

เครื่องช่วยการสอนด้วยเสียงแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้ I²C
PORTABLE SOUNDLAB



นายจิรยุทธ เพชรชื่น
นายเมธานันท์ ยินดีจันทร์
นายรุ่งธนวัฒน์ ยอดแก้ว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...50429...
วัน,เดือน,ปี...13 พ.ค. 2547

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

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2545

b.....

PORTABLE SOUNDLAB



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OFF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
2002
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องช่วยการสอนด้วยเสียงแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้ I²C
PORTABLE SOUNDLAB

นักศึกษาผู้จัดทำ นายจิรายุทธ เพชรชื่น รหัสประจำตัว 43015555
นายเมธานันท์ บินดีจันทร์ รหัสประจำตัว 43015579
นายรุ่งรณวัฒน์ ยอดแก้ว รหัสประจำตัว 43015583

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2545

| | |
|--------------------------|--|
| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท | ลายมือชื่อ |
| อาจารย์เชื้อ นกอยู่ |  |

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 25 มีนาคม 2546
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------------|--|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | เครื่องช่วยการสอนด้วยเสียงแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้ I ² C |
| | PORTABLE SOUNDLAB |
| นักศึกษาผู้จัดทำ | นายจิรยุทธ เพชรชื่น นายเมธานันท์ ยินดีจันทร์ นายรุ่งธรววัฒน์ ยอดแก้ว |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์เชื้อ นกอยู่ |
| ปีการศึกษา | 2545 |

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาระบบปฏิบัติการทางภาษา ให้ก้าวไปสู่ความทันสมัย จากการผสมผสานความสะดวกสบายของระบบคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและการควบคุมที่สามารถออกแบบและแก้ไขระบบได้โดยง่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ ประกอบด้วยสัญญาณควบคุมเพียง 2 เส้น ของระบบ I²C BUS ที่ใช้สัญญาณ SDA และ SCL สามารถต่ออุปกรณ์ปลายทางได้ถึง 64 เครื่องต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 คู่สาย ใช้สายควบคุมโต๊ะปฏิบัติการที่ประกอบด้วยเครื่องช่วยศึกษาพื้นฐานไม่เกิน 9 เส้น สามารถควบคุมห้องปฏิบัติการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และแก้ไขโปรแกรมให้เปลี่ยนไปตามความต้องการของแต่ละความจำเป็นได้ด้วยแผ่น Compact disc เพียงแผ่นเดียว สามารถออกแบบหน้าต่างการควบคุมให้เหมาะสมงานด้วย โปรแกรม Visual Basic สามารถพัฒนาให้ใช้ระบบการควบคุมระยะไกล(Remote Contol) ด้วยระบบ Wireless-Microphone และ Wireless-Headphone ได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Portable soundlab
Authors Mr. Jirayut Phetchuen
 Mr. Maythanan Yindeechan
 Mr. Rungthanawat Yoedkaew
Thesis Advisor Mr. Shuae Nokyoo
Year 2002

ABSTRACT

This project is about Sound lab system. It is a starting point to develop a language operation system to step modernized. It is to integrate a convenience and comfort of computer network system and to control can be design and modify system easily of microcontroller. To consist of signal control 2 line only of I²C bus system. It used signal SDA and SCL can to connect with an equipment destination able 64 equipment per microcontroller 1 a pair line. To use line control table an operation to consist of implement help to learn basic not over 9 line can be control room operation above monitor computer and modify program give to change as according to require each necessities with compact disc only a disc. It can windows designed of control with Visual Basic program can be to develop used control system far distance and wire less microphone system and wire less headphone sound lab system in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับคำปรึกษาและการอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจาก อาจารย์เชื้อ นกอยู่ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูง ที่ได้ให้การสนับสนุน และคำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการวิจัย จนสำเร็จตามจุดประสงค์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้เรื่องต่างในขณะที่กำลังศึกษา และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ที่เอื้อเฟื้อวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทดลอง และทุกสิ่ง

ขอขอบพระคุณห้องสมุดของ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษา และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

และที่มิเคยลืมขอกราบขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่เป็นอย่างสูง ที่เป็นแรงใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอดจนปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|-------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VII |
| สารบัญภาพ..... | VIII |

| | |
|-------------------|---|
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
|-------------------|---|

| | |
|--|---|
| 1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของงานวิจัย..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์..... | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์..... | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการศึกษา..... | 2 |

| | |
|---------------------------------------|---|
| บทที่ 2 หลักการทำงานปริญญานิพนธ์..... | 3 |
|---------------------------------------|---|

| | |
|------------------------------------|---|
| 2.1 รูปแบบปริญญานิพนธ์ทั้งหมด..... | 3 |
| 2.2 หลักการทำงาน..... | 3 |

| | |
|---------------------------------|---|
| บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
|---------------------------------|---|

| | |
|--|----|
| 3.1 ระบบบัส I ² C..... | 5 |
| 3.1.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I ² C..... | 6 |
| 3.1.2 หลักการของบัส I ² C..... | 7 |
| 3.1.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I ² C..... | 8 |
| 3.1.4 การทำงานบนบัส I ² C..... | 9 |
| 3.1.4.1 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)..... | 9 |
| 3.1.4.2 การอ้างถึงแบบ 10 บิต..... | 10 |
| 3.2 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I ² C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51..... | 11 |

เอกสารนี้เป็น 3.3 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I²C เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|-----------|
| 3.3.1 การสร้างสถานะเริ่มต้น..... | 12 |
| 3.3.2 การสร้างสถานะหยุด..... | 12 |
| 3.3.3 การส่งข้อมูลลอจิก “0” และลอจิก “1”..... | 17 |
| 3.4 การขยายจำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุตด้วยไอซี PCF8574A | 17 |
| 3.4.1 การเขียนโปรแกรมควบคุม PCF8574A..... | 18 |
| 3.5 วงจรแปลงสัญญาณพอร์ตอนุกรมเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบัส I ² C..... | 21 |
| 3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อแบบบัส..... | 22 |
| 3.6 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับบัส I ² C ด้วย Visual BASIC..... | 23 |
| 3.6.1 โปรแกรมย่อยสร้างสัญญาณเริ่มต้นหรือ START..... | 23 |
| 3.6.2 โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณหยุดหรือ STOP..... | 24 |
| 3.6.3 โปรแกรมย่อยรอรับสัญญาณรับรู้หรือ Acknowledge..... | 24 |
| 3.6.4 โปรแกรมย่อยส่งข้อมูล..... | 24 |
| 3.6.4.1 โปรแกรมย่อยอ่านและส่งข้อมูลขนาด 8 บิต..... | 25 |
| 3.7 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8574/8574A..... | 27 |
| 3.8 การเขียนโปรแกรมควบคุม PCF8574 ด้วย Visual Basic..... | 28 |
| 3.8.1 การส่งค่าไปยังเอาต์พุตของ PCF8574A..... | 29 |
| 3.8.2 การอ่านค่าข้อมูลจาก PCF8574A..... | 29 |
| บทที่ 4 การออกแบบโครงงานและการสร้างวงจร..... | 31 |
| 4.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน..... | 31 |
| 4.2 หลักการทำงานของวงจร..... | 31 |
| 4.3 ภาควงจรควบคุมส่งสัญญาณไปยัง I ² C..... | 32 |
| 4.4 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณ SDA และ SCL..... | 34 |
| 4.5 ภาคในการติดต่อของ Switch Relay..... | 35 |
| 4.6 ภาคปรับแต่งและขยายเสียง..... | 37 |
| 4.7 วงจร BUFFER..... | 38 |
| 4.8 Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรม..... | 39 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง..... | 41 |
| 5.1 แสดงผลการทดลองขณะสภาวะปกติ..... | 41 |
| 5.1.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะปกติ..... | 41 |
| 5.1.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะปกติ..... | 42 |
| 5.1.3 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะสภาวะปกติ..... | 42 |
| 5.2 แสดงผลการทดลองขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน..... | 43 |
| 5.2.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะขออนุญาต..... | 43 |
| 5.2.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะขออนุญาต..... | 43 |
| 5.2.3 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน..... | 44 |
| 5.3 แสดงผลการทดลองขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน..... | 44 |
| 5.3.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะอนุญาต..... | 44 |
| 5.3.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะอนุญาต..... | 46 |
| 5.3.3 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน..... | 46 |
| 5.4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงระหว่างแหล่งกำเนิด และหูฟังของนักเรียน..... | 47 |
| 5.4.1 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอน ไม่อนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน..... | 47 |
| 5.4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอน อนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน..... | 48 |
| บทที่ 6 บทสรุปและบทวิจารณ์..... | 49 |
| บรรณานุกรม..... | 51 |
| ภาคผนวก..... | 52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 3.1 รายละเอียดหน้าที่การทำงานของแต่ละขาของ ไอซี PCF8574/PCF8574A..... | 19 |
| 6.1 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการทางภาษา..... | 49 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจร..... | 4 |
| 3.1 ผังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I ² C..... | 5 |
| 3.2 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I ² C..... | 5 |
| 3.3 การต่อตัวต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณในระบบบัส I ² C..... | 6 |
| 3.4 การต่อตัวต้านทาน R _s เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในระบบบัส I ² C..... | 7 |
| 3.5 ไดอะแกรมเวลาแสดงสถานะต่าง ๆ ในบัส I ² C..... | 9 |
| 3.6 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต..... | 9 |
| 3.7 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต..... | 10 |
| 3.8 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I ² C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต..... | 11 |
| 3.9 วงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับอุปกรณ์ระบบบัส I ² C..... | 12 |
| 3.10 (ก) โพลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I ² C..... | 14 |
| 3.10 (ข) โพลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I ² C..... | 15 |
| 3.10 (ค) โพลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I ² C..... | 16 |
| 3.11 การจัดขาของไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต PCF8574/PCF8574A..... | 18 |
| 3.12 วงจรภายในขาพอร์ตของไอซี PCF8574/PCF8574A..... | 20 |
| 3.13 วงจรสร้างสายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบัส I ² C ของพอร์ตอนุกรม..... | 22 |
| 3.14 วงจรภายในของขาพอร์ตของไอซี PCF8574/PCF8574A..... | 27 |
| 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงการ..... | 31 |
| 4.2 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 กับอุปกรณ์ระบบบัส I ² C..... | 33 |
| 4.3 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณ SDA และ SCL..... | 35 |
| 4.4 การต่อขาทำงานของ Switch Relay ไอซีเบอร์ ULN2003..... | 36 |
| 4.5 วงจรปรับและขยายเสียง..... | 37 |
| 4.6 วงจรภายในของ IC LM386..... | 37 |
| 4.7 กราฟแสดงคุณสมบัติของ IC LM386..... | 38 |
| 4.8 วงจร BUFFER..... | 38 |
| 4.9 Flowchart แสดงการทำงาน..... | 40 |
| 5.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะปกติ..... | 41 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 5.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะปกติ..... | 42 |
| 5.3 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะสภาวะปกติ..... | 42 |
| 5.4 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะขออนุญาต..... | 43 |
| 5.5 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะขออนุญาต..... | 43 |
| 5.6 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน..... | 44 |
| 5.7(ก) แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะอนุญาต..... | 45 |
| 5.7(ข) แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะอนุญาต..... | 45 |
| 5.8 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะอนุญาต..... | 46 |
| 5.9 รูปสัญญาณของบัส I ² C ขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน..... | 46 |
| 5.10 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอน ไม่อนุญาตให้ไมโครโฟน..... | 47 |
| 5.11 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอน อนุญาตให้ใช้ ไมโครโฟน..... | 48 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีทันสมัยขึ้น การติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศเป็นไปได้โดยง่าย หรือที่เรียกกันติดหูกันในนาม ยุคโลกไร้พรมแดน มนุษย์จึงมีการติดต่อสื่อสารกันได้ในทุก ๆ ชั้นบนพื้นโลกใบนี้ ไม่ว่าจะเป็นด้านการสื่อสาร โทรคมนาคม หรือทางด้านธุรกิจ เศรษฐกิจ การเมือง และอีกหลายหลากปัจจัย ฉะนั้นภาษาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับ “ปวงชนในยุคโลกไร้พรมแดนนี้” ตามหลักสากลนิยม นิยมให้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาสื่อกลางอันดับ 1 ของการติดต่อสื่อสาร ทั่วโลก การเรียนรู้ภาษาอังกฤษให้ถ่องแท้และนำไปใช้อย่างถูกต้องจึงได้รับความสนใจจากผู้บริหารในระบบการศึกษาเมืองไทย และทำการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ ในประเทศไทยเริ่มต้นการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนด้านภาษาจากการกระจายเสียงด้วยระบบเทปคลาสเซต และพัฒนามาเป็นการใช้สื่อการสอนแบบ 2 ทาง จนปัจจุบันพัฒนาเป็นห้องปฏิบัติการทางภาษาที่ใช้ระบบสารสนเทศ และเทคโนโลยีขั้นสูงควบคุมทั้งสื่อและวิธีการสอน

