

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาควิชาวิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท



ชื่อหัวข้อ เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง

Lean Evaluation Instrument

ชื่อนักศึกษา

- |             |            |              |          |
|-------------|------------|--------------|----------|
| 1. นายพาวุธ | อนุชชาลาคม | รหัสประจำตัว | 40031220 |
| 2. นายวีรพล | จันทร์บุญ  | รหัสประจำตัว | 40031227 |
| 3. นายสมนึก | ชุ่มกลาง   | รหัสประจำตัว | 40031232 |
| 4. นายอุดร  | กันทอง     | รหัสประจำตัว | 40031243 |

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.กัญญา คันทิวสุทธิกุล

| คณะกรรมการสอบปริญญาโท         | ลายมือชื่อ |
|-------------------------------|------------|
| 1. ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม       |            |
| 2. อาจารย์สุชิน อาจหาญ        |            |
| 3. อาจารย์โกศล ตราชู          |            |
| 4. อาจารย์ปิยะ สุภวาราสวัสดิ์ |            |
| 5. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ       |            |

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2542 เวลา 12.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.



ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน 04 พ.ศ. 92

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 32792

วัน, เดือน, ปี 10 ส.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง

LEAN EVALUATION INSTRUMENT



นายพาวุธ อนุชชาติภักดิ์  
นายวีรพล จันทร์บุญ  
นายสมนึก ชุ่มกลาง  
นายอุดร ก้นทอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง  
Lean Evaluation Instrument

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงาน of เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
2. เพื่อออกแบบวงจรเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงได้
3. เพื่อสร้างเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงได้
4. เพื่อทดลองและทดสอบใช้เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงในการหาค่า LSQ และ BF ของซากสุกรในแต่ละฟาร์มและเก็บข้อมูลได้
5. เพื่อนำเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงไปใช้งานในการหาค่า LSQ และ BF ของซากสุกรในแต่ละฟาร์มและเก็บข้อมูลได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับการทำงาน of เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ได้วงจรต้นแบบของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง
3. ได้เครื่องต้นแบบเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง
4. ได้ทดลองและทดสอบใช้เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงในการหาค่า LSQ และ BF ของซากสุกรในแต่ละฟาร์มและเก็บข้อมูลได้
5. ได้นำเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงไปใช้งานในการหาค่า LSQ และ BF ของซากสุกรในแต่ละฟาร์มและเก็บข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ

เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง

นักศึกษา

นายพาวิธ อนุชชาลาคม

นายวีรพล จันทร์บุญ

นายสมนึก ชุ่มกลาง

นายอุคร กันทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ดร.กัญญา ตันติวิสุทธิกุล

หลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมโทรคมนาคม

ปีการศึกษา

2541

## บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอเครื่องประเมินเนื้อแดง ที่สามารถวัดขนาดปริมาณและคุณภาพของเนื้อแดงของสุกรโดยใช้ตัวตรวจจับแสง และควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่เชื่อมต่อกับตัวตรวจจับแสง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด MCS-89C51 เพื่อควบคุมและส่งข้อมูลไปประมวลยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถวัดขนาดปริมาณเนื้อแดงด้วยความรวดเร็ว และมีความผิดพลาดน้อยกว่าการใช้เวอร์เนีย และข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เพื่อการตรวจสอบหาสารกระตุ้นที่มีอยู่ในเนื้อสุกร และตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสุกรและฟาร์มสุกรได้

|                        |   |                  |
|------------------------|---|------------------|
| <b>Thesis Title</b>    | Lean Evaluation Instrument                  |                  |
| <b>Students</b>        | Mr.Phawut                                   | Anutchalakhom    |
|                        | Mr.Werapon                                  | Chunbun          |
|                        | Mr.Somnuek                                  | Chumklang        |
|                        | Mr.Udon                                     | Kuntong          |
|                        | Assist.Prof.Wisuit                          | Atiporntum       |
| <b>Advisor</b>         |   |                  |
| <b>Co-Advisor</b>      | Dr. Kunya                                   | Tuntivisuittikun |
| <b>Education Level</b> | Bachelor of Science in Industrial Education |                  |
| <b>Program in</b>      | Telecommunication Engineering               |                  |
| <b>Academic Year</b>   | 1998  |                  |

**ABSTRACT**

This thesis is present the lean evaluation instrument for pork-lean. It can measure a magnitude and quantity of pork-lean by using a optical sensor and controlling a stepper-motor system that connecting with a optical sensor. Using a MCS-89C51 microcontroller for control and send data to a microcomputer for processing. This project can measure a magnitude of pork-lean with quickly and error less than the vernier, the measured data can use for find a stimulant in a pork-lean and examine a quality of pork-lean and pork farm.

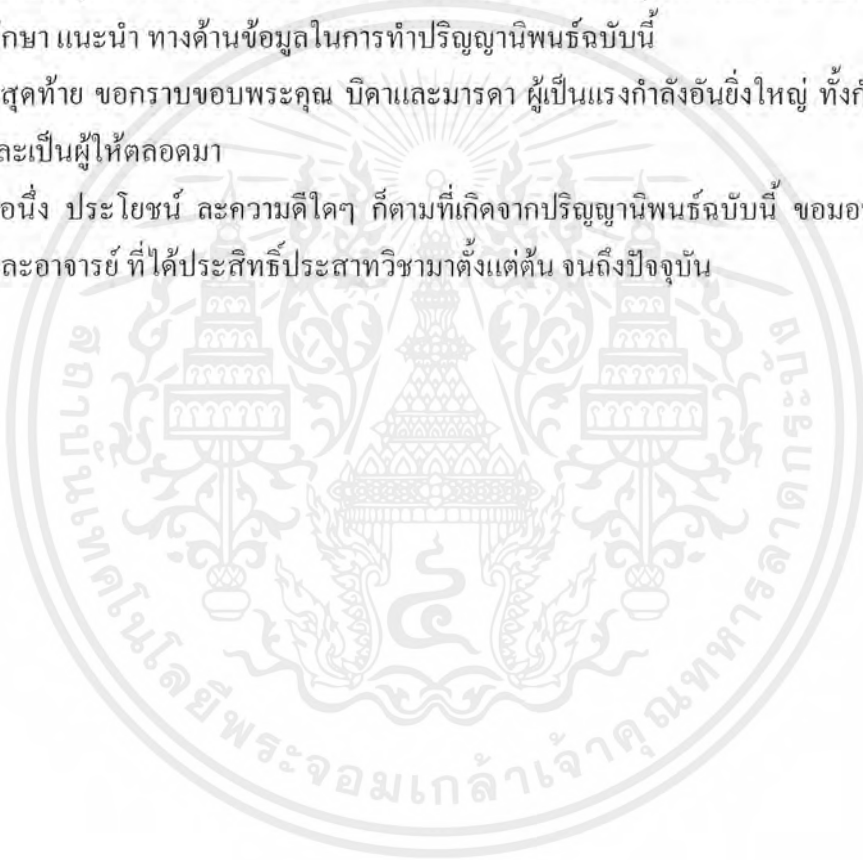
## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากเพื่อนและความร่วมมือจากสมาชิกในกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม และภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ทางด้านข้อมูลในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ผู้เป็นแรงกำลังอันยิ่งใหญ่ ทั้งกำลังใจ กำลังทรัพย์ และเป็นผู้ให้ตลอดมา

อนึ่ง ประโยชน์ ความสะดวกใดๆ ก็ตามที่เกิดจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และอาจารย์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชามาตั้งแต่ต้น จนถึงปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย   | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ  | II   |
| กิตติกรรมประกาศ   | III  |
| สารบัญ  | IV   |
| สารบัญรูป   | VII  |
| สารบัญตาราง   | X    |
| บทที่ 1 บทนำ  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์                                      | 1    |
| 1.2 ชี้ความสามารถของโครงการ   | 1    |
| 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป  | 1    |
| บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ  | 3    |
| 2.1 กล่าวนำ   | 3    |
| 2.2 คุณภาพซาก   | 3    |
| 2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซาก  | 4    |
| 2.2.2 การประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณ   | 7    |
| 2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพซาก                                     | 11   |
| 2.2.4 ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากลักษณะบางประการของซากกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง | 13   |
| 2.2.5 ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดจากภายนอกขณะสุกรมีชีวิตกับลักษณะต่างของซาก        | 13   |
| 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51  | 14   |
| 2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51                                      | 15   |
| 2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์  | 15   |
| 2.3.3 การทำงานของ 8051  | 18   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง   | หน้า |
|--|------|
| 2.4 อุปกรณ์ตรวจจับ   | 18   |
| 2.4.1 โฟโตรีทรานซิสเตอร์   | 19   |
| 2.4.2 อินฟราเรด แอลอีดี  | 21   |
| 2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์  | 21   |
| 2.6 ออปแอมป์   | 23   |
| 2.6.1 คุณสมบัติทั่วไป  | 23   |
| 2.6.2 ลักษณะการทำงาน   | 24   |
| 2.6.3 คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์                              | 36   |
| 2.6.4 ค่าใช้งานต่างๆ ที่ควรเข้าใจ  | 30   |
| 2.7 มาตรฐาน RS232-C  | 31   |
| 2.7.1 ลักษณะของสัญญาณ RS232-C  | 32   |
| 2.7.2 การกำหนดจุดเชื่อมต่อของ RS232-C  | 33   |
| 2.7.3 มาตรฐาน RS232-C กับ V.24   | 36   |
| บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน                                       | 37   |
| 3.1 ส่วนควบคุมกลาง   | 37   |
| 3.2 อุปกรณ์ตรวจจับ   | 39   |
| 3.3 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์   | 40   |
| 3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ  | 42   |
| 3.5 การออกแบบโครงสร้างของโครงการงาน  | 43   |
| 3.5.1 โครงสร้างของตัวอุปกรณ์ตรวจจับ  | 43   |
| 3.5.2 โครงสร้างของตัวเครื่อง   | 44   |
| บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง   | 45   |
| 4.1 การทดลองวัดค่าปริมาณไขมัน และเนื้อแดงจากชิ้นเนื้อ                        | 45   |
| 4.2 การทดลองวัดค่าปริมาณไขมัน และเนื้อแดงจากซากสุกร<br>เพื่อหาค่า BF และ LSQ | 49   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง   | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา                  | 52   |
| 5.1 บทสรุป   | 52   |
| 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข                                    | 52   |
| 5.3 แนวทางพัฒนา  | 54   |
| ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบโครงงานของปริยานิพนธ์               | 55   |
| ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์                            | 60   |
| ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และ โปรแกรม                          | 75   |
| ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์                                    | 92   |
| ภาคผนวก จ คู่มือการใช้                                     | 96   |
| ภาคผนวก ฉ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน | 100  |
| บรรณานุกรม   | 150  |
| ประวัติผู้แต่ง   | 151  |

## สารบัญรูป

| รูป   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 ตำแหน่งต่างๆ ที่วัดเพื่อหาค่าความหนาของไขมันสันหลัง                        | 8    |
| รูปที่ 2.2 ตำแหน่งต่างๆ ที่วัดเพื่อหา LSQ   | 9    |
| รูปที่ 2.3 ตำแหน่งที่จะวัดความหนาของไขมันที่สันหลัง                                   | 11   |
| รูปที่ 2.4 ตำแหน่งที่จะทำการวัดความหนาของไขมันที่สันหลัง 3 ตำแหน่งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย | 11   |
| รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8051  | 16   |
| รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์   | 17   |
| รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของโฟโต้ทรานซิสเตอร์  | 20   |
| รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์  | 20   |
| รูปที่ 2.9 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพลาร์เพอร์มาเนนท์แม่เหล็ก                  | 22   |
| รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของวงจรภายในภาคต่างๆ ของออปแอมป์                            | 23   |
| รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์  | 24   |
| รูปที่ 2.12 ลักษณะการต่อออปแอมป์แบบต่างๆ  | 25   |
| รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์              | 26   |
| รูปที่ 2.14 วงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่ออปแอมป์                                 | 27   |
| รูปที่ 2.15 การตอบสนองต่อความถี่ของออปแอมป์   | 29   |
| รูปที่ 2.16 การใช้ RS232-C เชื่อมต่ออุปกรณ์   | 32   |
| รูปที่ 2.17 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232-C                                  | 32   |
| รูปที่ 2.18 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS232-C  | 34   |
| รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง                              | 37   |
| รูปที่ 3.2 วงจรส่วนควบคุมกลาง   | 38   |
| รูปที่ 3.3 หลักการวงจรตรวจจับ   | 39   |
| รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับ  | 40   |
| รูปที่ 3.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์   | 41   |
| รูปที่ 3.6 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์   | 41   |
| รูปที่ 3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ  | 42   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป  | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 3.8 โครงสร้างค้ำหน้าของตัวเครื่อง                           | 43   |
| รูปที่ 3.9 การวางอุปกรณ์ภาคต่างๆ ภายในตัวเครื่อง                   | 43   |
| รูปที่ 3.10 โครงสร้างค้ำหน้าของอุปกรณ์ตรวจจับ                      | 44   |
| รูปที่ 3.11 โครงสร้างค้ำหลังของอุปกรณ์ตรวจจับ                      | 44   |
| รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า BF เมื่อใช้เครื่องวัดและเวอร์เนียร์  | 50   |
| รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า LSQ เมื่อใช้เครื่องวัดและเวอร์เนียร์ | 50   |
| รูปที่ ก.1 วงจรภาคจ่ายไฟ   | 56   |
| รูปที่ ก.2 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์                                | 56   |
| รูปที่ ก.3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน                                   | 57   |
| รูปที่ ก.4 วงจรควบคุมส่วนกลาง                                      | 57   |
| รูปที่ ก.5 จุดเชื่อมต่อส่วนควบคุมกลาง                              | 58   |
| รูปที่ ก.6 จุดเชื่อมต่อสวิทช์ควบคุม                                | 58   |
| รูปที่ ก.7 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับ                                       | 59   |
| รูปที่ ก.8 เครื่องต้นแบบรวมที่สมบูรณ์                              | 59   |
| รูปที่ ข.1 วงจรภาคจ่ายไฟ   | 61   |
| รูปที่ ข.2 วงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ                                      | 62   |
| รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์วงจรจ่ายไฟ                                 | 63   |
| รูปที่ ข.4 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์                                | 64   |
| รูปที่ ข.5 วงจรพิมพ์ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์                        | 65   |
| รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์                    | 66   |
| รูปที่ ข.7 วงจรอุปกรณ์ตรวจจับ                                      | 67   |
| รูปที่ ข.8 วงจรพิมพ์อุปกรณ์ตรวจจับ                                 | 68   |
| รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ชุดตรวจจับ                                 | 68   |
| รูปที่ ข.10 วงจรสวิทช์ควบคุมการทำงาน                               | 69   |
| รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์สวิทช์ควบคุมการทำงาน                       | 70   |
| รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์สวิทช์ควบคุมการทำงาน                      | 70   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ ข.13 วงจรชุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับ                   | 71   |
| รูปที่ ข.14 ลายวงจรพิมพ์จุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับ           | 72   |
| รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์จุดเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจจับ          | 72   |
| รูปที่ ข.16 วงจรชุดเชื่อมต่อกับส่วนควบคุมกลาง                   | 73   |
| รูปที่ ข.17 ลายวงจรพิมพ์จุดเชื่อมต่อกับส่วนควบคุมกลาง           | 74   |
| รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์จุดเชื่อมต่อกับส่วนควบคุมกลาง          | 74   |
| รูปที่ ค.1 ผังงานของโปรแกรมส่วนควบคุมกลาง                       | 77   |
| รูปที่ ค.2 ผังงานของโปรแกรมการส่งข้อมูลไปคอมพิวเตอร์            | 78   |
| รูปที่ ค.3 ผังงานของโปรแกรมเปรียบเทียบแรงดัน                    | 79   |
| รูปที่ ค.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง | 84   |
| รูปที่ ค.5 ผังงานของโปรแกรมเก็บข้อมูล                           | 85   |
| รูปที่ ค.6 โปรแกรมเก็บข้อมูล                                    | 91   |
| รูปที่ จ.1 ปุ่มปรับต่างๆ ของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง        | 97   |

## สารบัญตาราง

| ตาราง   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางด้านการให้เนื้อในแต่ละสายพันธุ์ของสุกร   | 5    |
| ตารางที่ 2.2 การกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ                      | 32   |
| ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะ โดยย่อของสัญญาณ RS232-C                    | 35   |
| ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดปริมาณไขมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อที่ 1 | 46   |
| ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดปริมาณไขมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อที่ 2 | 47   |
| ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวัดปริมาณไขมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อที่ 3 | 48   |
| ตารางที่ 4.4 ค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงเมื่อใช้เครื่องมือวัด       | 49   |
| ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงจากการใช้เวอร์เนียร์        | 49   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญญานิพนธ์

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีวิธีการประเมินคุณภาพซากสุกรที่เหมาะสม จึงทำให้เกิดปัญหาแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรทั่วไป โดยไม่ได้รับความเป็นธรรมในเรื่องราคาและทำให้เกษตรกรไม่สามารถทราบและไม่มีวิธีการปรับปรุงพันธุ์สุกรให้ดียิ่งขึ้น ในทางปฏิบัติทั่วไป การประเมินคุณภาพซาก คือ การชำแหละซากออกมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณเนื้อแดงและไขมัน แต่วิธีการดังกล่าวจะสิ้นเปลืองทั้งแรงงาน ค่าใช้จ่าย และเวลาเป็นอย่างมาก สำหรับวิธีการอย่างง่ายที่เป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินคุณภาพซาก ได้แก่ การวัดความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness), การวัดหาอัตราส่วนระหว่างความหนาของไขมัน และกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายของสันหลัง (LSQ, fat/muscle quotient) การจะนำเอาวิธีการวัดซากดังกล่าวมาใช้ในการประเมินคุณภาพซากอาจเกิดความผิดพลาดในขณะที่ทำการวัดได้ จึงก่อให้เกิดแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องมือแทนการวัดด้วยเวอร์เนียร์ เพื่อให้การวัดมีความรวดเร็ว และแม่นยำขึ้น ทำให้เกิดความยุติธรรม และการปรับปรุงพันธุ์สุกรให้ดีขึ้นต่อไปได้

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้สามารถวัดหาปริมาณเนื้อแดงได้ด้วยความเร็ว และถูกต้อง โดยการใช้พอร์ต RS232-C ในการเชื่อมต่อข้อมูลได้ยาวสูงสุด 15 เมตร ซึ่งความผิดพลาดไม่เกิน 10 % และสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาถึงคุณภาพของการเลี้ยงสุกรในแต่ละคอกได้

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ปัญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาส่วนต่างๆ ดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ กล่าวถึงลักษณะของซากสุกรที่ทำการวัด และสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณเนื้อแดง, การใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับ, โครงสร้างและลักษณะของสตีปเปอร์มอเตอร์พร้อมทั้งการควบคุม, หลักการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และการเชื่อมต่อโดยการใช้ RS232-C ในการรับ และส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงแผนผังการทำงานของโครงการ, การออกแบบวงจร, หน้าที่ของวงจรต่างๆ และการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างโครงการ

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงผลการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของภาคต่างๆ ของโครงการที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งผลที่ได้ในการนำโครงการที่สร้างขึ้นมานี้ไปใช้งาน

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา กล่าวถึงผลสรุปการทำงาน, ปัญหา และข้อบกพร่องต่างๆ ของระบบที่ทำงานในโครงการ. การอธิบายสาเหตุของข้อบกพร่อง, แนวทางการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น และแนวทางในการพัฒนาโครงการให้มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบที่สร้างขึ้นมา

ภาคผนวก ก ภาพเครื่องต้นแบบโครงการของปริญญาโท

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แผนผังการทำงาน และ โปรแกรม

ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

## บทที่ 2

### ทฤษฎี และหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎี และหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงการ โดยประกอบด้วย เรื่องคุณภาพซาก, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, อุปกรณ์ตรวจจับ, สเต็ปเปอร์มอเตอร์, วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล, และมาตรฐาน RS232-C ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.2 คุณภาพซาก

ซากของสัตว์ หมายถึง ร่างกายสัตว์ภายหลังถูกฆ่า โดยที่ซากจะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน ในการพิจารณาว่าซากมีคุณภาพดีหรือไม่นั้น ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้

1) สัดส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อ และไขมันในซาก ซากที่มีคุณภาพดีต้องมีอัตราส่วนของกล้ามเนื้อต่อไขมันสูง หรือปริมาณเนื้อแดงในซากสูงนั่นเอง

2) คุณภาพของเนื้อ เนื้อที่มีคุณภาพดีต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังนี้

2.1) คุณลักษณะที่จะนำมาทำอาหารรับประทาน (eating quality)

2.1.1) สีของเนื้อ (color)

2.1.2) ลักษณะ โครงสร้างของเนื้อ (texture)

2.1.3) ความนุ่มของเนื้อ (tenderness)

2.1.4) กลิ่นและรสชาติของเนื้อ (flavor and taste)

2.1.5) ความชุ่มของเนื้อ (juiciness)

2.2) คุณค่าทางโภชนาการ (nutritional value) หมายถึง คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่ นอกจากนี้แล้วยังต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับการที่ร่างกายจะเอาไปใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อย ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบ และสัดส่วนของกรดอะมิโนใน โปรตีนของเนื้อสัตว์นั้นๆ

2.3) สะอาด และเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย (wholesomeness) หมายถึง เนื้อจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.3.1) สะอาดไม่มีเชื้อโรคและพยาธิ (hygiene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2) ไม่มีสารพิษตกค้างในเนื้อ (residues)

2.4) เนื้อที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติทางการอุ้มน้ำสูง (water holding capacity) เนื้อที่ขาดคุณสมบัติทางด้านนี้จะมีผลเสียดังนี้

2.4.1) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียในเนื้อระหว่างการเก็บสูง

2.4.2) ก่อให้เกิดผลเสียหลายและปัญหาในการแปรรูปทำผลิตภัณฑ์เนื้อ

2.4.3) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของการหุงต้ม (cooking loss)

3) คุณภาพของไขมัน คุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของไขมัน ได้แก่ สี ความหนาแน่น และกลิ่น ไขมันที่มีคุณภาพดีจะต้องไม่มีสีที่ผิดปกติ ไขมันจะต้องไม่เหลว ทำให้เสียคุณสมบัติที่ดีเกี่ยวกับการเก็บรักษา และการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ไขมันที่มีลักษณะค่อนข้างเหลวเนื่องจากมีพวก unsaturated fatty acid สูงทำให้เหม็นหืนได้ง่าย

## 2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซาก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซาก แบ่งเป็นปัจจัยภายในตัวสัตว์เอง เช่น พันธุ์ เพศ น้ำหนัก และอายุ ส่วนปัจจัยภายนอกตัวสัตว์ เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และอาหาร

### 1) พันธุ์

จากการศึกษาในเรื่องของพันธุ์ต่อลักษณะซากของสุกร สรุปได้ว่า สุกรแต่ละสายพันธุ์จะมีส่วนประกอบของซากต่างกัน และมีความต้องการอาหารในการสร้างเนื้อแดงแตกต่างกันไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า ฤดูและพันธุ์ที่มีต่อลักษณะซากสุกร โดยที่ความแตกต่างของฤดูใบไม้ผลิ และฤดูฝนต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจะเป็น 0.8 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้จะแปรผันไปในแต่ละพันธุ์ จาก 1.28 เปอร์เซ็นต์สำหรับสุกรพันธุ์แฮมเชียร์ ถึง 0.4 เปอร์เซ็นต์สำหรับพันธุ์โปแลนด์ ซึ่งสุกรพันธุ์แฮมเชียร์และโปแลนด์จะมีไขมันสันหลังบาง และเนื้อแดงมากกว่าพันธุ์รูรอด ยอร์กเชียร์ และแลนด์ไรซ์

ลักษณะที่บ่งถึงคุณภาพซากสุกรนั้นจะมีค่าอัตราพันธุ์กรรมค่อนข้างสูง สุกรแต่ละพันธุ์และสายพันธุ์จะมีส่วนประกอบของซากแตกต่างกันไป และยังพบว่า พันธุ์มีผลต่อความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์สันหลังอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้ในการศึกษาเปรียบเทียบพ่อพันธุ์สุกรเบลเยียมแลนด์เรซ และเยอรมันแลนด์เรซ รายงานว่าพันธุ์เบลเยียมแลนด์เรซให้ซากที่ดีกว่าพันธุ์เยอรมันแลนด์เรซ โดยพันธุ์เบลเยียมแลนด์เรซมีค่าเฉลี่ยต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงต่อสะโพก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของซาก และความหนาไขมันสันหลังเท่ากับ 43.78 ตารางเซนติเมตร, 22.74, 53.70, และ 1.89 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เยอรมันแลนด์เรซมีค่าดังกล่าวเท่ากับ 39.31 ตารางเซนติเมตร, 20.26, 50.23 และ 2.07 เซนติเมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของพันธุ์สัตว์นี้ จะเห็นได้อย่างเด่นชัดมากในกรณีของอาการเครียดที่เกิดขึ้นในสุกร (Porcine Stress Syndrome, PSS) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิด PSE ขึ้นในเนื้อสุกร

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางด้านกรให้เนื้อในแต่ละสายพันธุ์ของสุกร

| พันธุ์            | จำนวนสัตว์(ตัว) | % เนื้อแดงในซาก | % สูญเสียระหว่างการขนส่ง |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| ลาจสไวท์          | 96              | 54.72           | 1.05                     |
| ดัชแลนแดรนซ์      | 112             | 54.58           | 2.68                     |
| เบลเกียนแลนแดรนซ์ | 80              | 57.85           | 10.37                    |
| ไพทเรน            | 96              | 59.37           | 5.21                     |

จากตารางจะเห็นว่า สุกรพันธุ์เบลเกียนแลนแดรนซ์ (Belgian Landrace) และไพทเรน (Pietrain) เป็นพันธุ์ที่ให้คุณภาพซากทางด้านปริมาณดีเลิศ กล่าวคือ ซากมีปริมาณเนื้อแดงสูง

## 2) เพศ

ความแตกต่างระหว่างเพศพบว่า มีผลต่อส่วนประกอบภายในซาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณไขมัน ซากของสัตว์เพศผู้พบว่าจะมีปริมาณเนื้อแดงสูงกว่าสัตว์เพศเมียที่มีน้ำหนักเท่ากัน การที่สัตว์เพศผู้ให้ซากที่มีปริมาณเนื้อแดงสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากฮอร์โมนที่ผลิตโดยอวัยวะในสัตว์ผู้ คือ ฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgen) ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นการสะสมโปรตีนในร่างกาย ซึ่งในสัตว์ไม่มี

นอกจากนี้ยังพบว่า ในสุกรเพศผู้ที่ไม่ตอนพบว่า มีกลิ่นที่เกิดจากฮอร์โมนเพศผู้ของมันจะมีผลทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในเนื้อ (sexual odour) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องตอนสุกรตัวผู้เพื่อจัดการสร้างฮอร์โมนตัวนี้ ซึ่งพบว่า ทำให้การสะสมไขมันในซากสูงขึ้น ซากมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าซากตัวเมียที่มีขนาดน้ำหนักเท่ากัน

สุกรเพศผู้จะมีการสะสมโปรตีนได้ดีกว่าเพศเมีย ทั้งนี้เนื่องจากฮอร์โมนเพศผู้ คือ แอนโดรเจน จะไปกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อควบคู่ไปกับการลดการสะสมไขมัน ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบสุกรที่น้ำหนักเท่ากัน ซากสุกรเพศผู้จะให้ผลผลิตเนื้อแดงสูงที่สุด รองลงมาเป็นสุกรเพศเมีย สุกรเพศผู้ตอนหรือเพศเมียตอนให้เนื้อแดงต่ำสุด แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ปริมาณไขมันสูงที่สุดด้วย นอกจากนี้สุกรเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์สะโพกและสันหลังต่ำกว่า พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความยาวซากน้อยกว่า และความหนาไขมันสันหลังมากกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ

สุกรเพศเมียจะมีปริมาณรวมของสะโพก สันหลัง สามชั้น ไหล่บน และไหล่ล่าง และเนื้อแดงในส่วนสะโพกมากกว่าสุกรเพศผู้ตอนประมาณ 1.0 และ 0.72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความหนาไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนจะอยู่ระหว่างกลางของเพศผู้และเพศเมียที่น้ำหนัก 68.1 กิโลกรัม แต่สุกรเพศผู้ตอนจะมีการสะสมไขมันเร็วกว่าจนถึงน้ำหนัก 113.5 กิโลกรัม จะมีไขมันสันหลังมากกว่าเพศผู้และเพศเมีย และสุกรเพศเมียมีความหนาไขมันสันหลังมากกว่าเพศผู้

### 3) อายุ

ลักษณะซากในสุกรขุนที่ฆ่าเมื่ออายุ 120, 170, 220, 270, 320 วัน ปรากฏว่า ความหนาไขมันสันหลังที่ซี่โครงซี่ที่ 10 จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1.4 ถึง 5.1 เซนติเมตร เมื่อสุกรอายุมากขึ้นและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้นเมื่ออายุสุกรมากขึ้น ในช่วง 120 ถึง 220 วัน เนื่องจากซากสุกรประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชนิด คือ กระจก กล้ามเนื้อและไขมัน ซึ่งการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อทั้งสามนี้เริ่มจากกระจกก่อน ถัดมาคือ กล้ามเนื้อ ส่วนไขมันจะเจริญเปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย แต่จะเติบโตเร็วที่สุดเมื่อเข้าสู่ระยะหนุ่มสาว

อายุของสัตว์มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพของเนื้อ ทั้งนี้พบว่า เนื้อสัตว์ที่มีอายุมากจะเหนียวกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อย เนื่องมาจากขนาดของเอ็นกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ใหญ่ขึ้น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันในกล้ามเนื้อแม้ว่ามีปริมาณลดลงเมื่อสัตว์อายุมากขึ้น แต่จะเปลี่ยนคุณสมบัติไปมีผลทำให้เนื้อเหนียวขึ้น

### 4) อาหาร

การให้อาหารสุกรโดยให้มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตตามขั้นตอน จะทำให้สุกรมีคุณภาพซากดี แต่ถ้าให้อาหารไม่มีความสัมพันธ์กับความจำเป็นของร่างกายในการสร้างกล้ามเนื้อสุกรจะสะสมไว้ในรูปไขมันมากกว่า ทำให้มีคุณภาพซากเลวลง

การเพิ่มระดับโปรตีนจะทำให้ความหนาแน่นไขมันสันหลังลดลงปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มอาหารพลังงานจะเป็นผลเพิ่มความหนาไขมันสันหลัง ปริมาณเนื้อแดงลดลง โดยพบว่า สุกรที่ได้รับอาหาร โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีเนื้อแดงมากกว่าพวกที่ได้รับอาหารโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ ระดับโปรตีนในอาหารต่ำมีผลทำให้สุกรกินอาหารน้อยลง อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพในการให้อาหาร พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงในซากต่ำ แต่ปริมาณไขมันในซากสูง ส่วนการเพิ่มระดับพลังงานมีผลทำให้ความหนาไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น ปริมาณเนื้อแดงลดลง ระดับพลังงานมีผลต่อการสะสมไขมันมากกว่าการสร้างกล้ามเนื้อและกระจก

การให้อาหารสุกรนอกจากจะต้องให้สัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโตและพันธุกรรม ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสามารถในการสะสมโปรตีนในร่างกายแล้วซึ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากคือ

ความสมดุลของโภชนะในสูตรของอาหาร นั้นหมายถึงในสูตรอาหารจะต้องมีปริมาณโปรตีนในจำนวนที่พอเพียงและเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ กล่าวคือ กรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายสุกรต้องการพลังงานในสูตรอาหารจะต้องเพียงพอ และได้สัดส่วนที่เหมาะสมกับปริมาณโปรตีนในอาหารสุกร นอกจากนี้แล้ววิตามิน เกลือแร่ที่จำเป็นควรต้องมีให้ครบ

### 5) อุณหภูมิ

จากการค้นคว้าบางส่วน สุกรที่อุณหภูมิปกติจะมีอัตราการเจริญเติบโตกว่าสุกรที่เลี้ยงในอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้เพราะว่าในสภาพที่อุณหภูมิต่ำร่างกายของสุกรจะมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงกว่าปกติ โดยมีการนำเอาอาหารที่กินเข้าไปส่วนใหญ่เผาผลาญเพื่อให้ได้พลังงานในรูปของความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวสุกรเอง ในทางตรงข้าม เปรียบเทียบการเลี้ยงสุกรในอุณหภูมิ 32 ถึง 33 องศาเซลเซียส กับการเลี้ยงในอุณหภูมิ 22 ถึง 24 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่า พวกที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 ถึง 33 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ความหนาไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเล็กน้อยกว่าพวกที่ได้รับอุณหภูมิ 22 ถึง 24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะว่าในสภาพที่อุณหภูมิต่ำร่างกายจะมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงกว่าปกติ โดยนำเอาอาหารที่กินเข้าไปส่วนใหญ่เผาผลาญให้ได้พลังงานในรูปความร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ตัวสุกร

## 2.2.2 การประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณ

คุณภาพซากด้านปริมาณหมายถึงสัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงต่อปริมาณไขมัน ในซากสุกรที่มีคุณภาพซากดีจะต้องมีปริมาณเนื้อแดงสูงและไขมันต่ำ วิธีการที่ดีและถูกต้องที่สุดในการพิสูจน์คือ การชำแหละซากออกมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณเนื้อแดงและไขมัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การวัดความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness), การวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin area), การวัดหาอัตราส่วนระหว่างความหนาของไขมันและกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายของสันหลัง (LSQ, fat/muscle quotient) โดยแต่ละวิธีจะมีความแม่นยำแตกต่างกันไป

### 1) การประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณโดยการชำแหละซาก

วิธีการประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณ โดยการชำแหละซากนี้ ถึงแม้จะเป็นวิธีการที่ดีที่สุด แต่จะสิ้นเปลืองทั้งแรงงาน ค่าใช้จ่ายและเวลา การชำแหละซากสุกรตามแบบของอเมริกา คือ USDA ซึ่งเป็นวิธีที่ยอมรับโดยทั่วไป การตัดแต่งส่วนใหญ่จากซากสุกรจะได้ส่วนต่างๆ 5 ส่วนด้วยกัน คือ สะโพก (ham), สันนอก (loin), ไหล่ (boston shoulder), ขาหน้า (picnic shoulder) และชั้น (belly) ทั้งนี้โดยถือว่า 4 ส่วนแรกนั้นเป็นชิ้นส่วนใหญ่สำคัญ เพราะมีปริมาณเนื้อแดงสูง จึงเรียกว่าเป็น four lean cuts และ สามชิ้นถือว่าเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สำคัญ (minor cut) ทั้งนี้เพราะมีเนื้อแดงต่ำและราคาถูกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

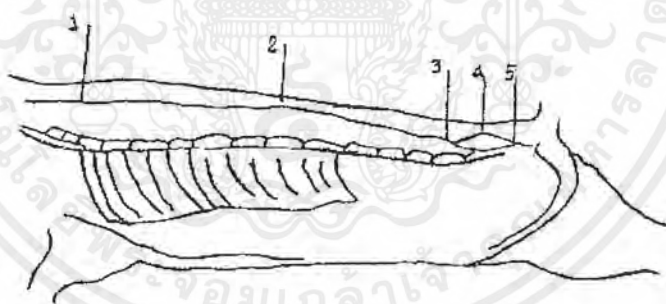
ข้อมูลประมาณการผลิตจากการชำแหละซากเป็นชิ้นส่วนใหญ่มีดังนี้

- 1.1) สะโพก (ham) น้ำหนักประมาณ 17-19% ของน้ำหนักซาก หรือ 15 % ของน้ำหนักชีวิต
- 1.2) สันนอก (loin) น้ำหนักประมาณ 10-15% ของน้ำหนักซาก หรือ 11 % ของน้ำหนักชีวิต
- 1.3) ไหล่ (boston shoulder) น้ำหนักประมาณ 7-9% ของน้ำหนักซาก หรือ 6 % ของน้ำหนักชีวิต
- 1.4) ขาหน้า (picnic shoulder) น้ำหนักประมาณ 7-9% ของน้ำหนักซาก หรือ 6 % ของน้ำหนักชีวิต

จากผลรวมของชิ้นส่วน four lean cuts ซึ่งเป็นผลผลิตส่วนใหญ่จากซากในปริมาณพบว่า มีความสำคัญที่จะนำไปประเมินค่าซากได้ดีพอสมควร แต่จากที่กล่าวข้างต้นว่า วิธีการนี้สิ้นเปลืองทั้งแรงงาน ค่าใช้จ่าย และเวลา ดังนั้น จึงนิยมใช้วิธีที่ง่ายกว่า สะดวกรวดเร็วและประหยัด คือ การวัดซากอย่างง่าย และวิธีการใช้เครื่องมือวัด

## 2) การประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณโดยวิธีการวัดอย่างง่าย

2.1) การวัดความหนาไขมันสันหลัง (Backfat thickness) วิธีการหาค่าเฉลี่ยจากการวัดความหนาของไขมันสันหลังจาก 5 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในประเทศเยอรมัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งต่างๆ ที่วัดเพื่อหาค่าความหนาไขมันสันหลัง

- ตำแหน่งที่ 1 คือ ความหนาของไขมันที่ไหล่ (shoulder) หรือส่วนหนาที่สุดตรงกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1
- ตำแหน่งที่ 2 คือ ความหนาแน่นของไขมันที่กลางหลัง(loin)หรือส่วนบางที่สุดตรงกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย
- ตำแหน่งที่ 3 คือ ความหนาของมันที่สะโพก (ham) หรือส่วนหน้าของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม
- ตำแหน่งที่ 4 คือ ความหนาของไขมันที่สะโพกตรงส่วนหลังของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{การคำนวณค่าเฉลี่ยของไขมันส่วนหลัง} = \frac{1+2+(3+4+5)/3}{3} \quad (2.1)$$

## 2.2) การวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin area)

Boggs and Merkal (1981) รายงานว่า พื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อตามยาววัดในหน่วยตารางนิ้ว (in.2) บนภาคตัดขวางของกล้ามเนื้อที่ซี่โครงซี่ที่ 10 พื้นที่ดังกล่าวจะวัดโดยใช้ตารางพลาสติกหรือเป็นการลอกสำเนาด้วยกระดาษแก้ว (tracing) ตำแหน่งของการวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอกจะต่างกันขึ้นอยู่กับระบบของประเทศใด ตามมาตรฐาน USDA ประเทศเยอรมันจะวัดที่ซี่โครงตำแหน่งที่ 13 (วิเชียร, 2528)

## 2.3) การวัดอัตราส่วนระหว่างความหนาของไขมัน และกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายของสันหลัง (LSQ, fat/muscle quotient)

วิธีการหาค่า LSQ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในประเทศเยอรมัน โดยนักวิจัยชื่อ Pfeiffer and Fallkenberg ในปี ค.ศ.1972 (จุฑารัตน์ และ ทรงศักดิ์, 2529) จะวัดความหนาของไขมันสันหลังและความกว้างของกล้ามเนื้อตอนปลายของกระดูกสันหลัง ซึ่งอยู่ช่วงท้ายของลำตัว โดยการวัดซาก 3 ตำแหน่ง คือ

ตำแหน่ง a1 คือ ความหนาของไขมันสันหลัง วัดจากจุดปลายที่ฐานของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม (M. gluteus medius) ไปทำมุมตั้งฉากกับแนวของส่วนหนึ่งที่ติดกับไขมันสันหลัง

ตำแหน่ง a2 คือ ความหนาของไขมันสันหลังวัดจากจุดตรงกลางของแนวกล้ามเนื้อสามเหลี่ยมทำมุมตั้งฉากกับแนวของส่วนหลังที่ติดกับไขมันเช่นเดียวกัน

ตำแหน่ง b คือ ความหนาของกล้ามเนื้อสันหลังตอนปลาย วัดจากจุดที่ฐานของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยมตั้งฉากกับแนวของท่อไขมันสันหลังด้านนอก



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งต่างๆ ที่วัดเพื่อหา LSQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหา LSQ ที่ได้จากการวัดที่ตำแหน่งต่างๆ นำมาคำนวณได้จากสูตร

$$LSQ = \frac{a1 + a2}{2b} \quad (2.2)$$

ถ้าหาค่า LSQ มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือมีค่าสูงกว่าแสดงว่าซากที่ได้ย่อมมีปริมาณไขมันสูง

### 3) การประเมินคุณภาพซากด้านปริมาณโดยวิธีการใช้เครื่องมือ

พรณิภา (2530) ได้รายงานเกี่ยวกับเครื่องมือและวิธีการใช้เครื่องมือในการประเมินคุณภาพซากได้ดังนี้

เครื่องมือสำหรับวัด แบ่งออกเป็น

**3.1) Mechanical Probe** คือ บรรทัดสำหรับวัดความหนาของไขมันที่สันหลัง เวลาจะใช้ต้องใช้ปลายมีดเจาะหนังก่อน แล้วจึงสอดบรรทัดนี้ลงไปตรงๆ แล้วค่อยๆ กดบรรทัดนี้ผ่านไปในชั้นไขมัน บรรทัดนี้สามารถผ่านเข้าไปได้ง่ายในชั้นของไขมัน โดยกดลงไปถึงชั้นของกล้ามเนื้อ กล่าวคือ เมื่อถึงชั้นของกล้ามเนื้อแล้วไม่สามารถที่จะกดบรรทัดนี้ลงไปได้อีก จากนั้นเลื่อนฉากช่วยอ่านลงมาจนขีดหลังของสุกร แล้วดึงบรรทัดขึ้นมาเพื่ออ่านค่าต่อไป

**3.2) Electric lean-fat Meter** ใช้หลักการของกระแสไฟฟ้า เครื่องนี้จะมีเข็มแทงลงไปบริเวณที่จะวัด แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าขนาดต่ำลงไป กระแสไฟฟ้าเมื่อผ่านชั้นของไขมันจะแสดงกระแสไฟฟ้าขนาดต่ำ แต่พอถึงชั้นของกล้ามเนื้อกระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้นทันที การอ่านค่าสามารถอ่านได้จากสเกลที่เครื่อง

**3.3) Ultrasonic back fat Tester** เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมานำมาใช้วัดความหนาของไขมันสันหลังในสุกรมีชีวิต หลักการของตัวเครื่องคือใช้ระบบคลื่นเสียง คลื่นเสียงนี้จะสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับเนื้อเยื่อที่แตกต่างกับเนื้อเยื่อที่ผ่านเข้าไปครั้งแรก เช่น การเปลี่ยนจากชั้นของไขมันเป็นชั้นของกล้ามเนื้อ

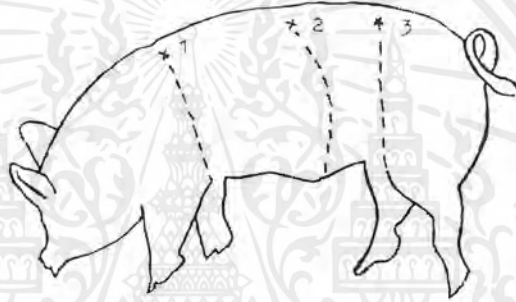
ชนิดของเครื่องมือมี 3 แบบ คือ

- ก. แบบจอภาพ
- ข. แบบแสดงเป็นปุ่มไฟ
- ค. แบบแสดงเป็นตัวเลข

ตำแหน่งที่จะทำการวัด นิยมที่จะวัดที่บริเวณตำแหน่ง P ของสุกรมีชีวิตหรือซากสุกรดังแสดงในรูปที่ 2.3 แต่บางครั้งนิยมวัดสามตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งที่จะวัดความหนาของไขมันที่สันหลัง



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งที่จะทำการวัดความหนาของไขมันที่สันหลัง 3 ตำแหน่งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การวัดทั้ง 3 ตำแหน่งจะห่างจากแนวเส้นกลางหลัง 1.5 นิ้วถึง 2.5 นิ้ว ซึ่งตำแหน่งที่ 1 จะอยู่ในแนวเดียวกับชอกขาหน้า ตำแหน่งที่ 2 จะอยู่ในแนวเดียวกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย และตำแหน่งที่ 3 จะอยู่ในแนวเดียวกับชอกขาหลัง

### 2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพซาก

ในประเทศแถบยุโรป เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดซาก มีดังต่อไปนี้ (P. Walstra, 1989)

#### 1) Intrascoper

ประดิษฐ์โดย SFK Ltd., Fvidover ประเทศเดนมาร์ก หลักการใช้ คือ ดันกำเนิดแสงของเครื่องมือจะกระจายแสงออกไปถึงบริเวณเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อแดง และมีการสะท้อนกลับ ความลึกของไขมันวัดค่าได้ระหว่าง 5-50 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) Ulster prope

ประดิษฐ์โดย The Northern Ireland Automation Centre, Queens University, Belfast เครื่องมือชนิดนี้มีระบบคล้ายคลึงกับเครื่องมือ Intrascopie แต่สามารถให้ความละเอียดในการวัดได้ ถึง 50 มิลลิเมตร

## 3) KSA (Kod-Speak-Automatisk)

ประดิษฐ์โดย SFK Ltd., Hvidovre ประเทศเดนมาร์ก เครื่องมือนี้ใช้หลักการของความแตกต่างในการนำไฟฟ้าระหว่างเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อแดง

## 4) HGP (Hennessy Grading Prope)

ประดิษฐ์โดย Hennessy และ Chong ระบบนี้ใช้สายตาในการคาดคะเน หลักการของเครื่องมือ คือ ต้นกำเนิดแสงที่อยู่ใกล้ปลายเครื่องมือจะกระจายและออกไป และจะเกิดการสะท้อนกลับของแสงซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน และเนื้อแดง

## 5) FOM (Fat-O-Meat'er)

ประดิษฐ์โดย SFK เป็นวิธีที่คล้ายกับ KSA หลักการ คือ แสงที่ฉายใกล้เดียวกับอินฟราเรด (infrared) การวัดสามารถแสดงให้เห็นบนจอภาพของเครื่องมือ (prope) ซึ่งประกอบด้วย การเชื่อมต่อกันของหน่วยประมวลผลกลาง (microprocessor), คีย์บอร์ด และจอภาพ ซึ่งเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง จะถูกคำนวณ

## 6) SKG (Schlachtkorpe-Klassifizierungs-Grat)

เครื่องมือนี้ถูกพัฒนาโดย Breitsameter (Aicgach) หลักการทำงานต่างจาก FOM และ HGP คือ ความลึกไขมัน (fat depth) วัดโดย pistol กับเครื่องวัดระดับไฟฟ้า (potentiometer) เหนือบริเวณกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม (m. gluteus medius) และจะวัดรูปร่างของชิ้นส่วนสะโพก

## 7) LSQ (Lenden-Speck-Quotient)

วิธีการวัดแบบนี้ถูกเสนอโดย Pfeffer และ Falkenberg (1972) โดยทำการวัดความหนาของไขมันสันหลังที่จุดปลายฐานของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม (M. gluteus medius) [a1], วัดความหนาของไขมันสันหลังที่จุดตรงกลางของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม [a2] และวัดความหนาของกล้ามเนื้อจากจุดปลายฐานของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม ไปตั้งฉากกับแนวของท่อไขมันสันหลังด้านนอก [b]

$$\text{นำมาคำนวณโดยใช้สูตร} = a1+a2/2b \quad (2.3)$$

## 8) SFQ (Speck-Fleisch-Quotient)

เครื่องมือนี้ถูกผลิตโดย GDR (The Research Centre Dummerstorf-Rostock) ใช้วัดความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างไขมันที่ตำแหน่ง a1 และที่ความลึกของกล้ามเนื้อ โดยใช้ Slidding ในการวัด

#### 9) ZP (Zwi-Punkt) - procedure

เนื้อแดงจะสามารถคำนวณได้จากการวัดที่ตำแหน่ง a1 และ b ของวิธีการวัดแบบ LSQ เครื่องมือนี้ถูกผลิตโดย Tecpro GmbH โดยการใช้ pistol หรือ calipers ในการวัด

