สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวัดศักดาและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส

(DIGITAL VOLTMETER , FREQUENCY COUNTER AND INTERFACE CARD)

T042643

โดย

นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ

นางสาว อุมาพร เกิดแสง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42643
วัน, เดือน, ปี 5 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดศักดาและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส

(DIGITAL VOLTMETER , FREQUENCY COUNTER AND INTERFACE CARD)

โดย

นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ รหัสประจำตัว 40010509

นางสาว อุมาพร เกิดแสง รหัสประจำตัว 40011021

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องมือวัดศักดาและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส

(DIGITAL VOLTMETER , FREQUENCY COUNTER AND INTERFACE CARD)

ผู้จัดทำ

1. นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ รหัสประจำตัว 40010509
2. นางสาว อุมาพร เกิดแสง รหัสประจำตัว 40011021

ลงชื่อ.....

(อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง (ภาษาไทย) เครื่องมือวัดศักดาและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส

(ภาษาอังกฤษ) DIGITAL VOLTMETER , FREQUENCY COUNTER AND INTERFACE CARD

จัดทำโดย

1. นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ รหัสประจำตัว 40010509
2. นางสาว อุมาพร เกิดแสง รหัสประจำตัว 40011021

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ .....

(อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์และการ์ดอินเตอร์เฟส
(DIGITAL VOLTEMETER AND INTERFACE CARD)

นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ
นางสาว อุมาพร เกิดแสง
อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เครื่องวัดศักดาไฟฟ้าและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส ส่วนของเครื่องวัดศักดาการทำงานส่วนใหญ่ถูกควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์แบบชิพเดี่ยวชนิด 8051 เครื่องวัดศักดานี้สามารถวัดได้ทั้งศักดาชนิดไฟตรงและไฟสลับ โดยที่การวัดศักดาชนิดไฟตรงสามารถวัดศักดาอินพุทได้ระหว่าง 0-25 โวลท์ และที่การวัดศักดาชนิดไฟสลับสามารถวัดศักดาอินพุทได้ระหว่าง 0-10 โวลท์ ส่วนในโหมดของการวัดความถี่สามารถวัดช่วงความถี่อินพุทได้ตั้งแต่ 0 เฮิร์ทซ์ ถึง 100 กิโลเฮิร์ทซ์ ด้วยระดับศักดาอินพุทที่มีค่าแอมปลิจูดระหว่าง 0-10 โวลท์ รวมทั้งเครื่องมือวัดสามารถใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมได้โดยพอร์ตมาตราฐาน GPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL VOLTMETER , FREQUENCY COUNTER AND INTERFACE CARD

Mr. PICHEAD KANJANAKARUN
Miss. UMAPORN KEADSANG
Miss KHANITTHA SAETUNG(Advisor)
2nd Semester , Educational Year 2000

Abstract

Digital Volt and Frequency Counter meters is controlled microprocessor 8051. On DC mode can measure input voltage rang in 0-25 V and AC mode can measure input voltage rang in 0-10 V. Otherwise it can measure frequency rang in 50 Hz to 100 KHz with level of input voltage in 0-10 V. This meter also be controlled by personal computer with General Purpose Interface Bus (GPIB).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
ABSTRACT	
สารบัญ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 คุณสมบัติและการใช้งานระบบบัสมาตราฐาน	2
2.1 โครงสร้างของ GPIB	2
2.2 อุปกรณ์ที่มีระบบ GPIB	2
2.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของ GPIB	3
2.4 ขั้วต่อของ GPIB	3
2.5 ความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ในบัส	5
2.6 ขบวนการแฮนด์เชค	7
2.7 คำสั่งใช้งานของ GPIB	11
บทที่ 3 การอินเตอร์เฟส	15
3.1 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	15
3.2 สัญญาณต่าง ๆ บนสล็อตของ IBM PC	16
3.3 การจัดแอดเดรสสำหรับอินพุทและเอาท์พุท	18
3.4 การใช้งานแอดเดรสสำหรับอินพุท/เอาท์พุทสำหรับ IBM PC	20
บทที่ 4 อธิบายการทำงานของวงจร	22
4.1 การปรับช่วงศักดา	23
4.2 วงจรวัดศักดาไฟกระแสสลับ	26
4.3 วงจรวัดความถี่	27
4.4 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์	28
4.5 วงจรควบคุมการทำงานของอนาลอกสวิตช์	29
4.6 วงจรคอลโทรลเลอร์และการ์ดอินเตอร์เฟส	30
บทที่ 5 การทดลอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ 49

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ขั้วต่อของ GPIB และการจัดขาของสัญญาณต่าง ๆ 3

รูปที่ 2.2 วงจรภายในจุดต่อบัสข้อมูลที่ใช้รับส่งข้อมูล 4

รูปที่ 2.3 คุณสมบัติฮีสเตอริซิสของตัว Receiver แบบ Schmitt trigger 4

รูปที่ 2.4 ลักษณะการต่อเข้ากับระบบบัส GPIB ทั้ง 2 วิธี 7

รูปที่ 2.5 แสดงขบวนการแฮนด์เชค 8

รูปที่ 2.6 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง 9

รูปที่ 2.7 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ 10

รูปที่ 3.1 ขาสัญญาณต่าง ๆ ใน I/O slot บน IBM PC 17

รูปที่ 3.2 การใช้แอดเดรสบิทต่างๆในการอ้างอิงแอดเดรสของพอร์ตในไอบีเอ็มพีซี 19

รูปที่ 3.3 การใช้งานแอดเดรสของพอร์ตบนไอบีเอ็มพีซี 20

รูปที่ 3.4 การใช้งานแอดเดรสต่างๆสำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทของไอบีเอ็มพีซี 20

รูปที่ 3.5 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุท 21

รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงานของวงจรทั้งหมด 22

รูปที่ 4.2 วงจรปรับช่วงศักดาสัญญาณอินพุท 24

รูปที่ 4.3 วงจรวัดศักดาไฟกระแสสลับ 26

รูปที่ 4.4 วงจรวัดความถี่ 28

รูปที่ 4.5 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์ 29

รูปที่ 4.6 วงจรควบคุมการทำงานอนาลอกสวิตช์ 29

รูปที่ 4.7 วงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ 33

รูปที่ 4.8 วงจรการ์ดอินเตอร์เฟส 34

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 5 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.1) 36

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 5 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่ 5.1) 36

รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 10 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.2) 38

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 10 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่5.2) 38

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 25 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.3) 40

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 25 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่ 5.3) 40

รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 200m Vmax (ตารางที่ 5.4) 42

รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 500m Vmax (ตารางที่ 5.5) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 5.9 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 5 Vmax (ตารางที่ 5.6) 44
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่ rang 10 Vmax (ตารางที่ 5.7) 45
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดเนื่องจากความถี่ (ตารางที่ 5.8) 46
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดความถี่ (ตารางที่ 5.9) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.2 แสดงฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของการอินเตอร์เฟส 13

ตารางที่ 4.1 การจัดแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับไอซี 8255 บนอินเตอร์เฟสการ์ด 32

ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 5Vmax 35

ตารางที่ 5.2 บันทึกผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 10Vmax 37

ตารางที่ 5.3 ผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 25Vmax 39

ตารางที่ 5.4 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 200mVmax 41

ตารางที่ 5.5 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 500mVmax 42

ตารางที่ 5.6 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 5Vmax 43

ตารางที่ 5.7 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 10Vmax 44

ตารางที่ 5.8 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิตโดยการเปลี่ยนความถี่ 46

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดความถี่ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานกันอยู่ในชีวิตประจำวัน ถ้าพิจารณาเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ นั้นสามารถใช้งานได้ไม่หลากหลายมากนัก การทำงานของคอมพิวเตอร์ก็ถูกจำกัดอยู่ด้วยอุปกรณ์ภายนอกที่มาต่อร่วม ถ้าสามารถนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้ ยิ่งทำให้คอมพิวเตอร์สามารถถูกใช้งานได้กว้างขวางมากขึ้น สำหรับโครงงานนี้ ประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ร่วมกับเครื่องมือวัด ช่วยทำให้เครื่องมือวัดนั้นมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น ใช้งานได้ง่ายขึ้น ข้อมูลที่ได้จากการวัดยังสามารถถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ได้ สะดวกกว่าการที่ต้องบันทึกค่าลงสมุดมาก และเมื่อข้อมูลจากการวัดถูกเก็บเข้าหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ได้ คอมพิวเตอร์ก็สามารถนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ทำการวัดกับตัวแปรที่ผู้ทำการทดลองกำหนด

จะเห็นว่าการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ช่วยทำให้อุปกรณ์ชิ้นนั้นใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น เหมาะสำหรับใช้ในห้องทดลองที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำการวัด เช่น การทดลองทางสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ต้องทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักดา ของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่สร้างมาซึ่งค่าที่ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักดา ของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่สร้างมาซึ่งค่าที่ทำการวัดนั้นละเอียดและมีข้อมูลจำนวนมาก ถ้าทำการจดบันทึกธรรมดาจะไม่สะดวกและเสียเวลามาก เมื่อนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องมือวัดศักดานี้แล้วสามารถเก็บข้อมูลจำนวนมากไว้ในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ กับข้อมูลจากการวัดได้อีกด้วย

การนำคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดนี้ต้องมีการเชื่อมต่อโดยใช้พอร์ตเชื่อมต่อออกมาจากคอมพิวเตอร์ พอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อนี้มีหลายประเภท ทั้งแบบพอร์ตอนุกรมและพอร์ตขนาน พอร์ตแต่ละชนิดก็จะมีข้อดีข้อเสียต่างกัน พอร์ตแบบอนุกรมสามารถใช้งานเครื่องมือวัดผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้แม้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จะอยู่ไกลจากเครื่องมือวัด แต่การส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตชนิดนี้ต้องใช้เวลานาน ถ้าเป็นพอร์ตแบบขนาน อุปกรณ์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องอยู่ใกล้กัน แต่สามารถต่ออุปกรณ์ 1 ตัวเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้หลายเครื่อง และเวลาในการส่งข้อมูลจะเร็วกว่าการส่งข้อมูลโดยใช้พอร์ตแบบอนุกรม สำหรับโครงงานนี้เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้พอร์ตขนานมีการ์ดอินเตอร์เฟสเป็นอุปกรณ์ช่วยในการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
คุณสมบัติและการใช้งานระบบบัสมาตราฐาน

ระบบบัสมาตราฐานที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้หลายเครื่องเรียกว่าระบบ GPIB (General Purpose Interface Bus) ข้อพิเศษสำหรับผู้ใช้คือ ในกรณีที่ต้องการขยายอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้ามาในระบบ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเพิ่มเติมส่วนวงจรหรืออุปกรณ์อื่น ๆ อีกเลย เพียงแต่ผู้ใช้เพิ่มสายเคเบิ้ลเชื่อมต่อเข้ามาขนานกับสายเคเบิ้ลหรือจะต่อเติมเท่านั้น โดยใช้การแก้ไขเฉพาะส่วนของซอฟแวร์ ในระบบที่ไม่ใหญ่โตนัก GPIB สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องมืออื่น ๆ ได้สูงสุด 15 เครื่อง โดยใช้สายสัญญาณเพียง 1 เส้นต่อขนานกับไปเรื่อย ๆ ดันนั้นบัสสัญญาณของ GPIB จึงเป็นบัสแบบขนานโดยมีสัญญาณควบคุมร่วมด้วย เพื่อกำหนดทิศทางและเลือกตัวอุปกรณ์ที่ต้องการจะติดต่อ

2.1 โครงสร้างของ GPIB

ส่วนประกอบพื้นฐานของ GPIB ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง (Talker) , ตัวรับ(Listener) และ ตัวควบคุม(Controller)

Talker ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลโดยสามารถที่จะนำ Talker จำนวนหลาย ๆ ตัวมาใส่ไว้ในระบบแต่จะมี Talker เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่กำลังทำงานอยู่

Listener ทำหน้าที่รับข้อมูล Listener ก็เช่นเดียวกับ Talker คือ สามารถนำไปใส่ไว้ในระบบได้หลาย ๆ ตัว ดังนั้นในระบบจะประกอบด้วย Talker 1 ตัว และ Listener ตัวแต่ 1 ตัว ขึ้นไป

Controller เป็นตัวควบคุมสัญญาณต่าง ๆ บนบัส โดยรับความต้องการของอุปกรณ์ที่จะส่งข้อมูลหรือกำหนด Listener ที่จะทำการรับข้อมูล

2.2 อุปกรณ์ที่มีระบบ GPIB

อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีระบบ GPIB นั้นแบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ ดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็น Talker เท่านั้น เช่น เครื่องมือวัด เป็นต้น
2. ทำหน้าที่เป็น Listener เท่านั้น เช่น เครื่องพิมพ์ , เครื่องบันทึกเสียง เป็นต้น
3. ทำหน้าที่เป็นได้ทั้ง Talker และ Listener เช่น คอมพิวเตอร์เครื่องมือวัดที่สามารถควบคุมได้จากภายนอก เป็นต้น
4. ทำหน้าที่เป็นได้ทั้ง Talker , Listener และ Controller เช่น คอมพิวเตอร์ที่ ทำหน้าที่ควบคุมระบบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ GPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

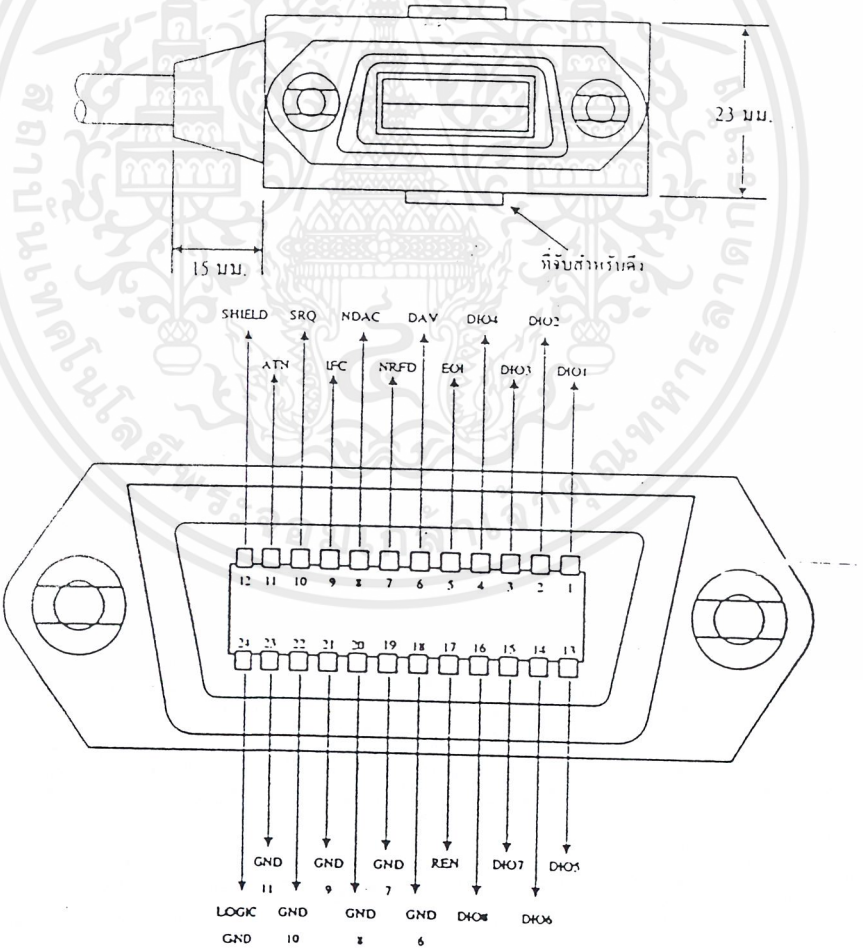
2.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขีดจำกัดของ GPIB

คุณสมบัติทางไฟฟ้าซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขีดจำกัดของ GPIB นั้น มีดังนี้

1. จำนวนอุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับสายสัญญาณ 1 เส้น จะต้องไม่เกิน 15 เครื่อง
2. สายเคเบิ้ลที่ต่ออยู่ระหว่างอุปกรณ์ต้องยาวไม่เกิน 4 เมตร และความยาวรวมต้องไม่เกิน 20 เมตร
3. ความเร็วในการส่งข้อมูลต้องไม่เกิน 1 Mb/Sec
4. จำนวนของอุปกรณ์หรือเครื่องมือมากกว่าครึ่งหนึ่งต้องเปิดให้ทำงาน(จ่ายไฟ)

2.4 ขั้วต่อของ GPIB

ขั้วต่อมาตราฐาน GPIB มีทั้งหมด 24 ขา และการจัดตำแหน่งสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.1

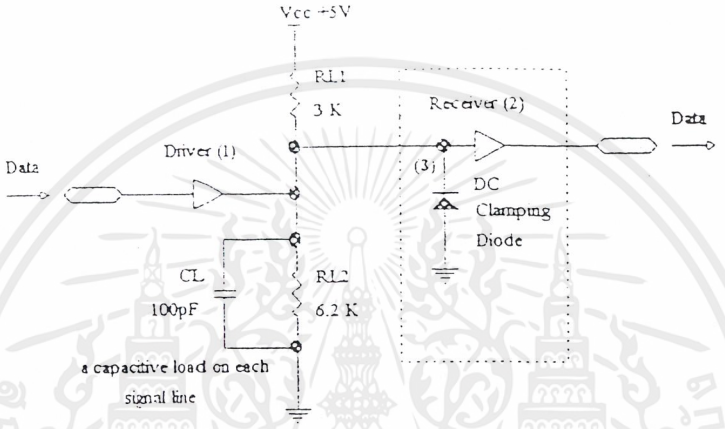


รูปที่ 2.1 ขั้วต่อของ GPIB และการจัดขาของสัญญาณต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

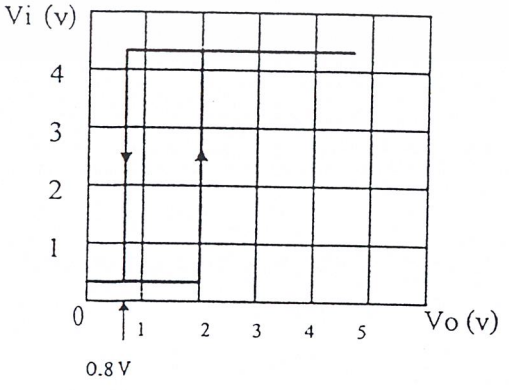
2.4.1 พิจารณาถึงวงจรทางไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาถึงวงจรไฟฟ้าเมื่อมองย้อนเข้าไปยังจุดต่อสัญญาณบัสข้อมูล เราจะเห็นโหลดของ GPIB เป็นตัวต้านทานแบ่งแรงดัน 2 ค่า คือ 6.2 กิโลโอห์ม และ 3 กิโลโอห์ม ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรภายในจุดต่อบัสข้อมูลที่ใช้รับส่งข้อมูล

ทางด้านเกตตัวส่ง (Driver) เป็นแบบ Open Collector หรือแบบเกต 3 สถานะ (3 State Driver) โดยขับด้วยกระแสขนาด 48 มิลลิแอมป์ ส่วนทางด้านเกตตัวรับ(Receiver) ใช้แบบ Schmitt trigger เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน โดยมีคุณสมบัติการให้สัญญาณเอาท์พุท ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 คุณสมบัติฮีสเตอริซิสของตัว Receiver แบบ Schmitt trigger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 ที่ระดับแรงดันอินพุทมีค่าต่ำหรือน้อยกว่า 0.8 โวลท์ เอาท์พุทจะมีค่าต่ำด้วย แต่ถ้าเพิ่มแรงดันอินพุทไปเรื่อย ๆ จนมีค่ามากกว่า 2 โวลท์ เอาท์พุทจะมีค่าสูง หลังจากนั้นถ้าแรงดันมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนต่ำกว่า 2 โวลท์ เอาท์พุทก็ยังค่าสูงอยู่ แรงดันเอาท์พุทต้องลดลงจนกระทั่งต่ำกว่า 0.8 โวลท์ เอาท์พุทจึงกลับมามีค่าต่ำ ลักษณะเช่นนี้เป็นลักษณะของ ฮิสเตอรีซิส

แต่อย่างไรก็ตามตัวเกต Driver/Receiver ที่ใช้กับ GPIB และมีจำหน่ายอยู่นั้นอาจมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากที่กล่าวมาก็ได้ เช่น กรณีที่ใช้เป็นแบบอุปกรณ์แยกชิ้น (Discrete เช่น ทรานซิสแตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์) แล้วต่อปลาย (โหลด) ด้วยตัวต้านทานเมื่อปิดแหล่งจ่ายไฟจะทำให้แหล่งจ่ายไฟมีค่าเป็น 0 โวลท์ (ลัดวงจร) แต่สัญญาณบัสข้อมูลยังมีตัวต้านทาน 6.2 กิโลโอห์ม และ 3 กิโลโอห์ม ต่อขนานกันอยู่ ดังนั้นจึงทำให้มีค่าโหลดประมาณ 2 กิโลโอห์ม ต่อสัญญาณบัสข้อมูลกับกราวด์ซึ่งจะเป็นผลเสียทางช่วงของสัญญาณรบกวน(Noise Margin)

กรณีที่ใช้เกต Driver/Receiver เฉพาะของ GPIB เช่น IC เบอร์ SN75160 , MC6488A เป็นต้น ซึ่งเป็นโหลดประเภทแอคทีฟ เมื่อปิดแหล่งจ่ายไฟจะทำให้ไม่มีโหลดเข้าไปเกี่ยวพันด้วย ทำให้เกิดผลดีทางด้าน Noise Margin คือข้อมูลไม่ผิดพลาดได้ง่าย

2.5 ความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ในบัส

GPIB เป็นระบบบัสแบบขนาน ดังนั้น อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อร่วมบัสกันอยู่จึงต่อขนานกันหมดสัญญาณต่าง ๆ จากระบบบัสจึงปรากฏต่ออุปกรณ์ทุกตัว ในจำนวนสายต่อทั้ง 24 เส้น ของบัสสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มสัญญาณ คือ

2.5.1 กลุ่มสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูล

DAV (Data Valid) เมื่อถูกดึงให้มีระดับแรงดันเป็น “LOW” โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง (Talker) เป็นการแจ้งแก่ระบบบัสว่าตอนนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงไปที่สายสัญญาณข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

NRFD (Not Ready For Data) เมื่อถูกดึงให้มีระดับแรงดันเป็น”LOW” เป็นการแสดงว่าตอนนี้ระบบบัสยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบ ยังพร้อมไม่หมดทุกตัวซึ่งสัญญาณเส้นนี้จะไม่เป็น HIGH จนกว่าอุปกรณ์ทุกตัวให้ระดับแรงดัน HIGH ครบถ้วนแล้วสัญญาณนี้ใช้ประโยชน์สำหรับกรณีที่อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันมีความเร็วในการทำงานต่างกัน

NDAC (Not Data Accepted) สัญญาณเส้นนี้ควบคุมโดยอุปกรณ์ตัวรับ (Listener) จะให้ระดับแรงดันเป็น “LOW” ในขณะที่ตัวรับกำลังเก็บข้อมูลจากสายข้อมูล และเป็น HIGH เมื่ออ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 กลุ่มสัญญาณควบคุมการอินเตอร์เฟส

ประกอบด้วยสัญญาณดังต่อไปนี้

ATN (Attention) เป็นสัญญาณจากอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุม (Controller) ใช้ในการสั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อม เพื่อรอรับคำสั่งต่อไป

IFC (Interface Clear) เป็นสัญญาณรีเซตหรือเคลียร์ระบบ ซึ่งกำเนิดโดยตัวควบคุมเท่านั้น เมื่ออุปกรณ์ในบัสได้รับสัญญาณเคลียร์นี้ จะกลับคืนสู่สภาวะเริ่มต้นใหม่เป็นสภาวะแรกก่อนการกำหนดฟังก์ชั่นเหมือนเมื่อแรกเปิดสวิสช์

