่อตรวจสอบพบว่ามีการเสียบบัตรเข้ามาในคอนแทคต์รีดเดอร์ โดยตรวจสอบได้จากสวิตซ์ตรวจสอบการเสียบบัตรภายในคอนแทกต์รีดเดอร์ อันดับแรกต้องทำการตรวจสอบว่าแรงดันไฟฟ้าที่หน้าสัมผัส Vcc ลดลงหรือไม่ หากแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลงให้ทำการตัดวงจร (Open circuit) หรือลอยวงจร (Float) โดยการเพิ่มอิมพีแดนซ์ของวงจร ทำให้วงจรจะถูกแยกออกจากหน้าสัมผัสทันทีเพราะสิ่งที่เสียบเข้ามาอาจเป็นโลหะหรือสมาร์ทการ์ดที่มีการลัดวงจรภายในชิป หากไม่ตัดวงจรออกอาจทำให้วงจรสำหรับเชื่อมต่อสมาร์ทการ์ดของเทอร์มินอลเสียหายได้

หลังจากที่จ่ายกระแสไฟฟ้าและตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของ Vcc ว่าคงที่แล้ว ให้ทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณ RST เป็นลอจิก 0 ในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 400 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาหรือ 112 ไมโครวินาที แต่ไม่เกิน 40,000 ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาหรือ 11.2 มิลลิวินาทีแล้วจึงค่อยเปลี่ยนสัญญาณ RST เป็นลอจิก 1 ซึ่งชิปสมาร์ทการ์ดจะทำการรีเซตตัวเองที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณ RST การรีเซตแบบนี้เรียกว่า Cold Reset การรีเซตด้วยวิธีนี้จะทำให้ชิปสมาร์ทการ์ดทำการเคลียร์ข้อมูลภายในหน่วยความจำชั่วคราวต่างๆ ให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้นทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากการรีเซตด้วยคำสั่งของสมาร์ทการ์ด (คำสั่ง Card Present) หรือที่เรียกว่า Warm Reset การรีเซตวิธีนี้จะทำโดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ RST แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับ Cold Reset แต่ไม่มีการตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ชิป การรีเซตแบบนี้จะทำให้ชิปสมาร์ทการ์ดกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้นแต่ข้อมูลภายในหน่วยความจำชั่วคราวต่างๆ จะยังคงอยู่เช่นเดิมในสถานะก่อนที่จะรีเซต




**รูปที่ 2.13** ไทม์มิ่งไดอะแกรมการรีเซตชิปสมาร์ทการ์ด

จากไทม์มิ่งไดอะแกรมในรูปที่ 2.13 จะเห็นได้ว่า หลังจากที่ทำการจ่ายกระแสไฟให้แก่ชิปสมาร์ทการ์ด สัญญาณรีเซตจะต้องเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 เป็นระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 400 ไซเคิลสัญญาณนาฬิกา และไม่เกิน 40,000 ไซเคิล สัญญาณนาฬิกา (T1) จากนั้นทำการเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 ซึ่งชิปสมาร์ทการ์ดจะทำการรีเซตที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณรีเซต

หลังจากที่ชิปสมาร์ทการ์ดทำการรีเซตตัวเองเรียบร้อยแล้วชิปสมาร์ทการ์ดจะทำการส่งข้อมูล ATR (Answer To Reset)หรือสัญญาณตอบรับการรีเซตเพื่อบอกชนิดของโปรโตคอลสำหรับติดต่อสื่อสาร เนื่องจากเราไม่มีทางทราบได้ว่าสมาร์ทการ์ดที่เสียบเข้ามานั้นเป็นสมาร์ทการ์ดชนิดใด สำหรับอัตราการส่งข้อมูล ATR จะใช้อัตราส่วนเท่ากับ CLK/372 (Asynchronous) หรือ9600 บิตต่อวินาที (Synchronous) ซึ่งความถี่ของสัญญาณนาฬิกาของสมาร์ทการ์ดชนิดหน่วยความจำ เกิดจากการเปลี่ยนลอจิก 0 และ 1 ไปมาต่อเนื่องกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องของระยะเวลาเพราะการรับ-ส่งข้อมูลในแต่ละบิตจะสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาโดยตรง แต่ถ้าเป็นสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์ข้อมูลที่รับ-ส่งไม่ต้องสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เพียงกำหนดอัตราการรับ-ส่งข้อมูลเป็น 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถติดต่อสื่อสารได้แล้ว ส่วนสัญญาณนาฬิกาก็ป้อนให้ด้วยความถี่ 3.5712 เมกะเฮิรตซ์ต่อเนื่องกัน (Continuos Clock) ดังนั้นในตอนแรกที่รอรับข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดให้เตรียมการสื่อสารแบบซิงโครนัสไว้เป็นแบบแรกก่อน หากรับข้อมูลไม่ได้หรือรับข้อมูลได้แต่นำข้อมูลมาตีความหมายได้ไม่ถูกต้องให้ทำการรีเซตสมาร์ทการ์ด แล้วเปลี่ยนไปใช้การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส แล้วรอรับข้อมูลมาตรวจสอบดูอีกครั้ง ถ้ายังไม่สามารถรับข้อมูลได้หรือตีความหมายของข้อมูลไม่ได้อีก ให้ถือว่าไม่สามารถใช้งานสมาร์ทการ์ดใบนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

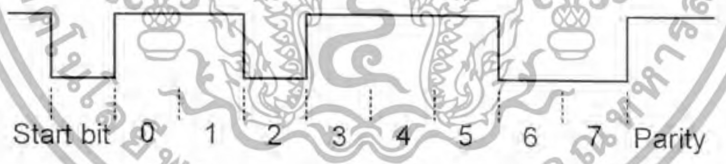
## 2.12 ส่วนประกอบของข้อมูล ATR (Answer To Reset)

หลังจากที่ทำการรีเซตด้วยขอบขาขึ้นของสัญญาณ RST ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (ตามสเปกของสมาร์ทการ์ดแต่ละรุ่น) ชิปสมาร์ทการ์ดจะทำการส่งข้อมูล ATR กลับออกมา ซึ่งข้อมูล ATR เปรียบเสมือนข้อมูลตัวอย่างสำหรับช่วยในการค้นหาโปรโตคอล ที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดใบนั้นๆ เนื่องจากในตอนแรกเราจะไม่มีทางทราบได้เลยว่าสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้งานเป็นชนิดใดและใช้โปรโตคอลแบบใดในการติดต่อสื่อสาร ดังนั้นจึงต้องการวิเคราะห์ข้อมูล ATB เพื่อให้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารของสมาร์ทการ์ดใบนั้นๆ เป็นขั้นตอนแรกๆ ของการสื่อสาร

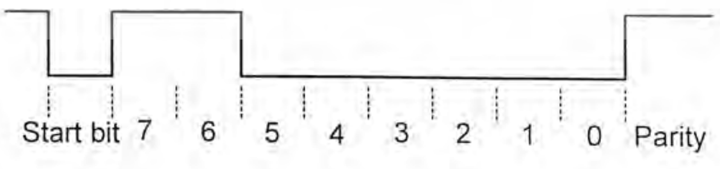
ข้อมูลที่ ATR ที่ถูกส่งออกมาจะมีลักษณะที่เป็นโซ่ลูก (Link chain) นั้นก็คือ ข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มจะมีข้อมูลควบคุม (Control byte) เป็นข้อมูลไบต์แรกของกลุ่ม (T0,TDx) ข้อมูลควบคุมนี้จะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงจำนวนข้อมูลสมาชิกในกลุ่ม (Tax,TBx,TCx) ที่จะถูกส่งตามมา โดยข้อมูลสมาชิกไม่จำเป็นต้องถูกส่งออกมาครบทุกตัว และบิตที่ 7 ของข้อมูลควบคุมจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลกลุ่มถัดไปอีกหรือไม่ หากไม่มีก็จะถูกปิดท้ายด้วยกลุ่มข้อมูลปิดท้าย (Hitorical Character – T1-T2-T3,…Tn) และ TCK (Check Character)

### 2.12.1 อินทิเชียลชาแรกเตอร์ TS (Initial character)

อินทิเชียลชาแรกเตอร์เป็นข้อมูลขนาด 1 ไบต์ที่จะบอกให้ทราบว่ารูปแบบการส่งข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในไบต์ถัดๆ ไปเป็นแบบ Direct convention หรือ Inverse convention โดยที่อินทิเชียลชาแรกเตอร์นี้จะมีการรูปแบบที่ตรงกัน ข้อมูลที่ส่งมานั้นจะมีค่าเป็น 3B สำหรับแทนการสื่อสารแบบ Direct convention และ 3F สำหรับแทนการสื่อสารแบบ Converse convention ดังรูปที่ 2.14




ข้อมูล Initial character(TS) ค่า 3B(hex) ในรูปแบบ Direct convention




ข้อมูล Initial character(TS) ค่า 3B(hex) ในรูปแบบ Converse convention

รูปที่ 2.14 ข้อมูลอินทิเชียลชาแรกเตอร์ในรูปแบบของ Direct convention และ Converse convention

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.12.2 ฟอร์แมทชาแรกเตอร์ TO (Format character)**

ฟอร์แมทชาแรกเตอร์ เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกจำนวนข้อมูลที่จะตามมาและจำนวนไบต์ของ Historical character(T1, T2, T3, ... Tn) ซึ่งข้อมูล ฟอร์แมทชาแรกเตอร์จะสามารถพบได้จากสมาร์ทการ์ดทุกใบที่มีการส่งข้อมูล ATR สำหรับความหมายของฟอร์แมทชาแรกเตอร์ สามารถอธิบายได้ด้วยตารางที่ 2.1

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | |
| - | - | - | - | X | X | X | X | จำนวนข้อมูล Historical character (T1, T2, T3, ... Tn) |
| - | - | - | 1 | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TA1 |
| - | - | 1 | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TB1 |
| - | 1 | - | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TC1 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TD1 |

**ตารางที่ 2.1** ตารางแสดงความหมายของฟอร์แมทชาแรกเตอร์

**2.12.3 อินเตอร์เฟสชาแรกเตอร์ (Interface characters)**

อินเตอร์เฟสชาแรกเตอร์เป็นข้อมูลที่ส่งต่อจากข้อมูล T0 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลหลายไบต์ แต่ละไบต์มีความหมายดังนี้

TA1 – เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงแทนอัตราหารความถี่สัญญาณนาฬิกา (ค่า FI) ซึ่งอยู่ในข้อมูล 4 บิตของข้อมูล TA1 และ Adjustment factor (DI) ซึ่งอยู่ในข้อมูล 4 บิตล่างของข้อมูล TA1

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **F** | Internal CLK | 372 | 558 | 744 | 1116 | 1488 | 1860 | RFU |
| **FI** | 0000 | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 |
| **Fs** | - | 5 | 6 | 8 | 12 | 16 | 20 | - |
| **F** | RFU | 512 | 768 | 1024 | 1536 | 2048 | RFU | RFU |
| **FI** | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |
| **fs** | - | 5 | 7.5 | 10 | 15 | 20 | - | - |

**ตารางที่ 2.2** อัตราหารความถี่สัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **D** | RFU | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | RFU | RFU |
| **DI** | 0000 | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 |
| **D** | RFU | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/64 | - |
| **DI** | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | - |

**ตารางที่ 2.3** Adjustment factor

ข้อมูลอัตราหารความถี่สัญญาณนาฬิกา และ Adjustment factor เป็นข้อมูลที่ช่วยในการคำนวณค่าคุณสมบัติของสัญญาณต่างๆ ที่ต้องใช้ในชิปสมาร์ทการ์ดจากสูตรคำนวณต่อไปนี้

สำหรับสัญญาณนาฬิกาภายใน

Initial etu = 1/9600 Sec    Work etu = (1/D) × (1/9600)

สำหรับสัญญาณนาฬิกาภายนอก

Initial etu = 372/fi Sec    Work etu = (1/D) × (F/fs)

Etu (Elementary Time Unit)– ระยะความกว้างของสัญญาณข้อมูลในแต่ละบิต

Initial etu – ระยะความกว้าง ระหว่างบิตของข้อมูล ATR และ PTS

Work etu – ระยะความกว้างระหว่างบิตของโปรโตคอลที่ตามหลังข้อมูล ATR และ PTS ซึ่งไม่ขึ้นตรงต่อ ATR

fi – ความถี่ที่ป้อนให้แก่ชิปสมาร์ทการ์ด

fs – ความถี่สูงสุดที่ชิปสมาร์ทการ์ดสามารถทำงาน ได้ มีหน่วยเป็นเมกะเฮิรตซ์

TB1 – เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าสำหรับเขียนข้อมูล (Vpp) ข้อมูลตัวนี้มีการใช้งานในสมาร์ทการ์ดที่มีหน่วยความจำชนิด EEPROM ซึ่งสามารถพบได้ในสมาร์ทการ์ดรุ่นใหม่ๆ ภายในมีการจัดข้อมูลออกเป็นสองส่วนคือ PI1 และ PI2 โดยค่าทั้งสองจะเป็น 0 สำหรับสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์

| บิตข้อมูล | | | | | | | | IFSC (Information Field Size of the Card) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | |
| 0 | X | - | - | - | - | - | - | II |
| - | - | | X | X | X | X | X | PI1 |

**ตารางที่ 2.4** รูปแบบข้อมูล TB1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TC1 – เป็นข้อมูลที่ใช้แสดงถึงส่วนเพิ่มเติมของ Guard time (ค่า N) ใช้สำหรับกำหนดจำนวนระยะความกว้างของสัญญาณที่เพิ่มขึ้นมาซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 254 ส่วนค่า 255 จะใช้สำหรับกำหนดค่า N และจะสำพันธ์กับโปรโตคอลที่ใช้ด้วย

| บิตข้อมูล | | | | | | | | IFSC (Information Field Size of the Card) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | |
| X=255, T=0 | | | | | | | | N=12 etu |
| X=255, T=1 | | | | | | | | N=11 etu |

ตารางที่ 2.5 รูปแบบข้อมูล TC1

TDi (I ลำดับที่ของ TD) – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกจำนวนข้อมูลที่จะตามมาเป็นจำนวนไบต์และชนิดของโปรโตคอล (ในกรณีที่เป็นสมาร์ทการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์) ในกรณีที่ไม่มีการส่งข้อมูล TD ออกมาให้สันนิษฐานว่ามีโปรโตคอล T=0 เอาไว้ก่อน (เมื่อใช้วิธีสื่อสารแบบอะซิงโครนัส)

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | |
| - | - | - | - | X | X | X | X | โปรโตคอลที่ใช้ (0-15) |
| - | - | - | 1 | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TAi+1 |
| - | - | 1 | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TBi+1 |
| - | 1 | - | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TCi+1 |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - | บิตแสดงการส่งข้อมูล TDi+1 |

ตารางที่ 2.6 รูปแบบของข้อมูล TDi

TA2 – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึง โหมดที่จะใช้ในการเลือกโปรโตคอล (PTS – Protocol Type Selection) ซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| 0 | - | - | - | - | | | | สามารถสลับโหมดระหว่าง Negoriable mode กับ Specific mode ได้ |
| 1 | - | - | - | - | | | | ไม่สามารถสลับโหมดระหว่าง Negoriable mode กับ Specific mode ได้ |
| - | 0 | 0 | - | - | | | | สงวนไว้ใช้ในภายหลัง |
| - | - | - | 0 | - | | | | โปรโตคอลสำหรับรับ-ส่งข้อมูลมีการกำหนดอย่างชัดเจนใน Interface character |
| - | - | - | 1 | - | | | | โปรโตคอลสำหรับรับ-ส่งข้อมูลมีการกำหนดอย่างคร่าวๆ ใน Interface character |
| - | - | - | - | X | | | | หมายเลขโปรโตคอลที่ใช้ (T=?) |

**ตารางที่ 2.7** รูปแบบของข้อมูล TA2

TB2 – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงปริมาณแรงดันไฟฟ้าของ Vpp ซึ่งข้อมูลภายในจะมีความหมายเป็นเลขฐาน 10

| บิตข้อมูล | | | | | | | | IFSC (Information Field Size of the Card) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| X | | | | | | | | PI2 |

**ตารางที่ 2.8** รูปแบบของข้อมูล TB2

TC2 – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงค่าของ Work Waiting time ซึ่งจะเป็นระยะห่างสูงสุดของขอบขาบนของสัญญาณสองสัญญาณ หากไม่มีการส่ง TC2 จะถือว่า Work Waiting time มีค่าเป็น 10 โดยปริยาย

Work Waiting time = ( 960 x D x W ) work etu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| X | | | | | | | | WI |

**ตารางที่ 2.9** รูปแบบของข้อมูล TC2

TAi ( i > 2) – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงขนาดของบัฟเฟอร์ที่ชิปสมาร์ทการ์ดจะสามารถรับข้อมูลได้ โดยค่าที่เป็นไปได้จะอยู่ระหว่าง 1ถึง 254 และค่าเริ่มต้นจะอยู่ที่ 32 ไบต์

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| X | | | | | | | | IFSC |

**ตารางที่ 2.10** รูปแบบของข้อมูล Tai เมื่อ i > 2

TBi ( i > 2) – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงค่า CWT (character wait time) และ BWT (Block Wait Time ) ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร

CWT = $(2^{CWI} + 11)$ work etu

BWT = 2 x 960 x (372/f)s +11 work etu

f – ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| - | | | | X | | | | CWI |
| X | | | | - | | | | BWI |

**ตารางที่ 2.11**.รูปแบบของข้อมูล TBi เมื่อ i > 2

TCi (i > 2) – เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับบอกให้ทราบถึงวิธีที่ใช้ในการคำนวณค่าตรวจสอบความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| - | - | - | - | - | - | - | 0 | LCR |
| - | - | - | - | - | - | - | 1 | CRC |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | สงวนไว้ใช้ในภายหลัง |

**ตารางที่ 2.12** รูปแบบของข้อมูล TCi เมื่อ i > 2

**2.12.4 ฮิสทอริคอลชาแรกเตอร์ (Historical character)**

ข้อมูลฮิสทอริคอลชาแรกเตอร์ไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็นข้อมูลมาตรฐานสำหรับสมาร์ทการ์ดทุกชนิด ซึ่งสมาร์ทการ์ดบางรุ่นส่งเฉพาะข้อมูลชื่อรหัสรุ่น และจำนวนหน่วยความจำของชิปสมาร์ทการ์ดออกมา บางรุ่นส่งเฉพาะข้อมูลหมายเลขประจำชิปออกมา (Card ID ) ซึ่งไม่ซ้ำกับสมาร์ทการ์ดรุ่นเดียวกันในสายการผลิตเดียวกัน แต่บางรุ่นก็ไม่ส่งอะไรออกมาเลย ฯลฯ ดังนั้นข้อมูลในส่วนนี้จึงไม่ค่อยมีประโยชน์ต่อการติดต่อสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ดมากนัก

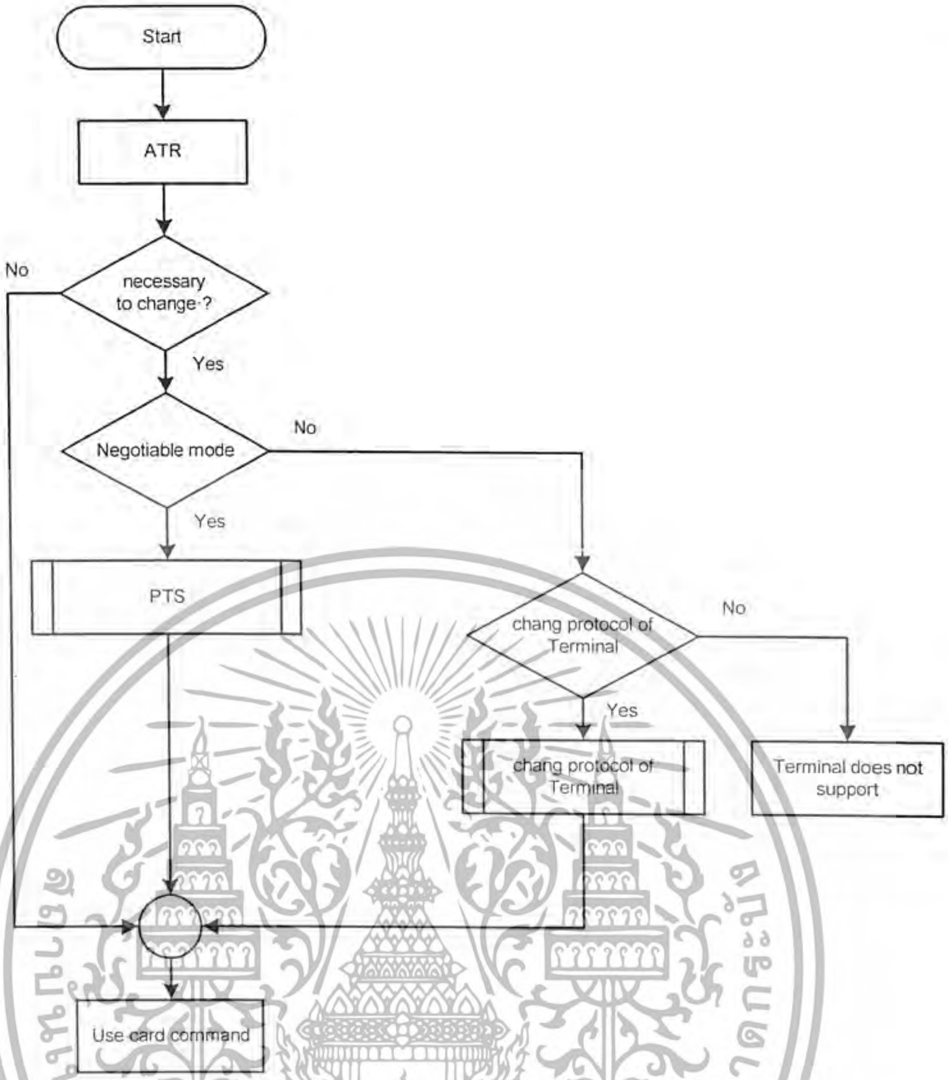
**2.12.5 ชาแรกเตอร์ตรวจสอบ (Check character)**

ชาแรกเตอร์ตรวจสอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการ X-OR ข้อมูล ATR ตั้งแต่ Format character (T0) จนถึงข้อมูลไบต์สุดท้าย ซึ่งจะช่วยให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ATR ที่ได้รับจากชิปสมาร์ทการ์ดได้อย่างง่ายๆ แต่ในบางครั้งชาแรกเตอร์ตรวจสอบอาจไม่มีการส่งกลับออกมาในบางโปรโตคอล

**2.13 การเลือกชนิดโปรโตคอลสำหรับติดต่อกับสมาร์ทการ์ด (PTS – Protocol Type Selection)**

สมาร์ทการ์ดรุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบัน มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารหลายรูปแบบในตัวเองการที่เทอร์มินอลต้องทำการติดต่อสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดโดยตรงนั้น จำเป็นต้องเลือกโปรโตรคอลที่ใช้ในการสื่อสารให้ตรงกัน เนื่องจากสมาร์ทการ์ดแต่ละรุ่นจะมีการกำหนดโปรโตคอลเริ่มต้นไว้อยู่แล้ว หากเทอร์มินอลติดต่อกับชิปสมาร์ทการ์ดโดยไม่ต้องตรวจสอบ และเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ดจะทำให้ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ หรือถ้าสามารถทำได้ก็จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับ-ส่งมีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดค่อนข้างมาก แต่ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่ามีโปรโตคอลที่ตรงกันก็สามารถข้ามขั้นตอนการเลือกโปรโตคอลและใช้งานสมาร์ทการ์ดได้ทันที

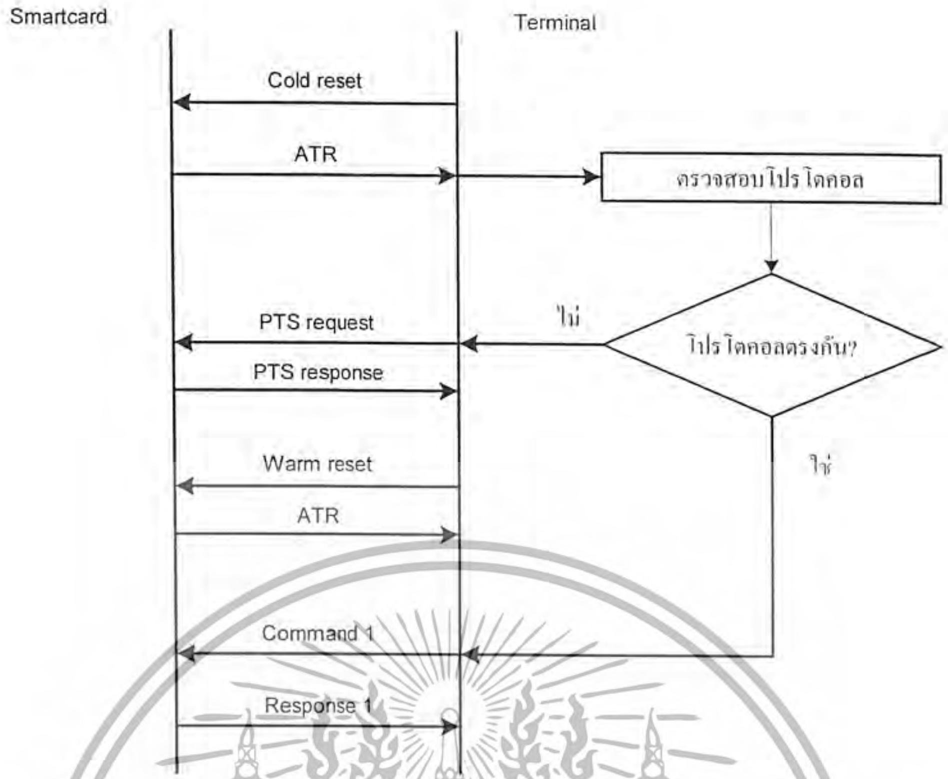
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.15 ขั้นตอนตรวจสอบการเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ด

การเลือกชนิดโปรโตคอลสำหรับติดต่อสมาร์ทการ์ด เป็นขั้นตอนที่สลับซับซ้อนที่ต้องอาศัยความเข้าใจในเรื่องของข้อมูล ATR ( Answer To Reset) ที่สมาร์ทการ์ดส่งกลับมา และการรีเซตชิปสมาร์ทการ์ดเป็นพิเศษ ซึ่งการเลือกโปรโตคอลนั้นจะทำโดยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรบางตัวเช่น FI, DI, Guard time (ค่า N) และหมายเลขโปรโตคอล ในการเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ดมีการทำงานในสองโหมดคือ Negotiable mode และ Specification mode เราจะทราบถึงโหมดการติดต่อกับสมาร์ทการ์ดได้จากข้อมูล AT2 ของ ATR

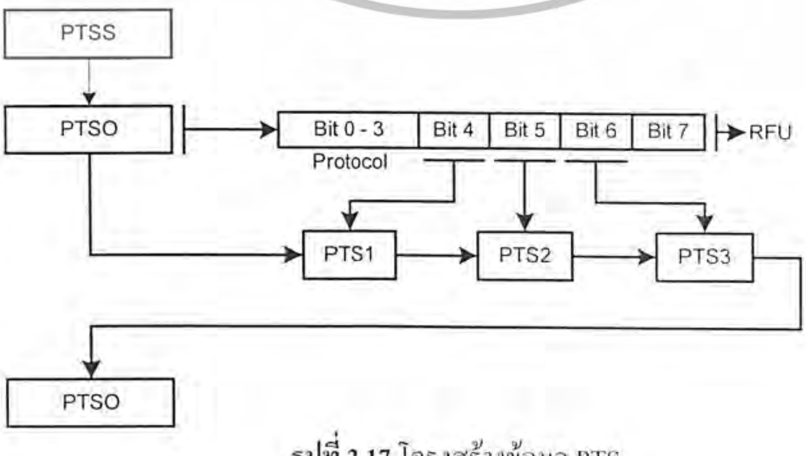
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.16** ขั้นตอนการเปลี่ยนโปรโตคอลของสมาร์ทการ์ด

ในการส่งข้อมูล PTS เพื่อขอเปลี่ยนโปรโตคอลจะทำทันทีหลังจากที่ได้รับข้อมูล ATR หลังจากทำการส่งข้อมูล PTS ไปแล้ว หากเป็นสมาร์ทการ์ดชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงโปรโตคอลได้ สมาร์ทการ์ดจะทำการส่งข้อมูล PTS คืนมาให้ แต่ถ้าไม่มีข้อมูลใดๆ ส่งกลับมาก็เป็นไปได้ว่าสมาร์ทการ์ดชนิดนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโปรโตคอลได้ หากต้องการเปลี่ยนโปรโตคอลอีกก็สามารถทำซ้ำได้โดยทำการรีเซตสมาร์ทการ์ด และรอรับข้อมูล ATR แล้วจึงทำการส่งข้อมูล PTS ไปใหม่

ข้อมูล PTS ที่จะใช้ส่งให้กับสมาร์ทการ์ดเพื่อเปลี่ยนโปรโตคอลจะมีลักษณะเป็นลูกโซ่คล้ายกับข้อมูล ATR แต่จะมีความยาวที่น้อยกว่า ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 2.17




**รูปที่ 2.17** โครงสร้างข้อมูล PTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.17 จะเห็นได้ว่าข้อมูล PTS มีความคล้ายคลึงกับข้อมูล ATR ซึ่งข้อมูล PTS จะมีข้อมูล PTSS เป็นข้อมูลนำ ข้อมูล PTS0 เป็นข้อมูลของหมายเลขโปรโตคอล และข้อมูล PTS1, PTS2, PTS3, ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของโปรโตคอล โดยข้อมูล PTSS เป็นข้อมูลที่ไม่ค่อยมีการเปิดเผยมากนัก แต่มักจะใช้เป็นค่า FF(Hex) ส่วนข้อมูล PTS0, PTS1, PTS2 เป็นข้อมูลของโปรโตคอลที่ต้องการ สำหรับข้อมูล PTS3 ยังไม่พบว่ามีการใช้งาน

| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| - | - | - | - | | | X | | หมายเลขโปรโตคอลที่ต้องการใช้งาน |
| - | - | - | 1 | | | | | บิตแสดงการส่งข้อมูล PTS1 |
| - | - | 1 | - | | | | | บิตแสดงการส่งข้อมูล PTS2 |
| - | 1 | - | - | | | | | บิตแสดงการส่งข้อมูล PTS3 |
| 0 | - | - | - | | | | | สงวนไว้ใช้ในภายหลัง |

**ตารางที่ 2.13** รูปแบบของข้อมูล PTS0

| บิตข้อมูล | | | | | | | | IFSC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | (Information Field Size of the Card) |
| X | | | | - | | | | FI |
| - | | | | X | | | | DI |

**ตารางที่ 2.14** รูปแบบของข้อมูล PTS1

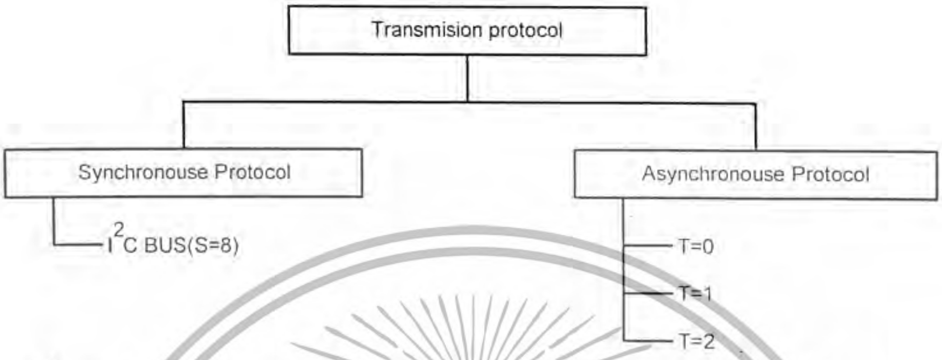
| บิตข้อมูล | | | | | | | | ความหมาย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 | |
| - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | ไม่มีการแก้ไข Guard time |
| - | - | - | - | - | - | 0 | 1 | N=255 |
| - | - | - | - | - | - | 1 | 0 | เพิ่ม Guard time 12 etu |
| X | X | X | X | X | X | - | - | สงวนไว้ใช้ในภายหลัง |

**ตารางที่ 2.15** รูปแบบข้อมูล PTS2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.14 โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ทการ์ด

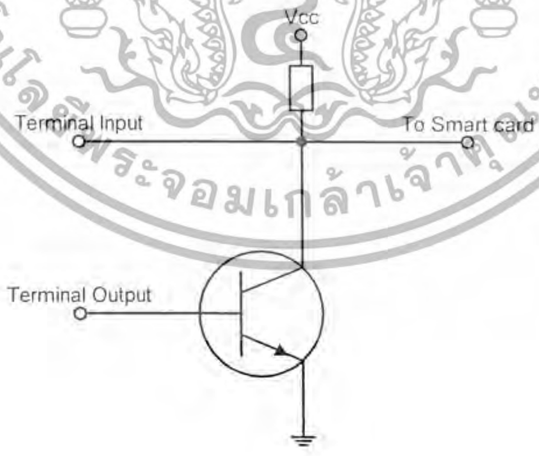
การสื่อสารกับชิปสมาร์ทการ์ด จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลในการสื่อสารที่แตกต่างกันตามชนิดของสมาร์ทการ์ด ดังที่ทราบไปแล้วว่าสมาร์ทการ์ดมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือหน่วยความจำและชนิดโปรเซสเซอร์โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารกับสมาร์ทการ์ดจึงถูกแบบเป็น 2 ชนิดหลักเช่นกันคือ การสื่อสารแบบซิงโครนัสและการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสซึ่งทั้งสองแบบมีรายละเอียดย่อยดังรูป




รูปที่ 2.18 รายละเอียดของการสื่อสารแบบซิงโครนัสและอะซิงโครนัสในสมาร์ทการ์ด

### 2.15 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ด ( Smart card Interface)

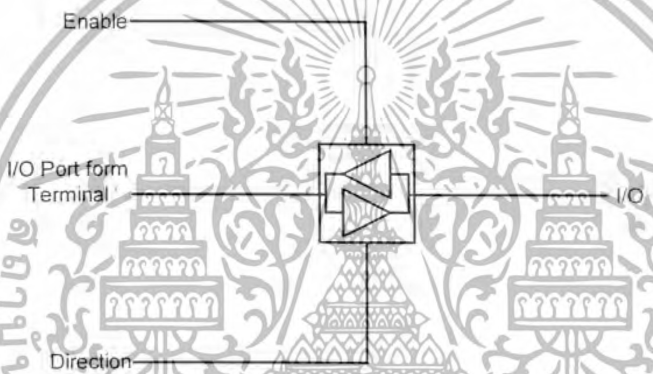
ในการสร้างวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับชิปสมาร์ทการ์ดเป็นเรื่องที่ไม่ยากนักหากมีพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ การที่สมาร์ทการ์ดถูกแบ่งออกเป็นสองชนิดทำให้วงจรสำหรับเชื่อมต่อต้องมีการออกแบบที่แตกต่างกัน ลำพังเพียงการใช้ซอฟต์แวร์มาควบคุมการเปลี่ยนระดับสัญญาณเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำได้อย่าง แน่นอน ดังนั้นการใช้ฮาร์ดแวร์เข้าช่วยเป็นทางออกที่ดีกว่า




รูปที่ 2.19 ตัวอย่างวงจรสำหรับติดต่อกับชิปสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับชิปสมาร์ทการ์ด จะเป็นวงจรที่ทำงานในลักษณะแบบเดียวกับวงจรดิจิตอลชนิด C-MOS ซึ่งสามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟฟ้า 3 – 15 โวลต์ แต่ในสมาร์ทการ์ดมีการใช้งานเพียง 3 โวลต์เท่านั้น จากรูปที่ 2.19 จะเห็นได้ว่าเพียงทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวก็สามารถเชื่อมต่อกับชิปสมาร์ทการ์ดได้แล้ว วิธีการนี้ในสภาวะนิ่ง (Idle) ระดับลอจิก (แรงดันไฟฟ้า) ที่ขาเบสจะเป็น 0 ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน เมื่อมีข้อมูลส่งมาที่ขาเบสกระแสที่เกิดขึ้นจากบิตข้อมูลที่เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน สัญญาณข้อมูลจะไปปรากฏที่ขาคอลเล็กเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ขาคอลเล็กเตอร์จะถูกส่งต่อให้กับชิปสมาร์ทการ์ดโดยตรง ในทางกลับกันถ้าชิปสมาร์ทการ์ดทำการส่งข้อมูลกลับออกมาที่ขาคอลเล็กเตอร์ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขาคอลเล็กเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงตามลอจิกของบิตข้อมูลที่ส่งมาจากชิปสมาร์ทการ์ด โดยขณะที่บิตที่มีค่าเป็น 1 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาคอลเล็กเตอร์จะคงที่ แต่ถ้าบิตที่มีค่าเป็น 0 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาคอลเล็กเตอร์จะลดลงเช่นกัน หรืออีกวิธีหนึ่งที่ง่ายกว่าวิธีการใช้ทรานซิสเตอร์ เราสามารถใช้วงจรลอจิก (C-MOS) มาต่อเป็นวงจรง่ายๆ ดังรูปที่ 2.20