#### 10) Parkitron

เครื่องมือชนิดนี้ถูกผลิตโดย Zimmermann, FRG การวัดเหมือนวิธี SKG II ใช้ Sliding calipers ในการวัด

### 2.2.4 ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากลักษณะบางประการของซากกับเปอร์เซ็นต์

#### เนื้อแดง

นันทนา (2531) ได้รายงานไว้ว่า ลักษณะที่วัดได้จากซากมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของซากได้ 2 ลักษณะ คือ ความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน และทางตรงกันข้าม คือ ความหนาไขมันสันหลังมีความสัมพันธ์ในทางบวก กับปริมาณไขมันในซาก แต่มีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณเนื้อแดง

น้ำหนักซาก ความลึกไขมัน และคะแนนกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ทางลบกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความยาวซาก และน้ำหนักสะโพกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงหรือปริมาณเนื้อแดงของซาก

จุฑารัตน์ และ ทรงศักดิ์ (2529) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดซากเพื่อประเมินคุณภาพสุกร 5 วิธีจากสุกร 40 ตัว คือ การวัดความหนาไขมันสันหลัง (backfat thickness) การวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area) การวัดหาอัตราส่วนระหว่างความหนาไขมัน และกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายของสันหลัง (LSQ, fat/muscle thickness) การวัดขนาดของพื้นที่ไขมันที่อยู่บริเวณพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (fat area) และการหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของไขมัน และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (fat/loin area) พบว่าวิธีดังกล่าวมีค่าสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ  $-0.61$ ,  $+0.39$ ,  $-0.63$ ,  $-0.60$  และ  $-0.68$  ตามลำดับ

### 2.2.5 ความสัมพันธ์ของค่าที่วัดจากภายนอกขณะสุกรมีชีวิตกับลักษณะต่างๆ ของซาก

สุทัศน์ (2524) ได้สรุปความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากภายนอกขณะสุกรมีชีวิตกับลักษณะต่างๆ ของซาก จากผลการศึกษาวิจัยต่างๆ ดังนี้ ค่าที่วัดจากภายนอกขณะสุกรมีชีวิตจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะต่างๆ ของซากได้สองลักษณะคือ มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน และความสัมพันธ์ในทางตรงข้าม จากรายงานพบว่า ความหนาไขมันสันหลังจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะต่างๆ ของซากสุกรสูงกว่าลักษณะอื่นๆ ที่วัดจากภายนอกดังที่นักวิจัยพบว่า ความหนาไขมันสันหลังมีสหสัมพันธ์กับพื้นที่เนื้อสัน และพื้นที่เนื้อแดงสะโพก  $-0.442$  และ  $-0.588$  ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์ไขมันจะมีสหสัมพันธ์กับความหนาไขมันที่วัดด้วยบรรทัดโลหะ (prope) ที่ไหล่เป็น  $-0.69$  และ  $+0.76$  ที่กลางหลังเหนือกระดูกสันหลัง  $-0.48$  และ  $+0.53$  ที่กลางหลังเหนือกล้ามเนื้อสันนอก  $-0.70$  และ  $+0.76$  และที่จุดสูงสุดของสะโพก  $-0.65$  และ  $+0.66$  ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ารายงานของนักวิจัยท่านอื่นที่ศึกษาจากสุกรหลายๆ พันธุ์ ทั้งพันธุ์แท้ และพันธุ์ลูกผสม พบว่าความหนาไขมันสันหลังขณะที่มีชีวิตจะมีค่าสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ไขมันเมื่อน้ำหนัก 68.1 และ 102.15 กก. เท่ากับ 0.42 และ 0.54 และมีสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่สะโพกที่น้ำหนักเดียวกันเป็น  $-1.26$  ถึง  $-0.42$  ตามลำดับ ซึ่งนักวิจัยท่านหนึ่งรายงานว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างไขมันหลังกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ  $-0.52$  และเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 0.81

นักวิจัยรายงานว่าความหนาไขมันสันหลังที่ใช้ไม้บรรทัดโลหะวัด 3 ตำแหน่ง เมื่ออายุ 140 วัน จะมีสหสัมพันธ์กับไขมันซาก 0.51 ซึ่งค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลังของซากและค่าเฉลี่ยที่วัดได้ด้วยไม้บรรทัด 6 ตำแหน่ง จะมีสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง  $-0.66$  และ  $-0.57$  กับพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน  $-0.28$  และ  $-0.26$  และกับความยาวซาก  $-0.11$  และ  $-0.33$  ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่ารายงานของนักวิจัยท่านอื่น ซึ่งพบว่า ความหนาไขมันสันหลังวัดด้วยไม้บรรทัดโลหะมีสหสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความยาวซากเท่ากับ  $-0.17$  และ  $-0.13$  ขณะที่ความหนาไขมันสันหลังของซากมีค่าสหสัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าว  $-0.19$  และ  $-0.16$  ตามลำดับ

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ที่วัดจากรายงานภายนอกขณะสุกรมีชีวิตกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง นักวิจัยได้รายงานว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง  $-0.78$

## 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในปี ค.ศ. 1980 ต่อมาบริษัท Phillips และ Siemens ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่าย และได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลเป็นจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน จะต่างกันเพียงขนาดของหน่วยความจำภายในและหน่วยความจำภายนอกเท่านั้น ในการใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม

### 2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
2. หน่วยความจำประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
3. หน่วยความจำโปรแกรมภายใน(Program Memory)ขนาด 4 กิโลไบต์
4. หน่วยความจำข้อมูลภายใน(Data Memory)ขนาด 128 ไบต์
5. อ้า่งตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
6. อ้า่งตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
7. หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพ แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
8. มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต)แยกกันอย่างอิสระ
9. มีวงจรมับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
10. มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 โหมด
11. รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปตอบสนองการทำงานได้ 5 ตำแหน่ง
12. มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน
13. นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

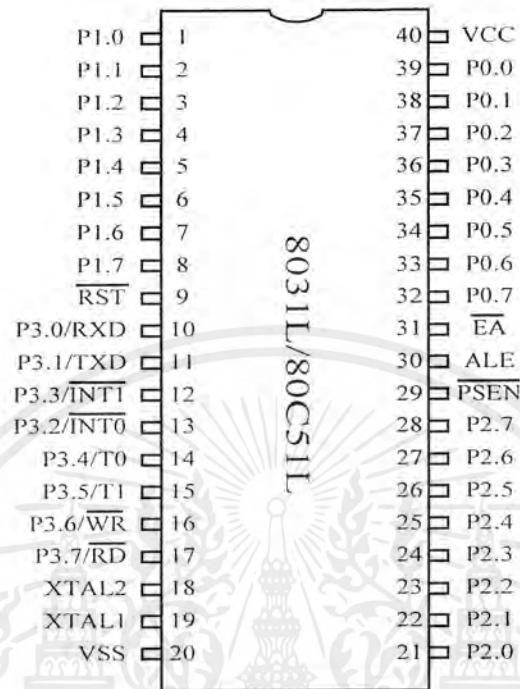
### 2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับผู้เขียน โปรแกรมที่จะเขียน โปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังรูปที่ 2.5 และ 2.6

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1) CPU (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจาก CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อทำให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ใน CPU ยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ, หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

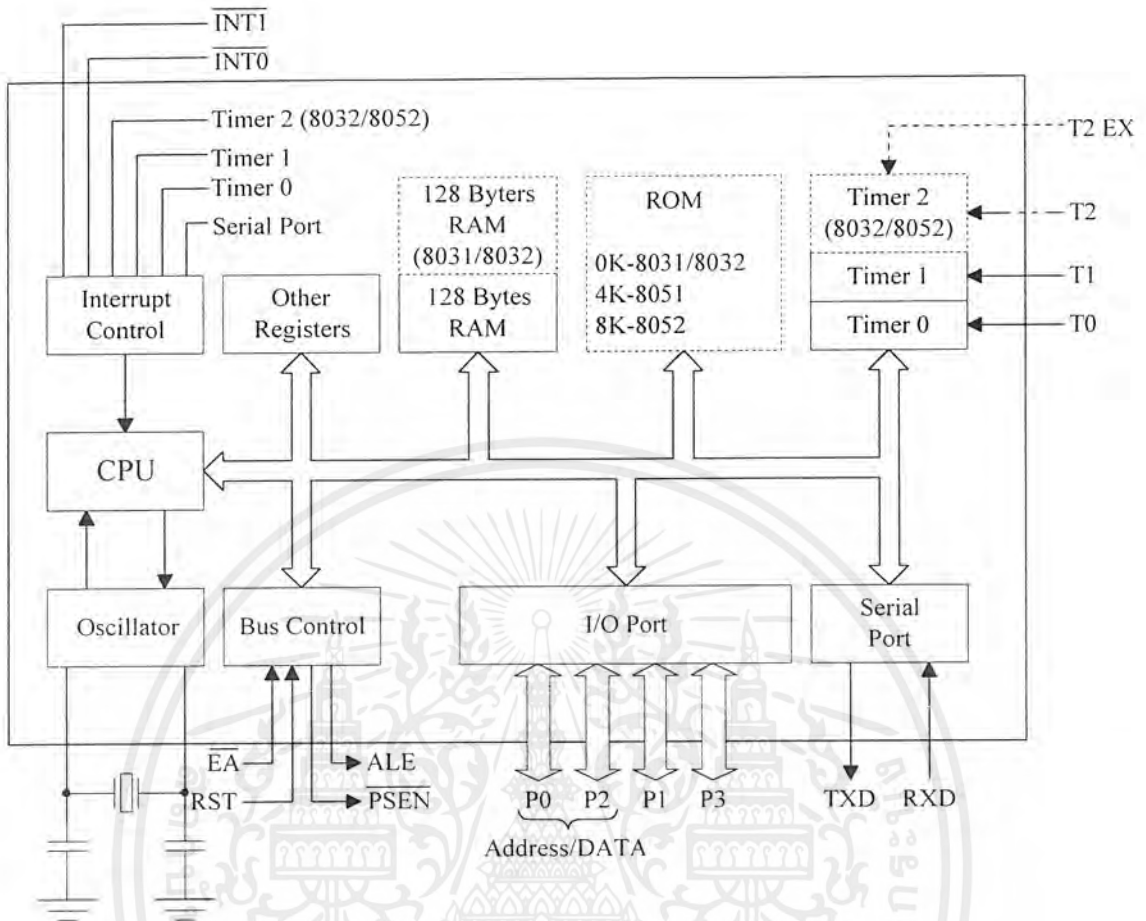


รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8051

2) หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจัดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง  $00000000_2$  หรือ  $11111111_2$  หรือ  $00H$  ถึง  $0FFH$  ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 kBytes) ดังนั้น การอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น ( $2^{16}$  เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่ 4 I/O Port, Timer/Counter 0, Timer/counter 1, Serial Port

3.1) 4 I/O Port หรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0 P1 P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 หน้าที่ก็ได้

3.2) **Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1** เป็นวงจรมีหน้าที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและการอ่านค่าการนับได้โดย CPU

3.3) **Serial Port** หรือพอร์ตอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลจะรับทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบ ทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียน โปรแกรมขึ้นมาควบคุม

### 2.3.3 การทำงานของ 8051

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 1, 2 หรือ 3 Machine Cycle แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 12 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้น แต่ละคำสั่งของ 8051 จะใช้เวลาทำงาน 12, 24 หรือ 36 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกานั้นเอง แต่ Machine Cycle จะถูกแบ่งออกเป็น 6 สภาวะ คือ S1, S2, S3, S4, S5 และ S6 แต่ละสภาวะประกอบด้วย 2 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในไซเคิลแรกจะเรียกว่าเฟส 1 (P1) และไซเคิลที่ 2 เรียกว่าเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟสจะนับตั้งแต่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาล่างของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไป เมื่อ 8051 ทำงานเสร็จ 1 Machine Cycle จะเริ่มทำงาน State 1 Phase 1 (S1P1) ของไซเคิลต่อไปใน 1 Machine Cycle วงจร Timer and Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไซเคิล เพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ

## 2.4 อุปกรณ์ตรวจจับ

ในวงจรมีอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับรู้ความรู้สึกต่างๆ เรียกว่า ตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรมีอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมาย และเอาผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันอย่างดี เช่น สวิตช์กลไก, โฟโตทรานซิสเตอร์, สวิตช์แม่เหล็ก, เซลล์รับแสง, ออปโตคัปเปิลเลอร์, ตัวตรวจจับตำแหน่ง, ตัวตรวจจับแรงดัน, ตัวตรวจจับอุณหภูมิ, ตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรมีอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

### 2.4.1 โฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โดยสภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสง เมื่อทำการนำเอาสารกึ่งตัวนำ มาสร้างเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่งซึ่งถูก ออกแบบขึ้นมาจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสาร สองชนิดของโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดย ทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไป คือ ที่ตัวถัง (Case) ด้านบนของโฟโตทรานซิสเตอร์ จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ P-N โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลือบไมก้า (Clear Mica) หรือควอตซ์เลนซ์ (Quartz Lens) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

#### วงจรมุมมูลและการทำงาน

วงจรมุมมูลของโฟโตทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.7 ซึ่งก็คือการนำทรานซิสเตอร์มาต่อร่วมกับ โฟโตไดโอด โดยตัวโฟโตไดโอดจะเป็นตัวควบคุมการจ่ายแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อ เกิดแสงมาตกกระทบที่ตัวโฟโตไดโอด จะทำให้เกิดแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ก่อให้เกิด กระแสเบสขึ้น ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในที่สุด

ตามปกติการคำนวณหาค่าของกระแสอิมิตเตอร์จะใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$I_E = I_B \cdot (h_{FE} + 1) \quad (2.4)$$

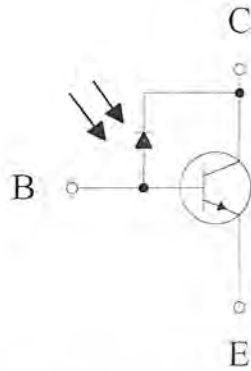
แต่ในกรณีของโฟโตทรานซิสเตอร์ และเนื่องจากที่ขาเบส และคอลเลกเตอร์มีโฟโตไดโอด ต่อคร่อมอยู่ ดังนั้นเมื่อโฟโตทรานซิสเตอร์ทำงานกระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโตไดโอดต้องพิจารณา เป็นกระแสไหลเข้าร่วมกับกระแสเบสจะทำให้สมการของกระแสที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโต ทรานซิสเตอร์จึงกลายเป็น

$$I_E = (I_p + I_B) \cdot (h_{FE} + 1) \quad (2.5)$$

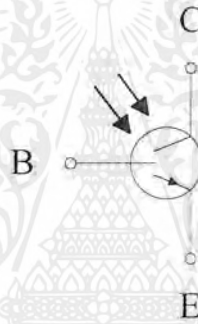
โดยที่  $h_{FE}$  คือ อัตราการขยายกระแสของตัวโฟโตทรานซิสเตอร์

$I_p$  คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโตไดโอด

$I_B$  คือ กระแสเบสของโฟโตทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของโฟลต์ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของโฟลต์ทรานซิสเตอร์

สำหรับเครื่องหมายบวกและลบของ  $I_B$  ในสมการเป็นตัวบ่งบอกถึงชนิดของทรานซิสเตอร์ หากเป็นโฟลต์ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นค่าของ  $I_B$  จะเป็นบวก แต่ถ้าเป็นชนิดพีเอ็นพีค่าของ  $I_B$  จะเป็นลบ

สำหรับความต้านทานด้านไฟฟ้ากระแสสลับของส่วนรับของโฟลต์ทรานซิสเตอร์จะมีค่าเท่ากับ  $R_m \times h_{FE}$  ในสถานะที่โฟลต์ทรานซิสเตอร์ยังไม่ทำงานค่าความต้านทานภายใน ( $R_m$ ) ของโฟลต์ทรานซิสเตอร์จะสูงมาก เนื่องจากการที่โฟลต์ไดโอดภายในโฟลต์ทรานซิสเตอร์ถูกไบอัสกลับไว้ ทำให้เกิดค่าความต้านทานสูงมากขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานอินพุตนี้เองจะเป็นตัวที่กำหนดความเร็วในการทำงานของตัวโฟลต์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้น หากต้องการนำโฟลต์ทรานซิสเตอร์ไปใช้งานที่มีการสวิทช์ความเร็วสูงต้องพิจารณาถึงพารามิเตอร์ตัวนี้ด้วย สำหรับสัญลักษณ์ของโฟลต์ทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญคือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นภายในตัว-  
โฟโตทรานซิสเตอร์ในขณะที่ยังไม่ทำงาน นั่นคือ กระแสรั่วไหลระหว่างขาคอลเล็กเตอร์ และ  
อิมิตเตอร์ซึ่งจะเกิดขึ้นในขณะที่โฟโตทรานซิสเตอร์ยังไม่มีแสงมาตกกระทบให้ตัวมันทำงาน หรือ  
 $I_{CEO(dark)}$  ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{CEO(dark)} = h_{FE} \times I_{CBO} \quad (2.6)$$

โดยที่  $I_{CBO}$  คือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่ขาคอลเล็กเตอร์และเบส ซึ่งก็คือกระแสรั่วไหลของ  
ตัวโฟโตไดโอดนั่นเอง ปกติในโฟโตทรานซิสเตอร์ทั่วๆ ไปค่าของกระแสรั่วไหลนี้จะต่ำมากๆ อยู่  
ระหว่าง 4 ถึง 8 ไมโครแอมป์ที่อุณหภูมิห้อง

#### 2.4.2 อินฟราเรด แอลอีดี (Infrared LED)

อินฟราเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟราเรด เมื่อตัวมันนำกระแส  
อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานจากโฟตรอน การเกิดพลังงาน  
ดังกล่าวเป็นไปในทันที ที่มีกระแสไหลผ่าน

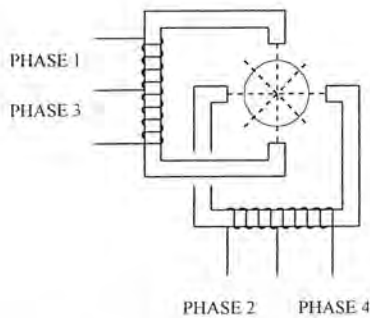
อินฟราเรด แอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟราเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่นดังนี้ คือ  
อินฟราเรดอีดี ที่สร้างจากสารแกเลียมอาเซไนด์ (Gallium Arsenide:GaAs) จะให้ความยาวคลื่น  
ประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟราเรดอีดีที่สามารถสร้างจากสารอีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า  
แกเลียมอลูมิเนียมอาเซไนด์ (Gallium Aluminum Arsenide : GaAlAs) ซึ่งจะกำเนิดแสงอินฟราเรดที่  
มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

### 2.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ ถือ ว่าเป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่งซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโคร  
คอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ จะเคลื่อนที่เป็นสเต็ป ซึ่งอาจเป็นสเต็ปละ  
1.8, 5, 7.5 องศา แล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะใช้ในงานควบคุม  
ระบบดิจิทัล เช่น Printer, X-Y Plotter, Disk drive ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม  
หรือเครื่องมือและระบบควบคุมอื่นๆ

สเต็ปเปอร์มอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. โรเตอร์(Rotor)เป็นส่วนที่หมุนได้ จะเป็นแม่เหล็กถาวรและอื่นๆ
2. สเตเตอร์(Stator)เป็นส่วนที่อยู่กับที่ จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.9 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพลาร์เพอร์มาเนนต์แม็กเนต

### ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สามารถแบ่งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ตามพื้นฐานได้ 4 ชนิด

1) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable reluctance หรือ VR) สเต็ปเปอร์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ เมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง จะทำให้ความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดี สามารถทดสอบเพื่อให้ทราบว่าเป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้ได้ง่ายมากโดยใช้มือหมุนที่เพลลาของมอเตอร์ ซึ่งจะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (Magnetism) จะทำให้หมุนได้โดยไม่ติดขัด แตกต่างจากชนิดอื่น คือ เมื่อทำการหมุนจะรู้สึกขั้ๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง

2) ชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนต (Permanent magnet หรือ PM) สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดี คือ มีความถูกต้องของตำแหน่งเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

3) ชนิดไฮบริด (Hybrid) เป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดในเครื่องคอมพิวเตอร์ สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดนี้มีโครงสร้างภายในคือสเตเตอร์เป็นชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ ส่วนโรเตอร์เป็นชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนตนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงบิดสูง มีแรงบิดและผลักดี และยังคงทำงานได้ดีแม้จะมีจำนวนสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

4) ชนิดแรร์เอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเนต (Rare earth permanent magnet) หรือที่เรียกกันว่า ชนิดดิสก์แม็กเนตสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Disk magnet steppers) การทำงานจะเป็นแบบเดิม แต่โครงสร้างเป็นแบบใหม่ จะทำให้เกิดความถี่ต่ำมาก มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งในด้านแรงบิดดี ก้ำงทางกลที่ได้ของมอเตอร์ ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมากและความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งมีการสูญเสียของกำลังงานต่ำ

## 2.6 ออปแอมป์

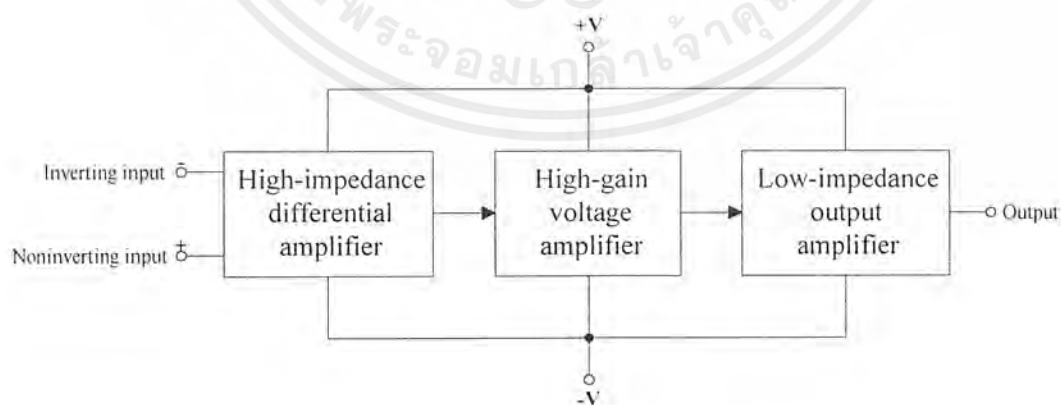
ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และ ยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อกับกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่นำมาบรรจุไว้ในภาชนะขึ้นเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะทำให้มีขนาดใหญ่มากแล้ว ยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ในปัจจุบัน เราสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปแบบของวงจรรวม (IC) ได้ตามท้องตลาด และจากคุณสมบัติ IC ออปแอมป์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

### 2.6.1 คุณสมบัติทั่วไป

โดยทั่วไปแล้ว เราสามารถกล่าวได้ว่า ไอซีออปแอมป์ คือ อุปกรณ์โซลิดสเตต (Solid State) ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจวัดระดับสัญญาณไปตรง และไฟกลับได้ และยังสามารถนำไปใช้ขยายสัญญาณได้อีกด้วย ไอซีออปแอมป์พื้นฐานจะต้องประกอบด้วยวงจรภายในภาคต่างๆ ดังนี้ คือ

- 1) ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หรือวงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier) ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก
- 2) วงจรขยายแรงดันซึ่งมีอัตราขยายสูงมาก
- 3) วงจรขยายภาคเอาต์พุตที่มีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำมาก

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่กล่าวมา ทำให้เราสามารถสรุปคุณสมบัติที่สำคัญบางประการของออปแอมป์ในอุดมคติ ดังนี้



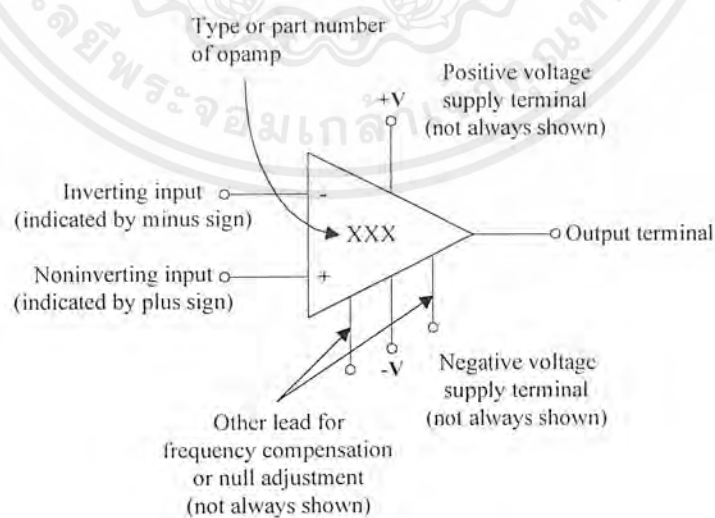
รูปที่ 2.10 แผนผังการทำงานของวงจรภายในภาคต่างๆ ของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์ กระแสเข้าที่อินพุตจะต่ำจนเกือบเท่ากับศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่ง ไม่มีกระแสอินพุตเข้าสู่ออปแอมป์เลย
- 2) อัตราขยายขณะเปิดลูป A (ขณะที่ยังไม่มีการป้อนกลับ) จะมีค่าสูงมาก ซึ่งหมายความว่าแรงดันระหว่างขั้วอินพุตควรมีค่าใกล้ศูนย์ (เนื่องจาก  $\frac{V_{out}}{A} = V_{in}$ )
- 3) เอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำตัวเป็นโหลดต่อภาคเอาต์พุตของวงจรขยาย ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์มีลักษณะต่างกันดังนี้ คือ สำหรับขั้วลบ เมื่อป้อนไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไป ในขณะที่ขั้วบวกต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง สัญญาณที่ออกมาที่เอาต์พุตจะกลับเฟสกับอินพุต 180 องศา ส่วนการป้อนสัญญาณที่ขั้วบวก เอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับอินพุต ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเครื่องหมายที่อินพุต คือ การแสดงเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต ส่วนขั้วสำหรับปรับออฟเซต หรือชดเชยความถี่นั้น โดยมากมักจะ ไม่ถูกแสดงในวงจรทั่วไป

### 2.6.2 ลักษณะการทำงาน

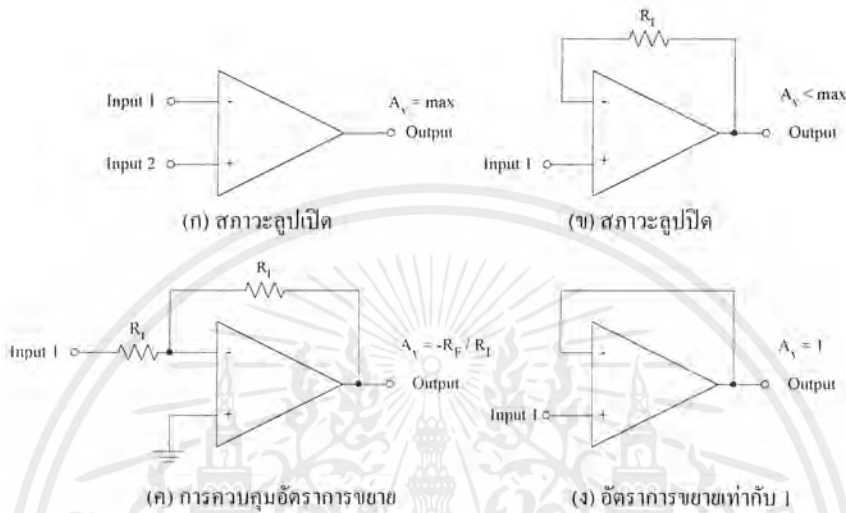
ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีอัตราขยายเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติ อัตราขยายอาจมีค่าสูงสุดเพียง 10,000 หรือ 1,000,000 เท่านั้น ซึ่งเรียกว่า อัตราขยายขณะเปิดลูป ( $A_v$ ) ดังรูป 2.12-ก ในขณะที่เกิดความแตกต่างของแรงดันเพียงเล็กน้อยระหว่างขั้วอินพุตทั้งสอง เอาต์พุตจะสามารถให้สัญญาณสูงขึ้นหลายเท่า (ตามค่าของอัตราขยาย  $A_v$ ) หากแต่จะถูกจำกัดด้วยขนาดของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงที่เราป้อนให้แก่ออปแอมป์ด้วย แต่ถึงขั้นนี้ก็ดี เอาต์พุตก็จะไม่สามารถมีค่าสูงสุดเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้จริง ทำให้แรงดันเอาต์พุตสูงสุดอาจมีค่าประมาณ 90 % ของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเท่านั้น



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ทั่วไปของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติข้างต้น เราสามารถนำออปแอมป์ในขณะเปิดลูปไปใช้งานเป็นคอมพาราเตอร์ (Comparator) หรือวงจรเปรียบเทียบแรงดันได้ โดยเอาต์พุตจะเปลี่ยนทันทีเมื่อมีความแตกต่างของแรงดันเกิดขึ้นระหว่างขั้วอินพุตของออปแอมป์



รูปที่ 2.12 ลักษณะการต่อออปแอมป์แบบต่างๆ

แต่ทว่า การทำงานของออปแอมป์ยังไม่สิ้นสุดเพียงเท่านั้น นอกจากนี้จะพบว่าการใช้ ออปแอมป์ในลักษณะของลูปเปิด (มีการป้อนกลับ) จะทำให้ออปแอมป์มีประโยชน์สูงมากขึ้น ดัง รูป 2.12-ข การป้อนกลับในรูปใช้ตัวความต้านทาน  $R_f$  เพียงตัวเดียว ซึ่งมีผลให้วงจรมีเสถียรภาพสูง ขึ้น และมีสัญญาณรบกวนน้อยลง ในขณะเดียวกัน อัตราขยายแรงดันจะลดลงด้วย

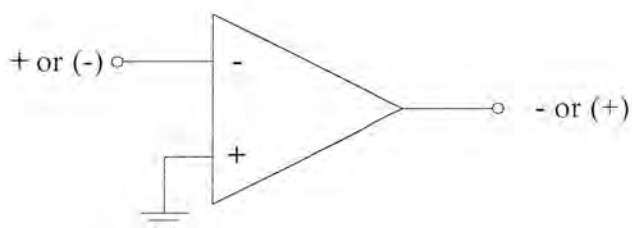
วงจรในรูป 2.12 - ค แสดงการใช้ออปแอมป์โดยมีการป้อนสัญญาณเอาต์พุตกลับมายัง อินพุตนอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอัตราขยายแรงดัน (ในขณะลูปเปิด) ได้โดยอาศัยตัวความต้านทาน 2 ตัวเท่านั้นทำให้อัตราขยายแรงดัน  $A_v$  มีค่าดังสมการ

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} \tag{2.7}$$

โดยที่เครื่องหมายลบแสดงถึงการกลับเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต ส่วนวงจรในรูป 2.12-ง แสดงการป้อนกลับในกรณีที่มี  $A_v = 1$  คุณสมบัติที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ คือ คุณสมบัติทั่วไป ของออปแอมป์ที่จะนำไปใช้ในบทต่อไป และนอกจากนี้ คุณสมบัติอีกประการที่ควรศึกษาคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์ ซึ่งสรุปไว้แล้วในรูปที่ 2.20



1. ถ้าขั้ว - มีศักดาเป็นบวกสูงกว่าขั้ว +, เอาต์พุตเป็น -
2. ถ้าขั้ว - มีศักดาเป็นบวกต่ำกว่าขั้ว +, เอาต์พุตเป็น +

รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของขั้วต่างๆ ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของออปแอมป์

### 2.6.3 คุณสมบัติและพารามิเตอร์บางชนิดของออปแอมป์

#### 1) อินพุตอิมพีแดนซ์

ในทางอุดมคติควรมีค่าเท่ากับอนันต์ แต่ในความเป็นจริง อินพุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 1 เมกกะโอห์ม ( $1 \times 10^6$  โอห์ม) ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์นี้ยังมีค่ามากขึ้นเท่าใด ออปแอมป์ตัวนั้นก็ทำงานได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ เมื่อนำออปแอมป์ไปใช้ในย่านความถี่สูง ควรระวังผลจากอินพุตคาปาซิแตนซ์ของวงจรด้วยซึ่งมักมีค่าประมาณ 2 พิโกฟารัด ( $2 \times 10^{-12}$  ฟารัด) เมื่อขั้วอินพุตขั้วหนึ่งต่อกับกราวด์

#### 2) เอาต์พุตอิมพีแดนซ์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ออปแอมป์ในอุดมคติจะมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์แต่ในความเป็นจริง ค่านี้อาจมีได้ตั้งแต่ 25 ถึงหลายพัน โอห์มขึ้นไป แต่อย่างไรก็ตามเรามักสมมติให้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ในวงจรมีค่าเป็นศูนย์ เพื่อง่ายต่อการคำนวณและวิเคราะห์

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง และมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ ออปแอมป์จึงเปรียบเสมือนเป็นอุปกรณ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมพีแดนซ์แมทชิง (Impedance Matching) ที่ดีตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) กระแสไบอัสด้านอินพุต

เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ไม่เป็นอนันต์ ดังนั้นจึงมีกระแสค่าน้อยๆ (มีหน่วยเป็น นาโน ( $10^{-9}$ ) ถึงไมโคร ( $10^{-6}$ ) แอมแปร์) ไหลผ่านขั้วอินพุตทั้งสอง ซึ่งค่าเฉลี่ยของกระแสดังกล่าวถูกเรียกว่าเป็น “กระแสไบอัสด้านอินพุต” กระแสจะก่อให้เกิดความไม่สมดุลในวงจรภายใน ซึ่งจะเป็นผลกระทบต่อภาคเอาต์พุตด้วย ดังนั้น กระแสนี้ควรถูกจำกัดให้มีค่าต่ำสุด (อาจทำได้โดยการใช้ออปแอมป์ที่มีอินพุตเป็น FET)

### 4) แรงดันออฟเซ็ท (Offset) ที่เอาต์พุต

แรงดันออฟเซ็ทที่เอาต์พุตเกิดขึ้นจากกระแสไบอัสด้านอินพุต ซึ่งในทางอุดมคติ เมื่อแรงดันอินพุตระหว่างขั้วทั้งสองมีค่าเท่ากัน แรงดันเอาต์พุตควรเป็นศูนย์ แต่โดยทั่วไปมักไม่เป็นเช่นนั้น คือ มักมีแรงค่านึงปรากฏที่เอาต์พุตขณะที่อินพุตเป็นศูนย์ ซึ่งเราสามารถแก้ไขได้โดย การป้อนแรงดันหรือกระแสออฟเซ็ทที่อินพุต แล้วปรับจนได้  $V_{out} = 0$  โวลต์

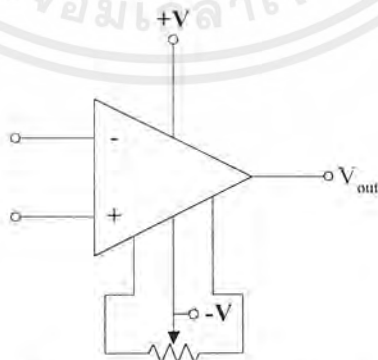
### 5) กระแสออฟเซ็ทที่อินพุต

ในการปรับแรงดันออฟเซ็ทที่เอาต์พุตให้มีค่าเป็นศูนย์ กระแสอินพุตทั้งสองขั้วควรมีค่าเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติ จะพบว่า เราต้องจ่ายกระแสให้แก่อินพุตขั้วหนึ่งมากกว่าอีกขั้วหนึ่งเสมอ เพื่อให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งกระแสออฟเซ็ทนี้อาจมีค่าประมาณ 20 มิลลิแอมป์

### 6) แรงดันออฟเซ็ทที่อินพุต

ในอุดมคติ แรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับศูนย์ก็ต่อเมื่อแรงดันระหว่างขั้วอินพุตมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน แต่ในทางปฏิบัติ ความไม่สมดุลในวงจรมักทำให้เราต้องป้อนแรงดันค่านึงแก่อินพุตใดๆ เสมอ เพื่อให้แรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์

### 7) การปรับออฟเซ็ทให้เป็นศูนย์ (Offset Nulling)



Offset-voltage adjusting resistor

รูปที่ 2.14 วงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่ออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปรับแรงดันเอาต์พุตให้เป็นศูนย์ หรือ การปรับแรงดันออฟเซ็ทที่อินพุตให้เป็นศูนย์นั้น เราอาจใช้ขั้ว Offset Nulling ที่ผู้ผลิตได้เตรียมไว้ให้แล้ว โดยให้ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์เบอร์นั้นๆ รูปที่ 2.14 แสดงวงจรที่ใช้ในการตั้งค่าศูนย์ให้แก่อปแอมป์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

7.1) ตรวจสอบวงจรให้เรียบร้อยและเช็คอุปกรณ์ที่ต้องนำมาต่อ

7.2) ลดระดับสัญญาณอินพุตจนเหลือศูนย์ ถ้ามีความต้านต่ออนุกรมกับอินพุตอยู่ ให้ตรวจสอบดังนี้

7.2.1) ถ้าตัวความต้านทานนั้นมีค่าสูงกว่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตตั้งแต่ 1% ขึ้นไป ปลดตัวความต้านทานไว้เช่นเดิม

7.2.2) หากตัวความต้านทานดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับให้นำแหล่งกำเนิดสัญญาณอินพุตนั้นออก แล้วต่อตัวความต้านทานที่มีขนาดเท่ากับอินพุตอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิดอินพุตเข้าแทน

7.2.3) ต่อโหนดเข้ายังขั้วเอาต์พุต

7.2.4) ป้อนไฟตรงให้กับวงจร

7.2.5) วัดแรงดันเอาต์ด้วย โวลต์มิเตอร์ หรือ ออสซิลโลสโคป (แรงดันเอาต์พุตอาจมีค่าต่ำเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ ดังนั้นควรใช้อุปกรณ์สำหรับวัดที่เหมาะสม)

7.2.6) ปรับตัวความต้านทานชนิดปรับค่าได้จน  $V_{out}$  มีค่าเป็นศูนย์

7.2.7) ถอดอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป แล้วต่อวงจรดังเดิม แต่ห้ามแตะต้องตัวความต้านทานปรับค่าได้

## 8) ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่ออุปกรณ์โซลิตสเตรททุกชนิด รวมทั้งอปแอมป์ ดังนั้น ผลกระทบจากอุณหภูมิจะทำให้กระแสและแรงดันออฟเซ็ทเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเราเรียกการเปลี่ยนแปลงอันเกิดขึ้นจากอุณหภูมิตั้งแต่ “ครีฟ” ดังนั้นในขณะที่ทำงาน ควรตรวจสอบด้วยว่าอปแอมป์จะมีเปอร์เซ็นต์การผิดพลาดมากน้อยเพียงใด หากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

## 9) การชดเชยความถี่

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอปแอมป์ที่ใช้ย่านความถี่สูงก็คือ การออสซิลเลท (Oscillation) ซึ่งเกิดจากอัตราขยายที่มีค่าค่อนข้างสูงของอปแอมป์เอง และยังเกิดจากการเลื่อนเฟส (Phase Shift) ณ จุดต่างๆ ภายในวงจร เป็นผลให้เราไม่สามารถควบคุมอัตราขยายของสัญญาณป้อนกลับได้ วิธีแก้ปัญหาคือ ต่อตัวเก็บประจุชดเชยให้แก่วงจร ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของอปแอมป์มีขนาดลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น

10) อัตราสลิว (Slew Rate)

อัตราสลิว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตเทียบกับเวลา ดังสมการ

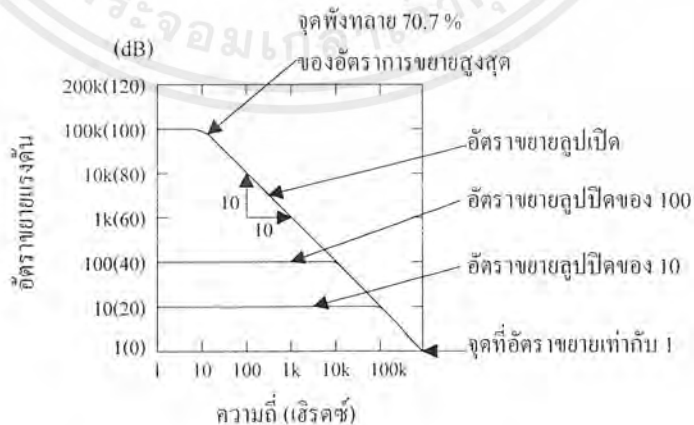
$$\text{อัตราสลิว} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงสูงสุดของแรงดันเอาต์พุตสูงสุด}}{\text{การเปลี่ยนแปลงเวลา}} \tag{2.8}$$

$$= \frac{\Delta V_{out}(\max)}{\Delta t} \tag{2.9}$$

11) การตอบสนองความถี่

อัตราขยายของออปแอมป์จะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.15 จะพบว่า อัตราขยายที่ผู้ผลิตแสดงไว้ในดาต้าชีท (Data Sheet) จะมีอัตราขยายที่ความถี่ 0 เฮิรตซ์ หรือไฟตรง (ซึ่งแสดงให้เห็นความถี่สูงสุดของออปแอมป์) ในการทำงานแบบลูปเปิด จะเห็นได้ว่า วงจรมีเสถียรภาพต่ำมาก นั่นคือ เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นสิบเท่า อัตราขยายจะลดลง 10 เท่าทันที

โดยทั่วไป แบนด์วิดธ์ของวงจรมักจะหมายถึงช่วงความถี่ที่อัตราขยายมีค่า 70.7 % ของอัตราขยายสูงสุด จากตัวอย่างในรูป แบนด์วิดธ์ของออปแอมป์ขณะเปิดลูป จะมีค่าประมาณ 10 เฮิรตซ์ ดังนั้น หากต้องการให้วงจรที่ออกแบบขึ้นสามารถทำงานได้ที่ความถี่อินพุตสูงๆ จะต้องป้อนสัญญาณจากเอาต์พุตกลับมายังอินพุต (การป้อนกลับแบบลบ) ซึ่งจะทำให้อัตราขยายของลูปปิดลดลง แต่ในขณะเดียวกัน ความถี่ที่อัตราขยายเท่ากับ 70.7 % ของอัตราขยายสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราเท่ากัน ส่วนจุดที่มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (Unity-Gain Point) จะแสดงความถี่สูงสุดของออปแอมป์เมื่ออัตราขยายมีค่าเป็นค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.15 การตอบสนองต่อความถี่ของออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 12) ผลคูณของอัตราขยายและแบนด์วิดท์

จากที่ได้อธิบายมาในหัวข้อที่แล้วว่า เมื่ออัตราขยายลดลงเท่าใด ความถี่ก็จะสูงขึ้นด้วย จำนวนเท่าของค่านั่นด้วย ซึ่งแสดงว่า ผลคูณระหว่างอัตราขยายและแบนด์วิดท์จะมีค่าคงที่เสมอไป และเราสามารถหาค่านั่นได้จากจุดซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง (ค่านี้จะหาได้จากคาตาต้าซีท) ผลคูณนี้มีประโยชน์อย่างมากในการประมาณค่าความถี่สูงสุดที่วงจรทำงานได้

## 13) อัตราการลดสัญญาณชนิดคอมมอนโหมด (CMRR)

COMMON-MODE REJECTION RATIO เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของออปแอมป์ที่ได้มาจากภาคอินพุตที่เป็นดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ หมายความว่า หากสัญญาณที่เข้ามายังขั้วอินพุตทั้งสองมีเฟสตรงกัน และยังมีขนาดเท่ากัน (สัญญาณแบบนี้เรียกว่าอยู่ในคอมมอน โหมด) สัญญาณทั้งสองนี้จะถูกจำกัดทิ้งไป ดังนั้น เอาต์พุตจะเป็นศูนย์ ส่วนสัญญาณที่มีขนาดต่างกันและมีเฟสต่างกันจะเรียกว่าอยู่ในดิฟเฟอเรนเชียลโหมด

## 14) หน่วยเดซิเบล (dB)

การคำนวณอัตราขยายของวงจรใดๆ สามารถหาได้จากสมการ

$$A_v = \frac{X_{om}}{X_m} \quad (2.10)$$

โดยที่ X อาจเป็นแรงดัน หรือกระแสก็ได้ และโดยทั่วไปนิยมหาอัตราขยายจากสมการ

$$dB = 20 \log A_v \quad (2.11)$$

## 2.6.4 ค่าใช้งานต่างๆ ที่ควรเข้าใจ

การนำไอซีออปแอมป์ไปใช้งานผู้ใช้ควรศึกษาคาตาต้าซีทของบริษัทผู้ผลิตให้ละเอียดเสียก่อนเพื่อป้องกันออปแอมป์ชำรุด หรือ เสียหาย ค่าต่างๆ ที่ควรรู้ได้แก่

- 1) แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง  $\pm V$  (Supply Voltage)
- 2) กำลังที่สูญเสียในตัวไอซี (Power Dissipation) ซึ่งแสดงกำลังสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถปลดปล่อยออกมาโดยที่อุณหภูมิไม่สูง จนทำให้ไอซีพัง
- 3) แรงดันสูงสุดระหว่างขั้วอินพุต (Differential Input Voltage)
- 4) แรงดันสูงสุดที่อินพุตแต่ละขั้ว (Input Voltage)
- 5) ความสามารถในการทนภาวะลัดวงจรที่เอาต์พุต (Output short-circuit Duration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

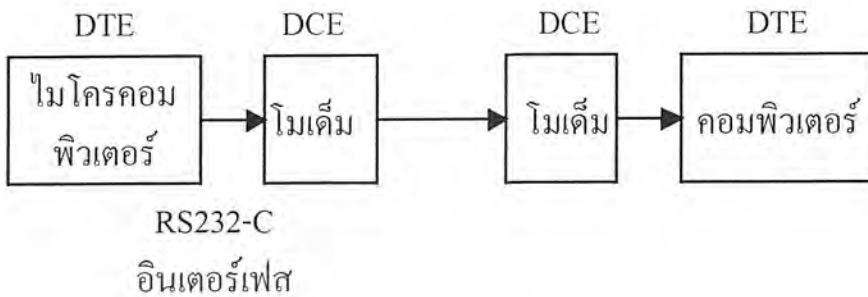
- 6) อุณหภูมิที่ใช้งาน (Operating Temperature)
- 7) อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์ (Storage-Temperature)
- 8) อุณหภูมิของขาอุปกรณ์ (Lead Temperature) แสดงอุณหภูมิที่ไอซีสามารถทนได้ในขณะที่ถูกปิดกรี

## 2.7 มาตรฐาน RS232-C

โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นแบบอนุกรมอยู่ในตัวเครื่อง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า RS232-C เครื่องหลายเครื่องที่ไม่มีพอร์ตมากับเครื่อง อย่างเช่น IBM PC จำเป็นจะต้องมีการ์ดที่เรียกว่า อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ (Asynchronous Communication Adapter) มาเสียบใส่เพื่อนำไปใช้ในการสื่อสารข้อมูล

พอร์ต RS232C นี้ทำหน้าที่ในการรับและการส่งข้อมูลในแบบอนุกรม เรียกว่า ยูนิเวอร์ซอลอะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ (universal asynchronous adapter) สาเหตุที่ทำให้มีชื่อเรียกว่า RS232-C เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมขึ้นมาซึ่งคำว่า RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานนี้ และ C เป็นหมายเลขของฉบับสุดท้ายของมาตรฐานนี้ และจุดประสงค์หลักของมาตรฐานตัวนี้เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DTE) กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล (DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ และ DCE หมายถึง โมเด็ม, อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE และ DCE เห็นได้จากรูปที่ 2.16 จากรูปเห็นได้ว่า RS232-C มีส่วนสำคัญสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์

ความจริงที่ควรทราบอีกประการหนึ่งของ RS232-C คือ ความเร็ว และระยะทางในการเชื่อมต่อของ RS232-C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอด และความยาวของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณตามมาตรฐานของ RS232-C มีค่าจำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารของไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก