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการพัฒนาที่มีความน่าเชื่อถือและเชื่อว่าเด็กไทยจะพัฒนาด้านภาษาได้อย่างดีเยี่ยม แต่กลับตรงข้าม เพราะเทคโนโลยีที่ทันสมัยทั้งหลายเหล่านั้น ประกอบไปด้วยปัญหา อธิด้านความรู้ความสามารถของผู้ใช้งานก็ดี ความพร้อมของพื้นที่การติดตั้งก็ดีและปัจจัยสำคัญคือ งบประมาณการติดตั้ง ซึ่งมีราคาสูงมากคาดไว้ไม่ต่ำกว่า 100,000 บาทต่อห้องปฏิบัติการ 1 ห้อง 45 คน นั่นก็เป็นเพราะอุปกรณ์ที่นำมาประกอบเป็นระบบห้องปฏิบัติการนั้น ล้วนเปลืองโดยใช่เหตุ จะด้วยปริมาณสายสัญญาณที่มีจำนวนกว่า 200 เส้นใน 1 ห้องปฏิบัติการ หรือจะเป็นระบบควบคุมหลักที่ใช้เทคโนโลยีล้ำสมัย เช่น สวิตช์เปิด-ปิดที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ระบบปฏิบัติการไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรไม่สมกับราคา อีกทั้งการซ่อมบำรุงก็ทำได้ยาก

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานระบบบัส I²C
2. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ กับระบบบัส I²C
3. เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้งาน โปรแกรม VISUAL BASIC ในการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรม และใช้งานร่วมกับระบบบัส I²C
4. ประยุกต์ใช้ทฤษฎีทั้ง 3 ข้อ ข้างต้นมาพัฒนาระบบห้องปฏิบัติการทางภาษาให้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับและมีประสิทธิภาพสูงสุด ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นการควบคุมการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณเรียก และตอบกลับของห้องปฏิบัติการสอนทางภาษา โดยให้ทางอาจารย์สามารถควบคุมการขออนุญาตใช้ไมโครโฟนของทางนักเรียนที่มีการเรียกขามาได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการมีทั้งหมดดังนี้

| | | |
|--|---|---------|
| 1. คอมพิวเตอร์(computer) | 1 | เครื่อง |
| 2. ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) | 1 | ตัว |
| 3. วงจรแปลง RS-232 เป็น SDA และ SCL | 1 | ตัว |
| 4. ไอซีขยายอินพุต เอาต์พุต ของระบบบัส I ² C (PCF8574) | 2 | ตัว |
| 5. วงจรรับและส่งสัญญาณขอใช้ไมโครโฟน (ฝ่ายนักเรียน) | 4 | ชุด |

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

เริ่มต้นจากศึกษาระบบการทำงานของห้องปฏิบัติการสอนทางภาษา(Soundlab) จากนั้นศึกษาทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลมาตรฐานแบบบัส I²C แล้วจึงเริ่มออกแบบโปรแกรมและวงจรต่างๆ ที่ใช้ในการใช้งานในห้องปฏิบัติการสอนทางภาษา และทำการทดลองจนเป็นผลสำเร็จตามเงื่อนไขที่กำหนดในการทำงาน และแก้ไขส่วนต่างๆ ที่บกพร่องให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการงานปริญญานิพนธ์

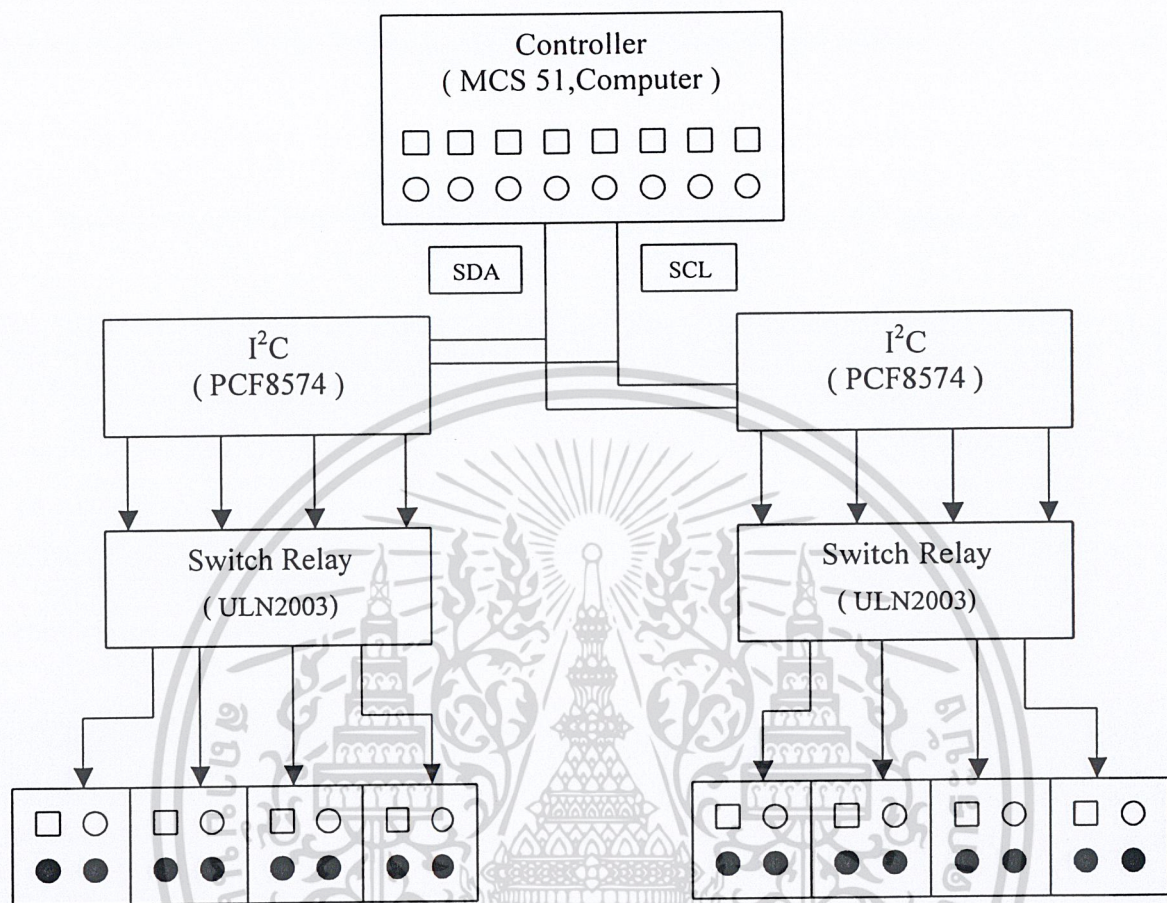
2.1 รูปแบบปริญญานิพนธ์ทั้งหมด

โครงการนี้จะมีขอบเขตดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 ในบทนี้จะขอแสดงอุปกรณ์ทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในโครงการแสดงดังภาพที่ 2.1

2.2 หลักการทำงาน

ชุดเครื่องช่วยสอนจะแบ่งการทำงานออกเป็นภาคต่างๆ ตามบล็อกไดอะแกรม โดยที่มีส่วนควบคุม Controller เป็นตัวควบคุมจากอาจารย์ผู้สอนโดยใช้วงจรควบคุมและโปรแกรมของ MCS 51 หรือประยุกต์ใช้กับ Computer โดยใช้ภาษา Visual Basic เขียนเพื่อส่งสัญญาณรับและส่งผ่านพอร์ตอนุกรม ส่งสัญญาณออกมาเป็นสายสัญญาณ 2 เส้นคือสาย SDA และ SCL เพื่อนำไปขยายพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต โดยใช้หลักการของ I²C Bus โดยใช้ไอซี PCF8574 เป็นอุปกรณ์ในการขยายพอร์ตโดยที่ ไอซีหนึ่งตัวสามารถขยายพอร์ตในการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน ได้ 4 พอร์ต เมื่อได้ทำการเขียนโปรแกรมในการรับส่งข้อมูล โดยใช้ MCS 51 แล้ว ให้มีการรับส่งข้อมูลขณะส่งสัญญาณออกไปและขณะได้รับสัญญาณจากปลายทาง ส่งข้อมูลให้ PCF 8574 ส่งสัญญาณควบคุมไปตัดต่อสวิทช์ โดยใช้ Switch Relay ขับโดยไอซีเบอร์ ULN2003 เป็นตัวตัดต่อในการพูดหรือใช้ไมโครโฟนของนักเรียนเมื่อได้รับการส่งสัญญาณขอใช้ไมโครโฟนจากนักเรียน โดยที่จะตัดต่อก่อนที่จะเข้าสู่วงจรปรับและขยายเสียง โดยที่แผง Console ของนักเรียนจะมี ช่องเสียบไมโครโฟน ช่องเสียบหูฟัง โวลุ่มที่ปรับเสียงของหูฟัง และไฟแสดงการทำงานขณะที่ได้รับการอนุญาตให้พูดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจร

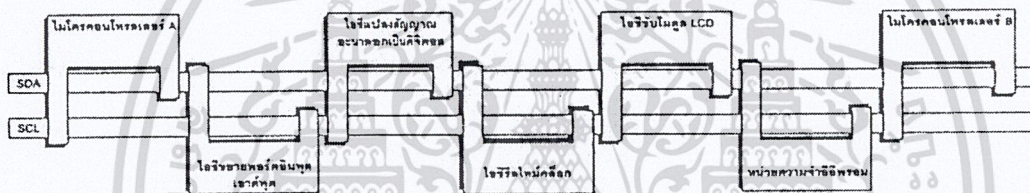
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

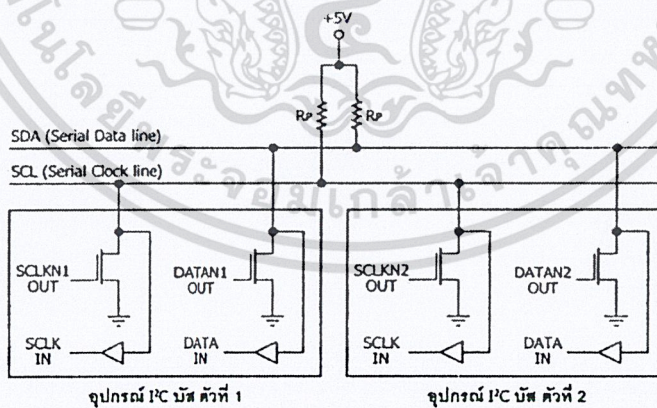
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ระบบบัส I²C

I²C ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีโดยบัส I²C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือสายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I²C ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานกันหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัว จะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสถานะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว



ภาพที่ 3.1 ฟังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I²C



ภาพที่ 3.2 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบบัส I²C

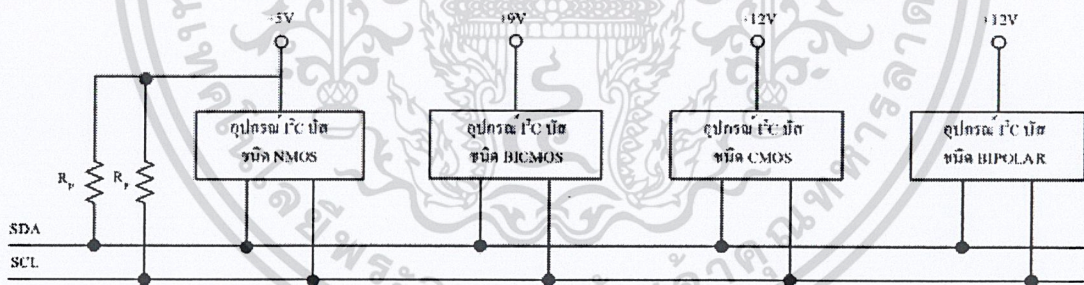
สายข้อมูลบนบัส I²C มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock line) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสายสัญญาณทั้งสองว่า สาย SDA และ SCL รั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.1 แสดงผังของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัส I²C จะเห็นได้ว่า อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อบนบัส I²C มีหลากหลายไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O Expander) ไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอก (DAC), ไอซีรีลไทม์คล็อก (RTC), ไอซีขับโมดูล LCD, หน่วยความจำอีอีพรอม และไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I²C

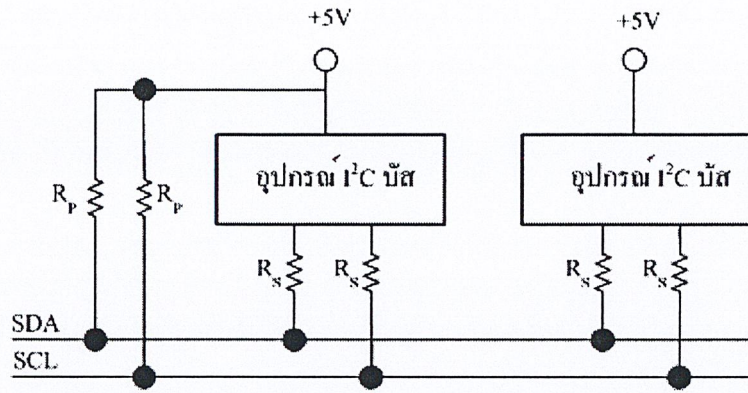
สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bi-directional line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรทรานซิสเตอร์เปิด (open-drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open-collector) ดังรายละเอียดในภาพที่ 3.2

อัตราการถ่ายเทข้อมูลบนบัส I²C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (standard mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (fast mode) อุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I²C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่าคือ 7 บิต (7-bit addressing) หรือ 10 บิต (10-bit addressing)



ภาพที่ 3.3 การต่อตัวต้านทานพูลอัปบนสายสัญญาณในระบบบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 การต่อตัวต้านทาน R_s เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในบัส I²C

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I²C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I²C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5V ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12V การต่อร่วมกันบนบัส I²C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (R_p) เข้ากับแรงดัน +5V ไว้ด้วยเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟกระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I²C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCL เรียกว่า R_s ก่อนต่อเข้าสู่บัส I²C ดังในภาพที่ 3.4

3.1.2 หลักการของบัส I²C

บัส I²C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล (protocol) เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่ และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะขออธิบายลักษณะ หน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I²C เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I²C ต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (transmitter)

อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (receiver) อุปกรณ์บนบัส I²C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I²C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I²C เรียกว่า มาสเตอร์ (master)

อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I²C เรียกว่า สเลฟ (slave) ขั้นตอนการดำเนินการสื่อสารนี้เป็นอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I²C เรียกว่า สเลฟ (slave) ขั้นตอนการดำเนินการสื่อสารไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัส I²C คือ

- (1) การถ่ายทอข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น
- (2) ในระหว่างการถ่ายทอข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

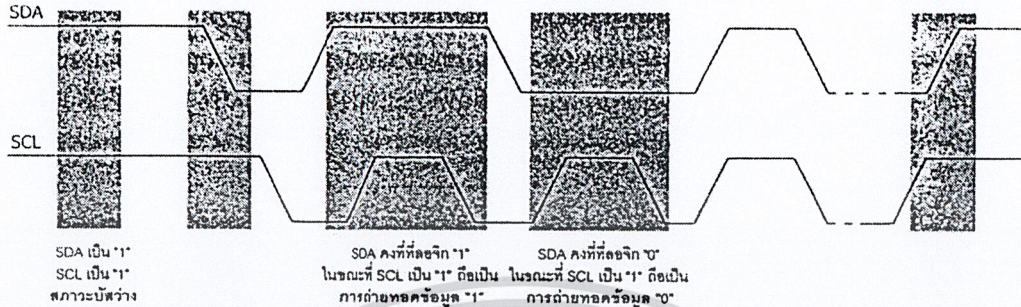
3.1.3 สถานะที่เกิดขึ้นบนบัส I²C

มีด้วยกัน 5 สถานะ ดังนี้

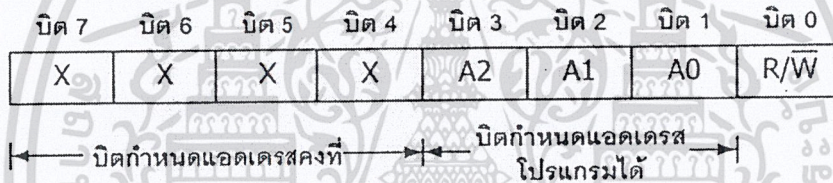
- (1) บัสว่าง (Bus not busy) สถานะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า การถ่ายทอข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้
- (2) เริ่มต้นการถ่ายทอข้อมูล (start data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสถานะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สถานะเริ่มต้น (START)
- (3) หยุดการถ่ายทอข้อมูล (stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสถานะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สถานะหยุด (STOP)
- (4) ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (data valid) สถานะนี้เกิดขึ้นถัดจากสถานะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอ เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น “0” หรือ “1” ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสถานะหยุดหรือสถานะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น
- (5) รับรู้ข้อมูล (acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพที่ 3.5 เป็นไคอะแกรมเวลาแสดงถึงการเกิดสถานะต่าง ๆ บนบัส I²C ไม่ว่าจะป็นสภาวะ บัสว่าง, เริ่มต้น, ถ่ายทอดข้อมูล, รัปรู้ และหยุดการถ่ายทอดข้อมูล



ภาพที่ 3.5 ไคอะแกรมเวลาแสดงสถานะต่าง ๆ ในบัส I²C



ภาพที่ 3.6 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต

3.1.4 การทำงานบนบัส I²C

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I²C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตหรือ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลกันไป

ดังนั้น หัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานบนบัส I²C คือการอ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้ง 2 รูปแบบ

3.1.4.1 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ หรือ ข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในภาพที่ 3.7 ใน 7 บิต ไม่มีการนับใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็น บิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้ อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูก กำหนดมาจากผู้ผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตเป็น บิตกำหนดแอดเดรสที่ สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0–A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I²C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่าน หรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์ สเลฟตัวนั้น ๆ หากบิต LSB เป็น “0” หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ตมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็น อินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดให้ ทำงานเป็นวงจร ADC หรือ DAC เป็นต้น

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (data)

หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่ง สัญญาณรับรู้ออกกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในภาพที่ 3.7 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส I²C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต



ภาพที่ 3.7 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต

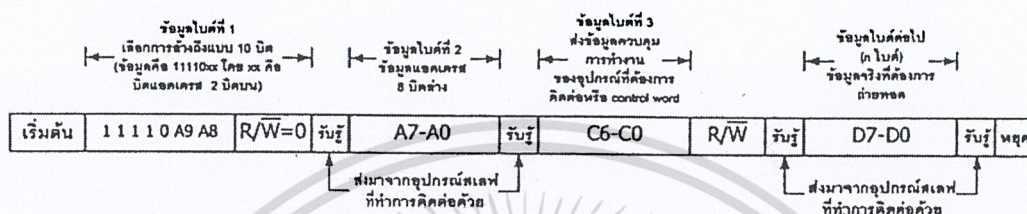
3.1.4.2 การอ้างถึงแบบ 10 บิต

ในการอ้างถึงแบบนี้ ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต หากแต่ จะมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสถานะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ

ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ต่อมาเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการ ไม่วาระณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม ข้อมูลหลังจากนั้นก็จะจะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อด

เช่นเคียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์ ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้น เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในภาพที่ 3.8 แสดงรูปแบบข้อมูลของการอ้างถึงแบบ 10 บิต