REN (Remote Enable) สัญญาณเส้นนี้ควบคุมโดยอุปกรณ์ตัวควบคุมตัวเดียวเท่านั้นเช่นกันใช้สั่งให้อุปกรณ์เปลี่ยนจากโหมดที่ใช้งานปกติด้วยมือ มาเป็นการควบคุมโดยตัวควบคุมแทน

SRQ (Service Request) เป็นสายสัญญาณอินเตอร์รัพต์ เพื่อเป็นการบอกแก่ระบบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ต้องการการติดต่อจากตัวควบคุม ยกตัวอย่างเช่น โวลท์มิเตอร์ที่มีค่าที่อ่านได้พร้อมแล้วที่จะส่งให้แก่ระบบเพื่อไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการข้อมูลนี้ หรือเมื่อเกิดข้อผิดพลาดบางอย่าง

EOI (End Or Identify) สัญญาณที่ควบคุมได้ทั้งโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุมหรือตัวส่งก็ได้ ใช้แสดงว่าข่าวสารข้อมูลที่ส่งเป็นชุดนั้นสิ้นสุดแล้ว

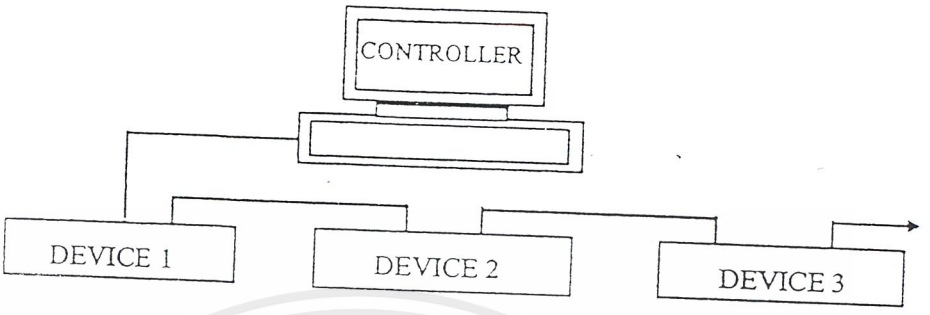
2.5.3 กลุ่มสัญญาณข้อมูล

ประกอบด้วยสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น สำหรับเป็นทางผ่านของข่าวสารข้อมูลของระบบ สัญญาณลอจิกที่ใช้ใน GPIB บัสนี้มีลักษณะเป็น คอมพลีเมนต์ทั้งหมด คือ “1” เท่ากับ “LOW”และ “0” เท่ากับ ” HI” ซึ่งตรงข้ามกับที่เราคุ้นเคย

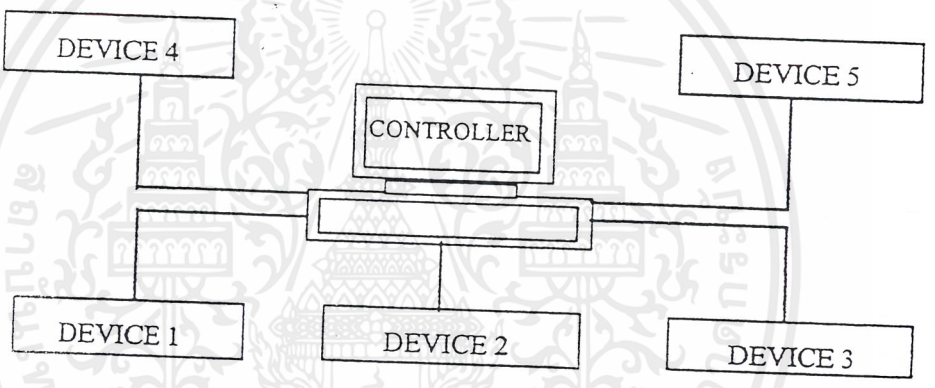
สัญญาณควบคุมที่มีอยู่อาจไม่ได้ใช้ทั้งหมดพร้อมกัน บางสายอาจไม่ได้ใช้งานในอุปกรณ์บางเครื่องก็ได้ แล้วแต่ความจำเป็นในการติดต่อ สำหรับสายที่เหลืออี 7 เส้นนั้น เป็นสายกราวด์ สำหรับการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ GPIB อินเตอร์เฟสบัส มีอยู่ 2 วิธี คือ แบบต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง และ อีกวิธีหนึ่งคือ การต่อแบบกระจายดังแสดงในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A) Daisy Chain



B) Star Configuration



รูปที่ 2.4 ลักษณะการต่อเข้ากับระบบบัส GPIB ทั้ง 2 วิธี

2.6 ขบวนการแฮนด์เชค **(Handshake Procedure)**

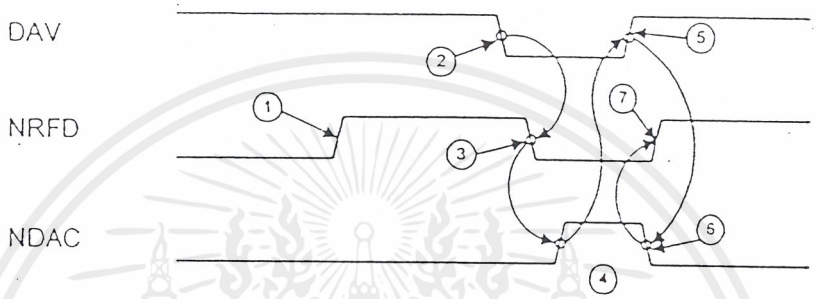
เมื่อมีการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ ดังนั้นเมื่อระบบจะทำงานจึงต้องมีการตรวจสอบเสียก่อน ซึ่งการตรวจสอบนี้เราเรียกว่า ขบวนการแฮนด์เชค(Handshake Procedure)

พิจารณาระบบที่ไม่ซับซ้อนนักโดยกำหนดให้มีตัวส่ง (Talker) และตัวรับ(Listener) อย่างละ 1 ตัว การที่จะมีการสื่อสารระหว่างตัวส่งและตัวรับ จะกระทำได้โดยการที่ตัวส่งจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกมาเพื่อให้ตัวรับ ทราบว่ามีข้อมูลเสร็จในสายสัญญาณและตัวรับก็จะทำการส่งสัญญาณเพื่อให้ตัวส่งทราบว่าได้ทำการรับข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณในการสื่อสารระหว่างตัวส่งและตัวรับนั้น จะส่งมาทางสายสัญญาณ 3 สาย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวนั้นเป็นสายสัญญาณในกลุ่มควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล คือ NRFD (Not Ready For Data) , DAV (Data Valid) และ NDAC (Not Data Accepted)

DAV เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยตัวส่ง NRFD และ NDAC เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยตัวรับ โดยตัวรับจะใช้สัญญาณ NDAC เพื่อชี้ให้เห็นว่าพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล

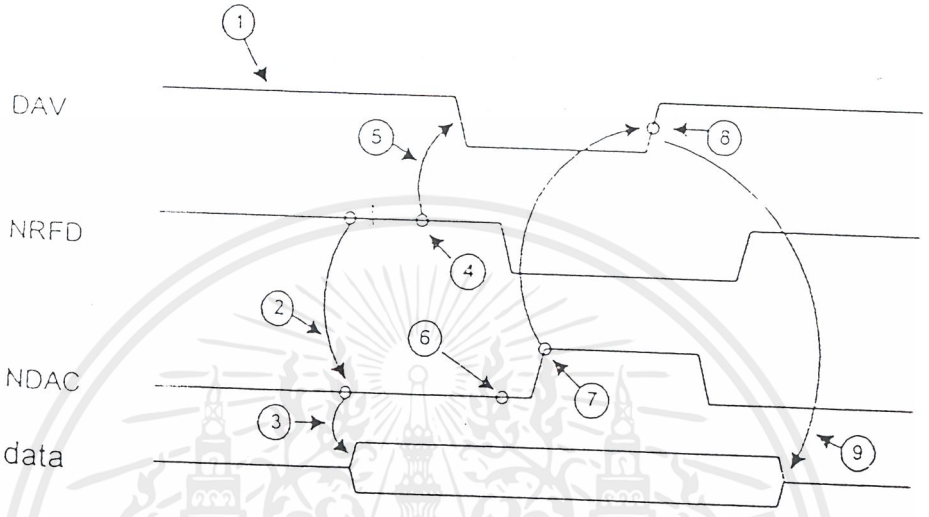


รูปที่ 2.5 แสดงขบวนการแฮนด์เชค

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้นเมื่อ ตัวส่งมีข้อมูลที่จะถ่ายทอดลงสายสัญญาณไปยังตัวรับ เริ่มด้วยการที่ตัวรับจะทำให้สัญญาณ NRFD เป็น “HI” (มีค่าเป็น 0) นั่นคือเป็นการบอกให้ทราบว่าตัวรับพร้อมที่จะให้ตัวส่งทำการถ่ายข้อมูลลงในสายสัญญาณแล้ว (ในจุดที่ 1)ตัวส่งจะทำการถ่ายข้อมูลลงในสายสัญญาณ *p-3X DI08 หลังจากทำการรอเวลา เพื่อให้ตัวส่งถ่ายข้อมูลแล้วตัวส่งจะทำให้สัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น “LOW” (มีค่าเป็น 1) เพื่อที่จะบอกให้ทราบว่าขณะนี้ได้มีข้อมูลในสายสัญญาณทั้ง 8 เส้นแล้ว (ในจุดที่ 2) ต่อมาเมื่อผู้รับทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้มีค่าเป็น “LOW” เพื่อบอกให้ตัวส่งทราบว่ายังไม่พร้อมที่จะให้ตัวส่งทำการส่งข้อมูลชุดต่อไป และ ตัวรับพร้อมที่จะเก็บข้อมูลจากสายสัญญาณ (ในจุดที่ 3) หลังจากตัวรับทำการเก็บข้อมูลจาก สายสัญญาณเสร็จแล้ว ตัวรับจะทำให้สัญญาณ NDAC ให้มีสถานะเป็น “HI” เพื่อบอกให้ทราบว่าได้ทำการเก็บข้อมูลเสร็จแล้ว(ในจุดที่ 4) เมื่อตัวส่งตรวจพบว่าสัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น “HI” ก็จะทำให้สัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น “HI” ด้วย เพื่อไม่ให้ตัวรับทำการรับข้อมูลในบัสอีก (ในจุดที่ 5) เมื่อตัวรับทราบว่า สัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น “HI” ก็จะทำให้สัญญาณ NDAC ให้เป็น “Low” ทำให้ข้อมูลในบัสถูกกำจัดออกไปหลังจากนั้นก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้เป็น “HI” เพื่อบอกให้ทราบว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดต่อไปแล้วขบวนการแฮนด์เชคจึงเสร็จสิ้นลง และจะเริ่มขึ้นใหม่เมื่อมีสัญญาณชุดใหม่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง



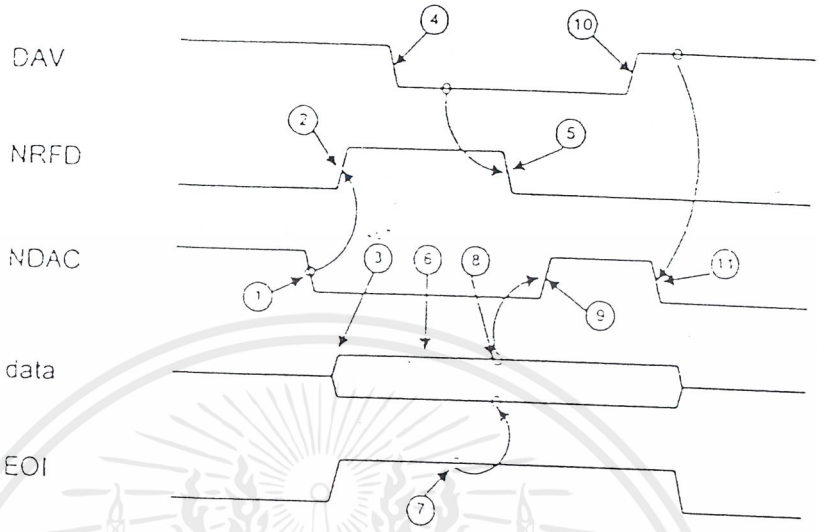
รูปที่ 2.6 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้นโดยการที่ตัวควบคุม ทำการเซตค่าให้สัญญาณ DAV มีค่าเป็น "HI" (ในจุดที่ 1) ต่อมาเป็นการตรวจสอบว่าสัญญาณ NDAC และ NRFD มีลอจิก "HI" ทั้งคู่หรือไม่ (ในจุดที่ 2) ถ้าทั้งคู่เป็น "HI" นั่นคือเกิดการผิดปกติ คืออุปกรณ์นั้นไม่พร้อมที่จะทำงาน จึงทำการออกจากขบวนการแฮนด์เชค

กลับมาดูในจุดที่ 2 หากสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งมีลอกจิกเป็น " Low" ตัวควบคุมจะทำการส่งข้อมูลลงใน GPIB Bus (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าสัญญาณ NRFD มีลอจิกเป็น " HI " (ในจุดที่ 4) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำให้สัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น "Low" เพื่อให้ตัวรับทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสข้อมูล(ในจุดที่ 5) ตัวควบคุมจะรอเวลาเพื่อให้ตัวรับทำการเก็บข้อมูล เมื่อครบกำหนดเวลาตัวควบคุมทำการเชคว่าตัวรับทำงานเกินเวลาที่กำหนดหรือไม่ หากเกินเวลาก็จะทำการตรวจสอบต่อไปว่าสัญญาณ NDAC ทำลอจิกเป็น "HI" ใช่หรือไม่ ก็จะทำการตรวจสอบอีกครั้งว่าเกินเวลาหรือไม่ กลับไปดูที่จุดที่ 6 หากสัญญาณ NDAC เป็น "HI" (ในจุดที่ 7) ตัวควบคุมจะทำการตอบสนองโดยการทำสัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น "HI" เพื่อบอกให้ตัวรับทราบว่าให้หยุดการเก็บข้อมูลจากบัส (ในจุดที่ 8) หลังจากนั้นข้อมูลในบัสข้อมูลจะถูกนำออกไป (ในจุดที่ 9) จึงเป็นการเสร็จสิ้นขบวนการแฮนด์เชค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ



รูปที่ 2.7 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้น หลังจากการที่ตัวควบคุมรับรู้ว่าตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลเมื่อตัวควบคุมทราบว่าตัวส่งจะทำการส่งข้อมูล ตัวควบคุมรับรู้ว่าตัวส่งจะทำให้สัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น "LOW" เพื่อบอกให้ทราบว่าตัวควบคุมยังไม่ได้ทำการเก็บข้อมูล (ข้อมูลในที่นี้คือ แอดเดรสหรือข้อมูลทั่วไปซึ่งตัวส่งทำการส่งมาในบัสข้อมูล) นั้นคือในจุดที่ 1

ต่อมาตัวควบคุมจะทำการเซ็ตค่าสัญญาณ NRFD ให้เป็น "HIGH" เพื่อที่จะให้ตัวส่งทราบว่าขณะนี้ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว (ในจุดที่ 2) เมื่อสัญญาณ NRFD มีค่า "HIGH" และสัญญาณ NDAC มี ค่าเป็น "LOW" แล้วตัวส่งจะทราบทันทีว่าทำการส่งข้อมูลลงมาในบัสข้อมูลได้แล้ว (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะรอเวลาให้ตัวส่งทำากรส่งข้อมูลลงไน่บัสข้อมูลให้เสร็จโดยจะทำการตรวจสอบไปด้วยว่าเกินเวลาที่กำหนดหรือยัง หากเกินเวลาที่กำหนดก็จะออกจากขบวนการแฮนด์เชค หากไม่เกินกำหนดเวลาจะทำการตรวจสอเวลาว่าเกินเวลาที่ต่องคอยแล้วหรือยัง หากยังไม่เกินเวลาก็จะทำการเชคต่อไปจนกระทั่งหมดเวลาหรือจนกว่าสัญญาณ DAV เป็น "LOW" หรือไม่หากไม่ก็จะตรวจสอบเวลาว่าเกินเวลาที่ต้องรอแล้วหรือยัง หากยังไม่เกินเวลาก็จะทำการเช็คต่อไปจนกระทั่งหมดเวลาหรือจนกว่าสัญญาณ DAV จะมีค่าเป็น "LOW"

เมื่อสัญญาณ DAV เป็น "LOW" แล้วตัวควบคุมจะตอบรับ โดยการทำให้สัญญาณ NRFD มีค่าเป็น "LOW" (ในจุดที่ 5) นั่นเป็นการบอกว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะเริ่มเก็บข้อมูล(ในจุดที่ 6) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบสัญญาณ EOI เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่ตัวส่งทำการส่งลงมานั้นหมดแล้วหรือยัง (ถ้าตัวส่งทำการส่งข้อมูลลงในบัสหมดแล้วจะทำการตั้งค่าสัญญาณ EOI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เป็น "LOW") (ในจุดที่ 7) หากสัญญาณ EOI เป็น "LOW" ตัวควบคุมจะเซตสถานะว่า ขณะนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงมาในบัสหมดแล้ว หากสัญญาณ EOI เป็น "HIGH" ก็ไม่ทำการเซตสถานะ หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการเก็บข้อมูลในบัส (ในจุดที่ 8)แล้วทำให้สัญญาณ NDAC มีค่าเป็น "HIGH" เพื่อบอกให้ทราบว่าตัวควบคุมได้ทำการอ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว(ในจุดที่ 9) เมื่อตัวควบคุมทำให้สัญญาณ NDAC เป็น "HIGH" (ในจุดที่ 10) ซึ่งก่อนหน้านี้ตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบอยู่แล้วว่าสัญญาณ DAV เป็น "HIGH" หรือยัง

เมื่อสัญญาณ DAV เป็น "HIGH" แล้วตัวควบคุมจะทำให้สัญญาณ NDAC มีค่าเป็น "LOW" (ในจุดที่ 11) แล้วจึงออกจากขบวนการแฮนด์เชค

2.7 คำสั่งใช้งานของ GPIB

การสั่งการต่าง ๆ เพื่อกำหนดหน้าที่การทำงานและกำหนดฟังก์ชัน เช่น กำหนดช่วงการวัด โหมดการวัด หรืออื่น ๆ แก่เครื่องวัดที่ต่ออยู่ เหล่านี้นั้นตัวควบคุมจะเป็นตัวกำหนดโดยการส่งรหัสคำสั่งไปที่อุปกรณ์โดยผ่าน DI1-DI6 รหัสคำสั่งนี้จะถูกส่งไปในช่วงสายสัญญาณ ATN เป็น LOW

คำสั่งสำหรับกำหนดหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ตามมาตราฐานของ GPIB มีอยู่ด้วยกัน 128 คำสั่ง โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มคำสั่ง

รหัสที่ใช้ในระบบ GPIB บัสนั้นใช้ร่วมกัน ทั้งรหัสข้อมูลและรหัสคำสั่ง นั้นคือรหัสเดียวกันมีความหมายได้ 2 อย่าง คือ เมื่อ ATN เป็น LOW จะหมายถึง รหัสคำสั่ง แต่ถ้า ATN เป็น HIGH รหัสนี้จะแทนข้อมูลที่เป็น ASCII แทน ซึ่งในตารางก็ได้แบ่งความหมายออกเป็น 2 คอลัมน์

2.7.1 กลุ่มคำสั่งเจาะจงจุดหมาย (Adderssed Command Group)

เป็นคำสั่งที่สั่งไปยังอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งหรือตัวรับที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว คำสั่งนี้ประกอบด้วย

GTL (got to local) สั่งให้อุปกรณ์กลับสู่สภาพการควบคุมปกติด้วยมือ

SCT (selected device clear)สั่งให้อุปกรณ์เคลียร์ตัวเองสู่สภาพเริ่มต้นใหม่

PPC (paralled poll configure) เป็นคำสั่งสำหรับทำการจัดสายสัญญาณของการทำการจัดสรรสายสัญญาณของการทำกระบวนการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์โดยวิธีขนานโดยใช้กับกลุ่มคำสั่งรอง

GET (group excute trigger)ใช้สั่งเริ่มต้นการทำงานของอุปกรณ์ทีละหลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCT (take control) เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ตัวส่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

2.7.2 กลุ่มคำสั่งครอบคลุม(Universal command group)

เป็นคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่ในบัส ประกอบด้วย

LLO (local lockout)เป็นการสั่งให้อุปกรณ์ล็อกอยู่ที่สภาวะควบคุมโดยปุ่มปรับที่หน้าปัทม์ตามปกติ

DCL (device clear)สั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น

PPU (parallel poll unconfigure) ใช้ยกเลิกกระบวนการตรวจสอบสภาพแบบขนานทั้งหมด

SPE (serial poll enable)เปลี่ยนโหมดของการตรวจสอบสภาพเป็นแบบอนุกรมในโหมดนี้จะเป็นการส่งสถานะของเครื่องแทนการส่งข้อมูล

SPD (serial poll disable)ยกเลิกโหมดการตรวจสอบแบบอนุกรม

2.7.3 กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวรับ(listener address group)

เป็นคำสั่งสำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นตัวรับ ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNT (untalker) สำหรับยกเลิก

2.7.4 กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวส่ง(talker address group)

สำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นตัวส่ง ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNL (unlisten) สำหรับยกเลิกเช่นกัน

คำสั่งกลุ่มที่ 1 ถึง 4 นั้น จัดเป็นกลุ่มคำสั่งหลัก ที่มีความหมายตายตัวยังมีคำสั่งอีกกลุ่มที่ขึ้นอยู่กับการกำหนดภายหลังนั่นคือกลุ่มคำสั่งรอง

2.7.5 กลุ่มคำสั่งรอง (secondary command group)

เป็นคำสั่งที่กำหนดรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่ออยู่ในระบบ ให้มีการทำงานอย่างไร ตามจุดประสงค์ใช้งานของเครื่องมือนั้น เช่นเดียวกับการปรับปุ่มต่าง ๆ ด้วยมือนั่นเอง คำสั่งรองนี้จะตามหลังคำสั่งหลักคือจะใช้หลังจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกกำหนดวางตัวในระบบเรียบร้อยแล้ว คำสั่งต่าง ๆ ที่กล่าวไป ซึ่งใช้ในการกำหนดสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ แต่ละสภาวะที่กำหนดไปนั้นเป็นอย่างไร และมีจุดประสงค์เพื่ออะไร ดังต่อไปนี้

2.7.5.1 Device Clear/Interface Clear

Device Clear ใช้ในการทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัสกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น ยังไม่มีการกำหนดฟังก์ชันใด ๆ สภาวะเริ่มต้นนี้จะแตกต่างกันไป แล้วแต่ว่าอุปกรณ์นั้นออกแบบไว้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device Clear มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เคลียร์หมดทุกตัวที่ต่ออยู่ (DCL) กับเคลียร์เจาะจงอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่ง (SDC)

แต่ว่าในการเคลียร์อุปกรณ์ให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้นนั้นไม่ได้หมายความว่า Interface Function ของ GPIB จะถูกเคลียร์อุปกรณ์ให้ไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นด้วยแต่อย่างใด Interface Function คือสภาพการ Interface ที่ได้กำหนดไว้ในระบบประกอบด้วยฟังก์ชั่นต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของการอินเตอร์เฟส

ฟังก์ชัน	สัญลักษณ์	การกลับสู่จุดเริ่มต้นโดย IFC
source handshake	SH	ได้
acceptor handshake	AH	ได้
talker or enlarge talker	T or TE	ได้
listener or enlarge listener	L or LT	ได้
service request	SR	ไม่ได้
reomte/local	RL	ไม่ได้
parallel poll	PP	ไม่ได้
device clear	DC	ได้
device trigger	DT	ได้
controller	C	ได้