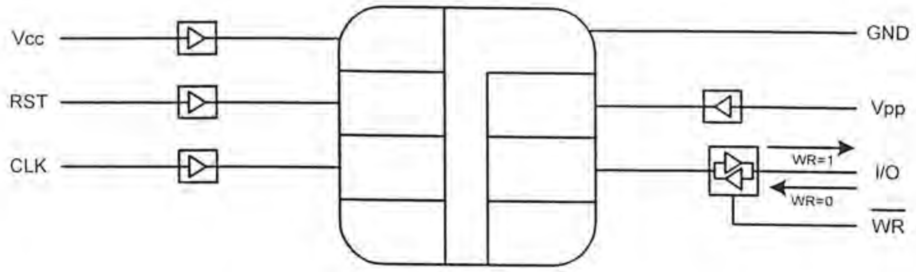

**รูปที่ 2.20** ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อกับชิปสมาร์ทการ์ดด้วยวงจรลอจิก (C-MOS)

ในการเชื่อมต่อกับสมาร์ทการ์ดทั้งชนิดหน่วยความจำและ ชนิดโปรเซสเซอร์จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของสัญญาณนาฬิกา (CLK) และวิธีการรับ-ส่งข้อมูล (I/O) ซึ่งในที่นี้จะทำการแยกวงจรออกเป็นสองแบบดังนี้

**2.15.1 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Memory (Synchronous card Interface)**

การเชื่อมต่อชิปสมาร์ทการ์ดชนิด Memory เราจะทำการสวิงสัญญาณนาฬิกาเองเพื่อกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลแต่ละบิต สำหรับข้อมูล I/O เราสามารถใช้บิตข้อมูลแบบสองทิศทางเพียงบิตเดียวโดยกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณ $\overline{WR}$ ซึ่งจะมีลอจิกเป็น 0 เมื่อต้องการส่งข้อมูลให้แก่สมาร์ทการ์ดดังรูปที่ 2.21

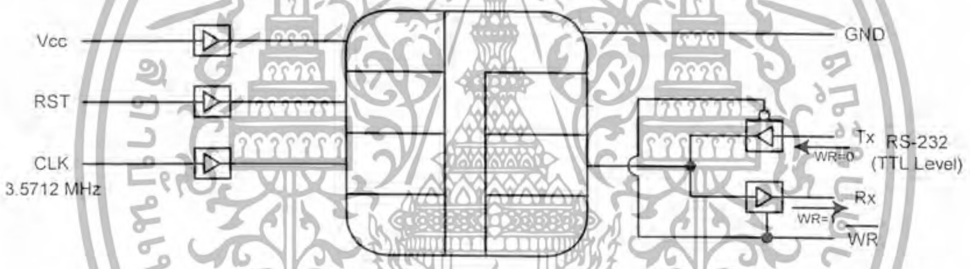
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.21** ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อชิปสมาร์ททการ์ดชนิดหน่วยความจำ

**2.15.2 การเชื่อมต่อชิปสมาร์ททการ์ดชนิด Processor (Asynchronous card Interface)**

ในกรณีที่เป็นสมาร์ททการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์วงจรเชื่อมต่อจะมีความยุ่งยากมากขึ้น สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้แก่ชิปสมาร์ททการ์ด จะเป็นสัญญาณนาฬิกาแบบต่อเนื่อง (Continuous clock) ที่ความถี่ 3.5712 เมกะเฮิรตซ์ ตลอดเวลาที่ใช้งาน ส่วน I/O จะใช้การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสโดยใช้สัญญาณ $\overline{WR}$ เป็นตัวกำหนดช่วงการรับหรือส่งข้อมูล ซึ่งในสภาวะปกติจะรอรับข้อมูลตลอดเวลา ($\overline{WR} = 1$) ดังรูปที่2.22




**รูปที่ 2.22** ตัวอย่างวงจรเชื่อมต่อชิปสมาร์ททการ์ดชนิดโปรเซสเซอร์

2.16 สมาร์ททการ์ดรีดเดอร์

ส่วนสำคัญที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับสมาร์ททการ์ดก็คือ สมาร์ททการ์ดรีดเดอร์ เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสกับชิปสมาร์ททการ์ดโดยตรง ทำให้สมาร์ททการ์ดรีดเดอร์ต้องถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ ซึ่งสมาร์ททการ์ดรีดเดอร์เป็นชิ้นส่วนที่มีราคาสูงที่สุดในบรรดาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมาร์ททการ์ดทั้งหมด เพราะส่วนที่เป็นขาโลหะที่ใช้กดลงหน้าสัมผัสชิปต้องผลิตด้วยโลหะที่มีคุณสมบัติที่ทนทาน แต่ต้องไม่ทำอันตรายต่อหน้าสัมผัสชิปสมาร์ททการ์ด และต้องมีขนาดตรงตามมาตรฐาน ISO7816-2 ทำให้ต้องใช้วัสดุและกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากมากกว่าปกติ สมาร์ททการ์ดรีดเดอร์ที่ใช้กันอยู่ มีสองชนิดตามชนิดการเชื่อมต่อของสมาร์ททการ์ด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.16.1 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิดหน้าสัมผัส

สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิดหน้าสัมผัส เป็นสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิดแรกที่ถูกสร้างพร้อมๆ กับสมาร์ทการ์ดถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรก โดยมีส่วนประกอบของโครงหลักของสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์, ขาสัมผัส และสวิตช์ตรวจสอบบัตร ซึ่งโครงหลักของสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์เป็นแผ่นพลาสติกที่ขึ้นรูปสำหรับเป็นช่องทางให้สมาร์ทการ์ดสอดเข้ามา โดยส่วนในสุดของช่องจะติดตั้งสวิตช์ตรวจสอบบัตร เมื่อบัตรถูกสอดเข้ามาจนสุด ตัวบัตรจะไปกดสวิตช์ตรวจสอบบัตรทำให้สวิตช์ ON ทำให้เทอร์มินอลทราบได้ว่ามีบัตรสอดเข้ามา นอกจากนี้โครงหลักของสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์จะมีการเจาะช่องสำหรับติดตั้งขาสัมผัสในตำแหน่งที่ตรงกับหน้าสัมผัสของสมาร์ทการ์ด

สำหรับสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ที่ใช้กับบัตรชนิด ID-000 ส่วนมากใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM และเครื่อง EDC รุ่นใหม่ๆ ที่สามารถในการทำรายการเกี่ยวกับสมาร์ทการ์ด ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกับสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ที่ใช้กับบัตรชนิด ID-1 แต่บัตรชนิด ID-000 จะอยู่ในสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ตลอดเวลาเท่านั้นเอง

### 2.16.2 สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิด Contactless

สมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิด Contactless จะแตกต่างจากชนิดหน้าสัมผัส เนื่องจากสมาร์ทการ์ดชนิด Contactless ใช้คลื่นวิทยุความถี่ 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ทำให้ส่วนที่เป็นขาสัมผัสต้องเปลี่ยนเป็นวงจรรับส่งและสารส่งคลื่นวิทยุ ซึ่งมีหลักการคล้ายกับเครื่องรับส่งคลื่นวิทยุ ซึ่งคลื่นที่รับส่งนั้นจะมีความแรงคลื่นไม่สูงนัก ทำให้ระยะการรับส่งข้อมูลลดลง โดยปกติแล้วจะอยู่ในระยะเพียง 3 ถึง 10 เซนติเมตร เท่านั้น (ความผิดพลาดของข้อมูลน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์) แต่ก็มีสมาร์ทการ์ดรีดเดอร์ชนิด Contactless บางรุ่นสามารถทำระยะได้สูงถึง 1-10 เมตร ทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินกว่าจะยอมรับได้ในงานบางอย่าง

## 2.17 สมาร์ทการ์ดเบอร์ SLE4442 ของบริษัท SIEMENS

### 2.17.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ SLE4442

ใช้หน่วยความจำ EEPROM 8 บิต ความจุข้อมูล 256 ไบต์

- ใช้รูปแบบของ ATR (Answer To Reset) ตามมาตรฐาน ISO7816-3
- อินเตอร์เฟสแบบซิงโครนัส (Synchronous) ตามมาตรฐาน ISO7816
- ป้องกันการเขียนข้อมูลด้วยรหัสผ่าน PSC (Programmable Security Code)
- การลบและเขียนข้อมูลในแต่ละไบต์ใช้เวลาเพียง 2.5 มิลลิวินาที
- มีฟังก์ชันป้องกันข้อมูลในพื้นที่หน่วยความจำ 32ไบต์แรก โดยสามารถจะกำหนดให้ข้อมูลที่เขียนลงไปยังพื้นที่ช่วงดังกล่าวถูกเขียนลงไปอย่างถาวรได้

จากไดอะแกรมในรูปที่ 2.23 จะเห็นได้ว่าหน่วยความจำขนาด 256 ไบต์ ที่อยู่ภายใน SLE4442 จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ข้อมูลในช่วง 32 ไบต์แรกซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระบบป้องกันการเขียนข้อมูลทับ และหน่วยความจำส่วนถัดมาซึ่งเป็นอีอีพรอม (EEPROM) ที่สามารถทั้งเขียนและอ่านได้ กลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

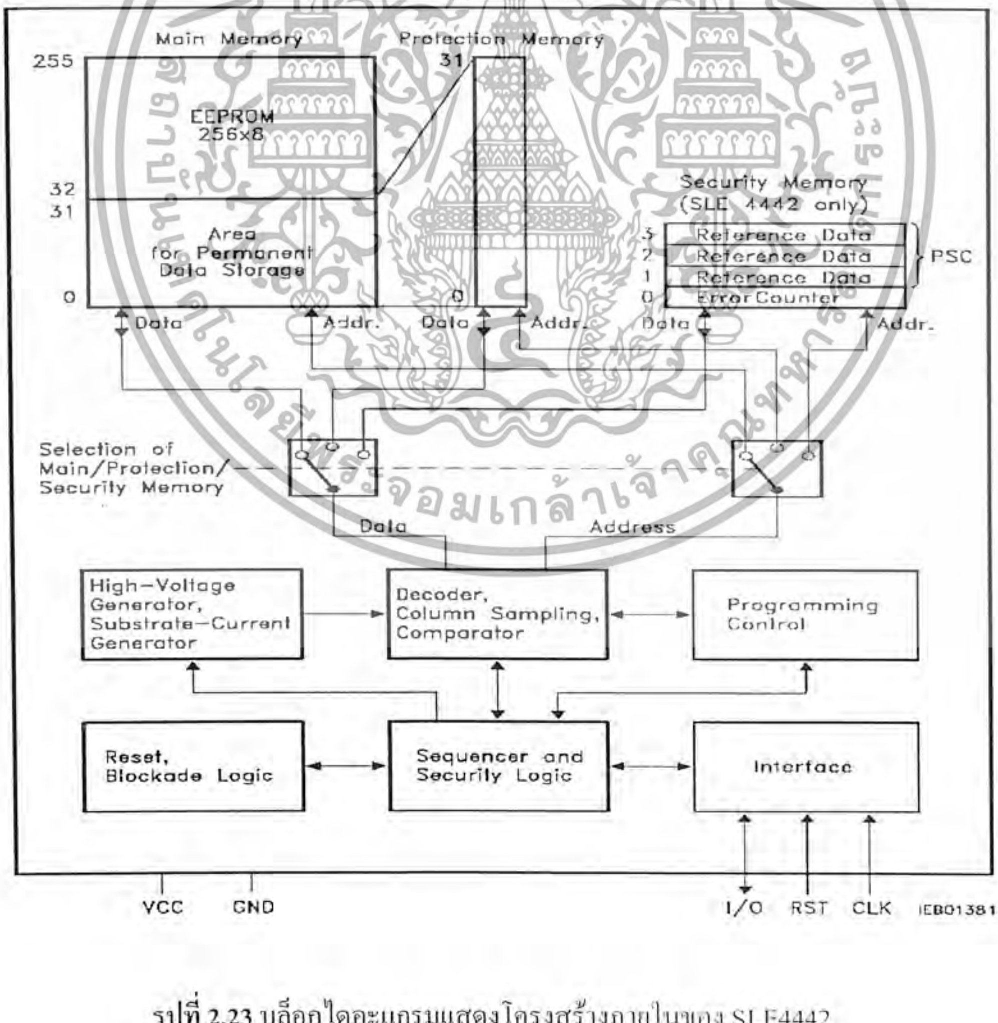
ในการปกป้องข้อมูลของ SLE4442 มาจากส่วนที่เป็น Security Memory ที่ได้รับการปกป้องโดยข้อมูลสำคัญ 2 ส่วน คือ

1 Reference Data (PSC) เป็นข้อมูลขนาด 3 ไบต์ ที่เก็บค่าของรหัสผ่านสำหรับการเข้าไป

แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำเอาไว้ รหัส PSC จะถูกกำหนดเป็นค่าหนึ่งมาโดยผู้ผลิตซึ่งสามารถจะมาปรับเปลี่ยนเองได้ในภายหลังเมื่อใช้งาน

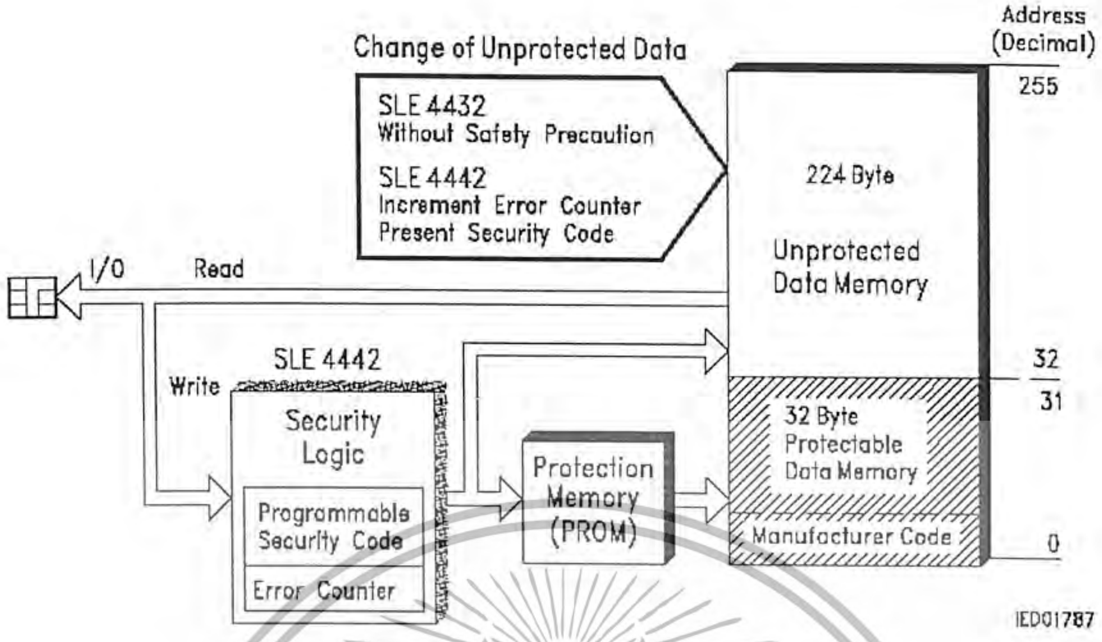
2 Error Counter Byte เป็นข้อมูลที่บอกถึงจำนวนครั้งที่ป้อนรหัส PSC ผิด ซึ่งถูกกำหนด

เอาไว้ตายตัวว่าจะผิดได้ไม่เกิน 3 ครั้ง หากเกินกว่านั้นการ์ดจะล็อกตัวเองอย่างถาวรทันทีและไม่มีทางปลดล็อกได้แม้ว่าจะป้อนรหัส PSC ที่ถูกต้องไปแล้วก็ตาม การเขียนข้อมูลยังหน่วยความจำก็จะไม่สามารถทำได้อีกต่อไป แต่ยังคงอ่านข้อมูลออกมาได้ตามปกติ การป้อนรหัส PSC ผิดแต่ละครั้ง Error Counter จะถูกลดลง1 ค่าทันที ถ้าหากค่า Error Counter ถูกลดลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อไรก็แสดงว่าการ์ดได้ถูกล็อคไปเรียบร้อยแล้ว(ในกรณีที่ป้อนรหัส PSC ผิดมาแล้ว 2 ครั้งแต่ป้อนถูกในครั้งที่ 3 ค่าของ Error Counter จะถูกรีเซตกลับไปเป็น 3 ครั้งเหมือนอย่างตอนแรกเริ่ม)




รูปที่ 2.23 บล็อกไดอะแกรมแสดงโครงสร้างภายในของ SLE4442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมแสดงภาพรวมของ Security Memory Card

เป็นไดอะแกรมที่แสดงภาพรวมของ SLE4442 จะเห็นได้ว่าการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำนั้นเราสามารถจะอ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนของการป้อนรหัส PSC แต่สำหรับการเขียนข้อมูลแล้วเราจะต้องป้อนรหัส PSC ที่ถูกต้องเสียก่อน เพื่อเปิดลอจิกในการเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ นอกจากนั้นก็จะเห็น4ไบต์แรก เป็นข้อมูลของผู้ผลิต พื้นที่ส่วนนี้ใช้เก็บข้อมูลของ ATR โดยความหมายของข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ส่วนนี้แต่ละไบท์จะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย

**2.17.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ด SLE4442**

รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของสมาร์ทการ์ดเบอร์ SLE4442 เป็นการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและสมาร์ทการ์ดแบบ 2 ทิศทาง (ข้อมูลบนสาย I/O จะถูกอ่านค่าที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา) โดยรูปแบบการสื่อสารที่ว่านี้ประกอบด้วย 4 โหมดการทำงาน ได้แก่

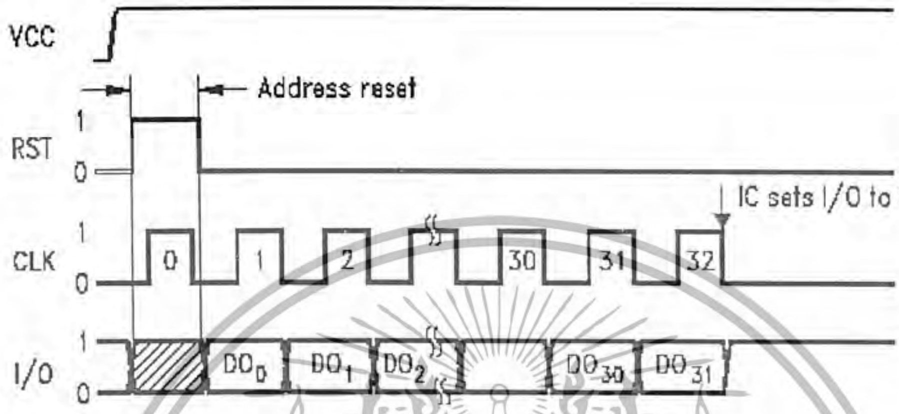
- การรีเซตและการตอบกลับด้วย ATR (Answer To Reset)
- โหมดการส่งคำสั่ง (Command Mode)
- โหมดการอ่านข้อมูล (Out-going Data Mode)
- โหมดการดำเนินการ (Processing Mode)

**2.17.3 การรีเซตและการตอบกลับ**

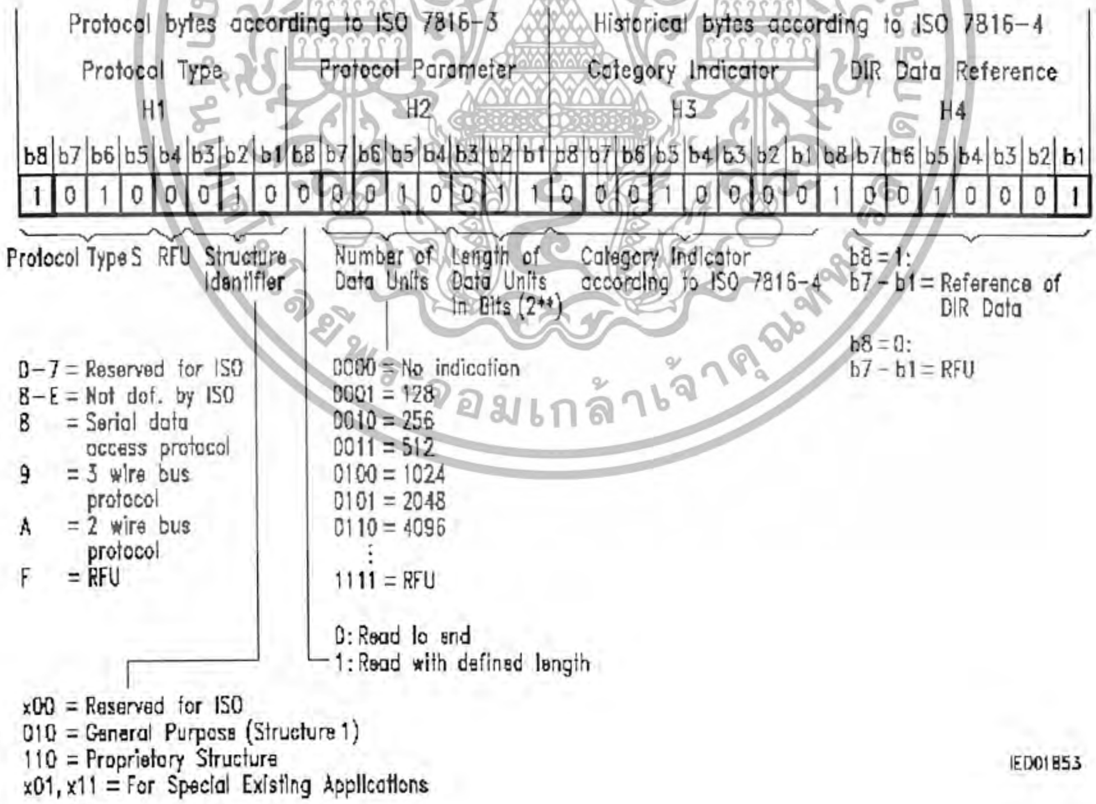
การอินเตอร์เฟสเข้ากับ Security Memory Card ทั่วๆ รวมทั้ง SLE4442 จะสอดคล้องกับมาตรฐานในการอินเตอร์เฟสแบบซิงโครนัสภายใต้มาตรฐาน ISO7816 ที่ได้กล่าวไปในบทความตอนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว โดยมีรีเซตการทำงานของการ์ดจะทำให้การ์ดมีการตอบกลับด้วยข้อมูล ATR สำหรับข้อมูลที่ตอบกลับมาจาก SLE4442 จะประกอบด้วยข้อมูล 4 ไบต์ การอ่านข้อมูลที่ว่านี้สามารถทำได้โดยอ้างอิงจากสัญญาณในรูปที่ 14 ประกอบกับคำอธิบายที่ได้ถูกกล่าวถึงไปแล้วในบทความตอนก่อน สำหรับโครงสร้างข้อมูล ATR ของสมาร์ทการ์ด SLE4442 ถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 2.25 (ในกรณีของ Free Access Memory จะไม่มีข้อมูลของ ATR เก็บอยู่ภายใน)




รูปที่ 2.25 รูปสัญญาณของการรีเซตและการตอบกลับ ATR




รูปที่ 2.26 โครงสร้างของข้อมูล ATR ในหน่วยความจำ 4 ไบต์แรกของ SLE4442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.17.4 การทำงานของโหมดการส่งคำสั่ง**

การส่งคำสั่งไปยังสมาร์ทการ์ดหรือการทำงานในโหมดการส่งคำสั่ง (Command Mode) ก็คือกระบวนการต่อเนื่องหลังจากการ์ดถูกรีเซตไปเรียบร้อนแล้ว โดยการ์ดจะรอรับคำสั่งที่ส่งมาจากเครื่องอ่านซึ่งมีรูปแบบเป็นข้อมูลความยาว 3 ไบต์ โครงสร้างของข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยคำสั่ง (Command)แอดเดรส (Address) และข้อมูล (Data) โดยสำสั่งทั้งหมดที่การ์ด SLE4442 รองรับถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 2.16 ส่วนรูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของ โหมดการส่งคำสั่งก็เป็นดังรูปที่ 2.27 จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะต้องมีการส่งสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสิ้นสุดกำกับไปกับตัวข้อมูลด้วย ในที่นี้สภาวะเริ่มต้นก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าสูงเป็นต่ำที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง, ส่วนสภาวะสิ้นสุดก็คือการเปลี่ยนระดับจากลอจิกค่าต่ำเป็นสูงที่ขา I/O ในขณะที่ระดับลอจิกที่ขา CLK เป็นค่าสูง ต่อไปเราจะมาดูความหมายและวิธีการทำงานของแต่ละคำสั่งกันบ้าง

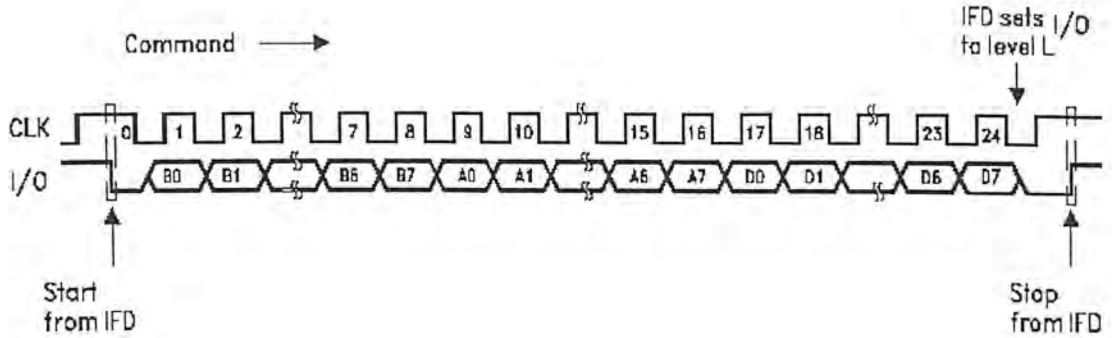
| Byte 1 Control | | | | | | | | Byte 2 Address | Byte 3 Data | Operation | Mode |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 | A7-A0 | D7-D0 | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | address | no effect | READ MAIN MEMORY | outgoing data |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | address | input data | UPDATE MAIN MEMORY | processing |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | no effect | no effect | READ PROTECTION MEMORY | outgoing data |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | address | input data | WRITE PROTECTION MEMORY | processing |

Table 2
SLE 4442 only

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | no effect | no effect | READ SECURITY MEMORY | outgoing data |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | address | input data | UPDATE SECURITY MEMORY | processing |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | address | input data | COMPARE VERIFICATION DATA | processing |

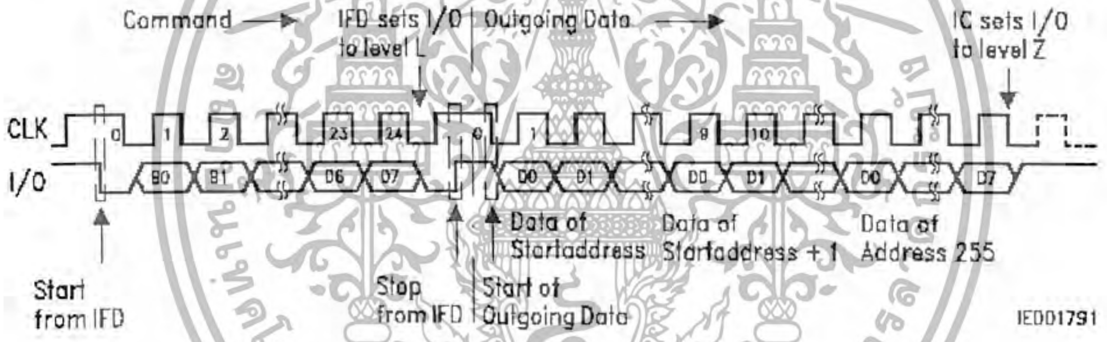
**ตารางที่ 2.16** โครงสร้างและความหมายของชุดคำสั่งที่ SLE4442 รองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



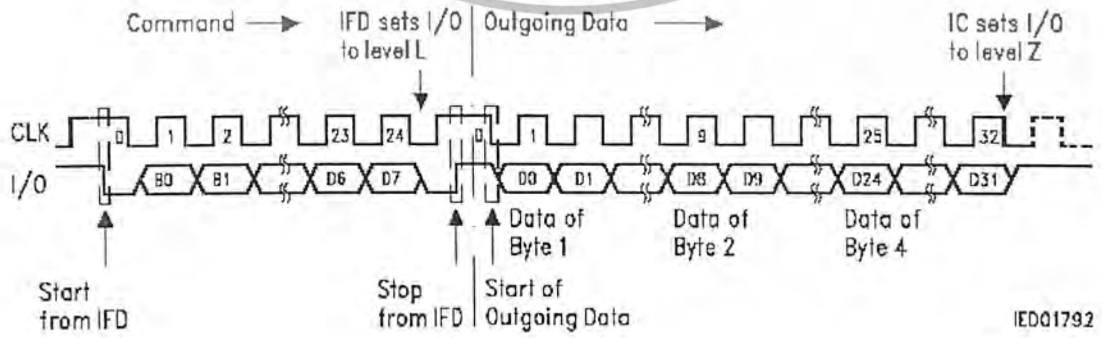

รูปที่ 2.27 รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังการ์ด

- Read Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมาจากหน่วยความจำของการ์ด ทั้งจากพื้นที่ส่วนที่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 32 ไบต์แรก) และส่วนที่ไม่ได้รับการป้องกัน (หน่วยความจำ 224 ไบต์หลัง) โดยจะเป็นการอ่านค่าโดยเริ่มต้นจากแอดเดรสที่ส่งไปจนถึงแอดเดรสสุดท้าย (0FFH) ของพื้นที่หน่วยความจำ




รูปที่ 2.28 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Main Memory

- Read Protection Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลทั้งหมดออกมาจากหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก




รูปที่ 2.29 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Protection Memory

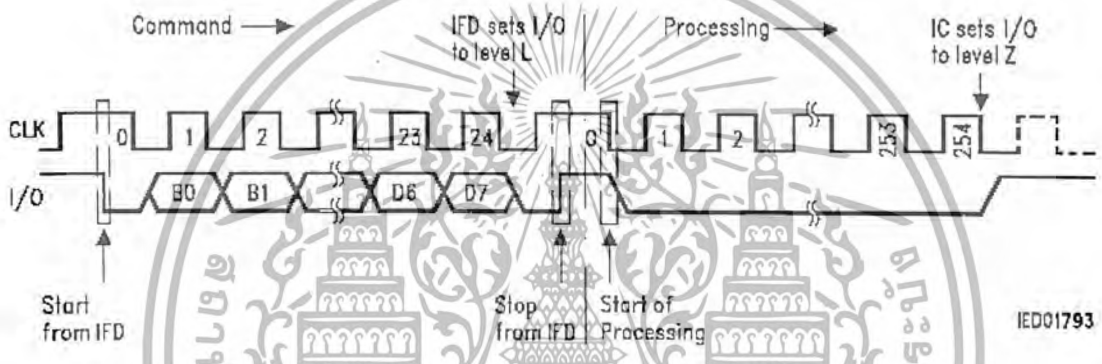
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Update Main Memory คือคำสั่งที่ใช้ในการเขียนข้อมูลยังแอดเดรสใดๆ ของหน่วยความจำทั้ง 256 ไบต์ ในกรณีที่ใช้คำสั่งนี้ในการเขียนข้อมูลลงยังหน่วยความจำ 32 ไบต์แรก ข้อมูลจะยังคงแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ภายหลัง สำหรับการเขียนข้อมูลประกอบด้วย 3 เงื่อนไขคือ

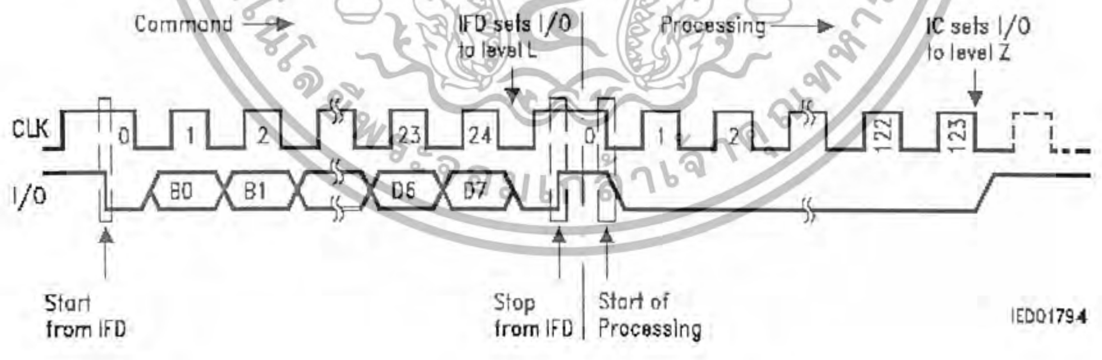
1 การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดให้เป็น 0FFH แล้วทำการเขียนข้อมูลซ้ำลงยังแอดเดรสเดิม กระบวนการนี้จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 255 ลูก

2 การเขียนข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดโดยไม่ต้องลบข้อมูลออก สำหรับกรณีนี้แอดเดรสดังกล่าวจะต้องเป็นที่ว่าง (มีค่าข้อมูลเป็น 0FFH) อยู่ก่อนหน้านี้แล้วเท่านั้น กระบวนการนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกา 124 ลูก

3 การลบข้อมูลที่แอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนด ( มีค่าข้อมูลเป็น 0FFH) โดยไม่มีการเขียนข้อมูลต่อ สำหรับกระบวนการนี้ก็ใช้สัญญาณนาฬิกา 124 ลูกเช่นกัน




รูปที่ 2.30 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory การลบข้อมูลแล้วเขียนข้อมูลซ้ำ

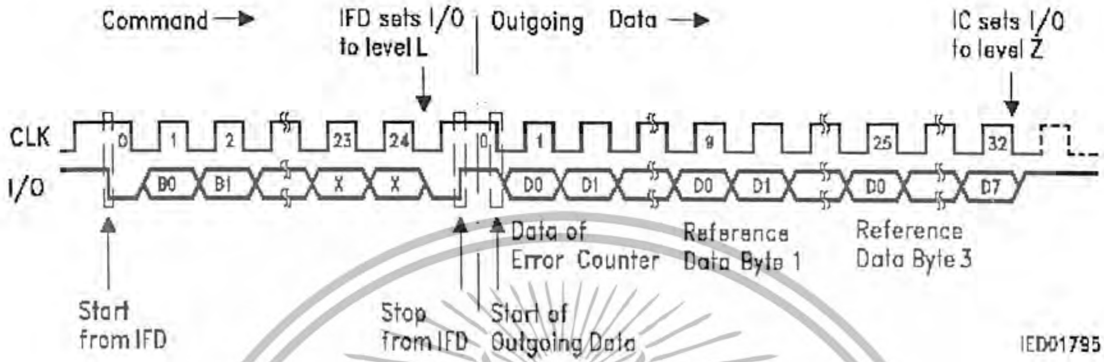



รูปที่ 2.31 รูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory การลบข้อมูลหรือเขียนข้อมูล

- Write Protection Memory คือการเขียนข้อมูลลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำใดๆ ใน 32 ไบต์แรก คำสั่งนี้มีเงื่อนไขว่าข้อมูลที่เขียนลงไปจะถูกเขียนลงยังแอดเดรสของหน่วยความจำที่กำหนดอย่างถาวร ไม่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงอะไรได้อีก สำหรับรูปสัญญาณของกระบวนการนี้อ้างอิงได้จากรูปสัญญาณของคำสั่ง Update Main Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

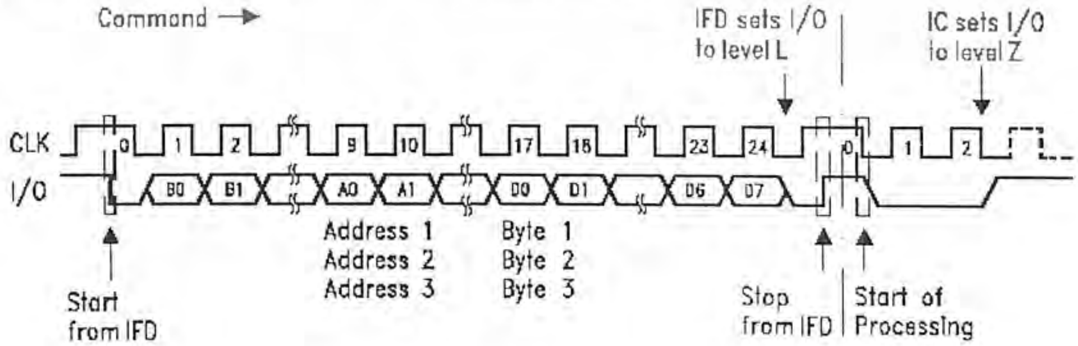
- Read Security Memory คือการอ่านค่าของ Error Counter เพื่อตรวจสอบดูว่าการ์ดใบนั้นๆ ได้ถูกล็อกไปแล้วหรือยังโดยค่าภายในบิต D2, D1 และ D0 ของ Error Counter จะเป็นส่วนที่บอกถึงสถานะของการ์ดในขณะนั้น หากค่าของบิต D2, D1 และ D0 เป็น 0 ทั้งหมดแสดงว่าการ์ดใบนั้นได้ถูกล็อกไปแล้ว ซึ่งจะไม่สามารถเขียนข้อมูลลงยังการ์ดนั้นได้อีกต่อไป (แต่การอ่านข้อมูลจะยังคงทำได้ตามปกติ)