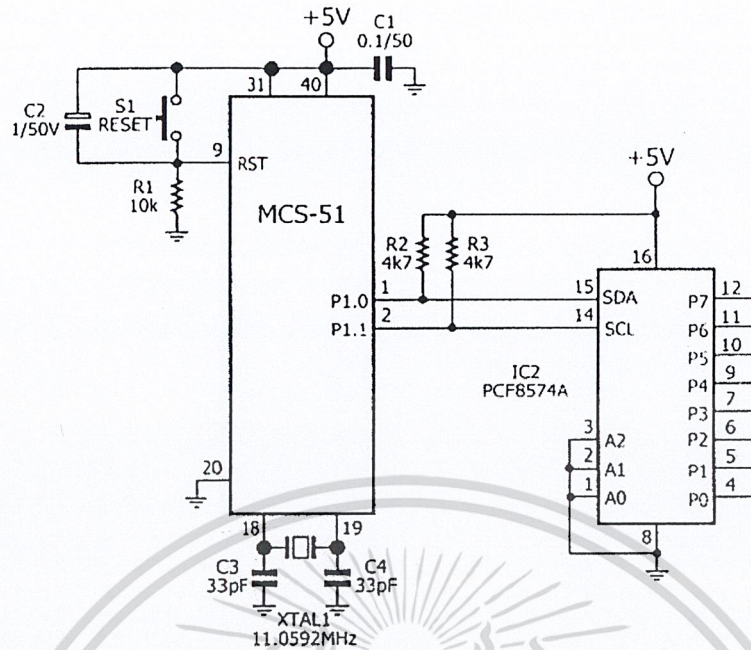
ภาพที่ 3.8 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อดกับอุปกรณ์บัส I²C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

3.2 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สามารถทำได้ง่ายมาก เพียงใช้ขาพอร์ด 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และต่อตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7k พูลอัพที่ขาพอร์ดทั้งสองขา เพียงเท่านี้ก็สามารถติดต่อดกับอุปกรณ์ระบบบัส I²C ได้แล้ว

ในภาพที่ 3.9 เป็นวงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับระบบบัส I²C จากวงจรจะใช้ขาพอร์ด P1.0 เป็นขา SDA และ P1.1 เป็นขา SCL อุปกรณ์ที่ทำการติดต่อดด้วยคือ ไอซีขยายพอร์ดอินพุตเอาต์พุตเบอร์ PCF8574

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 วงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับอุปกรณ์ระบบบัส I²C

3.3 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I²C

เริ่มต้นด้วยการสร้างสถานะมาตรฐานของบัส I²C อันประกอบด้วย สถานะเริ่มต้น, สถานะสิ้นสุดการส่งข้อมูล, สถานะหยุด, สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL, การเขียนและอ่านข้อมูลกับอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ดังมีโฟลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยที่ใช้สร้างสถานะต่างๆ แสดงในภาพที่ 3.10 (ก)-(ค)

3.3.1 การสร้างสถานะเริ่มต้น

1. เมื่อต้องการติดต่อกับบัส I²C สิ่งแรกที่ต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้บัสสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และ ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” ทั้งคู่

2. จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิก “0” โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก “1” อยู่

3. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “0” ถึงตอนนี้ทั้ง SCL และ SDA จะมีลอจิกเป็น “0” ทั้งคู่ พร้อมทั้งจะติดต่อกันได้แล้ว ดังมีตัวอย่าง โปรแกรมแสดงในภาพที่ 3.10 (ก)

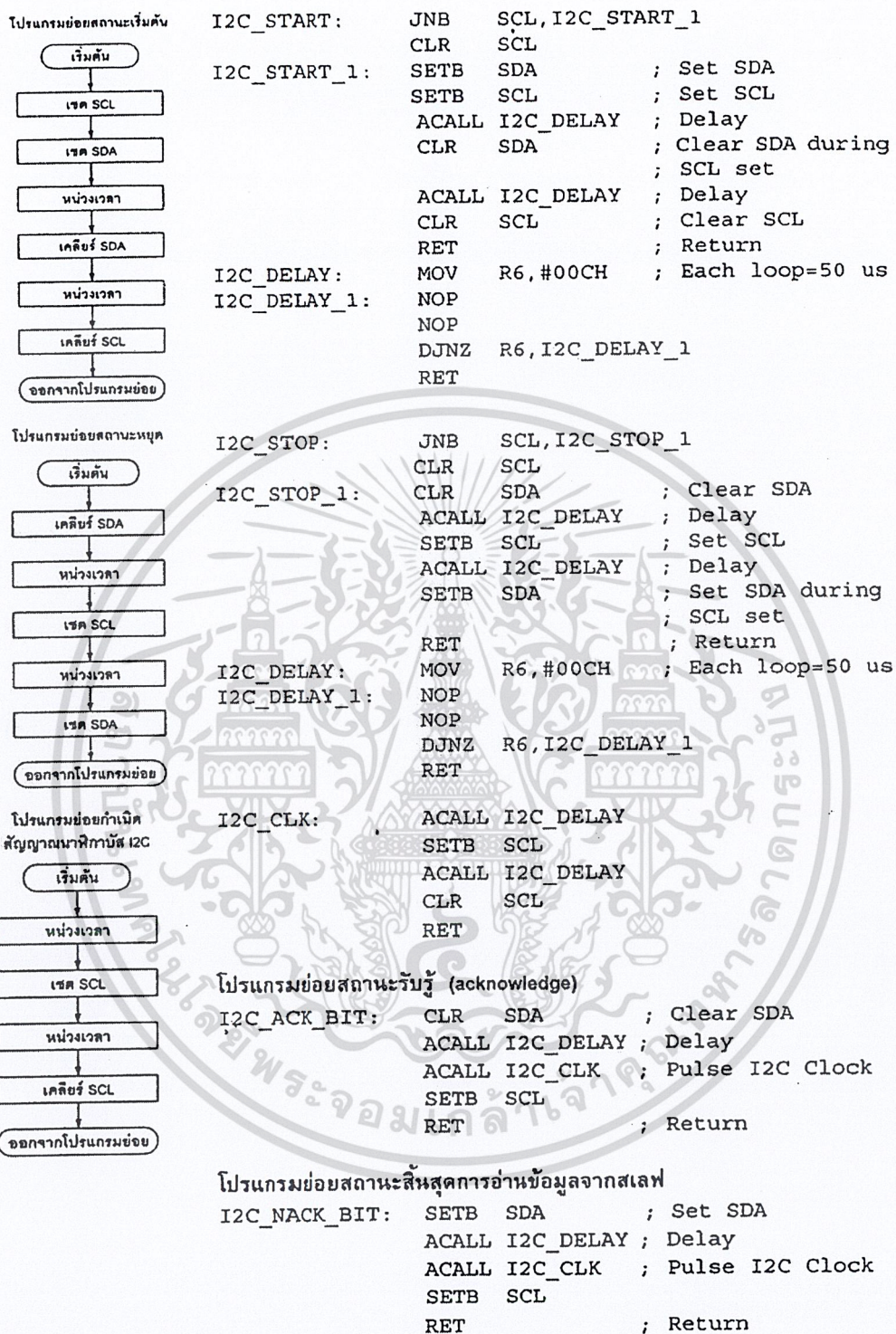
3.3.2 การสร้างสถานะหยุด

1. เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องส่งสถานะหยุดออกไป โดยในตอนแรกต้องกำหนดให้ขา SCL และ SDA เป็นลอจิก “0” ทั้งคู่ก่อน

2. กำหนดให้ค่า SCL มีลอจิกเป็น “1” โดย SDA ยังคงมีลอจิกเป็น “0”
3. จากนั้นทำให้ค่า SDA มีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะทำให้ระบบบัคกลับเข้าสู่บัสว่างอีกครั้ง พร้อมทั้งจะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป ดังมีตัวอย่างโปรแกรมแสดงในภาพที่ 3.10 (ก)



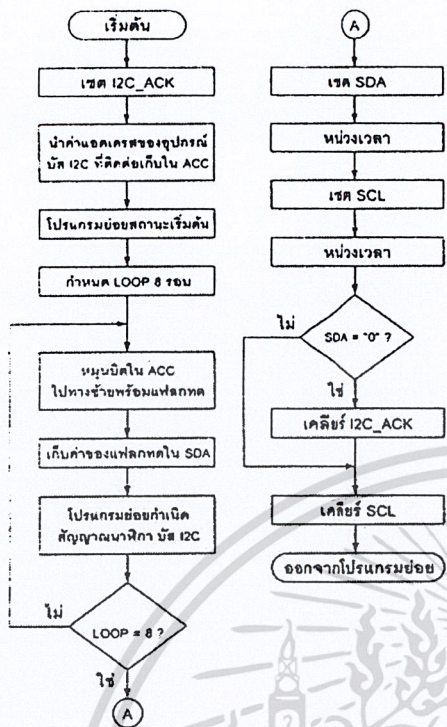
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 (ก) โฟลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ



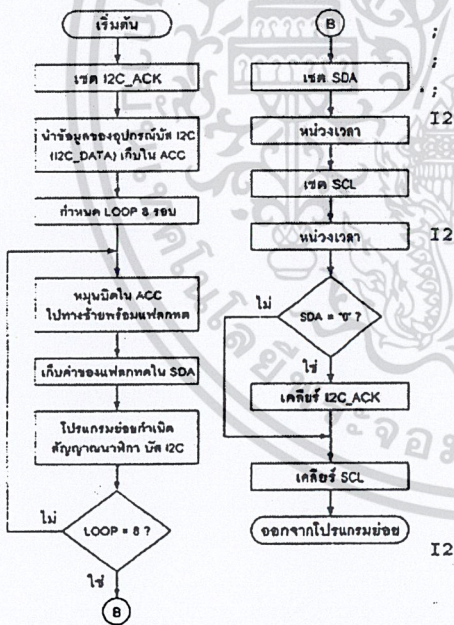
```

; I2C Slave Connect
; I/P: I2C_ADDR
; O/P Flag: I2C_ACK
; Reserve : R5
I2C_SLAVE: PUSH ACC ; Push ACC.
SETB I2C_ACK ; Set ACK. bit
MOV A, I2C_ADDR ; Get Slave Address
ACALL I2C_START ; Send Start Con.

MOV R5, #008 ; Set loop 8 times
I2C_SLAVE_1: RLC A ; Rotate ACC. to
; Left with Carry
MOV SDA, C ; Move Carry to SDA
ACALL I2C_CLK ; Pulse I2C Clock
DJNZ R5, I2C_SLAVE_1 ; Do 8 times

SETB SDA ; Set SDA
ACALL I2C_DELAY ; Delay
SETB SCL ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY ; Delay
JB SDA, I2C_SLAVE_2 ; Check Ack.
CLR I2C_ACK ; Clear ACK.
I2C_SLAVE_2: CLR SCL ; Clear SCL
POP ACC ; Pop ACC.
RET ; Return
    
```