2.7.5.2 Remote/Local

Remote เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ที่อยู่ในระบบ เช่นเครื่องมือวัดให้อยู่ในการควบคุมของอุปกรณ์ตัวอื่นแทน ซึ่งปุ่มปรับต่าง ๆ บนหน้าปัทม์เครื่องจะไม่มีผลต่อการทำงานส่วน Local เป็นการควบคุมการทำงานของเครื่องมือวัดด้วยปุ่มปรับบนหน้าปัทม์ตามปกติ

การใช้ Remote มีประโยชน์ในแง่ที่ขณะที่ตัวการควบคุมเช่น คอมพิวเตอร์กำลังติดต่ออุปกรณ์ตัวนั้นอยู่ หากไม่มีการตัดการควบคุมโดยปุ่มปรับบนหน้าปัทม์ออก ถ้ามีใครมาปรับแต่งก็จะทำให้การทำงานผิดพลาดได้ การทำงานของ GPIB ใน remote and local มี 4 ลักษณะดังนี้

1. LOCS ก็คือ local นั่นเอง เป็นสภาพการควบคุมที่ปุ่มตามปกติ จะอยู่ในสภาพนี้ ตอนเปิดเครื่องหรือ REN เป็น HIGH หรือเมื่อได้รับคำสั่ง GTL
2. REMS คือ remote หมายถึงการตัดการควบคุมโดยปุ่มหน้าปัทม์ออก จะเกิดขึ้นเมื่อ REN เป็น LOW และจะถูกล็อกไว้เว้นแต่ว่าสวิตซ์ local ที่ตัวอุปกรณ์จะถูกเปลี่ยนไปตำแหน่ง local

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. RWLS เป็นสภาพ remote ที่ถูกล็อกเอาไว้เช่นกัน แต่ว่าจะตัดการควบคุมตรงสวิตช์ local ที่ตัวอุปกรณ์ออกไป สภาพ remote โดย RWLS จึงมีความสำคัญสูงกว่า REMS อย่างไรก็ตามยังถูกยกเลิกได้ด้วยคำสั่ง LLO
4. LWLS มีสภาพเช่นเดียวกับ local แต่จะแตกต่างกันตรงที่สภาพ local โดย LWLS นี้เมื่อได้รับคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวรับจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพแบบล็อกหรือ RWLS ทันทีในการที่จะมาที่สภาพ LWLS นี้ได้ก็มี 2 กรณีคือ local เมื่ออยู่ในสภาพธรรมดา (LOCS) แล้วได้รับคำสั่ง LLO หรือ อยู่ใน RWLS แล้วได้รับคำสั่ง GTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การอินเตอร์เฟส

3.1 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกต่าง ๆ เพื่อทำการวัดปริมาณทางกายภาพและส่งผลกลับ ในการควบคุมปริมาณทางกายภาพที่แวดล้อมตัวเราอาจจะเป็นภายในบ้าน ห้องทดลอง โรงงานอุตสาหกรรมก็ได้ ปริมาณทางกายภาพเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิ , ความชื้น , ระดับ เป็นต้น โดยคอมพิวเตอร์จะมีเส้นทางในการเชื่อมต่อกับเครื่องมือและอุปกรณ์ภายนอกโดยมีการเรียกข้อมูลเข้ามาและเมื่อต้องการควบคุมก็ส่งข้อมูลออกไป ซึ่งจำเป็นต้องกระทำผ่านทางตัวแปลงสัญญาณก็คือ interface card นั่นเอง

3.1.1 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอกเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของ hard ware (Interface Card)โดยส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกจากอุปกรณ์ภายนอกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้กับคอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไปแล้วทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ประมวลผลแล้วนั้นเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อส่งไปควบคุมอุปกรณ์เอาท์พุทต่อไป นอกจากนี้ยังมีหน้าที่อีกหลายอย่างซึ่งแล้วแต่ผู้ออกแบบว่าจะกำหนดให้การ์ดนี้ทำหน้าที่อะไรบ้าง
2. ส่วนของซอฟแวร์ส่วนนี้ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอินเตอร์เฟสการ์ดและนำสัญญาณจากภายนอกที่ผ่านการแปลงเรียบร้อยแล้วมาแสดงผลทางจอภาพโดยในส่วนนี้ประกอบด้วยโปรแกรมต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการสั่งการให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ผู้เขียนโปรแกรมได้กำหนดไว้ เช่น ให้รับค่าที่อินพุทเข้ามาประมวลผล การแสดงผลหน้าจอในโหมดกราฟฟิก การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการควบคุม เป็นต้น จากที่กล่าวมาเป็นรายละเอียดของการอินเตอร์เฟสโดยทั่วไป ต่อไปนี้จะกล่าวถึงอินเตอร์เฟสการ์ดของโครงงานนี้ต่อไป คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนของ interface card

ในการนำข้อมูลเข้า(input data) และการส่งข้อมูลออก (output data) ต้องกระทำผ่านทาง interface card ซึ่งเสียบลงบน I/O slot ของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นก่อนอื่นเราควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ I/O slot ก่อน

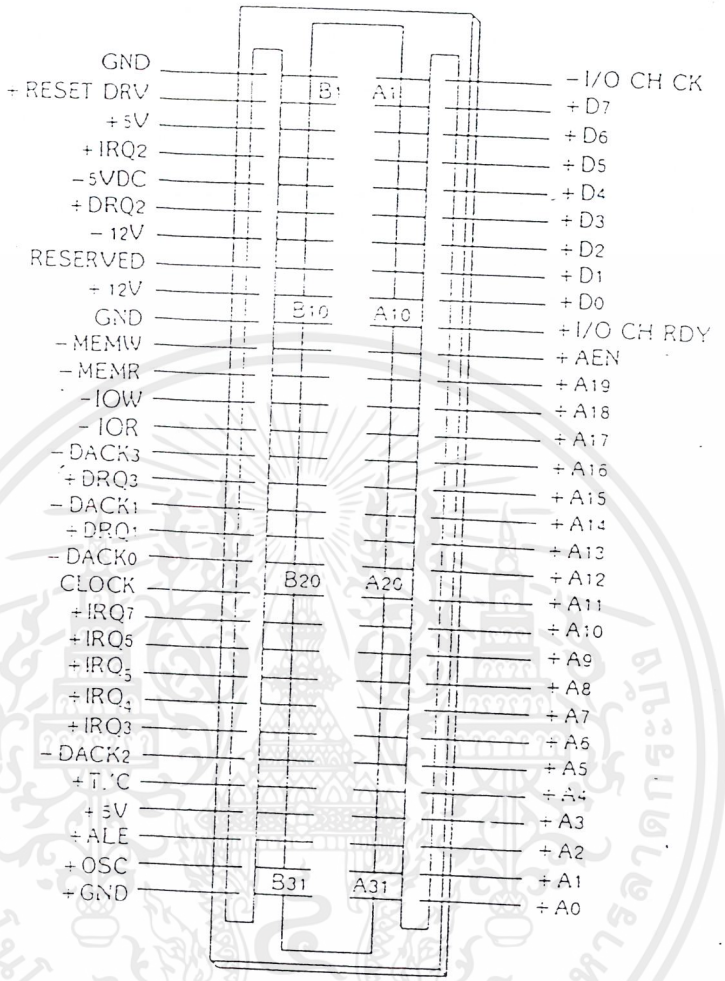
3.2 สัญญาณต่าง ๆ บน slot ของ IBM PC

ภายใน IBM PC ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรอินเตอร์เฟสเข้าไปในภายหลังได้ โดยผ่านสล๊อตที่อยู่บนเมนบอร์ด (Main Board) สำหรับสล๊อตบนเมนบอร์ดจะมีจำนวน 5 สล๊อตซึ่งแต่ละสล๊อตจะมีจำนวน 62 ขา แบ่งเป็น 2 ข้าง ข้างละ 31 ขา ส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล๊อตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใดของสล๊อต โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายของสล๊อตจะเรียกโดยอักษร "B" นำหน้าเลขตำแหน่งของขา ส่วนทางด้านขวาของสล๊อตเรียกโดยใช้อักษร "A" นำหน้าเลขตำแหน่งของขา

สำหรับขาต่าง ๆ บนสล๊อต ที่ต่อเชื่อมสัญญาณต่าง ๆ บนเมนบอร์ด แสดงดังรูปที่ 3.1 และจะแบ่งสัญญาณต่าง ๆ ที่ IBM PC จัดมาให้เป็นกลุ่มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.1 ขาสัญญาณต่าง ๆ ใน I/O slot บน IBM PC

ลักษณะของการจัดแบ่งกลุ่มขาสัญญาณ

1. สัญญาณนาฬิกา ประกอบด้วย -ขาOSC(Osillator)
   -ขาCLK (Clock)
2. Address Bus ประกอบด้วย -ขาA0-A19
3. Data Bus ประกอบด้วย -ขาD0-D7
4. สัญญาณขบวนการอินเตอร์รัพท์ -ขาIRQ2-IRQ7
   (Interrupt Request 2-7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42643

5.	สัญญาณขบวนการ DMA ประกอบด้วย	-ขาDRQ1-DRQ3(DMA Request1-3) -ขาDACK0-DACK3 (DMA Acknowledge 0-3) -ขาAEN(Address Enable) -ขาT/C(Terminal Count)
6.	สัญญาณการรีเซ็ต ประกอบด้วย	-ขาReset DRV
7.	สัญญาณควบคุมการใช้บัส ประกอบด้วย	-ขาIOR(I/O Read) -ขาIOW(I/O write) -ขาMEMW(Memory Write) -ขาMEMR(Memory Read)
8.	สัญญาณการติดต่อ I/O ประกอบด้วย	-ขาI/O CHCK (I/O Channel Check) -ขาI/O CHRDY(I/O Channel Ready)
9.	สัญญาณไฟเลี้ยงของระบบ ประกอบด้วย	-ขา+5,-5 Vdc -ขา+12,-12 Vdc -ขาGND

สำหรับการจัดสัญญาณบนสล๊อตของ IBM PC/XT นั้นจะมีจำนวนสล๊อตบนเมนบอร์ดเพิ่มขึ้นเป็น 8 สล๊อตแต่การจัดสัญญาณต่าง ๆ ในทั้ง 8 สล๊อตจะยังคงเหมือนกับ IBM PC เพียงแต่สัญญาณต่าง ๆ ที่ส่งออกมายังขาของสล๊อตที่ 8 นั้นจะถูกต่อผ่านวงจรขับกระแส(Buffer)ก่อน และในสล๊อตที่ 8 นี้ ขา B8 จะถูกใช้งานด้วย โดยจะถูกใช้เป็นขา CARD SLCTD (Card Selected) ซึ่งขาสัญญาณนี้จะเป็นขาสัญญาณอินพุทจากวงจรภายนอกที่เสียบอยู่บนสล๊อตที่ 8 เพื่อบอกให้วงจรบนเมนบอร์ดทราบว่าการ์ดที่อยู่บนสล๊อตนี้ถูกใช้งานอยู่ ซึ่งจะทำให้ไดรเวอร์ (Driver) บนเมนบอร์ดทำการอ่านหรือส่งข้อมูลไปยังสล๊อตที่ 8

3.3 การจัดแอดเดรสสำหรับอินพุทและเอาท์พุท

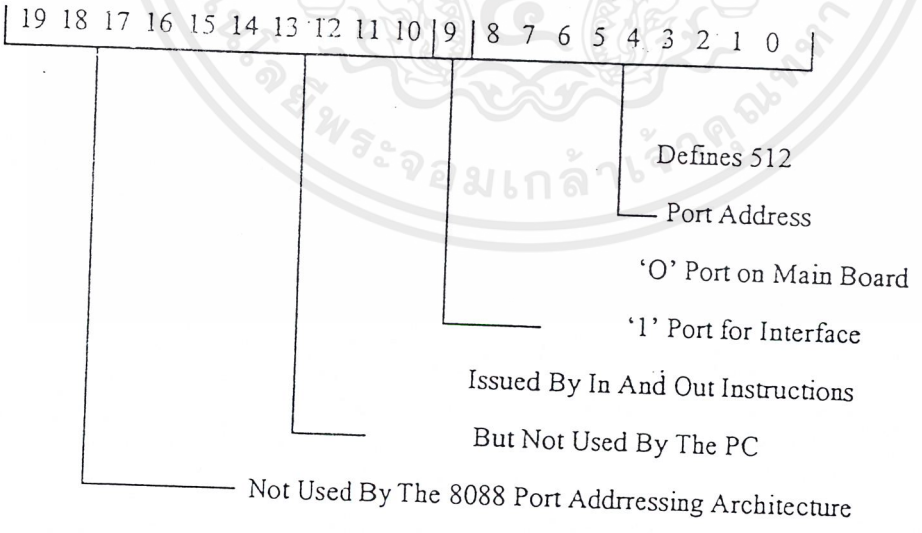
ในการควบคุมและตรวจสอบสภาวะการทำงาน รวมทั้การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพซัพพอร์ต หรือการ์ดต่างๆที่ใช้ในระบบของไอบีเอ็มพีซีนั้น จะกระทำโดยผ่านพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทของระบบดังนั้นในการที่ใช้งานหรือควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงวิธีการควบคุมพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทต่างๆของระบบและวิธีการอ้างอิงแอดเดรสด้วย สำหรับแอดเรสของพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทต่างๆนั้นจะเป็นแอดเดรสที่ถูกสร้างขึ้นโดย 8088 ซึ่งแอดเดรสเหล่านี้เป็นแอดเดรสที่จัดไว้สำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุท โดยเฉพาะคือแยกออกจากแอดเดรสของหน่วยความจำโดยเด็ดขาด ส่วนการส่งข้อมูลให้พอร์ตเหล่านี้ จะทำโดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้คำสั่งเอาท์ (OUT) ของ 8088 ส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ต้องการ และสำหรับการตรวจหรือการอ่านข้อมูลจากพอร์ตจะทำได้โดยใช้คำสั่งอินพุท (IN) ของ 8088 อ่านข้อมูลจากแอดเดรสของพอร์ตที่ต้องการ

ภายใน 8088 นี้จะมีแอดเดรสสำหรับใช้กับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทอยู่ทั้งหมด 65536 หรือ 64K แอดเดรส (ในขณะที่มีแอดเดรสสำหรับหน่วยความจำอยู่ 1 Mbyte) ซึ่งทำให้การอ้างแอดเดรสของพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทที่ทำงานร่วมกับ 8088 นั้น ต้องใช้จำนวนแอดเดรส 16 เส้น คือ A0-A9 เท่านั้น ดังนั้นเมื่อมีการอ้างอิงพอร์ตต่างๆในทางซอฟแวร์ เส้นแอดเดรส 8 บิทบนจึงไม่มีผลต่อการอ้างอิงพอร์ต คือถือว่าเป็นพอร์ตเดียวกัน

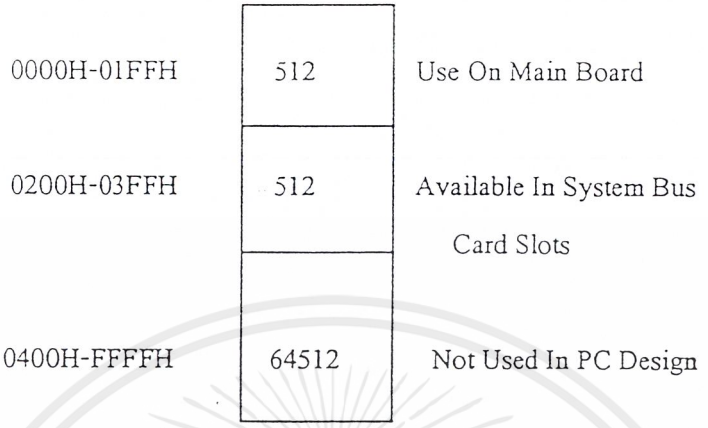
เนื่องจากในไอบีเอ็มพีซีได้ใช้งานเส้นแอดเดรสเพียง 10 เส้น ดังนั้นจึงสามารถอ้างอิงแอดเดรสของพอร์ตได้สูงสุดเพียง 1024 พอร์ตเท่านั้น นอกจากนั้นในไอบีเอ็มพีซียังได้แบ่งการทำงานของพอร์ต 1024 พอร์ตนี้ออกเป็น 2 ส่วน คือถ้าข้อมูลในบิท A9 เป็น 0 แล้วจะเป็นพอร์ตที่ใช้งาน สำหรับบนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี และถ้าข้อมูลในบิท A9 เป็น 1 จะเป็นพอร์ตที่สามารถถูกใช้จากการ์ดต่างๆ



รูปที่ 3.2 การใช้แอดเดรสบิทต่างๆในการอ้างอิงแอดเดรสของพอร์ตในไอบีเอ็มพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

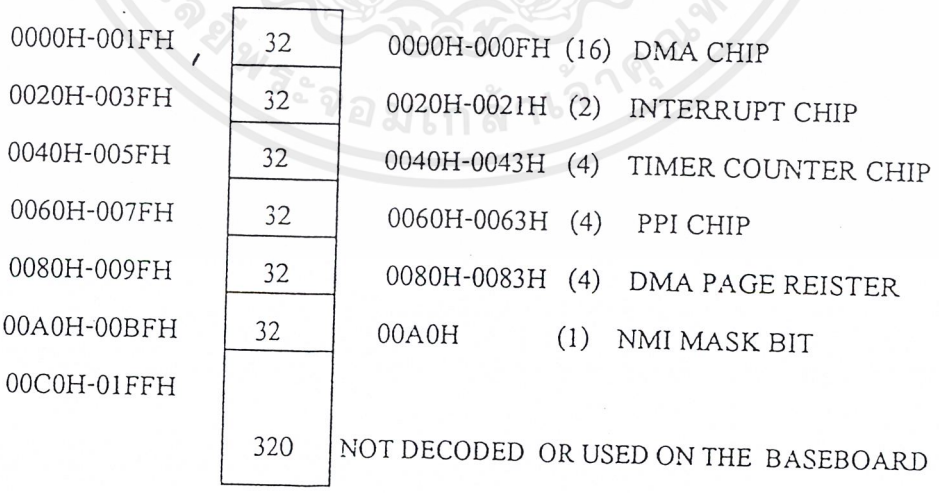
3.4 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทในไอบีเอ็มพีซี



รูปที่ 3.3 การใช้งานแอดเดรสของพอร์ตบนไอบีเอ็มพีซี

3.4.1 กลุ่มที่หนึ่ง กลุ่มนี้เป็นกลุ่มของพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทที่อยู่บนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี ซึ่งจะมีแอดเดรสในตำแหน่ง 0000H จนถึง 01FFH (โดยใช้ A10-A15 เป็น 0) หรือแอดเดรสที่บิท A9 เป็น 0 นั้นเอง

สำหรับแอดเดรสพอร์ตในกลุ่มนี้จะถูกใช้ในการหาการอ้างอิงแอดเดรสพอร์ตของชิพซัพพอร์ตและอุปกรณ์ที่เป็นอินพุทและเอาท์พุทต่างๆที่อยู่บนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี



รูปที่ 3.4 การใช้งานแอดเดรสต่างๆสำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทของไอบีเอ็มพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 จะพบว่าแอดเดรส 00C0H จนถึงแอดเดรส 01FFH นั้นไม่ได้ถูกใช้งานบนเมนบอร์ดของไอบีเอ็มพีซี ดังนั้นในกรณีนี้เราสามารถที่จะใช้งานแอดเดรสต่างๆเหล่านี้ได้

3.4.2 กลุ่มที่สอง กลุ่มนี้จะเป็นกลุ่มของพอร์ตอินพุทและเอาท์พุทที่ถูกใช้งานบนการ์ดที่ใช้เสียบบนสล็อตต่างๆของไอบีเอ็มพีซี สำหรับแอดเดรสของพอร์ตเหล่านี้จะเริ่มต้นจากแอดเดรส 0200H จนถึง 03FFH ซึ่งก็คือแอดเดรสที่มีบิท A9 เป็น 1 นั้นเอง สำหรับการใช้งานแอดเดรสของพอร์ต

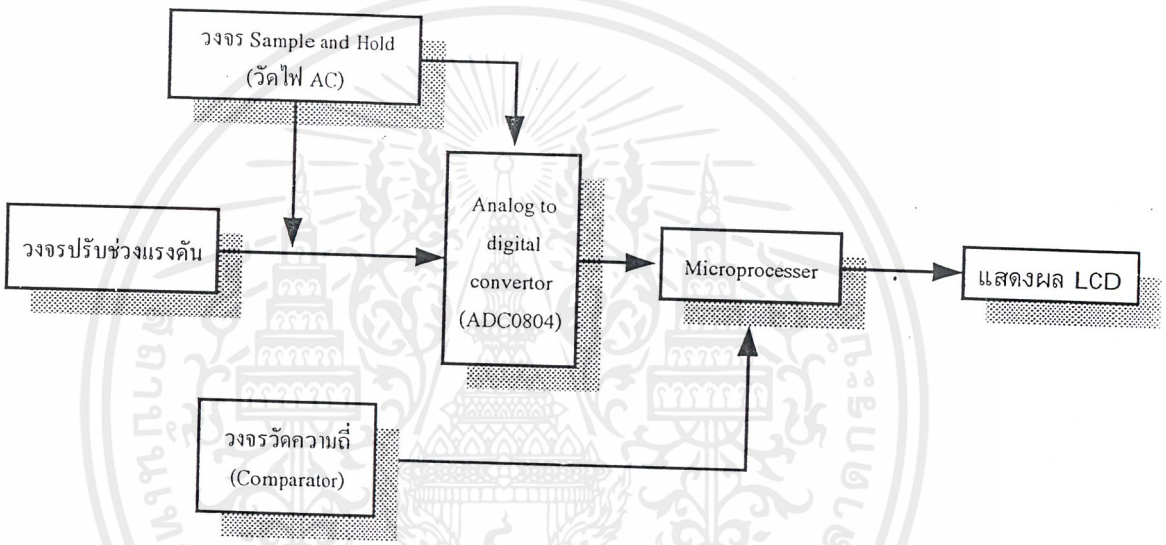
0200H	1	NOT USED
0201H	1	COLTROL ADAPTER
0202H-0277H	118	NOT USED
0278H-027FH	8	SECOND PRINTER PORT ADAPTER
0280H-0287H	120	NOT USED
0288H-028FH	8	SECOND SERIAL PORT ADAPTER CARD
0300H-0377H	120	NOT USED
0378H-037FH	8	PRINTER PORT ADAPTER CARD
0380H-03AFH	48	NOT USED
03B0H-03BFH	16	MONOCROME AND PRINTER ADAPTER
03C0H-03CFH	16	NOT USED
03D0H-03DFH	16	COLOUR GRAPHICS ADAPTER
03E0H-03EFH	16	NOT USED
03F0H-03F7H	8	DISKDRIVE ADAPTER CARD
03F8H-03FFH	8	SERIAL PORT ADAPTER CARD

รูปที่ 3.5 การใช้งานแอดเดรสสำหรับพอร์ตอินพุทและเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อธิบายการทำงานของวงจร

เริ่มจากอธิบายการทำงานโดยภาพรวม เครื่องวัดศักดาแสดงผลแบบดิจิตอลนี้ สามารถวัดศักดาไฟกระแสตรง ศักดาไฟกระแสสลับ และนับความถี่ของศักดาไฟกระแสสลับได้ การทำงานอธิบายได้ตามบล็อกไดอะแกรมที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนผังการทำงานของวงจรทั้งหมด

เริ่มจากวงจรปรับช่วงศักดา ซึ่งสามารถลดทอนและขยายศักดาได้ สามารถปรับสัญญาณได้ทั้งไฟกระแสสลับและกระแสตรง ถ้าเป็นโหมดวัดศักดาไฟตรง ศักดาที่ทำการปรับช่วงศักดาแล้วจะถูกส่งเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล(Analog to Digital Convertor) ถ้าเป็นโหมดวัดศักดาไฟกระแสสลับ สัญญาณที่ออกมาจากวงจรปรับช่วงศักดาจะต้องถูกนำเข้าวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณ (Sample And Hold) ก่อนเพื่อที่จะวัดค่าศักดาสูงสุดของสัญญาณไฟกระแสสลับและคงค่านั้นไว้เป็นศักดาเอาท์พุทก่อนส่งเข้าวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจะเปลี่ยนระดับของสัญญาณอนาลอกที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบ 8 บิท ความละเอียดของสัญญาณที่สามารถแปลงได้มี 256 ระดับ สัญญาณดิจิตอลนี้จะเป็นอินพุทให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อประมวลผลและแสดงผลออกทางจอแสดงผลแบบ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจรวัดความถี่จะใช้คอมพาเรเตอร์ที่ให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างพัลส์ต่างกันเมื่อมีการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอินพุท และนำสัญญาณพัลส์นั้นมาประมวลผลโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อคำนวนเป็นความถี่ออกมาแสดงผลที่จอแสดงผล LCD

การทำงานโดยละเอียดของวงจรสามารถอธิบายเป็นส่วน ๆ ได้ ดังนี้

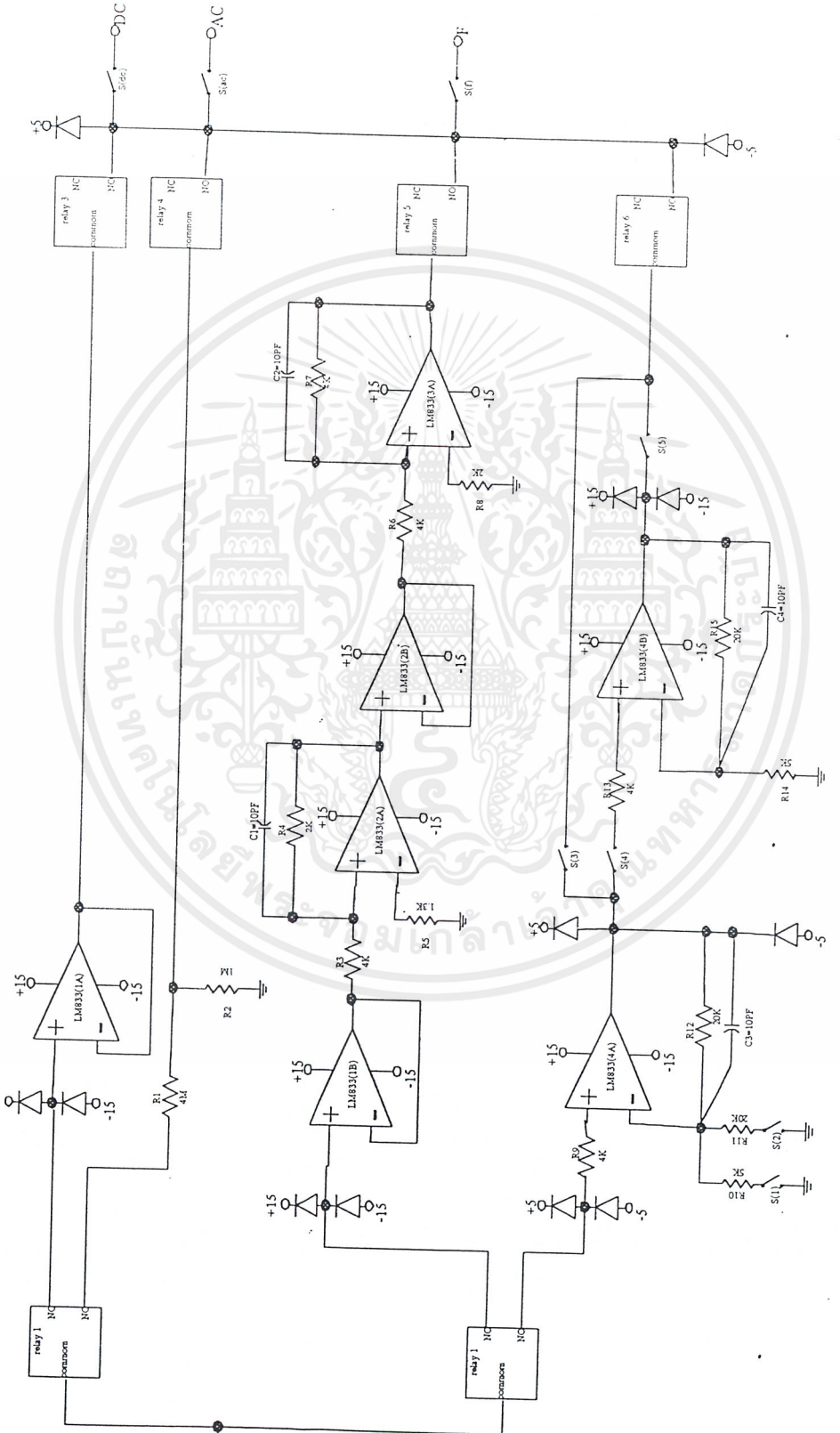
4.1 วงจรปรับช่วงศักดา

วงจรปรับช่วงศักดา สามารถปรับช่วงศักดาของสัญญาณไฟกระแสสลับและสัญญาณไฟกระแสตรงได้ โดยใช้ออปแอมป์ที่ทำงานในช่วงความถี่สูงได้ คือ LM833 ซึ่งมี ผลคูณของอัตราขยายกับช่วงความถี่ (Gain Bandwidth Product)เท่ากับ 15 เมกกะเฮิร์ท กระแสไบอัสที่ขาอินพุทออปแอมป์เท่ากับ 500 นาโนแอมป์ ศักดาออฟเซทที่ขาอินพุทของออปแอมป์เท่ากับ 0.5 มิลลิโวลท์ อัตราสลูว์(slew Rate)เท่ากับ 7 โวลท์ต่อไมโครวินาที การทำงานของวงจรมีทั้งวงจรขยายศักดาและวงจรลดทอนศักดา วงจรขยายศักดามีอัตราขยายตั้งแต่ 1 , 2 , 5 , 10 และ 25 เท่า สำหรับวงจรลดทอนศักดามีอัตราการลดทอน เท่ากับ 5 และ 2 เท่า เอาท์พุทที่ให้ของทุกช่วงศักดาต้องไม่เกิน 5 โวลท์ เพราะ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC0804) รับอินพุทได้มากที่สุด $\pm$5 โวลท์ มิฉะนั้นจะทำให้ ADC0804 ได้รับความเสียหาย การทำงานอธิบายโดยใช้รูปที่ 4.2 ถ้าให้รีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน สวิตซ์ขารีเลย์ไปที่ ปกติปิด (Normal Open :NO) จะทำให้วงจรส่วนนี้ทำงานเป็นวงจรขยายศักดาที่มีอัตราการขยายศักดาเท่ากับ 1 โดยมี ออปแอมป์ตัวที่ 1Aเป็นวงจรศักดาตาม (Voltage folower) ที่ต่อวงจรนี้ไว้เพื่อให้อินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าสูงมาก เพื่อจะได้ไม่ไปดึงกระแสของวงจรที่วัด มีความผิดพลาดในการวัดศักดาลดลง

ถ้าให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน คือรีเลย์ตัวที่ 1 สวิตซ์มาที่ขาปกติเปิด จากรูปวงจรศักดาอินพุทจะเข้ามาทางขา NO ของรีเลย์ตัวที่ 1 และออกทางขา NC ของรีเลย์ตัวที่ 2 วงจรนี้จะทำงานเป็นวงจรลดทอนศักดา เป็นวงจรแบ่งศักดาธรรมดาคือมีความต้านทาน R_1 ต่ออยู่กับความต้านทาน R_2 ลงกราวด์ และจับศักดาเอาท์พุทที่ จุด A ที่จุด A นี้จะมีศักดาเท่ากับ $\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V_{in}$ เมื่อ R_1 มีค่า 1 เมกกะโอห์ม และ R_2มีค่า 4 เมกกะโอห์ม จะได้ศักดาเอาท์พุทเท่ากับ 1/5 V_{in} สำหรับการทำงานในช่วงนี้ศักดาอินพุทที่สามารถเข้ามาได้มากที่สุดคือ 25 โวลท์

ถ้าให้รีเลย์ตัวที่4 ทำงาน ศักดาอินพุทจะเข้ามาทางขา NCของรีเลย์ตัวที่ 3 และออกทางขา NO ของรีเลย์ตัวที่ 4 วงจรนี้จะทำงานเป็นวงจรลดทอนศักดาที่มีอัตราการลดทอนศักดาเท่ากับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรปรับช่วงคัดค่าสัญญาณอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ออปแอมป์ตัวที่ 2A ต่อเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) ที่มีอัตราขยายเท่ากับ R4/R3 หรือก็คือมีอัตราขยายเท่ากับ $\frac{1}{2}$ เนื่องจากเป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสดังนั้นเอาท์พุทจากออปแอมป์ตัวนี้จึงต้องต่อเข้ากับวงจรขยายแบบกลับเฟสที่มีอัตราขยายเท่ากับ 1 อีกครั้ง (ออปแอมป์ตัวที่ 3A) เพื่อให้เอาท์พุทของวงจรมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุทที่เข้ามา โดยระหว่างวงจรขยายแบบกลับเฟสทั้งสองตัวนี้จะมีออปแอมป์ ตัวที่ 2B ต่อเป็นวงจรศักดาตามขั้นตรงกลางเพื่อเป็นบัฟเฟอร์ให้กับออปแอมป์ตัวที่ 3A สำหรับอินพุทก่อนเข้าออปแอมป์ตัวที่ 2A นั้นจะมีออปแอมป์ตัวที่ 1B ต่ออยู่ก่อนเพื่อเป็นการเพิ่มค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ เพราะออปแอมป์ตัวที่ 1B นั้นต่อเป็นวงจรศักดาตามซึ่งมีอินพุทอิมพีแดนซ์สูง มิฉะนั้นวงจรนี้จะมีอินพุทอิมพีแดนซ์เท่ากับ 4 กิโลโอห์มเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการดึงกระแสจากวงจรที่ต้องการวัดความต้านทาน R5 กับ R8 ต่อไว้เพื่อเป็นตัวปรับศักดาที่คร่อมขาอินพุทของออปแอมป์ให้มีค่าเท่ากัน เนื่องจากผลของกระแสอินพุทไบอัสของออปแอมป์ ตัวเก็บประจุขนาด 10 พิโคฟารัด ที่ต่อคร่อมความต้านทาน R4 กับ R7 นั้นมีไว้เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่มีความถี่สูง เพราะที่ความถี่สูงอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุจะมีค่าต่ำดังนั้นที่ความถี่สูงจะมีอัตราการขยายสัญญาณเท่ากับ 1 ดังนั้นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่สูงจะไม่ถูกขยาย ไปพร้อมกับสัญญาณ

เมื่อ รีเลย์ตัวที่ 3 ทำงาน ศักดาอินพุทจะเข้ามาทางขา NO ของรีเลย์ตัวที่ 3 และออกทางขา NC ของรีเลย์ตัวที่ 4 วงจรส่วนนี้ทำงานเป็นวงจรขยายศักดา ซึ่งถูกควบคุมการทำงานด้วยอนาลอกสวิตซ์ ว่าจะให้วงจรขยายนั้นมีอัตราการขยายศักดาเท่ากับเท่าไหร่ ซึ่งสามารถเปลี่ยนอัตราการขยายศักดาได้เป็น 2,5,10 และ 25

เมื่อ สวิตซ์ S_2 S^*_1 ปิดลงในขณะที่ สวิตซ์ตัวอื่นเปิดไว้หมด วงจรนี้จะมีอัตราการขยายศักดาเท่ากับ 2 โดยมีออปแอมป์ตัวที่ 4A ทำงานเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier) ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ $1+\frac{R_{12}}{R_{11}}$ โดย R_{12} เท่ากับ 20 กิโลโอห์ม R_{11}มีค่า 20 กิโลโอห์ม จะได้อัตราการขยายเท่ากับ 2 วงจรนี้สามารถรับสัญญาณอินพุทได้สูงที่สุดเท่ากับ 2.5 โวลท์ สัญญาณเอาท์พุทของออปแอมป์ตัวที่ 4A ออกผ่าน S^*_1ไปเข้าขา NC ของรีเลย์ตัวที่ 4

เมื่อ สวิตซ์ S_1 S^*_1 ปิดลง วงจรนี้จะทำงานเป็นวงจรขยายศักดาที่มีอัตราการขยายศักดาเท่ากับ 5 ออปแอมป์ตัวที่ 4A ยังคงทำงานเหมือนเดินแต่ตอนนี้อัตราขยายศักดาจะเปลี่ยนไปเนื่องจาก ความต้านทาน R11 ถูกแทนด้วยความต้านทาน R10 ซึ่งมีค่าลดลงเป็น 5 โอห์มทำให้อัตราการขยายศักดาเพิ่มขึ้นจาก 2 เท่าเป็น 5 เท่า ศักดาอินพุทสูงที่สุดที่วงจรนี้สามารถรับได้มีค่าเท่ากับ 1

เมื่อ สวิตซ์ S_2 S^*_2 S^*_3 ปิดลง ออปแอมป์ตัวที่ 4A ,4B จะทำงานพร้อมกันเป็นวงจรขยาย 2 วงจรต่อคาสเคทกัน วงจรแรกคือออปแอมป์ตัวที่ 4A มีอัตราขยายเท่ากับ 2 และวงจรที่ 2 คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

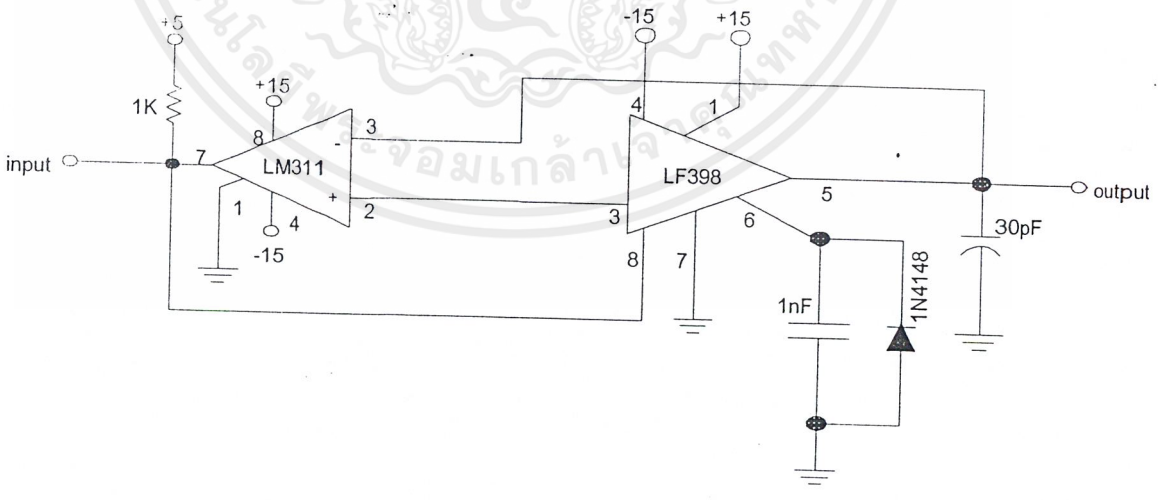
ออปแอมป์ตัวที่ 4B ที่มีอัตราขยายเท่ากับ 5 เมื่อต่อทั้งสองวงจรเข้าด้วยกันทำให้อัตราขยายรวมของทั้งสองวงจรเท่ากับ 10 เท่า ทำให้สามารถใส่ค่าศักดาอินพุทไม่สูงสุดไม่เกิน 0.2 โวลท์

เมื่อ สวิตซ์ S_2 S^*_2 S^*_3 ปิดลง ออปแอมป์ตัวที่ 4A จะทำงานพร้อมกับตัวที่ 4B เช่นกัน แต่คราวนี้วงจรแรกมีอัตราขยายเท่ากับ 5 ดังนั้นอัตราขยายรวมของไอซีมีค่าเป็น 25 เท่าทำให้สามารถรับศักดาอินพุทได้สูงสุดไม่เกิน 0.2 โวลท์

สำหรับความต้านทาน R_9 กับ R_{13} ที่ต่อเข้ากับขาอินพุทบวกของออปแอมป์ไม่มีผลกับอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรเท่าใดนัก เพราะอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าสูงมาก แต่ใส่ความต้านทานทั้งสองตัวนี้ลงไปเพื่อปรับศักดาคร่อมขาบวกของอินพุทออปแอมป์ให้มีค่าใกล้เคียงกับศักดาที่ขาลบของอินพุทออปแอมป์ เนื่องจากผลของกระแสไบอัสที่อินพุทของออปแอมป์ ส่วนตัวเก็บประจุ C_3 และ C_4 นั้นต่อไว้เพื่อลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงโดยใช้หลักการเดียวกับวงจรลดทอนศักดาที่มีอัตราการลดทอนศักดาเท่ากับ 2

4.2 วงจรวัดศักดาไฟกระแสสลับ

การทำงานของวงจรวัดศักดาไฟกระแสสลับนี้ใช้วงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณ (Sample And Hold) ต่อกับเอาท์พุทของวงจรปรับช่วงศักดาการทำงานของวงจรนี้จะ ใช้วงจรรูปที่ 4.3 ประกอบการอธิบาย



รูปที่ 4.3 วงจรวัดศักดาไฟกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้คือ LF398 เป็นวงจรรวมของวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณ (Sample And Hold) กับ LM311 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบศักดา (Comparator) การทำงานของวงจรนี้ โดยรวมแล้วคือจะสุ่มเก็บค่าสูงสุดของศักดาแล้วคงค่านั้นไว้ตลอดเป็นเอาท์พุทของวงจร อธิบายการทำงานโดยละเอียดได้ดังนี้

เมื่อมีสัญญาณอินพุทซึ่งเป็นศักดาไฟกระแสสลับเข้าที่ขาอินพุทของ LM311 พร้อมกับเข้าที่ขาอินพุทของ LF398 ที่เริ่มต้นเอาท์พุทของ LF398 เป็นศูนย์อยู่เพราะสวิตซ์ซึ่งอยู่ในวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณนั้นเปิดอยู่ และตัวเก็บประจุยังไม่ได้ชาร์จประจุเก็บไว้ ศักดาที่ขาลบของอินพุทที่ต่อกับเอาท์พุทของ LF398 มีค่าต่ำกว่า ศักดาที่ขาบวกของอินพุทซึ่งต่อกับสัญญาณที่เข้ามา ดังนั้นศักดาที่เอาท์พุทของ LM311 จะมีค่าเป็น 5โวลท์ทำให้สวิตซ์ในวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณ ปิดลงเป็นผลให้ศักดาที่เอาท์พุทของ LF398 มีค่าตามอินพุทที่เข้ามา ในขณะเดียวกัน ประจุจะถูกชาร์ทเข้าไปในตัวเก็บประจุ แต่ศักดาที่เอาท์พุทของ LF398 นั้นจะช้ากว่าศักดาของสัญญาณที่เข้ามา ทำให้เมื่อสัญญาณอินพุทเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ศักดาที่ขาลบของ ออปแอมป์ LM311 จะมีค่าต่ำกว่าเสมอ เอาท์พุทของคอมพาเรเตอร์ยังคงมีค่าเป็น 5 โวลท์อยู่เสมอ จนเมื่อสัญญาณอินพุท เริ่มลดลงหมายความว่าศักดาที่ขาอินพุทบวกของ LM311จะมีค่าต่ำกว่าศักดาอินพุทลบซึ่งมีค่าประมาณค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุททำให้เอาท์พุทของคอมพาเรเตอร์เป็นศูนย์ สวิตซ์ในวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณเปิดออก ศักดาเอาท์พุทของวงจรจะเป็นค่าเดียวกับศักดาที่คร่อมตัวเก็บประจุ แล้วจะคงค่านี้ไว้ตลอด เนื่องจากศักดาที่คงค่าไว้นี้เป็นค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท ดังนั้น ศักดาที่ขาลบของคอมพาเรเตอร์จะมากกว่าที่ขาบวกเสมอ จึงให้เอาท์พุทของคอมพาเรเตอร์เป็นศูนย์ตลอด เป็นผลให้สวิตซ์ในวงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่าสัญญาณนั้นเปิดอยู่ตลอดเวลาค่าศักดาเอาท์พุทที่ได้นี้จะถูกส่งเข้า ADC0804 เพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล 8 บิท

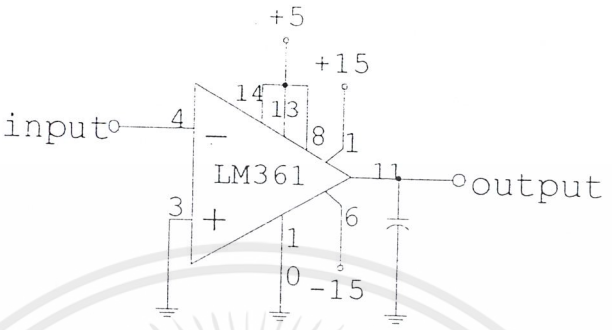
เมื่อมีการวัดค่าครั้งใหม่ จะมีการปิดสวิตซ์ที่ต่อคร่อมตัวเก็บประจุ (Sc) ซึ่งแสดงอยู่ในรูปวงจร เมื่อปิดสวิตซ์ลงกราวด์แล้ว ตัวเก็บประจุจะคายประจุลงกราวด์ ศักดาคร่อมตัวเก็บประจุจะลดลงเป็นศูนย์และจะเริ่มเก็บประจุค่าใหม่ลงไปหลักการทำงานยังคงเหมือนเดิม

4.3 วงจรวัดความถี่

การทำงานของวงจรวัดความถี่ใช้คอมพาเรเตอร์ที่สามารถทำงานได้ที่ความถี่สูง คอมพาเรเตอร์ที่ใช้คือเบอร์ LM361 สามารถทำงานได้ถึงความถี่ 1 เมกกะเฮิร์ท หลักการทำงาน คือใช้วงจรคอมพาเรเตอร์เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทกับกราวด์ ให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างพัลส์เปลี่ยนไปตามความถี่ของสัญญาณ นำสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างค่านี้ไปเข้าไม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครโปรเซสเซอร์เพื่อทำการประมวลผล คำนวนออกมาให้เป็นค่าความถี่ของสัญญาณอินพุทที่เข้ามาในวงจรวัดความถี่แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4

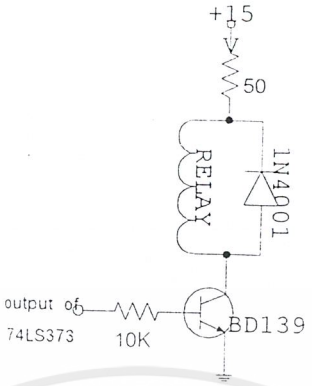


รูปที่ 4.4 วงจรวัดความถี่

4.4 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์

การควบคุมการทำงานของรีเลย์ทำได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมผ่าน 74LS373 ซึ่งสามารถคงค่าเอาท์พุทได้ สัญญาณเอาท์พุทของ 74LS373 จะนำมาควบคุมการเปิดปิดสวิตซ์ที่เป็นทรานซิสเตอร์ ถ้าเอาท์พุทของ 74LS373 เป็น ศูนย์ จะไม่มีกระแสไบอัสขาเบสเข้าทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานจะไม่มีกระแสคอเลคเตอร์ไหลผ่านขดลวด รีเลย์จะไม่ทำงาน แต่ถ้าเอาท์พุทอขง 74LS373 มีค่าเป็น 5 โวลท์ จะมีกระแสเบสไหลเข้าทรานซิสเตอร์เป็นกระแสไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน มีกระแสคอเลคเตอร์ไหลผ่านขดลวดลงกราวด์ รีเลย์จะทำงาน โดยมีความต้านทาน 50 โอห์มต่อ อนุกรมอยู่กับขดลวดของรีเลย์เพื่อแบ่งศักดาให้ศักดาคร่อมขดลวดไม่สูงจนเกินไป เพราะถ้าศักดาคร่อมขดลวดมีค่าสูงจนเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนที่หน้าสัมผัสสูงจนอาจทำให้หน้าสัมผัสอาจหลอมติดกับขดลวดได้ สำหรับไดโอดที่ต่อแบบรีเวอร์สไบอัสนั้นเพื่อช่วยลดกำลังงานที่จะไปคร่อมทรานซิสเตอร์ป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหายเมื่อสวิตซ์เปิดออก เพราะเมื่อสวิตซ์เปิดออกศักดาคร่อมขดลวดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระแสจะสูงมากอาจทำให้ทรานซิสเตอร์เสียได้เนื่องจากมีศักดาตกคร่อมสูง .ไดโอดที่ต่อคร่อมขดลวดนี้จะช่วยทำให้มีกระแสไหลวนอยู่ระหว่างขดลวดกับไดโอดทำให้ศักดาที่คร่อมตัวทรานซิสเตอร์ลดลง การทำงานนี้แสดงให้เห็นในวงจรรูปที่ 4.5