รูปที่ 2.32 รูปสัญญาณของคำสั่ง Read Security Memory

- Update Security Memory คือการเข้าไปแก้ไขข้อมูลของรหัส PSC ภายในการ์ด หรือพูดง่ายๆ ก็คือการเข้าไปเปลี่ยนรหัสป้องกันของการ์ดนั้นเอง คำสั่งจะถูกกระทำต่อเมื่อมีการส่งรหัส PSC ที่ถูกต้องไปยังการ์ดเสียก่อน โดยในกรณีที่ป้อนรหัสผิด ค่าของบิตD2, D1 และ D0 ใน Error Counter จะค่อยๆ ถูกเปลี่ยนจากค่า "1" เป็น "0" ไล่ไปทีละบิตตามจำนวนครั้งที่ป้อนรหัสผิด หากทั้งหมดกลายเป็นศูนย์เมื่อไรการ์ดก็จะถูกล็อกทันทีซึ่งนั่นหมายความว่าโอกาสป้อนรหัสผิดจะมีเพียง 3 ครั้งเท่านั้น สำหรับรูปสัญญาณของกระบวนการนี้จะเหมือนกับรูปสัญญาณคำสั่งUpdate Main Memory

- Compare Verification Data คือการสั่งให้การ์ดทำการเปรียบเทียบรหัส PSC กับรหัสผ่านที่เราได้ส่งไปยังการ์ด ในการเปรียบเทียบที่ว่านี้ ข้อมูลที่การ์ดจะส่งกลับมาคือค่าของError Counter ที่จะบอกว่ารหัสที่เราป้อนไปนั้นถูกต้องหรือไม่และยังเหลือโอกาสพลาดอีกกี่ครั้งเท่านั้น ( เราไม่สามารถจะเข้าไปอ่านค่ารหัส PSC ของการ์ดออกมาได้ )

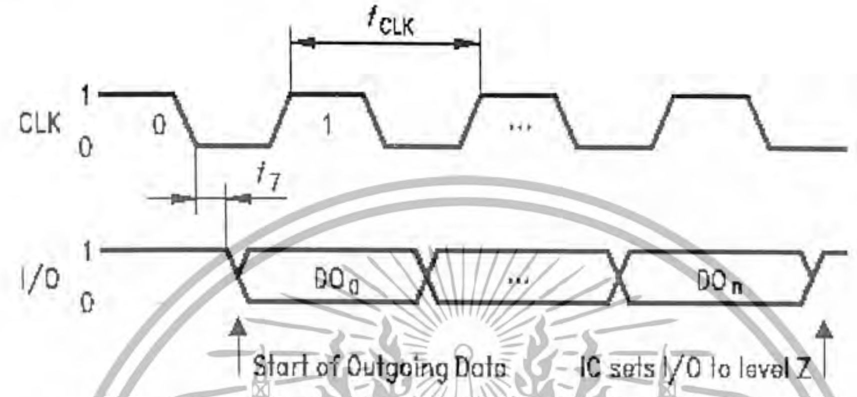



รูปที่ 2.33 รูปสัญญาณของคำสั่ง Compare Verification Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.17.5 โหมดการอ่านข้อมูล (Outgoing Data Mode)**

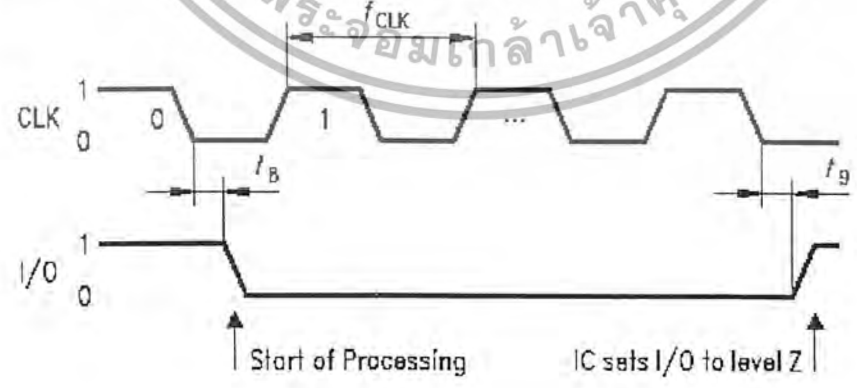
โหมดการทำงานนี้จะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการขออ่านข้อมูล (เช่น Read Main Memory, Read Protection Memory และ Read Security Memory) ไปยังสมาร์ทการ์ดเพื่อขออ่านข้อมูลจากพื้นที่ใดๆในหน่วยความจำหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าวสมาร์ทการ์ดจะส่งข้อมูลที่ถูกร้องขอกลับมายังเครื่องอ่านซึ่งก็เท่ากับว่าเครื่องอ่านจะสามารถอ่านข้อมูลที่ต้องการออกมาได้สำเร็จจากโหมดการทำงานนี้




รูปที่ 2.34 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดการอ่านข้อมูล

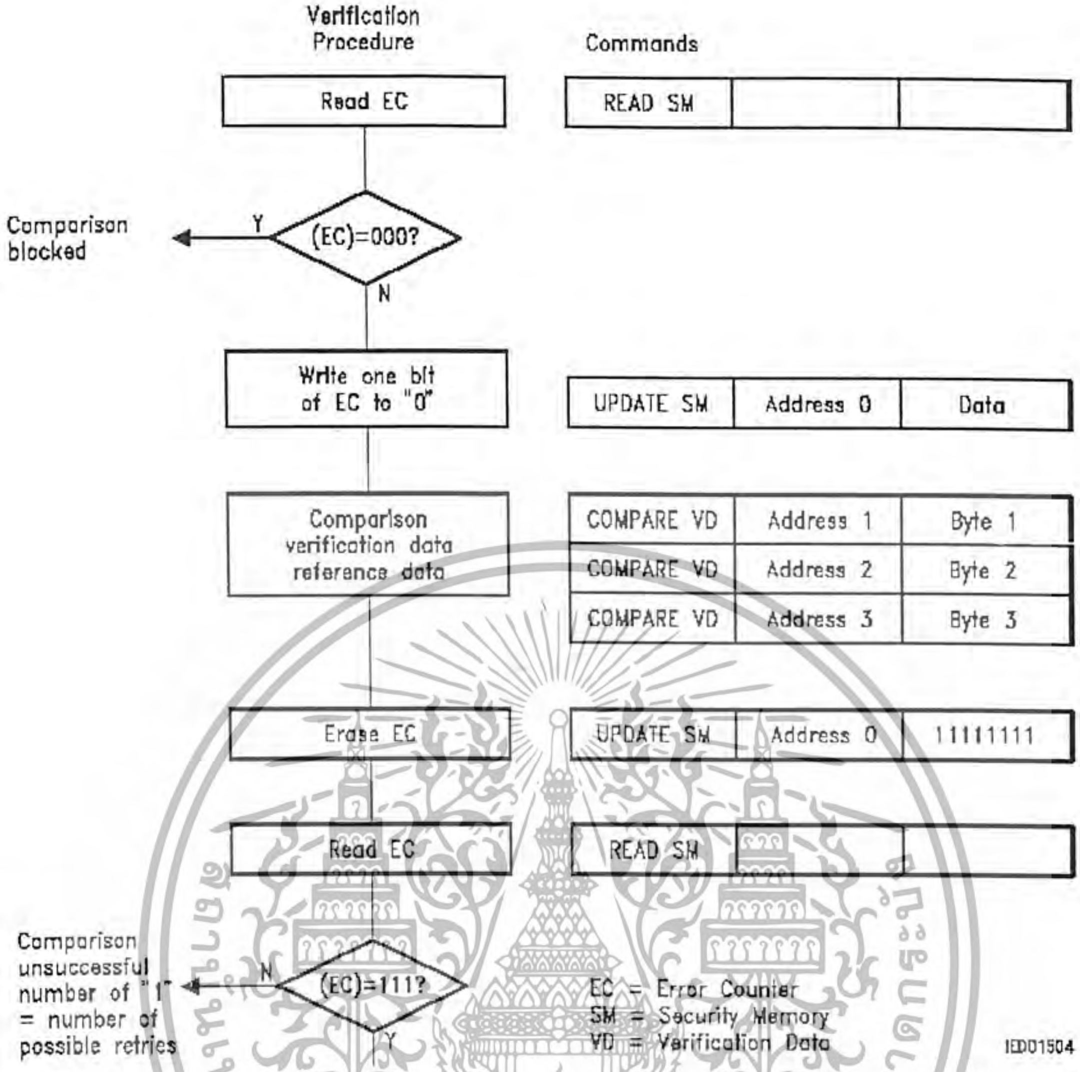
2.17.6 โหมดดำเนินการ (Processing Mode)

โหมดการดำเนินการจะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการส่งคำสั่งในกลุ่มของการขอเขียนหรือลบข้อมูลออกจากพื้นที่ใดๆ ในหน่วยความจำ (เช่น Update Main Memory Write Protection Memory Update Security Memory และ Compare Verification Data) โดยหลังจากได้รับคำสั่งดังกล่าว สมาร์ทการ์ดจะเริ่มดำเนินกระบวนการตามที่ได้รับการสั่งมาในระหว่างโหมดการทำงานนี้จะสังเกตว่าข้อมูลจากขา I/O จะไม่ถูกนำมาใช้ร่วมกับการทำงานเลย (เนื่องจากมีสถานะเป็นลอจิกต่ำทั้งช่วง)




รูปที่ 2.35 รูปสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระหว่างโหมดดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.36 กระบวนการเปรียบเทียบรหัสผ่านกับรหัส PSC

## 2.18 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่ผลิตโดยบริษัทอินเทล ได้มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพและหน่วยการทำงานต่างๆ มากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายใน เช่น บางเบอร์มีหน่วยความจำแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM หรือบางเบอร์ไม่มีหน่วยความจำภายใน เป็นต้น อย่างไรก็ตามลักษณะขาต่างๆ จะเหมือนกัน

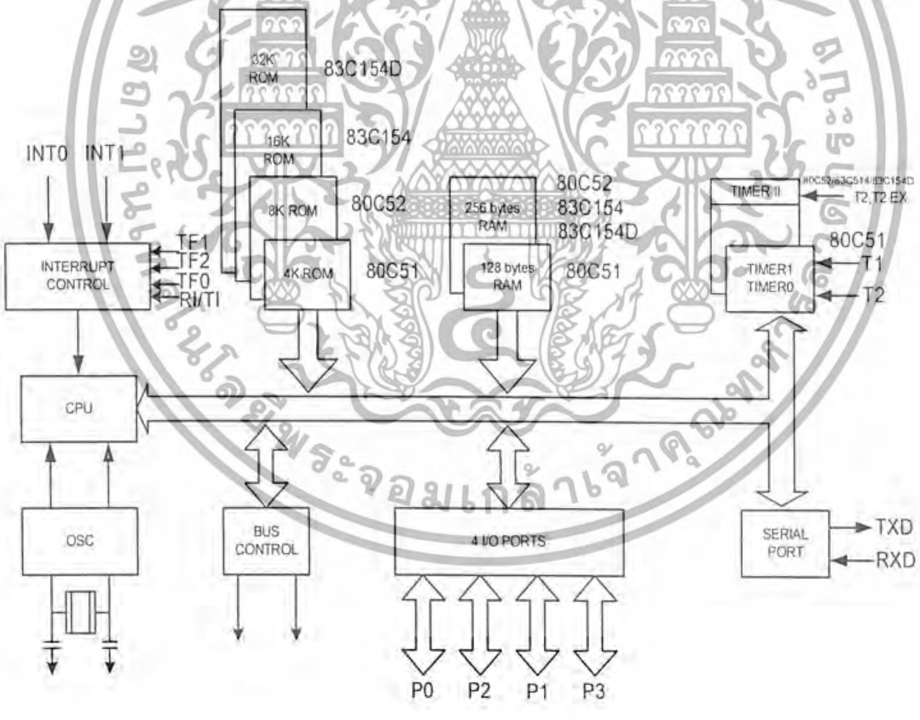
### 2.18.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ MCS-51

- เป็นหน่วยประมวลผลกลางขนาด 8บิต
- มีความสามารถประมวลผลของลอจิกระดับบิต
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมทำงานได้ถึง 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

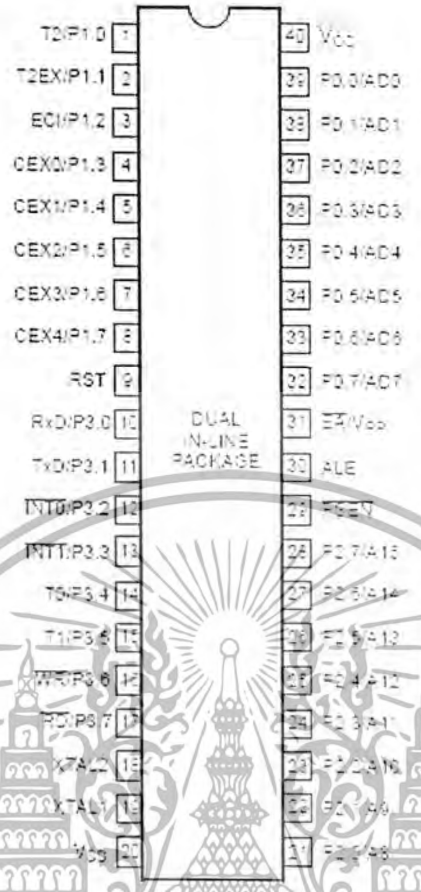
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์ (Data Memory)
- มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 กิโลไบต์
- มีพอร์ทสำหรับควบคุม 4 พอร์ท สามารถอ้างอิงพอร์ทได้ระดับบิตต่อบิต
- มีชุด Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ท แบบ Full Duplex เลือกรูปแบบได้ 4 โหมด
- มีวงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมทั้งกำหนดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

**2.18.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051**




**รูปที่ 2.37** แสดงโครงสร้างภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.38 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.38 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ท 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขานั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ทอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ทนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นไปได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ท 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตสำหรับนับค่าของไทม์เมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทม์เมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ท 2 (P2.0-P2.7) มีขา 8 แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นขาอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ทนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ทอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ทนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ท 3 (P3.0-P3.7) มีขา 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ท 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ทนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ทอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ท 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 2.17

| ขาพอร์ท | หน้าที่ |
|---|---|
| P3.0 | RxD – ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม |
| P3.1 | TxD – ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม |
| P3.2 | INT0 – ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 |
| P3.3 | INT1 – ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 |
| P3.4 | T0 – ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 |
| P3.5 | T1 - ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 1 |
| P3.6 | WR – ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก |
| P3.7 | RD – ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก |

ตารางที่ 2.17 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ท 3

ดังนั้นเมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าวจึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ท 3 จะทำให้การทำงานผิดพลาดได้

ขารีเซต ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ท 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังเป็นขาสำหรับรับพัลส์ของโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EEPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 โวลต์

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 2.18.3 พอร์ทชนิดอนุกรมอยู่ภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดอยู่ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการเชื่อมโยงข้องมูลชนิดสองทิศทาง ทำให้รับและส่งข้อมูลพร้อมกัน ตัวรับส่งข้อมูลชนิดอะซิงโครนัส (Asynchronous Receiver) มีบัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความเร็วในการสื่อสาร พอร์ทชนิดอนุกรมนั้นสามารถเลือกโปรแกรมเพื่อเลือกใช้การทำงานแบบใดแบบหนึ่งใน 4 ภาวะ ด้วยการใช้โปรแกรมควบคุมอัตราการส่งข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล อัตราการส่งข้อมูลที่เลือกใช้ได้สูงถึง 19,200 บิต/วินาที ด้วยความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 1 MHz สำหรับใช้ในระบบเครือข่าย (Networks) และระบบการสื่อสารของไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวรวมกัน จะเลือกความเร็วของสัญญาณนาฬิกาด้วยวงจรนับและวงจรตั้งเวลา

### 2.19 การขับโมดูลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

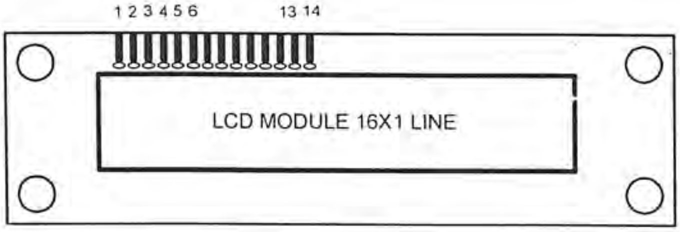
#### 2.19.1 โครงสร้างโมดูลแบบผลึกเหลว

ในโมดูลแบบผลึกเหลวจะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

- ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ
- ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูลแบบผลึกเหลวเช่นลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม โมดูลแบบผลึกเหลวแบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุมโมดูลแบบผลึกเหลวแบบกราฟิก
- ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่นี้ได้แก่เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลแบบผลึกเหลวมีอยู่หลายรุ่น และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ แบบ Dot matrix และ Graphic โดยแบบ Dot matrix จะแสดงผลเป็นแบบ 5 × 8 Dot. หรือ 5 × 10 Dot. มีตั้งแต่ 1 Line, 2 Line และ 4 Line ซึ่งการใช้งานแต่ละแบบจะใกล้เคียงกัน ลักษณะขาสัญญาณของโมดูลแบบผลึกเหลวแบบ 1 Line ดังรูปที่ 2.38




รูปที่ 2.39 แสดงลักษณะของตัว LCD Module

ตัวโมดูลแบบผลึกเหลวจะมีขาใช้งานทั้งหมด 14 ขาด้วยกันหน้าที่ของแต่ละขามีดังนี้คือ

| | |
|---|---|
| ขา 1 (GND) | เป็น Ground ใช้ต่อกับระบบ Ground ของไมโครคอนโทรลเลอร์ |
| ขา 2 (VCC) | เป็นไฟเลี้ยงวงจรของ LCD มีขนาด + 5 VDC |
| ขา 3 ($V_{cc}$) | เป็นขาสำหรับปรับความเข้มของจอ LCD โดยที่เมื่อต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด และเมื่อต่อกับ Ground จะมีความเข้มมากที่สุด โดยปกติจะต่ออยู่กับ Ground เสมอ เพื่อความสะดวกในการต่อ |
| ขา 4 (RS) | Register Select ใช้สำหรับบอก LCD ทราบว่าข้อมูลที่ส่งให้นั้นเป็น Instruction หรือ Data โดยเมื่อขานี้<br>เป็น "0" หมายถึง Instruction<br>เป็น "1" หมายถึง Data |
| ขา 5 ($\overline{R}$/W) | ใช้สำหรับกำหนดว่าเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD โดยเมื่อขานี้<br>เป็น "0" หมายถึงเป็นการเขียนข้อมูล<br>เป็น "1" หมายถึงเป็นการอ่านข้อมูล |
| ขา 6 (E) | เป็นขา Enable ขานี้<br>เป็น "1" ใช้สำหรับบอก LCD ว่าอุปกรณ์ภายนอก ต้องการติดต่อด้วย<br>เป็น "0" ตัว LCD จะไม่สนในสัญญาณ RS, $\overline{R}$/W และ ($DB_7$ – $DB_0$) |
| ขา 7 – 14 ($DB_7$ – $DB_0$) | เป็นขา Data Bus สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับตัว LCD |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.19.2 การเชื่อมต่อโมดูลแบบผลึกเหลวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์**

การเชื่อมต่อ LCD Module เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถต่อได้โดยตรงกับตัว MCS-51 หรือต่อผ่าน 8255 ก็ได้ ในที่นี้จะต่อโดยผ่าน 8255 ดังรูปที่ 2.39

- ขาสัญญาณข้อมูล D0-D7 (ขา 7-14) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ท A
- ขา RS (ขา 4) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ท B บิต 0
- ขา R/W (ขา 5) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ท B บิต 1
- ขา E (ขา 6) ต่อเข้ากับ 8255 พอร์ท B บิต 2

**2.19.3 ชุดคำสั่งของโมดูลแบบผลึกเหลว**

| INSTRUCTION | RS | $R/\overline{W}$ | DATA BIT | | | | | | | | EXECUTE TIME (nS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| CLEAR DISPLAY | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1640 |
| CURSOR AT HOME | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | * | 1640 |
| ENTRY MODE SET | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | I/D | S | 40 |
| DISPLAY ON/OFF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B | 40 |
| DISPKAY SHIFT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S/C | R/L | * | * | 40 |
| FUNCTION SET | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | F | * | * | 40 |
| SET CGRAM ADDR. | 0 | 0 | 0 | 1 | CGRAM ADDRESS | | | | | | 40 |
| SET DDRAM ADDR. | 0 | 0 | 1 | DDRAM ADDRESS | | | | | | | 40 |
| BUSY,ADDR.READ | 0 | 1 | BF | ADDRESS | | | | | | | 0 |
| CGRAM,DDRAM WR | 1 | 0 | WRITE DATA | | | | | | | | 40 |
| CGRAM,DDRAM RD | 1 | 1 | READ DATA | | | | | | | | 40 |

**ตารางที่ 2.18** แสดงชุดคำสั่งและเวลาที่โมดูลแบบผลึกเหลวใช้ในการทำงานแต่ละคำสั่ง

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (CLEAR DISPLAY)

คำสั่ง CLEAR DISPLAY เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลหรือตัวอักษรว่าง (Space) ลงใน DDRAM ทั้งหมด และทำการกำหนดค่า DDRAM Address เป็น 0 และเคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งบนซ้ายสุดของจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

**ตารางที่ 2.19** แสดงคำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล

2. คำสั่ง CURSOR AT HOME

คำสั่ง CURSOR AT HOME หรือ RETURN HOME เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเลื่อนตำแหน่งของเคอร์เซอร์ไปอยู่ที่ตำแหน่งบนซ้ายสุดของจอแสดงผล โดยข้อมูลที่อยู่ใน DDRAM หรือที่หน้าจอแสดงผลจะไม่เปลี่ยนแปลง

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | * |

**ตารางที่ 2.20** แสดงคำสั่ง CURSOR AT HOME

3. คำสั่งโหมดในการป้อนข้อมูล (ENTRY MODE SET)

คำสั่งโหมดในการป้อนข้อมูล (ENTRY MODE SET) ใช้สำหรับกำหนดการเลื่อนของเคอร์เซอร์และตำแหน่งแอดเดรสของ DDRAM ดังนี้

I/D เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดการเลื่อนของเคอร์เซอร์และตำแหน่งแอดเดรสของ DDRAM ว่าจะให้เพิ่มหรือลดลงเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว

บิต I/D = 0 แอดเดรสของDDRAM จะลดลง

บิต I/D = 1 แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น ส่วนเคอร์เซอร์จะเลื่อนตามตำแหน่งแอดเดรสของ DDRAM

S เป็นบิตที่ใช้กำหนดลักษณะของการแสดงผลเมื่อมีการเขียนข้อมูล

บิต S = 1 เมื่อเขียนข้อมูลใหม่ลงไปแล้วตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกผลักไปทางซ้าย

บิต S = 0 เมื่อเขียนข้อมูลใหม่ลงไปแล้วตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | I/D | S |

**ตารางที่ 2.21** แสดงคำสั่งโหมดในการป้อนข้อมูล (ENTRY MODE SET)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล (DISPLAY ON/OFF)

คำสั่งควบคุมการแสดงผลเป็นคำสั่งที่ใช้ในการเปิดปิดจอแสดงผลและเคอร์เซอร์มีลักษณะดังนี้

D = 0 กำหนดให้ปิดจอแสดงผล (DISPLAY OFF)

D = 1 กำหนดให้เปิดจอแสดงผล (DISPLAY ON)

C = 0 กำหนดให้ปิดเคอร์เซอร์ (CURSOR OFF)

C = 1 กำหนดให้เปิดเคอร์เซอร์ (CURSOR ON)

B = 0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่เคอร์เซอร์

B = 1 กำหนดให้มีการกระพริบที่เคอร์เซอร์ (กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยมทึบ)

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B |

**ตารางที่ 2.22** แสดงคำสั่งควบคุมการแสดงผล (DISPLAY ON/OFF)

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร (DISPLAY SHIFT)

คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร เป็นการควบคุมการเลื่อนของเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล โดยขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L โดยมีลักษณะดังนี้

| S/C | R/L | ลักษณะการเลื่อน |
|---|---|---|
| 0 | 0 | เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย |
| 0 | 1 | เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา |
| 1 | 0 | เลื่อนตัวอักษรตัวใหม่ไปทางซ้าย |
| 1 | 1 | เลื่อนตัวอักษรตัวใหม่ไปทางขวา |

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S/C | R/L | * | * |

**ตารางที่ 2.23** แสดงคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร (DISPLAY SHIFT)

6. คำสั่งการกำหนดฟังก์ชันการทำงาน (FUNCTION SET)

DL = 1 กำหนดให้ติดต่อกับ LCD Module เป็นแบบ 4 บิต

DL = 0 กำหนดให้ติดต่อกับ LCD Module เป็นแบบ 8 บิต

N = 0 กำหนดการแสดงผลแบบ 1 บรรทัด

N = 1 กำหนดการแสดงผลแบบ 2 บรรทัดขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F = 0 กำหนดความละเอียดของการแสดงผลเป็น 5 X 8 Dot

F = 1 กำหนดความละเอียดของการแสดงผลเป็น 5 X 10 Dot

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | F | * | * |

**ตารางที่ 2.24** แสดงคำสั่งการกำหนดฟังก์ชันการทำงาน (FUNCTION SET)

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM (SET CGRAM ADDRESS)

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่ง Address ของ Character Generator หรือ CGRAM โดยจะต้องกำหนดค่านี้ทุกครั้งในการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับ CGRAM ซึ่งกำหนดที่ (DB0 – DB5) ส่วน DB6 ต้องเป็น "1" และ DB7 ต้องเป็น "0" (01XX XXXX B) ซึ่งก็คือ (40H-7FH)

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | CGRAM ADDRESS | | | | | |

**ตารางที่ 2.25** แสดงคำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM (SET CGRAM ADDRESS)

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM (SET DDRAM ADDRESS)

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่ง Address ของDisplay Data Ram หรือ DDRAM หรือตำแหน่งของเคอร์เซอร์สำหรับการแสดงผลทางหน้าจอ LCD ซึ่งเมื่อมีการอ่านหรือเขียนค่าตัวอักษรให้กับ LCD ในแต่ละครั้งนั้น ค่าตำแหน่งของ DDRAM Address จะเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ตำแหน่งโดยอัตโนมัติเสมอ ซึ่งจะเพิ่มหรือลดนั้นกำหนดได้จากบิต I/D ใน ENTRY MODE SET แต่เราก็สามารถที่จะกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของ DDRAM ณ ตำแหน่งใดๆ ก็ได้บนจอ LCD ที่เราต้องการให้แสดงผล ณ จุดนั้นๆ ได้เองโดยกำหนดแอดเดรสนี้ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนตัวอักษรให้กับ DDRAM Address เสมอ

แอดเดรสของ LCD 16 อักษร 4 บรรทัด

บรรทัดที่ 1 1000 XXXXB = (80-8F)H

บรรทัดที่ 2 1001 XXXXB = (90-9F)H

บรรทัดที่ 3 1100 XXXXB = (C0-CF)H

บรรทัดที่ 4 1101 XXXXB = (D0-DF)H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | DDRAM Address | | | | | | |

**ตารางที่ 2.26** แสดงคำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM (SET DDRAM ADDRESS)

9. คำสั่งอ่านแฟลก BUSY และ Address (Read Busy Flag & Address)

คำสั่งนี้ใช้สำหรับการอ่านค่าของ Busy Flag(BF) ซึ่งบอกถึงความพร้อมของ LCD ในการรับข้อมูล

ถ้า BF = 0 หมายถึง LCD พร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้

ถ้า BF = 1 หมายถึงว่ายังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล

นอกจากนี้แล้วทุกครั้งที่อ่านค่าจากแฟลก BF เข้ามาแล้วก็จะได้ตำแหน่งของ CGRAM หรือ DDRAM Address ณ ในตำแหน่งของ( DB0-DB6)

| RS | R/$\overline{W}$ | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | BF | CGRAM/DDRAM Address | | | | | | |

**ตารางที่ 2.27** แสดงคำสั่งอ่านแฟลก BUSY และ Address (Read Busy Flag & Address)

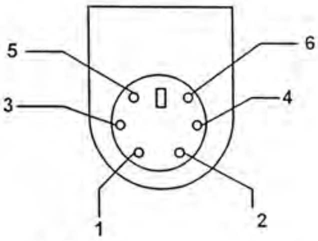
**2.20 สายเมาส์และสายคีย์บอร์ด**

เมาส์และคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองในโครงงานนี้จะเป็นแบบ PS/2 ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีลักษณะการอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมที่เป็นลักษณะอุดมคติสำหรับคีย์บอร์ดและเมาส์ เมาส์แบบ PS/2 ใช้ขั้วต่อ 6-pin DIN (barrel) ดังแสดงในรูปที่2.40 ซึ่งจะส่งข้อมูลแบบ Bi-directional ควบคุมโดย CLK และ DATA lines ตารางขาสัญญาณของเมาส์จะอยู่ในตารางที่ 2.30

| Pin | ชื่อสาย |
|---|---|
| 1 | DATA |
| 2 | Reserved |
| 3 | Ground |
| 4 | +5V Supply |
| 5 | CLK |
| 6 | Reserved |
| Shield | Chassis |

**ตารางที่ 2.28** แสดงรายละเอียดขาของเมาส์แบบ PS/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.40** หัวต่อแบบ PS/2

ส่วนคีย์บอร์ดนั้นจะมีรายละเอียดของขาแสดงดังตารางที่ 2.31

| Pin | ชื่อสาย |
|---|---|
| 1 | KBDATA |
| 2 | nc |
| 3 | Ground |
| 4 | +5V Supply |
| 5 | KBCLK |
| 6 | nc |

**ตารางที่ 2.29** แสดงรายละเอียดขาของคีย์บอร์ดแบบ PS/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

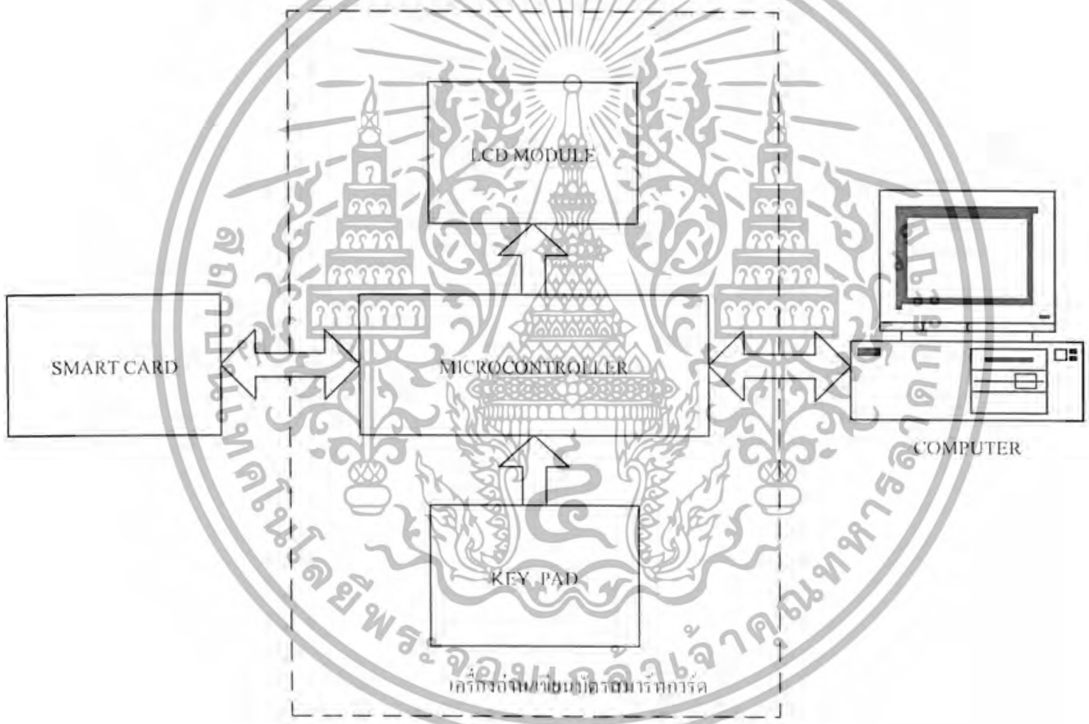
# บทที่ 3

## การคำนวณและการสร้าง

ลำดับขั้นตอนในการออกแบบมีดังนี้

1. ออกแบบและสร้างวงจรเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
2. เขียนโฟล์วชาร์ทการทำงานของเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
3. ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องอ่าน-เขียนสมาร์ทการ์ด
4. ทดลองเขียนโปรแกรมติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดตามโฟล์วชาร์ท
5. ทดลองนำส่วนต่างๆที่ออกแบบมาใช้งานร่วมกัน

สำหรับในการออกแบบส่วนต่างๆของการทำงานของเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดนั้น เพื่อให้ง่ายในการออกแบบจึงขอเขียนโครงสร้างของการทำงานหลักๆดังรูปที่ 3.1




รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

### 3.1 วิธีการออกแบบในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.1 จะต้องทำการออกแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด โดยในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ในโครงงานนี้ได้มีการออกแบบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน้าที่ดังนี้คือ เป็นตัวควบคุมกระบวนการในการอ่านและเขียนข้อมูลลงบนตัวบัตรสมาร์ทการ์ด ซึ่งในกระบวนการนี้จะมี

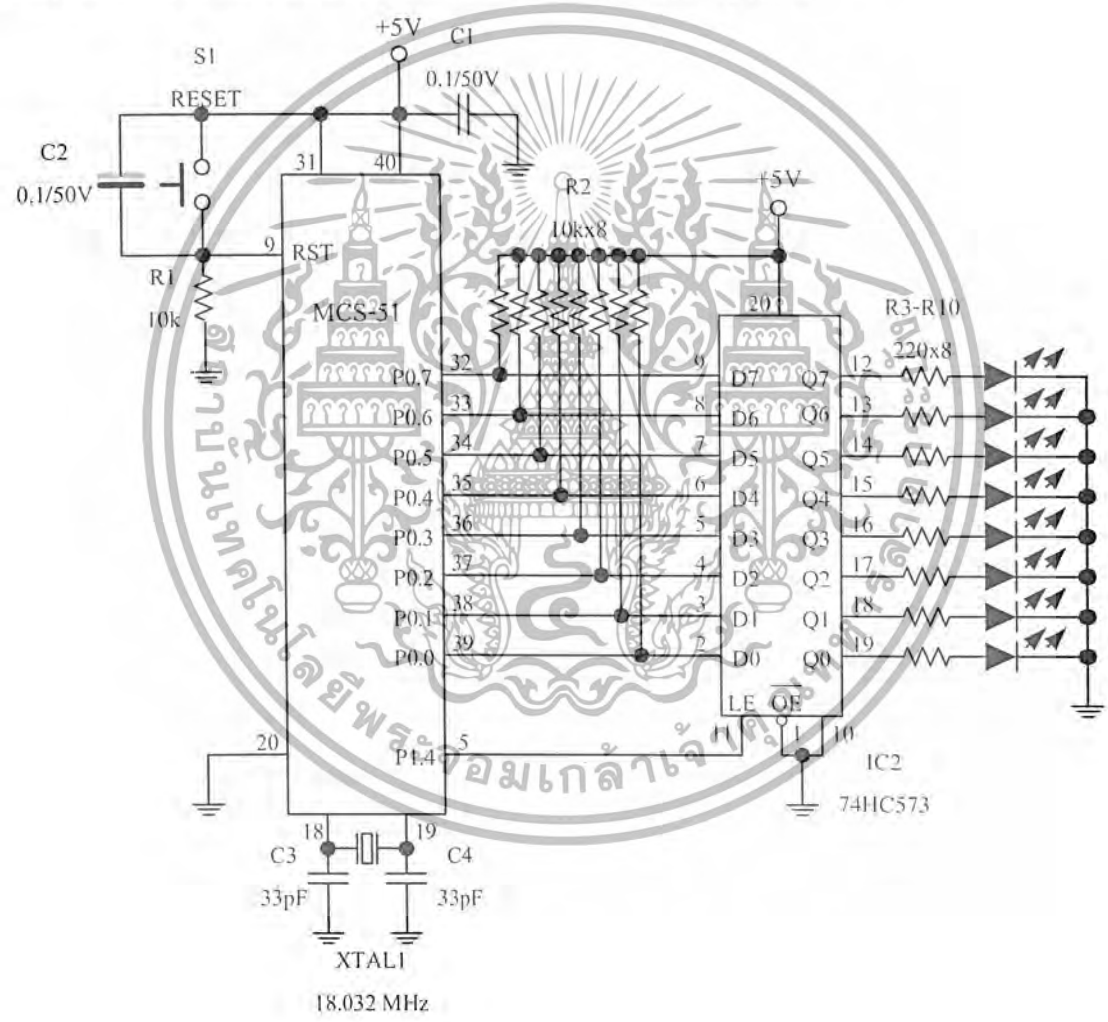
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานโดยใช้คีย์แพด เป็นอุปกรณ์ในการรับค่าต่างๆตามที่เราต้องการ แล้วนำค่าที่ป้อนผ่านคีย์แพดนั้นไปทำการประมวลในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นนำผลที่ได้ไปแสดงออกโดยแสดงผ่านจอแอลซีดี เมื่อมีข้อมูลที่ต้องการจะเก็บก็จะนำข้อมูลนั้นไปใส่ไว้ในหน่วยความจำ (RAM)