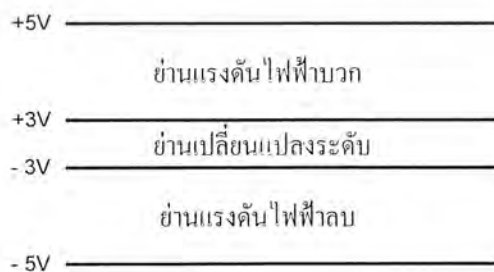
รูปที่ 2.16 การใช้ RS232-C เชื่อมต่ออุปกรณ์

### 2.7.1 ลักษณะของสัญญาณ RS232-C

เพื่อเป็นการรับรองว่าข้อมูลถูกส่งออกไป และอุปกรณ์ที่ควบคุมถูกต้อง จึงจำเป็นต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS232-C จึงต้องมีการกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ที่กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.17

ตารางที่ 2.2 การกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ

| มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า |            |                |                     |
|-----------------------------|------------|----------------|---------------------|
| แรงดันไฟฟ้า                 | สภาวะลอจิก | สภาวะของสัญญาณ | ฟังก์ชันในการควบคุม |
| บวก                         | 0          | SPACE          | ON                  |
| ลบ                          | 1          | MARK           | OFF                 |



รูปที่ 2.17 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่อง อาจใช้สัญญาณลอจิกออกมาเป็นสัญญาณของ RS232-C อย่างเช่น อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ของ IBM PC ในกรณีระยะทางของสายที่เชื่อมต่อ อาจจะต้องใช้ได้สั้นกว่า 50 ฟุต เนื่องจากระดับของกราวด์เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการสูญเสีย ความต้านทานไปในสาย

## 2.7.2 การกำหนดจุดเชื่อมต่อของ RS232-C

ในทางฟิสิกส์แล้ว มาตรฐานของ RS232-C กำหนดเชื่อมต่อเป็นแบบ DB-25 แต่ละขาของ ขั้วต่อได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตไมโครคอมพิวเตอร์อาจใช้ขั้วต่อ ชนิดอื่นนอกเหนือไปจาก DB-25 ยกตัวอย่างเช่น Fujitsu F-8 IBM Jr เป็นต้น ตัวเมียของขั้วต่อ ควรจะอยู่ที่ตัวโมเด็ม ขณะที่ตัวผู้ควรอยู่ที่อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์หรือที่ตัวไมโครคอมพิวเตอร์ สัญญาณต่าง ๆ ถูกมอบหมายให้ทำหน้าที่ ดังนี้

1) **Transmit Data (TD ขาที่ 2)** เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็ม หรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานภาพของลอจิกที่ขาที่มีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่ากับสตีอปิท

2) **Receive Data (RD ขาที่ 3)** เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาขาที่มีสถานภาพทางลอจิกเป็น "1"

3) **Request To Send (RTS ขาที่ 4)** ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทางขา 2 สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS หรือ Clear to Send อุปกรณ์รับ หากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับ จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

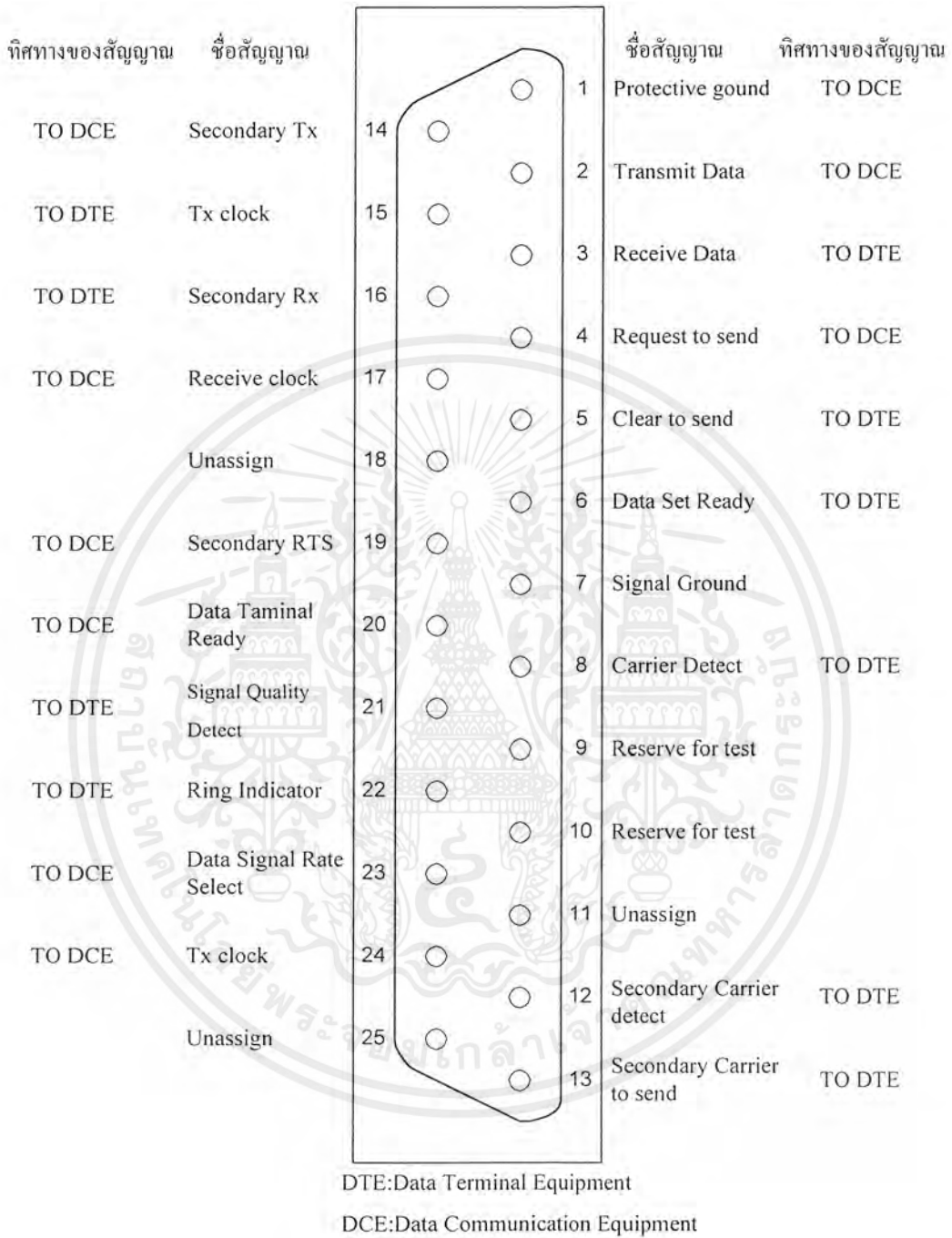
4) **Clear To Send (CTS ขาที่ 5)** ดังอธิบายไว้ใน RTS เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะออฟ (Negative Voltage หรือลอจิก "1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

5) **Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)** เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสถานะออนหรือลอจิก "0" เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่งได้แล้ว โมเด็มที่มีการหมุนหมายเลขอัตโนมัติจะส่งสัญญาณสายนี้ไปบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้สำเร็จแล้ว

6) **Signal Ground (SG ขาที่ 7)** SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

7) **Carrier Detect (CD ขาที่ 8)** โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะออนหรือลอจิก "0" ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัทม์ของโมเด็มเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การกำหนดขาของขั้วต่อ RS232-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะโดยย่อของสัญญาณ RS232-C

| คุณลักษณะทางไฟฟ้า                       |                            |
|---|----------------------------|
| Driver output logic levels with         | 15V > 0 > 5V               |
| 3k to 7k load                           | -5V > 0 > -15V             |
| Driver output voltage when open circuit | $V_o < 25V$                |
| Driver output impedance with Power off  | $R_o > 300 \text{ Ohm}$    |
| Output Short circuit                    | $I_o < 0.5A$               |
| Driver slew rate                        | $Dv/dt < 30V/s$            |
| Receiver input impedance                | $7k > R_{in} > 3k$         |
| Receiver input voltage                  | +15 compatible with driver |
| Receiver output with open circuit input | MARK                       |
| Receiver output with +3V input          | SPACE                      |
| Receiver output with -3V input          | MARK                       |
| +15                                     | LOGIC 0 = SPACE            |
| +5                                      | CONTROL ON                 |
| +5                                      | Noise Margin               |
| +3                                      |                            |
| +3                                      | Transition Region          |
| -3                                      |                            |
| -3                                      | Noise Margin               |
| -5                                      |                            |
| -5                                      | LOGIC 1 = MARK             |
| -15                                     | CONTROL OFF                |

8) **Data Terminal Ready (DTR** ขาที่ 20) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณสายนี้ให้ออนหรือลอค จิก "0" เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม โมเด็มส่วนมากจะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง (CD, DSR และ CTS) ให้คอมพิวเตอร์รู้หากคอมพิวเตอร์ไม่เป็นสัญญาณ DTR

9) **Ring Indicator (RI** ขาที่ 22) สัญญาณนี้ใช้ในโมเด็มที่เป็นระบบตอบได้อัตโนมัติ (Autoanswer) สัญญาณนี้จะออกเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งมา และออประหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

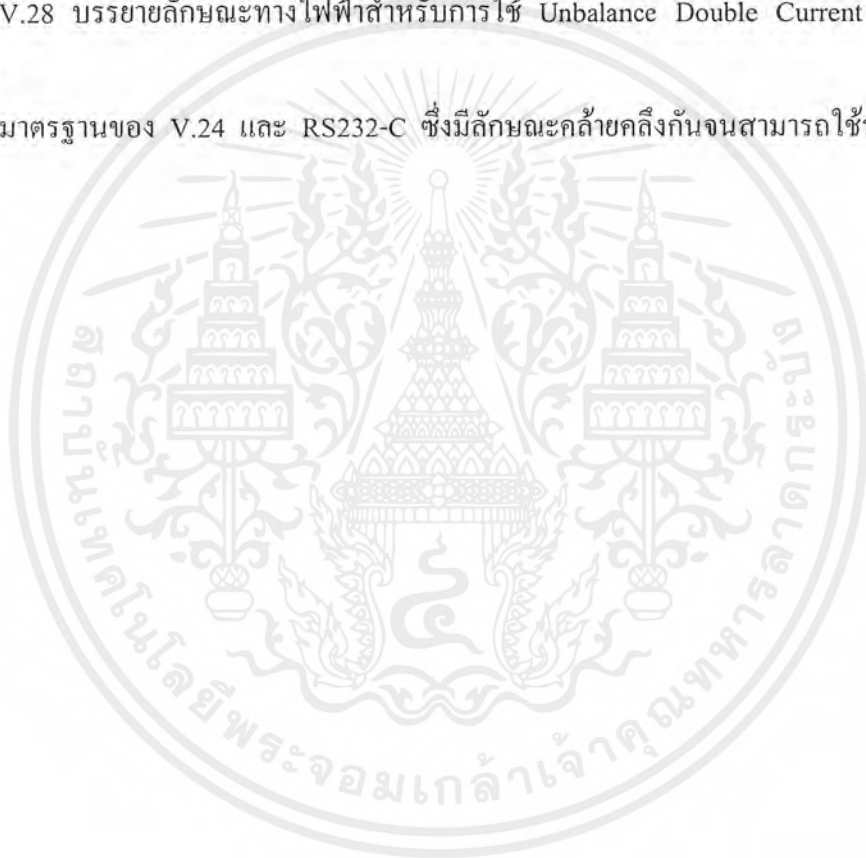
### 2.7.3 มาตรฐาน RS232-C กับ V.24

ได้กล่าวถึงมาตรฐานตามสมาคมผู้ผลิตอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐอเมริกา หรือ RS232-C มาบ้างแล้ว สหประชาชาติและกลุ่มของ CCITT (Comite Consultant International Telephonique Telegraphique) ได้มีมาตรฐานออกมาเหมือนกันและหลายฉบับ ซึ่งเป็นมาตรฐานออกมา 3 รูปแบบคือ

V.24 บรรยายถึงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DTE) กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

V.28 บรรยายลักษณะทางไฟฟ้าสำหรับการใช้ Unbalance Double Current Interchange Circuit

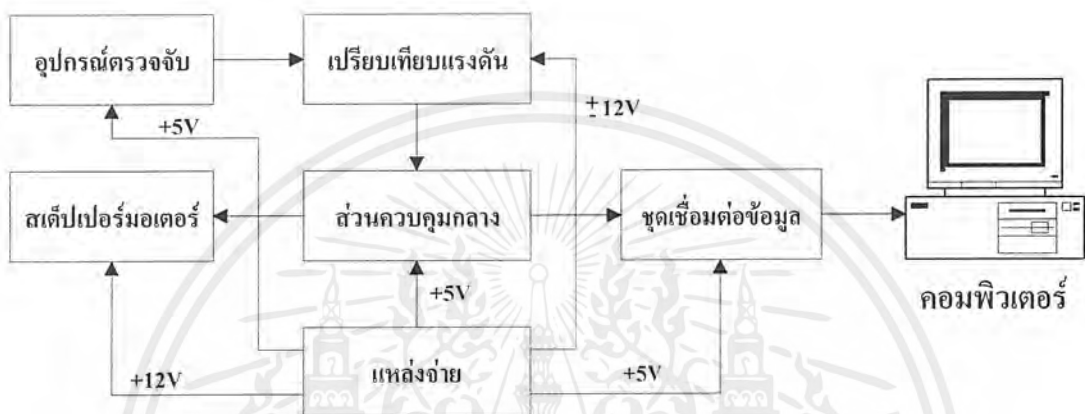
มาตรฐานของ V.24 และ RS232-C ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนสามารถใช้ร่วมกันได้



# บทที่ 3

## การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

แผนผังการทำงานของเครื่องประเมินเนื้อแดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง

### 3.1 ส่วนควบคุมกลาง

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ในตระกูล MCS-51 ที่เป็นแบบ 40-PIN DIP ได้ทั้งหมด เช่น 8031, 8032, 8051, 8751, 8752 ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์นั้นๆ การเลือกสวิทช์เลือก (JUMPER) ที่ขา /EA จะใช้เพื่อการเลือกให้ทำงานจาก ROM หรือ EPROM โดยที่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (INT) หรือเลือกขา EPROM ภายนอก (EXIT) ทั้งนี้การเลือก /EA ในตำแหน่ง INT จะใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโปรแกรมอยู่ภายในเท่านั้น ซึ่งปกติเป็น 8751, 8752 หรือ 8951(กรณี 8051 หรือ 8052 มี ROM ภายในอยู่ก็จริง แต่ในทางปฏิบัติการโปรแกรม ROM ภายในของ 8051 หรือ 8052 จะทำได้จากโรงงานผู้ผลิตเท่านั้น และทำครั้งละจำนวนมากๆ)

ก่อนจะใช้งานพอร์ตของ 8951 ผู้ใช้จะต้องทำการกำหนดโหมดการทำงาน (Configuration) ของพอร์ต P0, P1 และ P2 ให้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต โดยทำการเขียนค่า Control Code ไปที่ Mode Port ซึ่ง Mode Port นี้สามารถเขียนได้เท่านั้น ไม่สามารถอ่านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

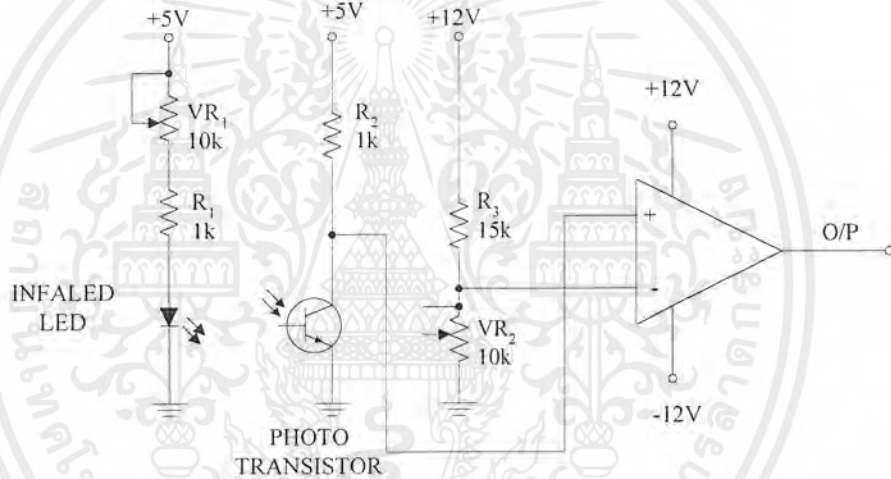


## 3.2 อุปกรณ์ตรวจจับ

### หลักการ

ใช้ออปแอมป์มาทำการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างแรงดันจากโฟโตทรานซิสเตอร์กับแรงดันอ้างอิง โดยการจัดวงจรแบบลูปเปิด (Open-loop mode)

ส่วน R3 และ VR2 ใช้เป็นตัวแบ่งแรงดันอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบกันแรงดันอินพุตที่ได้จากโฟโตทรานซิสเตอร์ โดยการสะท้อนแสงที่ส่งจาก แอลอีดี อินฟราเรด กับเนื้อหุ้ม และไขมัน ซึ่งแรงดันที่รับได้ด้วยโฟโตทรานซิสเตอร์นั้นจะแตกต่างกัน แล้วนำค่าแรงดันที่ได้เปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ตั้งไว้



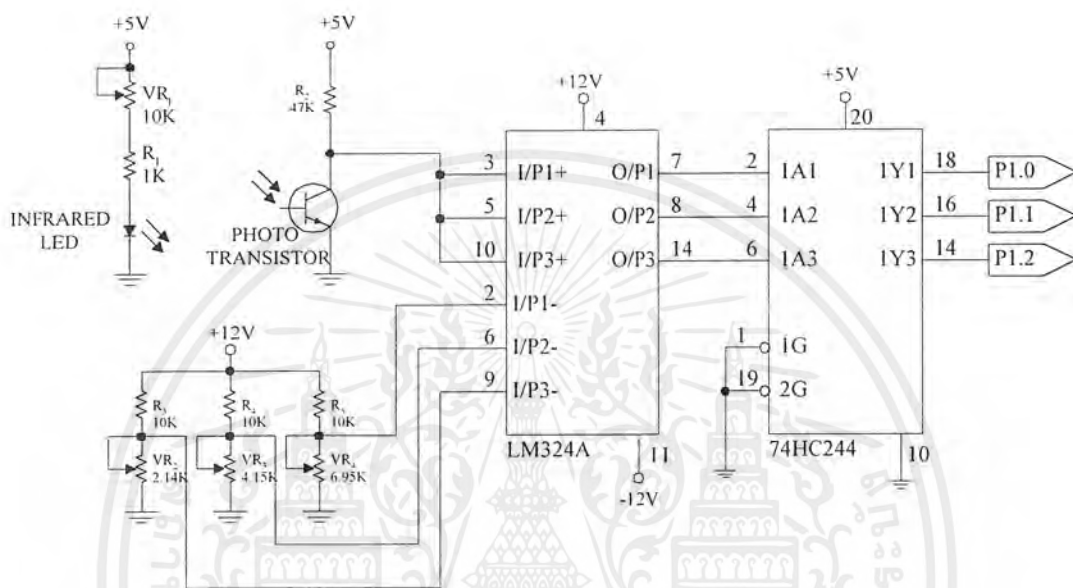
รูปที่ 3.3 หลักการวงจรตรวจจับ

### การทำงานวงจรตรวจจับ

VR1 และ R1 เป็นตัวจัดระดับแรงดันที่จะป้อนเข้าสู่ แอลอีดี อินฟราเรด เมื่อต้องการให้ แอลอีดี เปล่งแสงมากหรือน้อยก็ทำได้โดยการปรับ VR1 โฟโตทรานซิสเตอร์รับแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกับเนื้อหุ้มเข้ามาและส่งแรงดัน VCE ไปยังขา Non-Inverting ของออปแอมป์ โดยกำหนดให้ขา Non-Inverting เป็นขาอินพุต วงจรเปรียบเทียบแรงดันนี้ใช้ไอซีเบอร์ LM324A ซึ่งภายในไอซีเบอร์ LM324A นี้ จะมีออปแอมป์เบอร์ 741 อยู่ 4 ตัว R3, R4, R5, VR2, VR3 และ VR4 เป็นวงจรจัดระดับแรงดันจะใช้เป็นแรงดันอ้างอิงให้กับไอซีเบอร์ LM324A เอาต์พุตของไอซีเบอร์ LM324A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าแรงดันอยู่ 3 ระดับ ซึ่งค่าแรงดันทั้ง 3 ค่านี้จะใช้แทนส่วนที่เป็นเนื้อ, ไขมัน, และพื้นที่ว่าง เอาต์พุตทั้ง 3 ค่าก็จะถูกส่งไปยังไอซีเบอร์ 74HC244 ซึ่งข้างในจะเป็นวงจรถับเฟ้อร์เพื่อป้องกัน สัญญาณรบกวนก่อนที่จะส่งสัญญาณดังกล่าวไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์



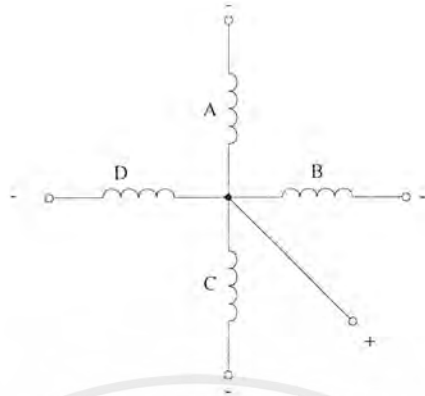
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับ

### 3.3 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นแบบ ยูนิโพลาร์ โดยการทำงานของวงจรจะป้อนลอจิกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

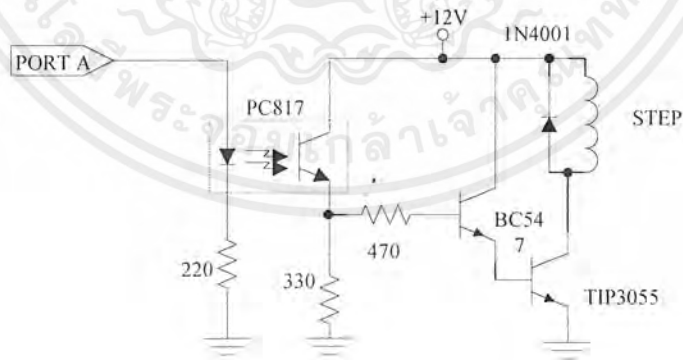
หลักการการทำงานของวงจรถับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ อาศัยคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลอจิกที่สามารถทำให้ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ทำงาน คือ ลอจิก “1” เมื่อมีคำสั่งส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีลอจิกเป็น “1” LED ภายในออปโต PIC817 จะนำกระแสโดยมีความต้านทานค่า 220 โอห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน PIC817 นำกระแสจะมีส่วนหนึ่งไหลผ่านความต้าน 330 โอห์ม ลงกราวด์ และอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านความต้านทาน 470 โอห์ม ไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547 และ TIP3055 ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองนี้จะทำการต่อแบบดาร์ลิ่งตันกัน สามารถขับกระแสได้ 5 แอมแปร์ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวนำกระแส ทำให้กระแสไหลจากแหล่งจ่ายไปผ่านขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ครบวงจร ส่วนไดโอด 1N4001 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ ในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะมีทั้งหมด 4 ชุด แต่ละชุดนำไปขับเคลื่อนขดลวดแต่ละขด สำหรับชุดจ่ายไฟของขดลวดสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับชุดจ่ายไฟของอินพุตจะแยกอิสระต่อกัน เพื่อตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



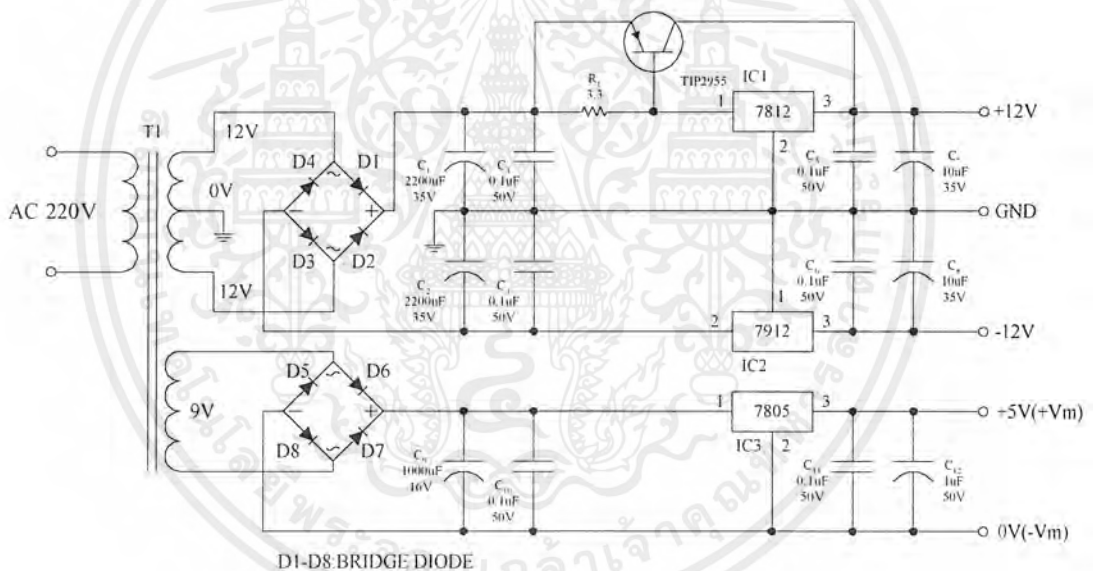
รูปที่ 3.6 วงจรขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ

ภาคจ่ายไฟประกอบด้วย 2 ชุด คือ แหล่งจ่ายไฟบวกและไฟลบ 12 โวลต์ กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ โดยแหล่งจ่ายไฟบวกและไฟลบ 12 โวลต์ ป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน และแยกไฟบวก 12 โวลต์ ป้อนให้วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ส่วนแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์นั้นจะป้อนให้กับวงจรตรวจจับและวงจรควบคุมส่วนกลาง

การทำงานของวงจรจ่ายไฟบวกและไฟลบ 12 โวลต์จะใช้ทรานซีสเตอร์เป็นตัวลดระดับแรงดันจาก 220 โวลต์ ลงเหลือ 12 โวลต์ แล้วทำให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไดโอดเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์ จะได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นทั้งไฟบวก และไฟลบ C1, C2, C3 และ C4 ทำหน้าที่จัดระดับแรงดันไฟบวกและไฟลบ 12 โวลต์ ให้เรียบยิ่งขึ้น ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP2955 เป็นตัวขับกระแสทางด้านไฟบวก ไอซีเบอร์ 7812 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟบวก 12 โวลต์ ให้คงที่ ไอซี



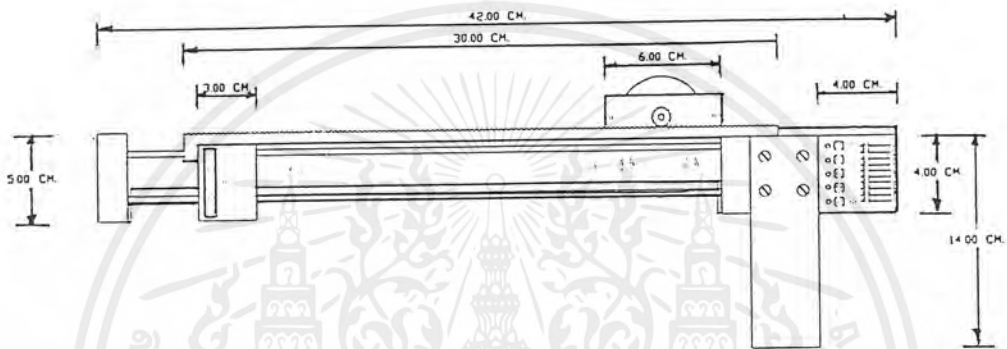
รูปที่ 3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ

เบอร์ 7912 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟลบ 12 โวลต์ ให้คงที่ และ C5, C6, C7 และ C8 ทำหน้าที่กรองเอาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นทิ้ง ทำให้ได้แรงดันไฟตรงที่เรียบยิ่งขึ้น ส่วนการทำงานของวงจรจ่ายไฟ 5 โวลต์ จะเหมือนกับการทำงานของแหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ คือใช้ทรานซีสเตอร์เป็นตัวลดระดับแรงดันจาก 220 โวลต์ ลงเหลือ 9 โวลต์ แล้วทำให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไดโอดเรกติไฟเออร์แบบบริดจ์ จะได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นทั้งไฟบวก และไฟลบ C9 และ C10 ทำหน้าที่

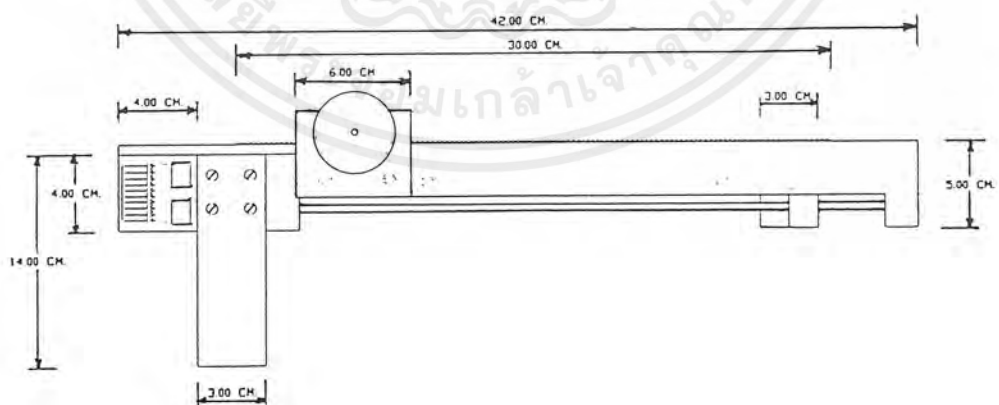
จัดระดับแรงดันไฟบวก 9 โวลต์ ให้เรียงยิ่งขึ้น ไอซีเบอร์ 7805 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟบวกที่รับเข้ามา 9 โวลต์ ให้คงที่ที่แรงดัน 5 โวลต์ และ C11 และ C12 ทำหน้าที่กรองเอาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นทิ้ง ทำให้ได้แรงดันไฟตรงที่เรียงยิ่งขึ้น

### 3.5 การออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่อง

#### 3.5.1 โครงสร้างของตัวอุปกรณ์ตรวจจับ



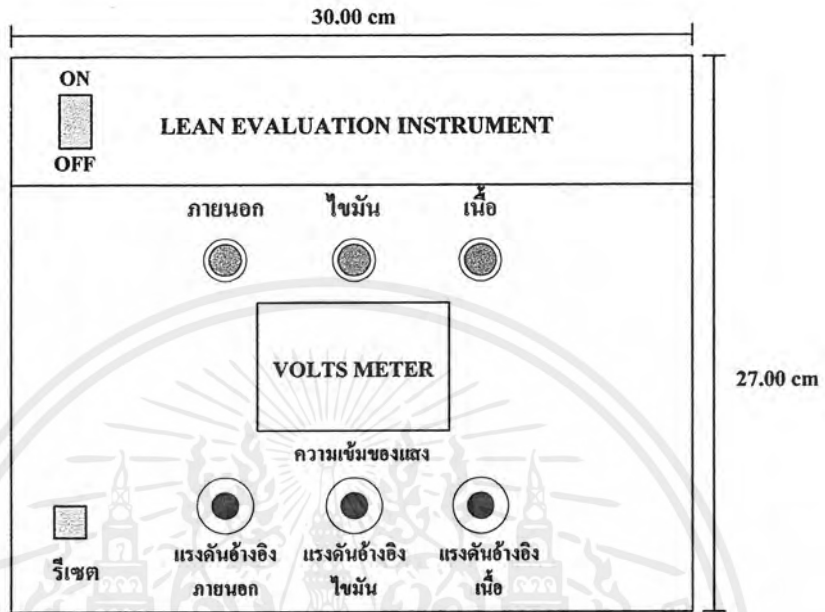
รูปที่ 3.8 โครงสร้างด้านหน้าของอุปกรณ์ตรวจจับ



รูปที่ 3.9 โครงสร้างด้านหลังของอุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.2 โครงสร้างของตัวเครื่อง



รูปที่ 3.10 โครงสร้างด้านหน้าของตัวเครื่อง



รูปที่ 3.11 การวางอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง และผลการทดลอง

จากการออกแบบและประกอบเป็นเครื่องสำเร็จ เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงสามารถทำงาน โดยวัดปริมาณเนื้อแดงและไขมัน ในจุดที่ต้องการ ซึ่งนำมาทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดลองมีรายละเอียด ดังนี้

#### 4.1 การทดลองวัดค่าปริมาณไขมัน และเนื้อแดงจากชิ้นเนื้อ

ในการทดลองวัดค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงจากชิ้นเนื้อ เป็นการทดลองวัดค่าความยาวไขมัน และเนื้อแดงโดยใช้เครื่องมือวัดนี้ โดยทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Com2) ใช้สายส่งข้อมูลยาว 15 เมตร โดยใช้การแสดงผลทางไมโครคอมพิวเตอร์ การทดลองวัดชิ้นเนื้อสุกรในขนาดความหนาต่างๆ กัน 3 ชิ้น ชิ้นเนื้อที่นำมาทดลองประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนของหนัง, ไขมัน และเนื้อแดง ค่าความยาวของไขมันและเนื้อแดง ณ ตำแหน่งต่างๆ นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้เวอร์เนียร์ ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.1, 4.1 และ 4.2

#### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดชิ้นเนื้อที่มีขนาดความหนาแน่นของไขมันและเนื้อต่างกัน โดยทดลองที่ค่าความเข้มของแสงระหว่าง 3 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความหนาของไขมันและเนื้อที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของแสงรอบข้าง เมื่อค่าความเข้มของแสงรอบข้างมีค่าน้อยคือ ระหว่าง 1 โวลต์ ถึง 3.5 โวลต์ การวัดค่าของไขมันและเนื้อ จะไม่สามารถแยกความแตกต่างได้
2. ค่าความผิดพลาดของความหนาของไขมันและเนื้อเมื่อแสงรอบข้างมีค่าต่ำจะมีค่าความผิดพลาดมากกว่าเมื่อค่าแสงรอบข้างมีค่าสูง
3. ค่าความถูกต้องของความหนาของชิ้นเนื้อจากการวัดจะมีผลมาจากการปรับค่าแรงดันอ้างอิงให้มีความถูกต้อง
4. ในชิ้นเนื้อที่มีความหนามากกว่าเมื่อทำการวัดค่าที่มีความเข้มของแสงเท่ากัน ชิ้นเนื้อที่หนากว่า将有ความผิดพลาดต่ำกว่าชิ้นเนื้อที่มีความหนาน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดปริมาณ ไชมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อชั้นที่ 1

| ความเข้มของแสง(โวลต์) | ตำแหน่งที่ | การวัดด้วยเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง |                 |                 | ค่าเฉลี่ย (mm) | วัดด้วยเวอร์เนียร์ (mm) | ค่าผิดพลาด (%) |
|-----------------------|------------|--|-----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|
|                       |            | ครั้งที่ 1 (mm)                        | ครั้งที่ 2 (mm) | ครั้งที่ 3 (mm) |                |                         |                |
| 3.5                   | 1          | 18.1                                   | 12.6            | 17.5            | 17.73          | 15                      | 18.2           |
|                       | 2          | 27.5                                   | 26.8            | 27.5            | 27.26          | 25                      | 9.04           |
|                       | 3          | 13.5                                   | 13.2            | 12.8            | 13.6           | 11                      | 19.6           |
| 4                     | 1          | 16.5                                   | 16.4            | 16.9            | 16.6           | 15                      | 10.6           |
|                       | 2          | 26.9                                   | 26.5            | 26.8            | 26.76          | 25                      | 7.04           |
|                       | 3          | 12.6                                   | 12.5            | 12.8            | 12.66          | 11                      | 15.09          |
| 4.5                   | 1          | 16.4                                   | 16.4            | 16.6            | 16.7           | 15                      | 11.33          |
|                       | 2          | 26.1                                   | 26              | 26.1            | 26.06          | 25                      | 4.24           |
|                       | 3          | 12.5                                   | 12.4            | 12.8            | 12.56          | 11                      | 14.18          |
| 5                     | 1          | 16.4                                   | 17.1            | 16.4            | 16.63          | 15                      | 1.86           |
|                       | 2          | 26.3                                   | 25.8            | 25.6            | 25.9           | 25                      | 3.6            |
|                       | 3          | 12.4                                   | 12.1            | 12.5            | 12.33          | 11                      | 12.09          |
| 6                     | 1          | 17.1                                   | 16.5            | 16.5            | 16.7           | 15                      | 11.33          |
|                       | 2          | 24.3                                   | 25              | 24.5            | 24.5           | 25                      | 2              |
|                       | 3          | 12.3                                   | 12.3            | 12              | 12.1           | 11                      | 10.9           |
| 7                     | 1          | 14.7                                   | 14.1            | 14.4            | 14.4           | 15                      | 4              |
|                       | 2          | 26.4                                   | 25              | 26.1            | 25.83          | 25                      | 3.32           |
|                       | 3          | 12                                     | 11.4            | 12.3            | 11.9           | 11                      | 8.18           |
| 8                     | 1          | 13.9                                   | 14.6            | 14.6            | 14.13          | 15                      | 5.8            |
|                       | 2          | 25                                     | 25              | 24.4            | 24.8           | 25                      | 0.8            |
|                       | 3          | 10.8                                   | 11.4            | 10.8            | 11             | 11                      | 0              |
| 9                     | 1          | 14.1                                   | 16.3            | 16.3            | 14.9           | 15                      | 0.66           |
|                       | 2          | 25.1                                   | 25.4            | 25.4            | 25.3           | 25                      | 1.2            |
|                       | 3          | 11.4                                   | 10.2            | 10.8            | 10.8           | 11                      | 1.81           |
| 10                    | 1          | 14.2                                   | 15.2            | 15.1            | 14.83          | 15                      | 1.13           |
|                       | 2          | 24.8                                   | 25.2            | 24.8            | 24.8           | 25                      | 0.8            |
|                       | 3          | 10.8                                   | 11.2            | 11.2            | 11.06          | 11                      | 0.54           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดปริมาณไขมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อชั้นที่ 2

| ความเข้มของแสง (โวลต์) | ตำแหน่งที่ | การวัดด้วยเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง |                 |                 | ค่าเฉลี่ย (mm) | วัดด้วยเวอร์นิเยร์ (mm) | ค่าผิดพลาด (%) |
|------------------------|------------|--|-----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|
|                        |            | ครั้งที่ 1 (mm)                        | ครั้งที่ 2 (mm) | ครั้งที่ 3 (mm) |                |                         |                |
| 3.5                    | 1          | 27.2                                   | 26.8            | 26.8            | 26.93          | 25                      | 7.72           |
|                        | 2          | 31.5                                   | 31.4            | 31.4            | 31.43          | 30                      | 4.76           |
|                        | 3          | 33.4                                   | 33              | 32.8            | 33.06          | 32                      | 3.31           |
| 4                      | 1          | 26.2                                   | 26              | 25.4            | 25.86          | 25                      | 3.44           |
|                        | 2          | 30.8                                   | 30.8            | 31.2            | 30.9           | 30                      | 3.1            |
|                        | 3          | 32.8                                   | 32.8            | 32.2            | 32.6           | 32                      | 1.87           |
| 4.5                    | 1          | 24.8                                   | 25.2            | 25.6            | 25.2           | 25                      | 0.8            |
|                        | 2          | 30.5                                   | 31.2            | 30.8            | 31             | 30                      | 3.33           |
|                        | 3          | 32.6                                   | 32.6            | 31.8            | 32.06          | 32                      | 0.18           |
| 5                      | 1          | 26                                     | 25.2            | 25.2            | 25.46          | 25                      | 1.84           |
|                        | 2          | 30.5                                   | 30.2            | 30.5            | 30.4           | 30                      | 1.33           |
|                        | 3          | 33.1                                   | 32.4            | 32.2            | 32.56          | 32                      | 1.75           |
| 6                      | 1          | 25.1                                   | 25.6            | 24.8            | 25.16          | 25                      | 0.64           |
|                        | 2          | 30.2                                   | 29.8            | 30.2            | 30.06          | 30                      | 0.2            |
|                        | 3          | 32.1                                   | 32.1            | 31.8            | 32             | 32                      | 0              |
| 7                      | 1          | 25.2                                   | 25.2            | 25.4            | 25.26          | 25                      | 1.04           |
|                        | 2          | 30.2                                   | 30              | 30.8            | 30.33          | 30                      | 1.1            |
|                        | 3          | 31.8                                   | 32.1            | 32.1            | 32.13          | 32                      | 0.40           |
| 8                      | 1          | 25.4                                   | 26              | 25.6            | 25.66          | 25                      | 2.64           |
|                        | 2          | 30.2                                   | 30.8            | 30.6            | 30.53          | 30                      | 1.76           |
|                        | 3          | 32.2                                   | 32.4            | 31.8            | 32.46          | 32                      | 1.43           |
| 9                      | 1          | 26.4                                   | 26.8            | 25.8            | 26.33          | 25                      | 5.32           |
|                        | 2          | 30.8                                   | 31.2            | 30.8            | 30.93          | 30                      | 3.1            |
|                        | 3          | 32                                     | 32.2            | 32.8            | 32.53          | 32                      | 1.65           |
| 10                     | 1          | 26                                     | 26.2            | 26.2            | 26.1           | 25                      | 4.4            |
|                        | 2          | 30.2                                   | 30.8            | 30.2            | 30.4           | 30                      | 1.33           |
|                        | 3          | 33.1                                   | 32.8            | 32.8            | 32.9           | 32                      | 2.81           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวัดปริมาณไขมันและเนื้อแดงของชั้นเนื้อชั้นที่ 3

| ความเข้มของแสง(โวลต์) | ตำแหน่งที่ | การวัดด้วยเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง |                 |                 | ค่าเฉลี่ย (mm) | วัดด้วยเวอร์เนียร์ (mm) | ค่าผิดพลาด (%) |
|-----------------------|------------|--|-----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|
|                       |            | ครั้งที่ 1 (mm)                        | ครั้งที่ 2 (mm) | ครั้งที่ 3 (mm) |                |                         |                |
| 3                     | 1          | 32.2                                   | 31.8            | 31.8            | 31.6           | 30                      | 5.33           |
|                       | 2          | 42                                     | 41.5            | 41.4            | 41.6           | 40                      | 4              |
|                       | 3          | 51.8                                   | 51.2            | 52              | 51.6           | 50                      | 5.53           |
| 3.5                   | 1          | 31.6                                   | 31.4            | 31.4            | 31.46          | 30                      | 4.86           |
|                       | 2          | 41.6                                   | 41.2            | 41.2            | 41.3           | 40                      | 3.25           |
|                       | 3          | 51.8                                   | 51.2            | 50.6            | 50.86          | 50                      | 1.72           |
| 4                     | 1          | 30.8                                   | 31.2            | 31.1            | 31.03          | 30                      | 3.43           |
|                       | 2          | 40.8                                   | 41.1            | 40.6            | 40.83          | 40                      | 2.07           |
|                       | 3          | 51.4                                   | 50.8            | 51.4            | 51.2           | 50                      | 3.2            |
| 4.5                   | 1          | 30.8                                   | 31.2            | 30.1            | 30.7           | 30                      | 3.33           |
|                       | 2          | 40.5                                   | 40.6            | 41.1            | 40.73          | 40                      | 1.82           |
|                       | 3          | 50.6                                   | 50.6            | 51.1            | 50.43          | 50                      | 0.86           |
| 5                     | 1          | 30.4                                   | 29.8            | 30.4            | 30.2           | 30                      | 0.66           |
|                       | 2          | 40.2                                   | 40.2            | 40.6            | 40.33          | 40                      | 0.82           |
|                       | 3          | 50.2                                   | 50.4            | 50.2            | 50.33          | 50                      | 0.66           |
| 6                     | 1          | 30.2                                   | 29.8            | 30.4            | 30.13          | 30                      | 0.43           |
|                       | 2          | 40.2                                   | 39.6            | 40.4            | 40.06          | 40                      | 0.15           |
|                       | 3          | 50.2                                   | 50.4            | 50.2            | 50.33          | 50                      | 0.66           |
| 7                     | 1          | 29.8                                   | 30.4            | 30.4            | 30.2           | 30                      | 0.66           |
|                       | 2          | 40                                     | 41.1            | 40.5            | 40.53          | 40                      | 1.32           |
|                       | 3          | 50.1                                   | 54              | 50.5            | 50.6           | 50                      | 1.2            |
| 8                     | 1          | 30.6                                   | 30.2            | 29.6            | 29.93          | 30                      | 0.2            |
|                       | 2          | 41.1                                   | 40.6            | 40.5            | 40.73          | 40                      | 1.82           |
|                       | 3          | 50.6                                   | 51.2            | 49.2            | 51             | 50                      | 2              |
| 9                     | 1          | 29.6                                   | 30.2            | 30.6            | 30.13          | 30                      | 0.43           |
|                       | 2          | 40.2                                   | 39.6            | 41.1            | 40.3           | 40                      | 0.75           |
|                       | 3          | 51.1                                   | 50.2            | 50.6            | 50.46          | 50                      | 0.92           |
| 10                    | 1          | 29.2                                   | 30.4            | 30.6            | 30.06          | 30                      | 0.2            |
|                       | 2          | 41.1                                   | 40.6            | 40.8            | 40.83          | 40                      | 2.07           |
|                       | 3          | 50.8                                   | 50.6            | 49.8            | 50.4           | 50                      | 0.8            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดลองวัดค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงจากซากสุกร เพื่อหาค่า BF และ LSQ (Backfat Thickness and Lenden-Speck-Quotient)

ในการทดลองวัดค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงจากซากสุกรเพื่อหาค่า BF และ LSQ เพื่อทำการประเมินคุณภาพของเนื้อสุกร การทดลองทำการวัดค่าปริมาณไขมันและเนื้อแดงจากซากสุกรจากโรงฆ่าสัตว์จำนวน 5 ตำแหน่ง ในซากสุกร 1 ตัว โดยทำการวัดหาค่า BF และ LSQ จากซากสุกรจำนวน 5 ตัว ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าปริมาณ ไขมันและเนื้อแดงเมื่อใช้เครื่องมือวัด

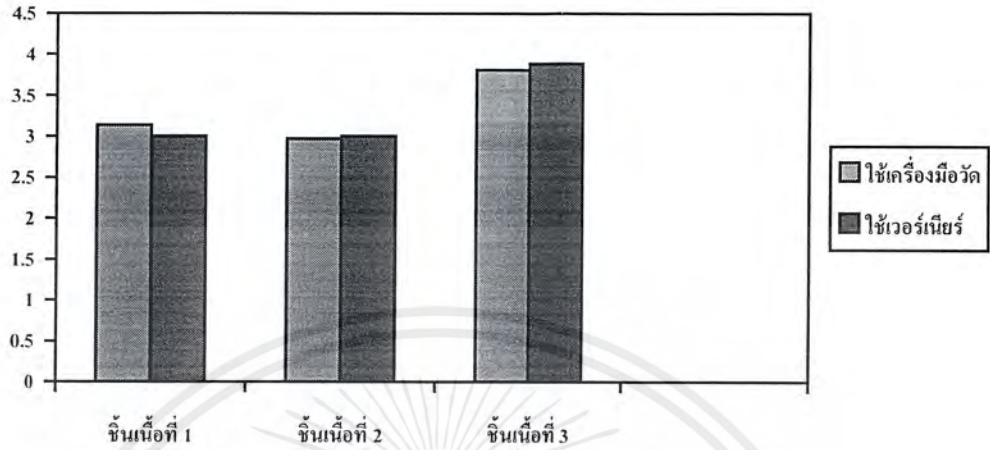
| ชั้นเนื้อ<br>ชั้นที่ | X1<br>(mm) | X2<br>(mm) | a3<br>(mm) | a1<br>(mm) | b<br>(mm) | a2<br>(mm) | BF    | LSQ   |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------|-------|
| 1                    | 15.5       | 15.8       | 14.7       | 14.1       | 21.1      | 15.6       | 3.136 | 0.703 |
| 2                    | 18.9       | 19.5       | 19.6       | 20.2       | 19.6      | 19.6       | 2.969 | 1.015 |
| 3                    | 24.5       | 18.9       | 14.8       | 9.4        | 21.2      | 14.6       | 3.806 | 0.566 |

ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณ ไขมันและเนื้อแดงจากการใช้เวอร์เนีย

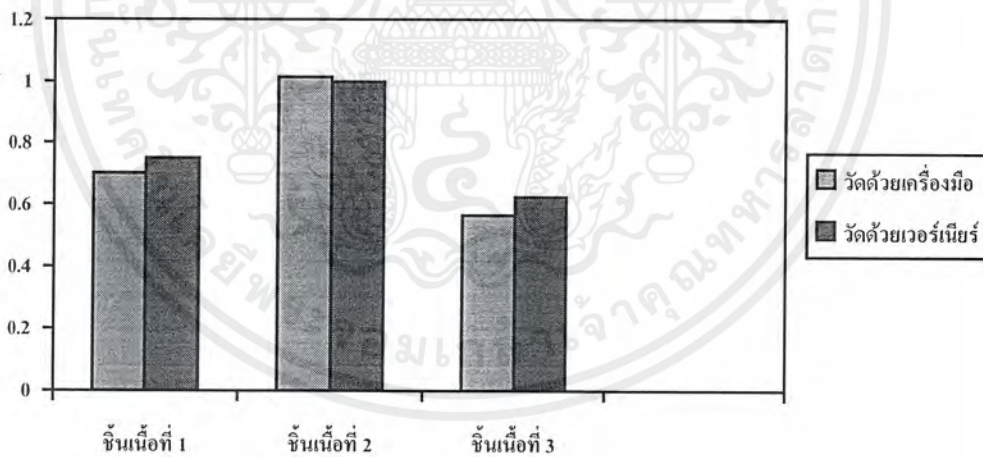
| ชั้นเนื้อ<br>ชั้นที่ | X1<br>(mm) | X2<br>(mm) | a3<br>(mm) | a1<br>(mm) | b<br>(mm) | a2<br>(mm) | BF    | LSQ   |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-------|-------|
| 1                    | 15         | 15         | 15         | 15         | 20        | 15         | 3.00  | 0.750 |
| 2                    | 20         | 20         | 20         | 20         | 20        | 20         | 3.00  | 1.000 |
| 3                    | 25         | 20         | 15         | 10         | 20        | 15         | 3.888 | 0.625 |

หมายเหตุ BF คือ ความหนาของไขมันสันหลัง

LSQ คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาของไขมันและกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายสันหลัง



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า BF เมื่อใช้เครื่องวัดและเวอร์เนีย



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า LSQ เมื่อใช้เครื่องวัดและเวอร์เนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อทำการนำชิ้นเนื้อที่มีไขมันและเนื้อแดงที่มีความยาว 30 เซนติเมตร ทำการวัดที่จุดต่างๆ ตามตำแหน่งของซากสุกรเพื่อคำนวณหาค่า BF และ LSQ ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัด โดยเวอร์เนียร์จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

2. ผลการวัดค่าไขมัน และเนื้อแดงเมื่อทำการเปรียบเทียบจุดการวัดจะแปรเปลี่ยนกับระยะห่างของการวัดระหว่างเครื่องมือวัด และชิ้นเนื้อ เมื่อวางชิ้นเนื้อห่างจากเครื่องวัดมากเกินไปจะทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาด



## บทที่ 5

# บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

### 5.1 บทสรุป

การสร้างเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงของซากสุกรที่ทำการแสดงผลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ในปริณญาณิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษา และ สร้างเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงที่แสดงผลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีประสิทธิภาพ มีความสะดวกในการใช้งาน และราคาประหยัด ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง ที่ทำการจัดสร้างขึ้นดังนี้

1. สามารถส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (com2) เพื่อลดจำนวนของสายนำสัญญาณ
2. สามารถวัดปริมาณเนื้อแดงโดยมีความรวดเร็วกว่าการวัดโดยใช้เวอร์เนียร์
3. สามารถควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
4. สามารถวัด บันทึกข้อมูล และแสดงผลทางไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อจะเก็บไว้อ้างอิงต่อไปได้

จากการที่ได้ทำการศึกษา ทดลอง และทำการสร้างเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงแสดงผลโดยไมโครคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง เพราะเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงแสดงผลโดยไมโครคอมพิวเตอร์ที่สร้างเสร็จนั้นผลเป็นไปตามขอบเขตที่วางไว้ในหลายๆ ด้านและยังสามารถที่จะนำไปพัฒนาประสิทธิภาพได้อีกต่อไปในอนาคต

### 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

ในระหว่างการทำปริณญาณิพนธ์เกิดปัญหา และอุปสรรคขึ้นซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นไว้พอสังเขปดังนี้

1.) ปัญหา ด้านการทดลอง คือ ในการทดลองวงจรตรวจจับจะใช้อุปกรณ์ไดโอด และ โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ส่งและรับแสง ค่าแรงดันที่รับได้ที่รอยต่อระหว่างเนื้อและไขมันจะมีค่าเป็นเชิงเส้นไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างทันทีทันใดทำให้การนับค่าความยาวของชิ้นเนื้อเกิดความผิดพลาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แนวทางการแก้ไข** ใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่มีคุณภาพมากขึ้น เช่น อุปกรณ์ตรวจจับสี่ที่เป็นตัวตรวจจับระบบดิจิทัลโดยกำหนดเพื่อตรวจจับสี่ของไขมันและเนื้อแดง

**2.) ปัญหา** ในส่วนของคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์บางคำสั่งมีลักษณะคล้ายกันเมื่อทำการแอสเซมเบลอร์แล้วจะไม่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น แต่การทำงานจะไม่ตรงกับความต้องการ

**แนวทางการแก้ปัญหา** เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วต้องพิจารณาคำสั่งแต่ละคำสั่งให้ละเอียดว่าคำสั่งที่ใช้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่อีกครั้ง

**3.) ปัญหา** ในด้านการทดลองกับชิ้นเนื้อจริง ในการทดลองการทำงานของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงจะใช้ชิ้นเนื้อขนาดเล็กในการทดสอบ เมื่อนำไปใช้งานจริงจะมีความผิดพลาดของค่าที่วัดได้ซึ่งเกิดมาจากการวางตำแหน่งของชิ้นเนื้อและเครื่องวัด

**แนวทางการแก้ไข** ในการนำเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงไปใช้งานจริงต้องวางเครื่องมือวัดให้ถูกตำแหน่งที่ต้องการจะวัดเพื่อมิให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น

**4.) ปัญหา** ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ค่อยมีเสถียรภาพมากนัก เมื่อมีการรับส่งข้อมูลที่ละมาก ๆ

**แนวทางการแก้ไข** แฮนด์เช็กกิ้งใช้การสื่อสารแบบซิงโครนัสหรือปรับปรุงให้การสื่อสารมีการตรวจสอบข้อมูลโดยอาจทำเป็นซอร์ฟแวร์แฮนด์เช็กกิ้งหรือฮาร์ดแวร์

**5.) ปัญหา** ในส่วนของชุดฟันเฟืองที่เชื่อมต่อกับสเต็ปเปอร์มอเตอร์เกิดการผิดพลาดในการหมุนทำให้ตำแหน่งเริ่มต้นไม่ถูกต้อง

**แนวทางการแก้ไข** ปรับแต่งให้แกนฟันเฟืองมีความสม่ำเสมอมากขึ้นและใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดการผิดพลาดในการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

**6.) ปัญหา** ในส่วนของด้ามจับและสวิตช์คอนโทรลมีน้ำหนักมากทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการใช้งานเป็นเวลานาน

**แนวทางการแก้ไข** ทำการลดขนาดของแผ่นเหล็กในส่วนรองรับอุปกรณ์ตรวจจับ และลดขนาดของฟันเฟืองเพื่อให้มีน้ำหนักเบา

**7.) ปัญหา** ในการปรับค่าแรงดันอ้างอิงเพื่อให้ได้ค่าตรงกับค่าแรงดันที่แสดงผลที่หน้ากล่องจะมีความผิดพลาดสูงในส่วนของไขมัน และเนื้อแดง

**แนวทางการแก้ไข** ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ที่มีความละเอียดสูงในการปรับค่า แรงดันอ้างอิงเพื่อให้ได้ค่าแรงดันที่รอยต่อมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

**8.) ปัญหา** ในด้านการทดลองกับชิ้นเนื้อจริง เนื่องจากสี่ของชิ้นเนื้อกับไขมันนั้นมีความคล้ายกันมากในการวัดจากเครื่องมือวัดจะเกิดความผิดพลาดมาก

**แนวทางแก้ไข** ใช้ซากหมูที่มีความสดมาก สี่ของเนื้อ และไขมันจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 แนวทางพัฒนา

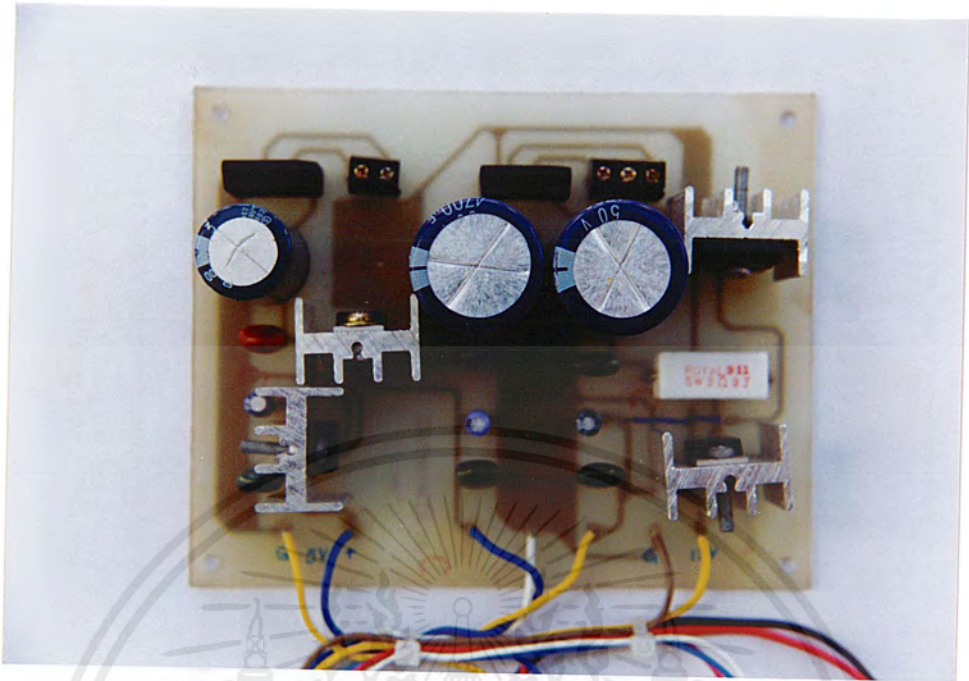
ทางคณะผู้จัดทำพยายามที่จะจัดทำปฏิญานิพนธ์นี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในระยะเวลา และงบประมาณที่จำกัด แต่ยังมีสิ่งที่เป็นข้อจำกัดและจุดบกพร่องที่ควรได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้นดังต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดในด้านความถูกต้องของการวัดชิ้นเนื้อจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ตรวจจับสามารถปรับปรุงให้เครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดงมีผลการวัดที่มีความถูกต้องมากขึ้น โดยใช้ อุปกรณ์ตรวจจับที่มีคุณภาพมากขึ้น เช่น ตัวตรวจจับสีของชิ้นเนื้อ อุปกรณ์ตรวจจับแสงที่มีการทำงานแบบรับส่งในตัวเดียวกัน
2. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรใช้เบอร์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่านี้ หรือชนิดที่มีหน่วยความจำภายใน เพื่อลดขนาดของอุปกรณ์ชุดควบคุมเช่น เบอร์ 89C52
3. ในส่วนของวงจรเปรียบเทียบควรใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น หรือใช้อุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อลดความผิดพลาดในการแสดงผลและการวัด โดยทำการปรับปรุงในส่วนของซอฟต์แวร์ให้รองรับการทำงานของวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
4. อุปกรณ์ค้ำจับและชุดสวิทช์ควบคุมควรออกแบบให้เป็นแบบติดตั้งอยู่กับที่ หรือเป็นแบบแท่นวางเพื่อลดปัญหาในด้านระยะเวลาในการใช้งานของผู้ใช้ และใช้การควบคุมการทำงานจากไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้การสื่อสารข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ เพื่อความสะดวกในการใช้งานเมื่อมีบุคลากรจำกัด

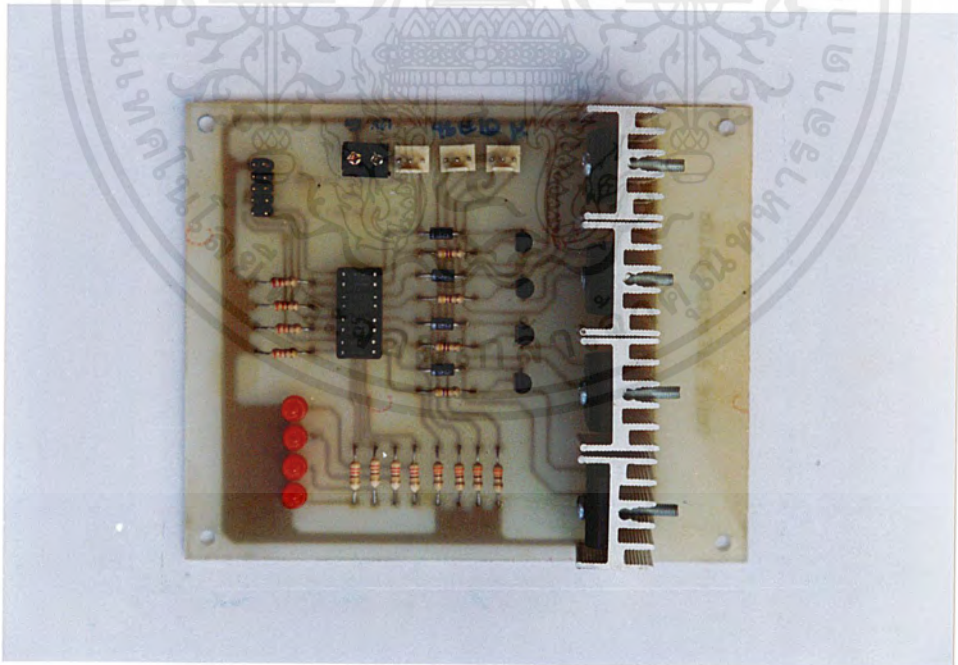
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

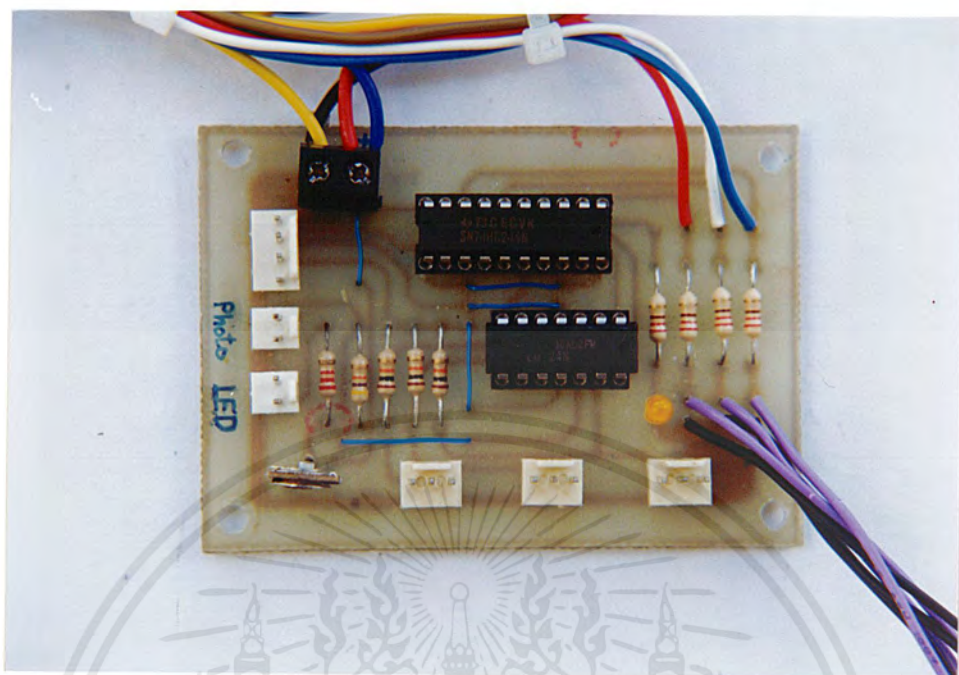


รูปที่ ก.1 วงจรภาคจ่ายไฟ

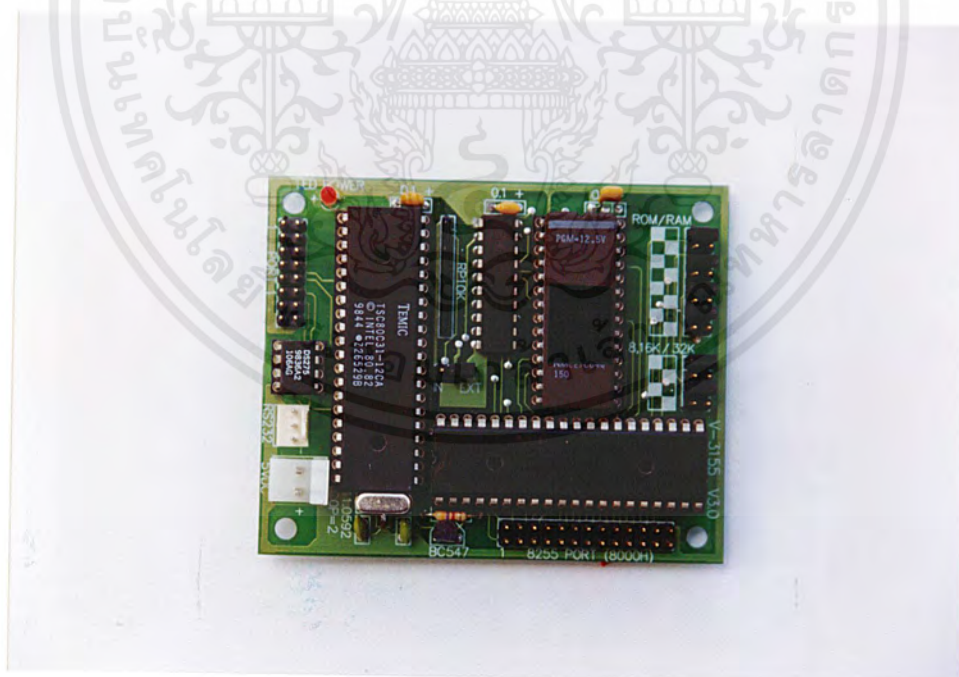


รูปที่ ก.2 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

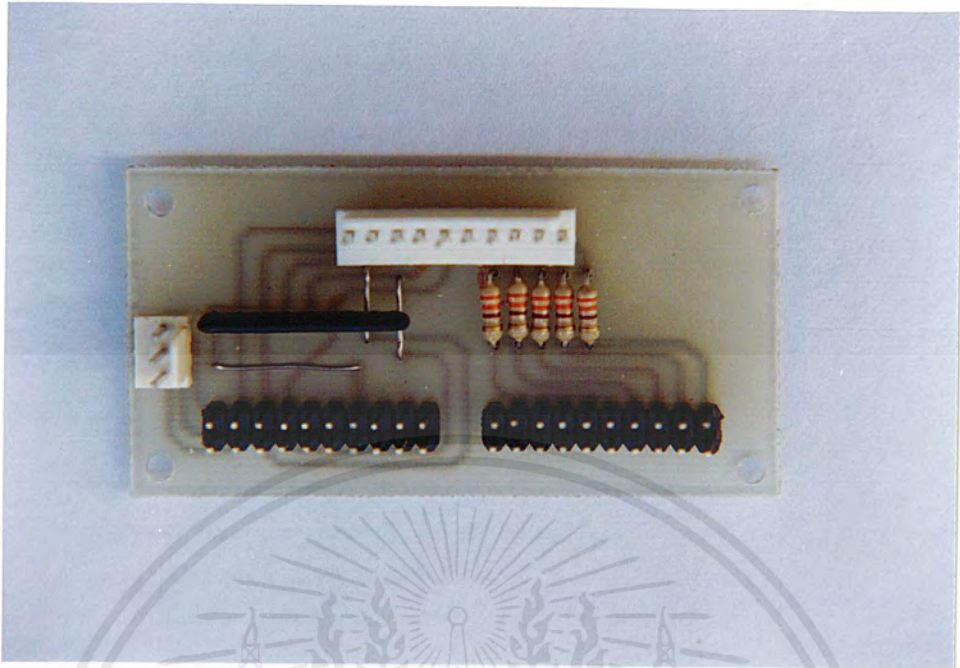


รูปที่ ก.3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

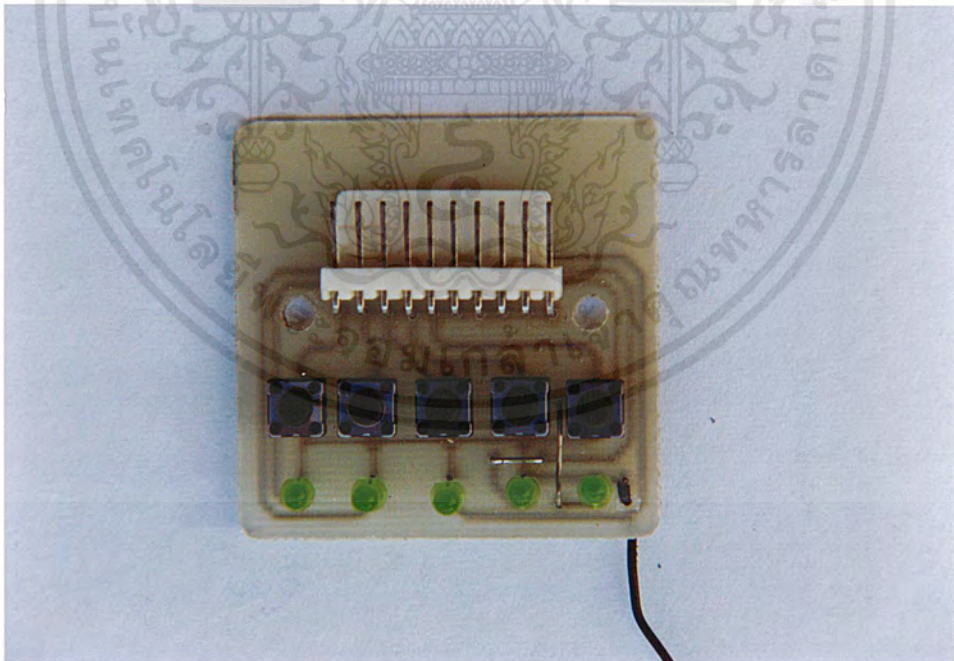


รูปที่ ก.4 วงจรควบคุมส่วนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

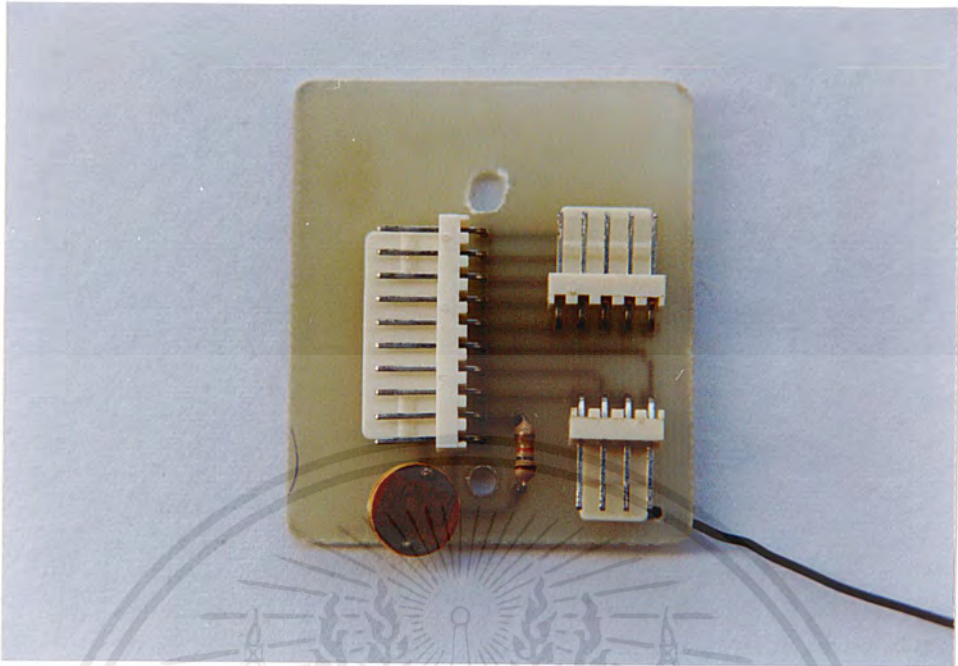


รูปที่ ก.5 จุดเชื่อมต่อส่วนควบคุมกลาง

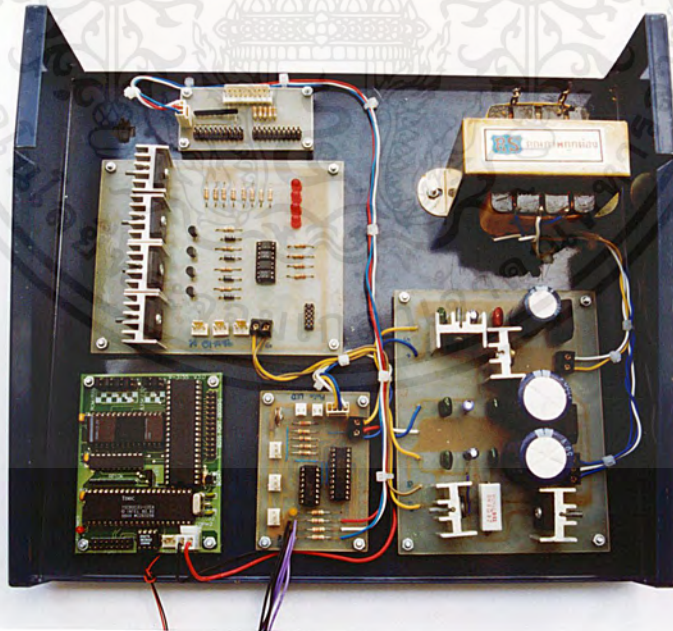


รูปที่ ก.6 จุดเชื่อมต่อสวิตช์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ชุดอุปกรณ์ตรวจจับ

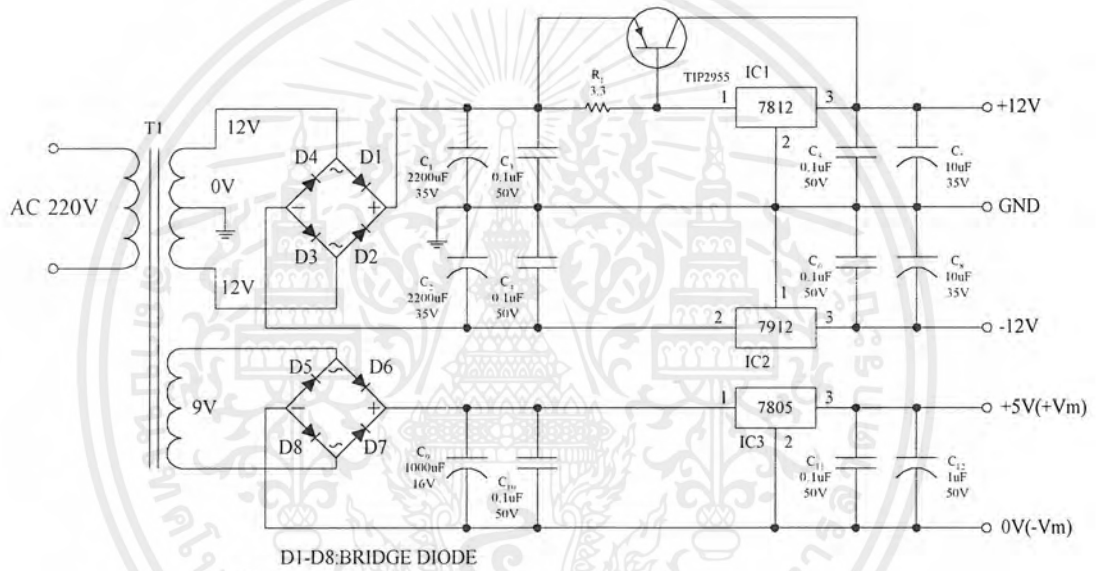


รูปที่ ก.8 วงจรเครื่องต้นแบบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

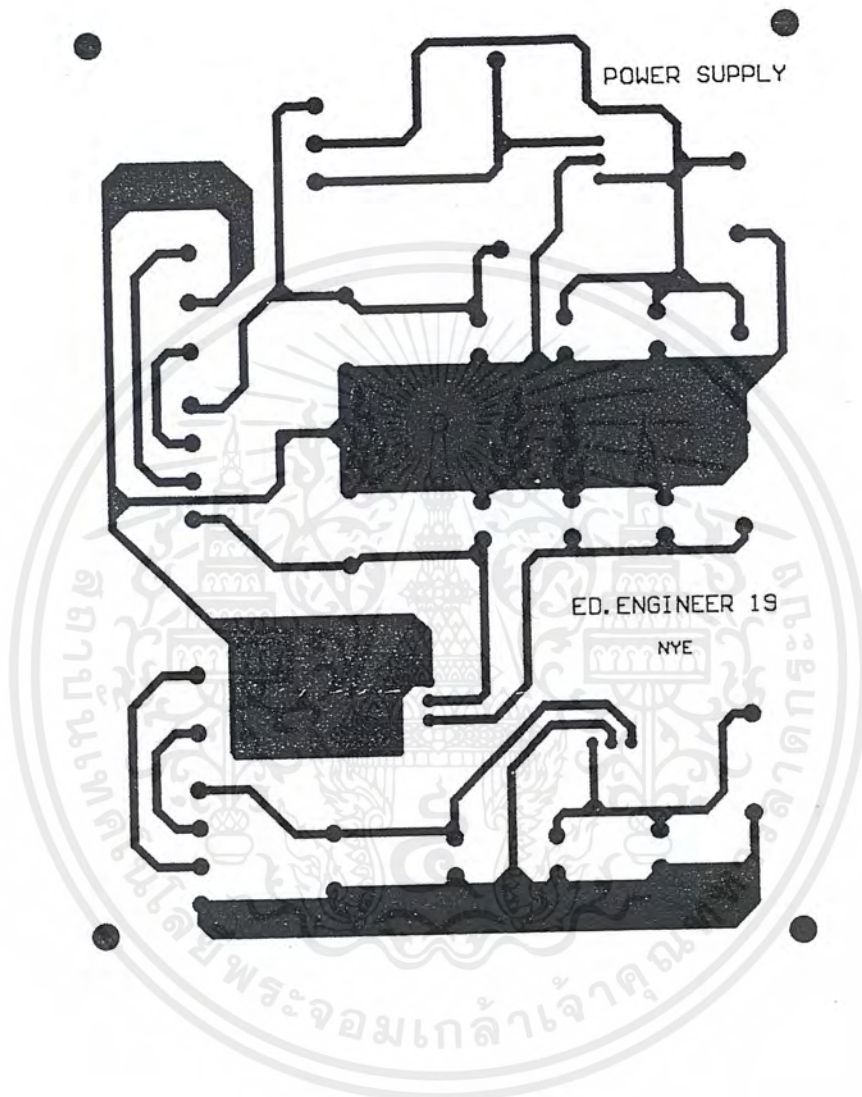


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



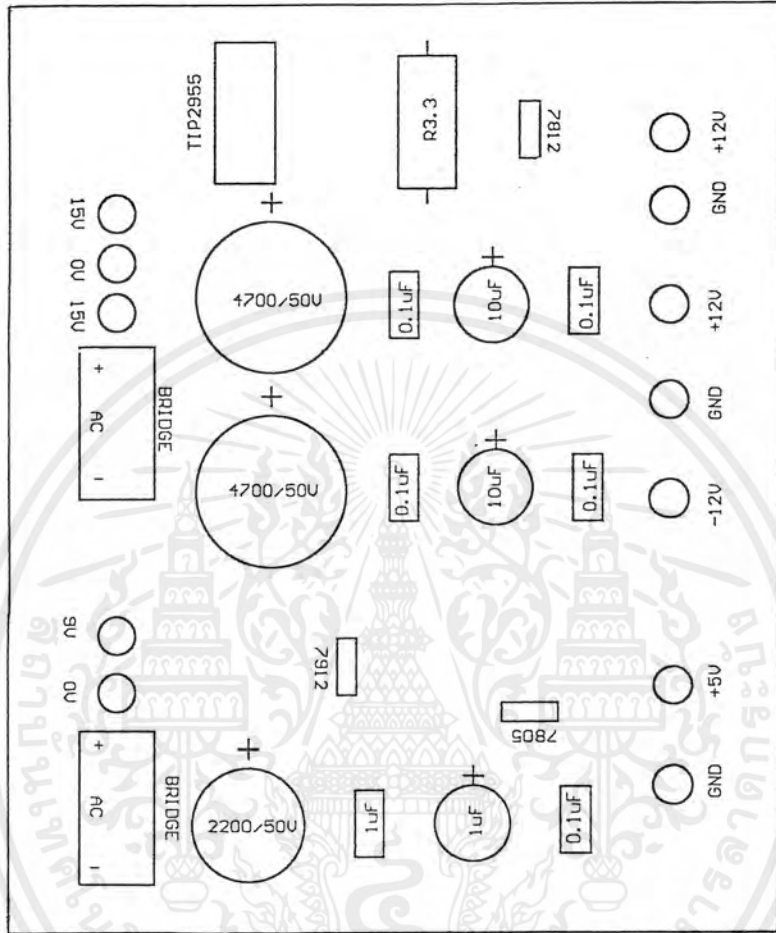
รูปที่ ข.1 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



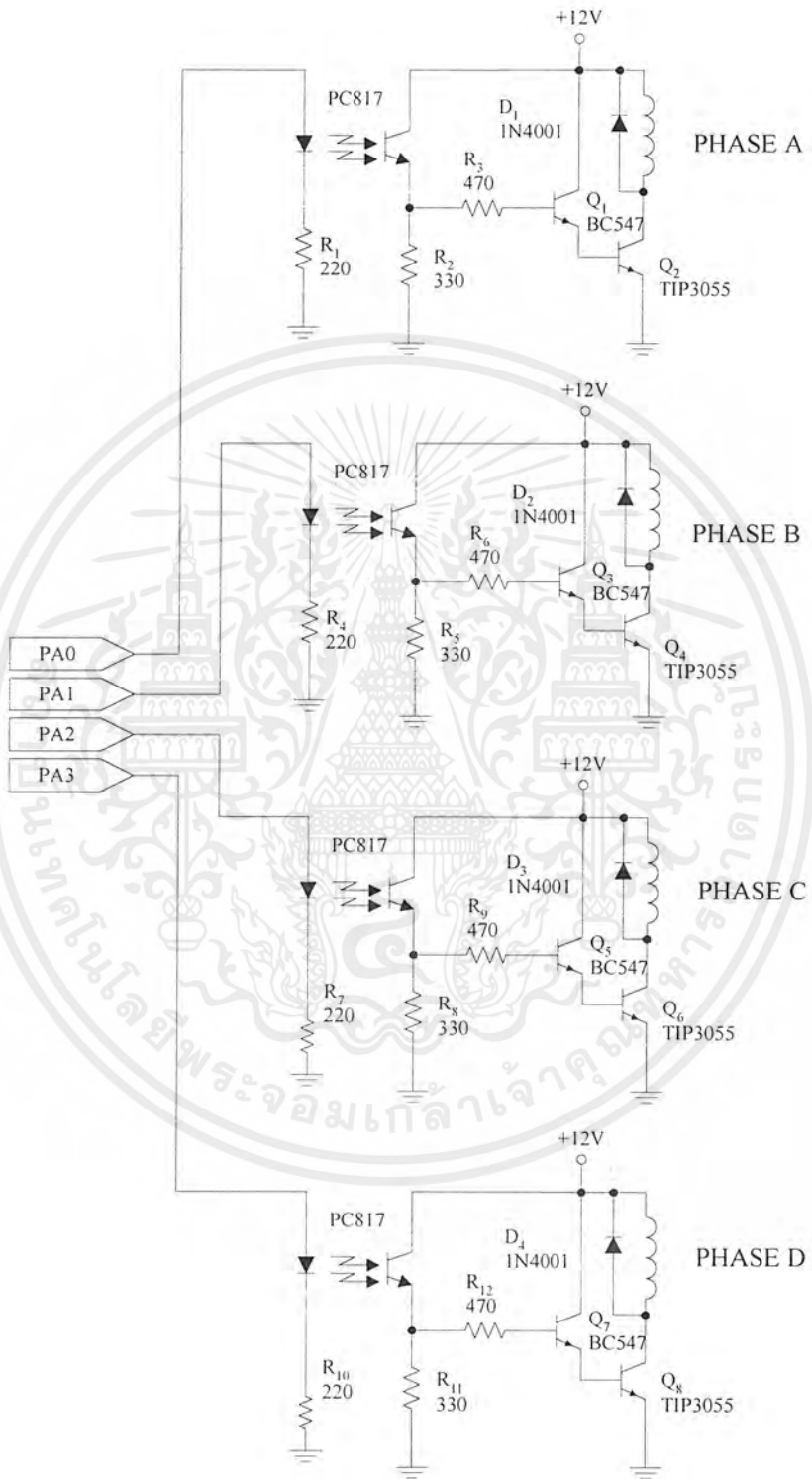
รูปที่ ข.2 วงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



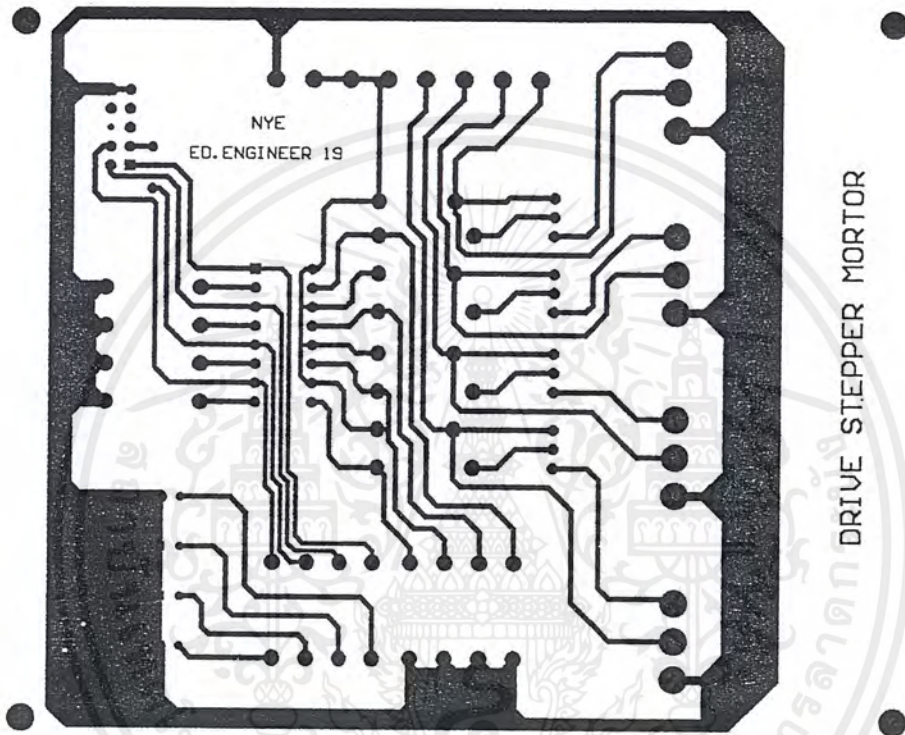
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์วงจรจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



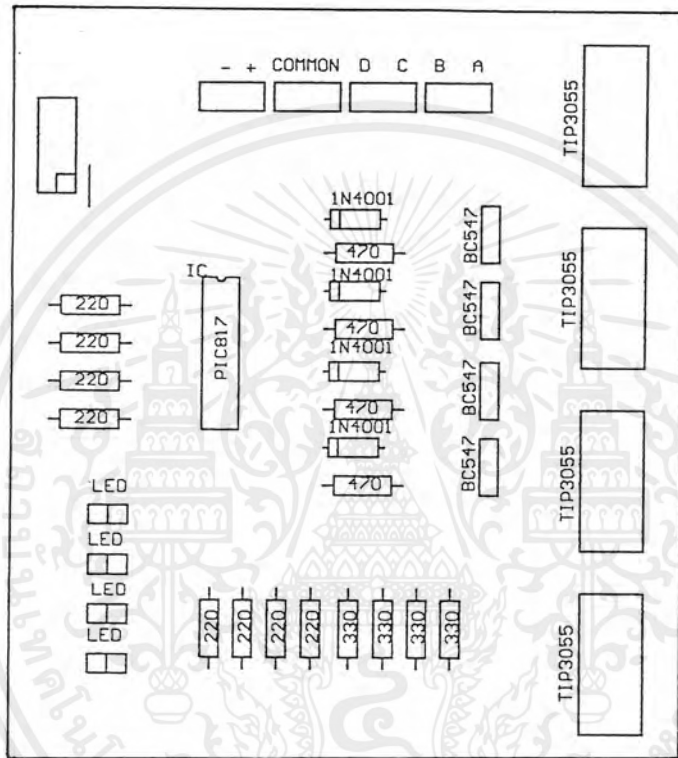
รูปที่ ข.4 วงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



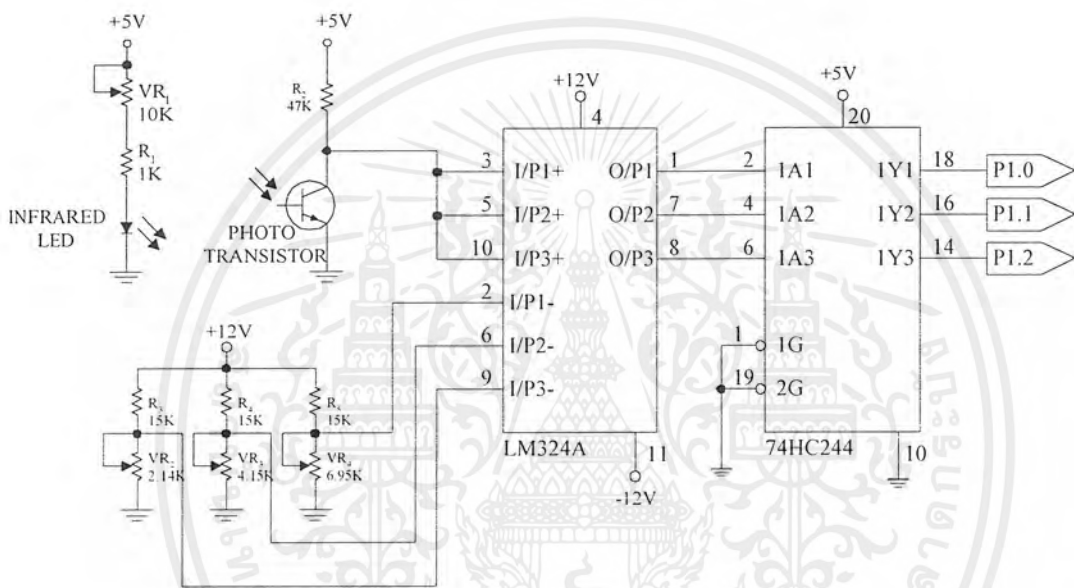
รูปที่ ข.5 วงจรพิมพ์ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



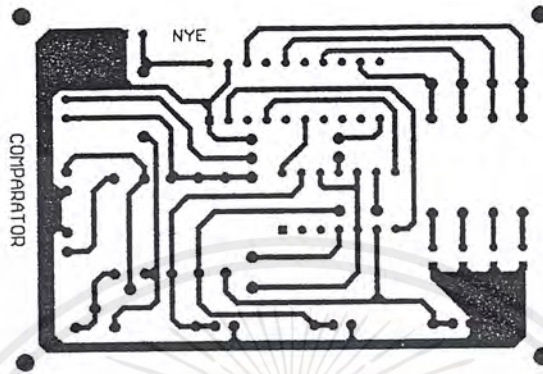
รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์ชุดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

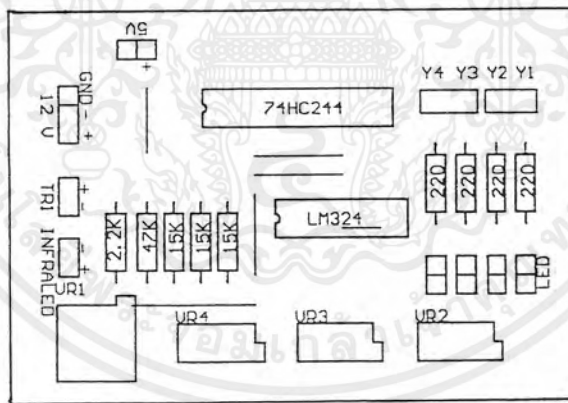


รูปที่ ข.7 วงจรอุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

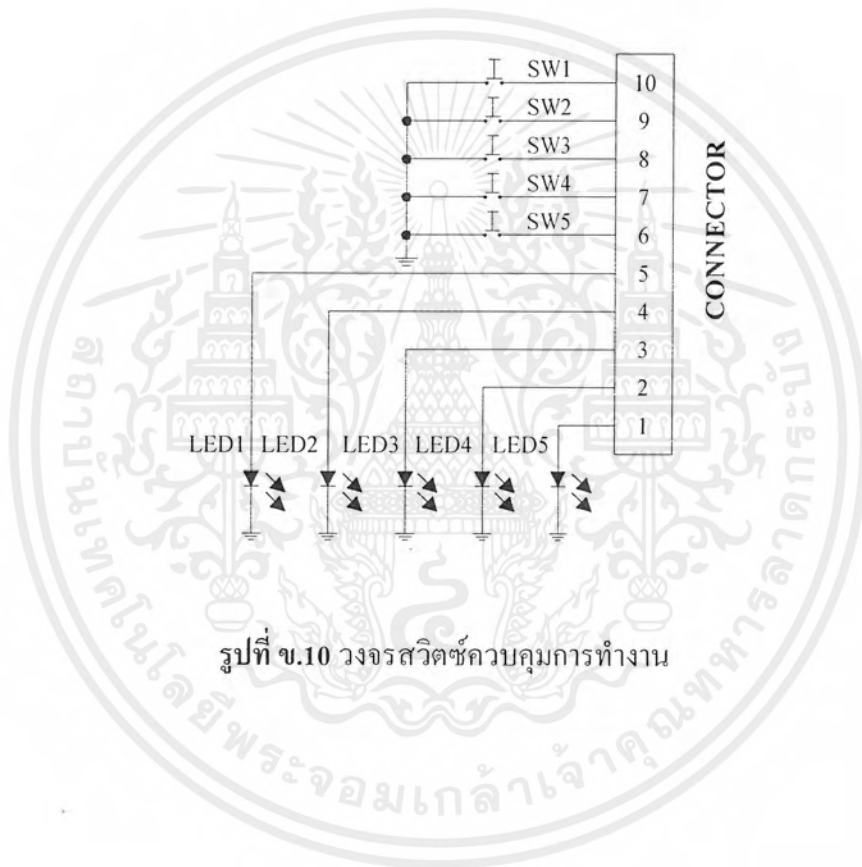


รูปที่ ข.8 วงจรพิมพ์อุปกรณ์ตรวจจับ

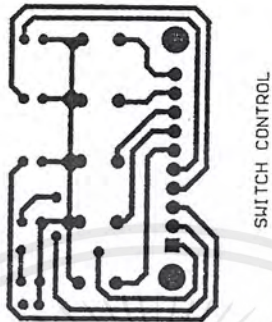


รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ตรวจจับ

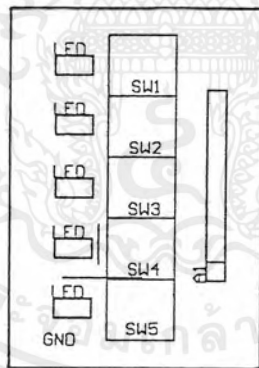
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