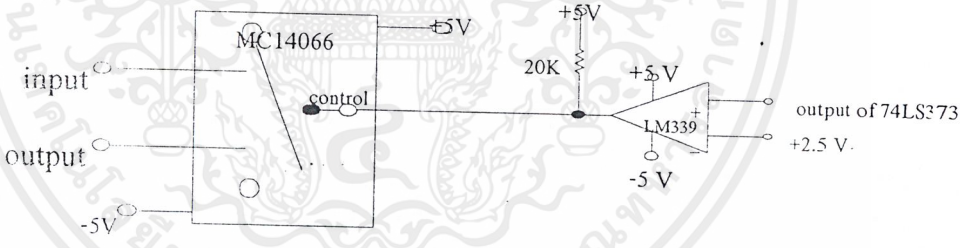
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรควบคุมการทำงานของรีเลย์

4.5 วงจรควบคุมการทำงานของอนาลอกสวิตซ์

อนาลอกสวิตซ์ในวงจรนี้ใช้เบอร์ MC14066 ซึ่งต้องสามารถรับอินพุทได้ทั้งไฟบวกและไฟลบ จึงให้มีไฟเลี้ยงเป็นไฟ ±5 โวลท์ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และเนื่องจากไฟเลี้ยงเป็นไฟ ±5 โวลท์ ดังนั้นสัญญาณไฟที่จะเข้ามาควบคุมการทำงานของสวิตซ์จึงต้องเป็นไฟ ±5 โวลท์ เช่นกันโดย



รูปที่ 4.6 วงจรควบคุมการทำงานอนาลอกสวิตซ์

ไฟ±5 โวลท์ ที่มาเข้าขาควบคุมสวิตซ์นี้ได้มาจาก ออปแอมป์ LM339 ที่เป็นคอมพาเรเตอร์ต่อไฟเลี้ยงเป็นไฟ±5 โวลท์ จึงให้เอาท์พุทมีค่าเป็น +5 โวลท์ เมื่อศักดาอินพุทขาบวกมีค่าสูงกว่าศักดาอินพุทขาลบ และเป็น –5โวลท์ เมื่อศักดาอินพุทขาบวกมีค่าน้อยกว่าศักดาอินพุทที่ขาลบที่ขาอินพุทของคอมพาเรเตอร์ นั้น ขาลบต่อกับศักดา 2.5 โวลท์ ส่วนขาบวกต่อกับเอาท์พุทของ 74LS373 ซึ่ง74LS373 นี้สามารถคงค่าของสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วงจรคอนโทรลเลอร์และการ์ดอินเตอร์เฟส

รูปวงจรคอนโทรลเลอร์และวงจรประกอบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานทั้งหมดซึ่งมีส่วนที่เป็นตัวเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์รวมอยู่ด้วยแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 ส่วนวงจรการ์ดอินเตอร์เฟสที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.8

4.6.1 การออกแบบวงจรคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบเครื่องมือวัดที่สามารถทำงานได้ทั้งวัดแรงดันไฟฟ้าและวัดความถี่นั้น จำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ทำงานในหลายๆหน้าที่ อีกทั้งจำต้องสามารถออกแบบให้สื่อสารกับผู้ใช้ได้ จากรูปที่ 4.7 วงจรรวมที่เป็นหัวใจสำคัญเพื่อทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณข้อมูลต่างๆ คือ 89C51 โดยมีไอซีองค์ประกอบอื่นๆในวงจรช่วยสนับสนุนการทำงานของคอลโทรเลอร์ 89C51 เช่น 27256 คือ ไอซีEPOMเก็บข้อมูลโปรแกรมการทำงาน(program memory), 8255 คือ ไอซีช่วยขยายพอร์ตรับและส่งข้อมูล, 74LS138 คือ ไอซีดีโค้ดเดอร์(Decoder)ช่วยสร้างสัญญาณเลือกติดต่อกับไอซีภายนอกแต่ละตัวเพื่อให้สามารถใช้เส้นสัญญาณข้อมูลเดียวกันได้ เราสามารถแจกแจงการทำงานของวงจรคอนโทรลเลอร์ได้ดังนี้ คือ

- ส่งสัญญาณควบคุมสวิตซ์ภายในวงจรปรับระดับแรงดัน
  :โดยส่งผ่านพอร์ตPBของไอซี 8255 ตัวที่ 1
- รับอินพุทสัญญาณอนาลอกจากวงจรปรับระดับแรงดันและแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล
  :โดยใช้ไอซี AD8004 ช่วยแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลส่งให้กับคอลโทรลเลอร์ 89C51
- ทำการคำนวณตัวเลขไบนารี่ให้เป็นเลขฐานสิบและแสดงค่าออกทางแอลซีดี(LCD)
  : โดยใช้ การคำนวนแบบ 32 บิต ซึ่งอาศัยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาC51ทำให้ออกแบบและตรวจสอบแก้ไขง่ายกว่าการใช้ภาษาแอสแซมบลีโดยตรง
- รับคำสั่งจากผู้ใช้โดยการเช็คสัญญาณจากปุ่มสวิตซ์บนหน้าปัด
  : โดยใช้การเขียนโปรแกรมตอบสนองผู้ใช้และแสดงข้อความผ่านทางหน้าจอแอลซีดี
- ส่งสัญญาณข้อมูลด้วยมาตรฐานIEEE488ให้แก่คอมพิวเตอร์
  : ใช้การขยายพอร์ตผ่านทางไอซี 8255 ตัวที่ 2 ต่อเข้ากับพอร์ตIEEE488แต่ละบิต และเขียนโปรมแกรมควบคุมการสื่อสารตามมาตรฐานIEEE488ด้วย
- ทำการแสดงและตรวจสอบหมายเลขเครื่องที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์
  :ใช้ดิบสวิตซ์สร้างหมายเลขไบนารี่เพื่อกำหนดหมายเลขเครื่องที่ใช้ในการอินเตอร์เฟส และเขียนโปรแกรมตรวจสอบหมายเลขเครื่องที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์เพื่อเริ่มติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การออกแบบวงจรการ์ดอินเตอร์เฟส

หลักในการออกแบบวงจรการ์ดอินเตอร์เฟส คือ การขยายพอร์ตสัญญาณข้อมูล (data signal) จากสล็อตไอซ่าบัสของไอบีเอ็มพีซีคอมพิวเตอร์ให้ต่อเข้ากับขาสัญญาณของพอร์ต IEEE488 ซึ่งมีทั้งหมด 24 ขา (16 ขาเป็นสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุม ส่วนอีก 8 ขาเป็น กราวด์) แต่บัสข้อมูลจากสล็อตมีเพียง 7 เส้นเท่านั้น ดังรูป 4.8 เราใช้ไอซี 8255 จำนวน 2 ตัวรับข้อมูลจากบัสข้อมูลเพื่อทำหน้าที่ค้างค่าสัญญาณและขยายจำนวนขาสัญญาณให้สามารถเชื่อมต่อกับพอร์ตได้ โดย 8255 ตัวที่ 1 ทำหน้าที่รับสัญญาณ(input buffer)และ 8255 ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ(output buffer) และใช้ไอซี 74LS04 และ 74LS133 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณเลือกการติดต่อกับแต่ละพอร์ตของไอซี 8255 แต่ละตัว

- การเชื่อมต่อ 8255 กับพอร์ต IEEE488

  1. DIO_1-DIO_8 ต่อกับพอร์ตAของ 8255 ตัวที่ 1 และพอร์ตA ของ 8255 ตัวที่ 2 อนุกรมกับความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม
  2. EOI,DAV,NRFD,NDAC,IFC,SRQ ต่อกับพอร์ตC ของ 8255 ตัวที่ 1 และพอร์ตC ของ 8255 ตัวที่ 2 อนุกรมกับความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม
  3. ATN,REN ต่อกับพอร์ตB ของ 8255 ตัวที่ 1 และพอร์ตB ของ 8255 ตัวที่ 2 อนุกรมกับความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม

- การออกแบบวงจรถอดรหัสสัญญาณแอดเดรส

  ในการทำโครงงานนี้ได้เลือกใช้พอร์ตแอดเดรสที่ 0320H-0327H สำหรับการกำหนดตำแหน่งของไอซี 8255 ทั้งสองตัวโดยเรากำหนดให้แอดเดรสที่ 0320H-0323H เป็นของไอซี 8255 ตัวที่ 1 และแอดเดรสที่ 0324H-0327H เป็นของไอซี 8255 ตัวที่ 2 ซึ่งในการเลือกอุปกรณ์มาสร้างวงจรดีโค้ดแอดเดรสของไอซีทั้ง 2 ตัว สามารถพิจาณาได้จากการแจกแจงค่าในแต่ละบิทของแอดเดรสต่างๆจากสัญญาณแอดเดรสของสล็อตคอมพิวเตอร์

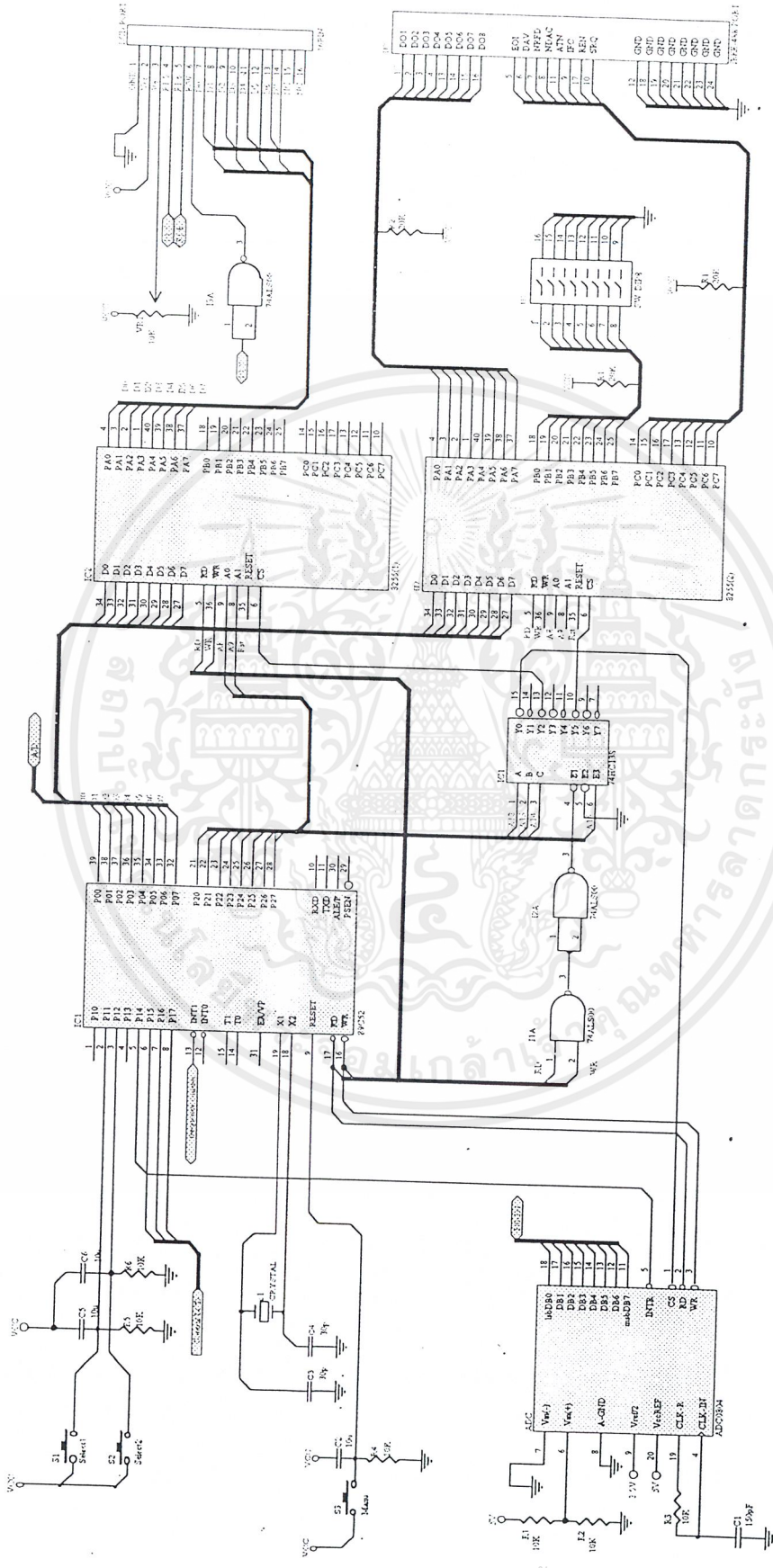
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การจัดแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับไอซี 8255 บนอินเตอร์เฟสการ์ด

A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Port Address	Port Name	8255 ตัวที่
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	320H	Port A	1
1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	321H	Port B	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	322H	Port C	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	323H	Port D	1
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	324H	Port A	2
1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	325H	Port B	2
1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	326H	Port C	2
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	327H	Port D	2

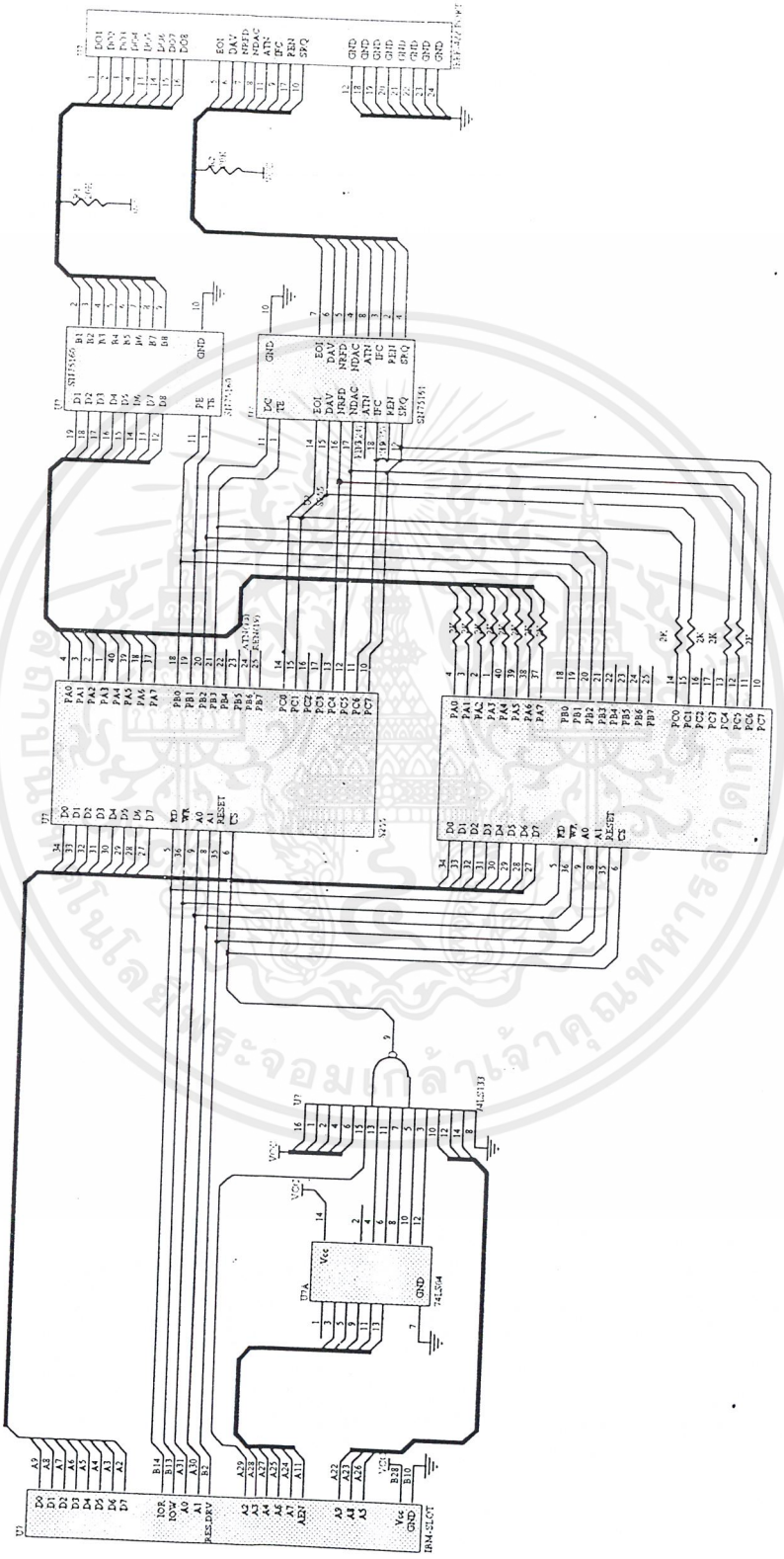
จากตารางจะเห็นว่าสำหรับไอซี 8255 ทั้งสองตัวนั้นมีเพียง A2,A1 และ A0 เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเราจึงสามารถสร้างวงจรดีโค้ดแอดเดรสของ 8255 ทั้งสองตัวได้โดยการนำสัญญาณ A1 และ A0 ไปเข้าไอซีทั้งสองตัว โดยมีสัญญาณเลือกให้ไอซีตัวใดทำงานจากการนำเอาบิทที่เหลือของสัญญาณแอดเดรสนี้ไปเข้าวงจรเกตด้วยไอซี 74LS04 และ 74LS133 ดังรูป 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 วงจรควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 วงจรการ์ดอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

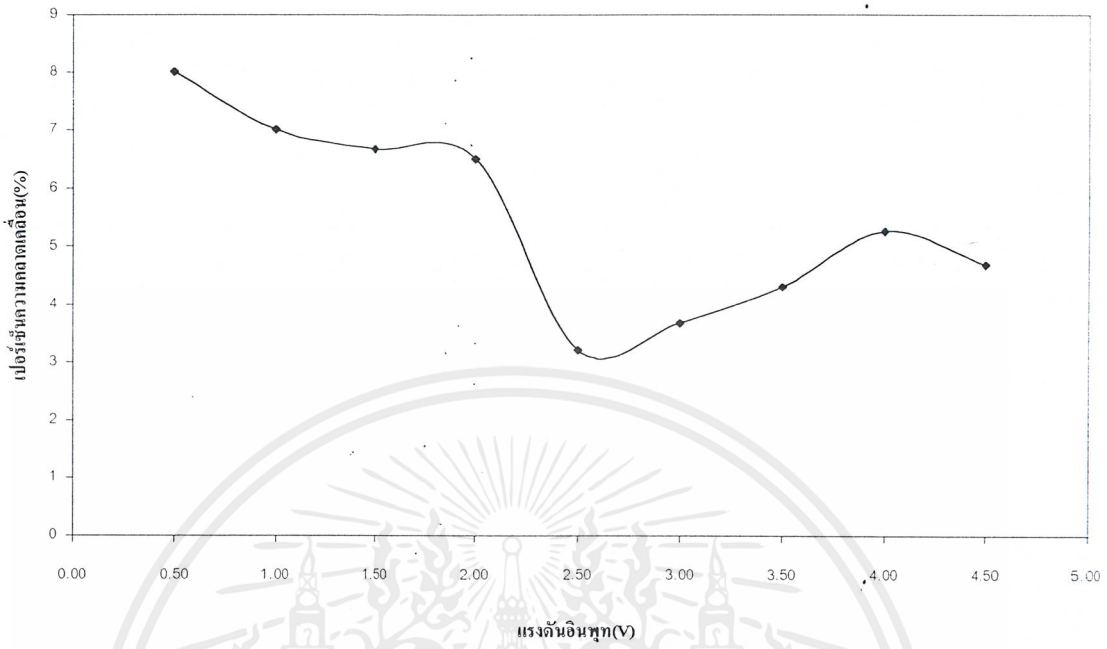
การทดลอง

เราจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดทั้งการวัดศักดาและการวัดความถี่ โดยค่าที่ใช้ในการพิจารณาคือ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้จากค่าจริง และเพื่อใช้ในการพิจารณาหาข้อจำกัดในการวัดในทางปฏิบัติของเครื่องวัดจริงๆซึ่งอาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนจากการออกแบบไว้

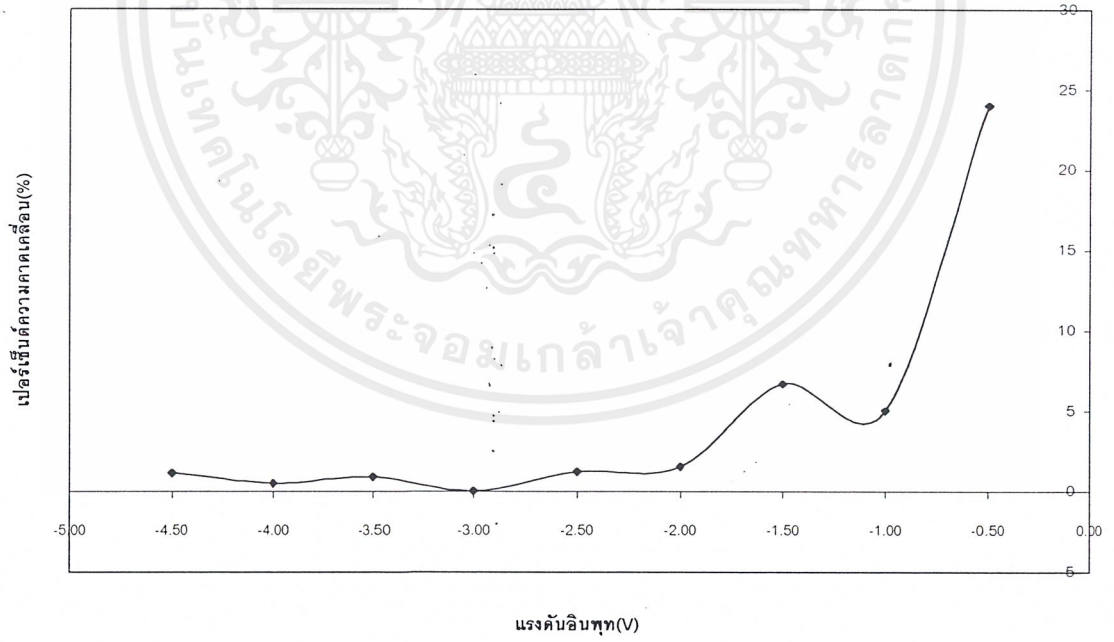
ตารางที่5.1บันทึกผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 5Vmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
0	0.03		-0.50	-0.62	24
0.50	0.46	8	-1.00	-1.05	5
1.00	0.93	7	-1.50	-1.60	7
1.50	1.40	7	-2.00	-2.03	1
2.00	1.87	6	-2.50	-2.53	1
2.50	2.42	3	-3.00	-3.00	0
3.00	2.89	4	-3.50	-3.47	1
3.50	3.35	4	-4.00	-3.98	1
4.00	3.79	5	-4.50	-4.45	1
4.50	4.29	5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 5 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.1)