สรุปได้ว่า หน้าที่ที่ถือว่าเป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้ก็คือ เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมดของเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดนั่นเอง ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีการออกแบบการทำงานเป็นส่วนๆคือ

**3.1.1 วิธีการออกแบบเพื่อทดสอบการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์**

การออกแบบวงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ (พอร์ท 0 , พอร์ท 1 , พอร์ท 2) นั้นจะทำการทดลองโดยการต่อวงจรดังรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.2** การต่อวงจรเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

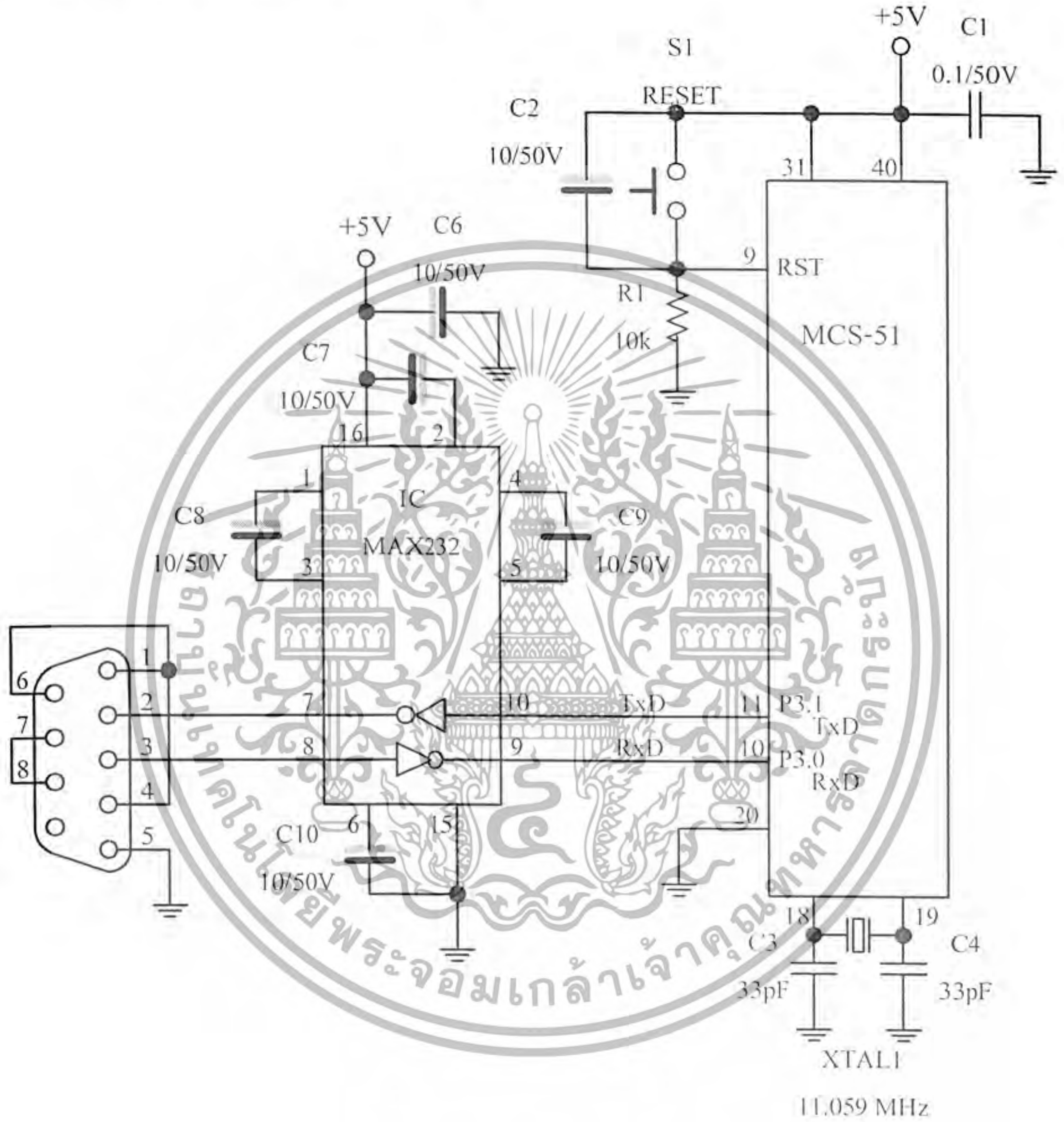
เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 3.2 แล้วทำการเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุต ตามผังที่ได้ออกแบบในรูปที่ 3.3

**รูปที่ 3.3** แผนผังทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตในไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.2 วิธีการออกแบบการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS232**

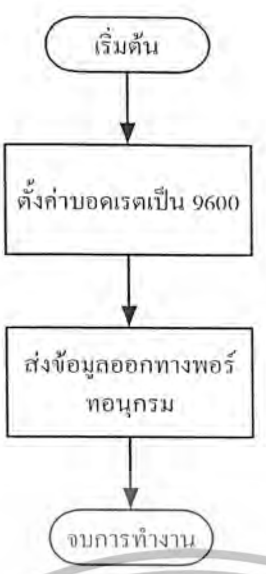
การออกแบบเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมนั้นจะทำการออกแบบวงจรการทำงาน โดยก่อนที่จะส่งข้อมูลเข้าพอร์ทสื่อสารอนุกรมนั้นจะต้องทำการแปลงระดับแรงดันไฟจากทีทีแอล (TTL) ให้เป็นแรงดันไฟมาตรฐานของ RS232 ก่อนโดยมีการใช้ไอซีสำหรับการแปลงแรงดันเบอร์ ICMAX232 ดังวงจรในรูปที่ 3.4




**รูปที่ 3.4** การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ทอนุกรม RS232

เมื่อทำการออกแบบเพื่อทำการทดลองสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรมแล้วนั้น ก็จะทำการเขียนโปรแกรม เพื่อทดสอบการทำงานของวงจรในรูปที่ 3.4 โดยมีการออกแบบกระบวนการเขียนโปรแกรมดังผังในรูปที่ 3.5

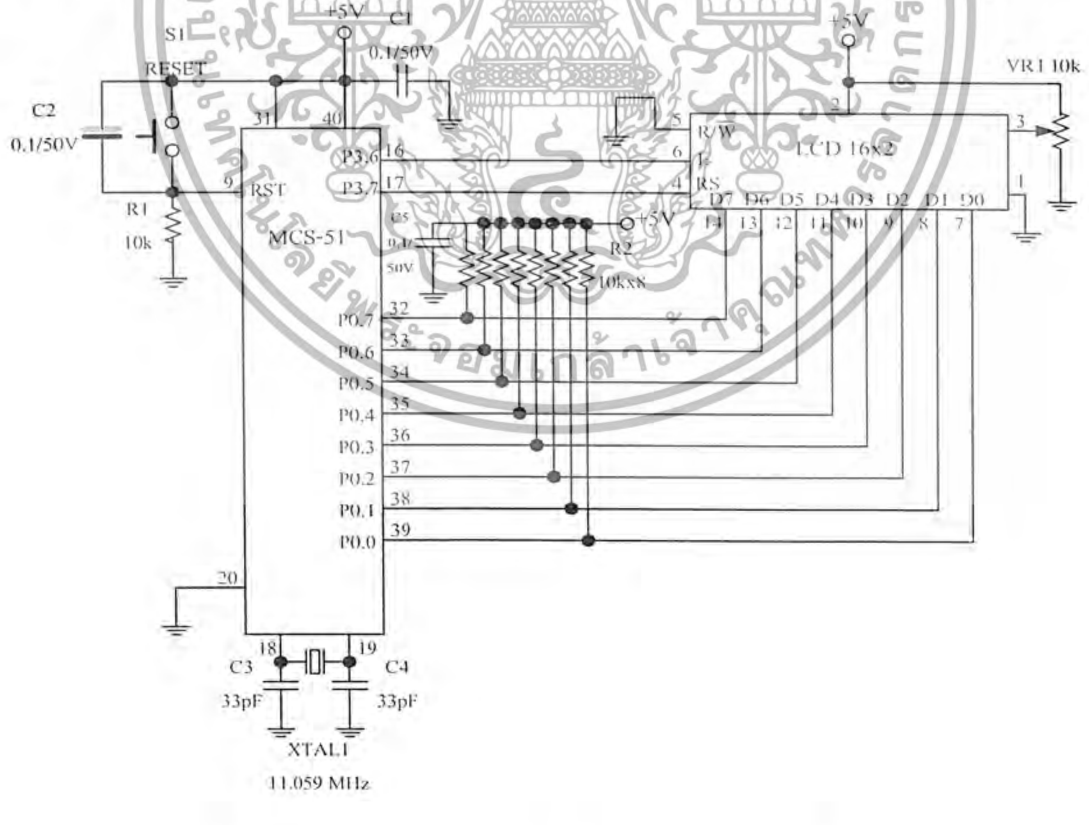
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.5** แผนผังการทำงานของการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม RS232

**3.1.3 วิธีการออกแบบเพื่อนำแอลซีดีมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

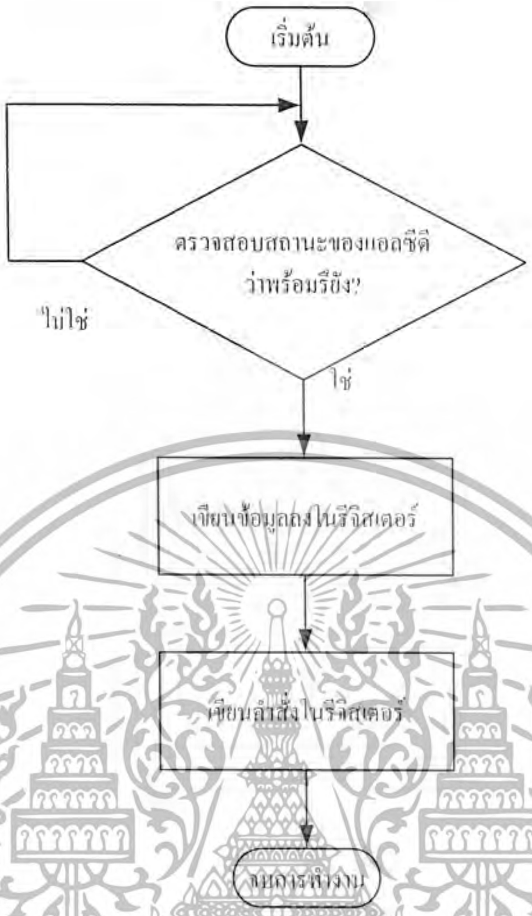
ในโครงงานนี้แอลซีดีจะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลเพื่อติดต่อกับผู้ใช้โดยแอลซีดีที่นำมาใช้นี้จะเป็นแอลซีดีชนิดดอทเมตริก (Dot metrix) จะแสดงผลเป็นแบบ 16x2 หมายความว่าจะมีขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ซึ่งการออกแบบเพื่อนำมาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.6




**รูปที่ 3.6** การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับแอลซีดี โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปวงจรสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานได้ดังแผนผังดังรูปที่ 3.7

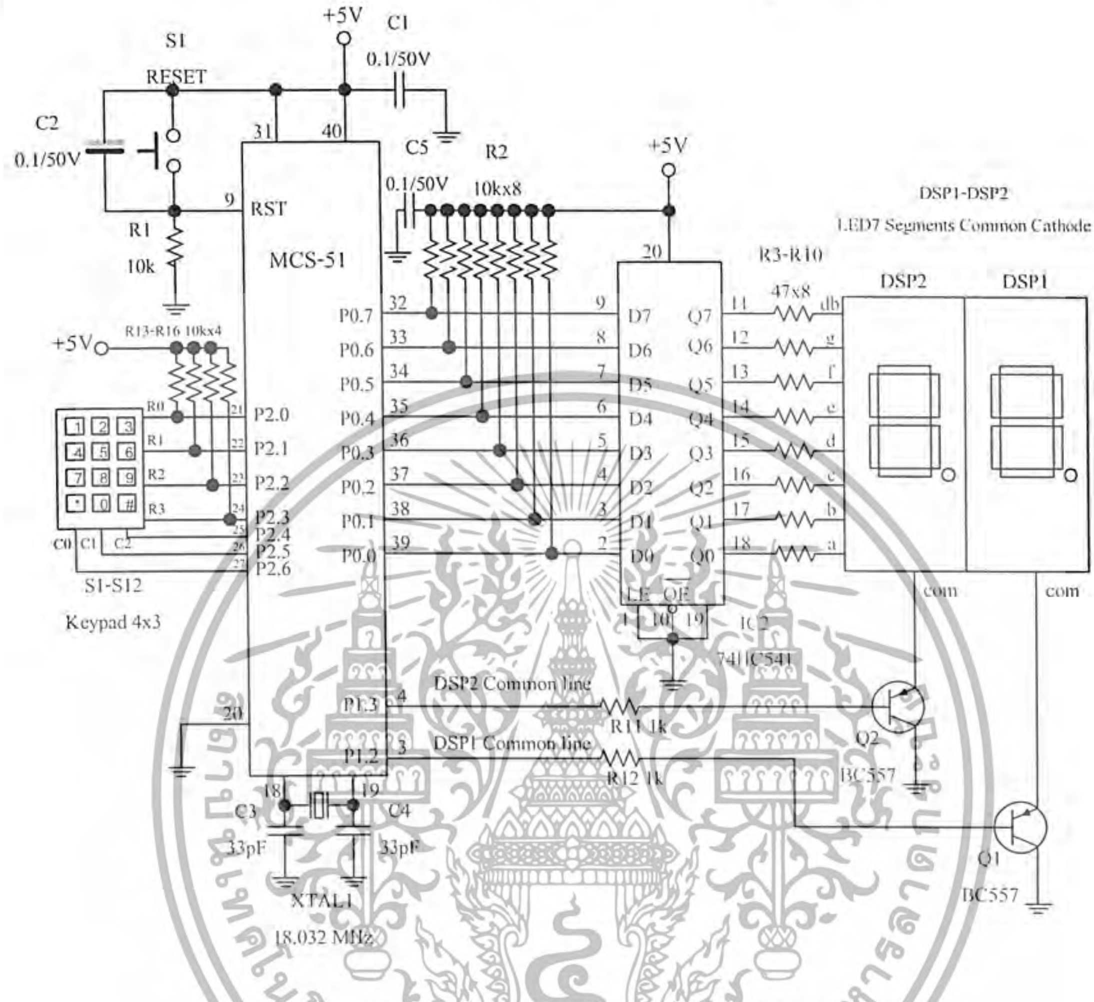



รูปที่ 3.7 แผนผังของโปรแกรมการทำงานของแอลซีดีโมดูล

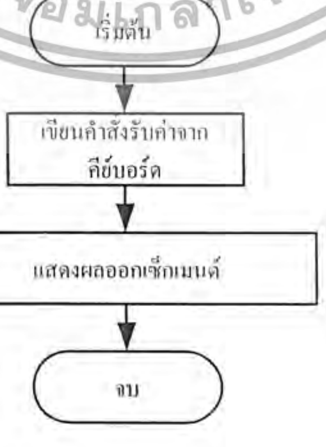
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.4 วิธีการออกแบบเพื่อนำคีย์แพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

สำหรับในส่วนของการนำคีย์แพดมาต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะใช้คีย์แพดขนาด 4x3 โดยการนำคีย์แพดมาต่อกับพอร์ทของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่3.8




รูปที่ 3.8 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับคีย์แพด




**รูปที่ 3.9** แผนผังของการทำงานโปรแกรมการเชื่อมต่อกับคีย์แพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 วิธีการเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ดและอุปกรณ์เชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ด

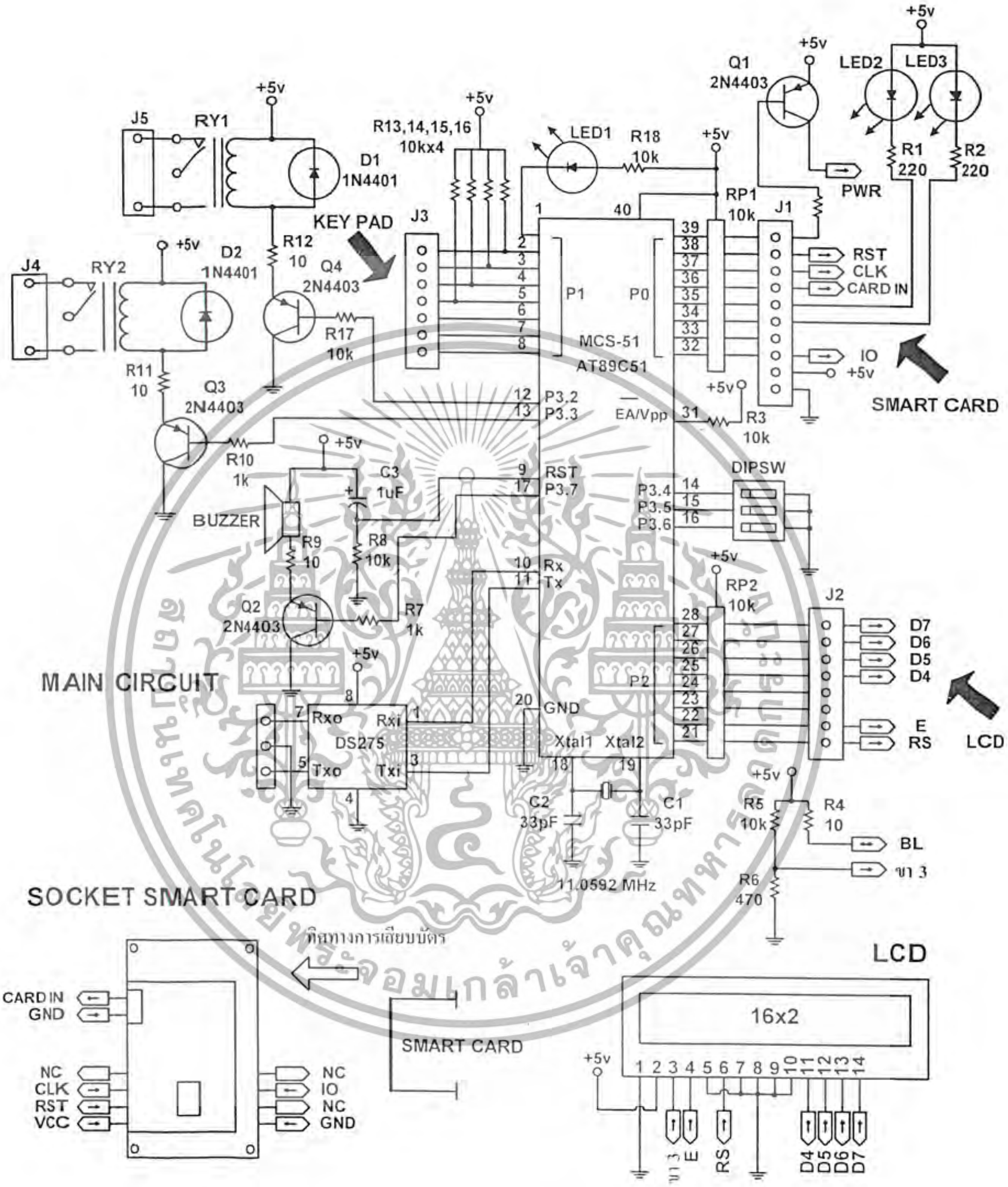
### 3.2.1 การเลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ด

ในส่วนของการนำบัตรสมาร์ทการ์ดมาใช้งานนั้น ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้บัตรสมาร์ทการ์ดชนิดที่มีการป้องกันหน่วยความจำ (Security Access Memory) โดยมีชิปไอซีเบอร์ SLE4442 ของบริษัทซีเมนส์ฝังอยู่บนบัตร เพื่อใช้บัตรสำหรับเก็บข้อมูลต่างๆตามที่ต้องการ การเลือกใช้บัตร SLE4442 ซึ่งจะมีหน่วยความจำสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆอย่างเหมาะสมเพื่อใช้ในการทำโครงงานนี้นั้นเนื่องมาจากสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดรวมทั้งมีราคาที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานและทำการพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ โดยบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิปไอซี SLE4442 บรรจุอยู่นั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ลักษณะบัตรสมาร์ทการ์ดที่มีชิป SLE4442 บรรจุอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การออกแบบวงจรเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด




รูปที่ 3.11 การออกแบบวงจรรวมของโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

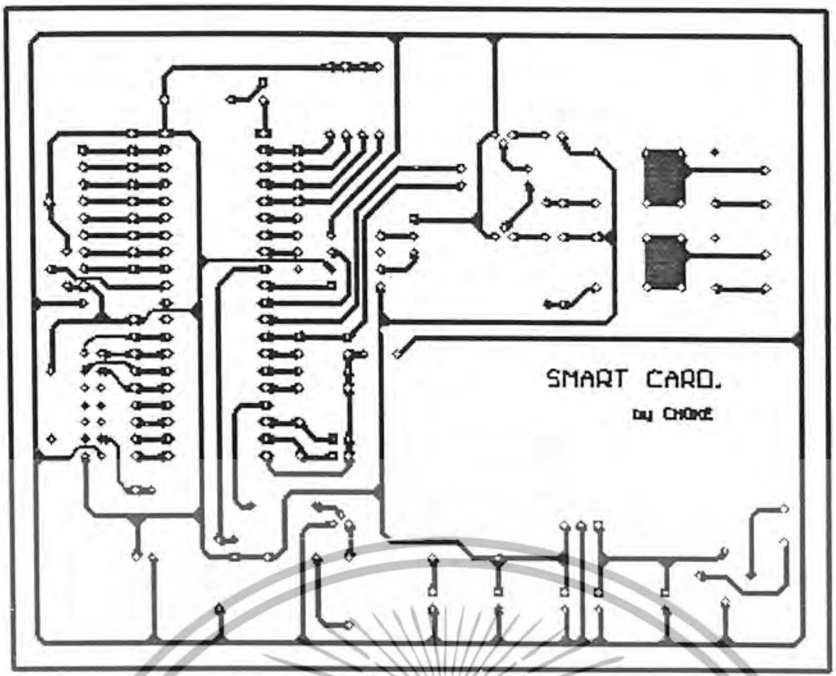
จากรูปที่ 3.11 เป็นการออกแบบวงจรโดยรวมของโครงงานนี้ โดยตัวหลักๆจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ย่อยต่างๆของวงจรทั้งหมด อุปกรณ์ที่นำมาต่อร่วมกันนี้ได้แก่ คีย์แพด จอแอลซีดี ซ็อคเก็ตบัตรสมาร์ทการ์ด และรีเลย์ที่ใช้ในการตัดต่อเมาส์และคีย์บอร์ด เริ่มต้นนั้นได้ออกแบบให้คีย์แพดต่ออยู่ที่ P1 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา P1.1-1.7 เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์อินพุทรับค่าตัวเลขที่กดใช้พาสเวิร์ดและการเติมเงินของบัตรสมาร์ทการ์ด ที่ขา P1.0 นั้นจะต่อแอลอีดีไว้เพื่อแสดงการทำงานของวงจร ด้าน P0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งแต่ขา P0.0-0.7 จะเป็นส่วนที่ต่อกับของซ็อคเก็ตบัตรสมาร์ทการ์ด เป็นตัวสำหรับเสียบบัตรและทำหน้าที่ในการอ่านค่าจากหน้าสัมผัสของบัตรสมาร์ทการ์ดเพื่อนำไปประมวลผลในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่ P2 ตั้งแต่ P2.0-2.7 นั้นไว้สำหรับต่อกับจอแอลซีดีเพื่อเป็นแสดงการทำงานต่างๆทั้งหมดซึ่งแอลซีดีที่นำมาใช้งานนั้นจะเป็นแอลซีดีแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ตัวดิพสวิทช์ใช้สำหรับเลือกฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆจะถูกต่ออยู่ขา P3.4, P3.5, P3.6 การเซ็ทดิพสวิทช์นั้นจะตั้งไว้ดังนี้

ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "000" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการตั้งค่ารหัสพาสเวิร์ดใหม่
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "001" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการเติมเงินลงในบัตรสมาร์ทการ์ด
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "010" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 5 บาทต่อชั่วโมง
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "011" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 10 บาทต่อชั่วโมง
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "100" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 15 บาทต่อชั่วโมง
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "101" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 20 บาทต่อชั่วโมง
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "110" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 30 บาทต่อชั่วโมง
ถ้าเซ็ทที่ตัวดิพสวิทช์เป็น "111" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 60 บาทต่อชั่วโมง

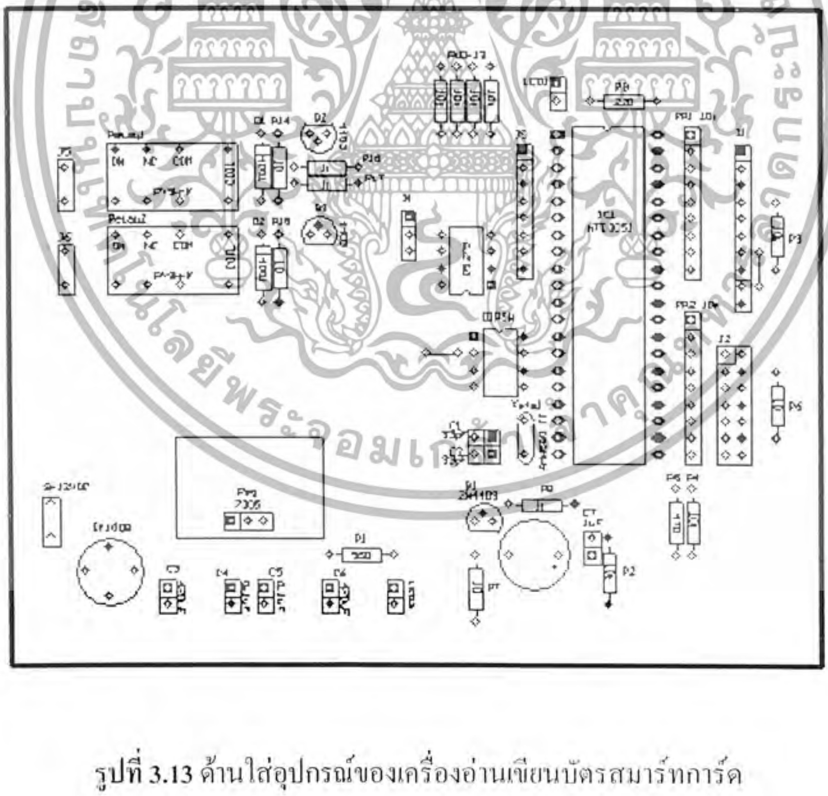
ที่ขา 10 และขา 11 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่ออยู่กับตัวไอซี DS275 เป็นตัวติดต่อพอร์ทอนุกรมระหว่างตัวไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ไว้สำหรับต่อดูค่าในบัตรสมาร์ทการ์ดโดยผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลและไว้สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ด้านอื่นๆต่อไปในอนาคต ขา9 กับขา 17 จะต่อกับลำโพงบัซเซอร์ไว้สำหรับส่งเสียงเตือนเมื่อเงินในบัตรสมาร์ทการ์ดใกล้จะหมด โดยเมื่อบัตรเงินใกล้จะหมดจะส่งเสียงร้องทุกๆ 10 วินาที และขา12 กับขา13 นั้นจะต่อกับรีเลย์ 5V เพื่อเป็นตัวตัด/ต่อสายเมาส์และสายคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ให้ใช้งานได้หรือไม่ได้ ซึ่งถ้าไม่มีบัตรหรือบัตรไม่ถูกต้องหรือบัตรไม่มีเงินเหลือรีเลย์จะ off และถ้าบัตรถูกต้อง พาสเวิร์ดถูกต้อง และมีเงินเหลือในบัตร รีเลย์จะ on

เมื่อทำการออกแบบ Schematics เสร็จแล้วขั้นตอนต่อไปก็จะนำมาทำลายวงจรเพื่อทำเป็นแผ่นวงจรต่อไป การออกแบบลายวงจรนั้นจะใช้โปรแกรม Protel99se เป็นตัวสร้างลายวงจร ซึ่งลายวงจรที่ออกแบบเสร็จแล้วนั้นจะเป็นดังรูปที่ และรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

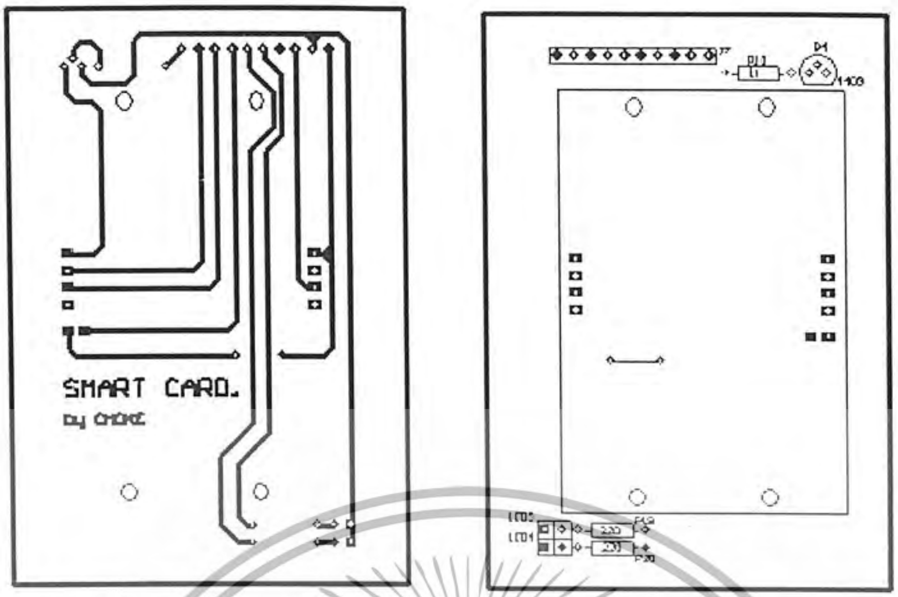



รูปที่ 3.12 ลายวงจรเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด



รูปที่ 3.13 ด้านใส่อุปกรณ์ของเครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ด

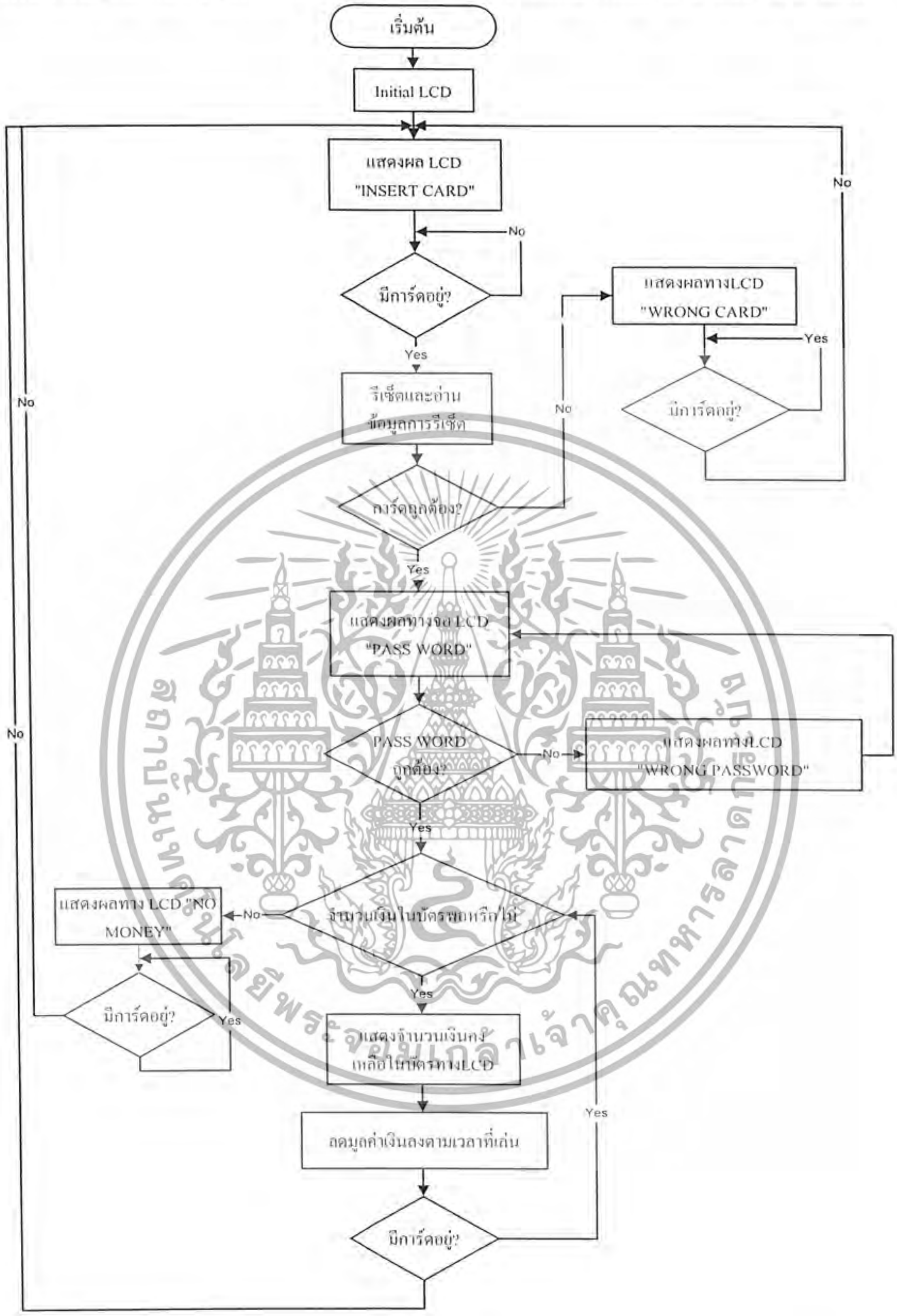
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.14** ลายวงจรและด้านใส่อุปกรณ์ของตัวซ็อคเก็ตบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดสำหรับการตรวจสอบจำนวนเงิน**