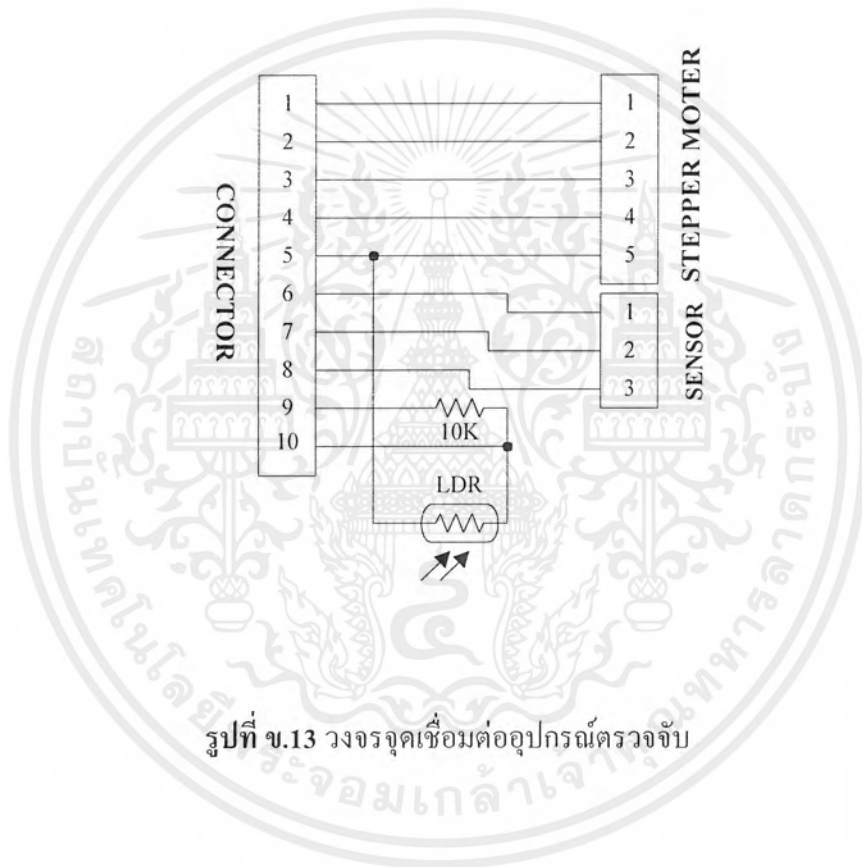


รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์สวิตช์ควบคุมการทำงาน



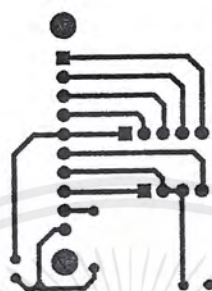
รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์สวิตช์ควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

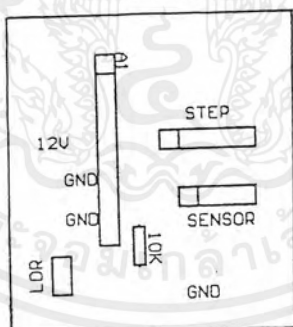


รูปที่ ข.13 วงจรจุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

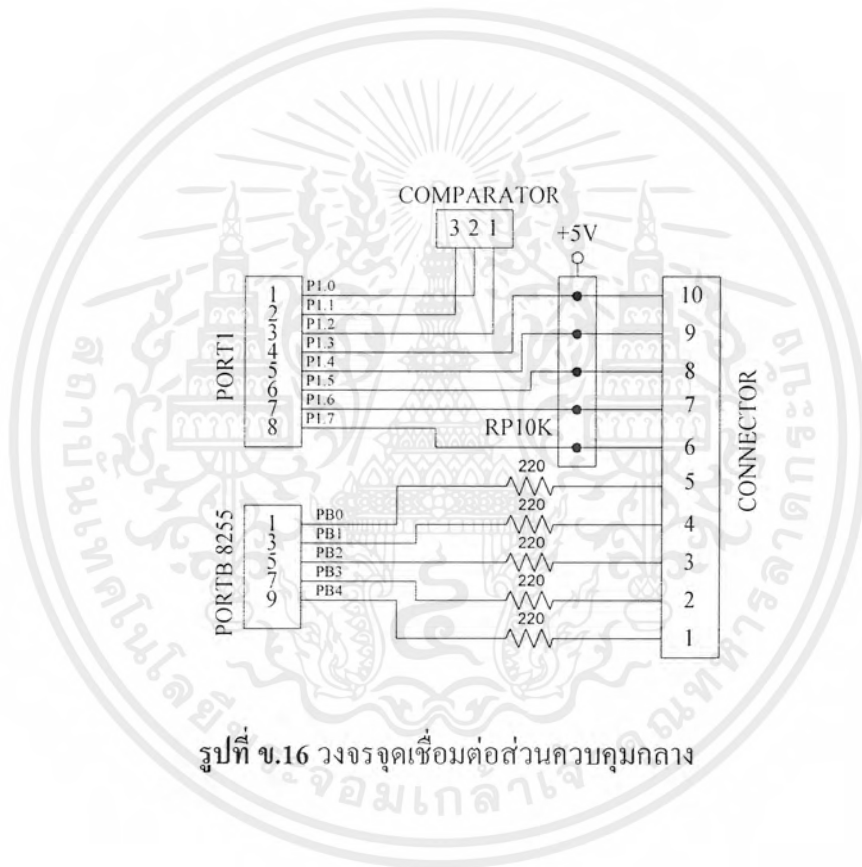


รูปที่ ข.14 สายวงจรพิมพ์จุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับ



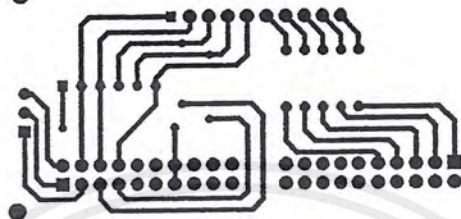
รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์จุดเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

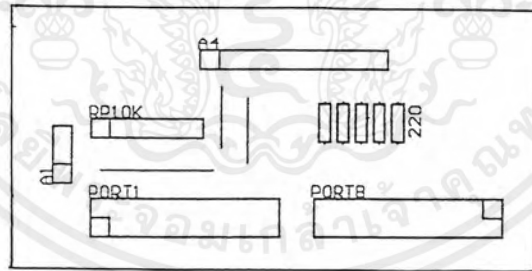


รูปที่ ข.16 วงจรจุดเชื่อมต่อส่วนควบคุมกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.17 ลายวงจรพิมพ์จุดเชื่อมต่อส่วนควบคุมกลาง

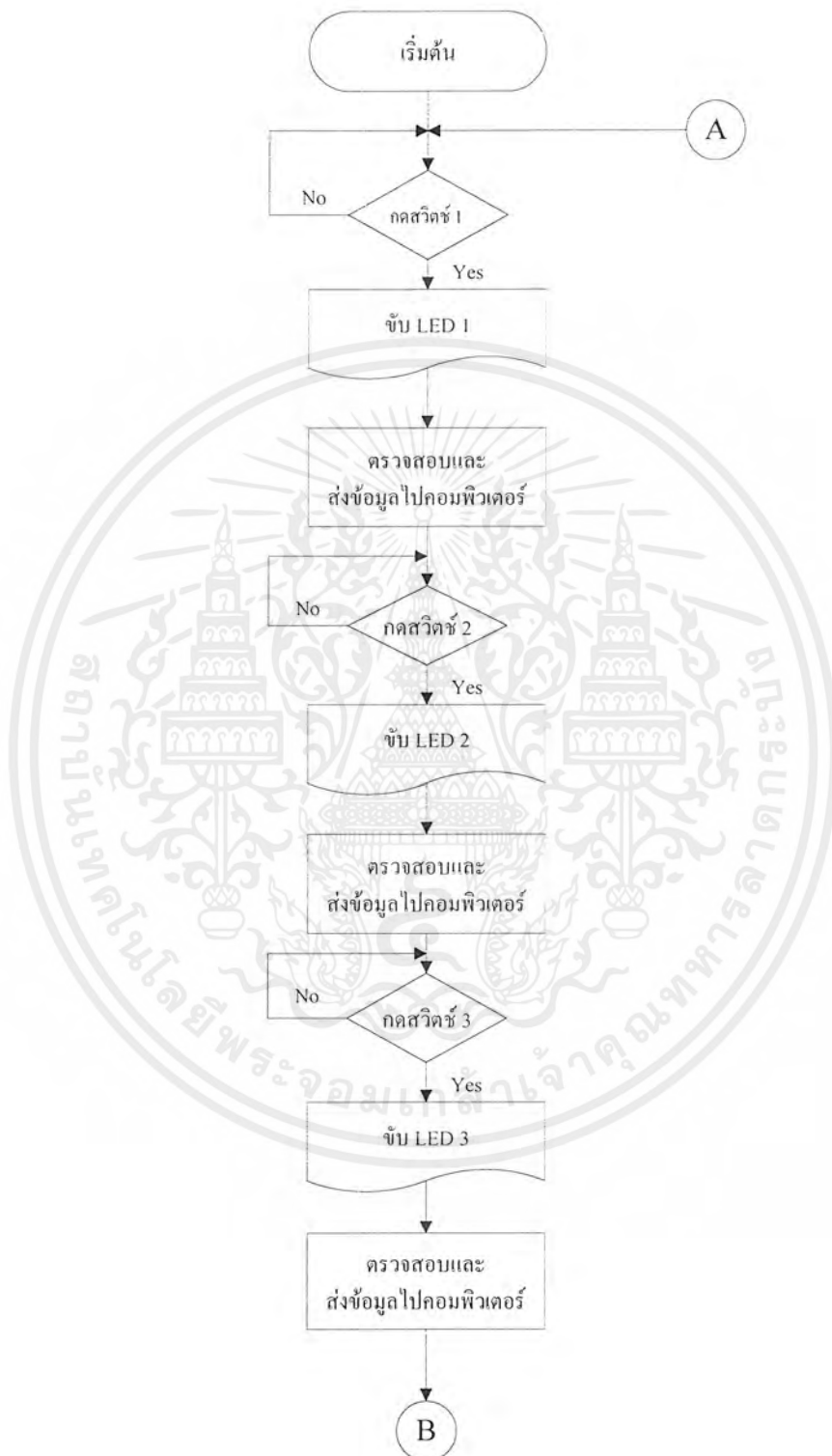


รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์จุดเชื่อมต่อส่วนควบคุมกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

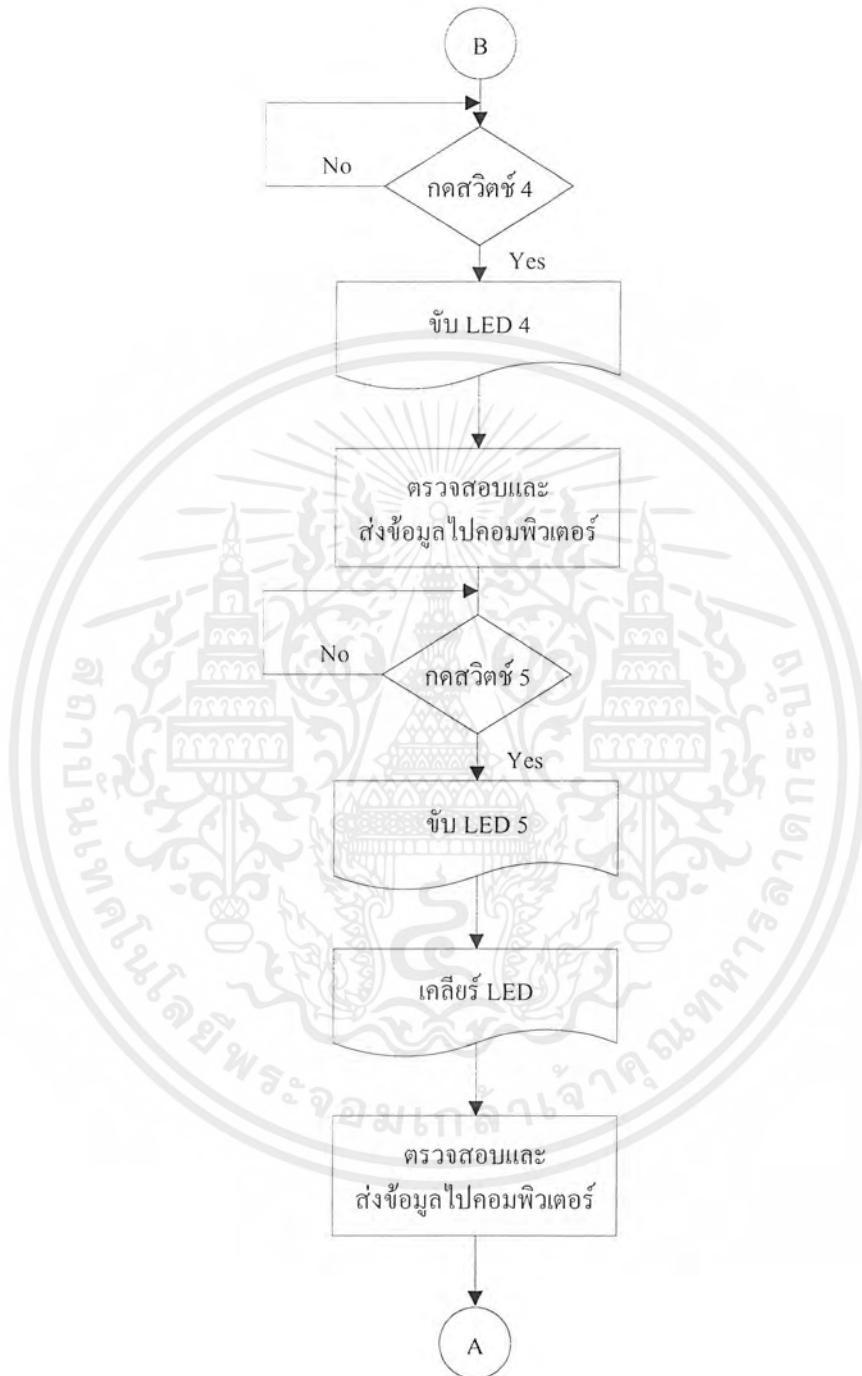


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



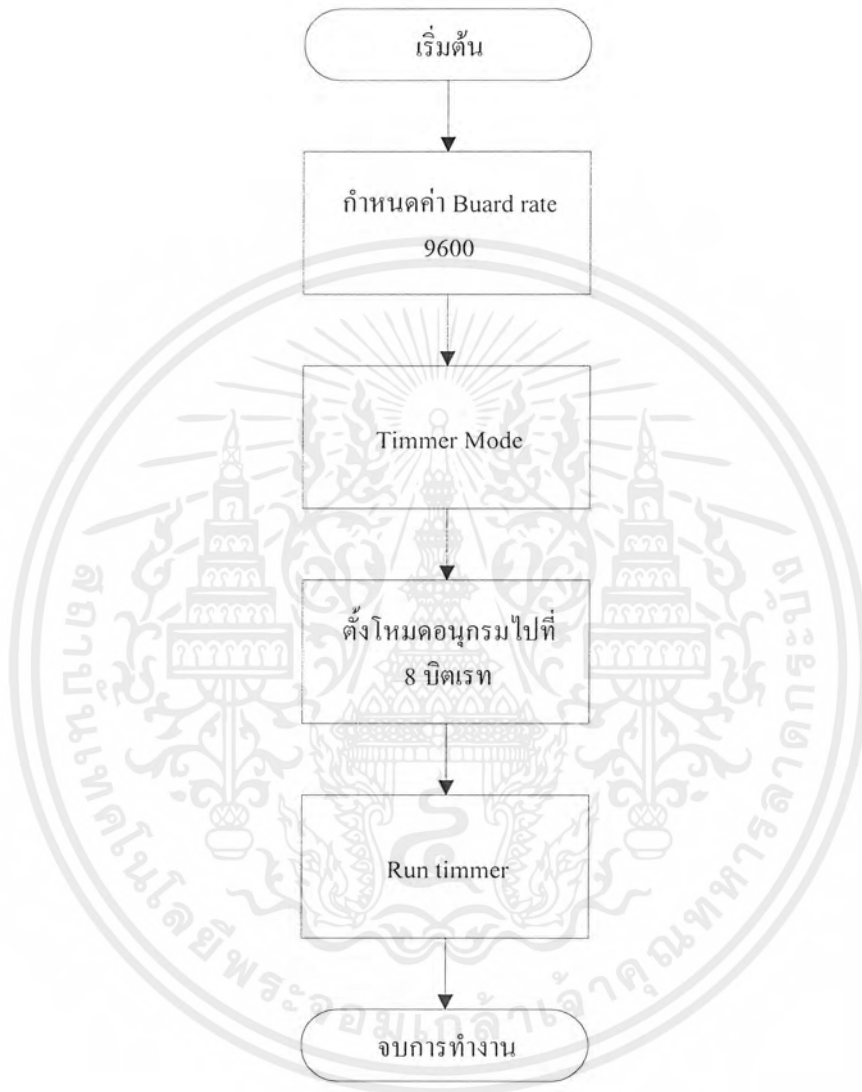
รูปที่ ค.1 ผังงานของ โปรแกรมส่วนควบคุมกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



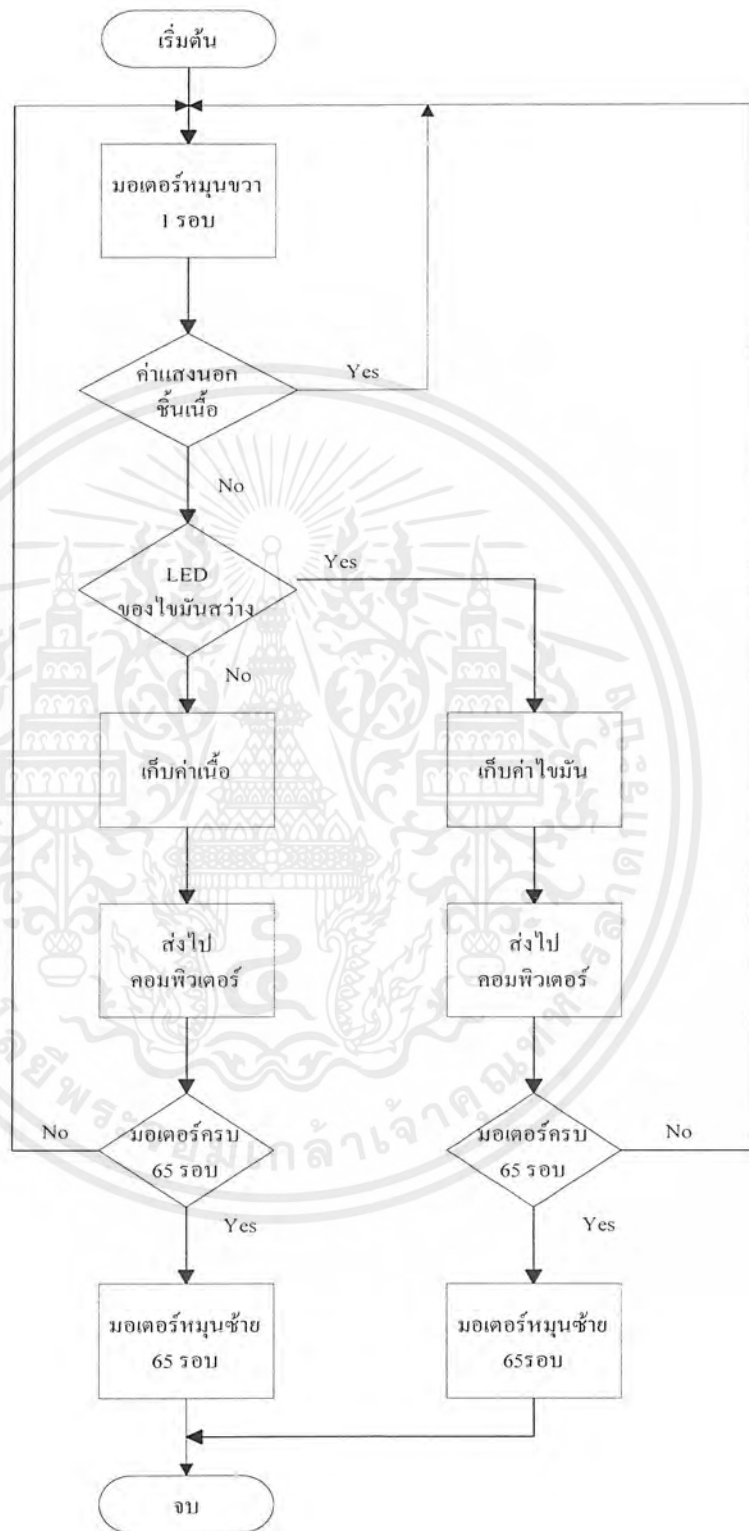
รูปที่ ก.1 (ต่อ) ผังงานของ โปรแกรมส่วนควบคุมกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 ผังงานของโปรแกรมการกำหนดค่าเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 ฟังงานของโปรแกรมเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;FILENAME          LEAN.ASM
;HARDWARE          LEAN EVALUATION INSTRUMENT
;ASSEMBLER        SXA51
;ADVISORS          MR.WISUIT ATIPORNTUM
;CREATE            1999

                ORG    0000H

;*****VARIABLE SET*****
RESERV          EQU    30H
SW_STEP         EQU    31H
;*****MAIN*****

MAIN_PROGRAM:
    LCALL DELAY
    LCALL DELAY
    MOV     A,#80h
    MOV     DPTR,#8003H
    MOVX    @DPTR,A
    MOV     SW_STEP,#1
    MOV     RESERV,#1

;*****CHECK KEY*****
CHK_KEY:
    MOV     R5,#0 ;R5=OIL,R6=BODY,R7=POSITION
    MOV     R6,#0
    MOV     R2,#0 ;R2 = BODY HIGH
    MOV     R7,#1
    CLR     A
    MOV     A,P1
    ANL     A,#0F8H
    RR      A
    RR      A
    RR      A
    CPL     A ;IF PUSH A=1-5 ELSE A=0
    ANL     A,#01FH
    JZ      CHK_KEY

NEXT_1:
    MOV     RESERV,A
    XRL     A,#1
    JZ      IS_STEP1
    JMP     NEXT_2

IS_STEP1:
    MOV     A,SW_STEP
    XRL     A,#1
    JZ      IS_1
    JMP     CHK_KEY

NEXT_2:
    MOV     A,RESERV
    MOV     RESERV,A
    XRL     A,#2
    JZ      IS_STEP2
    JMP     NEXT_3

IS_STEP2:
    MOV     A,SW_STEP
    XRL     A,#2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        JZ      IS_2
        JMP      CHK_KEY
NEXT_3:
        MOV     A,RESERV
        MOV     RESERV,A
        XRL    A,#4
        JZ     IS_STEP3
        JMP     NEXT_4
IS_STEP3:
        MOV     A,SW_STEP
        XRL    A,#3
        JZ     IS_3
        JMP     CHK_KEY
NEXT_4:
        MOV     A,RESERV
        MOV     RESERV,A
        XRL    A,#8
        JZ     IS_STEP4
        JMP     NEXT_5
IS_STEP4:
        MOV     A,SW_STEP
        XRL    A,#4
        JZ     IS_4
        JMP     CHK_KEY
NEXT_5:
        MOV     A,RESERV
        MOV     RESERV,A
        XRL    A,#10H
        JZ     IS_STEP5
        JMP     NEXT_1
IS_STEP5:
        MOV     A,SW_STEP
        XRL    A,#5
        JZ     IS_5
        JMP     CHK_KEY
IS_1:
        MOV     SW_STEP,#2
        MOV     DPTR,#8001H
        MOV     A,#1
        MOVX   @DPTR,A
        JMP     RUN_STEP
IS_2:
        MOV     SW_STEP,#3
        MOV     DPTR,#8001H
        MOV     A,#3
        MOVX   @DPTR,A
        JMP     RUN_STEP
IS_3:
        MOV     SW_STEP,#4
        MOV     DPTR,#8001H
        MOV     A,#7
        MOVX   @DPTR,A
        JMP     RUN_STEP
IS_4:
        MOV     SW_STEP,#5
        MOV     DPTR,#8001H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,#0FH          ;SET LED IS 4
MOVX     @DPTR,A
JMP      RUN_STEP_4
IS_5:
MOV      SW_STEP,#1
MOV      DPTR,#8001H
MOV      A,#01FH        ;SET LED IS 5
LCALL   SE_DELAY
MOV      DPTR,#8001H
MOV      A,#0H          ;SET LED IS 0
MOVX     @DPTR,A
JMP      RUN_STEP

RUN_STEP:
LCALL   RUN_FORWARD
MOV      A,R5
LCALL   SEND_TO_VB
LCALL   SE_DELAY
LCALL   SE_DELAY
LCALL   SE_DELAY
LCALL   RUN_BACKWARD
LJMP    CHK_KEY

RUN_STEP_4:
LCALL   RUN_FORWARD
MOV      A,R5
LCALL   SEND_TO_VB ;
LCALL   SE_DELAY
LCALL   SE_DELAY
MOV      A,R6
LCALL   SEND_TO_VB
LCALL   SE_DELAY
LCALL   SE_DELAY
MOV      A,R2
LCALL   SEND_TO_VB
LCALL   SE_DELAY
LCALL   SE_DELAY
LCALL   RUN_BACKWARD
LJMP    CHK_KEY

;***** DRIVE STEP AND CHECK COMPARE *****

RUN_FORWARD:
MOV      R1,#50          ;1 CYCLE=2.3 MM DEFAULT=105
START:   MOV      R0,#8
MOV      DPTR,#TABLE1
LOOP1:   CLR      A
MOV      MOV      A,@A+DPTR
INC      DPTR
PUSH     DPH
PUSH     DPL
MOV      DPTR,#8000H
MOVX     @DPTR,A
LCALL   CHK_COMPARE
POP      DPL
POP      DPH
LCALL   DELAY
DJNZ    R0,LOOP1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        DJNZ     R1, START
        MOV      A, #0
        MOVX    @DPTR, A
        LCALL   DELAY
        RET

;***** PLAY BACK *****

RUN_BACKWARD:
        MOV     R1, #50           ; 1 CYCLE = 2.3 MM
START2:  MOV     R0, #8
        MOV     DPTR, #TABLE2
LOOP2:   CLR     A
        MOVC   A, @A+DPTR
        INC    DPTR
        PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        MOV    DPTR, #8000H
        MOVX  @DPTR, A
        POP   DPL
        POP   DPH
        LCALL DELAYB
        DJNZ  R0, LOOP2
        DJNZ  R1, START2

;***** CLEAR STEP *****

        MOV    DPTR, #8000H
        MOV    A, #0
        MOVX  @DPTR, A
        RET

TABLE1:  DB 01H, 03H, 02H, 06H, 04H, 0CH, 08H, 09H
TABLE2:  DB 09H, 08H, 0CH, 04H, 06H, 02H, 03H, 01H

CHK_COMPARE:
        MOV    A, P1
        ANL   A, #07H           ; COMPARE IS P1(0-2)
        JZ    END_CHK_COMPARE
        DEC   A
        JZ    END_CHK_COMPARE
        DEC   A
        DEC   A
        JZ    IS_OIL
        AJMP  IS_BODY

IS_OIL:
        INC   R5
        AJMP  END_CHK_COMPARE

IS_BODY:
        INC   R6
        MOV   A, R6
        CJNE A, #00H, END_CHK_COMPARE
        INC   R2

END_CHK_COMPARE:
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SEND_TO_VB:
    MOV     SCON, #52H
    MOV     TMOD, #20H
    MOV     TH1, #0FDH
    SETB   TR1
LOOP:
    JNB    TI, LOOP
    CLR    TI
    MOV    SBUF, A
    ACALL SE_DELAY
    RET

SE_DELAY:
    MOV    R3, #0FFH
DELAY1:
    MOV    R4, #0FFH
DELAY2:
    NOP
    NOP
    DJNZ  R4, DELAY2
    DJNZ  R3, DELAY1
    RET

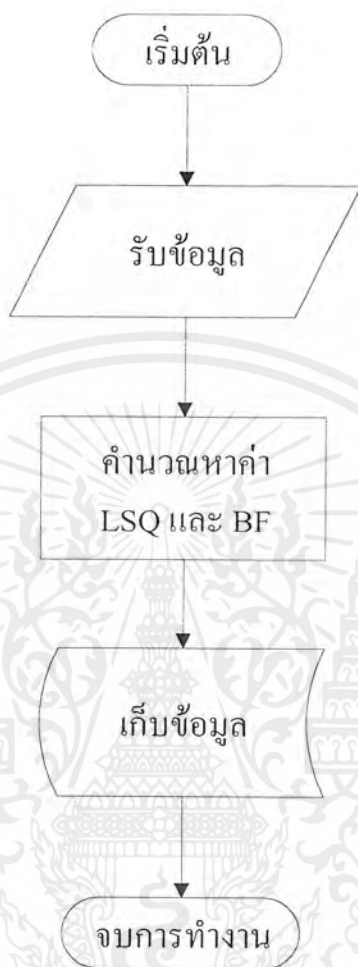
DELAY:
    MOV    R4, #0EH
DD:
    MOV    R3, #0H
    DJNZ  R3, $
    DJNZ  R4, DD
    RET

DELAYB:
    MOV    R4, #0DH
DDB:
    MOV    R3, #0H
    DJNZ  R3, $
    DJNZ  R4, DDB
    RET

    END

```

รูปที่ ค. 4 โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง



รูปที่ ค.5 ผังงานของโปรแกรมเก็บข้อมูล

```

Frmload (frmload.frm)
  Private Sub mnExit_Click()
    Unload Me
  End Sub
  Private Sub Command4_Click()
    Unload Me
  End Sub
  Private Sub Timer1_Timer()
    Unload Me
  End Sub

MDIForm1 (MDIForm1.frm)
  Private Sub MDIForm_Load()
    frmload.Show
  
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Sub
Private Sub mnuAdvanceReport_Click()
    frmAvdReport.Show
End Sub
Private Sub mnudon_Click()
    Form5.Show
End Sub
Private Sub mnuExit_Click()
    End
End Sub
Private Sub mnuHelp_Click()
    frmHelp.Show
End Sub
Private Sub mnujom_Click()
    frmAbout.Show
End Sub
Private Sub mnumo_Click()
    Form1.Show
End Sub
Private Sub mnunye_Click()
    Form4.Show
End Sub
Private Sub mnuo_Click()
    frmreport.Show
End Sub
Private Sub mnuShow_Click()
    Form3.Show
End Sub
Private Sub mnuStore_Click()
    Form2.Show
End Sub
Form2 (naiDatas.frm)
Dim SQL As String
Dim gDB As Database
Dim Recst As Recordset
Dim post As Integer
Dim a1, a2, a3, b, x1, x2 As Integer
Dim lsq, bf As Variant
Dim lbyte, hbyte As Byte
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Top = 100
    Left = 2000
    Width = 7430
    Height = 6900
    Set gDB = OpenDatabase(App.Path + "\pig.mdb")
    Set Recst = gDB.OpenRecordset("TABLE1",
dbOpenDynaset)
    Label8.Caption = Label8.Caption & " " & Format(Date,
"SHORT DATE")
    Line1.Visible = True
    Line2.Visible = False
    Line3.Visible = False

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Line4.Visible = False
Line5.Visible = False
' Use COM2
MSComm1.CommPort = 2
' 9600 baud, no parity, 8 data, and 1 stop bit.
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
' Tell the control to read entire buffer when Input
' is used.
MSComm1.InputLen = 0
' Open the port.
MSComm1.PortOpen = True
post = 0

End Sub
Private Sub MSComm1_OnComm()
' MSComm1.InputLen = 0
' Check for data.
post = post + 1
If MSComm1.InBufferCount Then
' Read data.
If post = 1 Then
Text1.Text = Asc(MSComm1.Input)
Line2.Visible = True
Line1.Visible = False
x1 = Val(Text1.Text) * 0.3
Text1.Text = x1
ElseIf post = 2 Then
Text2.Text = Asc(MSComm1.Input)
Line3.Visible = True
Line2.Visible = False
x2 = Val(Text2.Text) * 0.3
Text2.Text = x2
ElseIf post = 3 Then
Text3.Text = Asc(MSComm1.Input)
Line4.Visible = True
Line3.Visible = False
a1 = Val(Text3.Text) * 0.3
Text3.Text = a1
ElseIf post = 4 Then
Text5.Text = Asc(MSComm1.Input)
ElseIf post = 5 Then
Text6.Text = Asc(MSComm1.Input)
End If
' Wait for data to come back to the serial port.
If post = 4 Then
Text4.Text = Asc(MSComm1.Input)
a2 = Val(Text4.Text) * 0.3
Text4.Text = a2
MSComm1.InBufferCount = 0
Do
'Dummy = DoEvents()
Loop Until MSComm1.InBufferCount >= 1
lbyte = Asc(MSComm1.Input)
MSComm1.InBufferCount = 0
Do
'Dummy = DoEvents()
Loop Until MSComm1.InBufferCount >= 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    hbyte = Asc(MSComm1.Input)
    body = (hbyte * (16 * 16)) + lbyte
    ' Read the "OK" response data in the serial port.
    Text5.Text = body 'body      'Asc(MSComm1.Input)
    Line5.Visible = True
    Line4.Visible = False
    b = Val(Text5.Text) * 0.3
    Text5.Text = b
    End If
    If post = 5 Then
    Text6.Text = Asc(MSComm1.Input)
    a3 = Val(Text6.Text) * 0.3
    Text6.Text = a3
    If b = 0 Then b = 1
    lsq = (a1 + a2) / (2 * b)
    bf = ((x1 + x2) + (a1 + a2 + a3) / 3) / 3
    Text7.Text = Str(lsq)
    Text8.Text = bf
    post = 0
    On Error GoTo SaveErr
    Line1.Visible = True
    Line5.Visible = False
    With Recst
    .AddNew
    !x1 = Val(Text1.Text)
    !x2 = Val(Text2.Text)
    !a1 = Val(Text3.Text)
    !a2 = Val(Text4.Text)
    !b = Val(Text5.Text)
    !a3 = Val(Text6.Text)
    !lsq = Val(Text7.Text)
    !bf = Val(Text8.Text)
    !Dte = Format(Date, "SHORT DATE")
    .Update
    End With
    GoTo SaveEnd
SaveErr:
    MsgBox Error$
SaveEnd:
    End If
    ' Close the serial port.
    ' Comm1.PortOpen = False
End If
    MSComm1.InBufferCount = 0
End Sub
Private Sub Text8_Change()
'On Error GoTo SaveErr
    ' Line1.Visible = True
    ' Line5.Visible = False
    ' With Recst
    ' .AddNew
    ' !X1 = Val(Text1.Text)
    ' !X2 = Val(Text2.Text)
    ' !A1 = Val(Text3.Text)
    ' !A2 = Val(Text4.Text)
    ' !B = Val(Text5.Text)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'      !A3 = Val(Text6.Text)
'      !LSQ = Val(Text7.Text)
'      !BF = Val(Text8.Text)
'      !Dte = Format(Date, "SHORT DATE")
'      .Update
'      End With
'      GoTo SaveEnd
'SaveErr:
'      MsgBox Error$
'SaveEnd:
End Sub

Form3 (naiData.frm)
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Datal.RecordSource = "SELECT * FROM TABLE1 WHERE DTE="
' + Text1.Text + ""
    Datal.Refresh
End Sub
Private Sub Command3_Click()
    On Error Resume Next
    Datal.RecordSource = Text2.Text
    Datal.Refresh
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Datal.DatabaseName = App.Path + "\pig.mdb"
    Text1.Text = Format(Date, "SHORT DATE")
End Sub
Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If Text1.Text <> "" And KeyAscii = 13 Then
        Command2_Click
    End If
End Sub
Private Sub Text2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    If Text2.Text <> "" And KeyAscii = 13 Then
        Command3_Click
    End If
End Sub

Frmreport (frmreport.frm)
Private Sub Command1_Click()
    CrystalReport1.SelectionFormula = "{table1.dte} = '"
+ Text1.Text + "'"
    If Text1.Text = "" Then
CrystalReport1.SelectionFormula = ""
        CrystalReport1.Action = 1
    End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

FrmAvdReport (frmAvdReport.frm)
Private Sub Form_Load()
    Text1.Text = Format(Date, "SHORT DATE")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Sub
Private Sub Command1_Click()
    frmreport.CrystalReport1.SelectionFormula =
Text1.Text
    'If Text1.Text = "" Then
CrystalReport1.SelectionFormula = ""
    frmreport.CrystalReport1.Action = 1
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

Form1(Form1.frm)
Private Sub Command1_Click()
    Form6.Show
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Top = 300
    Left = 2000
    Width = 6690
    Height = 7695
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub

FormAbout (frmAbout.frm)
Private Sub Command1_Click()
    About.Show
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Top = 200
    Left = 2000

    Width = 6690
    Height = 7695
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub

Form4 (form4.frm)
Private Sub Command1_Click()
    Form7.Show
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub Form_Load()
    Top = 300
    Left = 2000
    Width = 7000
    Height = 7950
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub

Form5 (Form5.frm)
Private Sub Command1_Click()
    Form8.Show
End Sub
Private Sub Command2_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Top = 300
    Left = 2000
    Width = 6690
    Height = 7695
End Sub
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub

FrmHelp (frmhelp.frm)
Private Sub Command1_Click()
    Unload Me
End Sub
Private Sub Form_Load()
    Top = 285
    Left = 2000
    Width = 6825
    Height = 7170
End Sub

```

รูปที่ ค.6 โปรแกรมเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รายการอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ

|                               |   |     |
|-------------------------------|---|-----|
| คาปาซิเตอร์ 4700 $\mu$ F/50V  | 2 | ตัว |
| คาปาซิเตอร์ 2200 $\mu$ F/50V  | 1 | ตัว |
| คาปาซิเตอร์ 1 $\mu$ F/50V     | 3 | ตัว |
| คาปาซิเตอร์ 0.1 $\mu$ F       | 6 | ตัว |
| ไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์ FL401 | 2 | ตัว |
| ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP2955     | 1 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 3.3 โอห์ม          | 1 | ตัว |
| ไอซีเบอร์ 7812                | 1 | ตัว |
| ไอซีเบอร์ 7912                | 1 | ตัว |
| ไอซีเบอร์ 7805                | 1 | ตัว |

### รายการอุปกรณ์ชุดอุปกรณ์ตรวจจับ

|                                    |   |     |
|------------------------------------|---|-----|
| รีซิสเตอร์ 220 โอห์ม               | 4 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 15 กิโลโอห์ม            | 3 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 47 กิโลโอห์ม            | 1 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 2.2 กิโลโอห์ม           | 1 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 10 กิโลโอห์ม            | 1 | ตัว |
| แอลอีดี                            | 4 | ตัว |
| วาริเอเบิลรีซิสเตอร์ 10 กิโลโอห์ม  | 3 | ตัว |
| รีซิสเตอร์แบบเกือกม้า 10 กิโลโอห์ม | 1 | ตัว |
| แอลอีดี อินฟราเรด                  | 1 | ตัว |
| ไฟได้ทรานซิสเตอร์                  | 1 | ตัว |
| ไอซีเบอร์ LM324A                   | 1 | ตัว |
| ไอซีเบอร์ 74HC244                  | 1 | ตัว |
| แอลซีดี                            | 1 | ตัว |
| ดีซีโวลต์มิเตอร์                   | 1 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รายการอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์

|                             |   |     |
|-----------------------------|---|-----|
| รีซิสเตอร์ 220 โอห์ม        | 8 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 330 โอห์ม        | 4 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 470 โอห์ม        | 4 | ตัว |
| ไดโอดเบอร์ 1N4001           | 4 | ตัว |
| แอลอีดี                     | 4 | ตัว |
| ไฟโต้ไอโซเลเตอร์เบอร์ PC817 | 4 | ตัว |
| ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547     | 4 | ตัว |
| ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP3055   | 4 | ตัว |

### รายการอุปกรณ์ชุดควบคุม

|                                |   |     |
|--------------------------------|---|-----|
| ไมโครสวิทช์                    | 5 | ตัว |
| แอลอีดี                        | 8 | ตัว |
| รีซิสเตอร์แบบแพ็ค 10 กิโลโอห์ม | 1 | ตัว |
| รีซิสเตอร์ 220 โอห์ม           | 5 | ตัว |
| สวิทช์รีเซ็ต                   | 1 | ตัว |

### รายการอุปกรณ์อื่นๆ

|  |   |     |
|--|---|-----|
| ทรานฟอร์มเมอร์ 250 โวลต์ 3 A           | 1 | ตัว |
| สตีปเปอร์มอเตอร์                       | 1 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ DB 25                     | 1 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ RS232                     | 1 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ 10 ขา                     | 3 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ 5 ขา                      | 1 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ 4 ขา                      | 1 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ 3 ขา                      | 8 | ตัว |
| คอนเน็คเตอร์ 2 ขา                      | 2 | ตัว |
| ฟิวส์ และกระบอกฟิวส์ 250 โวลต์ 3 แอมป์ | 1 | ชุด |
| สวิทช์ไฟ                               | 1 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   |    |       |
|---|----|-------|
| แผ่นระบายความร้อน                             | 8  | ตัว   |
| กล่องวางอุปกรณ์ขนาด กว้าง 10 นิ้ว ยาว 10 นิ้ว | 1  | กล่อง |
| สายไฟ   | 56 | เมตร  |
| สายเชื่อมต่อ RS232C                           | 12 | เมตร  |
| ท่อหด   | 2  | เมตร  |



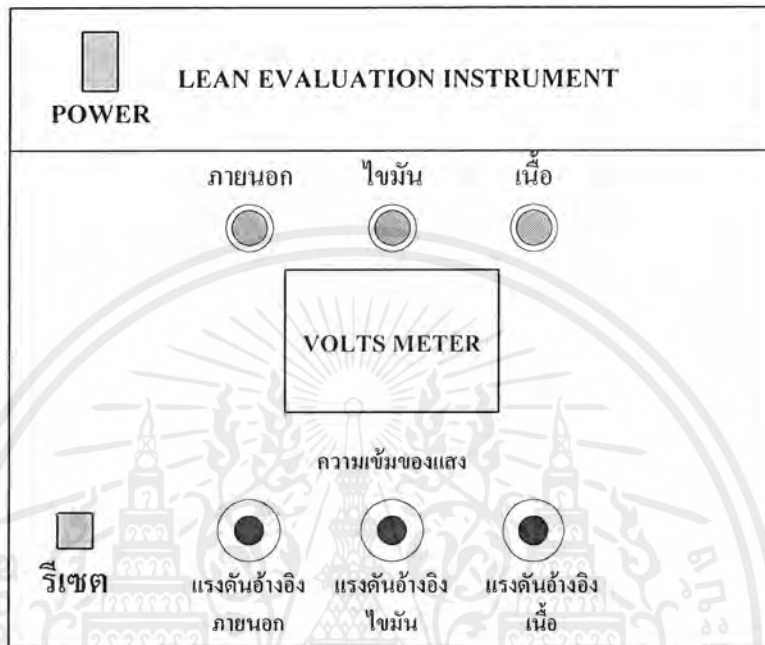
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ  
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คู่มือการใช้งานเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง



รูปที่ จ.1 ปุ่มปรับต่างๆ ของเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง

### หน้าที่การทำงานส่วนต่างๆ ของเครื่อง

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. สวิตช์เปิด-ปิด              | เปิด-ปิดเครื่อง  |
| 2. สวิตช์รีเซ็ต                | กดสวิตช์เมื่อเครื่องมีปัญหา เช่นการส่งข้อมูลเกิดการผิดพลาด                                       |
| 3. มิเตอร์แสดงแรงดันไฟ DC      | บอกถึงความเข้มของแสงบริเวณรอบข้าง ถ้าแสงมากแรงดันจะมาก แสงน้อยแรงดันจะน้อย                       |
| 4. ปุ่มปรับแรงดันอ้างอิงภายนอก | ใช้ปรับแรงดันให้มีค่าเหมาะสมกับแสงบริเวณรอบข้าง เมื่อแรงดันมีค่าเหมาะสม LED (ภายนอก) จะติดสว่าง  |
| 5. ปุ่มปรับแรงดันอ้างอิงไขมัน  | ใช้ปรับแรงดันให้มีค่าเหมาะสมกับไขมันที่ต้องการวัด เมื่อแรงดันมีค่าเหมาะสม LED (ไขมัน) จะติดสว่าง |
| 6. ปุ่มปรับแรงดันอ้างอิงเนื้อ  | ใช้ปรับแรงดันให้มีค่าเหมาะสมกับเนื้อที่ต้องการวัดเมื่อแรงดันมีค่าเหมาะสม LED (เนื้อ) จะติดสว่าง  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สาย RS-232

ใช้สำหรับส่งข้อมูลจากเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง ไปเก็บไว้ใน โปรแกรมเก็บข้อมูล โดยต่อเข้ากับคอนเน็คเตอร์ DB25 ในตำแหน่ง COM2 ของเครื่องคอมพิวเตอร์

### ขั้นตอนในการใช้งาน

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเข้าโปรแกรม LEI เมื่อเข้าสู่โปรแกรมแล้ว กดที่เพิ่ม แล้วเลือกไปที่การเก็บข้อมูล
2. เปิดเครื่องประเมินปริมาณเนื้อแดง
3. ปรับปุ่มแรงดันอ้างอิงภายนอกโดยปรับปุ่มให้ LED (ภายนอก) ติดสว่างและหยุดหมุนทันที
4. ปรับปุ่มแรงดันอ้างอิงไขมัน โดยทดสอบกับส่วนที่เป็นไขมันของซากสุกร และทำการปรับปุ่มให้ LED (ไขมัน) สว่างและหยุดหมุนทันที
5. ปรับปุ่มแรงดันอ้างอิงเนื้อ โดยทดสอบกับส่วนที่เป็นเนื้อของซากสุกร และทำการปรับปุ่มให้ LED (เนื้อ) ติดสว่างและหยุดหมุนทันที
6. วัดซากสุกรครั้งที่ 1 โดยวัดที่ตำแหน่งความหนาของไขมันที่ใหญ่ และกดปุ่มที่ด้ามจับปุ่มที่ 1 รอจนกว่าตัวตรวจจับกลับ ไปอยู่ในตำแหน่งเดิมแล้วค่อยวัดในตำแหน่งถัดไป
7. วัดซากสุกรครั้งที่ 2 โดยวัดที่ตำแหน่งความหนาของไขมันที่กลางหลัง และกดปุ่มที่ด้ามจับที่ 2 รอจนกว่าตัวตรวจจับกลับ ไปอยู่ในตำแหน่งเดิมแล้วค่อยวัดในตำแหน่งถัดไป
8. วัดซากสุกรครั้งที่ 3 โดยวัดที่ตำแหน่งความหนาของไขมันที่สะโพก และกดปุ่มที่ด้ามจับปุ่มที่ 3 รอจนกว่าตัวตรวจจับกลับ ไปอยู่ในตำแหน่งเดิมแล้วค่อยวัดในตำแหน่งถัดไป
9. วัดซากสุกรครั้งที่ 4 โดยวัดที่ตำแหน่งความหนาของไขมันที่สะโพกตรงส่วนหลังของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม และความหนาของกล้ามเนื้อสันหลังตอนปลาย และกดปุ่มที่ด้ามจับที่ 4 รอจนกว่าตัวตรวจจับกลับ ไปอยู่ในตำแหน่งเดิมแล้วค่อยวัดในตำแหน่งถัดไป
10. วัดซากสุกรครั้งที่ 5 โดยวัดที่ตำแหน่งความหนาของไขมันที่สะโพกตรงส่วนหลังของกล้ามเนื้อสามเหลี่ยม และกดปุ่มที่ด้ามจับปุ่มที่ 5 รอจนกว่าตัวตรวจจับกลับ ไปอยู่ในตำแหน่งเดิม
11. เมื่อวัดซากสุกรครบ 5 ครั้งแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณค่า LSQ และ BF และจะแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ในส่วนของการเก็บข้อมูล
12. เมื่อต้องการทราบค่าที่วัดซากสุกรในวัดใดให้เลือกไปที่เมนูเพิ่ม และเลือกแสดงข้อมูลแล้วใส่วันที่ เดือน และปี ค.ศ. ที่ต้องการ และกด OK หน้าจอก็จะแสดงค่า a1, a2, b, a3, x1, x2, LSQ, และBF ที่ทำการเก็บข้อมูลของวันนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เมื่อต้องการพิมพ์ข้อมูล ให้เลือกไปที่แฟ้ม แล้วเลือกพิมพ์ โดยสามารถเลือกว่าต้องการพิมพ์ข้อมูลที่เก็บของวันนั้นๆ หรือพิมพ์เฉพาะค่าต่างๆ ที่ต้องการทราบได้ โดยใช้คำสั่งของภาษา SQL



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ  
รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IS80C51/31

## CMOS SINGLE CHIP 8-BIT MICROCONTROLLER

PRELIMINARY  
JUNE 1997

### FEATURES

- 4K x 8 ROM (IS80C51 only)
- 128 x 8 RAM
- Two 16-bit timers/counters
- Full duplex serial channel
- Boolean processor
- Four 8-bit I/O ports, 32 I/O lines
- External memory expandable to 128K
- CMOS and TTL compatible
- Maximum speed range: 40 MHz @ Vcc = 5V
- Packages available:
  - 40-pin DIP
  - 44-pin PLCC
  - 44-pin PQFP

### GENERAL DESCRIPTION

The ISSI IS80C51/31 is a high-performance microcontroller fabricated using high-density CMOS technology. The CMOS IS80C51/31 is functionally compatible with the NMOS Intel 8051/31 microcontroller.

The IS80C51 is designed with 4K x 8 ROM; 128 x 8 RAM; 32 I/O lines for either multiprocessor communications, I/O expansion, or full duplex UART; two 16-bit timers/counters; a five-source, two-priority-level, nested interrupt structure; and an on-chip oscillator and clock circuit. The IS80C51 can be expanded using standard TTL compatible memory.

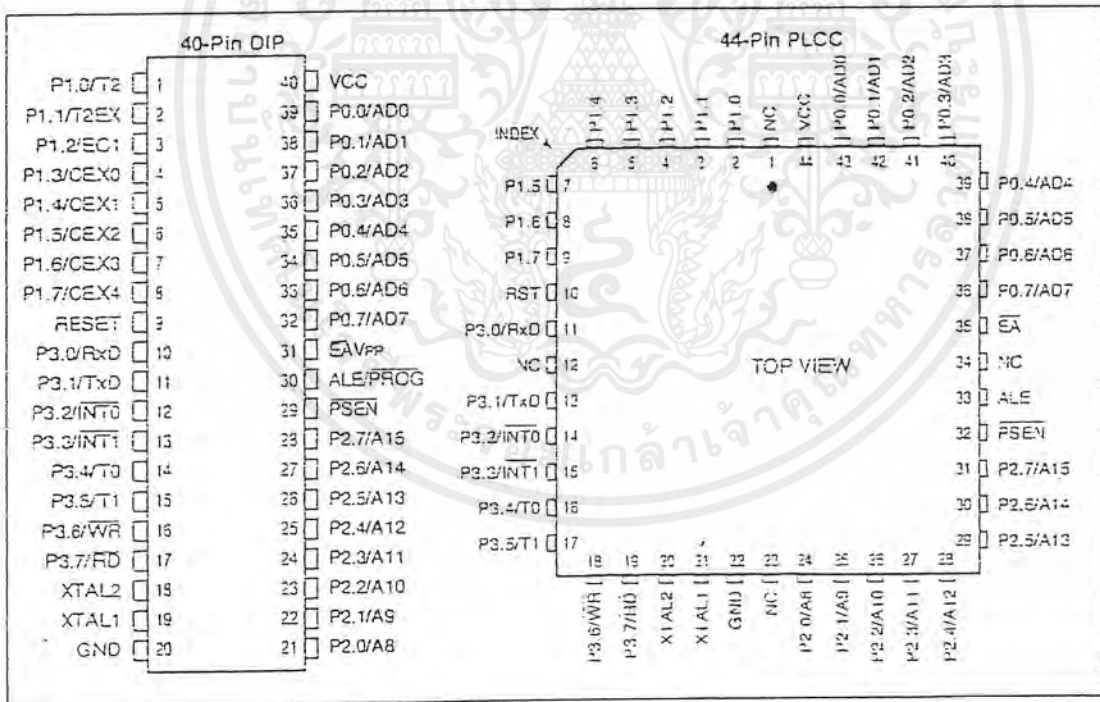


Figure 1. IS80C51/31 Pin Configurations

This document contains PRELIMINARY data. ISSI reserves the right to make changes in its products at any time without notice in order to improve design and supply the best possible product. We assume no responsibility for any errors which may appear in this publication. © Copyright 1997, Integrated Silicon Solution, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

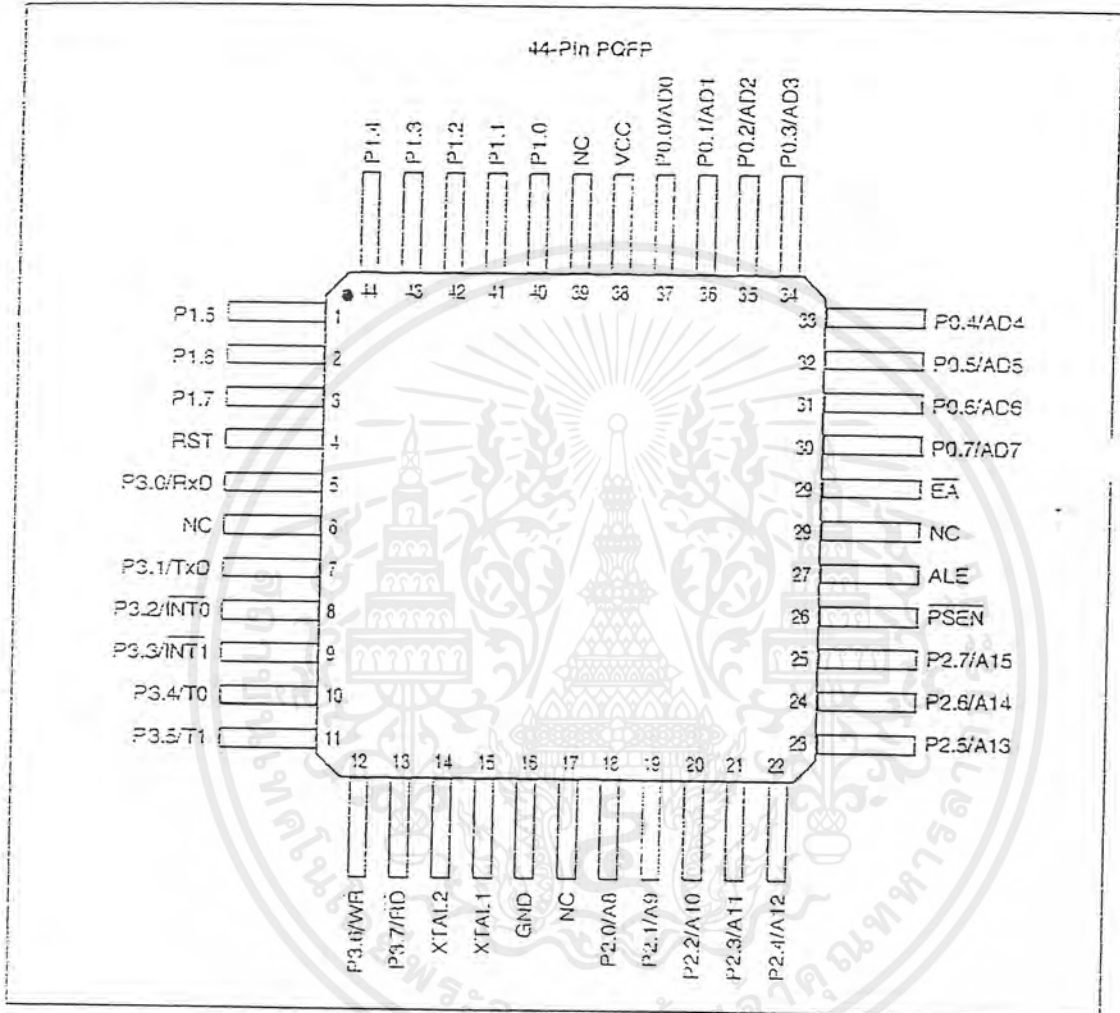


Figure 1. IS80C51/31 Pin Configurations (continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

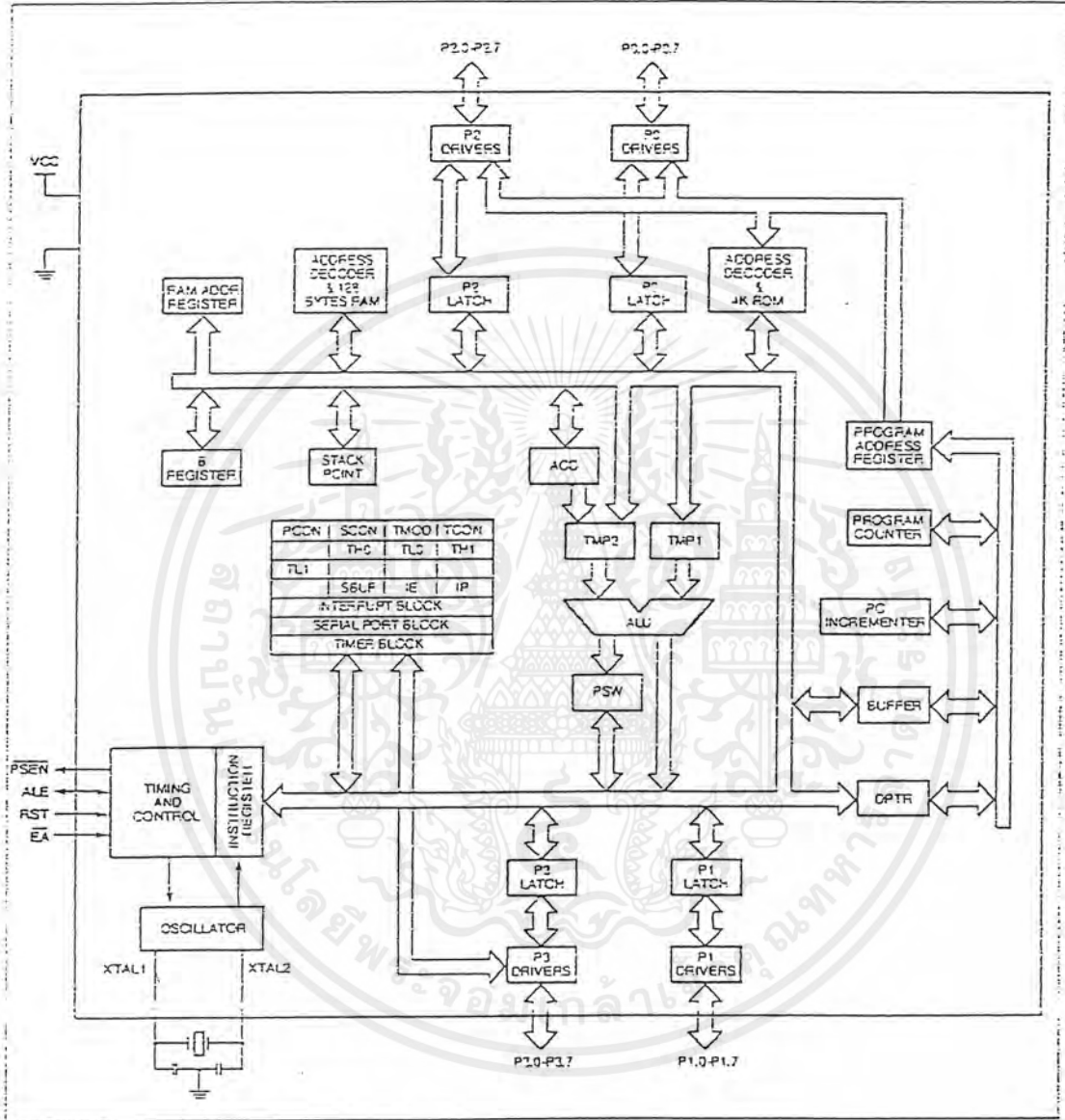


Figure 2. IS80C51 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## IS80C51/31



## PIN DESCRIPTION

| Symbol    | DIP   | PLCC      | QFP     | I/O | Name and Function   |
|-----------|-------|-----------|---------|-----|---|
| P1.0-P1.7 | 1-8   | 2-9       | 40-44   | I/O | Port 1: Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 1 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled low will source current because of the internal pullups.   |
| RS7       | 9     | 10        | 4       | I   | Reset: A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running, resets the device. An internal diffused resistor to GND permits a power-on reset using only an external capacitor. A small internal resistor permits power-on reset using only a capacitor connected to VCC.  |
| P3.0-P3.7 | 10-17 | 11, 13-19 | 5, 7-13 | I/O | Port 3: Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally pulled low will source current because of the internal pullups.<br><br>Port 3 also serves the special features of the IS80C51, as listed below:   |
|           | 10    | 11        | 5       | I   | RxD (P3.0): Serial input port   |
|           | 11    | 13        | 7       | O   | TxD (P3.1): Serial output port  |
|           | 12    | 14        | 8       | I   | $\overline{\text{INT0}}$ (P3.2): External interrupt   |
|           | 13    | 15        | 9       | I   | $\overline{\text{INT1}}$ (P3.3): External interrupt   |
|           | 14    | 16        | 10      | I   | T0 (P3.4): Timer 0 external input   |
|           | 15    | 17        | 11      | I   | T1 (P3.5): Timer 1 external input   |
|           | 16    | 18        | 12      | O   | $\overline{\text{WR}}$ (P3.6): External data memory write strobe  |
|           | 17    | 19        | 13      | O   | $\overline{\text{RD}}$ (P3.7): External data memory read strobe   |
| XTAL 2    | 18    | 20        | 14      | O   | Crystal 2: Output from the inverting oscillator amplifier.  |
| XTAL 1    | 19    | 21        | 15      | I   | Crystal 1: Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generator circuits.  |
| GND       | 20    | 22        | 16      | I   | Ground: 0V reference.   |
| P2.0-P2.7 | 21-28 | 24-31     | 18-25   | I/O | Port 2: Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled low will source current because of the internal pullups. Port 2 emits the high order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that used 16-bit addresses. In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses, Port 2 emits the contents of the P2 special function register. |

(continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IS80C51/31



## PIN DESCRIPTION (continued)

| Pin Symbol               | DIP   | PLCC  | QFP   | I/O | Name and Function  |
|--------------------------|-------|-------|-------|-----|--|
| $\overline{\text{PSEN}}$ | 29    | 32    | 26    | O   | Program Store Enable: The read strobe to external program memory. When the device is executing code from the external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory. $\overline{\text{PSEN}}$ is not activated during fetches from internal program memory. |
| ALE                      | 30    | 33    | 27    | I/O | Address Latch Enable: Output pulse for latching the low byte of the address during an address to the external memory. In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and be used for external timing or clocking. Note that one ALE pulse is skipped during each access external data memory.   |
| EA                       | 31    | 35    | 29    | I   | External Access enable: $\overline{\text{EA}}$ must be externally held low to enable the device to fetch code from external program memory locations 0000H to 0FFFH. If $\overline{\text{EA}}$ is held high, the device executes from internal program memory unless the program counter contains an address greater than 0FFFH.   |
| P0.0-P0.7                | 39-32 | 43-36 | 30-37 | I/O | Port 0: Port 0 is an open-drain, bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s.  |
| Vcc                      | 40    | 44    | 38    | I   | Power Supply: This is the power supply voltage for operation.  |

## OPERATING DESCRIPTION

The detail description of the IS80C51 included in this description are:

- Memory map and registers
- Timers/counters
- Serial interface
- Interrupt system
- Instruction
- Other information

## Memory Map and Registers

## Memory

The IS80C51 has separate address spaces for program and data memory. The program memory can be up 64K bytes long. The lower 4K can reside on-chip. Figure 3 shows a map of the IS80C51 program memory.

The IS80C51 has 128 bytes of on-chip RAM, plus a number of special function registers. The lower 128 bytes can be accessed either by direct addressing or by indirect addressing. Figure 4 shows data memory origination.

Integrated Silicon Solution, Inc.

PRELIMINARY MCS03-16

5/10/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IS80C51/31



## SPECIAL FUNCTION REGISTER

| Symbol              | Description         | Direct Address | Bit Address, Symbol, or Alternative Port Function |     |    |    |      |     |    |     | Reset Value |      |      |      |      |      |      |           |           |
|---------------------|---------------------|----------------|---|-----|----|----|------|-----|----|-----|-------------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----------|
| ACC <sup>(1)</sup>  | Accumulator         | E0H            | E7  | E6  | E5 | E4 | E3   | E2  | E1 | E0  | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| B <sup>(1)</sup>    | B register          | F0H            | F7  | F6  | F5 | F4 | F3   | F2  | F1 | F0  | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| DPH                 | Data pointer high   | 83H            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| DPL                 | Data pointer low    | 82H            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| IE <sup>(1)</sup>   | Interrupt enable    | A8H            | AF  | AE  | AD | AC | AB   | AA  | A9 | A8  | EA          | —    | —    | ES   | ET1  | EX1  | ET0  | EX0       | 0XC00000B |
| IP <sup>(1)</sup>   | Interrupt priority  | 58H            | BF  | BE  | BD | BC | BB   | BA  | B9 | B8  | —           | —    | —    | PS   | PT1  | PX1  | PT0  | PX0       | XXX00000B |
| P0 <sup>(1)</sup>   | Port 0              | 80H            | 87  | 86  | 85 | 84 | 83   | 82  | 81 | 80  | P0.7        | P0.6 | P0.5 | P0.4 | P0.3 | P0.2 | P0.1 | P0.0      | FFH       |
| P1 <sup>(1)</sup>   | Port 1              | 90H            | 97  | 96  | 95 | 94 | 93   | 92  | 91 | 90  | P1.7        | P1.6 | P1.5 | P1.4 | P1.3 | P1.2 | P1.1 | P1.0      | FFH       |
| P2 <sup>(1)</sup>   | Port 2              | A0H            | A7  | A6  | A5 | A4 | A3   | A2  | A1 | A0  | P2.7        | P2.6 | P2.5 | P2.4 | P2.3 | P2.2 | P2.1 | P2.0      | FFH       |
| P3 <sup>(1)</sup>   | Port 3              | B0H            | B7  | B6  | B5 | B4 | B3   | B2  | B1 | B0  | P3.7        | P3.6 | P3.5 | P3.4 | P3.3 | P3.2 | P3.1 | P3.0      | FFH       |
| PCON                | Power control       | 87H            | SMOD  | —   | —  | —  | GF1  | GF0 | PD | IDL |             |      |      |      |      |      |      | 0XXX0000B |           |
| PSW <sup>(1)</sup>  | Program status word | D0H            | D7  | D6  | D5 | D4 | D3   | D2  | D1 | D0  | CY          | AC   | F0   | RS1  | RS0  | OV   | —    | P         | 00H       |
| SBUF                | Serial data buffer  | 99H            |   |     |    |    |      |     |    |     | XXXXXXXXB   |      |      |      |      |      |      |           |           |
| SCON <sup>(1)</sup> | Serial controller   | 98H            | 9F  | 9E  | 9D | 9C | 9B   | 9A  | 99 | 98  | SM0         | SM1  | SM2  | REN  | TB8  | RB8  | TI   | RI        | 00H       |
| SP                  | Stack pointer       | 81H            |   |     |    |    |      |     |    |     | 07H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| TCON <sup>(1)</sup> | Timer control       | 88H            | 8F  | 8E  | 8D | 8C | 8B   | 8A  | 89 | 88  | TF1         | TR1  | TF0  | TR0  | IE1  | IT1  | IE0  | IT0       |           |
| TH0                 | Timer high 0        | 8CH            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| TH1                 | Timer high 1        | 8DH            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| TL0                 | Timer low 0         | 8AH            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| TL1                 | Timer low 1         | 8BH            |   |     |    |    |      |     |    |     | 00H         |      |      |      |      |      |      |           |           |
| TMOD                | Timer mode          | 89H            | GATE  | C/T | M1 | M0 | GATE | C/T | M1 | M0  |             |      |      |      |      |      |      | 00H       |           |

## Note:

1. Denotes bit addressable.

Integrated Silicon Solution, Inc.

PRELIMINARY MCC03-16

5/12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The 128 bytes of RAM which can be accessed by both direct and indirect addressing can be divided into three segments as listed below and shown in Figure 5.

1. *Register Banks 0-3:* locations 0 through 1FH (32 bytes). The device after reset defaults to register bank 0. To use the other register banks, the user must select them in software. Each register bank contains eight 1-byte registers 0-7. Reset initializes the stack pointer to location 07H, and is incremented once to start from 08H, which is the first register of the second bank.
2. *Bit Addressable Area:* 16 bytes have been assigned for this segment 20H-2FH. Each one of the 128 bits of this segment can be directly addressed (0-7FH). The bits can be referred to in two ways, both of which are acceptable by most assemblers. One way is referencing to bytes 20H-2FH. Thus, bits 0-7 can also be referred to as bits 20.0-20.7, and bits 8-15 are the same as 21.0-21.7, and so on. Each of the 16 bytes in this segment can also be addressed as a byte.
3. *Scratch Pad Area:* 30-7FH are available to the user as data RAM. However, if the data pointer has been initialized to this area, enough bytes should be left aside to prevent SP data destruction.

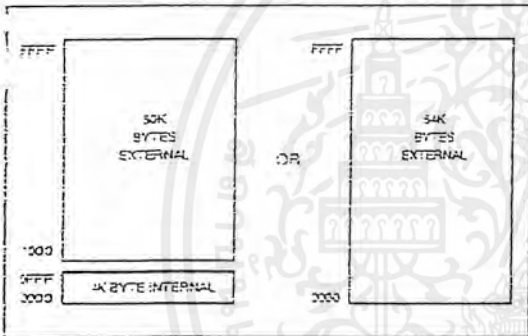


Figure 3. Program Memory Access Range

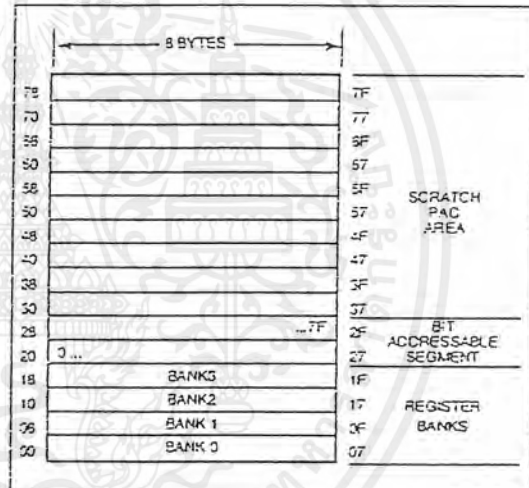


Figure 5. 128 Bytes of RAM Direct and Indirect Addressable

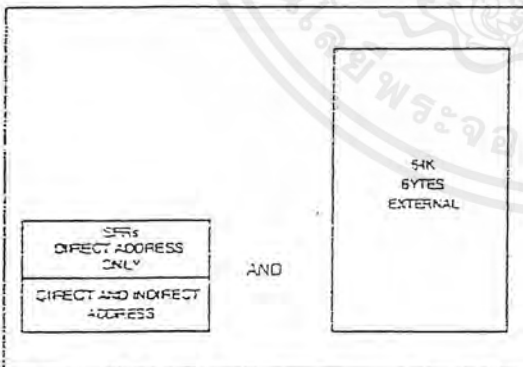


Figure 4. Data Memory Access Range

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The detail description of each bit is as follows:

## PSW

| CY  | AC    | FO   | RS1 | RS0 | OV | — | P |
|-----|-------|--|-----|-----|----|---|---|
| CY  | PSW.7 | Carry flag   |     |     |    |   |   |
| AC  | PSW.6 | Auxiliary carry flag   |     |     |    |   |   |
| FO  | PSW.5 | Flag 0 available to the user for general purpose   |     |     |    |   |   |
| RS1 | PSW.4 | Register bank selector bit 1   |     |     |    |   |   |
| RS0 | PSW.3 | Register bank selector bit 0   |     |     |    |   |   |
| OV  | PSW.2 | Overflow flag  |     |     |    |   |   |
| —   | PSW.1 | Usable as a general purpose flag   |     |     |    |   |   |
| P   | PSW.0 | Parity flag. Set/clear by hardware each instruction cycle to indicate an odd/even number of "1" bus in the accumulator |     |     |    |   |   |

Note:

1. The value presented by RS0 and RS1 selects the corresponding register bank.

| RS1 | RS0 | Register Bank | Address |
|-----|-----|---------------|---------|
| 0   | 0   | 0             | 00H-07H |
| 0   | 1   | 1             | 08H-0FH |
| 1   | 0   | 2             | 10H-17H |
| 1   | 1   | 3             | 18H-1FH |

## PCON

| SMOD | —   | — | — | GF1 | GF0 | PD | IDL |
|------|---|---|---|-----|-----|----|-----|
| SMOD | Double baud rate bit. If Timer 1 is used to generate baud rate and SMOD=1, the baud rate is doubled when the serial port is used in modes 1, 2, or 3. |   |   |     |     |    |     |
| —    | Not implemented, reserve for future use.  |   |   |     |     |    |     |
| —    | Not implemented, reserve for future use.  |   |   |     |     |    |     |
| —    | Not implemented, reserve for future use.  |   |   |     |     |    |     |
| GF1  | General purpose flag bit.   |   |   |     |     |    |     |
| GF0  | General purpose flag bit.   |   |   |     |     |    |     |
| PD   | Power-down bit. Setting this bit activates power-down operation in the IS80C51.   |   |   |     |     |    |     |
| IDL  | Idle mode bit. Setting this bit activates idle mode operation in the IS80C51. If 1s are written to PD and IDL at the same time, PD takes precedence.  |   |   |     |     |    |     |

## IE

| EA  | —    | —   | ES | ET1 | EX1 | ET0 | EX0 |
|-----|------|---|----|-----|-----|-----|-----|
| EA  | IE.7 | Disable all interrupts. If EA=0, no interrupt will be acknowledged. If EA=1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit. |    |     |     |     |     |
| —   | IE.6 | Not implemented, reserve for future use.  |    |     |     |     |     |
| —   | IE.5 | Not implemented, reserve for future use.  |    |     |     |     |     |
| ES  | IE.4 | Enable or disable the serial port interrupt.  |    |     |     |     |     |
| ET1 | IE.3 | Enable or disable the timer 1 overflow interrupt.   |    |     |     |     |     |
| EX1 | IE.2 | Enable or disable external interrupt 1.   |    |     |     |     |     |
| ET0 | IE.1 | Enable or disable the timer 0 overflow interrupt.   |    |     |     |     |     |
| EX0 | IE.0 | Enable or disable external interrupt 0.   |    |     |     |     |     |

## IP

| —   | —    | —   | PS | PT1 | PX1 | PT0 | PX0 |
|-----|------|---|----|-----|-----|-----|-----|
| —   | IP.7 | Not implemented, reserve for future use.          |    |     |     |     |     |
| —   | IP.6 | Not implemented, reserve for future use.          |    |     |     |     |     |
| —   | IP.5 | Not implemented, reserve for future use.          |    |     |     |     |     |
| PS  | IP.4 | Defines the serial port interrupt priority level. |    |     |     |     |     |
| PT1 | IP.3 | Defines the timer 1 interrupt priority level.     |    |     |     |     |     |
| PX1 | IP.2 | Defines the external interrupt 1 priority level.  |    |     |     |     |     |
| PT0 | IP.1 | Defines the timer 0 interrupt priority level.     |    |     |     |     |     |
| PX0 | IP.0 | Defines the external interrupt 0 priority level.  |    |     |     |     |     |

IS80C51/31

## TCON

|     | TF1    | TR1 | TF0 | TR0 | IE1 | IT1 | IE0 | IT0   |
|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| TF1 | TCON.7 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Timer 1 overflow flag. Set by hardware when the timer/counter 1 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine. |
| TR1 | TCON.6 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Timer 1 run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter 1 ON/OFF.  |
| TF0 | TCON.5 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Timer 0 overflow flag. Set by hardware when the timer/counter 0 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine. |
| TR0 | TCON.4 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Timer 0 run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter 0 ON/OFF.  |
| IE1 | TCON.3 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | External interrupt 1 edge flag. Set by software when external interrupt edge is detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.            |
| IT1 | TCON.2 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Interrupt 1 type control bit. Set/cleared by software specify falling edge/low level triggered external interrupt.                                    |
| IE0 | TCON.1 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | External interrupt 0 edge flag. Set by software when external interrupt edge is detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.            |
| IT0 | TCON.0 |     |     |     |     |     |     |   |
|     |        |     |     |     |     |     |     | Interrupt 0 type control bit. Set/cleared by software specify falling edge/low level triggered external interrupt.                                    |

## TMOD

|      | Timer 1 |     |    |    | Timer 0 |     |    |   |
|------|---------|-----|----|----|---------|-----|----|---|
|      | GATE    | C/T | M1 | M0 | GATE    | C/T | M1 | M0  |
| GATE |         |     |    |    |         |     |    |   |
|      |         |     |    |    |         |     |    | When TRx (in TCON) is set and GATE=1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE=0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx=1 (software control). |
| C/T  |         |     |    |    |         |     |    |   |
|      |         |     |    |    |         |     |    | Timer or counter selector. Cleared for timer operation (input from internal system clock). Set for counter operation (input from Tx input pin).   |
| M1   |         |     |    |    |         |     |    |   |
|      |         |     |    |    |         |     |    | Mode selector bit. <sup>2b</sup>  |
| M0   |         |     |    |    |         |     |    |   |
|      |         |     |    |    |         |     |    | Mode selector bit. <sup>2b</sup>  |

Note 2:

| M1 | M0 | Operating mode   |
|----|----|--|
| 0  | 0  | Mode 0. (13-bit timer)   |
| 0  | 1  | Mode 1. (16-bit timer/counter)   |
| 1  | 0  | Mode 2. (8-bit auto-load timer/counter)  |
| 1  | 1  | Mode 3. (TL0 is an 8-bit timer/counter controller by the standard timer 0 control bits. TH0 is an 8-bit timer and is controlled by timer 1 controller bits.) |
| 1  | 1  | Mode 3. (Timer/counter 1 stopped).   |



## SCON

| SM0 | SM1    | SM2   | REN | TB8 | RB8 | TI | RI |
|-----|--------|---|-----|-----|-----|----|----|
| SM0 | SCON.7 | Serial port mode specifier. <sup>3a)</sup>  |     |     |     |    |    |
| SM1 | SCON.6 | Serial port mode specifier. <sup>3a)</sup>  |     |     |     |    |    |
| SM2 | SCON.5 | Enable the multiprocessor communication feature in mode 2 and 3. In mode 2 or 3, if SM2 is set to 1 then RI will not be activated if the received 9th data bit (RB8) is 0. In mode 1, if SM2=1 then RI will not be activated if valid stop bit was not receive. In mode 0, SM2 should be 0. |     |     |     |    |    |
| REN | SCON.4 | Set/cleared by software to enable/disable reception.  |     |     |     |    |    |
| TB8 | SCON.3 | The 9th bit that will be transmitted in mode 2 and 3. Set/cleared by software.  |     |     |     |    |    |
| RB8 | SCON.2 | In modes 2 and 3, RB8 is the 9th data bit that was received. In mode 1, if SM2=0, RB8 is the stop bit that was received. In mode 0, RB8 is not used.  |     |     |     |    |    |
| TI  | SCON.1 | Transmit interrupt flag. Set by hardware at the end of the 8th bit time in mode 0, or at the beginning of the stop bit in the other modes. Must be cleared by software.   |     |     |     |    |    |
| RI  | SCON.0 | Receive interrupt flag. Set by hardware at the end of the 8th bit time in mode 0, or halfway through the stop bit time in the other modes (except see SM2). Must be cleared by software.  |     |     |     |    |    |

Note 3:

| SM0 | SM1 | MODE | Description    | Baud rate                    |
|-----|-----|------|----------------|------------------------------|
| 0   | 0   | 0    | Shift register | $F_{osc}/12$                 |
| 0   | 1   | 1    | 8-bit UART     | Variable                     |
| 1   | 0   | 2    | 9-bit UART     | $F_{osc}/64$ or $F_{osc}/32$ |
| 1   | 1   | 3    | 9-bit UART     | Variable                     |

## Timers/counters

The IS80C51 contains two 16-bit counters for measuring time intervals, measuring pulse widths, counting events and generating precise, periodic interrupt request.

The operating mode is listed below.