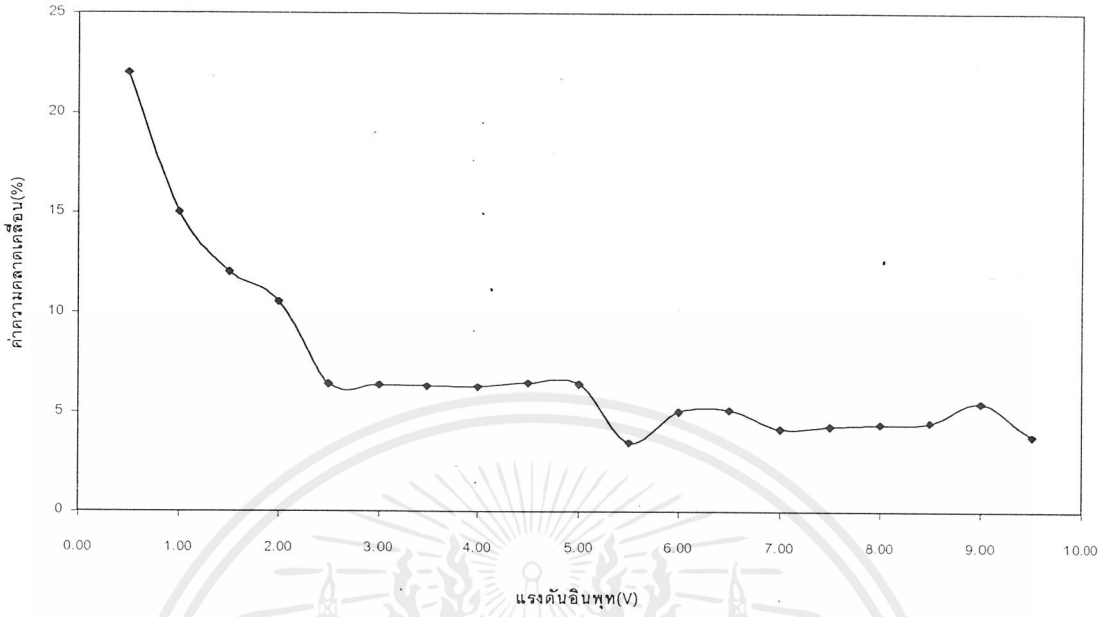
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 5 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่ 5.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

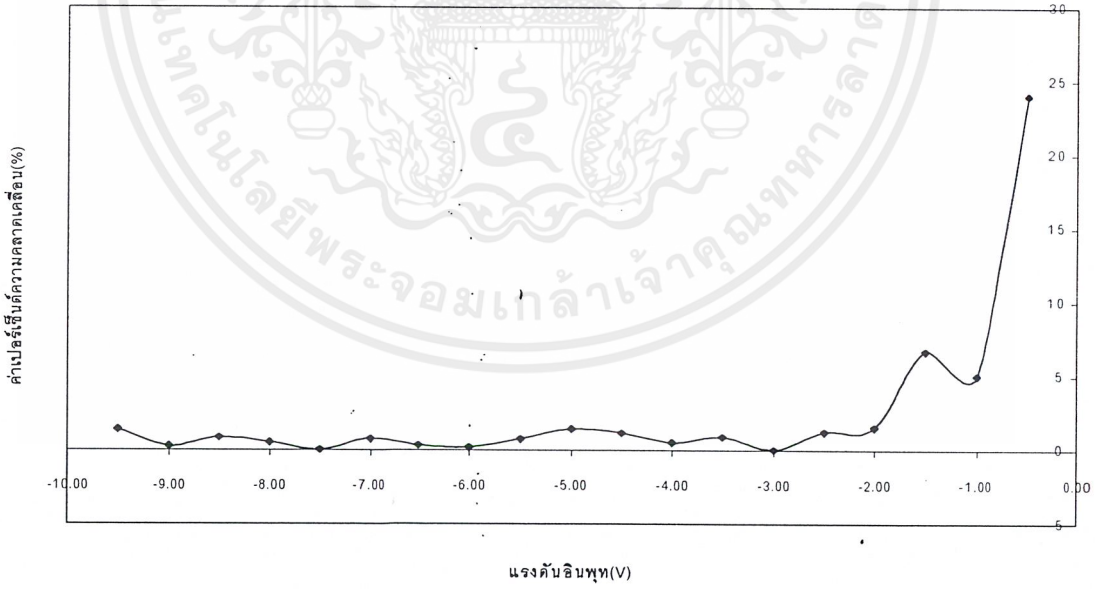
ตารางที่5.2บันทึกผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 10Vmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้กับพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
0	-0.15		-0.50	-0.62	24
0.50	0.39	22	-1.00	-1.05	5
1.00	0.85	15	-1.50	-1.60	7
1.50	1.32	12	-2.00	-2.03	1
2.00	1.79	11	-2.50	-2.53	1
2.50	2.34	6	-3.00	-3.00	0
3.00	2.81	6	-3.50	-3.47	1
3.50	3.28	6	-4.00	-3.98	1
4.00	3.75	6	-4.50	-4.45	1
4.50	4.21	6	-5.00	-5.07	1
5.00	4.68	6	-5.50	-5.54	1
5.50	5.31	3	-6.00	-6.01	0
6.00	5.70	5	-6.50	-6.48	0
6.50	6.17	5	-7.00	-6.95	1
7.00	6.71	4	-7.50	-7.50	0
7.50	7.18	4	-8.00	-7.96	1
8.00	7.65	4	-8.50	-8.43	1
8.50	8.12	4	-9.00	-8.98	0
9.00	8.51	5	-9.50	-9.37	1
9.50	9.14	4			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 10 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.2)



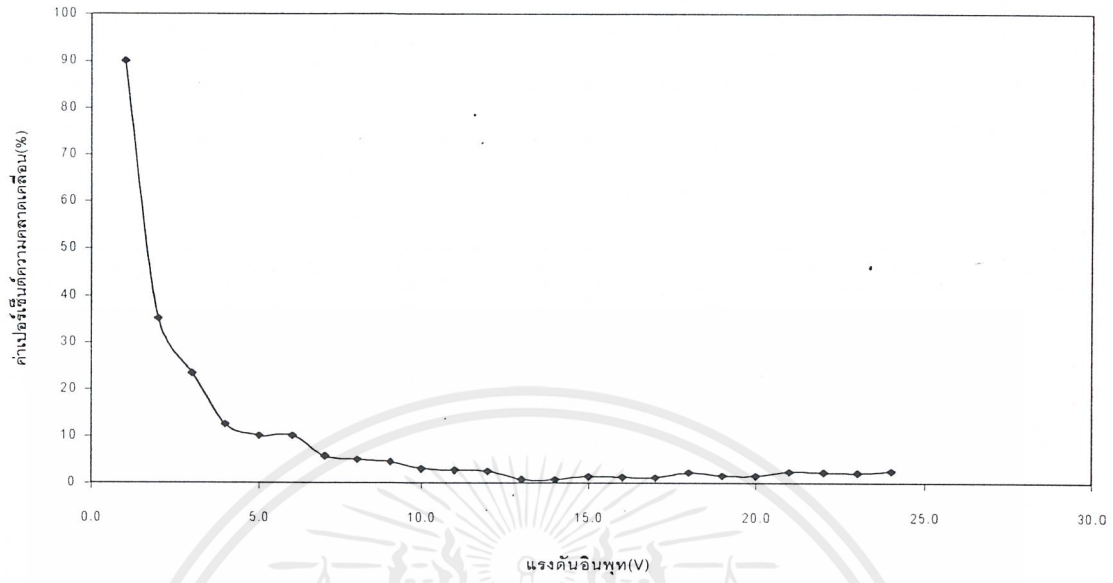
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 10 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่5.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

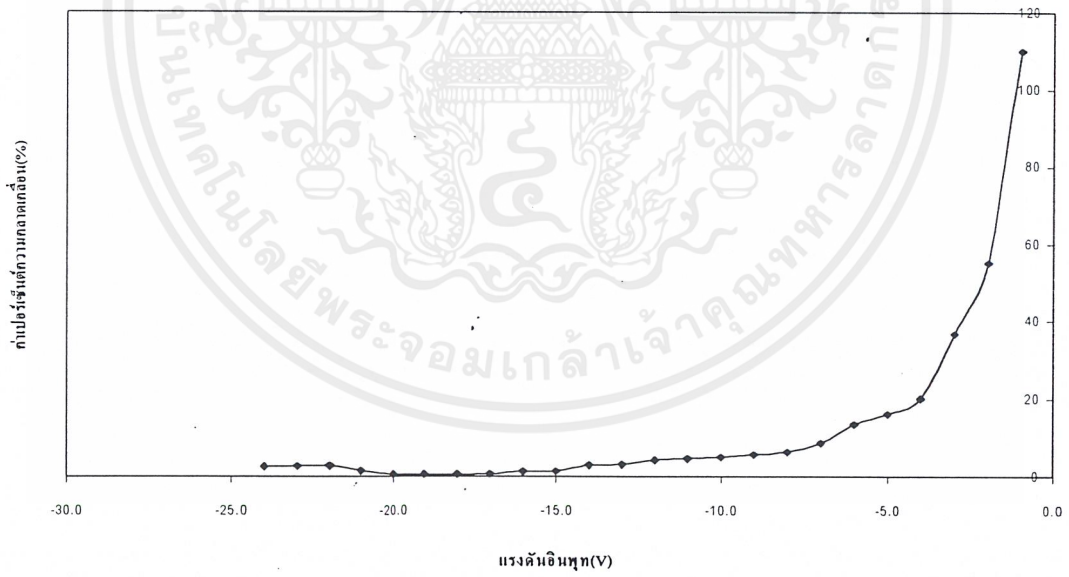
ตารางบันทึกที่5.3ผลการวัดดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 25Vmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)	ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท (โวลท์)	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล (โวลท์)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
0	-1.1		-1.0	-2.1	110
1.0	0.1	90	-2.0	-3.1	55
2.0	2.7	35	-3.0	-4.1	37
3.0	3.7	23	-4.0	-4.8	20
4.0	4.5	13	-5.0	-5.8	16
5.0	5.5	10	-6.0	-6.8	13
6.0	6.6	10	-7.0	-7.6	9
7.0	7.4	6	-8.0	-8.5	6
8.0	8.4	5	-9.0	-9.5	6
9.0	9.4	4	-10.0	-10.5	5
10.0	10.3	3	-11.0	-11.5	5
11.0	11.3	3	-12.0	-12.5	4
12.0	12.3	3	-13.0	-13.4	3
13.0	13.1	1	-14.0	-14.4	3
14.0	14.1	1	-15.0	-15.2	1
15.0	14.8	1	-16.0	-16.2	1
16.0	15.8	1	-17.0	-16.9	1
17.0	16.8	1	-18.0	-17.9	1
18.0	17.6	2	-19.0	-18.9	1
19.0	18.7	2	-20.0	-19.9	1
20.0	19.7	2	-21.0	-20.7	1
21.0	20.5	2	-22.0	-21.4	3
22.0	21.5	2	-23.0	-22.4	3
23.0	22.5	2	-24.0	-23.4	3
24.0	23.4	3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 25 Vmax ศักดาบวก(ตารางที่ 5.3)



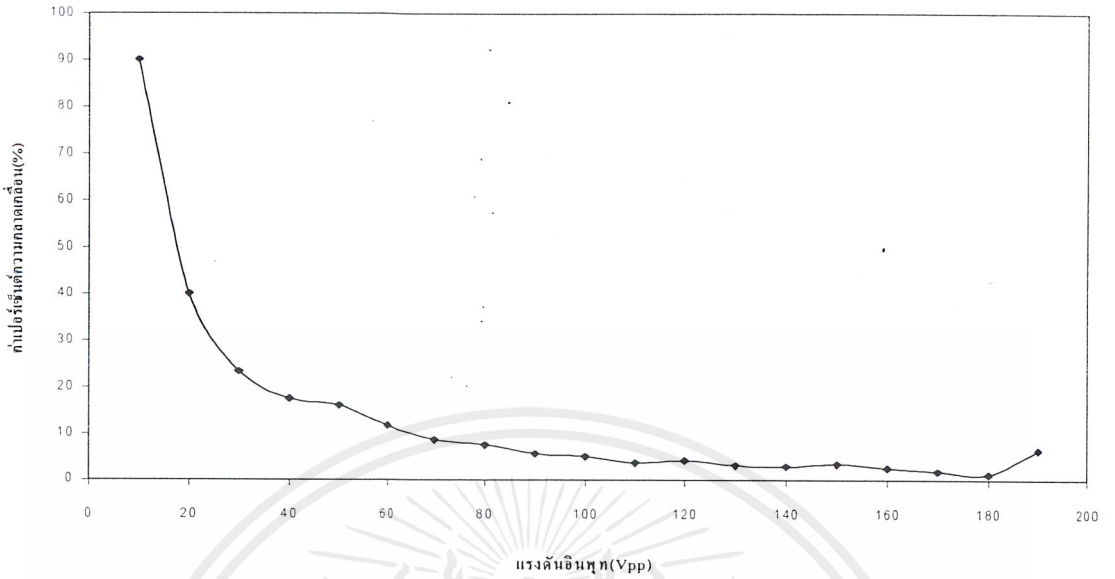
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟตรง rang 25 Vmax ศักดาลบ(ตารางที่ 5.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.4 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 200mVmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
10	19	26	90
20	28	13	40
30	37	20	23
40	47	27	18
50	58	35	16
60	67	41	12
70	76	48	9
80	86	55	8
90	95	61	6
ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
100	105	68	5
110	114	75	4
120	125	82	4
130	134	89	3
140	144	96	3
150	155	103	3
160	164	110	3
170	173	117	2
180	178	120	1
190	178	120	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

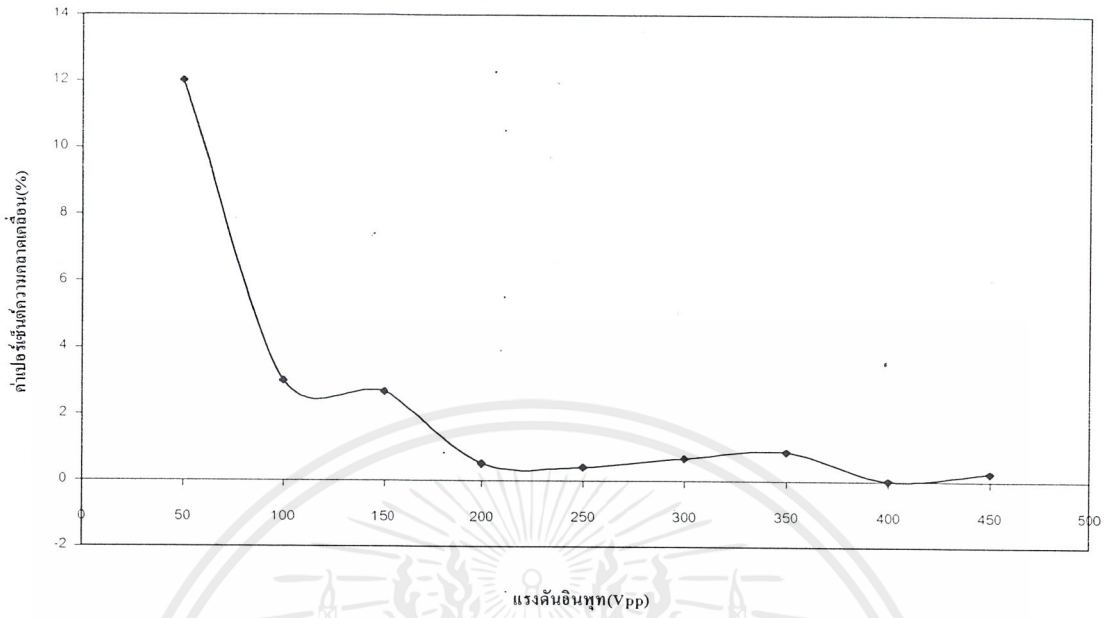


รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟสลับ rang 200m Vmax ที่ความถี่ 1kHz (ตารางที่ 5.4)

ตารางที่5.5 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 500mVmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
50	56	24	12
100	103	59	3
150	154	95	3
200	201	129	1
250	251	164	0
300	302	198	1
350	353	233	1
400	400	269	0
450	451	305	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

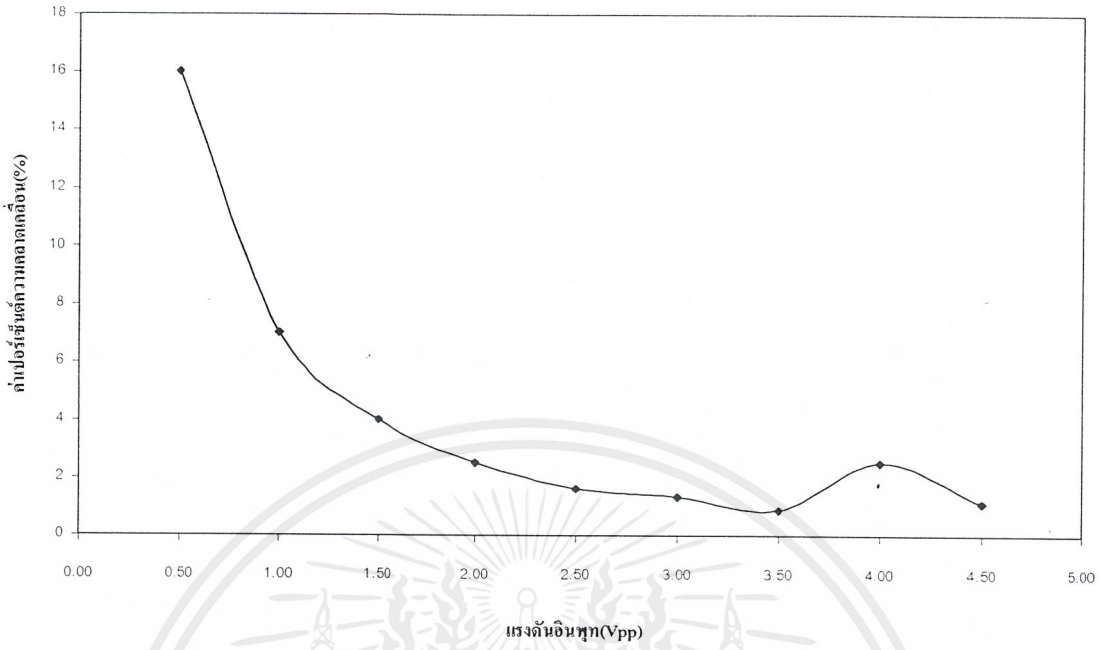


รูปที่ 5.8 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟสลับ rang 500m Vmax ที่ความถี่คงที่ 1kHz (ตารางที่ 5.5)

ตารางที่5.6 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 5Vmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
0.50	0.42	0.30	16
1.00	0.93	0.66	7
1.50	1.44	1.02	4
2.00	1.95	1.35	3
2.50	2.46	1.71	2
3.00	2.96	2.07	1
3.50	3.47	2.43	1
4.00	3.90	2.78	3
4.50	4.45	3.14	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



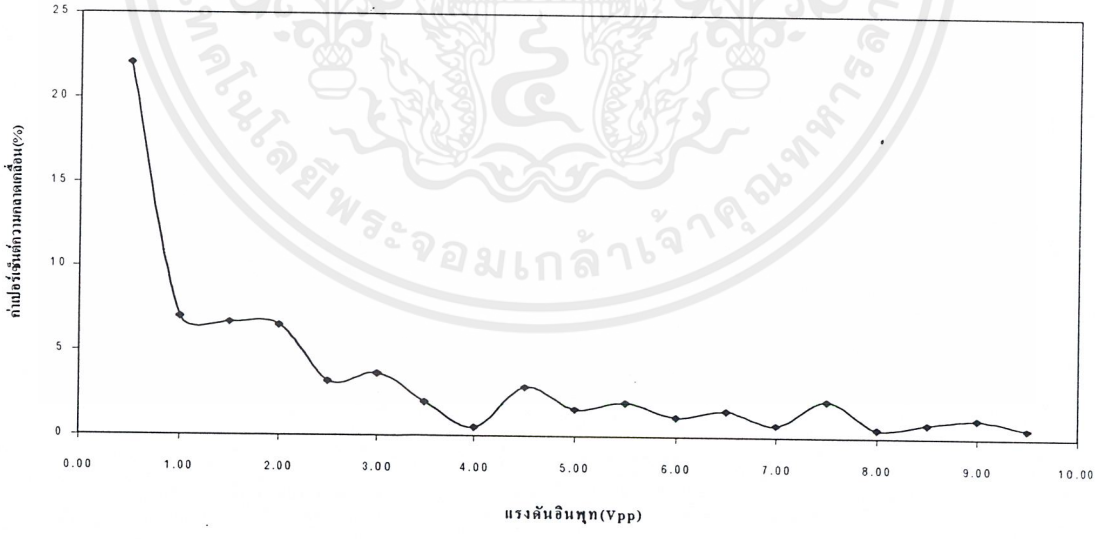
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟสลับ rang 5 Vmax ที่ความถี่คงที่ 1kHz (ตารางที่ 5.6)

ตารางที่5.7 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิต 10Vmax

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
0.50	0.39	0.27	22
1.00	0.93	0.66	7
1.50	1.40	1.04	7
2.00	1.87	1.38	6
2.50	2.42	1.74	3
3.00	2.89	2.07	4
3.50	3.43	2.40	2
4.00	3.98	2.78	1
4.50	4.37	3.14	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าศักดาไฟฟ้าที่ป้อนให้อินพุท	ค่าศักดาที่เครื่องวัดแสดงผล		เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
(mVpp)	(mVpp)	(mVrms)	(%)
5.00	4.92	3.48	2
5.50	5.39	3.81	2
6.00	5.93	4.14	1
6.50	6.40	4.52	2
7.00	6.95	4.86	1
7.50	7.34	5.30	2
8.00	7.96	5.63	1
8.50	8.43	5.96	1
9.00	8.90	6.29	1
9.50	9.45	6.62	1



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดศักดาไฟสลับ rang 10 Vmax ที่ความถี่ 1kHz (ตารางที่ 5.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.8 ผลการวัดเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ที่ลิมิตโดยการเปลี่ยนความถี่

Rang 200 mVmax ป้อนอินพุทขนาด 100 mV

ความถี่สัญญาณอินพุท (เฮิร์ตซ์)	แรงดันที่เครื่องวัด (mVpp)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
10	75-105	15
100	103	3
1k	105	5
10k	105	5
100k	103	3
1M	28	72