โปรแกรมย่อยการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟ



```

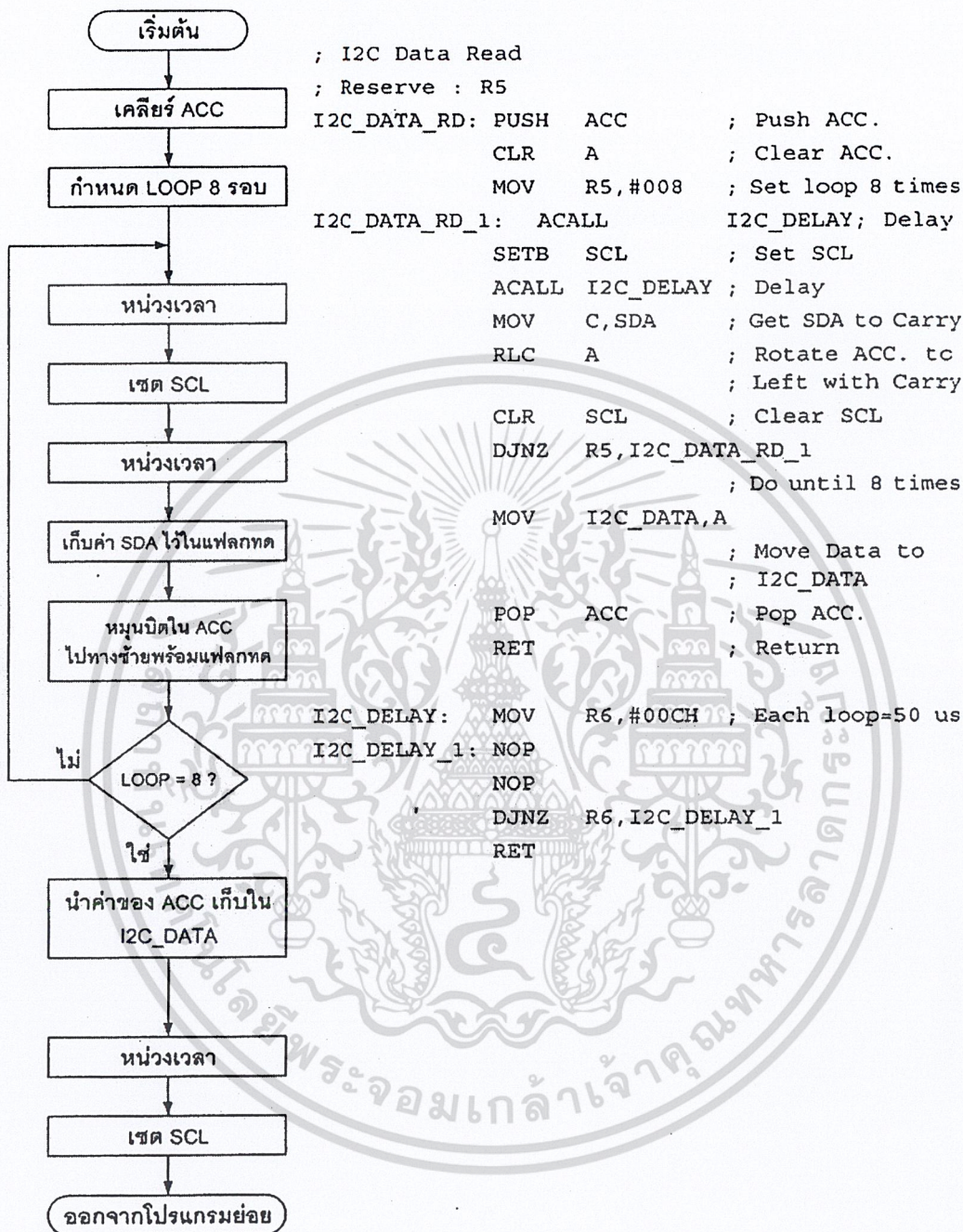
; I2C Data Write
; I/P: I2C_DATA
; Reserve : R5
I2C_DATA_WR: PUSH ACC ; Push ACC.
SETB I2C_ACK ; Set ACK. bit
MOV A, I2C_DATA ; Get Data
MOV R5, #008 ; Set loop 8 times
I2C_DATA_WR_1: RLC A ; Rotate ACC. to
; Left with Carry
MOV SDA, C ; Move Carry to SDA
ACALL I2C_CLK ; Pulse I2C Clock
DJNZ R5, I2C_DATA_WR_1

SETB SDA ; Set SDA
ACALL I2C_DELAY ; Delay
SETB SCL ; Set SCL
ACALL I2C_DELAY ; Delay
JB SDA, I2C_DATA_WR_2 ; Check Ack.
CLR I2C_ACK ; Clear ACK. bit
I2C_DATA_WR_2: CLR SCL ; Clear SCL
POP ACC ; Pop ACC.
RET ; Return
    
```

ภาพที่ 3.10 (ข) โฟลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ไอซี



ภาพที่ 3.10 (ค) โฟลวชาร์ตและรายละเอียดของโปรแกรมย่อยสถานะต่างๆ บนระบบบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การส่งข้อมูลลอจิก “0” และลอจิก “1”

หลังจากที่ทำการส่งบิตเริ่มต้นแล้ว ลำดับต่อไปคือ จะต้องส่งข้อมูลควบคุมซึ่งจะเป็น ขบวนการของลอจิก “0” และลอจิก “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0” ต้องดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น “0” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0”
2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDL ยังคง เป็น “0” อยู่

3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม ในขณะที่การส่งข้อมูลลอจิก “1” มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1”
2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคง เป็น “1” อยู่

3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

จากขั้นตอนดังกล่าว สามารถเขียนเป็นโฟลวชาร์ตและมีรายละเอียดของโปรแกรมตัวอย่าง แสดงในภาพที่ 3.10(ข) ในชื่อของโปรแกรมน้อยการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์สเลฟ ข้อมูลที่ใช้ในการส่งไปยังขา SDA นั้นจะกำหนดที่แอสคิยูมเลเตอร์แล้วทำการส่งออกไปยังแพลตฟอร์มด้วยการใช้ คำสั่งหมุนข้อมูล (RLCA) เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังขา SDA ต่อไป

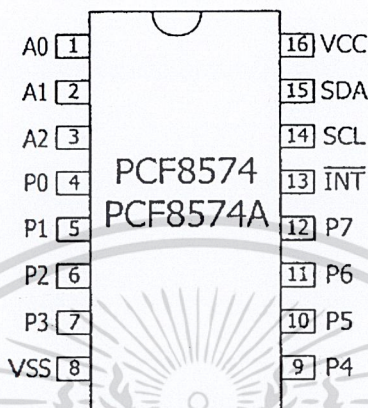
3.4 การขยายจำนวนพอร์ตอินพุตเอาต์พุตด้วยไอซี PCF8574A

ไอซี PCF8574A มีคุณสมบัติดังนี้

1. ทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 2.5V ถึง 6V
2. กินกระแสในสภาวะสแตนด์บายต่ำเพียง 10 μ A
3. ใช้การเชื่อมต่อแบบบัส I²C
4. มีเอาต์พุตอินเทอร์รัปต์แบบเดรนเปิด
5. เอาต์พุตสามารถขับกระแสได้สูง โดยสามารถนำไปขับ LED ได้โดยตรง และสามารถ แลตซ์ค่าได้
6. สามารถกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของไอซีแต่ละตัวได้ทางฮาร์ดแวร์ ด้วยขา A0-A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้ถึง 8 ตัว

การจัดขาของไอซี PCF8574A แสดงในภาพที่ 3.11 การทำงานของแต่ละขาแสดงใน ตารางที่ 1 ขาพอร์ตทั้ง 8 ขาของ PCF8574A สามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้โดย เอกสิทธิ์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้คำสั่งควบคุมเพื่อเลือกให้เป็นขาเอาต์พุตหรือขาอินพุต ลักษณะวงจรภาพ ไม่ในของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแสดงในภาพที่ 3.11 เมื่อจ่ายไฟให้กับPCF8574A ครั้งแรก ขาพอร์ต

ทั้ง 8 ขาจะมีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะเป็นการจ่ายกระแสมาจากแหล่งจ่ายกระแสคงที่ภายในตัวไอซี ทำให้มีกระแสในขณะลอจิก “1” นี้เพียง 100 μ A เท่านั้น ในกรณีที่ต้องการให้มีการจ่ายกระแสสูง จำเป็นต้องต่อตัวต้านทางพูลอัพเอาไว้ที่ขาพอร์ตเหล่านี้ด้วย



ภาพที่ 3.11 การจัดขาของไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต PCF8574/PCF8574A

เมื่อต้องการให้ขาพอร์ตเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นอินพุตจะต้องส่งสัญญาณให้ขาเหล่านี้มีลอจิก “1” เสียก่อน เมื่อขาอินพุตได้รับสัญญาณจากภายนอกป้อนเข้ามา ไอซี PCF8574A จะสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (INT) ป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์รับรู้แทนการต้องคอยตรวจสอบขาอินพุตอยู่ตลอดเวลา สัญญาณอินเตอร์รัปต์นี้จะถูกรีเซตเมื่อมีการอ่านค่าข้อมูล หรือมีการเปลี่ยนค่าของอินพุตไปสู่ค่าเดิม

3.4.1 การเขียนโปรแกรมควบคุม PCF8574A

เนื่องจาก PCF8574A มีการเชื่อมต่อเป็นแบบบัส I²C ดังนั้นการติดต่อจึงสามารถใช้โปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ, การสร้างสถานะเริ่มต้น, สถานะหยุด, การอ่านและเขียนข้อมูลที่แสดงไว้ในภาพที่ 3.10 (ก)-(ค) ได้ ส่วนที่ต้องเปลี่ยนแปลงสำหรับ PCF8574A คือข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยข้อมูลของ PCF8574A มีรูปแบบดังนี้

| บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | A2 | A1 | A0 | R/W |

บิต A0, A1, A2, ใช้ในการระบุ PCF8574A ที่ใช้บนบอร์ดในกรณีที่มีการต่อ PCF8574 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้ามากกว่า 1 ตัว โดยค่าของ A0-A2 จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละตัว สามารถกำหนดได้ทางไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

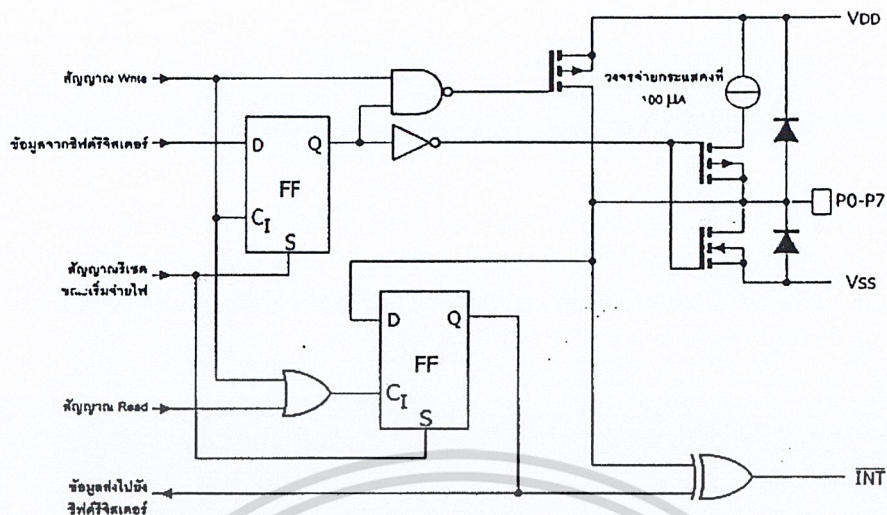
ฮาร์ดแวร์ โดยการต่อขา A0-A2 เข้ากับไฟเลี้ยง +5V เพื่อกำหนดเป็นลอจิก “1” หรือกราวด์เพื่อกำหนดเป็นลอจิก “0” ดังนั้นค่าแอดเดรสของ PCF8574A 1 ตัวจึงต้องนำสถานะที่กำหนดทางฮาร์ดแวร์ที่ขา A0-A2 มารวมด้วยจึงจะสมบูรณ์ ส่วนบิต R/W ใช้กำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับไอซี PCF8574A ยกตัวอย่าง ถ้าหากกำหนดขา A0-A2 ลงกราวด์ทั้งหมดและต้องการอ่านข้อมูลจาก PCF8574A ข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ต้องส่งให้แก่ PCF8574A คือ 01110001B เป็นต้น