### Timer 1/Counter 1:

Timer 1/Counter 1 can be configured in one of four modes:

- Mode 0: Provides an 8-bit counter with a divide-by-32 prescaler or an 8-bit timer with a divide-by-32 prescaler. A read/write of TH1 accesses counter 1's bits 12-5. A read/write of TL1 accesses counter 1's bits 7-0. TL1 bits 4-0 are the prescaler (counter 1's 4-0) while bits 7-5 are indeterminate and should be ignored. The programmer should clear the prescaler (counter 1's bits 4-0) before setting the run flag.
- Mode 1: Configures counter 1 as a 16-bit timer/counter.
- Mode 2: Configures counter 1 as an 8-bit auto-reload value. TH1 holds the reload value. TL1 is incremented. The value in TH1 is reload onto TL1 when TL1 overflows from all ones.
- Mode 3: When counter 1's mode is reprogrammed to mode 3 (from mode 0, 1 or 2), it disables the incrementing of the counter. This mode is provided as an alternative to use TR1 bit (TCON.6) to start and stop counter 1.

The serial port receives a pulse each time that counter 1 overflows. The standard UART mode divides this pulse rate to generate the transmission rate.



Counter 0/Timer 0:

Counter 0 can also be configured in one of four modes:

- Mode 0-2: Mode 0-2 are the same as for counter 1.
- Mode 3: In mode 3, the configure of TH0 is not affected by the bits in TMOD or TCON. It is configured solely as an 8-bit timer that is enabled for incrementing by TCON's TR1 bit. Upon TH0's overflow the TF1 flag gets set. Thus, neither TR1 nor TF1 is available to counter 1 when counter 0 is in mode 3. The function of

TR1 can be done by placing counter 1 in mode 3, so only the function of TF1 is actually given up by counter 1. In mode 3, TLO is configured as an 8-bit timer/counter and is controlled, as usual, by the GATE (TMOD.3), C/ (TMOD.2), TR0 (TCON.4) and TF0 (TCON.5) control bits.

The use of the timers/counters is determined by two 8-bit registers, TMOD and TCON is shown in SFR. The counter/inout circuit is shown in Figures 6 and 7.

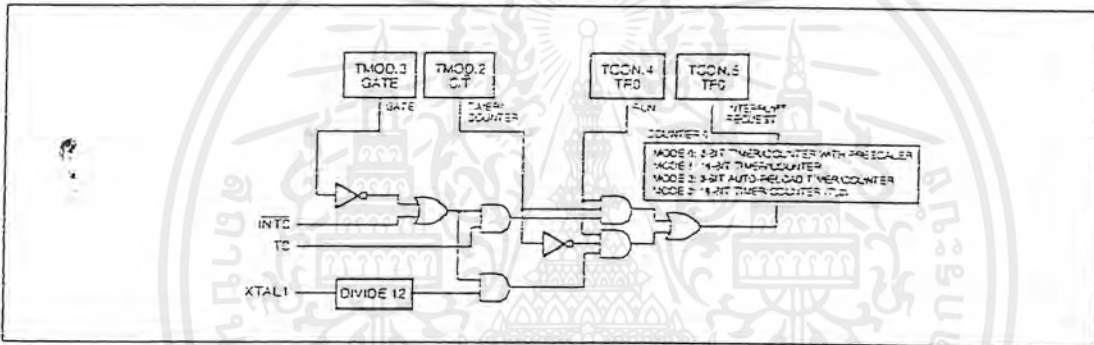


Figure 6. Timer/event Counter 0 Control and Status Flag Circuit

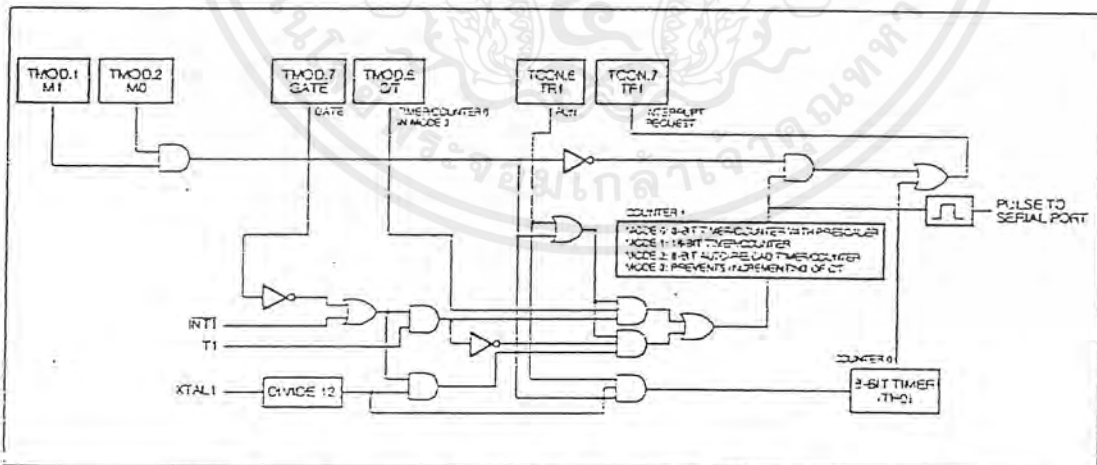


Figure 7. Timer/event Counter 1 Control and Status Flag Circuit



**Serial Interface**

The IS80C51 has a serial I/O port that is useful for serial linking peripheral devices as well as multiple IS80C51's through standard asynchronous protocol with full-duplex operations. The data for transmission to and from reception reside in the serial port buffer register (SBUF). The serial port control and the monitoring of its status is provided by the serial port control register (SCON). The contents of the 8-bit SCON register are shown in SFR.

The IS80C51 has a serial channel useful for serially linking UART (universal asynchronous receiver/transmitter) devices and for expanding I/O. The full-

duplex serial I/O port can be programmed to function in one of four operating modes:

- Mode 0: Synchronous I/O expansion using TTL or CMOS shift registers.
- Mode 1: UART interface with 10-bit frame and variable transmission rate.
- Mode 2: UART interface with 11-bit frame and fixed transmission rate.
- Mode 3: UART interface with 11-bit frame and variable transmission rate.

The serial interface circuit is shown in Figures 8 and 9. The use of the serial interface is determined by TCON and PCON registers is shown in SFR.

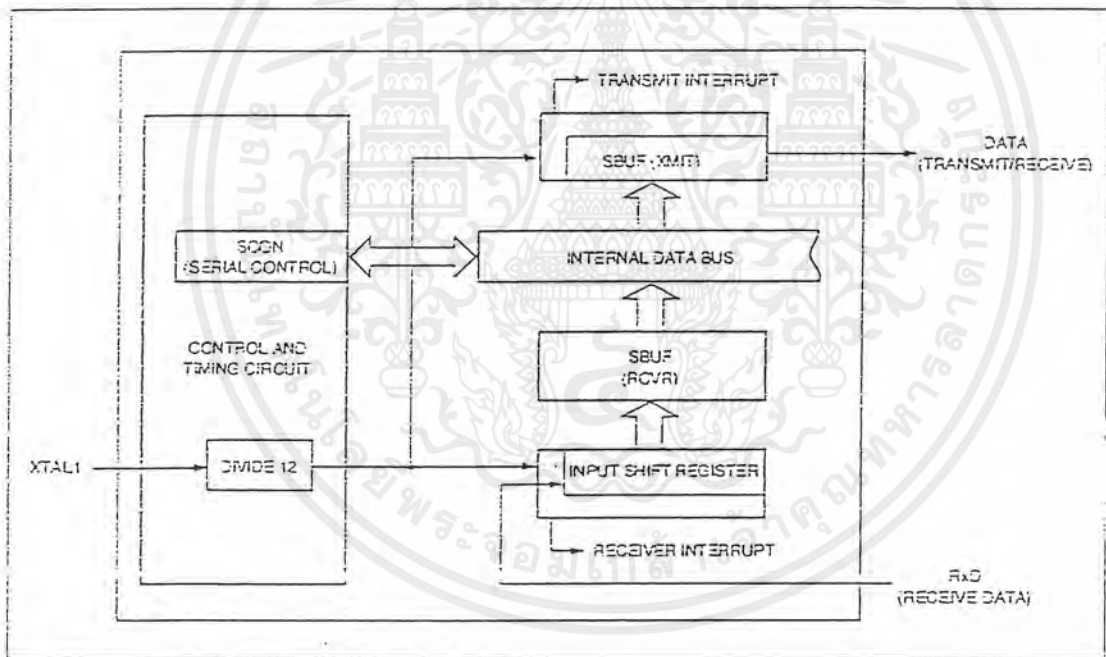


Figure 8. Serial Port: Synchronous Mode 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

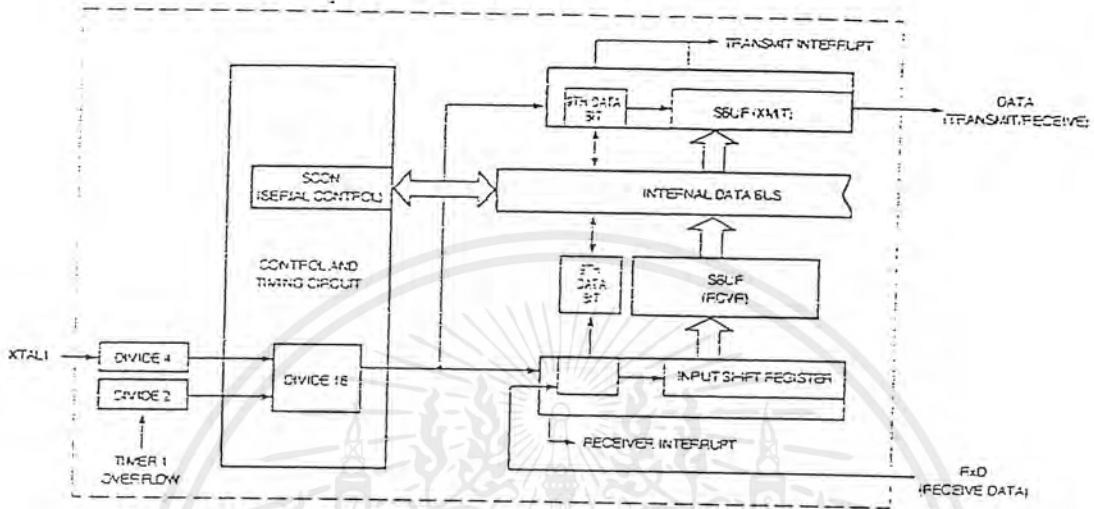


Figure 9. Serial Port: UART Mode 1, 2, and 3

Interrupt System

External events and the real-time driven on-chip peripherals require service by the CPU asynchronous to the execution of any particular section code. To tie the asynchronous activities of these functions to normal program execution, a sophisticated multiple-

source, two-priority-level, nested interrupt system is provided. The interrupt system is shown in Figure 10. The interrupt request flag and program memory location of interrupt service program is shown in the table below:

| Interrupt Source            | Request Flag | Bit Location | Start Address |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|
| External Request 0          | IE0          | TCON.1       | 3 (0003H)     |
| Internal Timer 0/Counter 0  | TF0          | TCON.5       | 11 (000BH)    |
| External Request 1          | IE1          | TCON.3       | 19 (0013H)    |
| Internal Timer 1/Counter 1  | TF1          | TCON.7       | 27 (001BH)    |
| Internal Serial Port (XMIT) | TI           | SCON.1       | 35 (0023H)    |
| Internal Serial Port (RCVR) | RI           | SCON.0       | 35 (0023H)    |

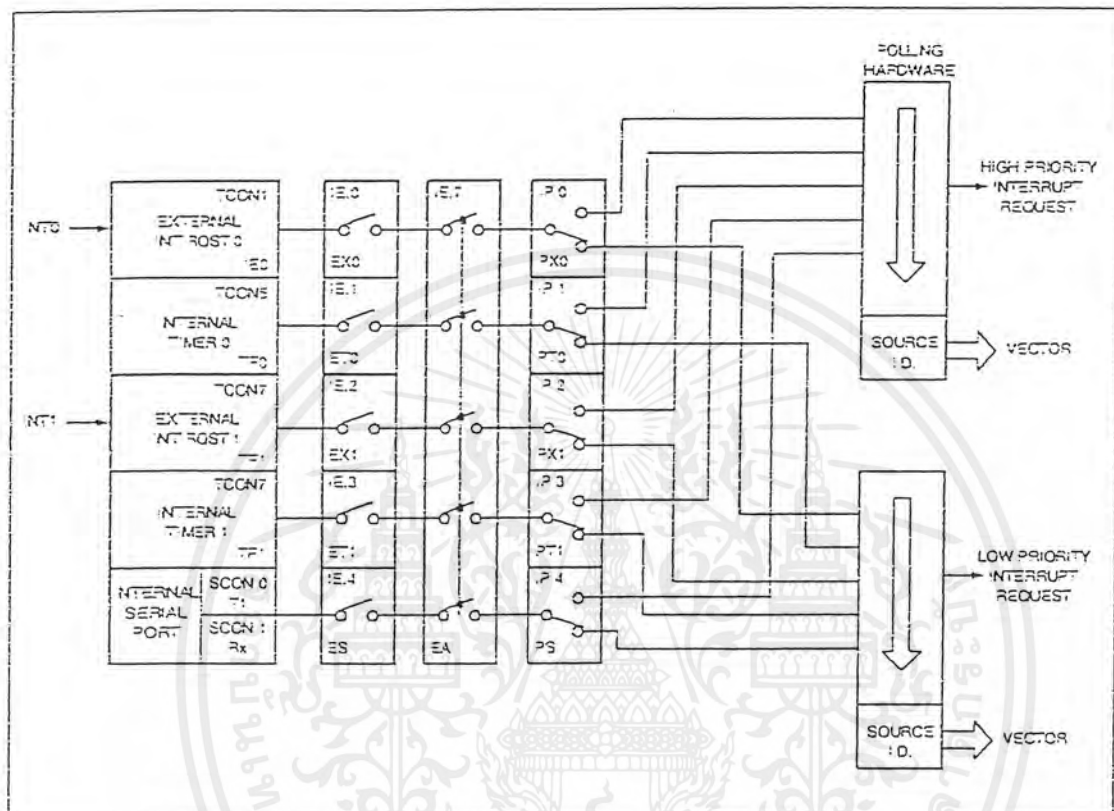


Figure 10. Interrupt System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ADDITIONAL INFORMATION

## Idle mode

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

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes idle should not be one that writes to a port pin or to external memory. The status of external pins is shown in the following table.

## Power-down mode

In the power-down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and special function register retain their values until the power down mode is terminated.

The only exit from power-down mode is a hardware reset. Reset redefines the SFR but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before VCC is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize. The status of the external pins during idle and power-down mode is shown in the following table.

Status of the External Pins during Idle and Power-down modes.

| Mode       | Memory   | ALE | PSEN | PORT 0 | PORT 1 | PORT 2  | PORT 3 |
|------------|----------|-----|------|--------|--------|---------|--------|
| Idle       | Internal | 1   | 1    | Data   | Data   | Data    | Data   |
| Idle       | External | 1   | 1    | Float  | Data   | Address | Data   |
| Power-down | Internal | 0   | 0    | Data   | Data   | Data    | Data   |
| Power-down | External | 0   | 0    | Float  | Data   | Data    | Data   |

### ROM Verification

The address of the program memory location to be read is applied to Port 1 and pins P2.3-P2.0. The other pins should be held at the "Verify" level are indicated in Figure 11. The contents of the addressed locations exits on Port 0. External pullups are required on Port 0 for this operation. Figure 11 shows the setup to verify the program memory.

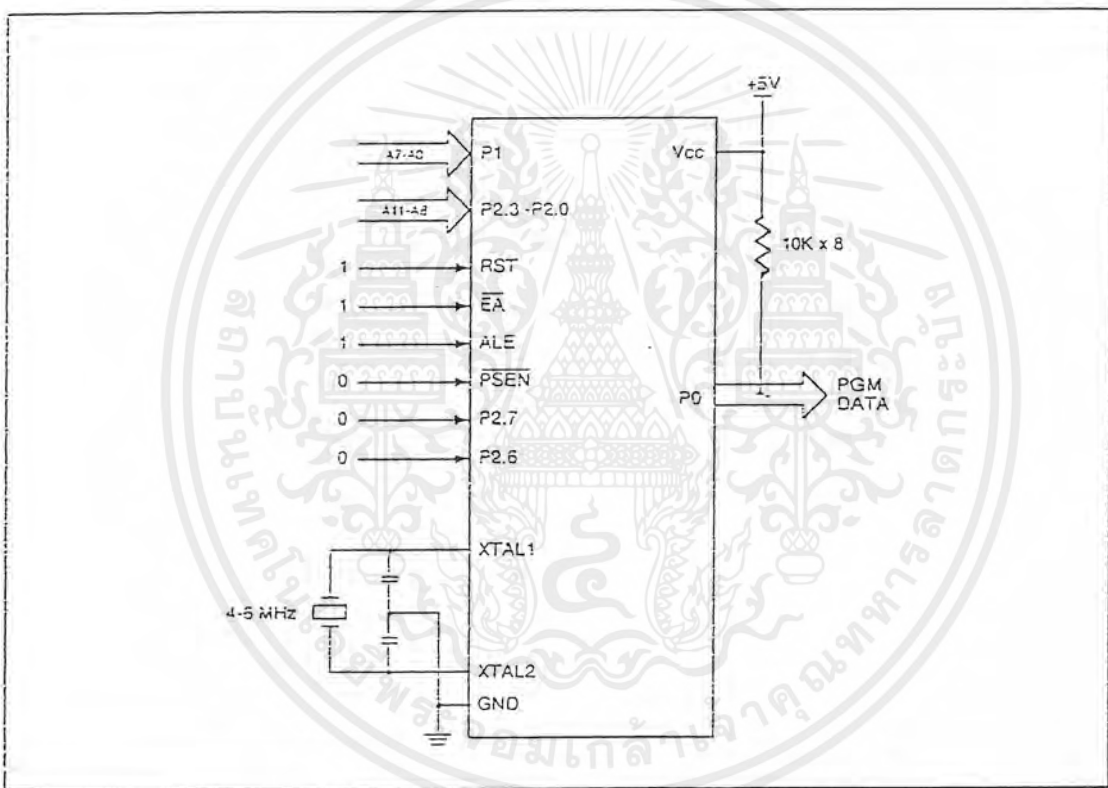


Figure 11. ROM Verification

S80C51/31

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>

| Symbol            | Parameter   | Value        | Unit |
|-------------------|---|--------------|------|
| V <sub>REFM</sub> | Terminal Voltage with Respect to GND <sup>(2)</sup> | -2.0 to +7.0 | V    |
| T <sub>BIAS</sub> | Temperature Under Bias <sup>(3)</sup>               | 0 to +70     | °C   |
| T <sub>STG</sub>  | Storage Temperature                                 | -55 to +125  | °C   |
| P <sub>T</sub>    | Power Dissipation                                   | 1.5          | W    |

## Note:

1. Stress greater than those listed under ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.
2. Minimum DC input voltage is -0.5V. During transitions, inputs may undershoot to -2.0V for periods less than 20 ns. Maximum DC voltage on output pins is V<sub>CC</sub> + 0.5V which may overshoot to V<sub>CC</sub> + 2.0V for periods less than 20 ns.
3. Operating temperature is for commercial products only defined by this specification.

OPERATING RANGE<sup>(1)</sup>

| Range      | Ambient Temperature | V <sub>CC</sub> | Oscillator Frequency |
|------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| Commercial | 0°C to +70°C        | 5V ± 10%        | 3.5 to 40 MHz        |

## Note:

1. Operating ranges define those limits between which the functionality of the device is guaranteed.

IS80C51/31



## DC CHARACTERISTICS

(T<sub>A</sub> = 0°C to 70°C; V<sub>CC</sub> = 5V ± 10%; GND = 0V)

| Symbol                        | Parameter   | Test conditions   | Min                      | Max                      | Unit |
|-------------------------------|---|---|--------------------------|--------------------------|------|
| V <sub>IL</sub>               | Input low voltage                                   |   | -0.5                     | 0.2V <sub>CC</sub> - 0.1 | V    |
| V <sub>LI</sub>               | Input low voltage                                   |   | -0.5                     | 0.2V <sub>CC</sub> - 0.3 | V    |
| V <sub>IH</sub>               | Input high voltage<br>(All except XTAL1, RST)       |   | 0.3V <sub>CC</sub> + 0.9 | V <sub>CC</sub> + 0.5    | V    |
| V <sub>HI</sub>               | Input high voltage (XTAL1, EA)                      |   | 0.5V <sub>CC</sub>       | V <sub>CC</sub> + 0.5    | V    |
| V <sub>SCH+</sub>             | RST positive schmitt-trigger<br>threshold voltage   |   | 0.7V <sub>CC</sub>       | V <sub>CC</sub> + 0.5    | V    |
| V <sub>SCH-</sub>             | RST negative schmitt-trigger<br>threshold voltage   |   | 0                        | 0.2V <sub>CC</sub>       | V    |
| V <sub>OL</sub> <sup>1)</sup> | Output low voltage<br>(Ports 1, 2, and 3)           | I <sub>OL</sub> = 100 μA                                | —                        | 0.3                      | V    |
|                               |   | I <sub>OL</sub> = 1.6 mA                                | —                        | 0.45                     | V    |
|                               |   | I <sub>OL</sub> = 3.5 mA                                | —                        | 1.0                      | V    |
| V <sub>OL</sub> <sup>2)</sup> | Output low voltage<br>(Port 0, ALE, PSEN)           | I <sub>OL</sub> = 200 μA                                | —                        | 0.3                      | V    |
|                               |   | I <sub>OL</sub> = 3.2 mA                                | —                        | 0.45                     | V    |
|                               |   | I <sub>OL</sub> = 7.0 mA                                | —                        | 1.0                      | V    |
| V <sub>OH</sub>               | Output high voltage<br>(Port 1, 2, 3, ALE, PSEN)    | I <sub>OH</sub> = -10 μA<br>V <sub>CC</sub> = 4.5V-5.5V | 0.9V <sub>CC</sub>       | —                        | V    |
|                               |   | I <sub>OH</sub> = -25 μA                                | 0.75V <sub>CC</sub>      | —                        | V    |
|                               |   | I <sub>OH</sub> = -60 μA                                | 2.4                      | —                        | V    |
| V <sub>OH</sub> <sup>1)</sup> | Output high voltage<br>(Port 0, ALE, PSEN)          | I <sub>OH</sub> = -80 μA<br>V <sub>CC</sub> = 4.5V-5.5V | 0.9V <sub>CC</sub>       | —                        | V    |
|                               |   | I <sub>OH</sub> = -300 μA                               | 0.75V <sub>CC</sub>      | —                        | V    |
|                               |   | I <sub>OH</sub> = -800 μA                               | 2.4                      | —                        | V    |
| I <sub>IL</sub>               | Logical 0 input current (Port 1, 2, 3)              | V <sub>IN</sub> = 0.45V                                 | —                        | -50                      | μA   |
| I <sub>I</sub>                | Input leakage current (Port 0)                      | 0.45V < V <sub>IN</sub> < V <sub>CC</sub>               | -10                      | +10                      | μA   |
| I <sub>FL</sub>               | Logical 1-to-0 transition current<br>(Port 1, 2, 3) | V <sub>IN</sub> = 2.0V                                  | —                        | -650                     | μA   |
| R <sub>RST</sub>              | RST pull-down resistor                              |   | 50                       | 300                      | Kohm |

## Note:

1. Under steady state (non-transient) conditions, I<sub>OL</sub> must be externally limited as follows:Maximum I<sub>OL</sub> per port pin: ..... 10 mAMaximum I<sub>OL</sub> per 8-bit port

Port 0: ..... 25 mA

Port 1, 2, 3: ..... 15 mA

Maximum total I<sub>OL</sub> for all output pins: ..... 71 mAIf I<sub>OL</sub> exceeds the test condition, V<sub>OL</sub> may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink greater than the listed test conditions.

Integrated Silicon Solution, Inc.

PRELIMINARY MCS23-16

3/12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IS80C51/31



POWER SUPPLY CHARACTERISTICS

| Symbol          | Parameter                          | Test conditions | Min | Max | Unit |                 |        |   |     |    |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|-----|-----|------|-----------------|--------|---|-----|----|
| I <sub>CC</sub> | Power supply current <sup>1)</sup> |                 |     |     |      |                 |        |   |     |    |
|                 |                                    |                 |     |     |      | Active mode     | 12 MHz | — | 20  | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 20 MHz | — | 32  | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 24 MHz | — | 38  | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 40 MHz | — | 62  | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      | Idle mode       | 12 MHz | — | 5   | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 20 MHz | — | 7.6 | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 24 MHz | — | 9   | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      |                 | 40 MHz | — | 15  | mA |
|                 |                                    |                 |     |     |      | Power-down mode | —      | — | 100 | μA |

Note:

1. See Figures 12, 13, 14, and 15 for I<sub>CC</sub> test conditions.

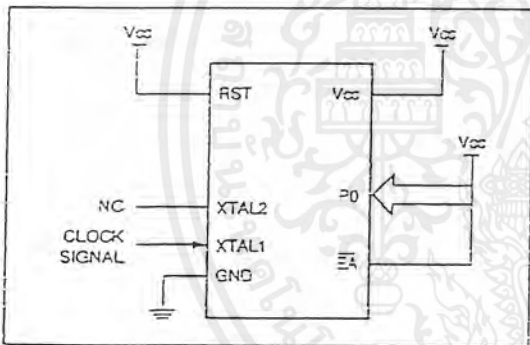


Figure 12. Active Mode

IS80C51/31 Active Current

| Clock  | V <sub>CC</sub> = 4.5V | V <sub>CC</sub> = 5.0V | V <sub>CC</sub> = 5.5V |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 2 MHz  | 0.71 mA                | 0.81 mA                | 0.94 mA                |
| 4 MHz  | 1.38 mA                | 1.59 mA                | 1.83 mA                |
| 6 MHz  | 2.05 mA                | 2.37 mA                | 2.71 mA                |
| 8 MHz  | 2.65 mA                | 3.08 mA                | 3.49 mA                |
| 10 MHz | 3.69 mA                | 4.23 mA                | 4.81 mA                |
| 12 MHz | 4.00 mA                | 4.62 mA                | 5.24 mA                |

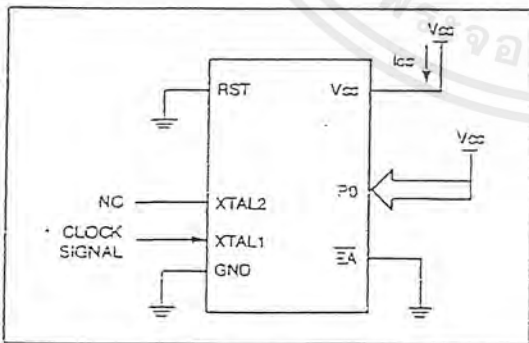


Figure 13. Idle Mode

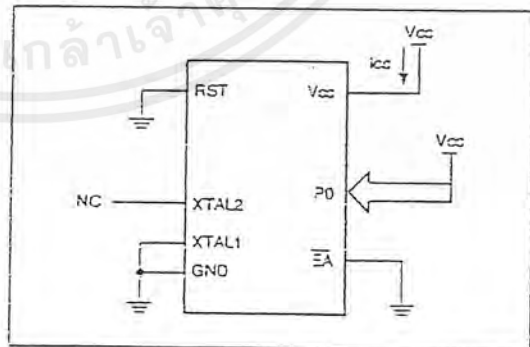


Figure 14. Power-down Mode

Integrated Silicon Solution, Inc.  
 PRELIMINARY MCCC3-18  
 5/10/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

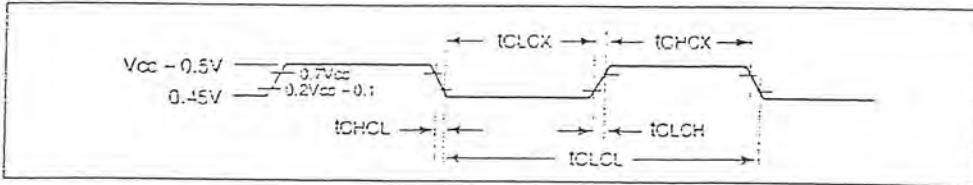


Figure 15. icc Test Conditions

Clock signal waveform for icc tests in active and idle mode ( tclch = tchl = 5 ns)

AC CHARACTERISTICS

(TA = 0°C to 70°C; Vcc = 5V ± 10%; GND = 0V; CL for Port 0, ALE and PSEN; Outputs = 100 pF; CL for other outputs = 80 pF)

External Memory Characteristics

| Symbol  | Parameter                    | 24 MHz Clock |     | 40 MHz Clock |     | Variable Oscillator |           | Unit |
|---------|------------------------------|--------------|-----|--------------|-----|---------------------|-----------|------|
|         |                              | Min          | Max | Min          | Max | Min                 | Max       |      |
| 1/tCLCL | Oscillator frequency         | —            | —   | —            | —   | 3.5                 | 40        | MHz  |
| tAHL    | ALE pulse width              | 43           | —   | 10           | —   | 2tCLCL-40           | —         | ns   |
| tAVL    | Address valid to ALE low     | 2            | —   | -15          | —   | tCLCL-40            | —         | ns   |
| tALH    | Address hold after ALE low   | 7            | —   | -10          | —   | tCLCL-35            | —         | ns   |
| tLLV    | ALE low to valid instr in    | —            | 105 | —            | 55  | —                   | 3tCLCL-20 | ns   |
| tPLL    | ALE low to PSEN low          | 2            | —   | -15          | —   | tCLCL-40            | —         | ns   |
| tPLH    | PSEN pulse width             | 80           | —   | 30           | —   | 3tCLCL-45           | —         | ns   |
| tPLV    | PSEN low to valid instr in   | —            | 73  | —            | 40  | —                   | 2tCLCL-10 | ns   |
| tPIX    | Input instr hold after PSEN  | 0            | —   | 0            | —   | 0                   | —         | ns   |
| tPIXZ   | Input instr float after PSEN | —            | 73  | —            | 40  | —                   | 2tCLCL-10 | ns   |
| tAVV    | Address to valid instr in    | —            | 147 | —            | 80  | —                   | 4tCLCL-20 | ns   |
| tPLAZ   | PSEN low to address float    | —            | 10  | —            | 10  | —                   | 10        | ns   |
| tRLPH   | RD pulse width               | 150          | —   | 50           | —   | 6tCLCL-100          | —         | ns   |
| tWLWH   | WR pulse width               | 150          | —   | 50           | —   | 6tCLCL-100          | —         | ns   |
| tRLDV   | RD low to valid data in      | —            | 114 | —            | 30  | —                   | 5tCLCL-95 | ns   |
| tRHOX   | Data hold after RD           | 0            | —   | 0            | —   | 0                   | —         | ns   |
| tRHOZ   | Data float after RD          | —            | 63  | —            | 30  | —                   | 2tCLCL-70 | ns   |
| tLLDV   | ALE low to valid data in     | —            | 244 | —            | 110 | —                   | 8tCLCL-90 | ns   |
| tAVDV   | Address to valid data in     | —            | 285 | —            | 135 | —                   | 9tCLCL-90 | ns   |
| tLLWL   | ALE low to RD or WR low      | 75           | 175 | 25           | 125 | 3tCLCL-50           | 3tCLCL+50 | ns   |
| tAVWL   | Address to RD or WR low      | 77           | —   | 10           | —   | 4tCLCL-90           | —         | ns   |
| tQVWX   | Data valid to WR transition  | 2            | —   | -1.5         | —   | tCLCL-40            | —         | ns   |
| tVHOX   | Data hold after WR           | 2            | —   | -1.5         | —   | tCLCL-40            | —         | ns   |
| tQVWH   | Data valid to WR high        | 219          | —   | 105          | —   | 7tCLCL-70           | —         | ns   |
| tPLAZ   | RD low to address float      | —            | 63  | —            | 30  | —                   | 2tCLCL-20 | ns   |
| tVHCH   | RD or WR high to ALE high    | 2            | 32  | -15          | 65  | tCLCL-40            | tCLCL+40  | ns   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Port Timing: Shift Register Mode

| Symbol            | Parameter                                   | 24 MHz<br>Clock |     | 40 MHz<br>Clock |     | Variable Oscillator      |                          | Unit |
|-------------------|---|-----------------|-----|-----------------|-----|--------------------------|--------------------------|------|
|                   |   | Min             | Max | Min             | Max | Min                      | Max                      |      |
| t <sub>LXL</sub>  | Serial port clock cycle time                | 500             | —   | —               | —   | 12t <sub>CLCL</sub>      | —                        | ns   |
| t <sub>OVXH</sub> | Output data setup to<br>clock rising edge   | 284             | —   | 117             | —   | 10t <sub>CLCL</sub> -133 | —                        | ns   |
| t <sub>HOX</sub>  | Output data hold after<br>clock rising edge | 33              | —   | 0               | —   | 2t <sub>CLCL</sub> -50   | —                        | ns   |
| t <sub>HOX</sub>  | Input data hold after<br>clock rising edge  | 0               | —   | 0               | —   | 0                        | —                        | ns   |
| t <sub>HOV</sub>  | Clock rising edge to<br>input data valid    | —               | 284 | —               | 117 | —                        | 10t <sub>CLCL</sub> -133 | ns   |

## External Clock Drive

| Symbol              | Parameter            | Min | Max | Unit |
|---------------------|----------------------|-----|-----|------|
| 1/t <sub>CLCL</sub> | Oscillator Frequency | 3.5 | 40  | MHz  |
| t <sub>CHCX</sub>   | High time            | 10  | —   | ns   |
| t <sub>CLCX</sub>   | Low time             | 10  | —   | ns   |
| t <sub>CLCH</sub>   | Rise time            | —   | 10  | ns   |
| t <sub>CHCL</sub>   | Fall time            | —   | 10  | ns   |

## ROM Verification Characteristics

| Symbol              | Parameter                | Min | Max                 | Unit |
|---------------------|--------------------------|-----|---------------------|------|
| 1/t <sub>CLCL</sub> | Oscillator Frequency     | 2.5 | 40                  | MHz  |
| t <sub>AVQV</sub>   | Address to data valid    | —   | 48t <sub>CLCL</sub> |      |
| t <sub>ELQV</sub>   | ENABLE low to data valid | —   | 48t <sub>CLCL</sub> |      |
| t <sub>HOZ</sub>    | Data float after ENABLE  | 0   | 48t <sub>CLCL</sub> |      |

TIMING WAVEFORMS

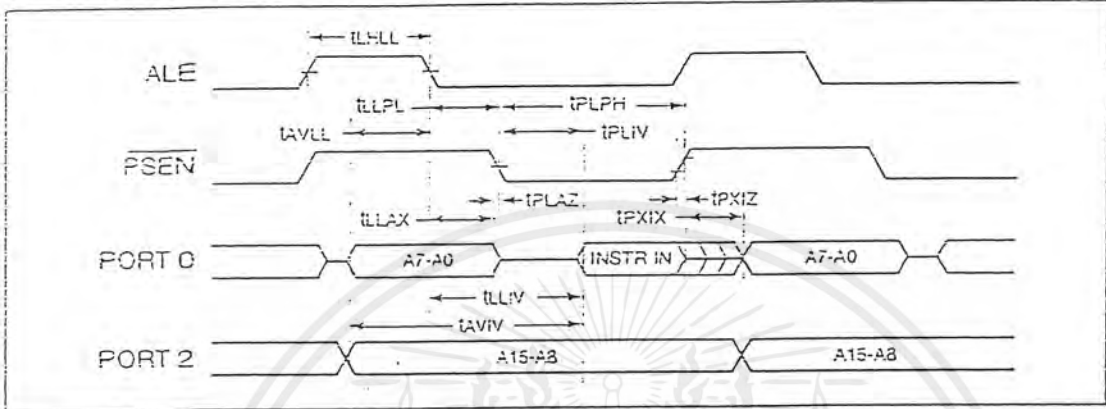


Figure 16. External Program Memory Read Cycle

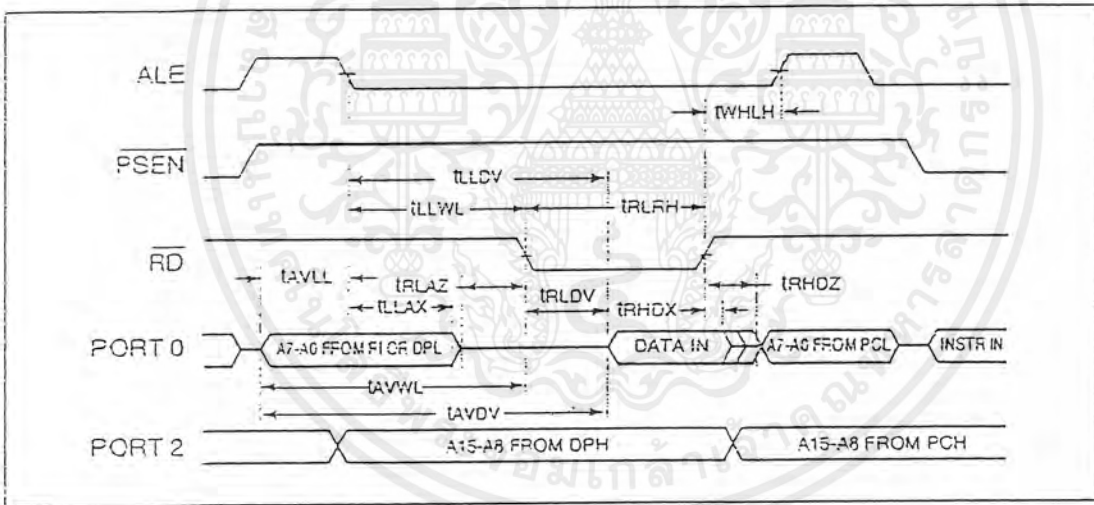


Figure 17. External Data Memory Read Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

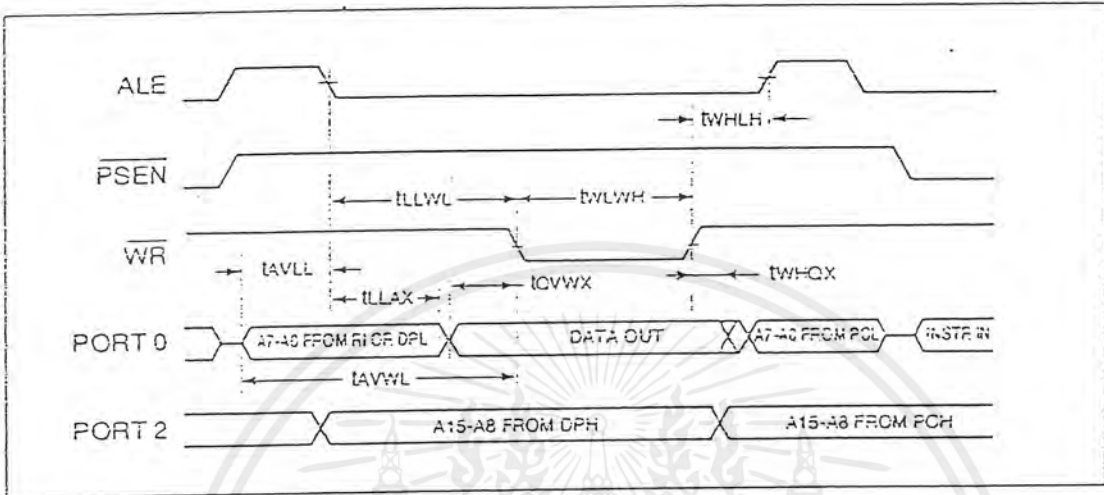


Figure 18. External Data Memory Write Cycle

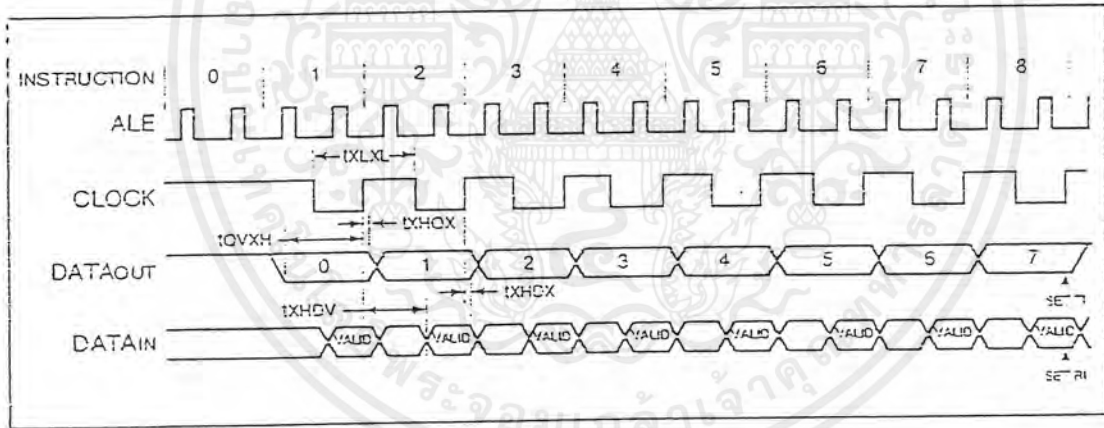


Figure 19. Shift Register Mode Timing Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

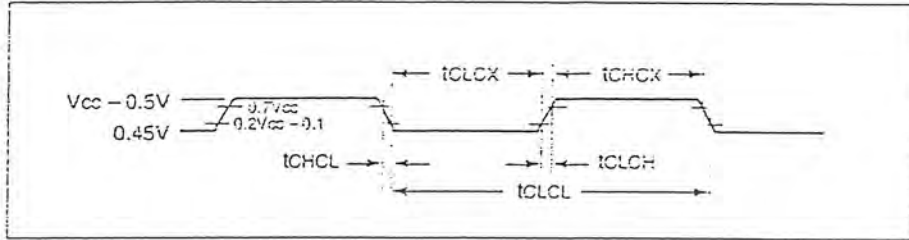


Figure 20. External Clock Drive Waveform

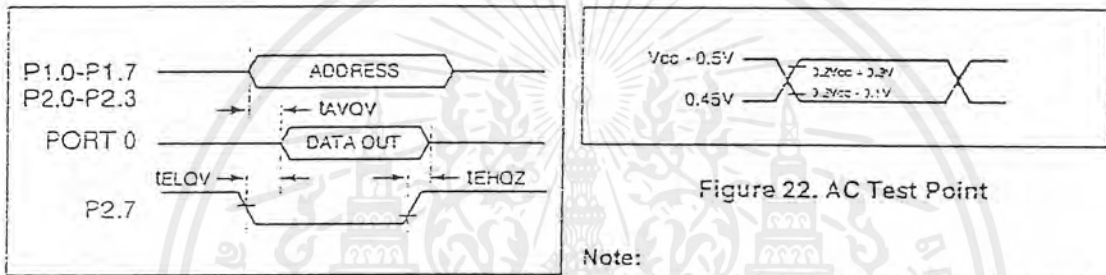


Figure 21. ROM Verification Waveforms

Figure 22. AC Test Point

Note:

1. AC inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for logic "1" and  $0.45V$  for logic "0". Timing measurements are made at  $V_{IH}$  min for logic "1" and max for logic "0".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IS80C51/31



## ORDERING INFORMATION

| Speed  | Order Part Number | Package                            |
|--------|-------------------|------------------------------------|
| 12 MHz | IS80C51-12PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C51-12PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C51-12W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 20 MHz | IS80C51-20PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C51-20PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C51-20W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 24 MHz | IS80C51-24PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C51-24PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C51-24W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 40 MHz | IS80C51-40PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C51-40PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C51-40W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 12 MHz | IS80C31-12PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C31-12PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C31-12W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 20 MHz | IS80C31-20PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C31-20PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C31-20W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 24 MHz | IS80C31-24PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C31-24PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C31-24W       | 600-mil Plastic DIP                |
| 40 MHz | IS80C31-40PL      | PLCC - Plastic Leaded Chip Carrier |
|        | IS80C31-40PQ      | PQFP - Plastic Quad Flat Pack      |
|        | IS80C31-40W       | 600-mil Plastic DIP                |



*Integrated Silicon Solution, Inc.*

2231 Lawson Lane

Santa Clara, CA 95054

Fax: (408) 588-0806

Toll Free: 1-800-379-4774

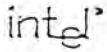
<http://www.issiusa.com>

*Integrated Silicon Solution, Inc.*

PRELIMINARY 40333-15

5/10/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

The 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the

CPU Address and Control buses and in turn issues commands to both of the Control Groups.

(CS)

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

(RD)

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

(WR)

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A<sub>0</sub> and A<sub>1</sub>)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A<sub>0</sub> and A<sub>1</sub>).

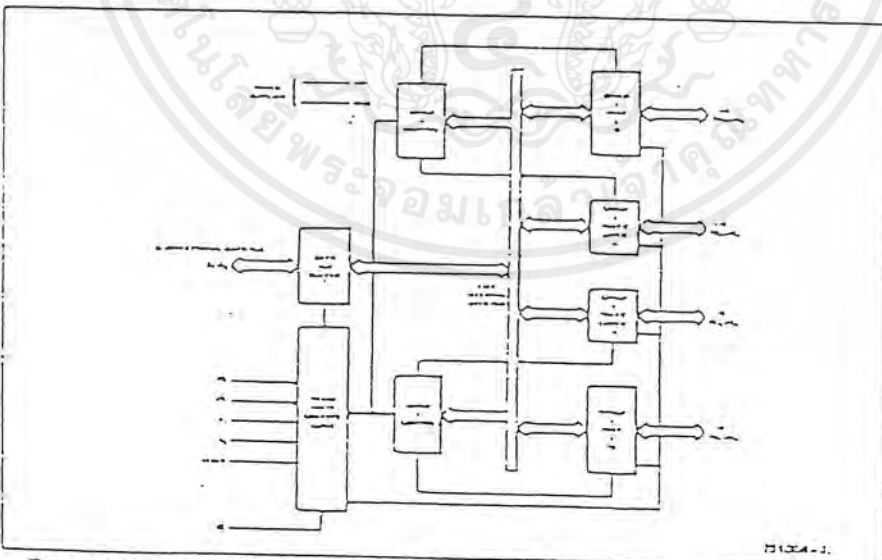


Figure 1. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intel®

8255A/8255A-5

## 8255A BASIC OPERATION

| A <sub>1</sub> | A <sub>0</sub> | RD | WR | CS | Inout Operation (READ)   |
|----------------|----------------|----|----|----|--------------------------|
| 0              | 0              | 0  | 1  | 0  | Port A → Data Bus        |
| 0              | 1              | 0  | 1  | 0  | Port B → Data Bus        |
| 1              | 0              | 0  | 1  | 0  | Port C → Data Bus        |
|                |                |    |    |    | Output Operation (WRITE) |
| 0              | 0              | 1  | 0  | 0  | Data Bus → Port A        |
| 0              | 1              | 1  | 0  | 0  | Data Bus → Port B        |
| 1              | 0              | 1  | 0  | 0  | Data Bus → Port C        |
| 1              | 1              | 1  | 0  | 0  | Data Bus → Control       |
|                |                |    |    |    | Disable Function         |
| X              | X              | X  | X  | 1  | Data Bus → 3-State       |
| 1              | 1              | 0  | 1  | 0  | Illegal Condition        |
| X              | X              | 1  | 1  | 0  | Data Bus → 3-State       |

## (RESET)

Reset A "high" on the input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

## Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc. that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7-C4)  
Control Group B—Port B and Port C lower (C3-C0)

The Control Word Register can Only be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

## Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). It can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intel

8255A/8255A-5

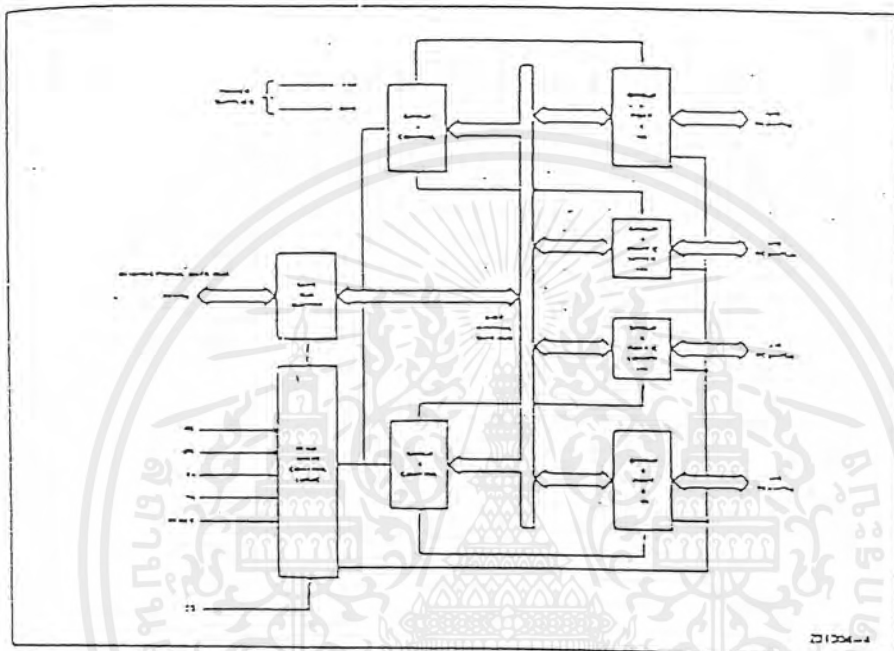
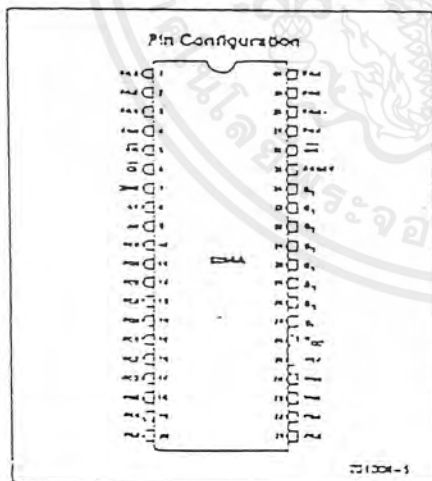


Figure 4. 8255A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



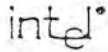
| Pin Names                        |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| D <sub>7</sub> -D <sub>0</sub>   | Data Bus (Bi-Directional) |
| RESET                            | Reset Input               |
| CS                               | Chip Select               |
| RD                               | Read Input                |
| WR                               | Write Input               |
| A <sub>0</sub> , A <sub>1</sub>  | Port Address              |
| PA <sub>7</sub> -PA <sub>0</sub> | Port A (8Bit)             |
| PB <sub>7</sub> -PB <sub>0</sub> | Port B (8Bit)             |
| PC <sub>7</sub> -PC <sub>0</sub> | Port C (8Bit)             |
| V <sub>CC</sub>                  | + 5 Volts                 |
| GND                              | 0 Volts                   |

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flag/lock, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance, Group B can be programmed in Mode 0 to monitor smoke switch closings or display computational results. Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

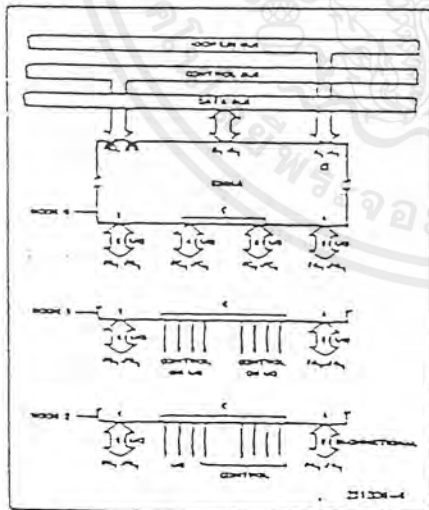


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interactions

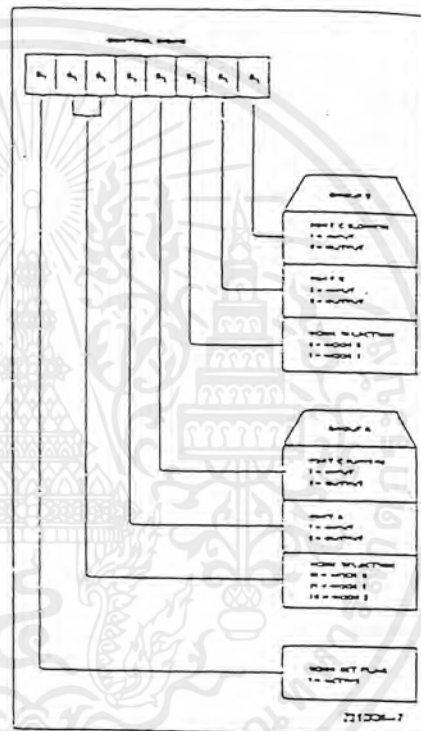


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs. PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-Status code tables.

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC<sub>4</sub>.

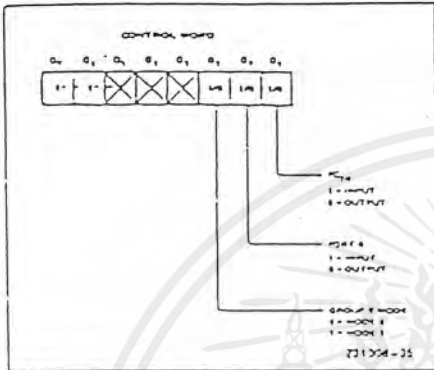


Figure 13. MODE Control Word

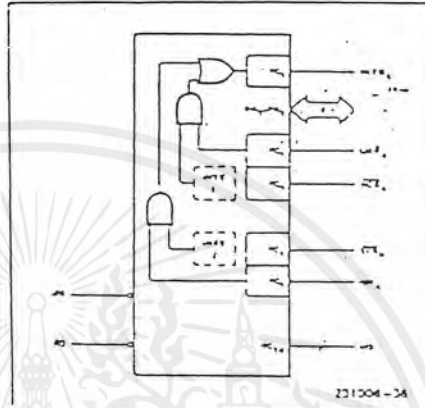


Figure 14. MODE 2

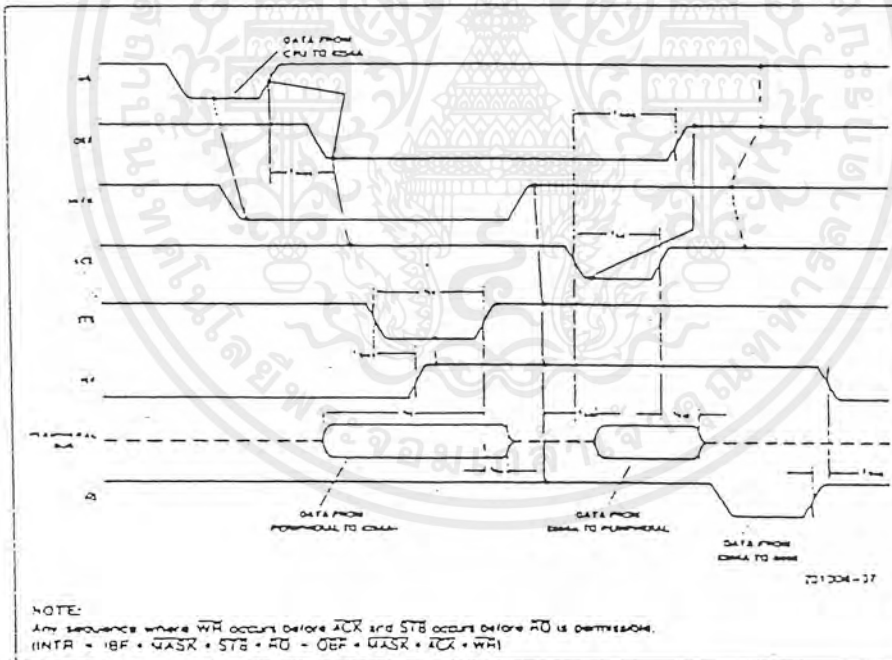
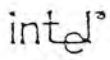


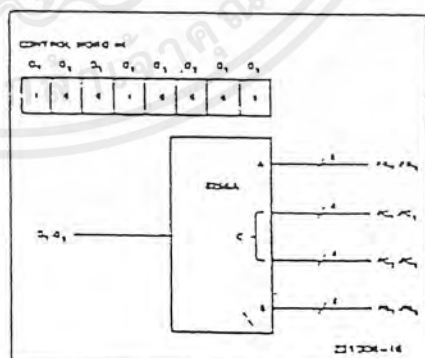
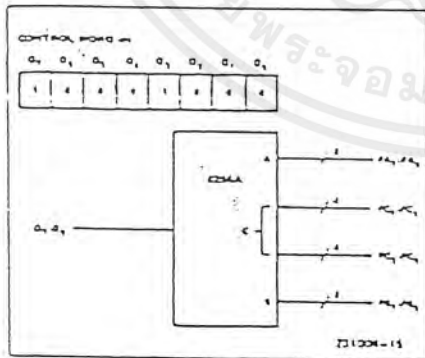
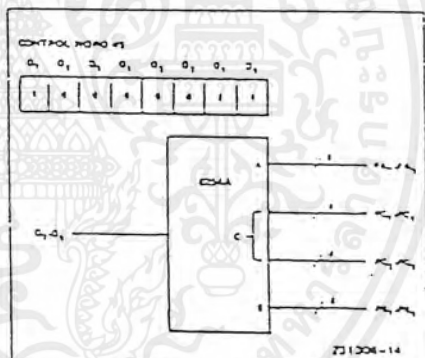
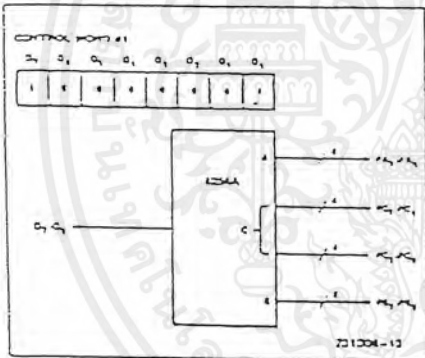
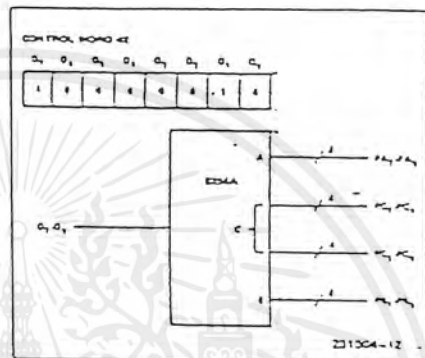
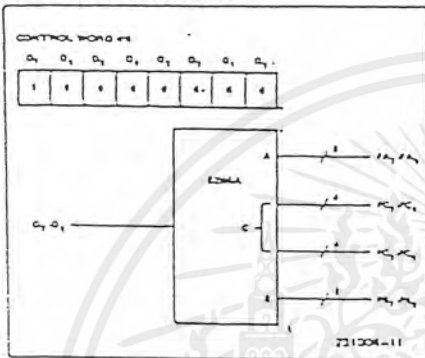
Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5

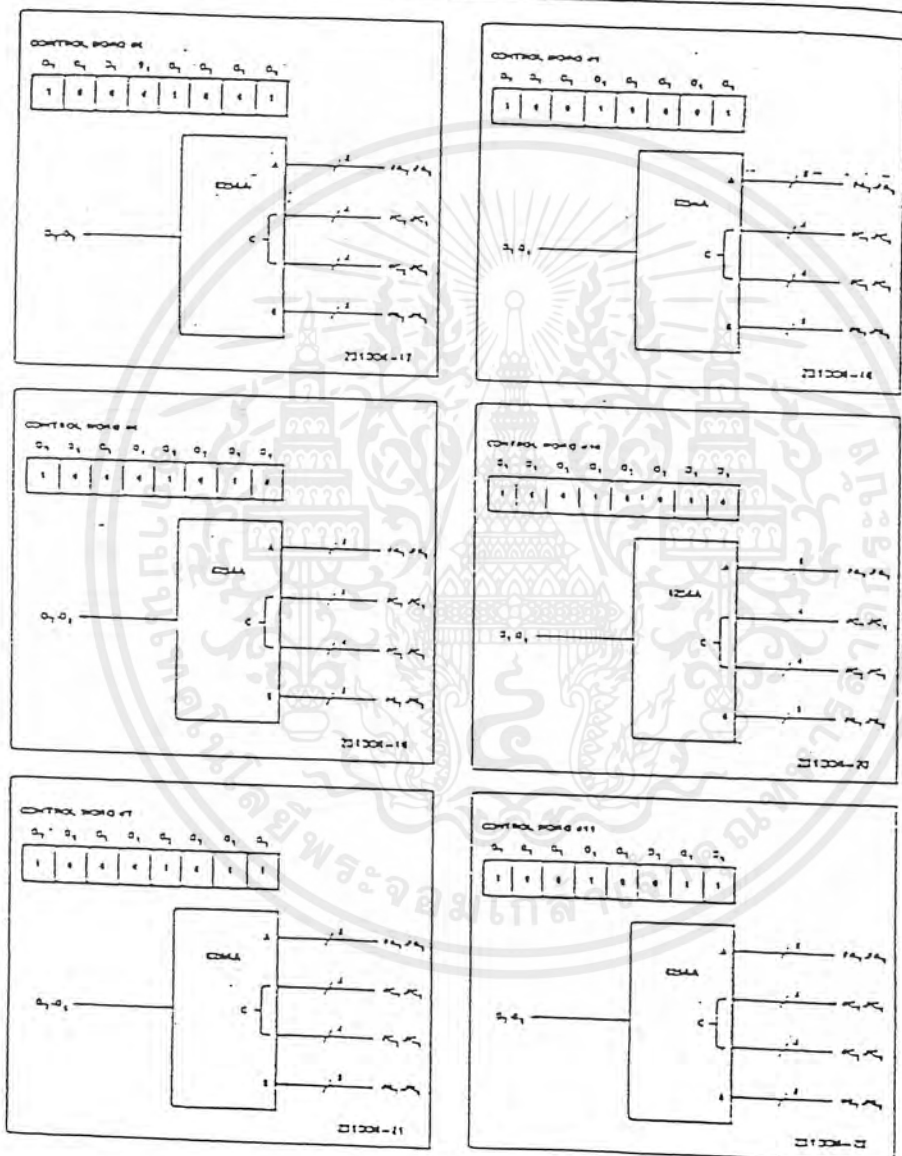
MODE CONFIGURATIONS



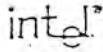
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intel<sup>®</sup>

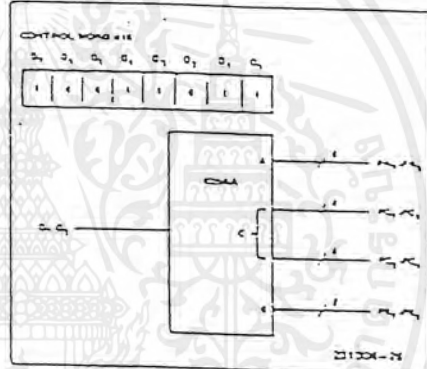
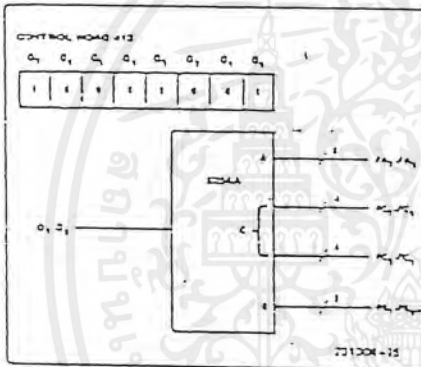
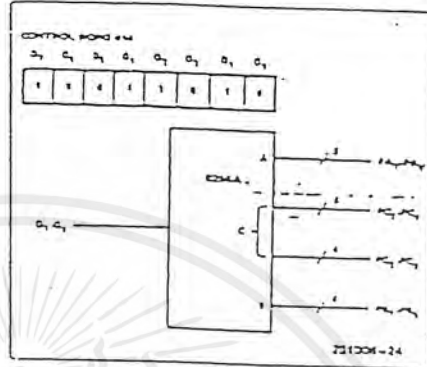
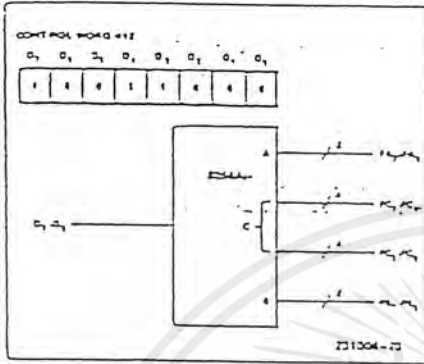
8255A/8255A-5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5