Rang 500 mVmax ป้อนอินพุทขนาด 250 mV

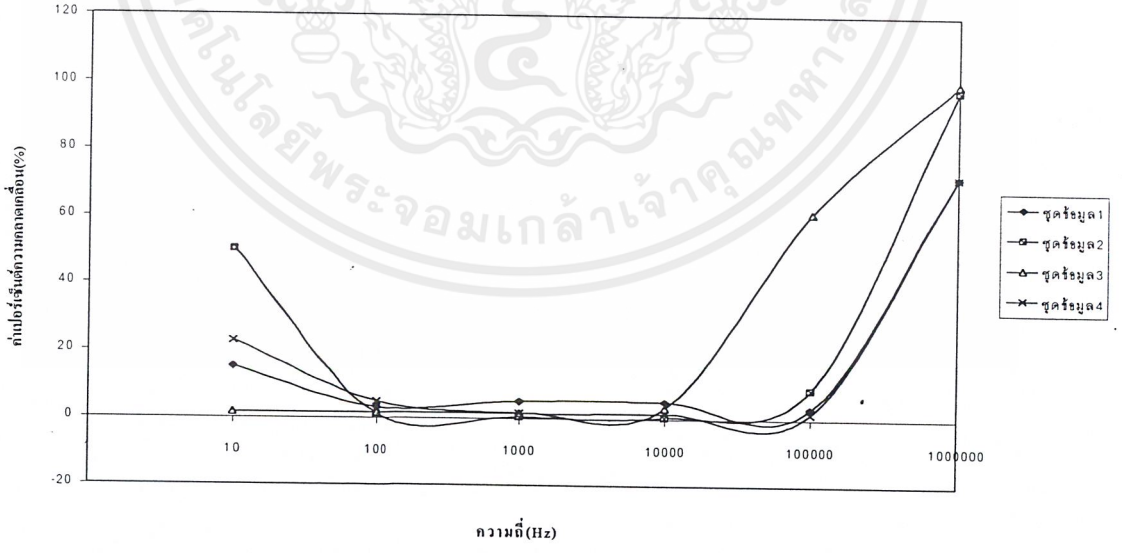
ความถี่สัญญาณอินพุท (เฮิร์ตซ์)	แรงดันที่เครื่องวัด (mVpp)
10	150-251
100	247
1k	251
10k	251
100k	228
1M	5

Rang 5 Vmax ป้อนอินพุทขนาด 2.5 V

ความถี่สัญญาณอินพุท (เฮิร์ตซ์)	แรงดันที่เครื่องวัด (Vpp)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%)
10	1.48-2.38	2
100	2.46	2
1k	2.46	2
10k	2.46	3
100k	2.42	61
1M	0.97	100

Rang 10 Vmax ป้อนอินพุทขนาด 5 V

ความถี่สัญญาณอินพุท (เฮิร์ตซ์)	แรงดันที่เครื่องวัด (Vpp)
10	2.81-4.92
100	4.76
1k	4.92
10k	4.92
100k	4.92
1M	1.4



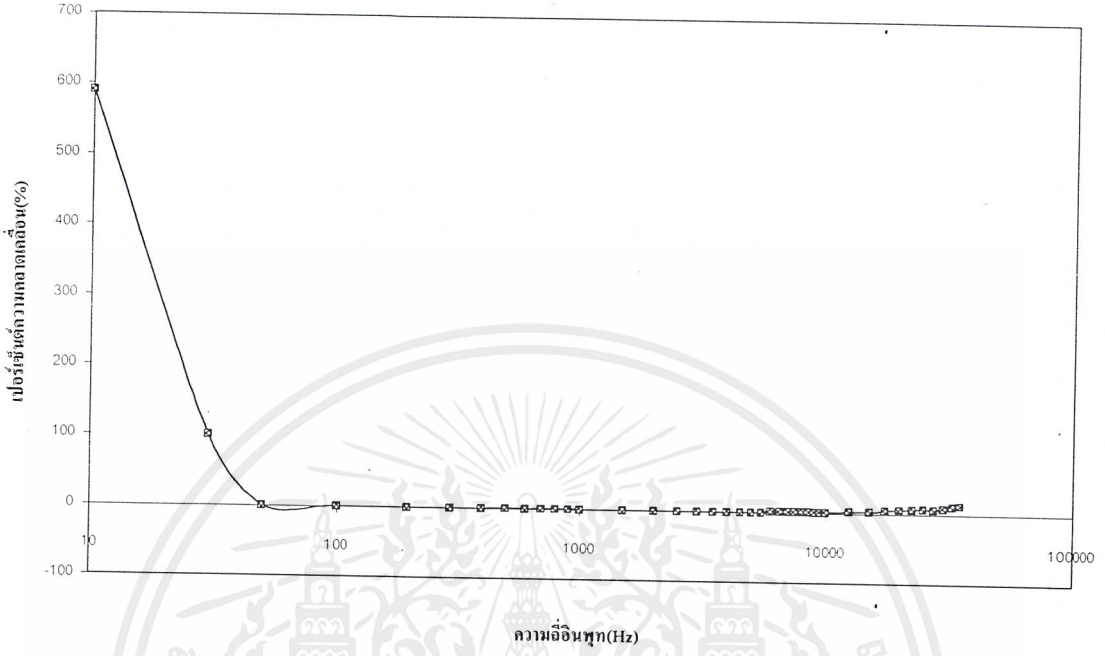
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดเนื่องจากความถี่ที่ศักดาคงที่ 2 Vpp (ตารางที่ 5.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดความถี่

ความถี่ที่ป้อนเข้าอินพุท (Hz)	ความถี่ที่เครื่องวัดแสดงผล (Hz)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)	ความถี่ที่ป้อนเข้าอินพุท (Hz)	ความถี่ที่เครื่องวัดแสดงผล (Hz)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (%)
10	69	590	5.5k	5.5k	0
30	60	100	6.0k	6.1k	2
50	50	0	6.5k	6.6k	2
100	100	0	7.0k	6.9k	1
200	200	0	7.5k	7.6k	1
300	300	0	8.0k	8.1k	1
400	400	0	8.5k	8.6k	1
500	501	0	9.0k	9.1k	1
600	600	0	9.5k	9.7k	1
700	702	0	10.0k	10.1k	1
800	802	0	12.5k	12.8k	3
900	903	0	15.0k	15.4k	3
1.0k	1.0k	0	17.5k	18.2k	4
1.5k	1.5k	0	20.0k	21.1k	6
2.0k	2.0k	0	22.5k	23.9k	6
2.5k	2.5k	0	25.0k	26.7k	7
3.0k	3.0k	0	27.5k	29.2k	6
3.5k	3.5k	0	30.0k	32.3k	8
4.0k	4.0k	0	32.5k	36.1k	11
4.5k	4.5k	0	35.0k	39.2k	12
5.0k	5.0k	0	37.5k	Over Input	NONE
			40.0k	Over Input	NONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดความถี่
ที่ศักดาคงที่ 2 Vpp (ตารางที่ 5.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและวิจารณ์

ประสิทธิภาพการทำงานของระบบสามารถพิจารณาได้จาก 2 ส่วน ส่วนแรกคือประสิทธิภาพของความแม่นยำและความละเอียดในการวัด ส่วนที่สองคือความถูกต้องและเสถียรภาพของการรับและส่งข้อมูลด้วยมาตรฐาน IEEE488 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ดังนี้สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้งานจริงดิจิตอลโวลท์มิเตอร์และเครื่องนับความถี่เครื่องนี้ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ทั้งต่อการประเมินผลงานและเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาผลงานในอนาคต

โดยเราสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของความแม่นยำและความละเอียดในการวัดได้จากกราฟการทดลองในบทที่ 5 ดังนี้

1.) การวัดในโหมดการทำงานดีซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดส่วนใหญ่ไม่เกิน 10% โดยการวัดค่าแรงดันอินพุทที่มีค่าอยู่ช่วงค่ากลางในแต่ละระดับการวัดสูงสุด (5 , 10 , 25 Vmax) จะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด และที่ค่าศักดาใกล้ค่าศูนย์ค่าที่วัดได้จะมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด ซึ่งเกิดจากปัญหาแรงดันออฟเซ็ตและปัญหาดีซีไบอัสของออปแอมป์ ในการวัดศักดาไฟตรงเรายังออกแบบให้สามารถวัดศักดาค่าต่ำในระดับมิลลิโวลท์ได้ โดยการเลือกระดับการวัดสูงสุดที่ 500mVmax หรือละเอียดกว่านั้นคือ 200mVmax แต่เนื่องจากไม่สามารถหาแหล่งจ่ายศักดาไฟตรงที่สามารถปรับความละเอียดได้ในระดับมิลลิโวลท์ได้จึงมิได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในช่วงการวัดดังกล่าวทั้งสอง อีกทั้งในการใช้งานวัดค่าศักดาไฟตรงโดยปกติแล้วจะเป็นค่าศักดาสูงที่มีหน่วยส่วนใหญ่เป็นโวลท์ ดังนั้นการวัดในช่วงดังกล่าวจึงไม่มีความจำเป็นในทางปฏิบัติเท่าใดนัก

2.) การวัดสัญญาณไฟสลับในโหมดการทำงานเอซีดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ เราสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการวัดได้สองส่วนคือ

2.1 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่เกิดจากศักดาของอินพุท พิจารณาจากกราฟที่ 5.7 ถึง 5.10 จะเห็นว่ามีลักษณะกราฟเช่นเดียวกับการวัดในโหมดไฟตรงคือ ที่แอมปลิจูดของอินพุทที่มีค่าใกล้ศูนย์โวลท์จะมีความแม่นยำในการวัดต่ำ

2.2 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่เกิดจากความถี่ของอินพุทพิจารณาจากกราฟรูปที่ 5.11 จะเห็นว่าที่ความถี่อินพุทมีค่าระหว่าง 100Hz – 100kHzค่าที่วัดได้จะมีความแม่นยำสูงคือเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 % ส่วนสาเหตุที่ความถี่ต่ำกว่าและสูงกว่าช่วงดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสูงนั้น อาจเกิดจากปัญหาเนื่องจากค่าตัวเก็บประจุแอบแฝงภายใน

3.) การวัดความถี่ของสัญญาณอินพุทในโหมดการทำงานเป็นเครื่องนับความถี่ โดยช่วงของความถี่ที่ออกแบบไว้คือ 0 เฮิร์ทซ์ ถึง 40 กิโลเฮิร์ทซ์ แต่จากกราฟรูปที่ 5.12 จะพบว่าการวัดในช่วงความถี่อินพุทที่มีค่าในช่วง 100 เฮิร์ทซ์ ถึง35 กิโลเฮิร์ทซ์ มีความแม่นยำสูง ส่วนที่ความถี่ต่ำกว่าและสูงกว่าช่วงดังกล่าวจะมีความแม่นยำในการวัดต่ำ สาเหตุสำคัญเกิดจากการใช้วงจรสร้างสัญญาณพัลส์อย่างง่ายซึ่งมีเสถียรภาพไม่ดีที่ความถี่ต่ำๆและผลจากการใช้การคำนวนแบบ 32บิท ในการแปลงค่าคาบเวลาของสัญญาณที่จับได้เป็นค่าความถี่ที่ใช้แสดงผลนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาในการประมวลผลมาก จึงไม่สามารถตอบสนองสัญญาณที่ความถี่สูงๆได้

และในส่วนที่สองคือการวัดประสิทธิภาพของเสถียรภาพและความถูกต้องของการรับและส่งข้อมูลด้วยมาตรฐาน IEEE-488 นั้น จากการทดสอบใช้งานจริงยังพบข้อบกพร่องในเรื่องของการรับส่งข้อมูลที่ใช้เวลานานพอสมควร อันเนื่องมาจากการที่คอมพิวเตอร์ต้องรอการประมวลผลของคอลโทรลเลอร์ซึ่งมีความเร็วต่ำกว่าและในบางการทำงานต้องรอเวลาให้แสดงผลออกทางแอลซีดีด้วย ส่วนเสถียรภาพของการควบคุมอุปกรณ์ของคอมพิวเตอร์ผ่านทางอินเตอร์เฟสการ์ดนั้นสามารถทำการควบคุมได้ตามที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี

บทสรุปที่ได้จากการศึกษาและทำการทดลองโครงงานนี้คือ เราจะพบข้อดีที่สำคัญของ IEEE-488 หรือ GPIB บัสคือ เป็นการรับและส่งข้อมูลแบบขนานซึ่งง่ายต่อการเขียนโปรแกรม เพราะข้อมูลส่วนใหญ่เป็นรหัสขนาด 8 บิต เช่น รหัสASCII เป็นต้น จึงสามารถทำการประมวลผลข้อมูลที่รับมาได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการแยกข้อมูลที่รับมาแบบขบวนไบนารี่บิทเหมือนแบบอนุกรม ส่วนข้อเสียที่สำคัญคือไม่สามารถส่งข้อมูลด้วยความยาวสายมากๆได้เนื่องจากการลดทอนของสัญญาณ สำหรับส่วนของการโปรแกรมนั้นมี 2 ส่วนคือการใช้ภาษา C51 ในการโปรแกรมให้กับไมโครคอลโทรลเลอร์ มีข้อดีคือเป็นภาษาระดับสูงกว่าภาษาแอสเซมบลีซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมแต่ก็มีข้อด้อยคือใช้เนื้อที่หน่วยความจำเพื่อเก็บตัวโปรแกรมมากกว่า สำหรับส่วนที่สองคือการใช้ภาษา Delphi เพื่อสร้างแอปพลิเคชั่นโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้นั้นเพื่อทำให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับผู้ใช้เพราะโปรแกรมดังกล่าวทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแนวทางสำหรับพัฒนาโครงงาน สามารถปรับปรุงให้การอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวอุปกรณ์เร็วขึ้นได้โดยการเพิ่มความถี่สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความเร็วสูงขึ้น นอกจากนี้เรายังสามารถพัฒนาโปรแกรมที่ติดต่อกับผู้ใช้บนคอมพิวเตอร์ให้สามารถเก็บค่าข้อมูลการวัดในลักษณะของฐานข้อมูลได้ เพื่อใช้สำหรับงานที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่องและเวลานาน อีกทั้งยังสามารถออกแบบพัฒนาโปรแกรมให้สามรถติดต่อกับอุปกรณ์ได้หลายๆตัวพร้อมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASCII-IEEE 488 BUS MESSAGES (COMMANDS AND ADDRESSES) HEX CODES

MSD / LSD	0		1		2		3		4		5		6		7	
	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG
0	NUL		DLE		SP	00	0	16	@	00	P	16	`		p	
1	SOH	GTL	DC1	LLO	!	01	1	17	A	01	Q	17	a		q	
2	STX		DC2		"	02	2	18	B	02	R	18	b		r	
3	ETX		DC3		#	03	3	19	C	03	S	19	c		s	
4	EOT	SDC	DC4	DCL	$	04	4	20	D	04	T	20	d		t	
5	ENO	PPC	NAK	PPU	%	05	5	21	E	05	U	21	e		u	
6	ACX		SYN		&	06	6	22	F	06	V	22	f		v	
7	BEL		ETB		'	07	7	23	G	07	W	23	g		w	
8	BS	GET	CAN	SPE	(	08	8	24	H	08	X	24	h		x	
9	HT	TCT	EM	SPO	)	09	9	25	I	09	Y	25	i		y	
A	LF		SUB		*	10	:	26	J	10	Z	26	j		z	
B	VT		ESC		+	11	;	27	K	11	[	27	k		{	
C	FF		FS		,	12	<	28	L	12	\	28	l		|	
D	CR		GS		-	13	=	29	M	13	]	29	m		}	
E	SO		RS		.	14	>	30	N	14	^	30	n		~	
F	SI		US		/	15	?	UNL	O	15	_	UNT	o		DEL	

ADDRESSED COMMAND GROUP

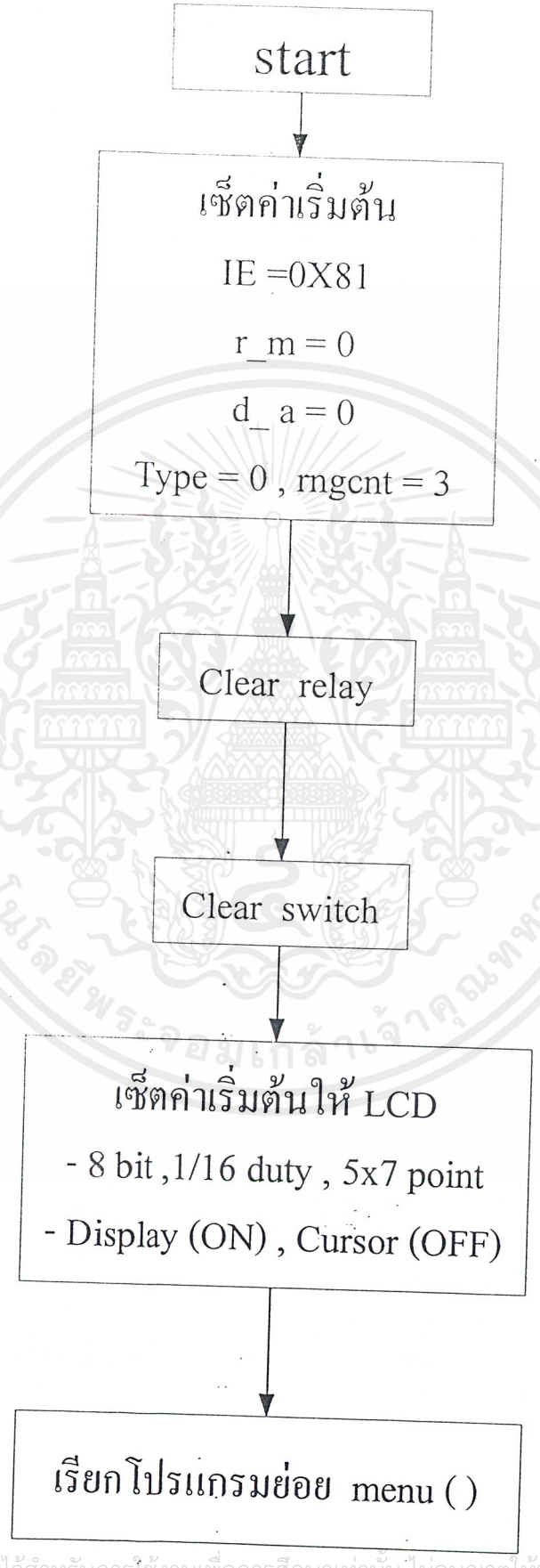
UNIVERSAL COMMAND GROUP

LISTEN ADDRESS GROUP

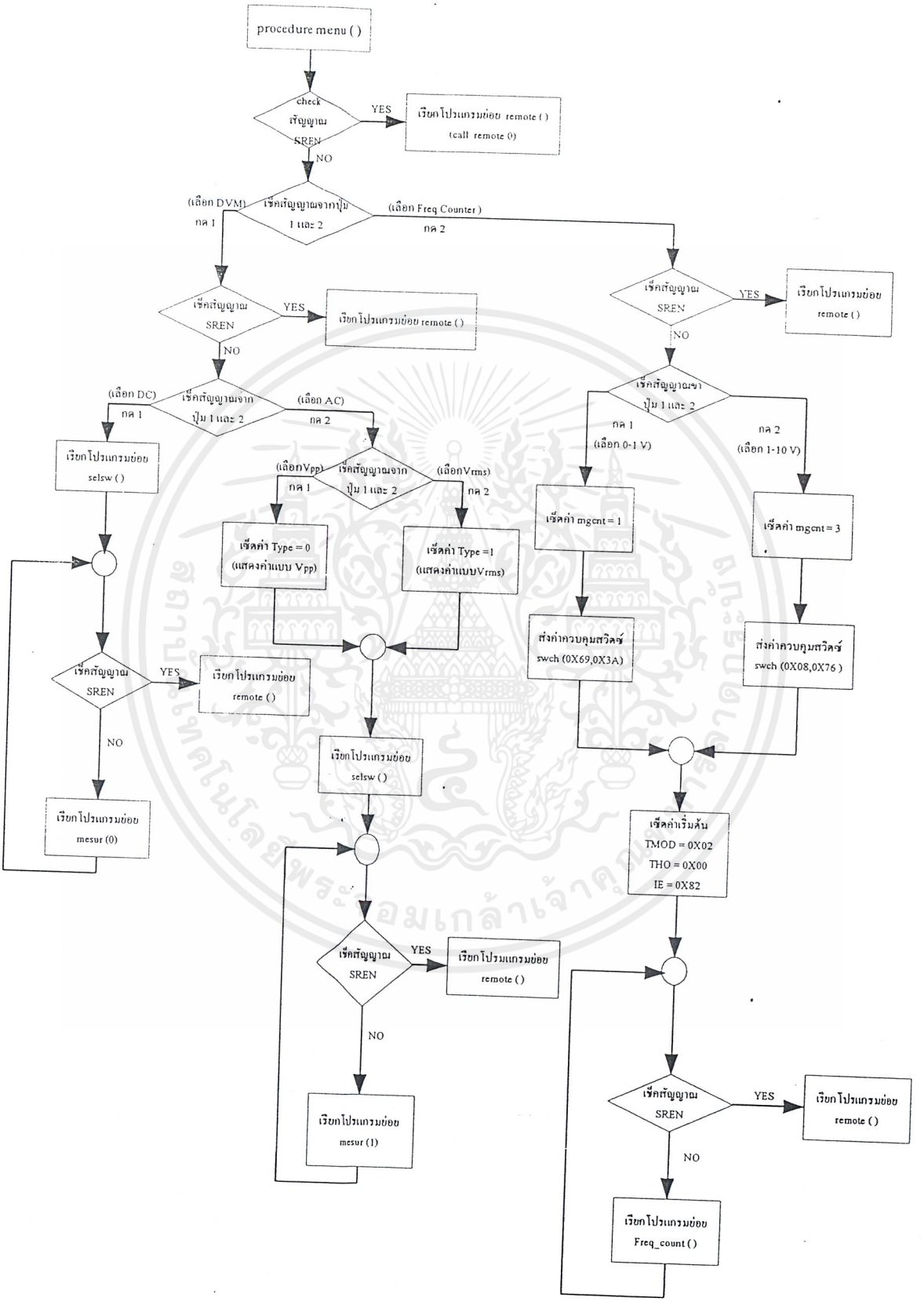
TALK ADDRESS GROUP

XECONDARY COMMAND GROUP

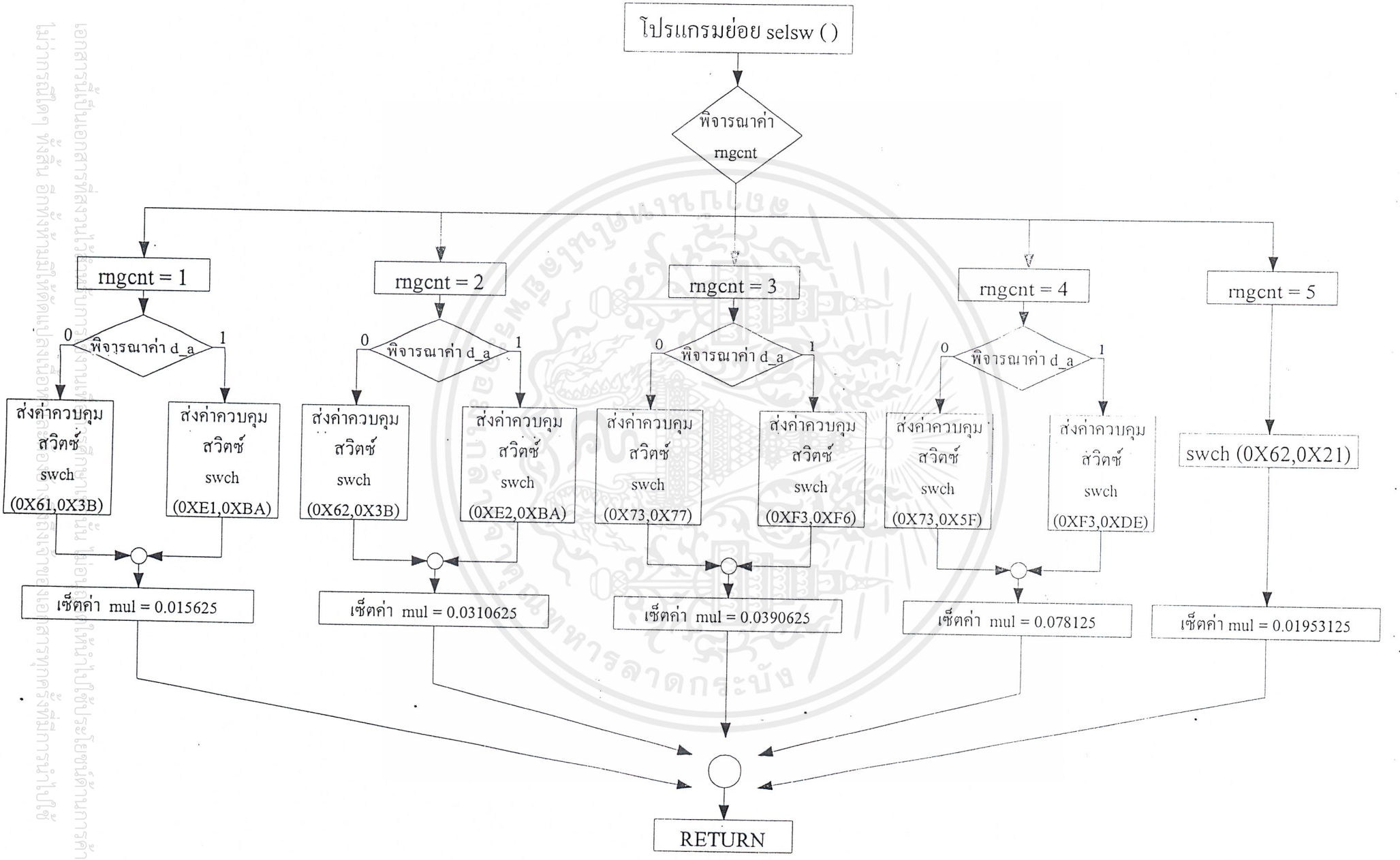
PRIMARY COMMAND GROUP (PCG)