ไอซี PCF8574A ยังมีอีกเบอร์หนึ่งในอนุกรมเดียวกัน นั่นคือ PCF8574 ซึ่งมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่แตกต่างกับ PCF8574A แต่ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกันทุกประการ โดยข้อมูลกำหนดแอดเดรสของ PCF8574 มีดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดหน้าที่การทำงานของแต่ละขาของ ไอซี PCF8574/PCF8574A

| ชื่อ | ตำแหน่งขา | หน้าที่ |
|-----------------|-----------|---|
| A0 | 1 | อินพุตแอดเดรสตัวที่ 1 |
| A1 | 2 | อินพุตแอดเดรสตัวที่ 2 |
| A2 | 3 | อินพุตแอดเดรสตัวที่ 3 |
| P0 | 4 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 0 |
| P1 | 5 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 1 |
| P2 | 6 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 2 |
| P3 | 7 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 3 |
| V _{SS} | 8 | กราวด์ |
| P4 | 9 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 4 |
| P5 | 10 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 5 |
| P6 | 11 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 6 |
| P7 | 12 | พอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทิศทางบิต 7 |
| INT | 13 | ขาเอาต์พุตอินเตอร์ปต์(ทำงานที่ลอจิก 0) |
| SCL | 14 | ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับ I ² C บัส |
| SDA | 15 | ขาข้อมูลสำหรับ I ² C บัส |
| V _{DD} | 16 | ไฟเลี้ยง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 วงจรภายในขาพอร์ตของไอซี PCF8574/PCF8574A

| บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | A2 | A1 | A0 | R/W |

ดังนั้น จึงสามารถต่อพ่วง ไอซีในอนุกรม PCF8574A ได้สูงถึง 16 ตัว การส่งหรือเขียนข้อมูลไปยัง PCF8574A โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมข้อมูลกำหนดแอดเดรสของ PCF8574A
2. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
3. รอรับการตอบกลับจาก PCF8574A
4. ส่งข้อมูลไปยัง PCF8574A
5. เรียกโปรแกรมย่อยสภาวะหยุด

สามารถเขียนโปรแกรมตัวอย่างได้ดังนี้

```
PCF8574A_WR MOV I2C_ADDR,#PCF8574_ID ; Set PCF8574A as I2C Write Slave
ACALLI2C_SLAVE ; Connect Slave

MOV I2C_DATA,IO_DATA ; Write IO_DATA to Slave
ACALLI2C_DATA_WR ; Write Data to Slave

ACALLI2C_STOP ; Send Stop Condition
RET ; Return
```

สำหรับการอ่านข้อมูลจาก PCF8574A ก็มีลักษณะใกล้เคียงกันคือมีรูปแบบดังนี้

1. เตรียมข้อมูลกำหนดแอดเดรสของ PCF8574A
2. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
3. รอรับการตอบกลับจาก PCF8574A
4. อ่านข้อมูลจาก PCF8574A โดยใช้โปรแกรมย่อยการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ
5. เรียกโปรแกรมย่อยสภาวะหยุด

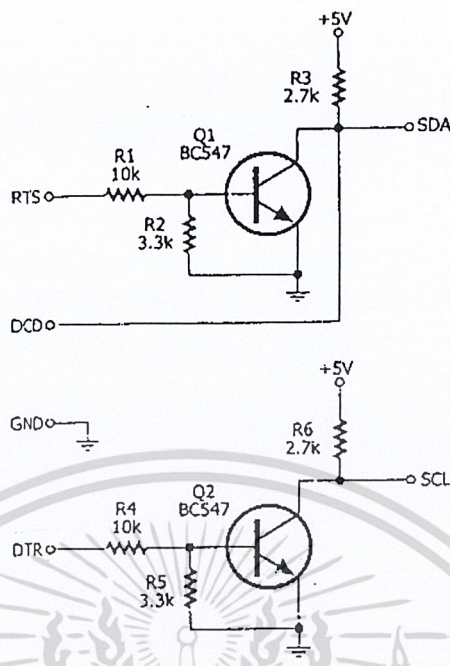
```
PCF8574A_RD MOV I2C_ADDR,#PCF8574_ID+1 ; set PCF8574A as I2C Write Slave
              ACALLI2C_SLAVE ; Connect Slave

              ACALLI2C_DATA_RD ; Read Data from Slave
              MOV IO_DATA,I2C_DATA ; Read Data from Slave
              ACALLI2C_NACK_BIT ; Send Not Acknowledge

              ACALLI2C_STOP ; Send Stop Condition
              RET ; Return
```

3.5 วงจรแปลงสัญญาณพอร์ตอนุกรมเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบัส I²C

เพื่อให้สายสัญญาณของพอร์ตอนุกรมจากคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ที่ติดต่อกับอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I²C ต้องมีวงจรเพื่อทำหน้าที่สร้างสายสัญญาณ SDA และ SCL ขึ้นจากสัญญาณของพอร์ตอนุกรม ดังมีในตัวอย่างวงจรตามรูป โดยในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าสู่บัส I²C นี้ต้องกำหนดให้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์มาสเตอร์เท่านั้น



ภาพที่ 3.13 วงจรสร้างสายสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบัส I²C ของพอร์ตอนุกรม

ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ได้รับการจัดวงจรให้มีลักษณะเป็นวงจรบัฟเฟอร์แบบคอลเล็กเตอร์เปิดตามข้อกำหนดของวงจรเอาต์พุตของบัส I²C โดย Q_1 ใช้สำหรับถ่ายทอดสัญญาณของสาย SDA ในขณะที่ Q_2 ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณของสาย SCL ไฟเลี้ยงของวงจรคือ +5V จึงสามารถใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นเบอร์มาตรฐานเบอร์ใดก็ได้ที่สามารถตอบสนองความถี่ได้สูงถึง 100 kHz ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะถ่ายทอดสู่สาย SCL ของบัส I²C ผ่านทางขา RTS และรับข้อมูลเข้าทางขา DCD ส่วนสายสัญญาณนาฬิกาที่ออกจากพอร์ตอนุกรมจะถูกส่งออกมาทางขา DTR เพื่อใช้เป็นสาย SCL สำหรับบัส I²C

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อแบบบัส

ในปัจจุบัน บัส I²C ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยข้อดีที่ชัดเจนคือ ใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น และการขยายระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีจำนวนอินพุตเอาต์พุตและหน่วยความจำจำกัดสามารถทำได้ง่ายขึ้นด้วยบัส I²C เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีอุปกรณ์เพอริเฟอรัลที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบ I²C มากมายจากหลายผลิตรายออกมาใช้งานกัน ดังมีตัวอย่างต่อไปนี้

ไอซีขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O expander) : PCF8574 , PCF8582 , PCF8584

ไอซีหน่วยความจำอีพรอมอนุกรม (Serial EEPROM) : 24Cxx , PCF8570 , PCF8572/73

เอกสาร PCF8582 กสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีไอซี ADC/DAC : PCF8591 แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีไทม์คล็อก (Real-time clock : RTC) PCF8583 , PCF8593 , PCF8598 , 41T56C

ไอซีขับ LCD โมดูล (LCD driver) : PCF8466 , PCF8576 , PCF8577/78 , PCF8579 , SAA1064

ไอซีกำเนิดสัญญาณ DTMF (DTMF generator) PCD3311/12

3.6 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับบัส I²C ด้วย Visual BASIC

จากส่วนของฮาร์ดแวร์จะเห็นว่า ขาที่ใช้งานในการติดต่ออุปกรณ์บนระบบบัส I²C นั้นใช้ขาของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด 3 ขา คือ DTR , RTS และ DCD ขาทั้งสามนี้สามารถควบคุมด้วยคอนโทรล MSComm1 ของ Visual BASIC ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

การกำหนดให้ขา SDA เป็น “1” ต้องเขียนคำสั่งเป็น MSComm1 . RTSEnable = True

การกำหนดให้ขา SDA เป็น “0” ต้องเขียนคำสั่งเป็น MSComm1 . RTSEnable = False

การกำหนดให้ขา SCL เป็น “1” ต้องเขียนคำสั่งเป็น MSComm1 . DTREnable = True

การกำหนดให้ขา SCL เป็น “0” ต้องเขียนคำสั่งเป็น MSComm1 . DTREnable = False

การอ่านค่าอินพุตของบัส I²C นั้นจะใช้คำสั่งเพื่อตรวจสอบค่าจาก CDHolding โดยจะต้องตรวจสอบว่าค่าที่ได้เป็น True หรือ False

3.6.1 โปรแกรมย่อยสร้างสัญญาณเริ่มต้นหรือ START

จากทฤษฎีในตอนต้นกำหนดไว้ว่า เมื่อต้องการติดต่อกับอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ในครั้งแรกจะต้องส่งสัญญาณเริ่มต้นหรือ START ออกไปก่อน โดยมีขั้นตอนการสร้างสัญญาณ START ดังนี้

1. กำหนดให้ขา SCL และ SDA มีลอจิกเป็น “1” ก่อนเพื่อให้อยู่ในสภาวะบัสว่าง
2. กำหนดให้ขา SDA มีลอจิก
3. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิก “0” ตาม

เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยลำดับขั้นต่าง ๆ ที่กล่าวมาสามารถเขียนเป็นโปรแกรมด้วย Visual BASIC ได้ดังนี้

```
Private Sub I2Cstart ()
```

```
MSComm1 . RTSEnable = True 'SDA = 1
```

```
MSComm1 . DTREnable = True 'SCL = 1
```

```
MSComm1 . RTSEnable = False 'SDA = 0
```

```
MSComm1 . DTREnable = False 'SCL = 0
```

```
End Sub
```