**รูปที่ 3.15** แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ด สำหรับการตรวจสอบจำนวนเงิน

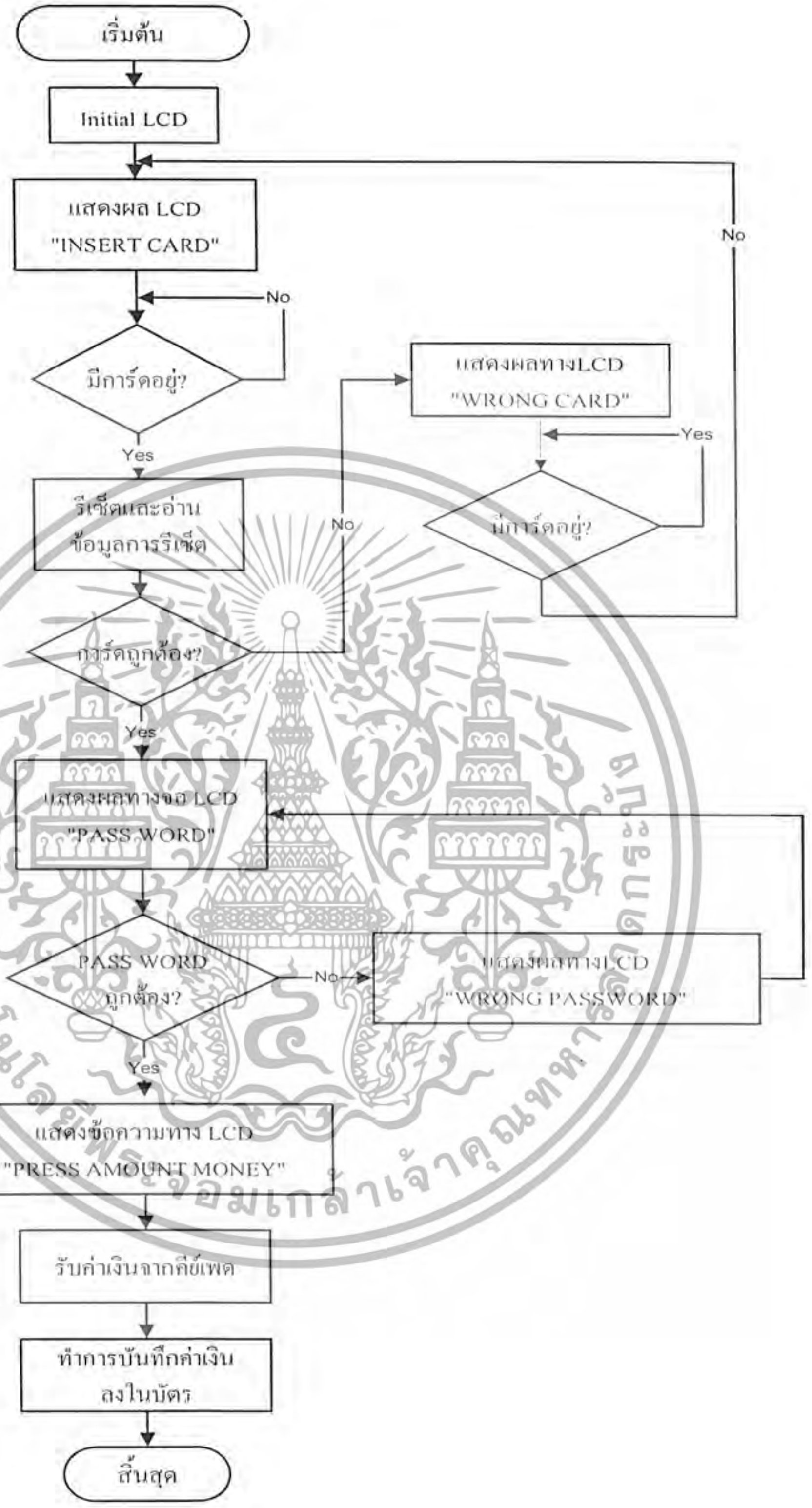
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.15 แสดงโฟล์วชาร์ททการเขียนโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดสำหรับการตรวจสอบจำนวนเงินคงเหลือที่สามารถใช้เล่นอินเตอร์เน็ตได้ โดยเริ่มแรกเราต้องตั้งค่าเริ่มต้นของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวให้ทำงานตามที่เราต้องการ โดยเริ่มต้นแสดงข้อความว่า " PLEASE INSERT CARD " เพื่อให้ทำการใส่บัตรสมาร์ทการ์ด เมื่อเสียบบัตรเรียบร้อยแล้ว เครื่องก็จะทำการตรวจสอบว่าบัตรที่เสียบถูกต้องหรือไม่ ถ้าบัตรที่เสียบไม่ถูกต้องตามที่กำหนดจะทำการสั่งให้แสดงข้อความที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวว่า "WRONG CARD REMOVE CARD" เมื่อดึงบัตรออกไปก็จะไปสู่สภาวะเริ่มต้น ถ้าบัตรที่เสียบเป็นบัตรที่ถูกต้องตามที่กำหนด เครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดก็จะทำการแสดงข้อความที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวว่า "PASSWORD" คือให้ทำการกดรหัสผ่าน 4 หลัก เมื่อกดรหัสผ่านที่คีย์แพดแล้ว เครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดจะทำการตรวจสอบรหัสผ่านว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็จะแสดงข้อความว่า "WRONG PASSWORD" ทำการกดรหัสใหม่ แต่ถ้ารหัสถูกต้องก็จะตรวจสอบจำนวนเงินคงเหลือในบัตรต่อไป ถ้าจำนวนเงินคงเหลือไม่พอจะแสดงข้อความว่า "NO MONEY REMOVE CARD " ให้ทำการดึงบัตรออก แต่ถ้าจำนวนเงินคงเหลือพอก็จะทำการแสดงเวลาและจำนวนเงินทีใช้ได้ในการเล่นอินเตอร์เน็ต และทำการลดค่าลงเรื่อยๆตามเวลาการเล่นจนจำนวนเงินคงเหลือไม่พอ หรือทำการดึงบัตรออกเมื่อเลิกเล่นเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดก็จะกลับไปอยู่ที่สภาวะเริ่มต้นต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.5 การเขียนโปรแกรมการเพิ่มจำนวนเงินให้แก่บัตรสมาร์ทการ์ด**

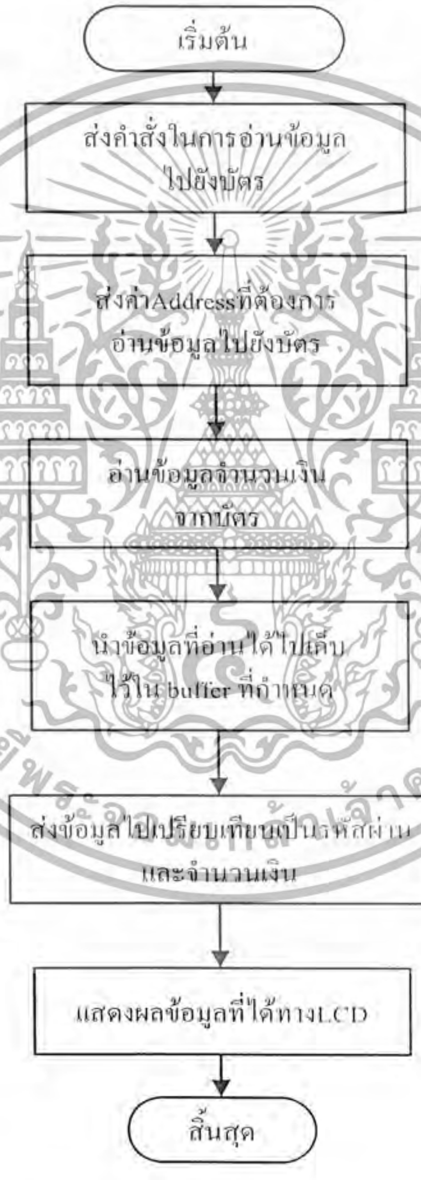



**รูปที่ 3.16** แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการเพิ่มจำนวนเงินในบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะเริ่มต้นก็จะมีหลักการทำงานเหมือนกับโปรแกรมควบคุมการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ดสำหรับการตรวจสอบจำนวนเงินคงเหลือที่สามารถใช้เล่นอินเตอร์เน็ต คือเมื่อป้อนรหัสผ่านถูกต้องแล้ว เครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดจะแสดงข้อความที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวว่า “PRESS AMOUNT MONEY” คือให้ทำการกดจำนวนเงินที่ต้องการเติมลงในบัตรสมาร์ทการ์ดโดยการกดผ่านทางคีย์แพด เครื่องอ่านเขียนบัตรสมาร์ทการ์ดก็จะทำการบันทึกจำนวนเงินลงในบัตรสมาร์ทการ์ด ทำการดึงบัตรออกเป็นการจบกระบวนการเติมเงิน

### 3.6 การเขียนโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ดและแสดงผลทางจอแสงผลแบบผลึกเหลว

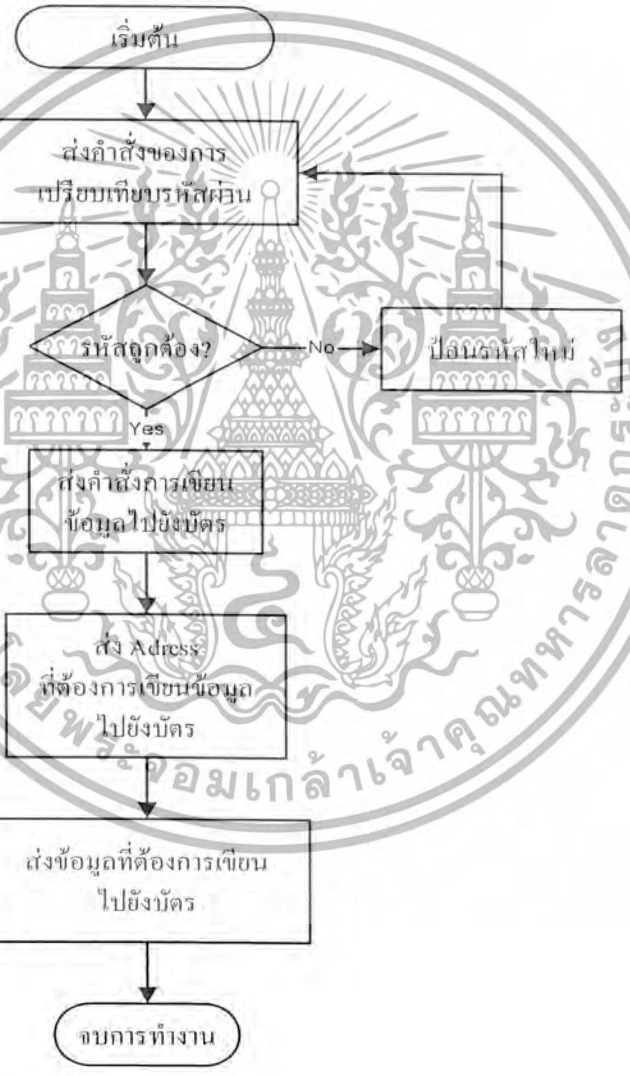



**รูปที่ 3.17** แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดและแสดงผลทางจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.17 เป็นโฟลวชาร์ทของโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ด และแสดงผลทางจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ในสภาวะแรกต้องทำการส่งข้อมูลซึ่งเป็นรหัสคำสั่งเพื่อบอกให้สมาร์ทการ์ดทราบว่าต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำหลัก จากนั้นจะต้องส่งค่าแอดเดรสที่เราต้องการอ่านข้อมูลไปด้วย ซึ่งการอ่านข้อมูลนั้นจะสามารถอ่านได้มากน้อยเพียงไหนขึ้นอยู่กับจำนวนสัญญาณนาฬิกาโดยที่ 1 แอดเดรสจะใช้สัญญาณนาฬิกา 8 ลูก จากนั้นจะทำการอ่านข้อมูลจากบัตรแล้วนำมาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ที่กำหนดไว้ และทำการส่งข้อมูลที่อ่านได้นี้ไปตรวจสอบเป็นรหัสผ่านและจำนวนยอดเงิน และแสดงผลที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวต่อไป

### 3.7 การเขียนโปรแกรมการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด

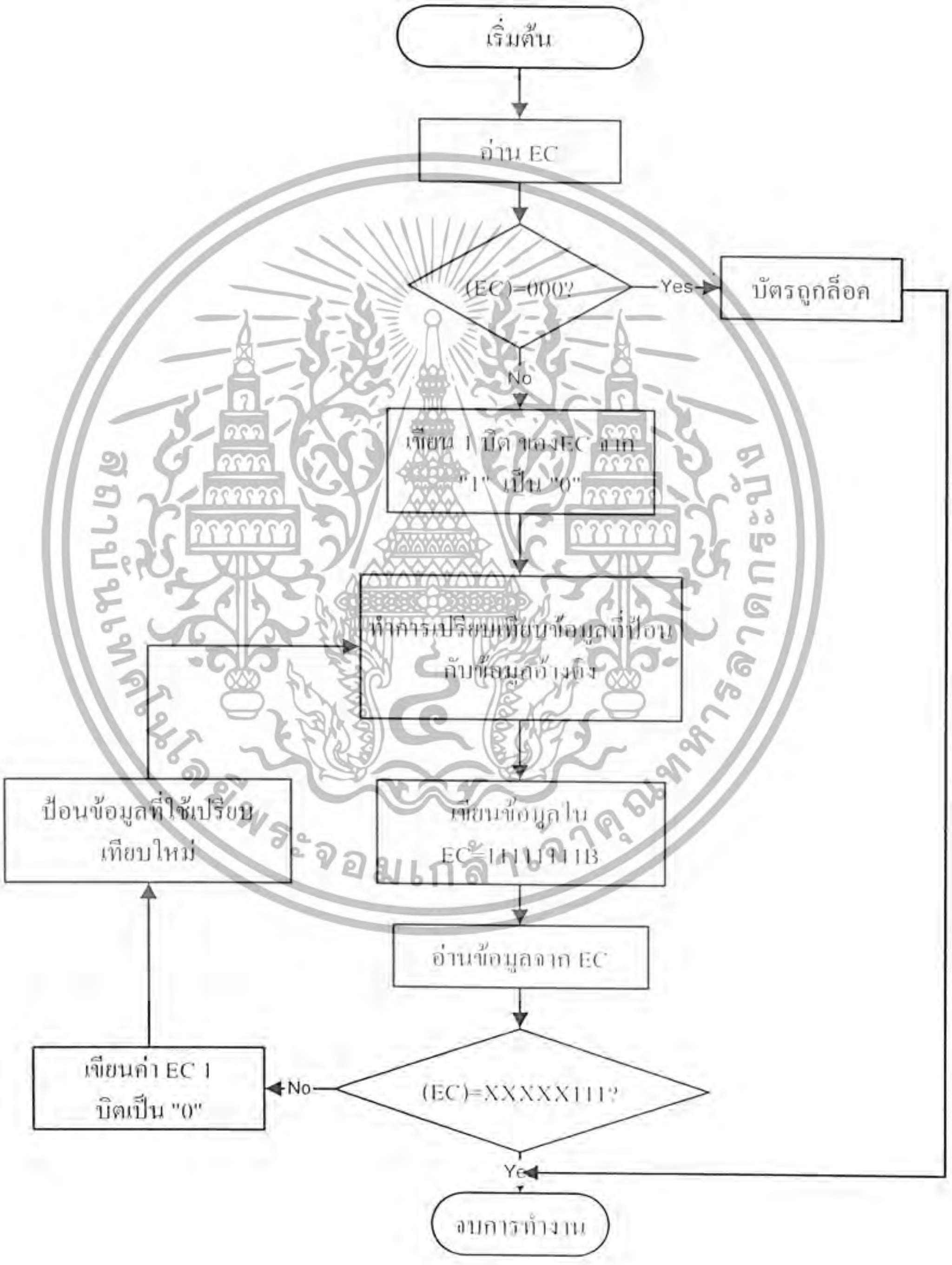



**รูปที่ 3.18** แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.18 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด ในสภาวะแรกเราต้องทำการเปรียบเทียบรหัสผ่าน ถ้ารหัสถูกต้อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งคำสั่งการเขียนข้อมูลไปยังบัตรสมาร์ทการ์ด จากนั้นจะส่งค่าแอดเดรสที่ต้องการเขียนข้อมูลไปยังบัตร และทำการส่งข้อมูลที่ต้องการเขียนตามไป

**3.8 การเขียนโปรแกรมควบคุมการเปรียบเทียบรหัสผ่าน**




รูปที่ 3.19 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการเปรียบเทียบรหัสผ่าน

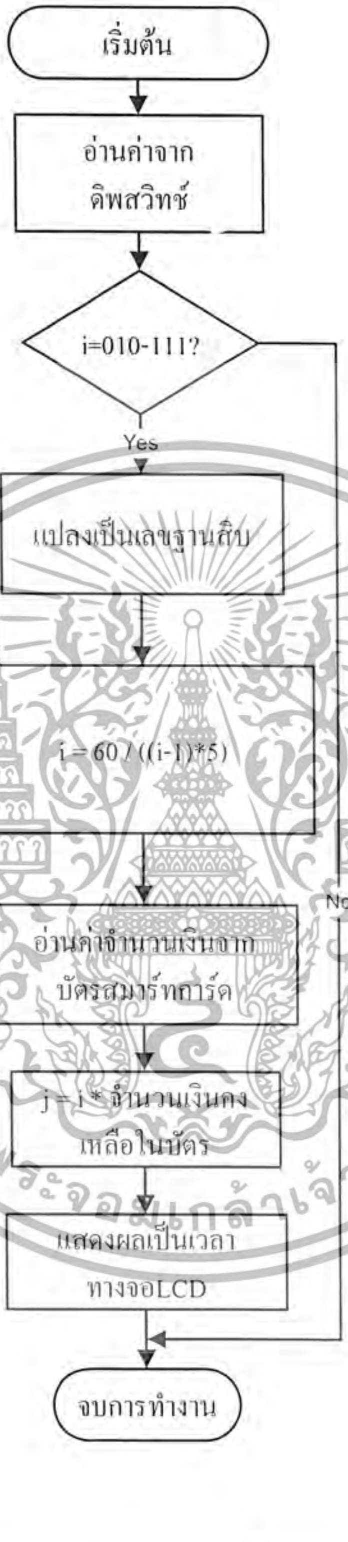
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการเปรียบเทียบรหัสผ่านเพื่อใช้ในการเขียนข้อมูลลงบัตรสมาร์ทการ์ด ในสภาวะแรกต้องการอ่านข้อมูลในหน่วยความจำที่เรียกว่า Error Counter (EC) ซึ่งค่า Error Counter นี้จะเป็นตัวบอกจำนวนครั้งที่ยังสามารถป้อนรหัสผิดได้ เมื่ออ่านค่า Error Counter ออกมาแล้วก็จะทำการเปรียบเทียบค่า Error Counter ว่าเท่ากับ xxxxx000B หรือไม่ ถ้าเท่าแสดงว่าบัตรสมาร์ทการ์ดใบนั้นถูกล็อกทำให้ไม่สามารถที่จะเขียนข้อมูลไปยังบัตรสมาร์ทการ์ดนั้นได้อีก แต่ถ้าค่าใน Error Counter ไม่เท่ากับ xxxxx000B แสดงว่ายังสามารถเขียนข้อมูลไปยังบัตรสมาร์ทการ์ดนั้นได้ จากนั้นจะทำการเขียนข้อมูล 1บิต ของ Error Counter ให้จากลอจิก “1” เป็น “0” โดยเรียงจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดก่อน จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลอ้างอิงที่อยู่ภายในบัตรกับข้อมูลที่เราป้อน จากนั้นจะทำการเขียนข้อมูลลงใน Error Counter เท่ากับ 11111111B แล้วทำการอ่านข้อมูลใน Error Counter มาอีกครั้ง ถ้าการเปรียบเทียบถูกต้องค่า Error Counter ที่อ่านออกมาเที่ยวหลังนี้จะต้องมีค่าเป็น xxxxx111B แต่ถ้ารหัสที่ป้อนผิด ข้อมูลของ Error Counter จะมีค่าเป็นค่าเดิมคือ xxxxx110B ซึ่งจะเห็นว่าบิตที่ 0 ถูกทำให้เป็น “0” ถ้าการเปรียบเทียบครั้งที่ 2 ยังผิดอีก บิตที่จะถูกทำให้เป็น “0” คือบิตที่1 เพราะฉะนั้นค่า Error Counter ที่อ่านออกมาได้จะมีค่าเป็น xxxxx100B ถ้าเราป้อนผิดครบ 3 ครั้ง บัตรสมาร์ทการ์ดจะถูกล็อกทันที แต่ถ้ารหัสถูกต้องก็จะทำการเขียนค่าใน Error Counter ให้เป็น xxxxx111B เหมือนเดิม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9 การเขียนโปรแกรมการหาเวลาในการใช้งานจากยอดเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ด




**รูปที่ 3.20** แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการหาค่าเวลาที่คิดจากยอดเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.20 แสดงโฟล์วชาร์ทของโปรแกรมการหาค่าเวลาที่คิดจากยอดเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ด โดยที่อันดับแรกเมื่อจะทำการปรับดิพสวิทช์เพื่อเลือกโหมดการทำงานว่าจะให้คิดเงินค่าบริการอัตราที่เท่าไร เช่น เลือกดิพสวิทช์ที่ 010B ก็จะทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบได้เท่ากับ 2 แล้วนำมาลบ 1เท่ากับ 1แล้วคูณด้วย 5 จะได้เท่ากับ 5 นำไปหาร 60 ก็จะได้ 12 ซึ่งหมายความว่า เงิน 1บาท สามารถเล่นได้ 12 นาที หรือคิดเป็นชั่วโมงละ 5บาท หลังจากนั้นก็จะทำการอ่านจำนวนเงินคงเหลือในบัตรสมาร์ทการ์ดออกมาว่ามีเท่าไรแล้วคูณกับจำนวนนาทีที่คำนวณออกมาได้ ก็จะเป็นเวลาที่สามารถใช้งานอินเตอร์เน็ตได้จะแสดงผลออกมาทางจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

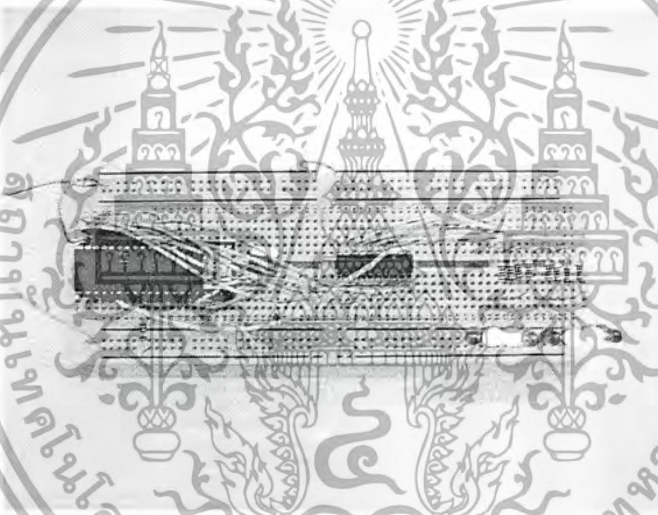
# บทที่ 4

# การทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 วิธีการทดลองและผลการทดลองในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

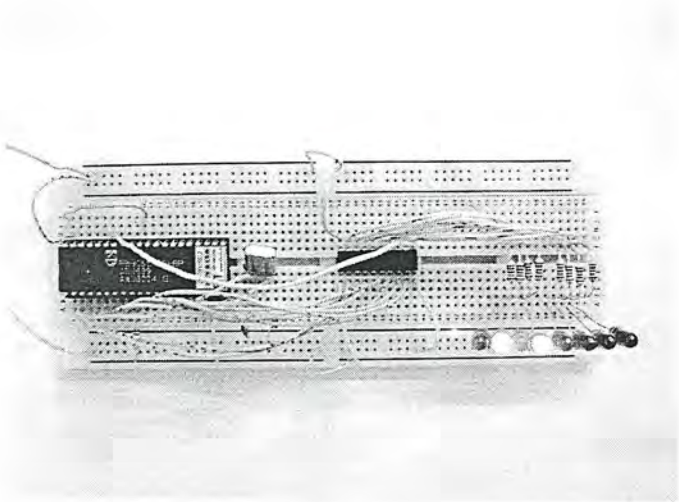
### 4.1.1 วิธีการทดลองการทำงานของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครกอนโทรลเลอร์

การทดลองของพอร์ทเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.2 แล้วเขียนโปรแกรมตามผังการทำงานตามรูปที่3.3 ในบทที่ 3 เมื่อทำการป้อนไฟเลี้ยง +5V ให้กับวงจรจะได้ค่าเอาท์พุตที่ออกจากพอร์ท 0 (P0.0 - P0.7), พอร์ท 1 (P1.0 - P1.7), และพอร์ท 2 (P2.0 – P2.7) ซึ่งเป็นข้อมูลขนาด 8 บิต แล้วใช้หลอดแอลอีดีมาแสดงค่าเอาท์พุตที่ส่งออกไป โดยจะกำหนดให้แอลอีดีมีไฟสว่างแทนค่าข้อมูลที่ส่งออกไปมีค่าเท่ากับ “1” ถ้าแอลอีดีไฟไม่สว่างให้แทนค่าข้อมูลเท่ากับ “0” โดยมีผลการทดลองการทำงานของพอร์ทดังรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองป้อนค่า 01100110 ออกเอาท์พุตพอร์ท 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองป้อน 01010000 ออกเอาท์พุตพอร์ท 1

รูปที่ 4.3 ผลการทดลองป้อน 00001000 ออกเอาท์พุตพอร์ท 2

**4.1.2 วิธีการทดลองการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม RS232**

การทดลองในส่วนของการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรมนั้นจะทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.4 และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าข้อมูลทางคีย์บอร์ดตามแผนผังในรูปที่ 3.5 แล้วทำการป้อนไฟเลี้ยงขนาด +5V ให้กับวงจรจากนั้นทำการทดลองการใช้งานโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

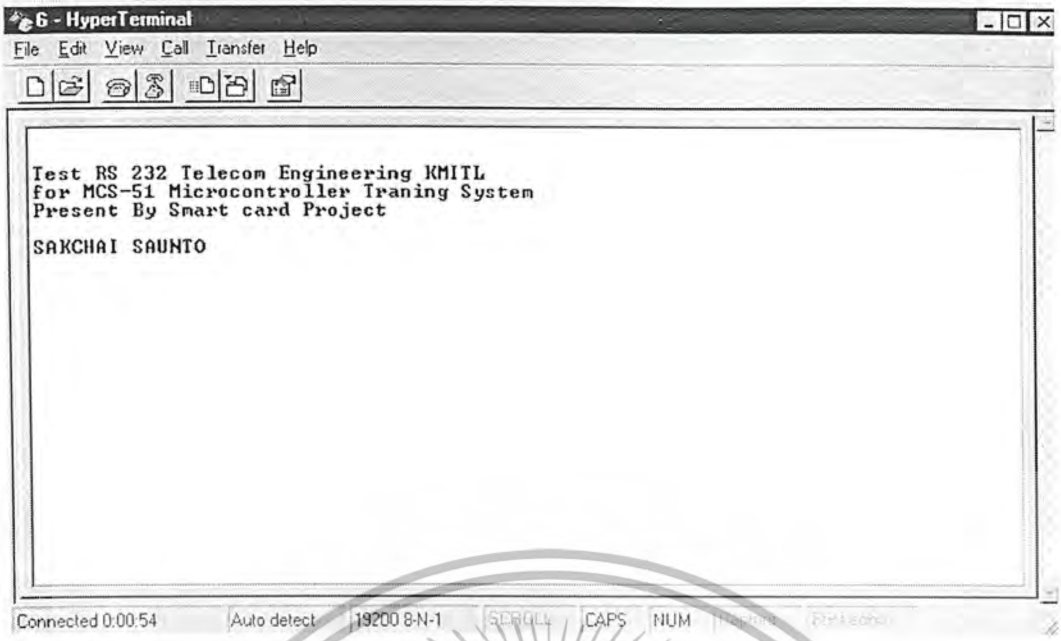
**รูปที่ 4.4** หน้าต่างโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลเมื่อเปิดขึ้นมาใช้งานครั้งแรก

โดยจะกำหนดให้มีการเชื่อมต่อกับโปรแกรมที่จะใช้ทดลองโปรแกรม ในการทดลองนี้ได้ทำการตั้งชื่อโปรแกรมว่า "Test RS232" จากนั้นทำการกำหนดโหมดการทำงานให้กับโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล โดยในการทดลองนี้จะเลือกติดต่อที่ "COM1" โดยในการเลือกโหมดการทำงานนั้นจะแสดงในรูปที่ 4.5

**รูปที่ 4.5** หน้าต่างการกำหนดโหมดการทำงานให้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล

ผลจากการทดลองการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS 232 โดยอาศัยโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล จะแสดงผลออกทางหน้าจอดังรูปที่ 4.6

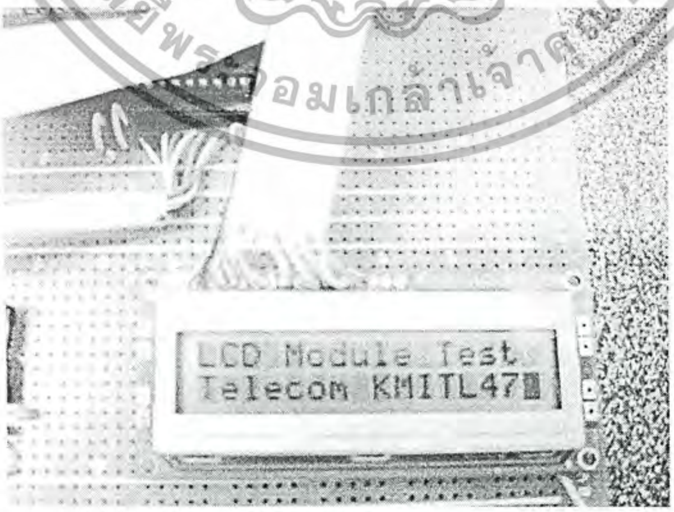
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.6** แสดงผลหน้าจอของโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล

**4.1.3 วิธีการการทดลองนำแอลซีดีมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

การทดลองนำแอลซีดีมาต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 และทำการเขียนโปรแกรมการทำงานเพื่อทดลองการทำงานตามผังการทำงานในรูปที่ 3.6 ซึ่งในการทำงานของแอลซีดีนั้นจะติดต่อและควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้ใช้พอร์ท 0 (P0.0-P0.7) ในการส่งข้อมูลและใช้ในการติดต่อกำหนดค่าต่างๆ ให้แก่แอลซีดี เมื่อทำการโปรแกรมค่าต่างๆ ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการต่อกับแอลซีดีโดยจ่ายไฟให้แอลซีดี +5โวลต์ แล้วทำการกดรีเซ็ต 1 ครั้ง จอแอลซีดีก็จะแสดงผลออกเป็นข้อความตามรูปที่ 4.9

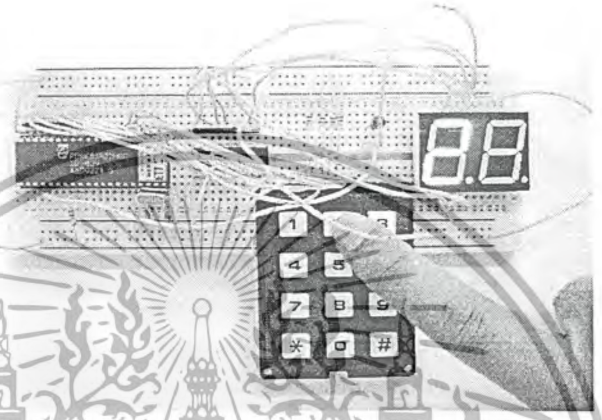



**รูปที่ 4.7** ผลการทดลองการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดีโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

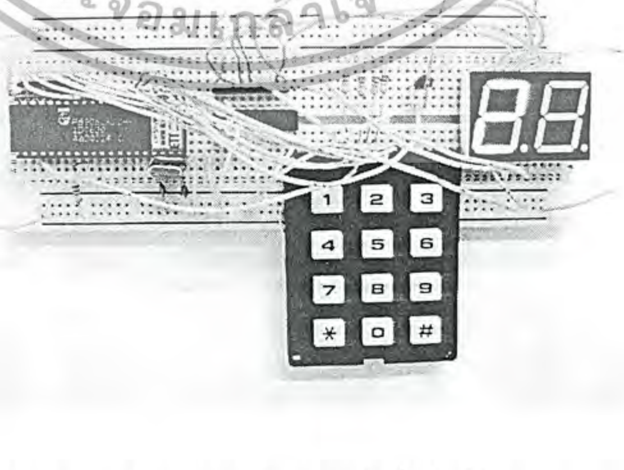
**4.1.4 วิธีการทดลองเพื่อนำคีย์แพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

การทดลองนำคีย์แพดมาต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะต่อวงจรตามรูปที่ 3.7 และเขียนโปรแกรมตามผังการทำงานในรูปที่ 3.8 เมื่อทำการต่อวงจรเสร็จแล้วลองทำการทดลองโดยการทดลองกดปุ่มที่เป็นคีย์แพดและให้แสดงผลค่าที่กดออกทางแอลอีดีตัวเลข 7 ส่วน (Segment) ซึ่งผลของการทดลองจะเป็นดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองการนำคีย์แพดมาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อทำการกดปุ่มที่เป็นตัวเลขของคีย์แพดแล้ว ค่าของเอาท์พุตที่แสดงออกทางแอลอีดีตัวเลข 7 ส่วน จะยังคงสภาวะนั้นจนกว่าจะมีการกดตัวเลขอื่นๆ ค่าที่แสดงออกทางแอลอีดี 7ส่วนจึงจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 4.11




รูปที่ 4.9 ผลจากการค้างสภาวะหลังจากกดปุ่มที่เป็นคีย์แพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 บัตรที่นำมาใช้ทดลอง

**รูปที่ 4.10** บัตรที่นำมาใช้ทดลอง

สำหรับบัตรสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีจำนวน 5 ใบ ซึ่งเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดเบอร์ SLE4442 จำนวน 4 ใบ และบัตร TOT ขององค์การโทรศัพท์จำนวน 1 ใบ บัตร SLE4442 นั้นจะเป็นบัตรมีจำนวนเงิน 1 ใบ, บัตรไม่มีเงิน 1 ใบ, บัตรมีเงิน 1 ใบและบัตรเสีย 1 ใบ ดังรูปที่ 4.10

รูป (ก) รูป (ข)

**รูปที่ 4.11** หน้าสัมผัสสมาร์ทการ์ด

ในบัตรสมาร์ทการ์ดเบอร์ SLE4442 นั้นหน้าสัมผัสจะเป็นดังรูป (ก) ส่วนบัตร TOT ขององค์การโทรศัพท์นั้นจะมีหน้าสัมผัสเป็นดังรูป (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3 วิธีการทดลองกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ด**

ในการทดลองการอ่านข้อมูลและเขียนข้อมูลเพื่อทำการติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดนี้ จะทำการทดลองโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมให้เครื่องสามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงบนบัตรสมาร์ทการ์ด เบอร์ SLE4442 โดยมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรมตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 เมื่อเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้วจะใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลในการทำการแสดงผลการทดสอบ ว่าสามารถติดต่อได้หรือไม่ อ่านเขียนได้หรือไม่และถ้าไม่ใช่บัตรสมาร์ทการ์ดที่กำหนดจะสามารถเขียนได้หรือไม่ และถ้าบัตรเสียจะเป็นอย่างไร

**4.3.1 การทดลองโปรแกรมติดต่อกับไฮเปอร์เทอร์มินอลขณะไม่มีการเสียบบัตร**

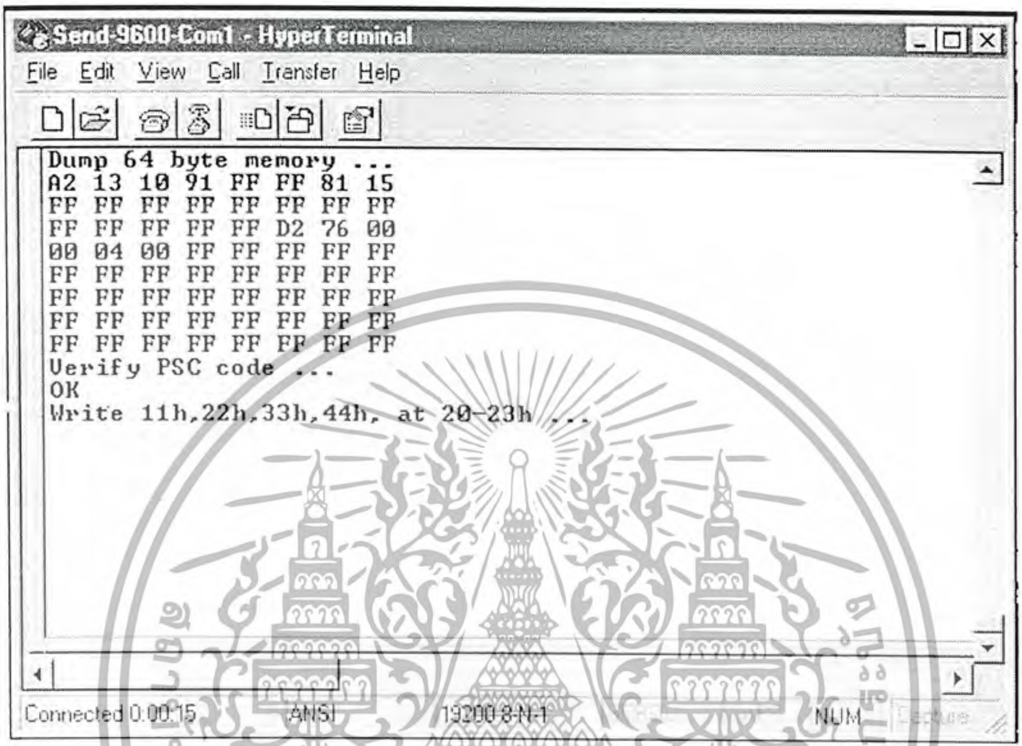
จะทำการเขียนโปรแกรมให้แสดงข้อความว่า Error ถ้าไม่มีการเสียบบัตร พร้อมทั้งแสดงหน่วยความจำที่อยู่ในบัตรสมาร์ทการ์ดอ่านออกมา 64 ไบต์แรก ถ้าไม่มีการเสียบบัตรก็จะให้พิมพ์ค่า 0ffH ออกมาทุกไบต์ เป็นการตรวจเช็คสถานะของการเสียบบัตรหรือไม่ดังรูปที่4.12