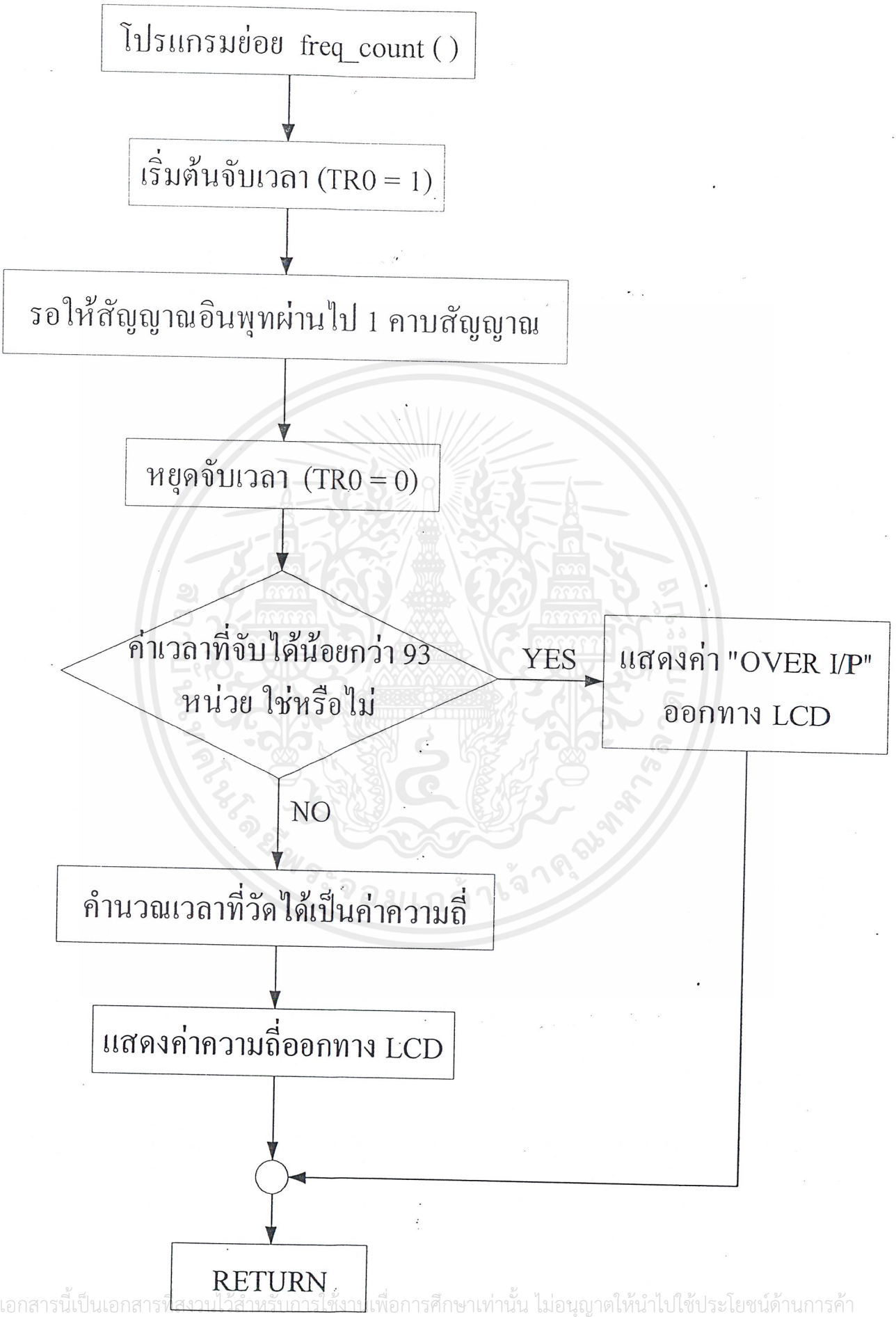


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

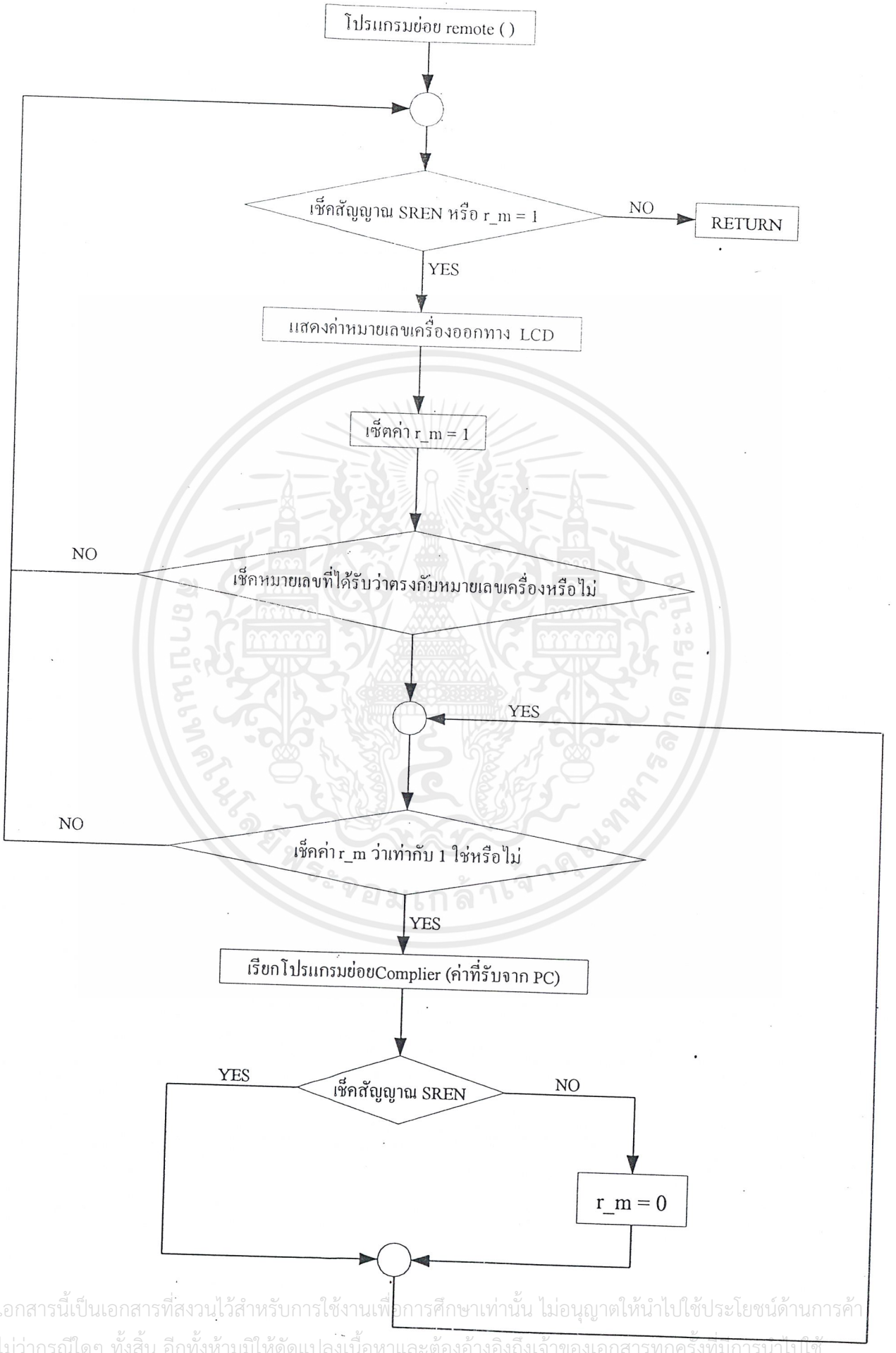


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

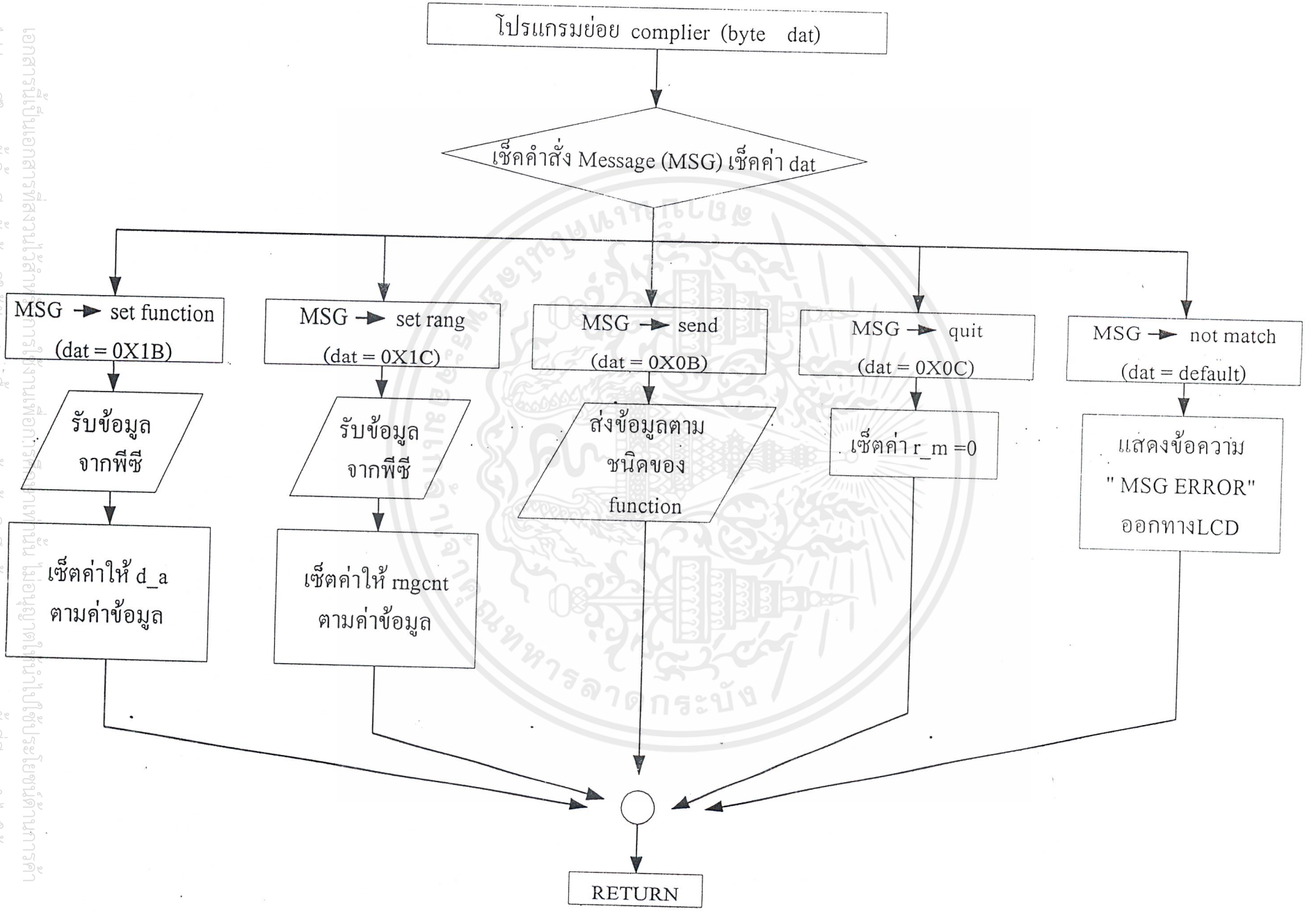

โปรแกรมย่อย selsw ( )
พิจารณาค่า
rngcnt
rngcnt = 1
rngcnt = 2
rngcnt = 3
rngcnt = 4
rngcnt = 5
0
1
พิจารณาค่า d_a
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0X61,0X3B)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0XE1,0XBA)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0X62,0X3B)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0XE2,0XBA)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0X73,0X77)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0XF3,0XF6)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0X73,0X5F)
ส่งค่าควบคุม
สวิตซ์
swch
(0XF3,0XDE)
swch (0X62,0X21)
เซ็ตค่า mul = 0.015625
เซ็ตค่า mul = 0.0310625
เซ็ตค่า mul = 0.0390625
เซ็ตค่า mul = 0.078125
เซ็ตค่า mul = 0.01953125
RETURN

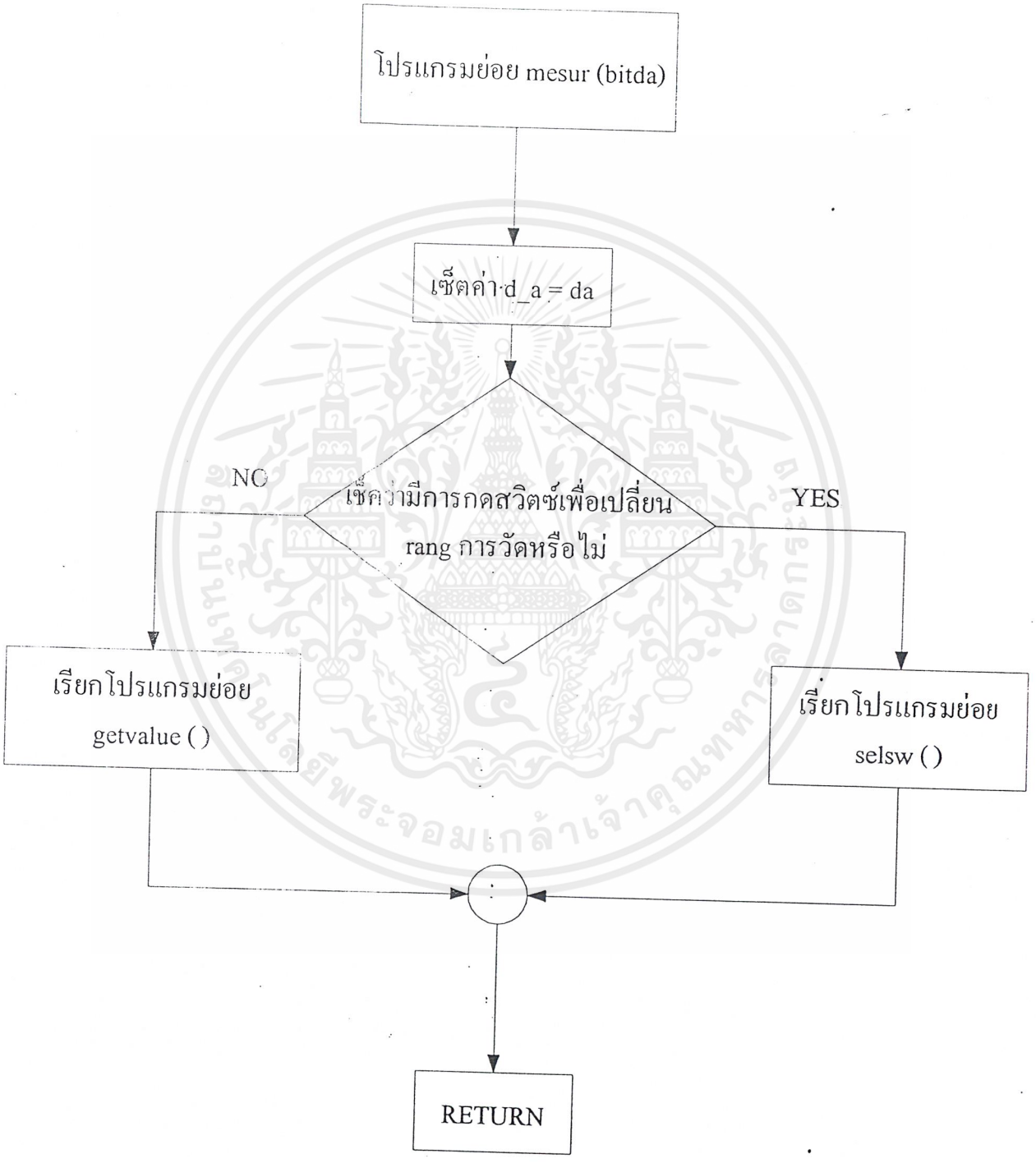


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

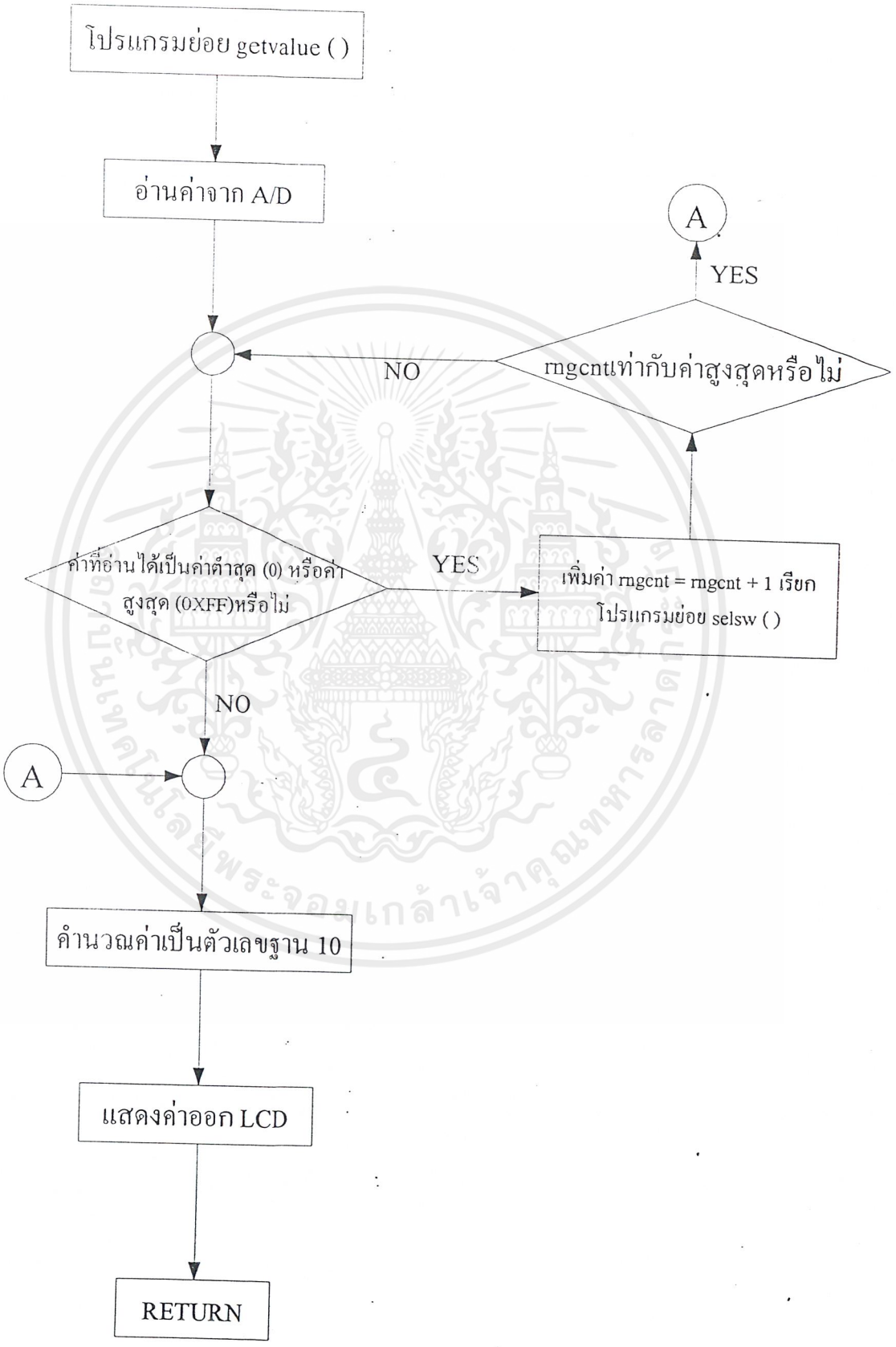


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


โปรแกรมย่อย complier (byte dat)
เช็คคำสั่ง Message (MSG) เช็คค่า dat
MSG → set function (dat = 0X1B)
MSG → set rang (dat = 0X1C)
MSG → send (dat = 0X0B)
MSG → quit (dat = 0X0C)
MSG → not match (dat = default)
รับข้อมูล จากพีซี
รับข้อมูล จากพีซี
ส่งข้อมูลตาม ชนิดของ function
เซ็ตค่า r_m =0
แสดงข้อความ " MSG ERROR" ออกทางLCD
เซ็ตค่าให้ d_a ตามค่าข้อมูล
เซ็ตค่าให้ rngcnt ตามค่าข้อมูล
RETURN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องมือวัดศักดาและนับความถี่แสดงผลแบบดิจิตอลและการ์ดอินเตอร์เฟส(Digital Voltmeter , Frequency counter and Interface Card) ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับความเอื้อเฟื้อในด้านต่าง ๆ จาก อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา และแนะแนวทาง ในการทำงานและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงรุ่นพี่และเพื่อน ๆ ที่ช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการจัดทำรายงาน จนสำเร็จเป็นชิ้นงานลงได้ด้วยดี

.....

(นาย พิเชษฐ์ กาญจนการุณ)

.....

(นางสาว อุมาพร เกิดแสง)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สุเจตน์ จันทรังษ์, "ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซิพเดี่ยว 8051", โครงการตำราวิชาการวิทยาลัยมหานคร, 2535
2. ปรเมษฐ์ ประยานันทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวณิช, "คู่มือการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
3. สุนทร วิฑูรสุรพจน์, "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
4. ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม, วัลลภ สุรกำพลธร, "วงจรขยายสัญญาณโอเปอร์เรชั่นแนล", สำนักพิมพ์ดวงกมล
5. สำเริง รัศมีวิศวะ, ดำรง จีนขาวขำ, "ทฤษฎีและการนำไปใช้งานออปแอมป์", สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. วิโรจน์ อัศวรังสี, ชัชวาล เต็มฤทธิวงศ์, กรชุลี ใช้สถิตย์, "ออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
7. ธานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์, ทินกร ดุ๊ก, การอินเตอร์เฟส IBM PC, กรุงเทพฯ, ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์. ม.ป.ป.
8. DAVID F.STOUT, MILTON KAUFMAN, "OPERATIONNAL AMPLIFIER CIRCUIT DESIGN", McGRAW-HILL.
9. RAMAKANT A. GAYAKWAD, "OP-AMP AND LINEAR INTEGRATED CIRCUIT", PRENTICE-HALL INTERNATIONAL EDITIONS.
10. JERALD G. GRAEME, "APPLICATIONS OF OPERATIONAL AMPLIFIERS", McGRAW-HILL.
11. EUGENE FISHER – C.W. JENSEN. PET/CBM AND THE IEEE 488 BUS (GPIB), 2nd EDITION ,OSBORNE/McGRAW –HILL BERKELEY , CALIFORNIA 94710 U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้