**Operating Modes**

**MODE-1 (Strobe Input/Output).** This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specialized port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, port A and port B use the lines on port C to generate or accept these "handshaking" signals.

**Mode 1 Basic Functional Definitions:**

- Two Groups (Group A and Group B)
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

**Input Control Signal Definition**

**STB (Strobe Input).** A "low" on the input loads data into the input latch.

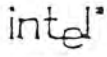
**IBF (Input Buffer Full F/F)**

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgment. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the AO input.

**INTR (Interrupt Request)**

A "high" on the output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the STB is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of AO. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC<sub>4</sub>.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC<sub>2</sub>.

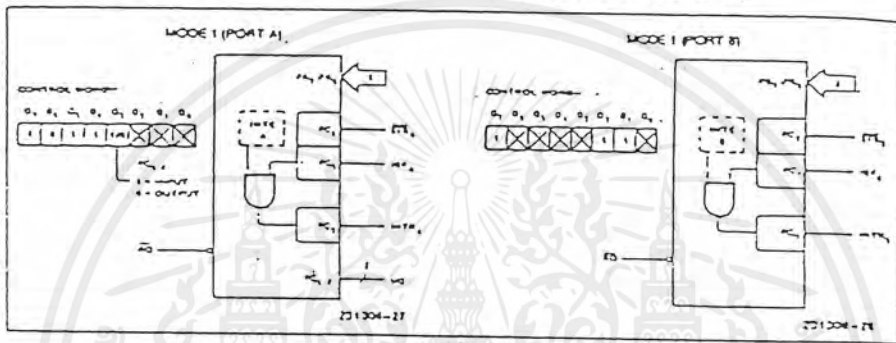


Figure 8. MODE 1 Input

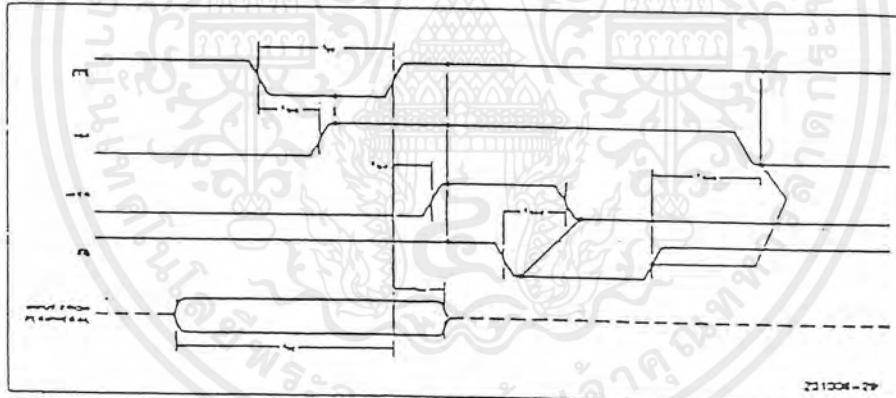
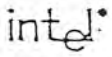


Figure 9. MODE 1 (Strbed Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Output Control Signal Definition**

**ÖBF (Output Buffer Full F/F).** The ÖBF output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The ÖBF F/F will be set by the rising edge of the WR input and reset by ÖCR input being low.

**ÖCR (Acknowledge Input).** A "low" on this input informs the 8255A that the data from port A or port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

**INTR (Interrupt Request).** A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output

device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when ÖCR is a "one", ÖBF is a "one", and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of WR.

**INTE A**

Controlled by bit set/reset of PC<sub>2</sub>.

**INTE B**

Controlled by bit set/reset of PC<sub>2</sub>.

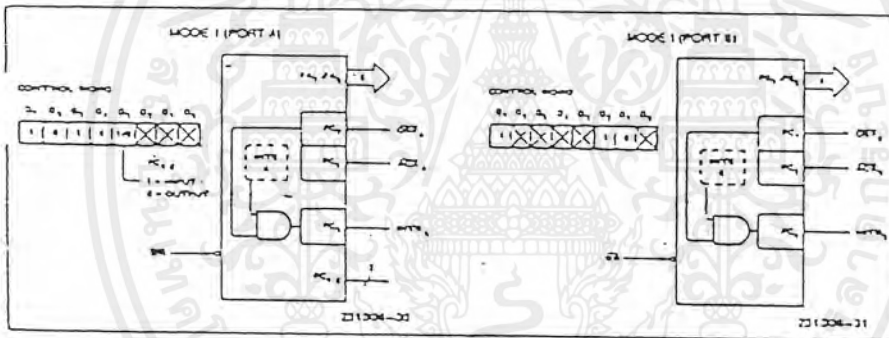


Figure 10. MODE 1 Output

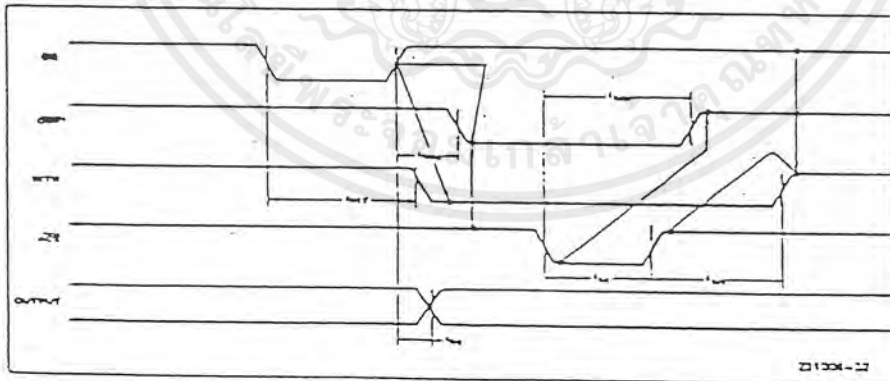


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

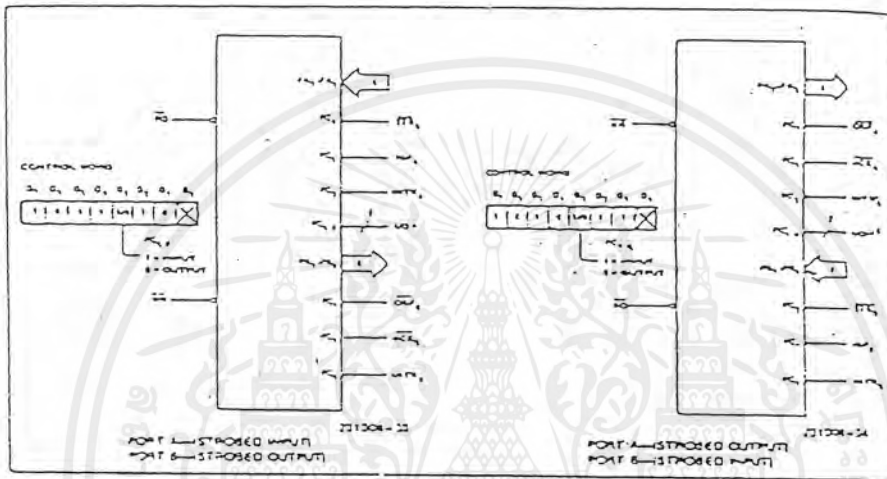


Figure 12. Combinations of MODE 1.

**Combinations of MODE 1**

Port A and Port B can be individually defined as input or output in MODE 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

**Operating Modes**

**MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O).** This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

**MODE 2 Basic Functional Definitions:**

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus Port (Port A) and a 5-bit control Port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

**Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition**

**INTA (Interrupt Request).** A high on this output can be used to interrupt the CPU for both input or output operations.

**Output Operations**

**ØBF (Output Buffer Full).** The ØBF output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

**ACK (Acknowledge).** A "low" on this input enables the tri-state output buffer of port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

**INTE 1 (The INTE Flag-Flag Associated with ØBF).** Controlled by bit set/reset of PC<sub>4</sub>.

**Input Operations**

**STB (Strobe Input).** A "low" on this input loads data into the input latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC<sub>4</sub>.

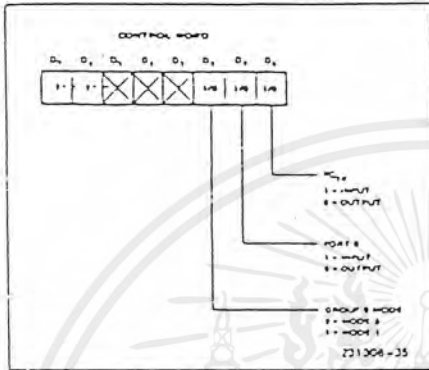


Figure 13. MODE Control Word

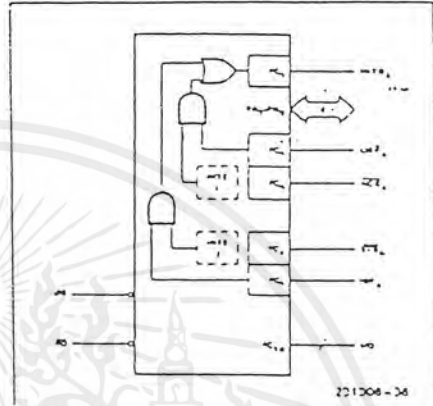


Figure 14. MODE 2

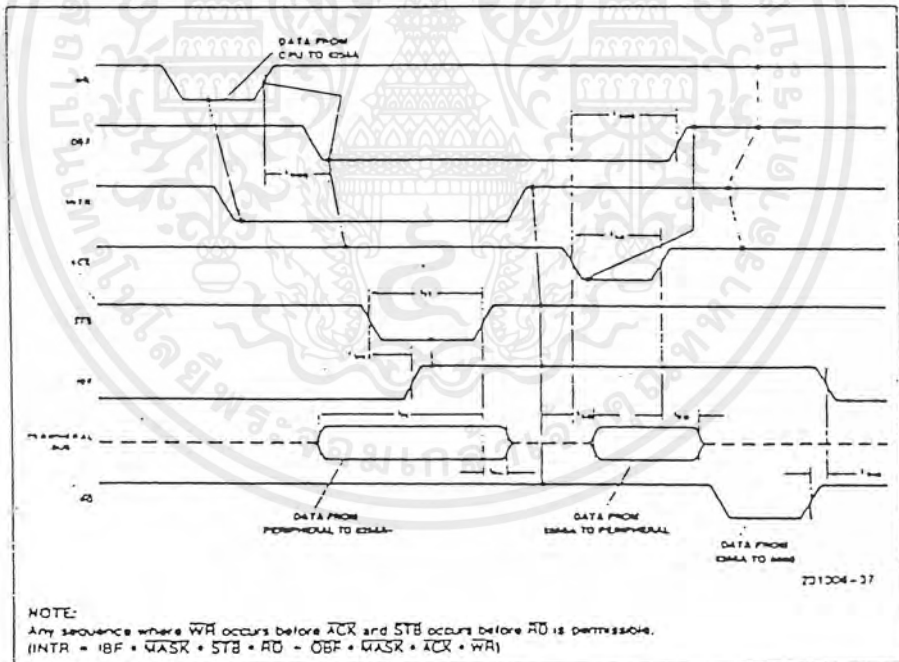


Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intel

8255A/8255A-5

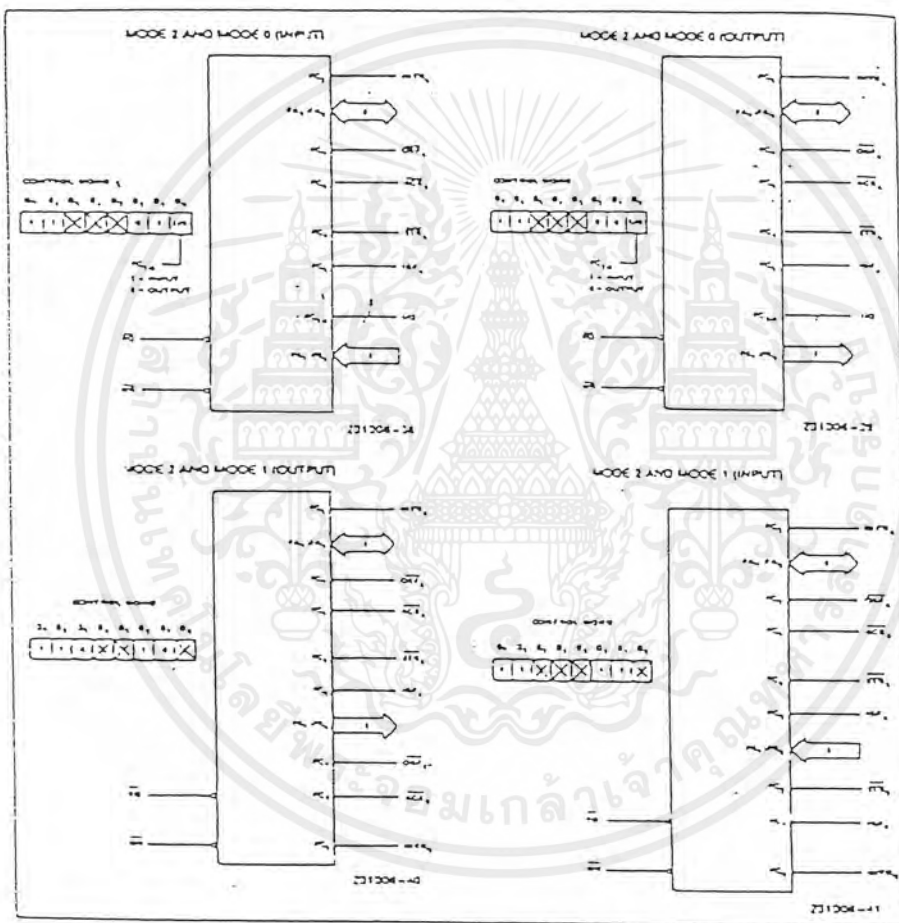
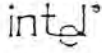


Figure 16. MODE 1, Combinations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mode Definition Summary

|                 | MODE 0 |     | MODE 1            |                   | MODE 2            |
|-----------------|--------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|
|                 | IN     | OUT | IN                | OUT               | GROUP A ONLY      |
| PA <sub>7</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>6</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>5</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>4</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>3</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>2</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>1</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PA <sub>0</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | ←                 |
| PS <sub>7</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>6</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>5</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>4</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>3</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>2</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>1</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PS <sub>0</sub> | IN     | OUT | IN                | OUT               | —                 |
| PC <sub>7</sub> | IN     | OUT | INTR <sub>B</sub> | INTR <sub>B</sub> | I/O               |
| PC <sub>6</sub> | IN     | OUT | IBF <sub>B</sub>  | OCF <sub>B</sub>  | I/O               |
| PC <sub>5</sub> | IN     | OUT | STO <sub>B</sub>  | ACR <sub>B</sub>  | I/O               |
| PC <sub>4</sub> | IN     | OUT | INTR <sub>A</sub> | INTR <sub>A</sub> | INTR <sub>A</sub> |
| PC <sub>3</sub> | IN     | OUT | STE <sub>A</sub>  | I/O               | STE <sub>A</sub>  |
| PC <sub>2</sub> | IN     | OUT | IBF <sub>A</sub>  | I/O               | IBF <sub>A</sub>  |
| PC <sub>1</sub> | IN     | OUT | I/O               | ACR <sub>A</sub>  | ACR <sub>A</sub>  |
| PC <sub>0</sub> | IN     | OUT | I/O               | OCF <sub>A</sub>  | OCF <sub>A</sub>  |

MODE 0-  
OR MODE 1  
ONLY

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes when not all of the bits in Port C are used for control or status. The remaining bits can be used as follows:

If Programmed as Inputs—

All input lines can be accessed during a normal Port C read.

If Programmed as Outputs—

Bits in C upper (PC<sub>7</sub>–PC<sub>4</sub>) must be individually accessed using the bit set/reset function.

Bits in C lower (PC<sub>3</sub>–PC<sub>0</sub>) can be accessed using the bit set/reset function or accessed as a three-bit by writing to Port C.

This feature allows the 8255 to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 8255 is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

Source Current Capability on Port B and Port C

Any set of eight output buffers, selected randomly from Ports B and C can source 1 mA at 1.5 volts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



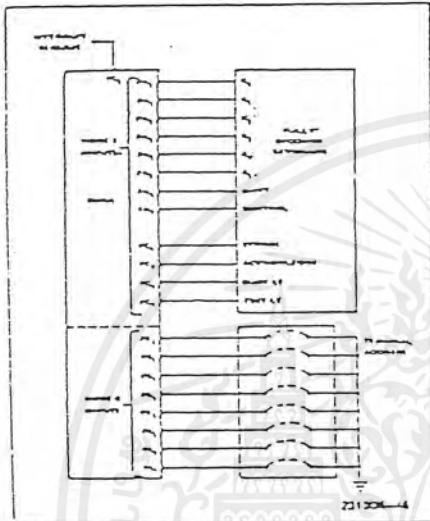


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

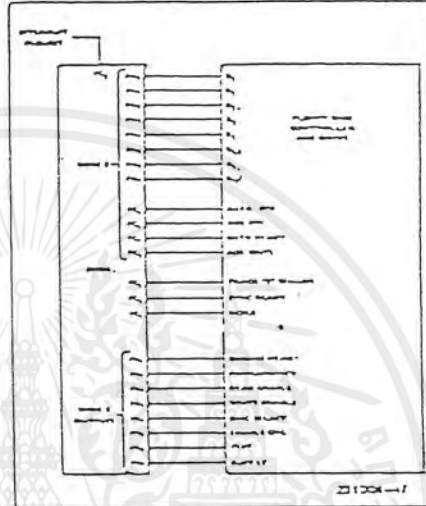


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

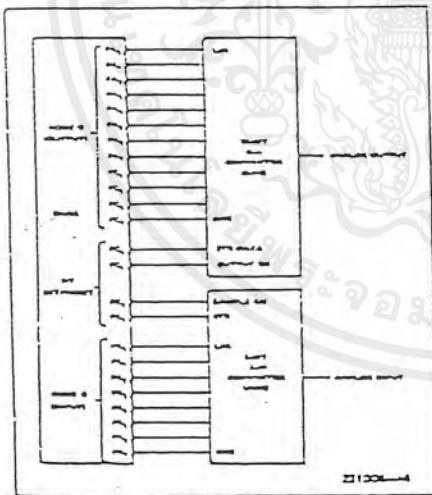


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

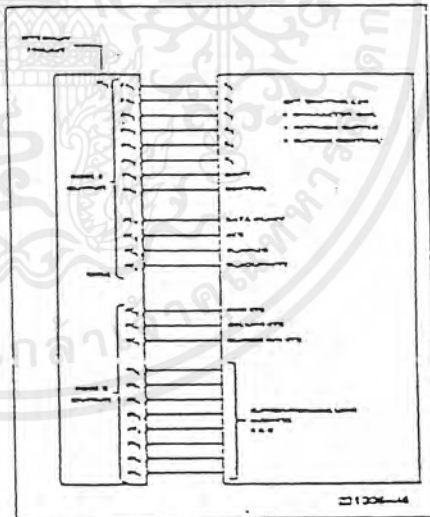


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DALLAS**  
SEMICONDUCTOR

## DS275 Line-Powered RS-232 Transceiver Chip

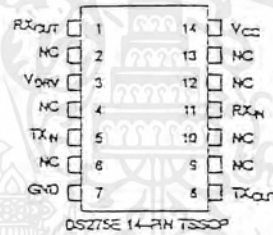
### FEATURES

- Low-power serial transmitter/receiver for battery-backed systems
- Transmitter steals power from receive signal line to save power
- Ultra-low static current, even when connected to RS-232-E port
- Variable transmitter level from +5 to +12 volts
- Compatible with RS-232-E signals
- Available in 8-pin, 150-mil wide SOIC package (DS275S) and 14-pin TSSOP package
- Low-power CMOS

### ORDERING INFORMATION

|        |              |
|--------|--------------|
| DS275  | 8-pin DIP    |
| DS275S | 8-pin SOIC   |
| DS275E | 14-pin TSSOP |

### PIN ASSIGNMENT



### PIN DESCRIPTION

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| RX <sub>OUT</sub> | - RS-232 Receiver Output    |
| V <sub>DRV</sub>  | - Transmit Driver +V        |
| TX <sub>IN</sub>  | - RS-232 Driver Input       |
| GND               | - System Ground (0V)        |
| TX <sub>OUT</sub> | - RS-232 Driver Output      |
| NC                | - No Connection             |
| RX <sub>IN</sub>  | - RS-232 Receiver Input     |
| VCC               | - System Logic Supply (+5V) |

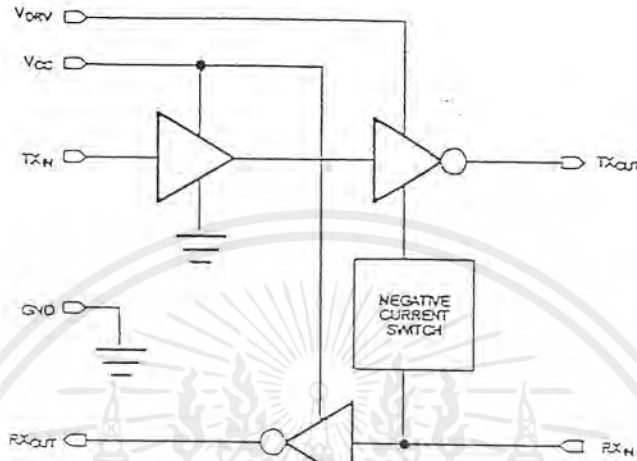
### DESCRIPTION

The DS275 Line-Powered RS-232 Transceiver Chip is a CMOS device that provides a low-cost, very low-power interface to RS-232 serial ports. The receiver input translates RS-232 signal levels to common CMOS/TTL levels. The transmitter employs a unique circuit which steals current from the receive RS-232 signal when that signal is in a negative state (marking). Since most serial communication ports remain in a negative state statically, using the receive signal for negative

power greatly reduces the DS275's static power consumption. This feature is especially important for battery-powered systems such as laptop computers, remote sensors, and portable medical instruments. During an actual communication session, the DS275's transmitter will use system power (5-12 volts) for positive transitions while still employing the receive signal for negative transitions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS275 BLOCK DIAGRAM Figure 1



#### OPERATION

Designed for the unique requirements of battery-backed systems, the DS275 provides a low-power half-duplex interface to an RS-232 serial port. Typically, a designer must use an RS-232 device which uses system power during both negative and positive transitions of the transmit signal to the RS-232 port. If the connector to the RS-232 port is left connected for an appreciable time after the communication session has ended, power will statically flow into that port, draining the battery capacity. The DS275 eliminates this static current drain by stealing current from the receive line ( $RX_{IN}$ ) of the RS-232 port when that line is at a negative level (marking). Since most asynchronous communication over an RS-232 connection typically remains in a marking state when data is not being sent, the DS275 will not consume system power in this condition. System power would only be used when positive-going transitions are needed on the transmit RS-232 output ( $TX_{OUT}$ ) when data is sent. However, since asynchronous communication sessions typically exhibit a very low duty-cycle, overall system power consumption remains low.

#### RECEIVER SECTION

The  $RX_{IN}$  pin is the receive input for an RS-232 signal whose levels can range from 3 to 15 volts. A negative data signal is called a mark while a positive data signal is

called a space. These signals are inverted and then level-shifted to normal +5 volt CMOS/TTL logic levels. The logic output associated with  $RX_{IN}$  is  $RX_{OUT}$  which swings from + $V_{CC}$  to ground. Therefore, a mark on  $RX_{IN}$  produces a logic 1 at  $RX_{OUT}$ ; a space produces a logic 0.

The input threshold of  $RX_{IN}$  is typically around 1.8 volts with 500 millivolts of hysteresis to improve noise rejection. Therefore, an input positive-going signal must exceed 1.8 volts to cause  $RX_{OUT}$  to switch states. A negative-going signal must now be lower than 1.3 volts (typically) to cause  $RX_{OUT}$  to switch again. An open on  $RX_{IN}$  is interpreted as a mark, producing a logic 1 at  $RX_{OUT}$ .

#### TRANSMITTER SECTION

$TX_{IN}$  is the CMOS/TTL-compatible input for digital data from the user system. A logic 1 at  $TX_{IN}$  produces a mark (negative data signal) at  $TX_{OUT}$  while a logic 0 produces a space (positive data signal). As mentioned earlier, the transmitter section employs a unique driver design that uses the  $RX_{IN}$  line for swinging to negative levels. The  $RX_{IN}$  line must be in a marking or idle state to take advantage of this design; if  $RX_{IN}$  is in a spacing state,  $TX_{OUT}$  will only swing to ground. When  $TX_{OUT}$  needs to transition to a positive level, it uses the  $V_{OV}$  power pin

for this level.  $V_{DRV}$  can be a voltage supply between 5 to 12 volts, and in many situations it can be tied directly to the +5 volt  $V_{CC}$  supply. It is important to note that  $V_{DRV}$  must be greater than or equal to  $V_{CC}$  at all times.

The voltage range on  $V_{DRV}$  permits the use of a 9-volt battery in order to provide a higher voltage level when  $TX_{OUT}$  is in a space state. When  $V_{CC}$  is shut off to the DS275 and  $V_{DRV}$  is still powered (as might happen in a battery-backed condition), only a small leakage current (about 50–100 nA) will be drawn. If  $TX_{OUT}$  is loaded during such a condition,  $V_{DRV}$  will draw current only if  $RX_{IN}$  is not in a negative state. During normal operation ( $V_{CC}=5$  volts),  $V_{DRV}$  will draw less than 2  $\mu$ A when  $TX_{OUT}$  is marking. Of course, when  $TX_{OUT}$  is spacing,  $V_{DRV}$  will draw substantially more current—about 3 mA depending upon its voltage and the impedance that  $TX_{OUT}$  sees.

The  $TX_{OUT}$  output is slew-rate limited to less than 30 volts/ $\mu$ s in accordance with RS-232 specifications. In the event  $TX_{OUT}$  should be inadvertently shorted to ground, internal current-limiting circuitry prevents damage, even if continuously shorted.

#### RS-232 COMPATIBILITY

The intent of the DS275 is not so much to meet all the requirements of the RS-232 specification as to offer a low-power solution that will work with most RS-232 ports with a connector length of less than 10 feet. As a prime example, the DS275 will not meet the RS-232 requirement that the signal levels be at least 5 volts minimum when terminated by a 3K $\Omega$  load and  $V_{DRV}=+5$  volts. Typically 4 volts will be present at  $TX_{OUT}$  when spacing under this condition. However, since most RS-232 receivers will correctly interpret any voltage over 2 volts as a space, there will be no problem transmitting data.

#### APPLICATIONS INFORMATION

The DS275 is designed as a low-cost, RS-232-E interface expressly tailored for the unique requirements of battery-operated handheld products. As shown in the electrical specifications, the DS275 draws exceptionally low operating and static current. During normal operation when data from the handheld system is sent from the  $TX_{OUT}$  output, the DS275 only draws significant  $V_{DRV}$  current when  $TX_{OUT}$  transitions positively (spacing). This current flows primarily into the RS-232 receiver's

3–7K $\Omega$  load at the other end of the attaching cable. When  $TX_{OUT}$  is marking (a negative data signal), the  $V_{DRV}$  current falls dramatically since the negative voltage is provided by the transmit signal from the other end of the cable. This represents a large reduction in overall operating current, since typical RS-232 interface chips use charge-pump circuits to establish both positive and negative levels at the transmit driver output.

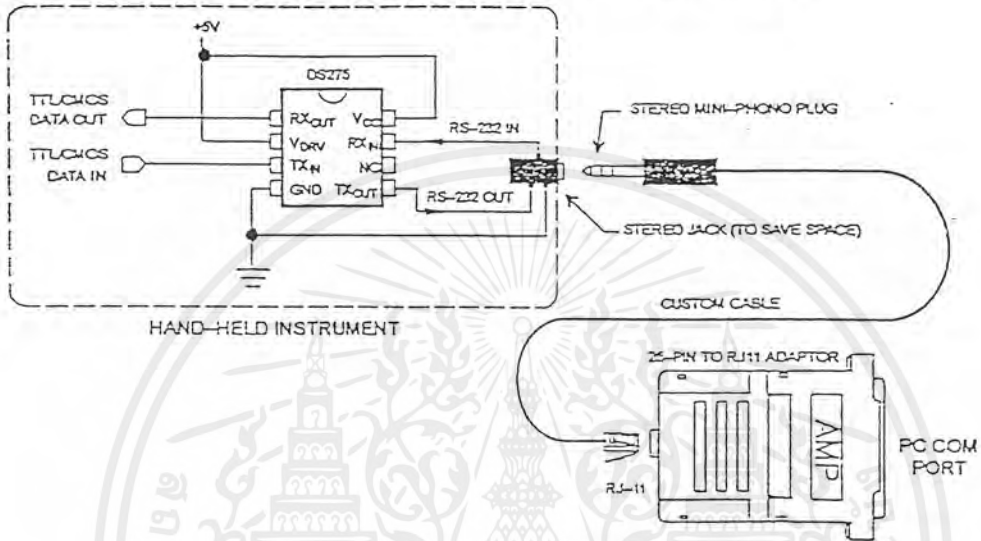
To obtain the lowest power consumption from the DS275, observe the following guidelines. First, to minimize  $V_{DRV}$  current when connected to an RS-232 port, always maintain  $TX_{IN}$  at a logic 1 when data is not being transmitted (idle state). This will force  $TX_{OUT}$  into the marking state, minimizing  $V_{DRV}$  current. Second,  $V_{DRV}$  current will drop to less than 100 nA when  $V_{CC}$  is grounded. Therefore, if  $V_{DRV}$  is tied directly to the system battery, the logic +5 volts can be turned off to achieve the lowest possible power state.

#### FULL-DUPLEX OPERATION

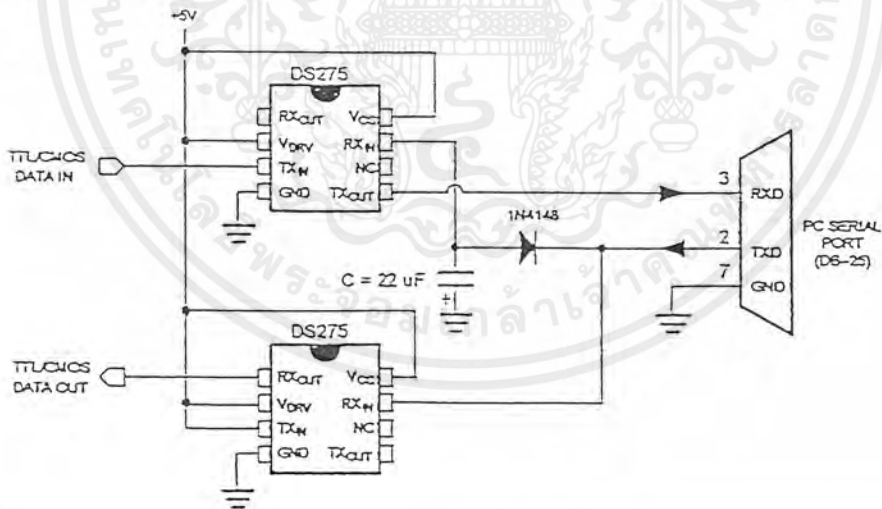
The DS275 is intended primarily for half-duplex operation; that is,  $RX_{IN}$  should remain idle in the marking state when transmitting data out  $TX_{OUT}$  and visa versa. However, the part can be operated full-duplex with most RS-232-E serial ports since signals swinging between 0 and +5V will usually be correctly interpreted by an RS-232-E receiver device. The 5-volt swing occurs when  $TX_{OUT}$  attempts to swing negative while  $RX_{IN}$  is at a positive voltage, which turns on an internal weak pull-down to ground for the  $TX_{OUT}$  driver's negative reference. So, transmit mark signals at  $TX_{OUT}$  may have voltage jumps from some negative value (corresponding to  $RX_{IN}$  marking) to approximately ground. One possible problem that may occur in this case is if the receiver at the other end requires a negative voltage for recognizing a mark. In this situation, the full-duplex circuit shown in Figure 3 can be used as an alternative. The 22  $\mu$ F capacitor forms a negative-charge reservoir; consequently, when the  $TXD$  line is spacing (positive),  $TX_{OUT}$  still has a negative source available for a time period determined by the capacitor and the load resistance at the other end (3–7K $\Omega$ ). This circuit was tested from 150–19,200 bps with error-free operation using a SN75154 Quad Line Receiver as the receiver for the  $TX_{OUT}$  signal. Note that the SN75154 can have a marking input threshold below ground; hence there is the need for  $TX_{OUT}$  to swing both positive and negative in full-duplex operation with this device.

DS275

HANDHELD RS-232-C APPLICATION USING A STEREO MINI-JACK Figure 2



FULL-DUPLEX CIRCUIT USING NEGATIVE-CHARGE STORAGE Figure 3



NOTE:

The capacitor stores negative charge whenever the TXD signal from the PC serial port is in a marking data state (a negative voltage that is typically -10 volts). The top DS275's TXOUT uses this negative charge reservoir when it is in a marking state. The capacitor will discharge to 0 volts when the TXD line is spacing (and TXOUT is still marking) at a time constant determined by its value and the value of the load resistance reflected back to TXOUT. However, when TXD is marking, the capacitor will quickly charge back to -10 volts. Note that TXD remains in a marking state when idle, which improves the performance of this circuit.

C11:DS25 4/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\*

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| $V_{CC}$              | -0.3 to +7.0 volts           |
| $V_{DRV}$             | -0.3 to +13.0 volts          |
| $RX_{IN}$             | 15 volts                     |
| $TX_{IN}$             | -0.3 to $V_{CC} + 0.3$ volts |
| $TX_{OUT}$            | 15 volts                     |
| $RX_{OUT}$            | -0.3 to $V_{CC} + 0.3$ volts |
| Storage Temperature   | -55 C to +125 C              |
| Operating Temperature | 0 C to 70 C                  |

\* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

## RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

| PARAMETER                                | SYMBOL     | MIN  | TYP  | MAX            | UNITS   | NOTES |
|--|------------|------|------|----------------|---------|-------|
| Logic Supply                             | $V_{CC}$   | 4.5  | 5.0  | 5.5            | V       | 1     |
| Transmit Driver Supply                   | $V_{DRV}$  | 4.5  | 5-12 | 13.0           | V       | 1     |
| Logic 1 Input                            | $V_{IH}$   | 2.0  |      | $V_{CC} + 0.3$ | V       | 2     |
| Logic 0 Input                            | $V_{IL}$   | -0.3 |      | +0.8           | V       |       |
| RS-232 Input Range ( $RX_{IN}$ )         | $V_{RS}$   | -15  |      | +15            | V       |       |
| Dynamic Supply Current                   |            |      |      |                |         |       |
| $TX_{IN} = V_{CC}$                       | $I_{DRV1}$ |      | 400  | 800            | $\mu A$ | 3     |
|  | $I_{CC1}$  |      | 40   | 100            | $\mu A$ |       |
| $TX_{IN} = GND$                          | $I_{DRV1}$ |      | 3.8  | 5.0            | mA      |       |
|  | $I_{CC1}$  |      | 40   | 100            | $\mu A$ |       |
| Static Supply Current                    |            |      |      |                |         |       |
| $TX_{IN} = V_{CC}$                       | $I_{DRV2}$ |      | 1.5  | 10.0           | $\mu A$ | 4     |
|  | $I_{CC2}$  |      | 10.0 | 15.0           | $\mu A$ |       |
| $TX_{IN} = GND$                          | $I_{DRV2}$ |      | 3.8  | 5.0            | mA      |       |
|  | $I_{CC2}$  |      | 10.0 | 20.0           | $\mu A$ |       |
| Driver Leakage Current ( $V_{CC} = 0V$ ) | $I_{DRV3}$ |      | 0.05 | 1.0            | $\mu A$ | 5     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DSZ75

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (0 °C to 70 °C;  $V_{CC} = V_{DRV} = 5V \pm 10\%$ )

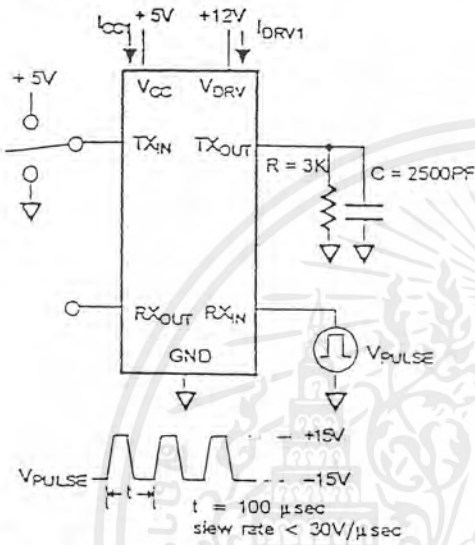
| PARAMETER                                | SYMBOL            | MIN  | TYP  | MAX | UNITS | NOTES |
|--|-------------------|------|------|-----|-------|-------|
| TX <sub>OUT</sub> Level High             | V <sub>OTXH</sub> | 3.5  | 4.0  | 5.0 | V     | 6     |
| TX <sub>OUT</sub> Level Low              | V <sub>OTXL</sub> | -3.5 | -3.0 |     | V     | 7     |
| TX <sub>OUT</sub> Short Circuit Current  | I <sub>SC</sub>   |      | +20  | +85 | mA    |       |
| TX <sub>OUT</sub> Output Slew Rate       | I <sub>SR</sub>   |      |      | 30  | V/μs  |       |
| Propagation Delay                        | t <sub>PD</sub>   |      | 5    |     | μs    | 8     |
| RX <sub>IN</sub> Input Threshold Low     | V <sub>TL</sub>   | 0.8  | 1.2  | 1.6 | V     |       |
| RX <sub>IN</sub> Input Threshold High    | V <sub>TH</sub>   | 1.6  | 2.0  | 2.4 | V     |       |
| RX <sub>IN</sub> Threshold Hysteresis    | V <sub>HYS</sub>  | 0.5  | 0.8  |     | V     | 9     |
| RX <sub>OUT</sub> Output Current @ 2.4 V | I <sub>OH</sub>   | -1.0 |      |     | mA    |       |
| RX <sub>OUT</sub> Output Current @ 0.4 V | I <sub>OL</sub>   |      |      | 3.2 | mA    |       |

## NOTES:

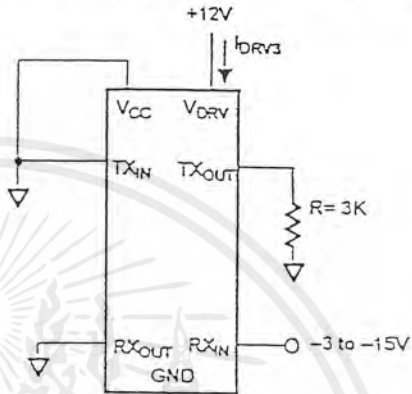
1.  $V_{DRV}$  must be greater than or equal to  $V_{CC}$ .
2.  $V_{CC} = V_{DRV} = 5V \pm 10\%$ .
3. See test circuit in Figure 4.
4. See test circuit in Figure 5.
5. See test circuit in Figure 6.
6. TX<sub>IN</sub> = V<sub>IL</sub> and TX<sub>OUT</sub> loaded by 3KΩ to ground.
7. TX<sub>IN</sub> = V<sub>IH</sub>, RX<sub>IN</sub> = -10 volts and TX<sub>OUT</sub> loaded by 3KΩ to ground.
8. TX<sub>IN</sub> to TX<sub>OUT</sub> - see Figure 7.
9.  $V_{HYS} = V_{TH} - V_{TL}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

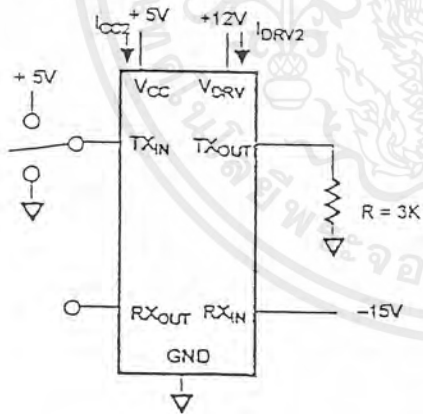
DYNAMIC OPERATING CURRENT TEST CIRCUIT Figure 4



DRIVER LEAKAGE TEST CIRCUIT Figure 6



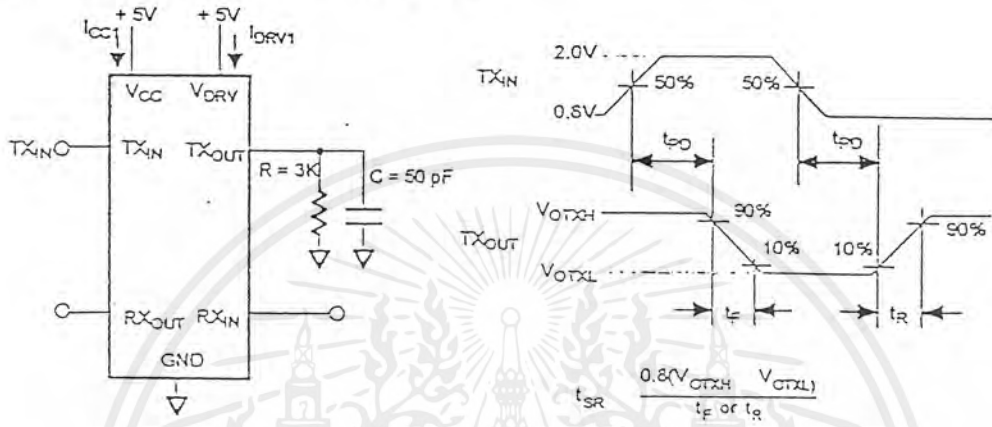
STATIC OPERATING CURRENT TEST CIRCUIT Figure 5



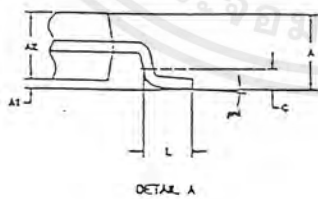
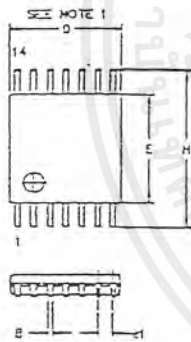
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS275

PROPAGATION DELAY TEST CIRCUIT Figure 7



DS275E 14-PIN TSSOP



| DIM   | MIN      | MAX  |
|-------|----------|------|
| A MM  | -        | 1.10 |
| A1 MM | 0.05     | -    |
| A2 MM | 0.75     | 1.05 |
| B MM  | 0.18     | 0.30 |
| C MM  | 0.09     | 0.18 |
| D MM  | 4.90     | 5.10 |
| E MM  | 4.40 NOM |      |
| e1 MM | 0.65 BSC |      |
| G MM  | 0.25 REF |      |
| H MM  | 6.25     | 6.55 |
| L MM  | 0.50     | 0.70 |
| phi   | 0        | 8    |

011998 6/95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

กลุ่ม CNS “ออปแอมป์”. หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. กรุงเทพมหานคร.

ธนาคุณ ตีรอรรรถกร. “ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการประเมินคุณภาพซากและปริมาณเนื้อแดงและไขมันในซากสุกร”. ปัญหาพิเศษ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 2535.

สุนทร วิฑูสรพจน์. “การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MC S8051”. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน). กรุงเทพมหานคร, 2537.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร               | นายพาฐ อนุชชาลาคม   |
| วันเดือนปีเกิด                    | 27 ธันวาคม 2519   |
| สถานที่เกิด                       | จังหวัดชลบุรี   |
| ภูมิลำเนาเดิม                     | เลขที่ 86/7 ถ.เปรมใจราษฎร์<br>ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130                       |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                   | 671/103 ซ.เจริญสนิทวงศ์ 43<br>แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย<br>กรุงเทพมหานคร 10700 |
| โทรศัพท์                          | 4346154   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>            |   |
| ประถมศึกษา                        | โรงเรียนปริชานุศาสน์  |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                  | โรงเรียนชลราษฎร์อำรุง   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวศ.) | มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์  |
| ปริญญาตรี                         | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม     |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล              | -   |
| ทุนการศึกษา                       | -   |
| คติพจน์                           | ตราบใดที่ทะเลยังมีคลื่น ก็อย่าหวัง<br>ความราบรื่นกับชีวิต                           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์              | นายวีรพล จันทร์บุญ  |
| วันเดือนปีเกิด                    | 27 พฤศจิกายน 2518   |
| สถานที่เกิด                       | จังหวัดประจวบคีรีขันธ์  |
| ภูมิลำเนาเดิม                     | เลขที่ 92 หมู่ 5 ต.ธงชัย อ.บางสะพาน<br>จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77190  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                   | หอพักกมล เลขที่ 111/7 หมู่ 3<br>ซ.ไปรษณีย์ ถ.อ่อนนุช-ลาดกระบัง<br>แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง<br>กรุงเทพมหานคร 10520 |
| โทรศัพท์                          | 7391642-5 ต่อ 336   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>            |   |
| ประถมศึกษา                        | โรงเรียนบ้านหนองระเวง   |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                  | โรงเรียนธงชัยวิทยา  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคประจวบคีรีขันธ์   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) | วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม   |
| ปริญญาตรี                         | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม                                     |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล              | -   |
| ทุนการศึกษา                       | -   |
| คติพจน์                           | การรู้บุญคุณคน ไม่เคยทำให้ใครล้ม<br>เหลว  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปฏิญาณพันธ               | นายสมนึก ชุ่มกลาง   |
| วันเดือนปีเกิด                    | 19 มีนาคม 2518  |
| สถานที่เกิด                       | จังหวัดนครราชสีมา   |
| ภูมิลำเนาเดิม                     | เลขที่ 124 หมู่ 13 ต.ธารละหลอด<br>อ.พิมาย จ.นครราชสีมา 30110  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                   | หอพักกมล เลขที่ 111/7 หมู่ 3<br>ซ.ไปรษณีย์ ถ.อ่อนนุช-ลาดกระบัง<br>แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง<br>กรุงเทพมหานคร 10520 |
| โทรศัพท์                          | 7391642-5 ต่อ 336   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>            |   |
| ประถมศึกษา                        | โรงเรียนบ้านห้วยโนนโพธิ์  |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                  | โรงเรียนศรีสุขวิทยา   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ   |
| ปริญญาตรี                         | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม                                |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล              | -   |
| ทุนการศึกษา                       | ทุนกู้ยืมรัฐบาลปีการศึกษา 2540  |
| คติพจน์                           | จงทำวันนี้ให้ดีที่สุด   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์              | นายอุดร กันทอง  |
| วันเดือนปีเกิด                    | 10 ตุลาคม 2518  |
| สถานที่เกิด                       | จังหวัดเชียงใหม่  |
| ภูมิลำเนาเดิม                     | เลขที่ 32/1 หมู่ 5 ต.แม่นาจร<br>อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ 50270                         |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                   | เลขที่ 46/392 ซ.พหลโยธิน<br>ถ.พหลโยธิน แขวงคลองถนน<br>เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10520 |
| โทรศัพท์                          | 9739085   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>            |   |
| ประถมศึกษา                        | โรงเรียน โกวิทธารงเชียงใหม่   |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                  | โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยเชียงใหม่   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล<br>วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ                                    |
| ปริญญาตรี                         | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม     |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล              | -   |
| ทุนการศึกษา                       | -   |
| คติพจน์                           | ทำ  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้