รูปที่ **4.12** แสดงผลการทดลองการติดต่อกับไฮเปอร์เทอร์มินอลขณะไม่มีการเสียบบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

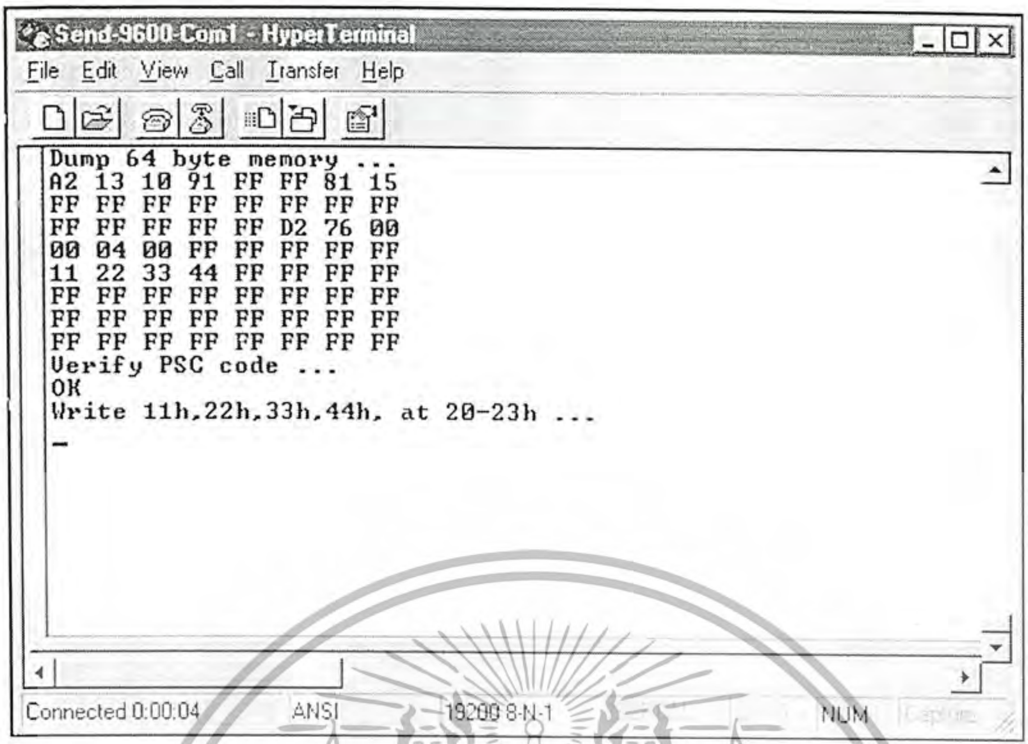
**4.3.2 การทดลองติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดโดยการอ่านและเขียนข้อมูล**

เป็นการเขียนโปรแกรมให้อ่านข้อมูลที่อยู่ในบัตรสมาร์ทการ์ด 64 ไบต์แรก ออกมาแสดงผล และทำการเขียนข้อมูลลงไปในตำแหน่งที่ 20H-23H เพราะ 32 ไบต์แรกของ SLE4442 เป็นพื้นที่ที่มีระบบป้องกันการเขียนข้อมูลทับ โดยการเขียนค่า 11, 22, 33, 44 ลงไปแสดงดังรูปที่4.13 และ 4.14




รูปที่ 4.13 แสดงการอ่านข้อมูลจากบัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



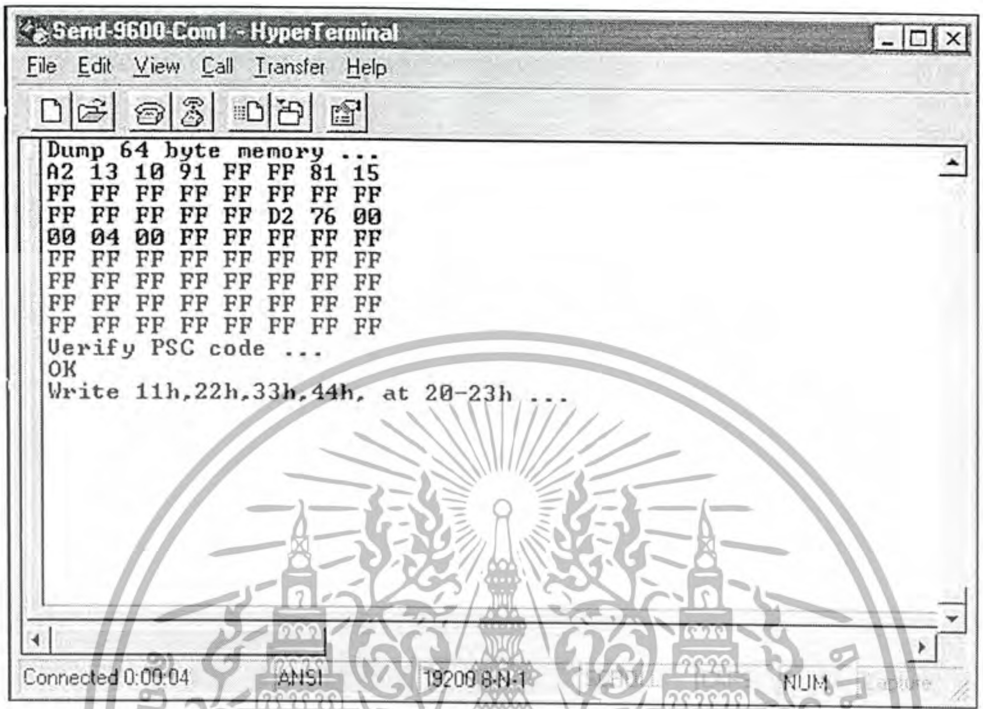

รูปที่ **4.14** แสดงการเขียนข้อมูลลงในบัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442

จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 จะเห็นว่าใน 4 ไบต์แรก เป็นข้อมูลของผู้ผลิตหรือ Manufacturer Code มีขนาด 4 ไบต์ พื้นที่ส่วนนี้ใช้เก็บข้อมูลของ ATR โดยความหมายของข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่ส่วนนี้แต่ละไบต์จะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตการ์ดแต่ละราย ส่วนข้อมูลที่เขียนลงไปจะเห็นว่าจะถูกเขียนลงไปในไบต์ที่ 33-36 ดังรูปที่ 4.14 ตามที่เรากำหนดไว้

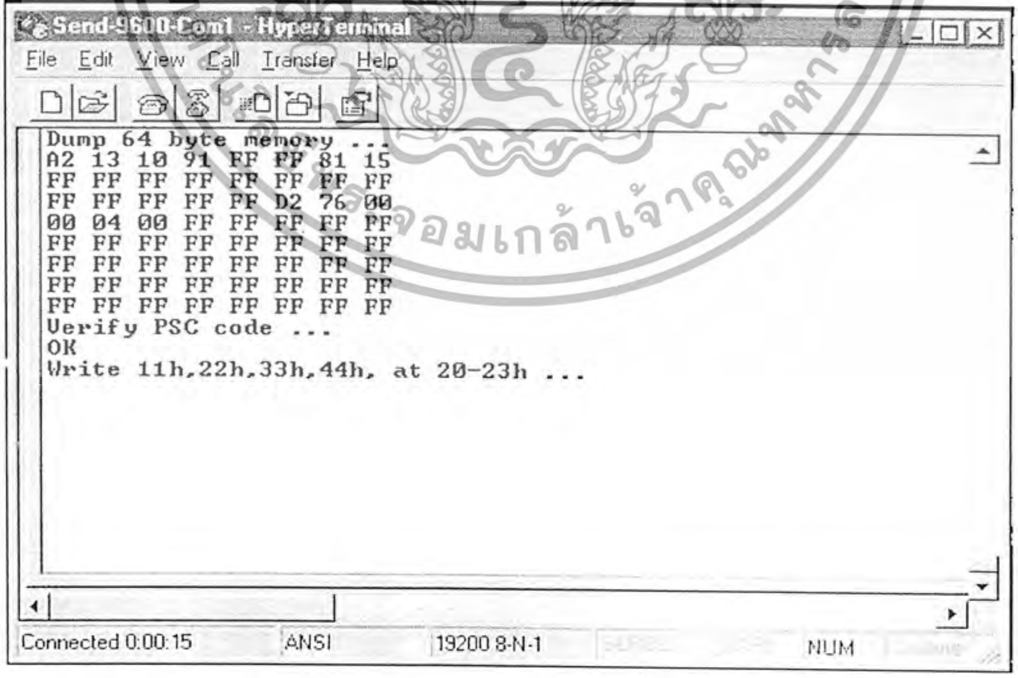
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.3 การทดลองการติดต่อกับสมาร์ทการ์ด SLE4442 ที่ใช้งานไม่ได้**

ใช้โปรแกรมแบบเดียวกับโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองที่ 4.3.2 แต่ใช้บัตร SLE4442 ที่ได้เสียแล้วมาทำการอ่านและเขียนข้อมูล ผลที่ได้จะแสดงดังรูปที่4.15




รูปที่ 4.15 แสดงการอ่านข้อมูลจาก SLE4442บัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 ใช้งานไม่ได้



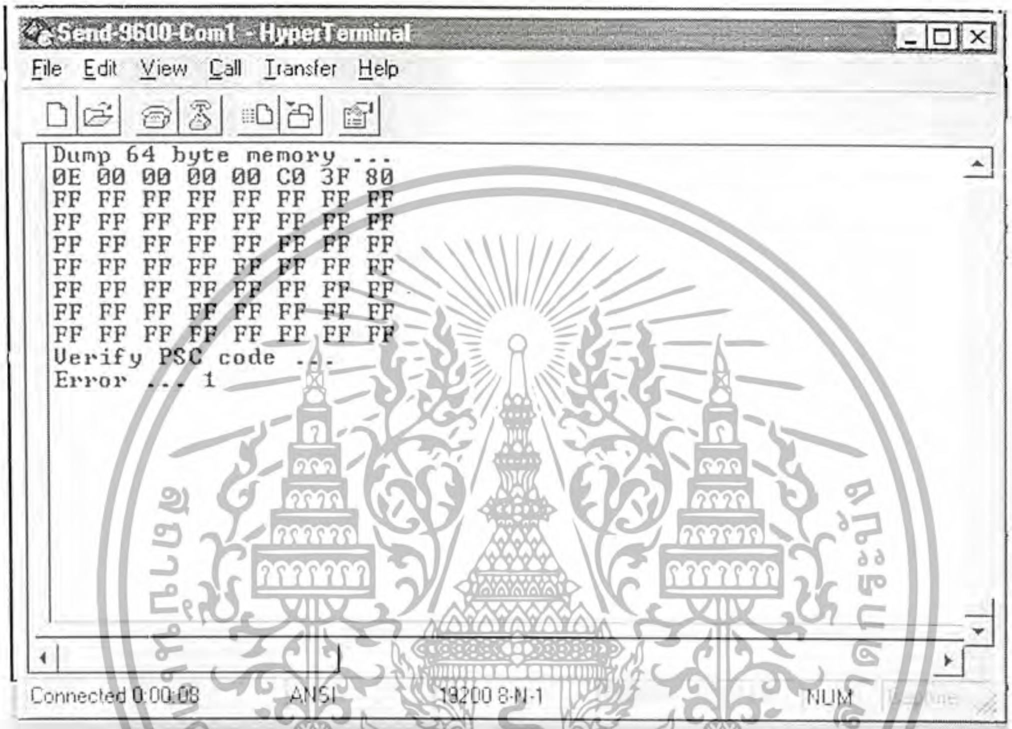

**รูปที่ 4.16** แสดงการเขียนข้อมูลลงใน SLE4442บัตรสมาร์ทการ์ด SLE4442 ที่ใช้งานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่4.15 จะเห็นได้ว่าสามารถที่จะอ่านข้อมูลจากบัตรออกมาได้ และจากรูปที่4.16 จะเห็นว่าไม่สามารถที่จะทำการเขียนข้อมูลลงไปในบัตรที่เสียแล้วได้

**4.3.4 การทดลองทำการติดต่อกับบัตรสมาร์ทการ์ดที่ไม่ใช่ SLE4442**

เป็นการทดลองโดยการเสียบบัตรที่ไม่ใช่ SLE4442 โดยใช้บัตรโทรศัพท์ TOT CARD ทำการเสียบแทน ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.17



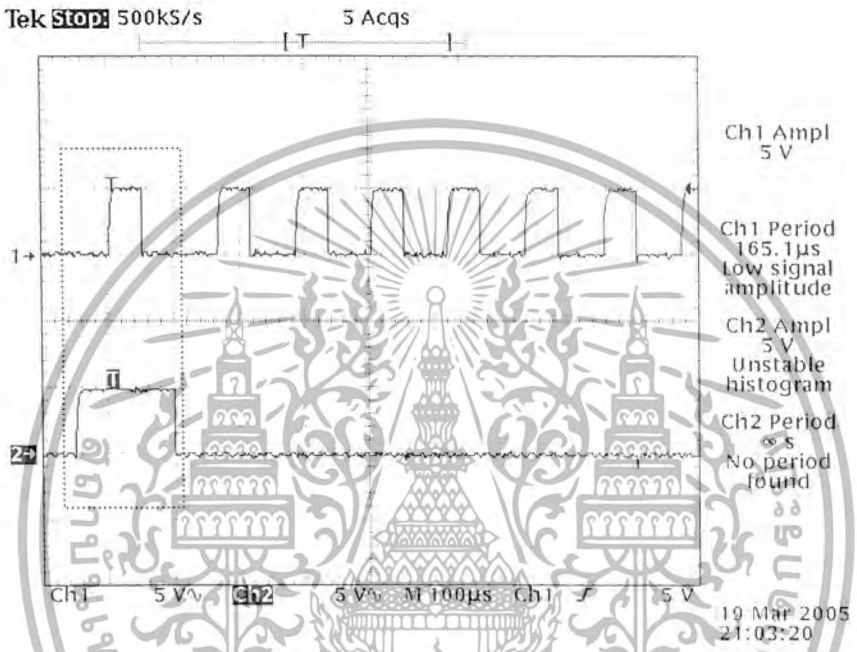

รูปที่ 4.17 แสดงผลการติดต่อกับสมาร์ทการ์ดที่ไม่ใช่ SLE4442

จากรูปที่ 4.17 เป็นการอ่านข้อมูลที่ได้จากบัตร TOT CARD ซึ่งจะแสดงข้อความว่า Error แปลว่าบัตรที่อ่านได้นั้นไม่ใช่ชนิดที่เรากำหนดไว้ และทำการเขียนข้อมูลไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4 ผลการวัดสัญญาณที่ตัวบัตรสมาร์ทการ์ด**

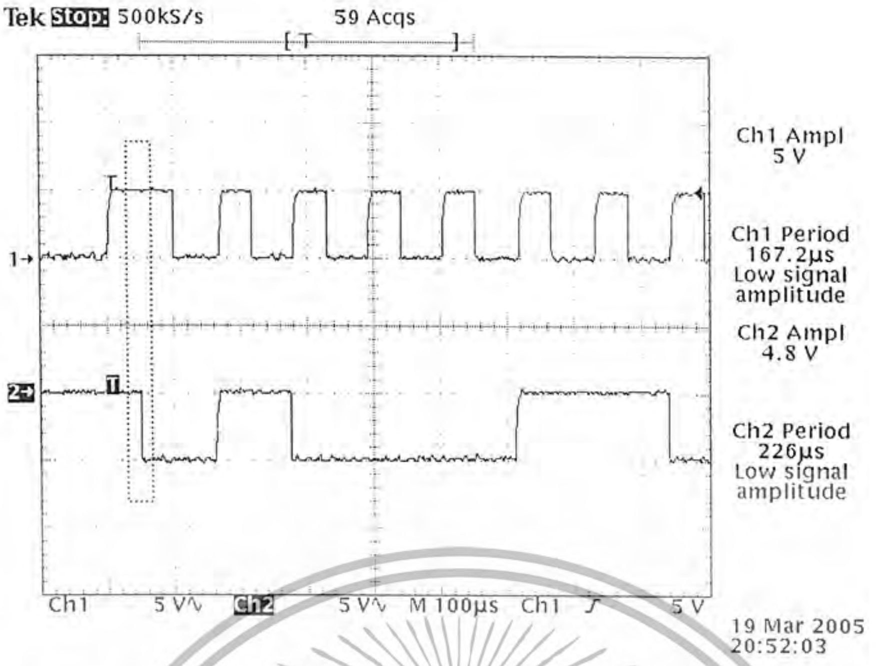
สำหรับผลการทดลองวัดค่าสัญญาณต่างๆที่ตัวบัตรสมาร์ทการ์ดนั้น จะเป็นการวัดค่าจากขาต่างๆ ที่ต่อกับซ็อคเก็ตบัตรสมาร์ทเพื่อดูการทำงานที่ตัวบัตรสมาร์ทการ์ด ซึ่งขาใช้งานของบัตรสมาร์ทการ์ดจะมีทั้งหมด 8 ขา แต่ใช้งานจริง 6 ขา ซึ่งขาที่ใช้งานมีดังนี้ คือ ขา PWR, ขา RST, ขา CLK, ขา IO, ขา +5V และขา GND ในการทดลองนี้จะวัดขา RST และขา IO เทียบกับขา CLK เพื่อดูรูปสัญญาณการทำงานต่างๆ ที่ตัวของบัตรสมาร์ทการ์ด ผลที่ได้จากการทดลองจะเป็น ดังรูปที่ 4.18 รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.10




รูปที่ 4.18 รูปสัญญาณของการรีเซตตัวสมาร์ทการ์ด โดยวัดสัญญาณที่ขา RST เทียบกับขา CLK

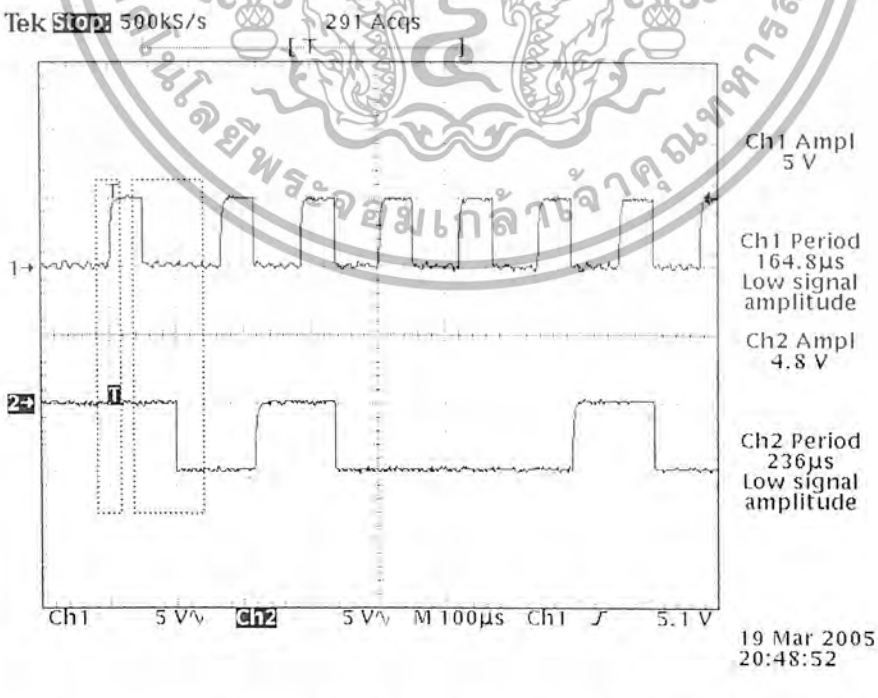
รูปที่ 4.18 จะเป็นการวัดสัญญาณที่ขา RST เปรียบเทียบกับขา CLK ซึ่งจะเป็นการรีเซตของตัวบัตรสมาร์ทการ์ด โดย ch1 ของสโคปจะต่อกับขา CLK ส่วน ch2 จะต่ออยู่กับขา RST สำหรับการรีเซตบัตรสมาร์ทการ์นั้น ขา RST จะเซตเป็นก่อนที่คล็อกลูกแรกจะขึ้นมา และจะเป็นศูนย์หลักจากที่คล็อกลูกแรกหมดไปแล้ว การรีเซตค่าของบัตรสมาร์ทการ์ดนั้นจะทำการรีเซตทุกครั้งก่อนที่จะมีการเริ่มต้นส่งค่าการทำงานต่างๆเกิดขึ้นในตัวบัตรสมาร์ทการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.19** รูปสัญญาณของการส่งคำสั่งไปยังสมาร์ทการ์ดโดยวัดสัญญาณที่ขา IO เทียบกับขา CLK

สำหรับรูปที่ 4.19 จะเป็นสัญญาณของการเริ่มต้นส่งคำสั่งไปยังตัวบัตรสมาร์ทการ์ด โดยที่ ch1 คือขา CLK หรือขาคล็อก ส่วน ch2 คือขา IO ของบัตรสมาร์การ์ด ช่วงเริ่มต้นการส่งค่าคำสั่งนั้น ขา IO จะกลายเป็น 0 แต่ขาคล็อกยังมีสถานะเป็น 1 อยู่ ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะทำให้ตัวบัตรสมาร์ทการ์ดทราบว่าเป็นการเริ่มต้นส่งคำสั่งนั่นเอง

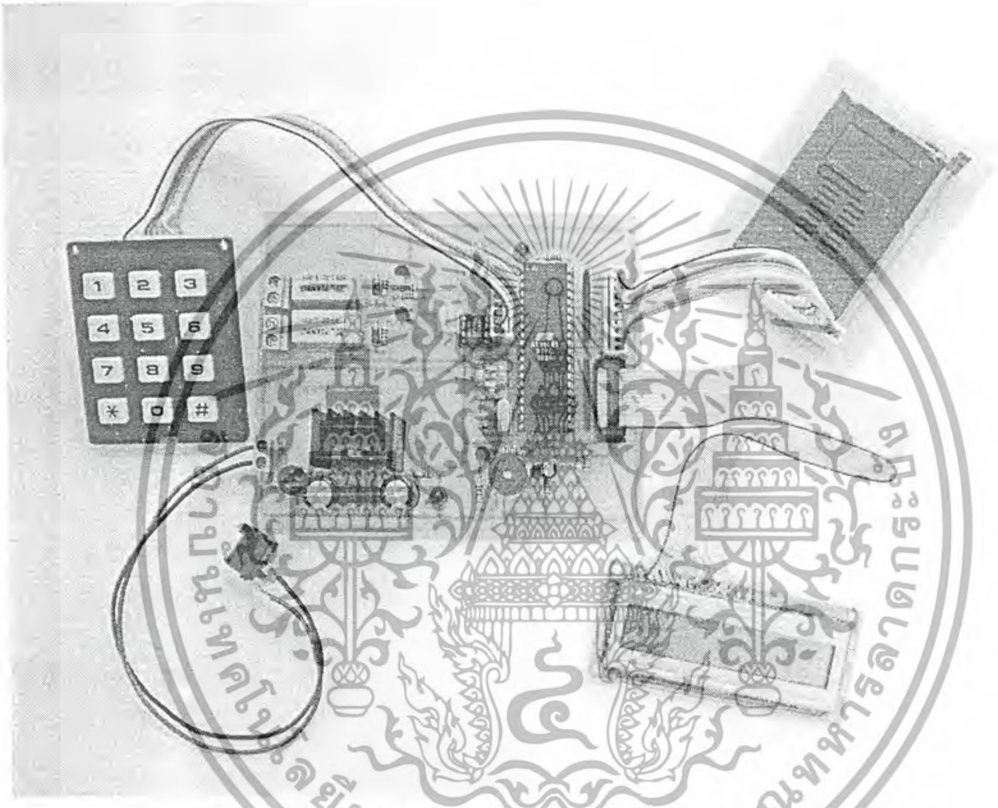



**รูปที่ 4.20** รูปสัญญาณของการสิ้นสุดการอ่านค่าจากสมาร์ทการ์ดโดยวัดสัญญาณที่ขา IO เทียบกับขา CLK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปสัญญาณที่ 4.20 นั้นจะเป็นสัญญาณแสดงการสิ้นสุดของการอ่านค่าที่ตัวบัตรสมาร์ทการ์ด โดย ch1 คือขา CLK หรือขาคล็อก และ ch2 คือขา IO ลักษณะการสิ้นสุดการอ่านค่าจากบัตรสมาร์ทการ์ดนั้นที่ขาคล็อกจะเซตเป็น 1 และขา IO ก็เป็น 1 ตัวสมาร์ทการ์ดจึงรับรู้ว่าให้มีการเลิกอ่านค่าที่ตัวมันต่อมา ส่วนขาคล็อกได้ทำการเซตเป็น 0 แต่ที่ขา IO เป็น 0 ช้ากว่าที่ขาคล็อกนั้นเพื่อให้บัตรสมาร์ทการ์ดรับรู้ว่าจะมีการส่งข้อมูลจากตัวมันออกไปนั่นเอง

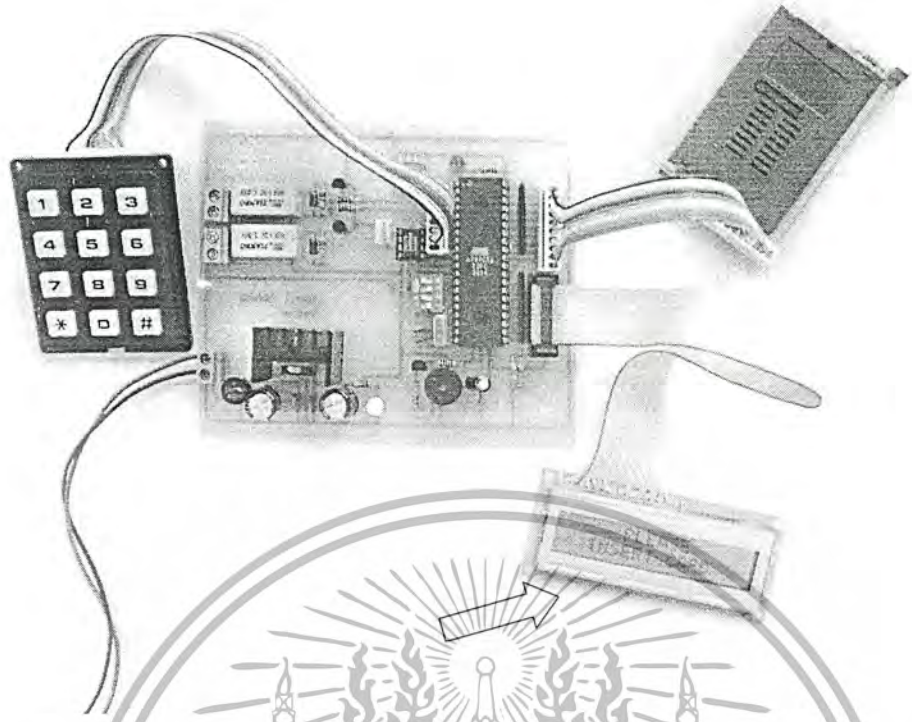
**4.5 การทดลองการใช้งานเครื่องอ่านเขียนสมาร์ทการ์ด**




รูปที่ 4.21 ชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้วนำมาต่อใช้งานร่วมกัน

วงจรโดยสมบูรณ์ที่ได้ทำการออกแบบและนำมาสร้างเป็นชิ้นงานแล้วนั้น จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.21 โดยส่วนหลักของวงจรจะเป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่บนแผ่นปริ้น มีวงจรเรคกูเลเตอร์เป็นตัวจ่ายไฟ 5V ให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ประเภทอินพุทก็จะมีตัวคีย์แพด ซ็อคเก็ทสำหรับเสียบบัตรสมาร์ทการ์ด ส่วนอุปกรณ์ด้านเอาท์พุทก็จะมีตัวแอลซีดี เป็นตัวแสดงผลของการทำงานต่างๆ ของโปรแกรม และมีตัวรีเลย์เป็นตัวตัด/ต่อเมาส์และคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.22** การทดสอบต่อไฟให้ชิ้นงาน

เมื่อทดลองต่อไฟ 12 V เข้าในวงจร ไฟ 12 V ก็จะผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์และทำการแปลงไฟให้เหลือ 5 V จากนั้นก็จะจ่ายไฟ 5V ให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะทำการรอรับการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ด และแสดงผลที่จอแอลซีดีว่า "PLEASE INSERT CARD" ซึ่งถ้าไม่มีการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดเข้ามา ตัวโปรแกรมก็จะทำการวนลูปการแสดงผลจอแอลซีดีอยู่อย่างนี้ตลอดเวลาที่มีไฟจ่ายเลี้ยงในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.5.1 การเซ็ทค่าฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆของวงจร**

**000**

**001**

**010**

**011**

**100**

**101**

**110**

**111**

**รูปที่ 4.23** รูปแสดงดิพสวิทช์แสดงฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ

"000" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการตั้งค่ารหัสพาสเวิร์ดใหม่

"001" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการเติมเงินลงในบัตรสมาร์ทการ์ด

"010" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 5 บาทต่อชั่วโมง

"011" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 10 บาทต่อชั่วโมง

"100" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 15 บาทต่อชั่วโมง

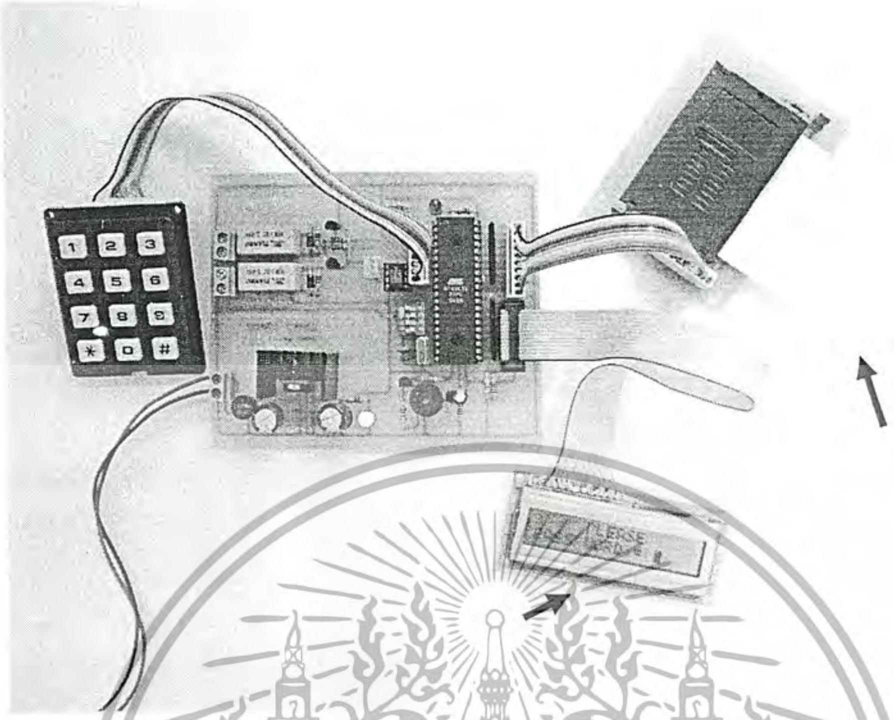
"101" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 20 บาทต่อชั่วโมง

"110" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 30 บาทต่อชั่วโมง

"111" หมายถึง เป็นฟังก์ชั่นการลดค่าเงิน 60 บาทต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

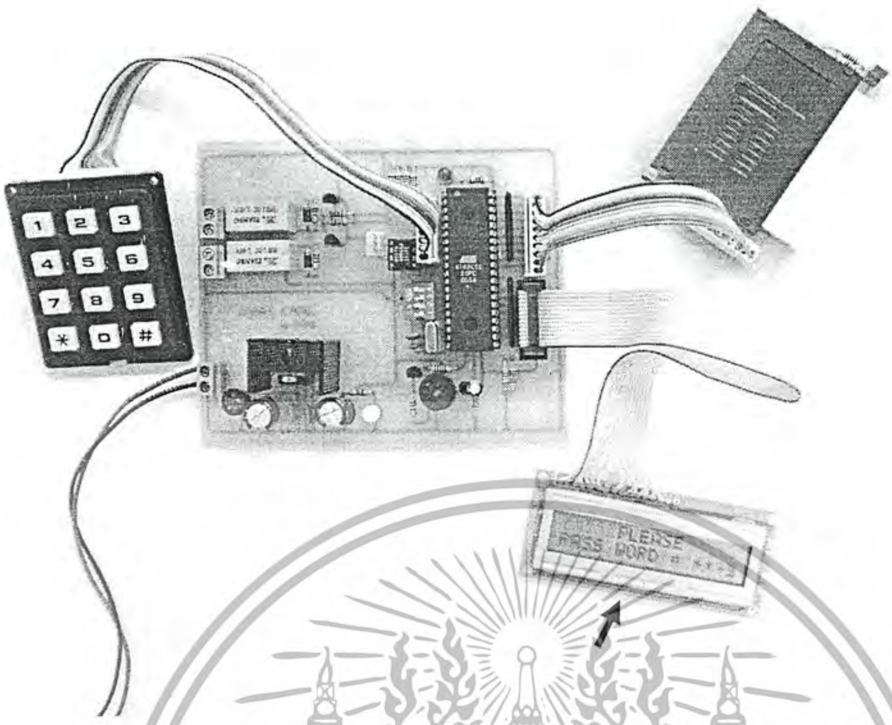
**4.5.2 กรณีเป็นบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้งานได้**



รูปที่ 4.24 รูปแสดงเมื่อทำการเสียบบัตร

เมื่อทดลองนำบัตรสมาร์ทการ์ดมาเสียบเข้าที่ซ็อคเก็ตบัตรสมาร์ทการ์ด ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับรู้ว่ามีบัตรเสียบเข้ามาและแสดงผลออกที่จอแอลซีดีว่า "PLEASE PASSWORD = ..." ดังรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



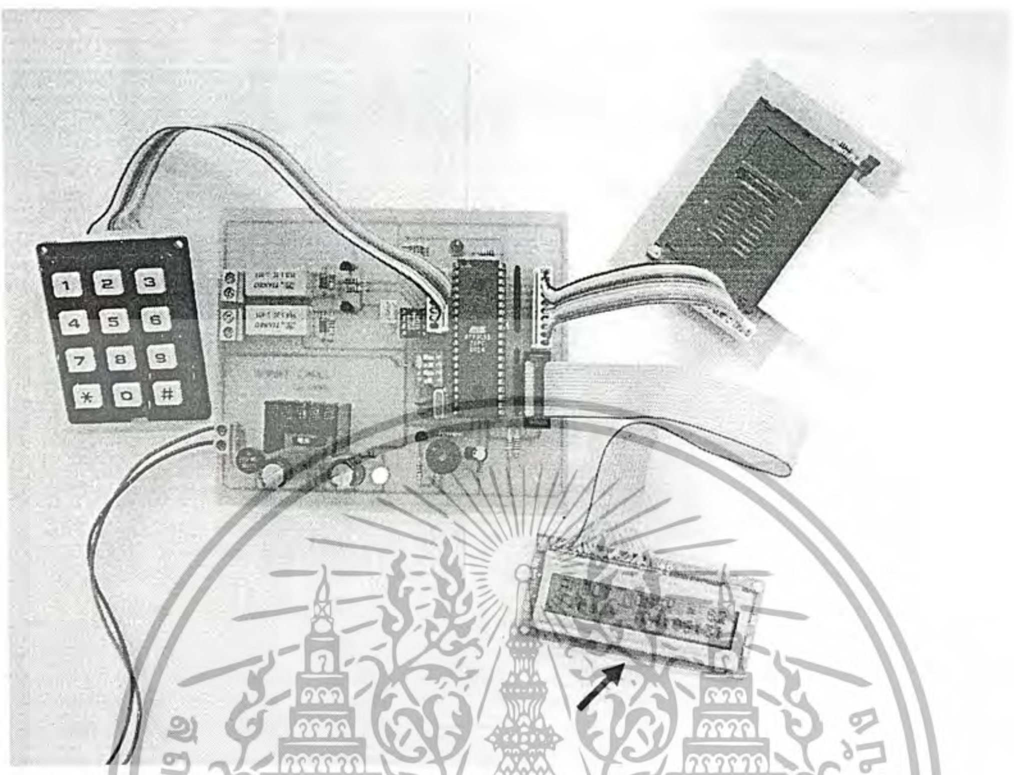

**รูปที่ 4.25** เมื่อกดรหัสผ่าน

ในรูปที่ 4.25 ทำการกดคีย์แพดเพื่อใส่ค่ารหัสผ่าน ซึ่งค่ารหัสผ่านที่ใส่นี้จะเป็นตัวเลขจำนวน 4 หลัก