3.6.2 โปรแกรมย่อยการสร้างสัญญาณหยุดหรือ STOP

การทำให้เกิดสถานะหยุดหรือสิ้นสุดการถ่ายทอข้อมูลบนบัส I²C หรือสถานะหยุด (Stop) ก็คือการทำให้อาдресของ I²C เข้าสู่สภาวะบัสว่าง มีขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดให้ขา SDA มีลอจิก “0” ก่อน
2. จากนั้นกำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “1”
3. ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1”

สามารถนำขั้นตอนทั้งหมดมาเขียนเป็นโปรแกรมย่อยด้วย Visual BASIC ได้ดังนี้

```
Private Sub I2Cstop ()
MSComm1 . RTSEnable = False 'SDA = 0
MSComm1 . DTREnable = True 'SCL = 1
MSComm1 . RTSEnable = True 'SDA = 1
End Sub
```

3.6.3 โปรแกรมย่อยรอรับสัญญาณรับรู้หรือ Acknowledge

เมื่อมีการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์มาสเตอร์ไปยังอุปกรณ์ สเลฟ อุปกรณ์สเลฟจะตอบกลับ สัญญาณที่ส่งออกไปนี้ด้วยสัญญาณ รับรู้หรือ Acknowledge (ACK) เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว แต่เมื่อมาเขียนโปรแกรมบน Visual BASIC การทำงานที่มีลักษณะเป็น มัลติทาสกิ้ง (multi-tasking) การเขียนโปรแกรมเพื่อให้รอรับสัญญาณ ACK นั้นจะทำให้ โปรแกรมหยุดชะงัก จึงต้องเขียนโปรแกรมเสมือนว่าได้รับสัญญาณ ACK แทน โดยทำให้บัสว่าง แล้วส่ง SCL เป็น “0” ออกไปเพื่อแสดงว่าได้รับ ACK แล้ว สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
Private Sub Ack ()
MSComm1 . RTSEnable = True 'SDA = 1
MSComm1 . DTREnable = True 'SCL = 1
MSComm1 . DTREnable = False 'SCL = 1
End Sub
```

3.6.4 โปรแกรมย่อยส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลลอจิก “0” ก็คือการทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “0” แล้วทำการส่งสัญญาณ นาฬิกาออกไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น “0” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ให้ขา SDA เป็น “1” สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกาในขณะที่ SDA ชั่งคงเป็น “0”

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ให้ขา SDA กลับสู่สถานะเดิมคือลอจิก “0”
สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
Private Sub Send0 ()
MSComm1 . RTSEnable = False 'SDA = 0
MSComm1 . DTREnable = True 'SCL = 1
MSComm1 . DTREnable = False 'SCL = 0
End Sub
```

สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1” มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA มีลอจิก “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1”
2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” ในขณะที่ SDA ยังคงเป็น “1”
3. ทำให้ขา SCL มีลอจิก “0” เหมือนเดิม

สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
Private Sub Send1 ()
MSComm1 . RTSEnable = True 'SDA = 1
MSComm1 . DTREnable = True 'SCL = 1
MSComm1 . DTREnable = False 'SCL = 0
End Sub
```

3.6.4.1 โปรแกรมย่อยอ่านและส่งข้อมูลขนาด 8 บิต

ในการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ในระบบบัส I²C ส่วนใหญ่ข้อมูลที่อ่านได้จะมีขนาด 8 บิต โดยขั้นตอนการอ่านข้อมูลมีดังนี้

1. กำหนดรูปในการรับค่าอินพุตไว้ 8 รอบสำหรับการอ่านค่าอินพุต 8 บิต.
2. ให้บัสเป็นบัสสว่างเพื่อรองรับสัญญาณจากอุปกรณ์ สเลฟ โดยกำหนดให้ SDA และ SCL มีลอจิก “1”
3. ทำการอ่านค่าข้อมูลจากขา SDA ผ่านคำสั่ง CDHolding
4. ถ้าอ่านค่าบิตเข้ามาแล้วมีค่าเป็น “1” ให้นำค่าบิตนั้น OR กับตัวแปรที่ทำการเก็บค่า แต่ถ้าค่าบิตที่อ่านได้เป็น “0” ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงใดๆ
5. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิก “0” เพื่อเป็นการตอบรับการรับข้อมูล
6. ถ้าข้อมูลที่ทำการอ่านค่ายังไม่ครบ 8 บิตให้ย้อนกลับไปอ่านค่าในบิตต่อๆ ไปจนครบ
7. นำค่าตัวแปรคืนค่าให้กลับฟังก์ชัน

```

Private Function dat ()
Dim DAT1 As Byte
For i = 7 To 0 Step -1
MSComm1 . RTSEnable = True   'SDA = 1
MSComm1 . DTREnable = True   'SCL = 1
If(MSComm1.CDHolding And &H80) <> &H80 Then
DAT = 2 ^ I Or DAT1
End If
MSComm1 . DTREnable = False   'SCL = 0
Next I
Dat + DAT1
End Function

```

การส่งค่าข้อมูลไปยังอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ปกติจะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์ โปรแกรมย่อยต่อไปนี้จะเป็นการนำเอาข้อมูล 8 บิตมาทำการตรวจสอบว่าเป็นลอจิก “0” หรือ “1” แล้วทำการส่งข้อมูลเหล่านั้นออกไป

```

Private Sub Send8BIT(Add As Byte)
For i = 7 To 0 Step -1           'Loop 8 Cycle
If (Add And 2 ^ i) = 2 ^ i Then 'Test Bit 0 OR 1
Call Send1
Else
Call Send0
End If
Next i
End Sub

```

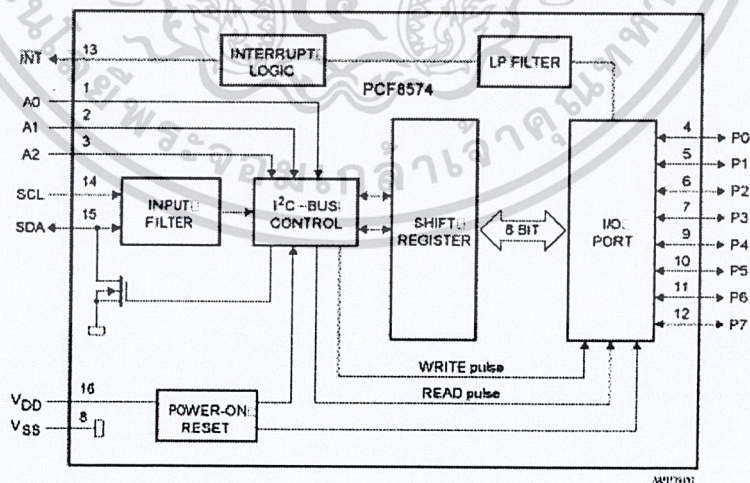
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8574/8574A

ไอซี PCF8574 และ PCF8574A มีคุณสมบัติดังนี้

- ทำงานที่ระดับแรงดันตั้งแต่ 2.5 V ถึง 6 V
- กินกระแสในสภาวะสแตนด์บายเพียง 10 μ A
- ใช้การเชื่อมต่อแบบบัส I²C
- มีเอาต์พุตอินเทอร์รัปต์แบบเดรนเปิด
- เอาต์พุตสามารถแลตซ์หรือคงค่าไว้ได้ และขับ LED ได้ โดยต่อวงจรในลักษณะกระแสซิงก์หรือทำงานด้วยลอจิก “0”
- สามารถกำหนดแอดเดรสของไอซีแต่ละตัวได้ทางฮาร์ดแวร์ ด้วยขา A0 – A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้ถึง 8 ตัวต่อเบอร์
- สามารถต่อพ่วงได้ทั้ง PCF8574 และ PCF8574A ได้ ทำให้สามารถขยายพอร์ตได้มากถึง 128 บิต

ขาพอร์ตทั้ง 8 ขาของ PCF8574 สามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้โดยอิสระ โดยไม่จำเป็นต้องใช้คำสั่งควบคุมเพื่อเลือกให้เป็นขาเอาต์พุตหรือขาอินพุต ลักษณะวงจรภายในของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแสดงในรูป เมื่อจ่ายไฟให้กับ PCF8574 ครั้งแรก ขาพอร์ตทั้ง 8 ขาจะมีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะเป็นการจ่ายกระแสมาจากแหล่งจ่ายกระแสที่ภายในตัวไอซี ทำให้มีกระแสในขณะลอจิก “1” นี้เพียง 100 μ A เท่านั้น จึงไม่เหมาะที่จะใช้ไอซี PCF8574 ในการขับกระแสซอร์ส แต่จะเหมาะกับการนำ PCF8574 ไปขับกระแสซิงก์มากกว่า



ภาพที่ 3.14 วงจรภายในของขาพอร์ตของไอซี PCF8574/PCF8574A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการให้ขาพอร์ตเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นอินพุตจะต้องส่งสัญญาณให้ขาเหล่านี้มีลอจิก “1” เสียก่อน เมื่อขาอินพุตได้รับสัญญาณจากภายนอกป้อนเข้ามา ไอซี PCF8574 จะสร้างสัญญาณอินเทอร์รัปต์ (INT) ป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์รับรู้แทนการต้องคอยตรวจสอบขาอินพุตอยู่ตลอดเวลา สัญญาณอินเทอร์รัปต์นี้จะถูกรีเซตเมื่อมีการอ่านค่าข้อมูลหรือมีการเปลี่ยนค่าของอินพุตไปสู่ค่าเดิม

สำหรับ PCF8574 และ PCF8574A มีการทำงานเหมือนกันทุกประการ แตกต่างกันเพียงค่าแอดเดรสที่ใช้ในการติดต่อเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำไอซีทั้งสองเบอร์นี้มาต่อพ่วงกันเพื่อขยายพอร์ตได้มากถึงเบอร์ละ 8 ตัว รวมทั้งสิ้น 16 ตัว ส่งผลให้สามารถขยายพอร์ตได้สูงสุด 128 บิต

3.8 การเขียนโปรแกรมควบคุม PCF8574 ด้วย Visual Basic

จากโปรแกรมย่อยต่างๆ เพื่อสร้างสัญญาณบนระบบบัส I²C การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม PCF8574 สามารถทำได้ง่ายขึ้นเพียงนำโปรแกรมย่อยต่างๆ เหล่านั้นมาเรียงต่อกันตามรูปแบบของ PCF8574 เท่านั้นเริ่มจากการติดต่อกับ PCF8574 จะต้องมีการกำหนดแอดเดรสและระบุโหมดที่จะใช้ว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยังตัวมัน โดยไบต์แรกที่ใช้เก็บแอดเดรสมีรายละเอียดดังนี้

| บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | 0 | 0 | A2 | A1 | A0 | R/W |

บิต A0, A1, A2 ใช้ในการระบุ PCF8574 ที่ใช้บนบอร์ดในกรณีที่มีการต่อ PCF8574 มากกว่า 1 ตัว โดยค่าของ A0 - A2 จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละตัว ก็คือการกำหนดค่าของ Address นั้นเอง ส่วนบิต R/W ใช้กำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับไอซี PCF8574

ไอซี PCF8574 ยังมีอีกเบอร์หนึ่งในอนุกรมเดียวกันนั่นคือ PCF8574A ซึ่งก็มีข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่แตกต่างกับ PCF8574A แต่ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกันทุกประการ โดยข้อมูลกำหนดแอดเดรสของ PCF8574A มีดังนี้

| บิต 7 | บิต 6 | บิต 5 | บิต 4 | บิต 3 | บิต 2 | บิต 1 | บิต 0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | 1 | 1 | A2 | A1 | A0 | R/W |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 คัดค้าน จึงสามารถพ่วงไอซีในอนุกรม PCF8574x ได้สูงสุดถึง 16 ตัว
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 การส่งค่าไปยังเอาต์พุตของ PCF8574A

มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ส่งสัญญาณ START
2. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยในพื้นที่ที่จะกำหนดแอดเดรสของ PCF8574A ไว้ที่ 000 (กำหนดตำแหน่ง A0, A1, A2 เป็น "0" ทั้งหมด) และทำงานในโหมดเขียนข้อมูล โดยการป้อนลอจิก "0" ให้แก่บิต R/W
3. รอรับสัญญาณ ACK หรือรอรับการตอบกลับจาก PCF8574
4. ส่งไปยังเอาต์พุตของ PCF8574
5. รอรับสัญญาณ ACK อีกครั้ง
6. ส่งสัญญาณ STOP

จากนั้นขั้นตอนดังกล่าวสามารถนำมาเขียนเป็นโปรแกรมย่อยได้ดังนี้

Private Sub Sendout (B As Byte)

Call I²Cstart 'Start

Call Send8BIT(&H40) 'Send Control Word

Call Ack 'Acknowledge

Call Send8BIT(B) 'Send Data

Call Ack 'Acknowledge

Call I²Cstop 'Stop

End Sub

ค่าตัวเลข &H40 ซึ่งอยู่ที่บรรทัด Call Send8BIT(&H40) นั่นก็คือค่าแอดเดรสของ PCF8574A ที่ต้องการติดต่อด้วย โดยในโปรแกรมย่อย Send8BIT จะทำการส่งค่าแอดเดรสและบิตควบคุมการเขียนข้อมูลของ PCF8574A ดังนั้นในบิตสุดท้ายจึงต้องมีค่าเป็น "0"

สำหรับโปรแกรมย่อย Send8BIT(B) จะเป็นการนำค่าตัวแปร B ซึ่งเรียกใช้งานโดยป้อนจากคำสั่ง SendOut ส่งออกพอร์ตของ PCF8574

3.8.2 การอ่านค่าข้อมูลจาก PCF8574A

มีขั้นตอนดังนี้

1. ส่งสัญญาณ START
2. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยในพื้นที่ที่จะกำหนดแอดเดรสของ PCF8574A ไว้ที่ 001 (ตำแหน่ง A1, A2 เป็น "0" ส่วน A0 เป็นลอจิก "1") และทำงานในโหมดเขียนข้อมูล โดยการป้อนลอจิก "1"

3. รอรับสัญญาณ ACK หรือรอรับการตอบกลับจาก PCF8574A

4. อ่านข้อมูลจาก PCF8574A
5. รอรับสัญญาณ ACK อีกครั้ง
6. ส่งสัญญาณ STOP

โปรแกรมย่อย Timer1_Timer เป็นโปรแกรมย่อยสำหรับอ่านข้อมูลจาก PCF8574 อย่างต่อเนื่อง โดยการกำหนดค่า Interval ของไทมเมอร์ ให้มีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งจะทำให้การทำงานของโปรแกรมย่อยไทมเมอร์เกิดขึ้นทุกๆ 100 มิลลิวินาที การอ่านค่าจาก PCF8574 ก็จะทำอย่างต่อเนื่องโดยมีรายละเอียดโปรแกรมดังนี้