**รูปที่ 4.26** แสดงหน้าจอเมื่อกดรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสผ่านที่ได้ป้อนไปแล้วนั้นทางจอแอลซีดีจะแสดงผลออกมาเป็นสัญลักษณ์ดอกจัน เพื่อป้องกันผู้อื่นแอบดูรหัสผ่านดังรูปที่ 4.26



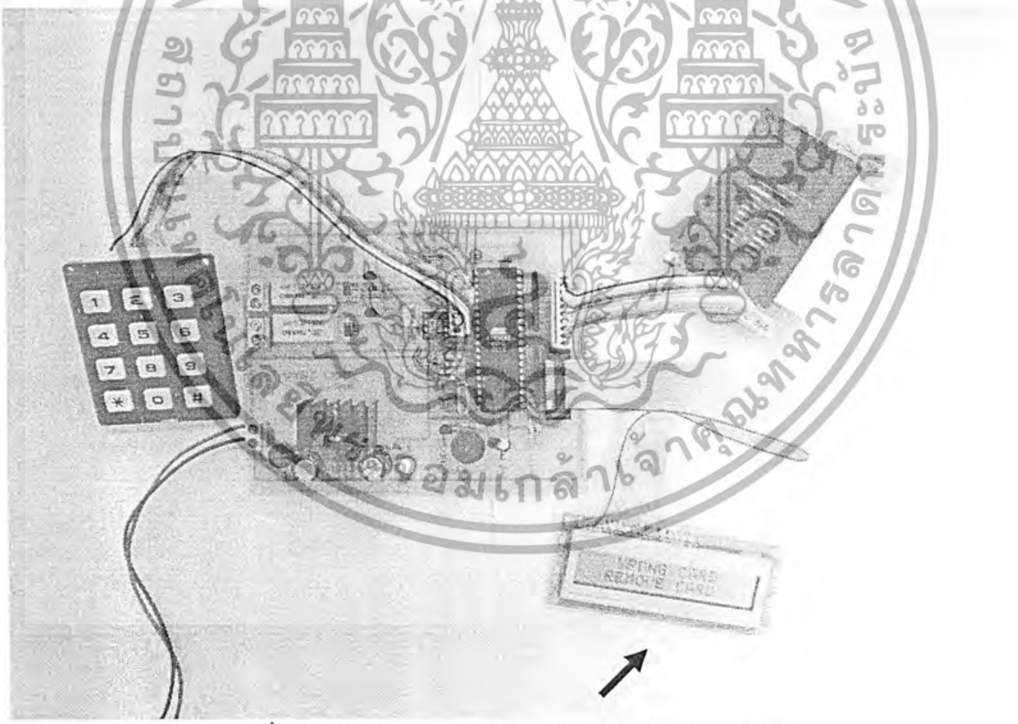

**รูปที่ 4.27** แสดงผลของจำนวนเงินที่คงเหลือและเวลา

เมื่อทำการกดค่ารหัสผ่านทั้ง 4 หลักถูกต้อง จอแอลซีดีจะแสดงผลของจำนวนเงินที่คงเหลือและเวลาที่สามารถใช้ได้ ดังรูปที่ 4.28 และรูปที่ 4.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.28** แสดงผลของจำนวนเงินที่คงเหลือและเวลา

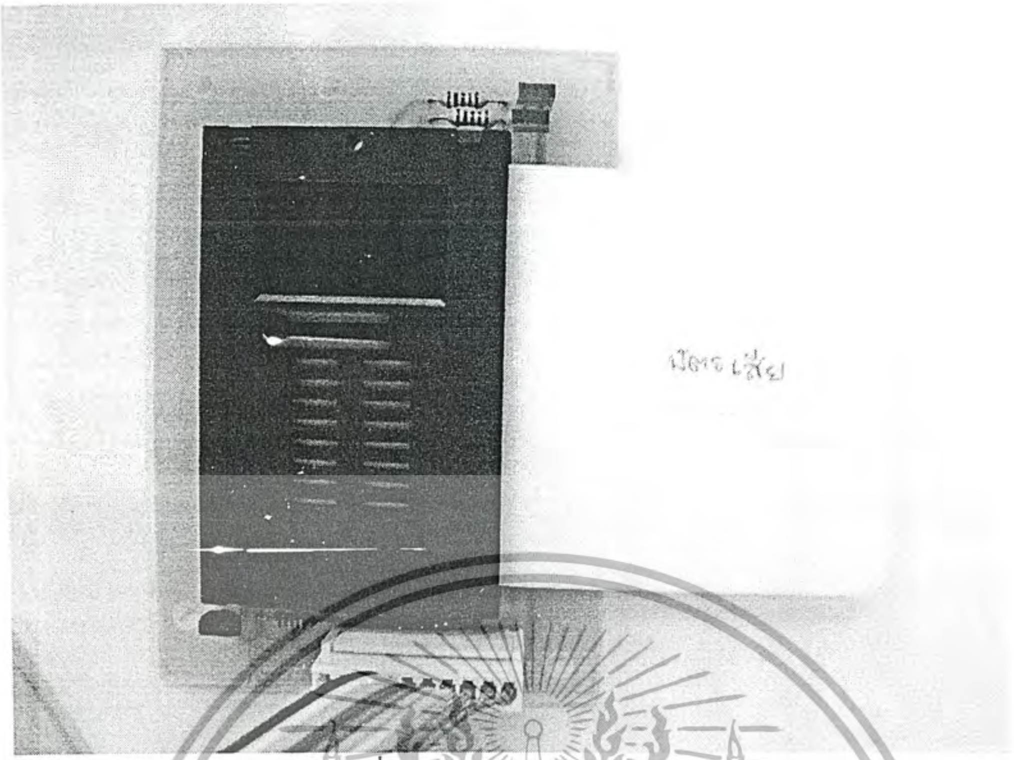
**4.5.3 กรณีบัตรสมาร์ทการ์ดที่ใช้งานไม่ได้**



**รูปที่ 4.29** แสดงผลกรณีทำการเสียบบัตรที่ใช้งานไม่ได้

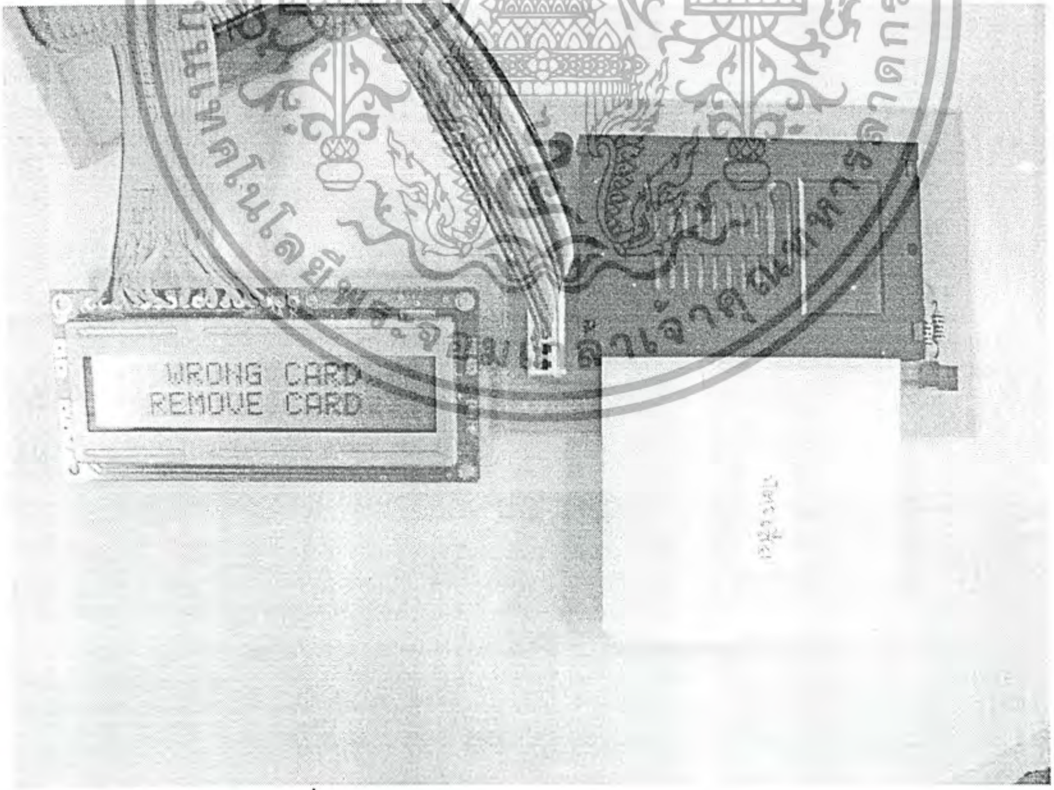
ในกรณีที่บัตรสมาร์ทการ์ดเป็นบัตรที่ใช้การไม่ได้ เมื่อนำมาเสียบเข้าที่ซ็อคเก็ตสมาร์ทการ์ด ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการฟ้องและแสดงผลออกที่จอแอลซีดี ว่า " WRONG CARD "และ " REMOVE CARD " ดังรูปที่ 4.30 และ 4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดงการเสียบบัตรเสีย

ในรูปบัตรที่มาเสียบก็จะเป็นบัตรเสีย ซึ่งไม่สามารถใช้งานได้

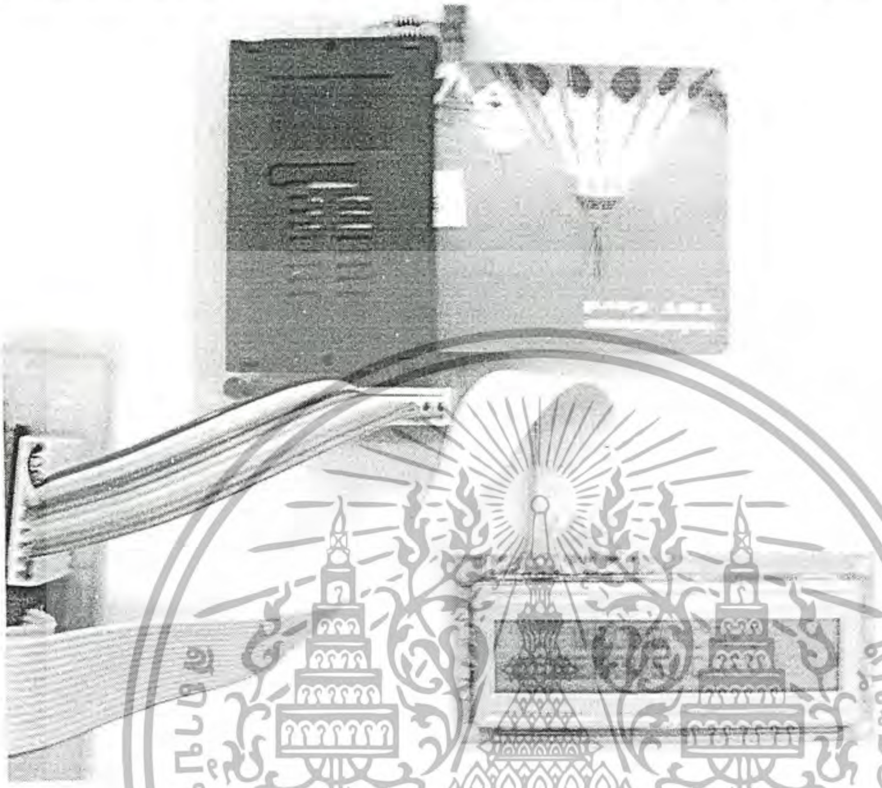



รูปที่ 4.31 แสดงข้อความหน้าจอกรณีเสียบบัตรเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.5.4 กรณีเป็นบัตรชนิดอื่นที่ไม่ใช่ บัตร SLE 4442**

สำหรับในกรณีที่บัตรที่นำมาใช้งานนั้นเป็นบัตรที่ไม่ถูกต้อง ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการแสดงผลออกจอแอลซีดีว่า " WRONG CARD "และ " REMOVE CARD " ซึ่งบัตรที่ไม่ใช่บัตร SLE4442 นั้นจะไม่สามารถใช้งานได้เลย เพื่อป้องกันการปลอมแปลงแอบนำบัตรชนิดอื่นมาใช้งาน



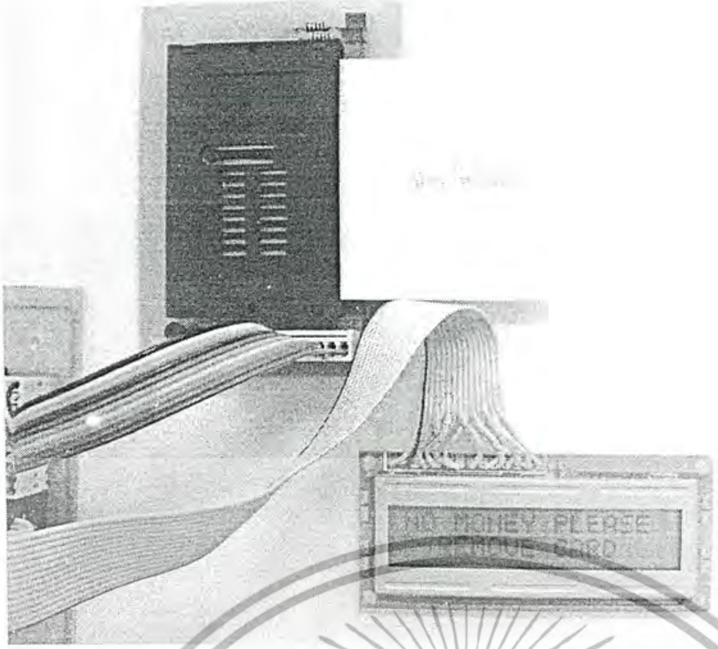
รูปที่ 4.32 แสดงผลกรณีไม่ใช่บัตร SLE 4442

ในรูปที่ 4.29 บัตรชนิดอื่นๆ ที่นำมาทดลองนั้นจะเป็นบัตร TOT ขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งเป็นบัตรคนละชนิดกับบัตร SLE4442 โดยบัตร TOT นี้ จะไม่สามารถเพิ่มค่าเงินไปได้ และไม่สามารถที่จะทำการโปรแกรมเขียนค่าลงไปได้เลย

4.5.5 กรณีบัตรไม่มีเงิน

ในกรณีที่บัตรสมาร์ทการ์ดที่นำมาใช้งานนั้น ได้ใช้งานจนไม่ค่าเงินคงเหลืออยู่ในบัตรแล้ว ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแสดงค่าออกหน้าจอแอลซีดีว่า " NO MONEY PLEASE REMOVE CARD " และตัวรีเลย์จะทำการตัดสวิทช์ที่เมาส์และคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ออก ทำให้ไม่สามารถใช้งานเมาส์และคีย์บอร์ดได้

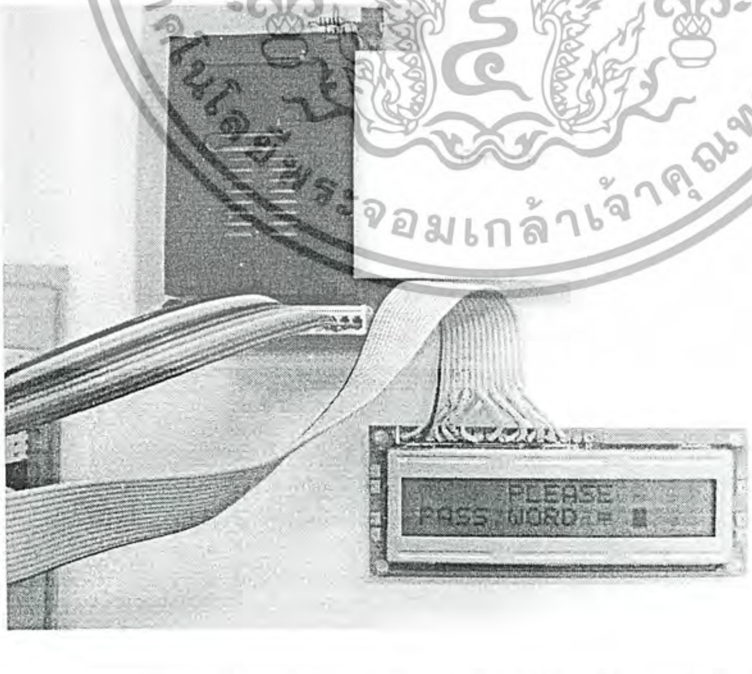
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.33 แสดงผลกรณีบัตรไม่มีเงิน

4.5.6 กรณีเป็นบัตรใหม่

ในกรณีที่เป็นบัตรใหม่นั้นจะต้องทำการลงทะเบียน เพื่อใส่พาสเวิร์ดให้กับตัวบัตรนั้น ๆ ก่อน ซึ่งบัตรใหม่ที่นำมาใช้งานนั้นจะไม่สามารถใช้งานได้จนกว่าจะทำการใส่ค่าพาสเวิร์ดและค่าเงินลงไปในตัวบัตรก่อน

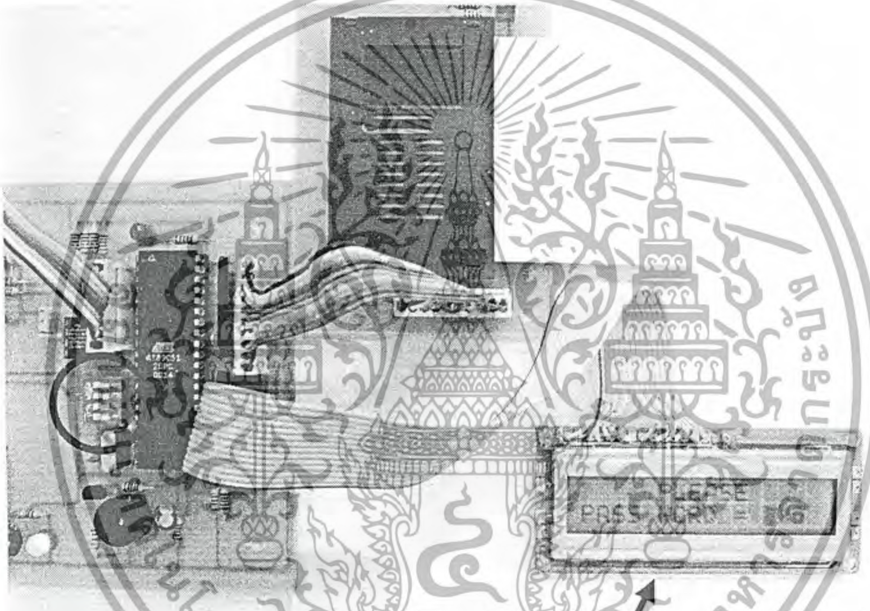



รูปที่ 4.34 แสดงกรณีเสียบบัตรที่ยังไม่ได้ลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

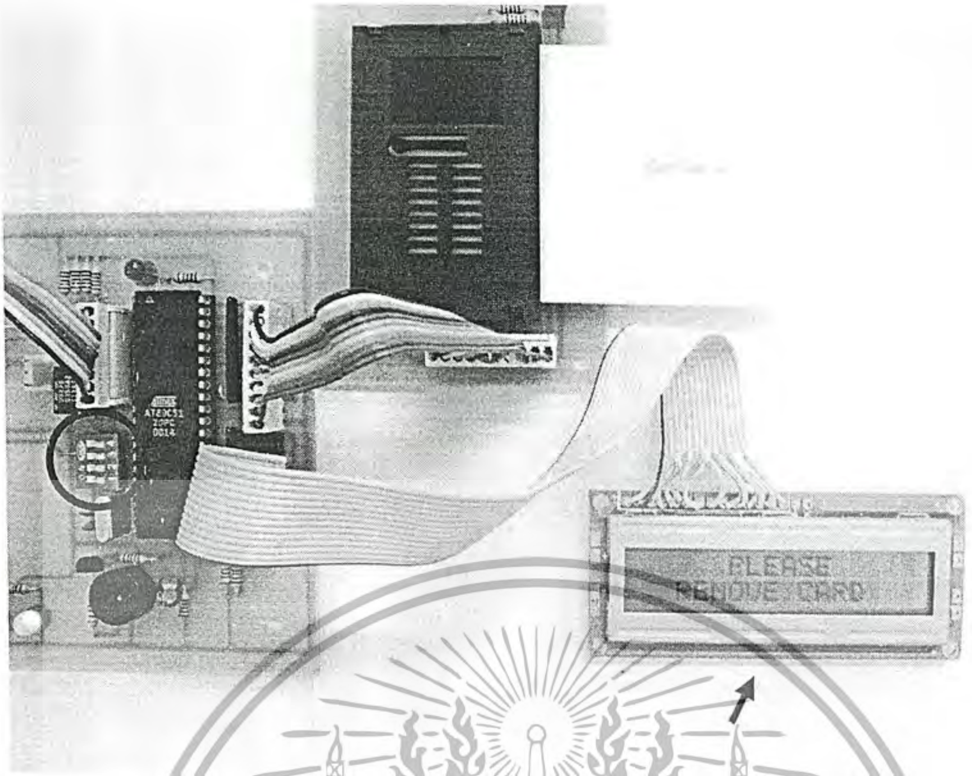
ในรูปที่ 4.34 บัตรใหม่ที่นำมาใช้งานนั้นจะยังไม่มีการลงทะเบียนใส่ค่าพาสเวิร์ดและค่าเงินให้กับบัตร ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงผลออกบนจอแอลซีดีว่า “PLEASE PASSWORD = …” อยู่เช่นนี้ตลอดเวลาจนกว่าจะมีการดึงบัตรออก จึงจะเปลี่ยนไปเป็นการแสดงผลอย่างอื่น

สำหรับขั้นตอนในการลงทะเบียนบัตรใหม่นั้นจะต้องทำการเปลี่ยนปุ่มที่ดิพสวิทช์ ให้เป็นค่า 000 เพื่อทำการกำหนดค่าพาสเวิร์ดให้กับบัตรใหม่ที่จะนำไปใช้งาน โดยในการทดลองนี้ได้สร้างพาสเวิร์ดกลางไว้สำหรับตรวจสอบบัตรสมาร์ทการ์ดไว้แล้วคือ รหัส 1234 ดังนั้นจึงใส่พาสเวิร์ดนี้เพื่อทำการติดตั้งค่าพาสเวิร์ดสำหรับบัตรที่จะนำมาลงทะเบียน




รูปที่ 4.35 การกำหนดรหัสผ่านให้กับบัตรใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



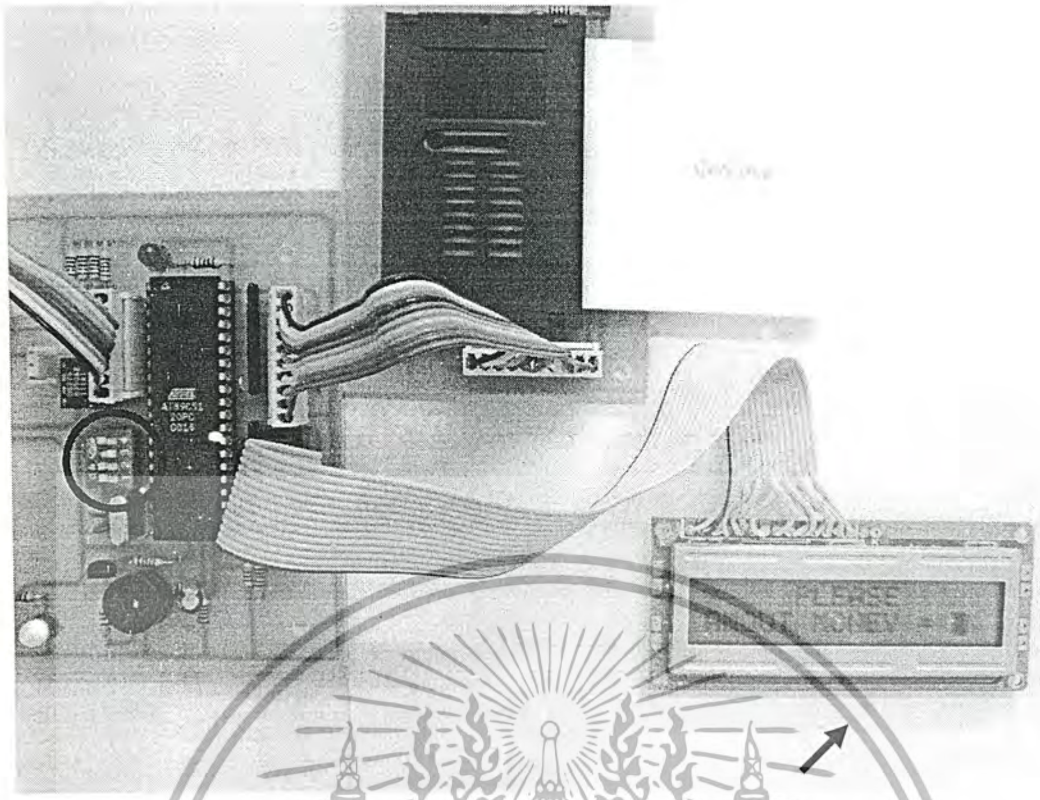

รูปที่ 4.36 เมื่อทำการกำหนดรหัสผ่านเสร็จเรียบร้อย

เมื่อได้ทำการกำหนดค่าพาสเวิร์ดให้กับบัตรใหม่เรียบร้อยแล้ว ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงผลออกที่จอแอลซีดี ว่า "PLEASE REMOVE CARD"

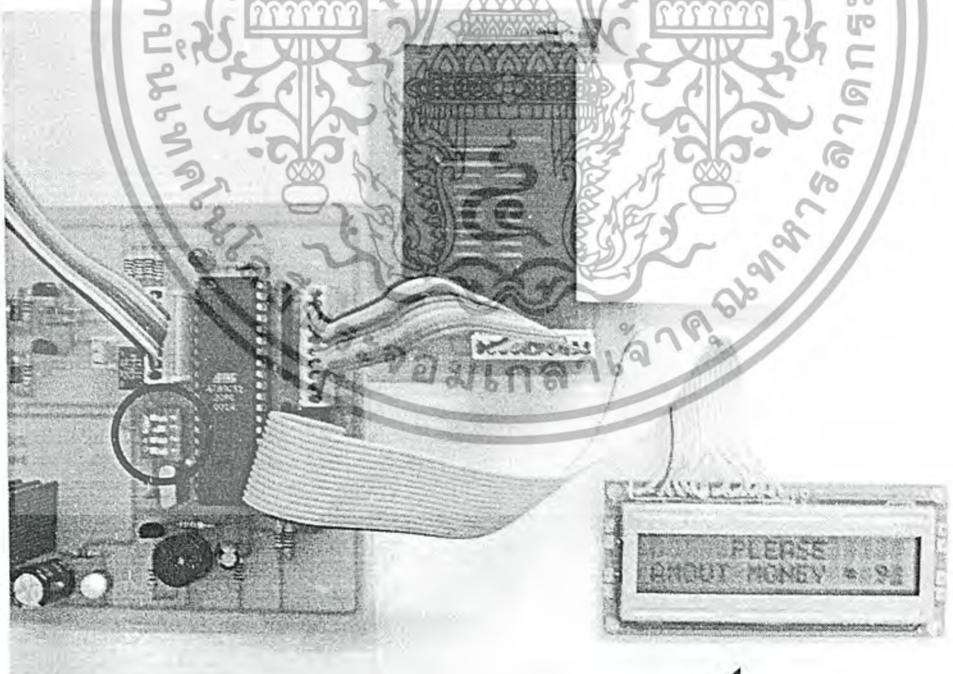
4.5.7 ขั้นตอนการเติมเงิน

เมื่อทำการลงทะเบียนใส่ค่าพาสเวิร์ดให้กับบัตรใหม่แล้ว แล้วทำการเปลี่ยนดิพสวิตช์เป็น 001 ซึ่งหมายถึงการเติมเงินเข้าไปในตัวบัตรสมาร์ทการ์ด ในขั้นตอนนี้ ถ้าใส่พาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะแสดงผลออกจอแอลซีดี ว่า "PLEASE AMOUNT MONEY = "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



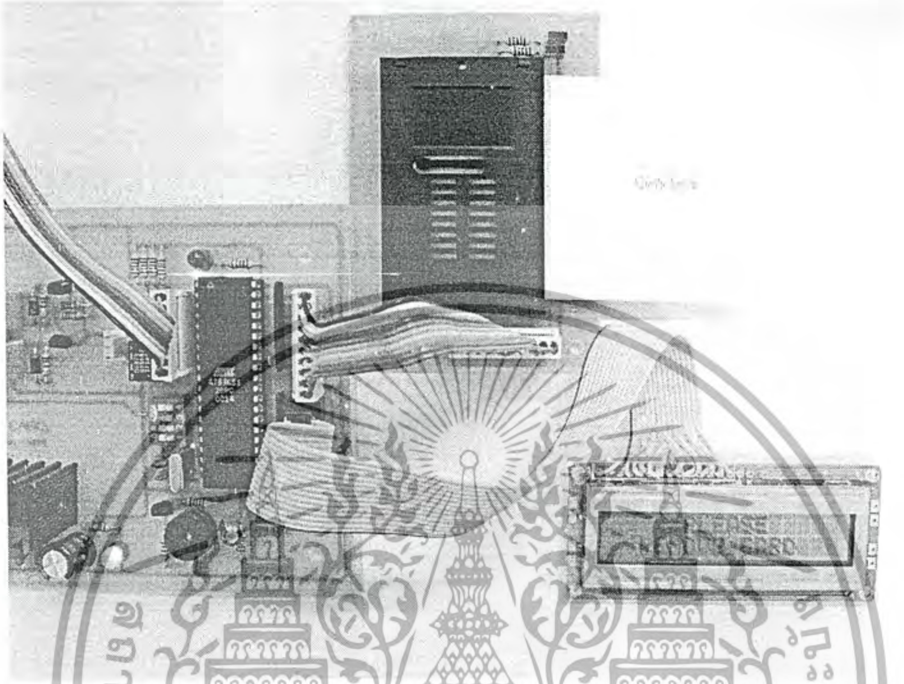

รูปที่ 4.37 แสดงข้อความให้ทำการกดจำนวนเงิน



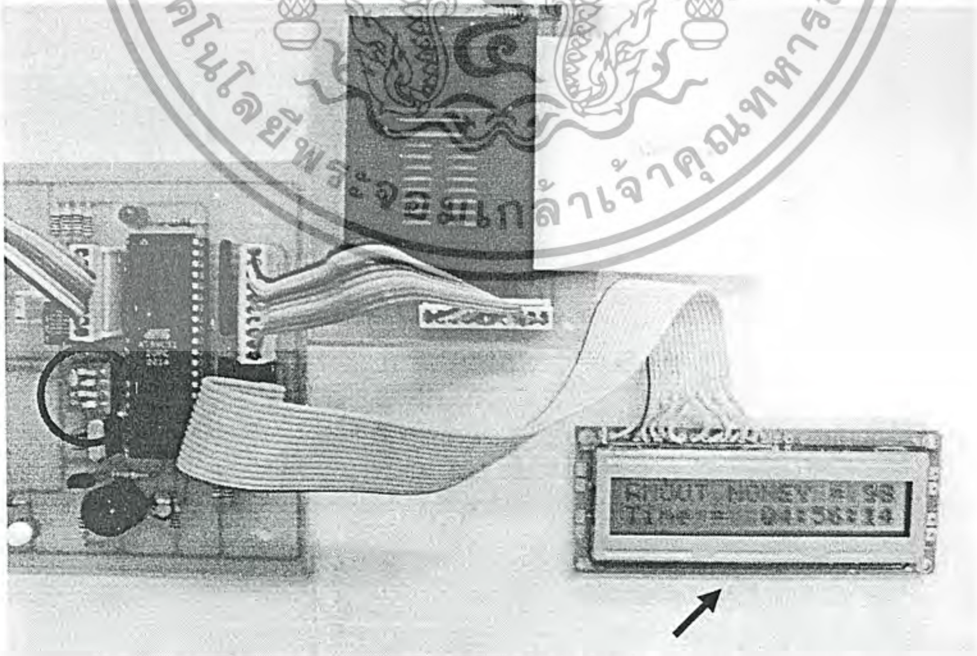

รูปที่ 4.38 เมื่อทำการกดจำนวนเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมค่าเงินจะเติมได้สูงสุดไม่เกินสองหลัก ในจำนวนสูงสุดที่จะใส่ได้นี้คือ 99 บาท และเมื่อทำการใส่ค่าเงินให้กับบัตรเรียบร้อยแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะแสดงผลออกจอแอลซีดี ซึ่งจะแสดงข้อความว่า " PLEASE REMOVE CARD " เพื่อที่จะให้รีเซตขึ้นใหม่หรือดึงบัตรออกแล้วเสียบใหม่ ดังรูปที่ 4.39



**รูปที่ 4.39** เมื่อทำการเติมเงินเรียบร้อย



**รูปที่ 4.40** เมื่อนำบัตรใหม่ที่ลงทะเบียนเรียบร้อยมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่4.40 เมื่อทำการกำหนดพาสเวิร์ดถูกต้องและเติมเงินตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงค่าเงินคงเหลือและเวลาที่ใช้งานได้บนจอแอลซีดีและรีเลย์ก็จะทำการต่อเมาส์กับคีย์บอร์ดให้สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ได้ตามปกติ

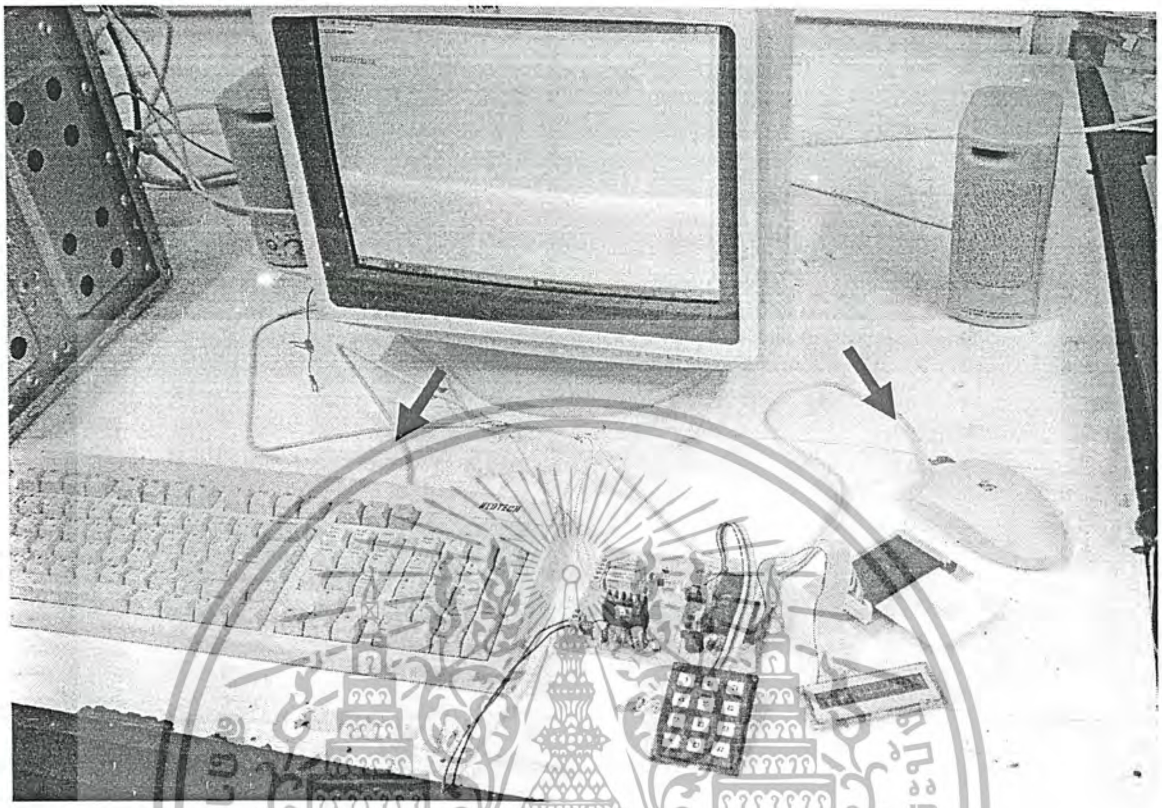
**4.5.8 กรณีจำนวนเงินใกล้จะหมด**

ในกรณีที่จำนวนเงินในบัตรที่ได้ทำการใช้งานไปแล้วใกล้จะหมด จะมีเสียงลำโพงบัซเซอร์ร้องทุก 10 วินาที เพื่อเตือนให้ทำการเพิ่มค่าเงินใหม่หรือเตรียมการยกเลิกการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ในขณะนั้น ลำโพงบัซเซอร์นี้จะทำการร้องทุก 10 วินาทีจนกว่าค่าเงินและเวลาในบัตรจะหมด หรือกลายเป็น 0 จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะแสดงผลออกทางจอแอลซีดี ว่า " NO MONEY PLEASE REMOVE CARD "

รูปที่ **4.41** กรณีจำนวนเงินใกล้จะหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.6 การทดลองนำชิ้นงานต่อร่วมกับเมาส์ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์**



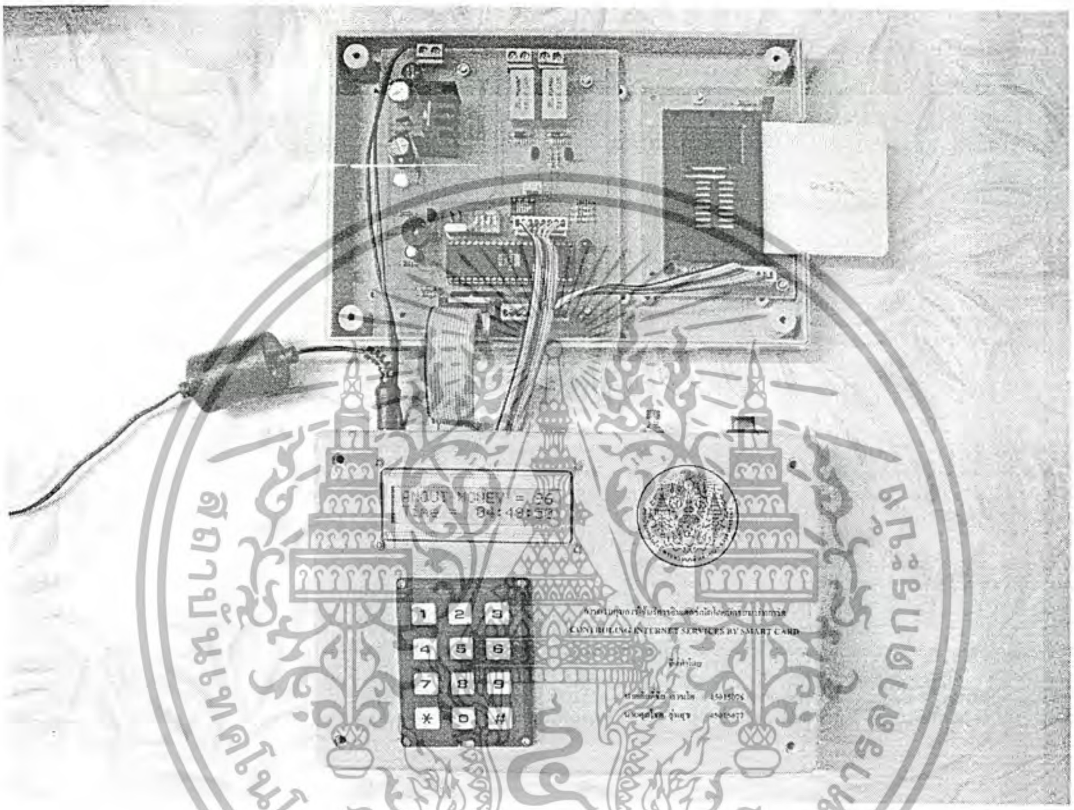
รูปที่ 4.42 การนำชิ้นงานต่อร่วมกับเมาส์ คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์

**รูปที่ 4.43** แสดงการตัดต่อเมาส์ กับคีย์บอร์ดโดยรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสายเมาส์ที่ใช้งานจริงๆนั้นจะมีอยู่ 4 เส้น คือสาย CLK, สาย Ground, สาย Data, สายไฟ +5V ซึ่งในการทดลองของโครงงานนี้จะใช้ตัด/ต่อสายไฟ +5V ของเมาส์เพื่อให้เมาส์ใช้การไม่ได้ และเมื่อต่อสายกลับเหมือนเดิมแล้วก็สามารถใช้งานเมาส์ได้ปกติโดยไม่มีการ error เกิดขึ้น ส่วนสายคีย์บอร์ดจะทำการตัด/ต่อสาย CLK ของสายคีย์บอร์ดนั่นเอง

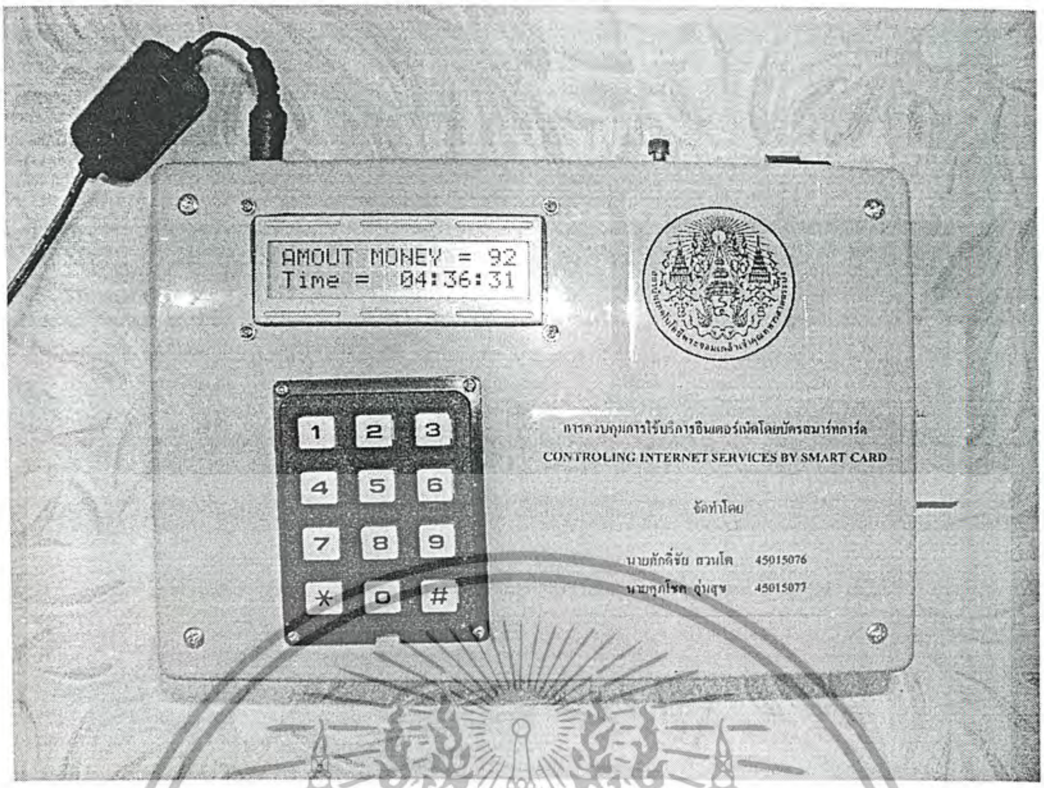
**4.7 การประกอบชิ้นงานลงกล่องและทำการทดสอบในขั้นตอนสุดท้าย**



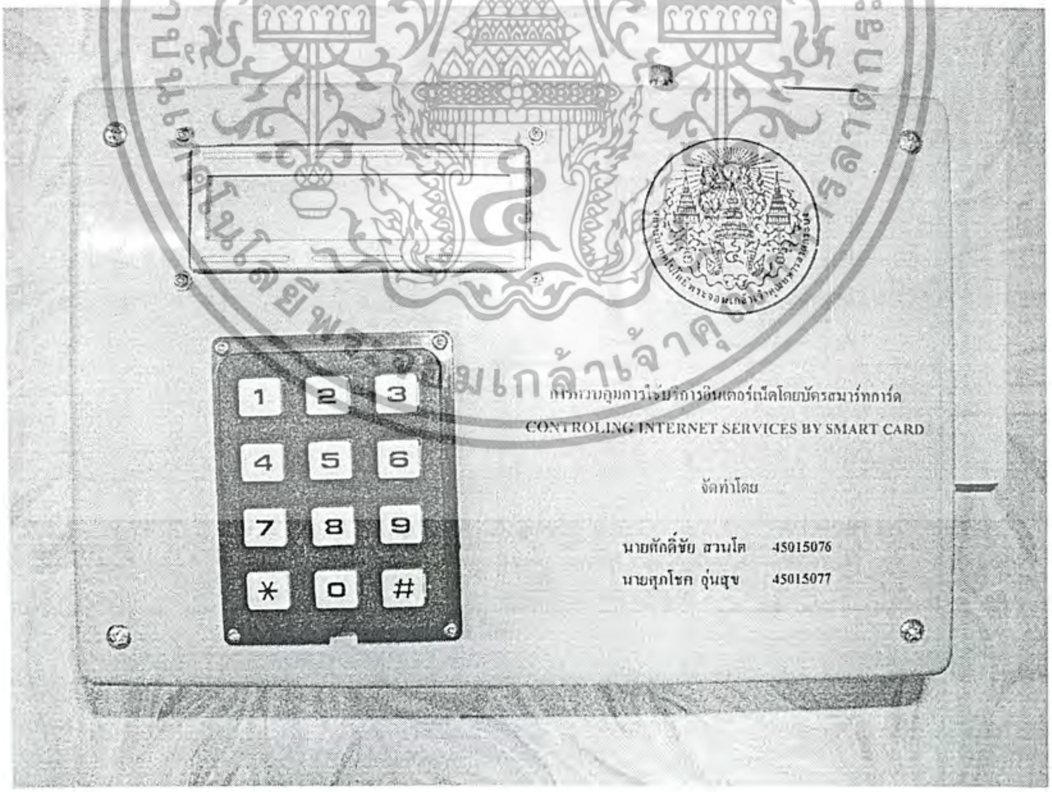
**รูปที่ 4.44** นำชิ้นงานมาประกอบลงกล่องและทำการทดสอบ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำชิ้นงานมาประกอบลงกล่องและทำการทดสอบในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ยังเข้ากันไม่ได้กับกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.45 ชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้วและทำการทดสอบ




รูปที่ 4.46 เมื่อประกอบชิ้นงานลงกล่องเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.47** ด้านเสียบบัตรของชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้ว

**รูปที่ 4.48** อีกด้านหนึ่งของชิ้นงานที่ประกอบลงกล่องเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.8 ผลการทดลองในส่วนของซอฟท์แวร์**

ในส่วนของซอฟท์แวร์ของโครงงานนี้จะออกแบบโดยใช้ฐานข้อมูลเป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆของสมาชิก เช่น ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ พาสเวิร์ด ข้อมูลการเติมเงิน วันที่ เวลาของการเติมเงิน และข้อมูลการบันทึกวันที่ เวลาที่ใช้ในการเล่นและเลิกเล่นอินเตอร์เน็ตคาเฟ่ โดยจะสามารถรู้ได้ว่าสมาชิกคนไหนเล่นวันไหน เวลาไหน และมีการเติมเงินกี่ครั้งเติมเงินวันที่เท่าไหร่บ้าง ซึ่งในส่วนของฐานข้อมูลนั้นจะใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์แอคเซสในการเก็บข้อมูลของสมาชิก โดยจะทำการแบ่งตารางที่ใช้เก็บข้อมูลของสมาชิกเป็นสามส่วนหรือสามตาราง ตารางแรกนั้นจะใช้เก็บข้อมูลชื่อ นามสกุล ที่อยู่ และพาสเวิร์ดของสมาชิก ตารางที่สองจะใช้เก็บข้อมูลวันที่ เวลา และจำนวนเงินของการเติมเงินของสมาชิกในแต่ละครั้ง สำหรับตารางที่สามนั้นจะใช้เก็บค่าเวลาที่สมาชิกใช้เล่นและเลิกเล่นอินเตอร์เน็ตคาเฟ่นั่นเอง ซึ่งรูปแบบของตารางทั้งสามที่ได้ทำการออกแบบมาจะเป็นดังรูปที่ 4.49 รูปที่ 4.50 และรูปที่ 4.51

customer : Table

| number | ID | name | Address | Password |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 115/454 Donmueng Bangkok 10120 | 4113 |
| 2 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 111/26 Ladkrabang Bangkok 10520 | 1111 |
| 3 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 111/53 Ladkrabang Bangkok 10520 | 2524 |
| 4 | 00 01 10 91 | Supachok Charoenpod | 82/13 Ladkrabang Bangkok 10520 | 0001 |
| 5 | 00 05 10 91 | Pichat Ketkeaw | 127 Petburi 76000 | 0005 |
| 6 | 1A 85 10 91 | Chanin Sornsuth | 166/3 M.3 Bangkok 10520 | 6789 |
| 7 | 05 EB 10 91 | Thanat Nonthaputha | 99/2 M.7 Hadyai Songkhla 90110 | 1515 |
| 8 | 00 06 10 91 | Vatin Wongsa-nga | 145 Ladkrabang Bangkok 10520 | 0006 |
| (AutoNumber) | | | | |

Record: 1 of 8

รูปที่ 4.49 แสดงตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสมาชิกในร้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่

Refill : Table

| number | ID | name | Rdate | Rtime1 | cost |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 28/3/2005 | 16:03:16 | 30 |
| 2 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 16:18:32 | 30 |
| 3 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 17:19:22 | 30 |
| 4 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 17:45:36 | 30 |
| 5 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 20:26:21 | 50 |
| 6 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 22:10:27 | 50 |
| 7 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 22:15:46 | 20 |
| 8 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 28/3/2005 | 22:24:14 | 50 |
| 9 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 1:57:34 | 20 |
| (AutoNumber) | | | | | 0 |

Record: 1 of 9

รูปที่ 4.50 แสดงตารางที่ใช้เก็บวันที่ เวลา จำนวนเงิน ของการเติมเงินของสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User : Table

| number | ID | name | Udate | utime_in | utime_out |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 22:20:42 | 22:21:07 |
| 18 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 22:21:53 | 22:22:38 |
| 19 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 22:26:55 | 22:27:10 |
| 20 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 22:42:16 | 22:42:36 |
| 21 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 28/3/2005 | 22:51:50 | 23:25:27 |
| 22 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 23:25:43 | 23:26:18 |
| 23 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 28/3/2005 | 23:26:28 | 23:27:08 |
| 24 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 28/3/2005 | 23:29:44 | 23:32:55 |
| 25 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 23:34:48 | 23:36:13 |
| 26 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 23:38:09 | 23:40:55 |
| 27 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 28/3/2005 | 23:45:02 | 23:46:13 |
| 28 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 28/3/2005 | 23:46:28 | 23:51:18 |
| 29 | 09 DC 10 91 | Sakchai Saunto | 29/3/2005 | 0:45:41 | 0:47:26 |
| 30 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 1:53:54 | 1:54:19 |
| 31 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 1:55:50 | 1:56:00 |
| 32 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 1:56:35 | 2:00:35 |
| 33 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 2:18:04 | 2:18:39 |
| 34 | 10 11 10 91 | Somsak Sriput | 30/3/2005 | 2:22:55 | 2:30:36 |
| 35 | 04 57 10 91 | Suppachoke Aunsuk | 30/3/2005 | 2:31:11 | 2:33:06 |
| * (AutoNumber) | | | | | |

Record: 1 of 35

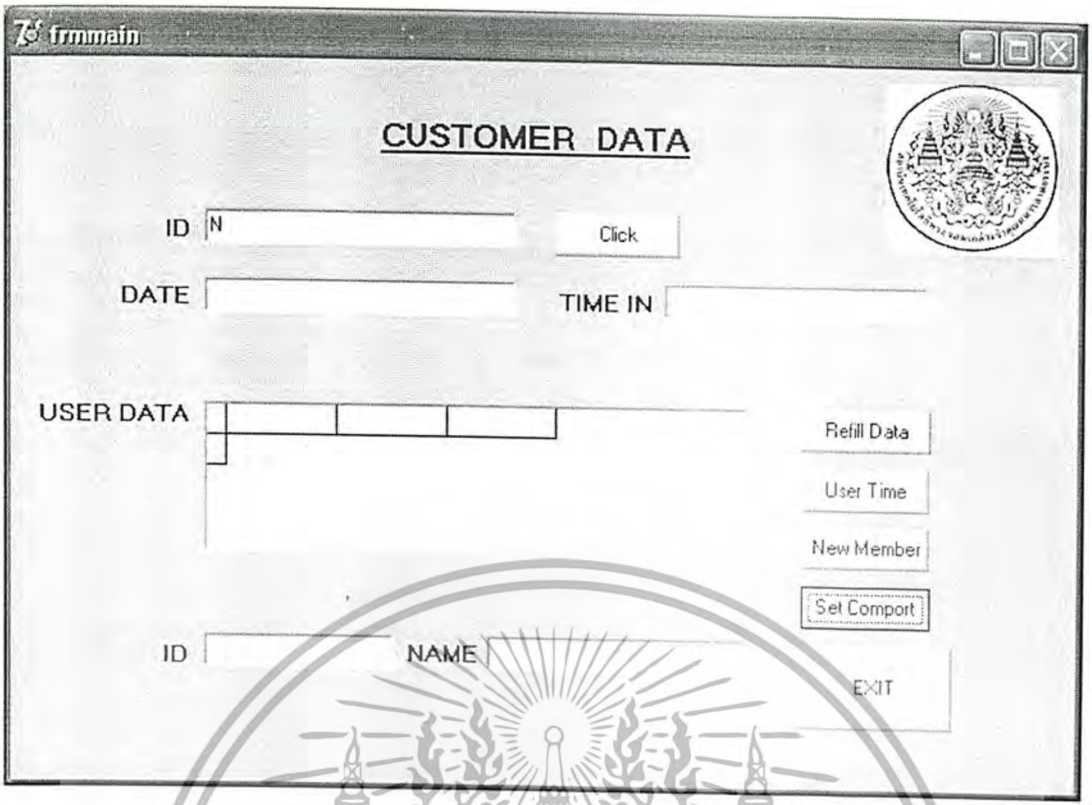
**รูปที่ 4.51** แสดงตารางที่ใช้เก็บค่าวันที่ เวลาเล่นและเวลาที่เลิกเล่นอินเตอร์เน็ตของสมาชิก

สำหรับการตรวจสอบการบันทึกนั้นจะใช้ค่าไอดีที่เป็นตัวเลขแปดตัวของบัตรสมาร์ทการ์ดในตำแหน่ง 4 ไบท์แรกมาเป็นตัวเปรียบเทียบค่าไอดีที่ได้บันทึกไว้ที่ตัวฐานข้อมูล ซึ่งถ้าหากว่าค่าไอดีที่บัตรกับค่าไอดีที่ฐานข้อมูลตรงกันก็จะสามารถดูข้อมูลต่างๆได้ แต่ถ้าค่าไอดีที่บัตรและฐานข้อมูลไม่ตรงกันก็ไม่สามารถที่จะดูข้อมูลต่างๆได้

โปรแกรมที่นำมาใช้งานอีกตัวหนึ่งก็คือโปรแกรมเดลไฟล์ ซึ่งจะเป็นโปรแกรมที่ช่วยทำให้การติดต่อระหว่างฐานข้อมูลและผู้ใช้งานนั้น สามารถติดต่อกันได้ง่ายขึ้น และจะใช้โปรแกรมเดลไฟล์นี้เป็นตัวคอยเปรียบเทียบค่าไอดีของบัตรสมาร์ทการ์ดและค่าไอดีที่ฐานข้อมูลด้วย โดยจะให้โปรแกรมเดลไฟล์คอยตรวจสอบค่าที่ได้จากการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดและกดพาสเวิร์ดที่เครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด ซึ่งเมื่อทำการกดรหัสพาสเวิร์ดถูกต้อง เครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดก็จะทำการส่งค่าไอดีออกมาทางพอร์ท RS-232 เพื่อส่งค่าไอดีมาให้โปรแกรมเดลไฟล์ทำการตรวจสอบ ถ้าโปรแกรมเดลไฟล์ตรวจสอบค่าไอดีที่บัตรสมาร์ทการ์ดว่าตรงกับไอดีที่มีอยู่ในฐานข้อมูลแล้ว ก็จะดึงข้อมูลตรงส่วนนั้นมาแสดงให้ดู

ลักษณะของซอฟท์แวร์ที่ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมเดลไฟล์จะมีลักษณะหน้าตาเป็นดังรูปที่ 4.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.52 แสดงหน้าต่างของซอฟท์แวร์ที่ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมเดลไฟล์

**4.8.1 การทำงานของปุ่มกดต่างๆบนหน้าต่างโปรแกรมหลัก**

ปุ่มกดต่างที่แสดงอยู่ในหน้าต่างหลักจะมีหน้าที่ ดังนี้

ปุ่ม "Click" จะแสดงข้อมูลของเจ้าของบัตรออกที่ช่อง USER DATA

ปุ่ม "Refill Data" จะแสดงข้อมูลวันที่ เวลา และจำนวนเงินของการเติมเงินแต่ละครั้ง

ปุ่ม "User Time" จะแสดงวันที่ เวลาการเล่นและเลิกเล่นอินเตอร์เน็ตคาเฟ่

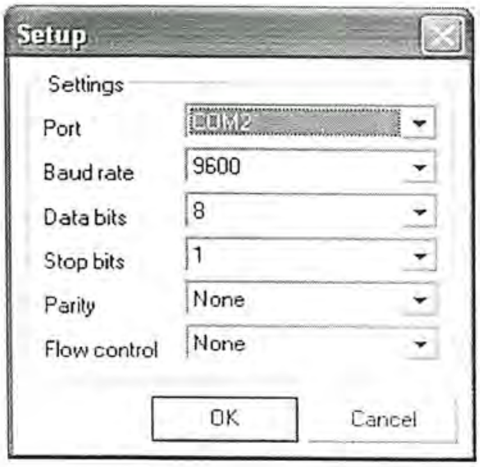
ปุ่ม "New Member" จะใช้สำหรับบันทึกข้อมูลของสมาชิกใหม่

ปุ่ม "Set Comport" จะใช้สำหรับเซ็ทค่าพอร์ทระหว่างเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ด กับซอฟท์แวร์ให้ตรงกัน

ปุ่ม "EXIT" เป็นปุ่มกดปิดโปรแกรม

ก่อนที่จะทำการทดสอบโปรแกรมนั้นจะต้องทำการเซ็ทค่าพอร์ทระหว่างเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดกับซอฟท์แวร์ให้ตรงกันเสียก่อนเพื่อที่ได้ทำการสื่อสารข้อมูลกันได้ถูกต้อง ซึ่งซอฟท์แวร์ที่สร้างขึ้นมานั้นจะมีปุ่มให้กดเซ็ทค่าตำแหน่งของพอร์ทอยู่แล้วก็คือปุ่ม "Set Comport" เพียงแค่ต่อสาย RS-232 ให้ตรงกับพอร์ทที่ซอฟท์แวร์เปิดใช้งาน ในที่นี้จะใช้พอร์ท COM2 และเซ็ทค่าบอร์ดเรทเป็น 9600 เพื่อจะได้ตรงกับบอร์ดเรทที่เครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดส่งมา ลักษณะจะเป็นดังรูปที่ 4.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

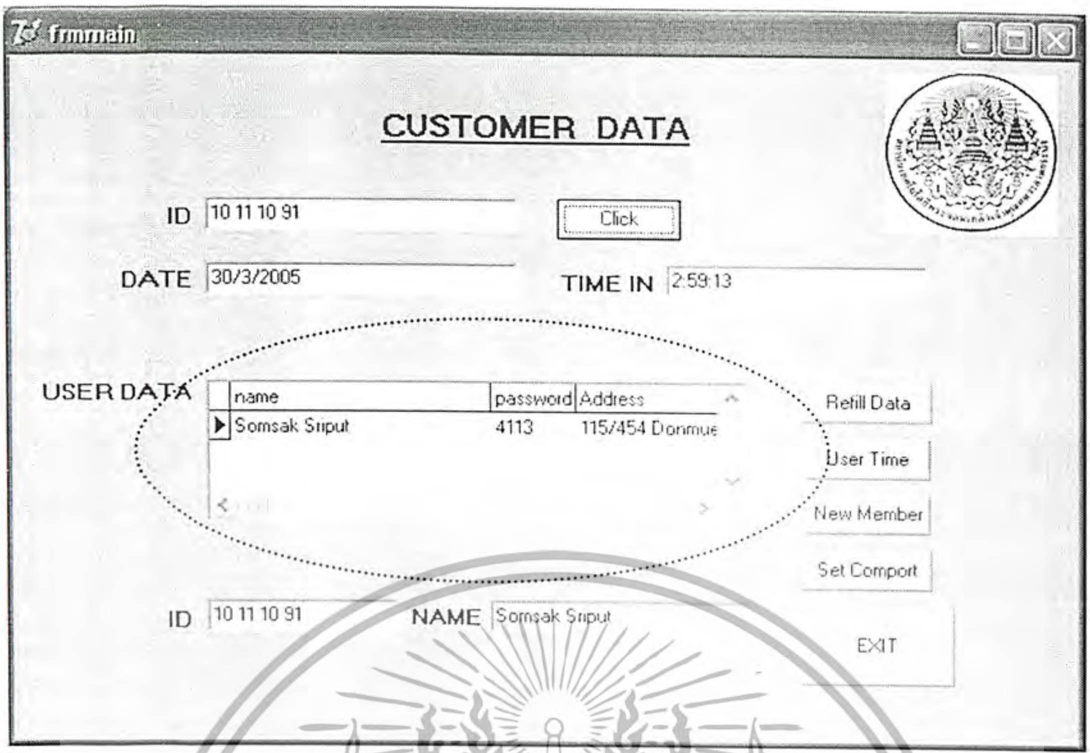



**รูปที่ 4.53** แสดงหน้าต่างของการเซ็ทพอร์ทที่ปุ่มของตัวซอฟท์แวร์

**4.8.2 ผลการทดลองเสียบบัตรเพื่อติดต่อกับส่วนซอฟท์แวร์**

เมื่อทำการเสียบบัตรสมาร์ทการ์ดและกดรหัสพาสเวิร์ดถูกต้องแล้ว ค่าไอดีจากเครื่องอ่าน/เขียนบัตรสมาร์ทการ์ดก็จะถูกส่งออกมาผ่านพอร์ท RS-232 เข้าซอฟท์แวร์ที่รอรับค่าอยู่ เมื่อตัวซอฟท์แวร์รับค่าได้ก็จะแสดงค่าให้ดูที่ช่อง ID โดยจะแสดงเป็นค่าตัวเลขแปดตัวและแสดงค่าอยู่อย่างนั้น และจะแสดงค่าวันที่และเวลาที่บัตรได้ทำการเสียบไว้ด้วย เมื่อทำการกดที่ปุ่มที่มีชื่อว่า click โปรแกรมก็จะทำการเปรียบเทียบค่าไอดีที่รับมากับค่าไอดีที่ฐานข้อมูล ถ้าไอดีตรงกันก็จะดึงข้อมูลส่วนนั้นมาแสดงผลที่ช่อง USER DATA ซึ่งที่ช่องนี้ก็จะแสดงรายละเอียดของชื่อ นามสกุล พาสเวิร์ด ที่อยู่ของเจ้าของบัตร ดังแสดงในรูปที่ 4.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



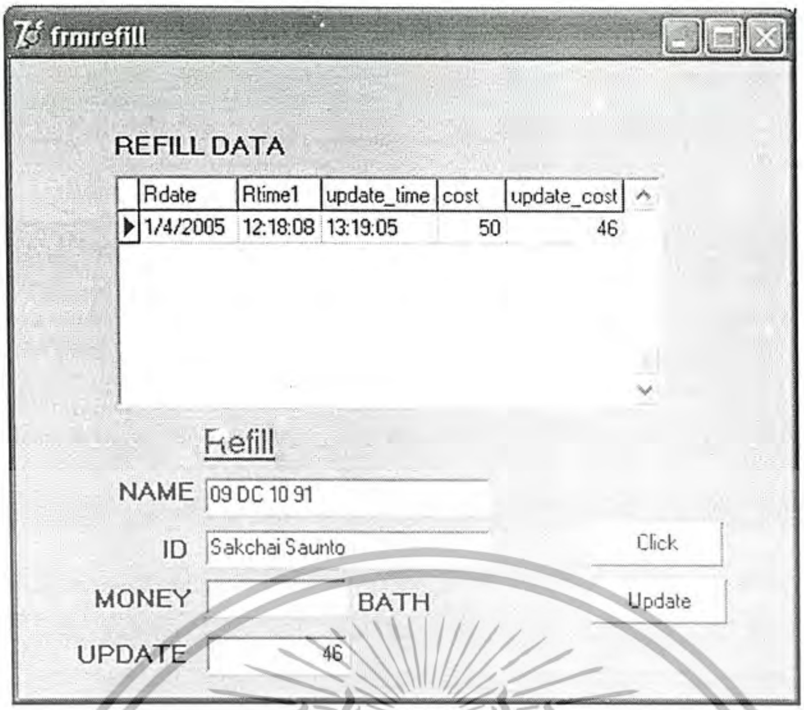

รูปที่ 4.54 แสดงข้อมูลของเจ้าของบัตรสมาร์ทการ์ดที่ได้ทำการเสียบบัตร

**4.8.3 ผลการทดลองในส่วนของข้อมูลการเติมเงิน**

จากการทดลองด้านบนนั้นจะเป็นการดูข้อมูลทั่วไปของเจ้าของบัตร ซึ่งถ้าหากอยากจะรู้ว่าในบัตรนั้นเคยเติมเงินมาแล้วกี่ครั้งวันไหนและเวลาเท่าไหร่ที่ได้เติมเงินไว้ก็สามารถที่จะดูได้ โดยกดที่ปุ่ม Refill Data เมื่อทำการกดแล้วแล้วก็จะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ซึ่งที่หน้าต่างจะแสดงข้อมูลบันทึกการเติมเงินไว้ทั้ง วันที่ เวลา และจำนวนเงินที่เติมไว้

สำหรับในส่วนนี้ยังสามารถอัพเดทบันทึกการเติมเงินของเจ้าของบัตรได้อีก โดยกดที่ปุ่มอัพเดท ตัวโปรแกรมก็จะทำการบันทึกค่าไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ

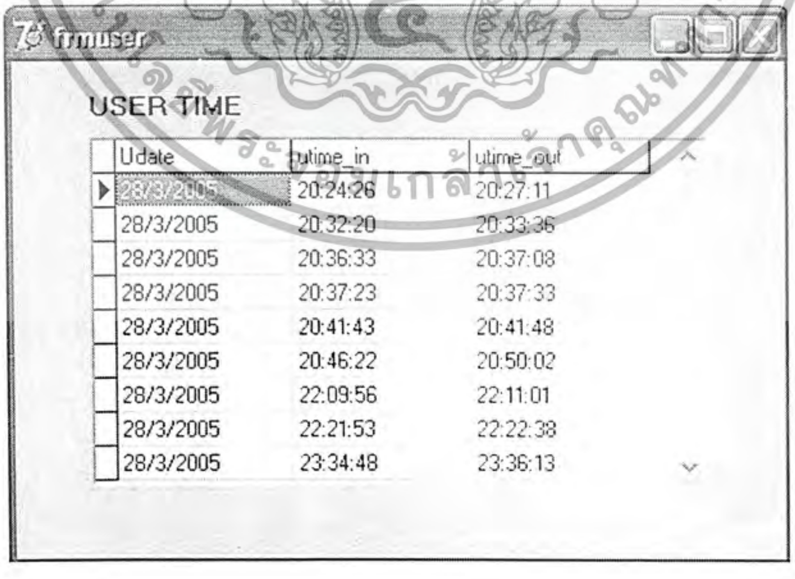
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.55 หน้าต่างแสดงข้อมูลการเติมเงินของเจ้าของบัตร

**4.8.4 ผลการทดลองในส่วนของการบันทึกเวลาใช้งานของสมาชิก**

ส่วนนี้จะบันทึกทั้งเวลาที่เริ่มเสียบบัตรเล่นอินเตอร์เน็ตจนถึงดึงบัตรออก วันที่ก็จะบันทึกไว้เช่นกัน ซึ่งจะสามารถทราบได้ว่าเล่นวันไหน เวลาไหนบ้าง สำหรับหน้าต่างของข้อมูลวันที่ เวลาจะแสดงในรูปที่ 4.56

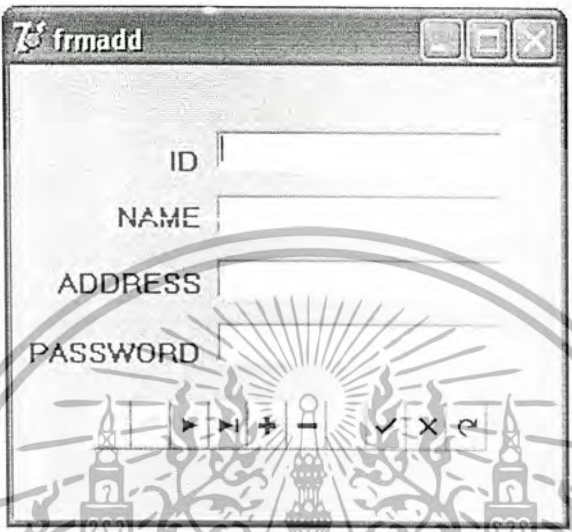



**รูปที่ 4.56** หน้าต่างแสดงวันที่ เวลาเล่นและเวลาเลิกเล่นอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.8.5 ผลการทดลองการเพิ่มข้อมูลของสมาชิกใหม่**

เมื่อทำการกดปุ่ม "New Member" จะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมา กดปุ่มที่เครื่องหมายบวก ดังรูปที่ 4.57 จะมีช่องให้ทำการกรอกข้อมูลของสมาชิกใหม่เมื่อทำการกรอกเรียบร้อยแล้วกดปุ่มเครื่องหมายถูก ข้อมูลจะถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล ทำการปิดหน้าต่างที่ปุ่มกดปิดหรือเรียกดูข้อมูลของสมาชิกทั้งหมดได้ โดยการกดที่ปุ่มสามเหลี่ยมเพื่อเลื่อนดูข้อมูลทั้งหมดดังรูปที่ 4.58




รูปที่ 4.57 แสดงหน้าต่างที่ใช้กรอกข้อมูล

รูปที่ 4.58 แสดงข้อมูลของสมาชิกที่เรียกดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุปและบทวิจารณ์

## 5.1 บทสรุป

จากการทำโครงงานนี้ทำให้มีความรู้และความเข้าใจในการทำงานของสมาร์ทการ์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ การติดต่อจอแอลซีดีและส่วนที่เกี่ยวข้องต่างๆ กับโครงงานนี้ รวมทั้งการเขียนโปรแกรมในการควบคุมคอนโทรลส่วนต่างๆเช่นไมโครคอนโทรลเลอร์ จอแอลซีดีและการเขียนโปรแกรมในการติดต่อกับชิปสมาร์ทการ์ด และโครงงานนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านร้านอินเตอร์เน็ตคาเฟ่หรืออาจนำแนวคิดในการทำงานในส่วนต่างไปประยุกต์ดัดแปลงใช้งานในด้านอื่นๆ ได้อย่างเช่นการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้านอัตโนมัติ หรือการนำเอาสมาร์ทการ์ดไปใช้เป็นบัตรแทนเงินสดที่มีระบบป้องกันและมีข้อมูลส่วนตัวด้วย เป็นต้น

## 5.2 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหาที่พบคือ การตั้งการหน่วงเวลาต่างๆ เพื่อใช้ในการติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์กับ จอแอลซีดี ต้องคำนวณเวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาให้เหมาะสม เพื่อให้การทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองเป็นไปอย่างถูกต้องไม่ผิดพลาดในการส่งข้อมูล และปัญหาที่พบอีกคือการเขียนโปรแกรมในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความยุ่งยากในเรื่องของโปรแกรมค่อนข้างยาวและซับซ้อน ดังนั้นจึงต้องมีการเขียนความหมายของแต่ละการทำงานของโปรแกรมต่อท้ายไว้ด้วยเสมอเพื่อเมื่อมีการแก้ไขหรือดัดแปลงโปรแกรมจะทำให้เราสามารถทำได้ง่ายและไม่สับสนในตัวโปรแกรม

ส่วนอีกปัญหาหนึ่งที่พบคือการเลือกใช้ความถี่ในการป้อนให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม และเวลาในการโปรแกรมลงไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องเลือกใช้ความถี่ที่เท่ากันกับความถี่ที่ใช้ควบคุมการทำงาน ไม่เช่นนั้นจะทำให้การทำงานของโปรแกรมผิดเพี้ยนไปจากที่ต้องการ

ในส่วนของการหักค่าเงินนั้นถ้าหากคำนวณคลาดเคลื่อนแล้ว จะทำให้ค่าเงินและค่าเวลาที่เหลือไม่ตรงกับความเป็นจริง และการเลือกใช้คริสตอลความถี่นั้นจะต้องเลือกความถี่ให้ตรงกับคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นๆ เพราะถ้าความถี่ไม่ตรงกันจะทำให้โปรแกรมที่เขียนมาทั้งหมดเกิดความผิดเพี้ยนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม


[1] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์"**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ 2545

[2] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, **"การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี"**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ 2545

[3] เลิศ แซ่ตั้ง, **"เทคโนโลยีสมาร์ทการ์ด"**, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ 2546

[4] รองศาสตราจารย์สมยศ จุณณะปิยะ, **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์"**,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 2546

[5] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ **MCS-51 Flas Microcontroller**", บริษัทอินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ

[6] นคร ภักดีชาติ, ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, **"ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี"**, บริษัทอินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้