```

Private Sub Timer1_Timer ()
Call I2Cstart      'Start
Call Send8BIT(&H43) 'Send Word Read
Call Ack          'Acknowledge
Text2.Text = DAT  'Read Data
Call Ack          'Acknowledge
Call I2Cstop      'Stop
End Sub

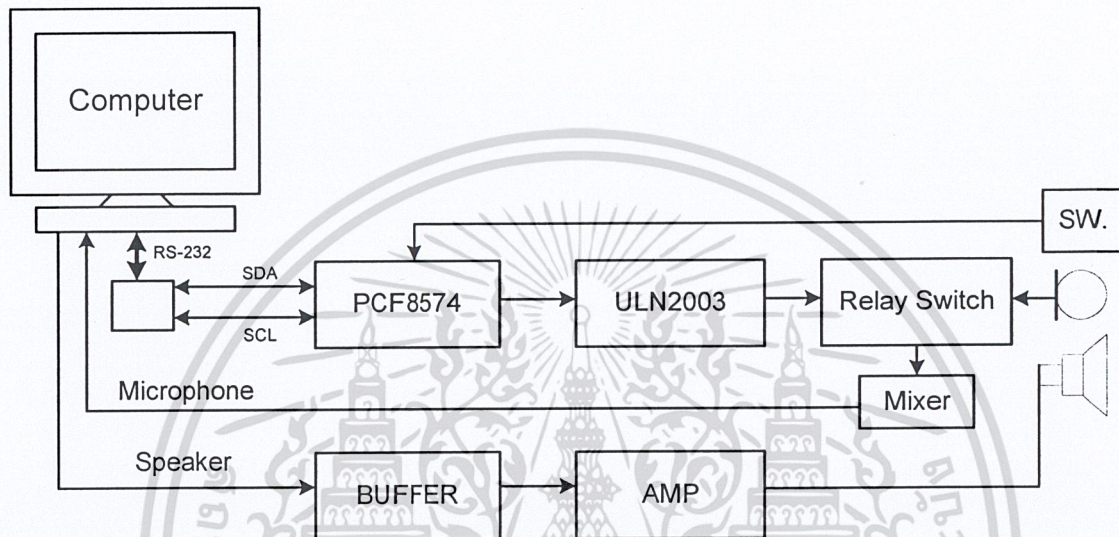
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบโครงงานและการสร้างวงจร

4.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน



ภาพที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

4.2 หลักการทำงานของวงจร

ชุดเครื่องช่วยสอนจะแบ่งการทำงานออกเป็นภาคต่างๆ ตามบล็อกไดอะแกรม โดยที่มีส่วนควบคุม Controller เป็นตัวควบคุมจากอาจารย์ผู้สอนโดยใช้วงจรควบคุมและโปรแกรมของ MCS 51 หรือประยุกต์ใช้กับ Computer โดยใช้ภาษา Visual Basic เขียนเพื่อส่งสัญญาณรับและส่งผ่านพอร์ตอนุกรม ส่งสัญญาณออกมาเป็นสายสัญญาณ 2 เส้นคือสาย SDA และ SCL เพื่อนำไปขยายพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต โดยใช้หลักการของ I²C Bus โดยใช้ไอซี PCF8574 เป็นอุปกรณ์ในการขยายพอร์ตโดยที่ ไอซีหนึ่งตัวสามารถขยายพอร์ตในการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน ได้ 4 พอร์ต เมื่อได้ทำการเขียนโปรแกรมในการรับส่งข้อมูล โดยใช้ MCS 51 แล้ว ให้มีการรับส่งข้อมูล ขณะส่งสัญญาณออกไปและขณะได้รับสัญญาณจากปลายทาง ส่งข้อมูลให้ PCF 8574 ส่งสัญญาณควบคุมไปตัดต่อสวิทช์ โดยใช้ Relay Switch ไอซีเบอร์ ULN2003 เป็นตัวตัดต่อในการพูด หรือใช้ไมโครโฟนของนักเรียนเมื่อได้รับการส่งสัญญาณขอใช้ไมโครโฟนจากนักเรียน โดยที่จะตัดต่อก่อนที่จะเข้าสู่วงจรปรับและขยายเสียง โดยที่แผง Console ของนักเรียนจะมี ช่องเสียบไมโครโฟน ช่องเสียบหูฟัง ควบคุมที่ปรับเสียงของหูฟัง และไฟแสดงการทำงานขณะที่ได้รับการอนุญาตให้พูดได้

4.3 ภาควงจรควบคุมส่งสัญญาณไปยัง I²C

จากรูปเป็นการต่ออุปกรณ์ควบคุมเข้ากับอุปกรณ์ขยายพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต โดยใช้ MCS 51 กับ I²C ไอซีเบอร์ PCF8574 โดยกำหนดให้มีการส่งสัญญาณและรับสัญญาณแสดงผลออกทาง LED โดยเมื่อได้รับการขออนุญาตจากการกดสวิตช์ที่ฝ่ายนักเรียน โปรแกรมที่เขียนไว้ให้รับค่าจากการกดสวิตช์จะสั่งให้ LED แสดงผลและเมื่อทำการอนุญาต และมีการกดสวิตช์ให้อนุญาต โปรแกรมจะส่งสัญญาณข้อมูลให้ PCF8574 ทำการส่งสัญญาณเพื่อไปทำการติดต่อ Relay Switch ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED ที่ต่ออยู่กับพอร์ต 0 จะทำหน้าที่การแสดงผล 2 ส่วนคือ D0-D3 ให้แสดงค่าของข้อมูล ที่อ่านได้ของ PCF8574 ตัวที่ 1 ในขณะที่ D4-D7 ให้แสดงค่าของข้อมูลที่อ่านได้ของ PCF8574 ตัวที่ 2 เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน LED ในตำแหน่ง D0-D3 จะติดถ้าได้รับการกดอนุญาต ในช่องที่ 1-4 ในขณะที่ D4-D7 จะแสดงค่าเมื่อได้รับการกดสวิตช์ขออนุญาตที่ต่อเข้ากับขาพอร์ตอินพุตของ PCF8574 ในช่องที่ 5-8 ซึ่งเริ่มต้นด้วยการเปิดวงจรทั้งหมดค่าที่อ่านได้เท่ากับ 0FH ทั้งนี้เนื่องจาก สวิตช์ทั้ง 4 ตัวทางอินพุตเปิดวงจรจะเกิดข้อมูลลอจิก “1” อันเป็นผลมาจากการต่อตัวต้านทานพูลอัพไว้ แต่ในโปรแกรมจะทำการกลับข้อมูลเพื่อให้ LED ดับ เมื่อมีการต่อวงจรที่สวิตช์อินพุตในบิตใด จะเกิดข้อมูลลอจิก “0” ที่บิตนั้น LED ในตำแหน่งที่ตรงกับสวิตช์ก็จะติดสว่าง นั่นคือ ถ้าสวิตช์ใน บิต D4 ต่อวงจรในตำแหน่ง D4 ก็จะติดสว่างเหตุผลที่ต้องกลับลอจิก ก็เพื่อให้สร้างความเข้าใจว่า ถ้าสวิตช์เปิดวงจร ลอจิกที่ได้ทางเอาต์พุตเป็น “0” แต่ถ้าสวิตช์ต่อวงจรลอจิกที่ได้ทางเอาต์พุตเป็น “1”

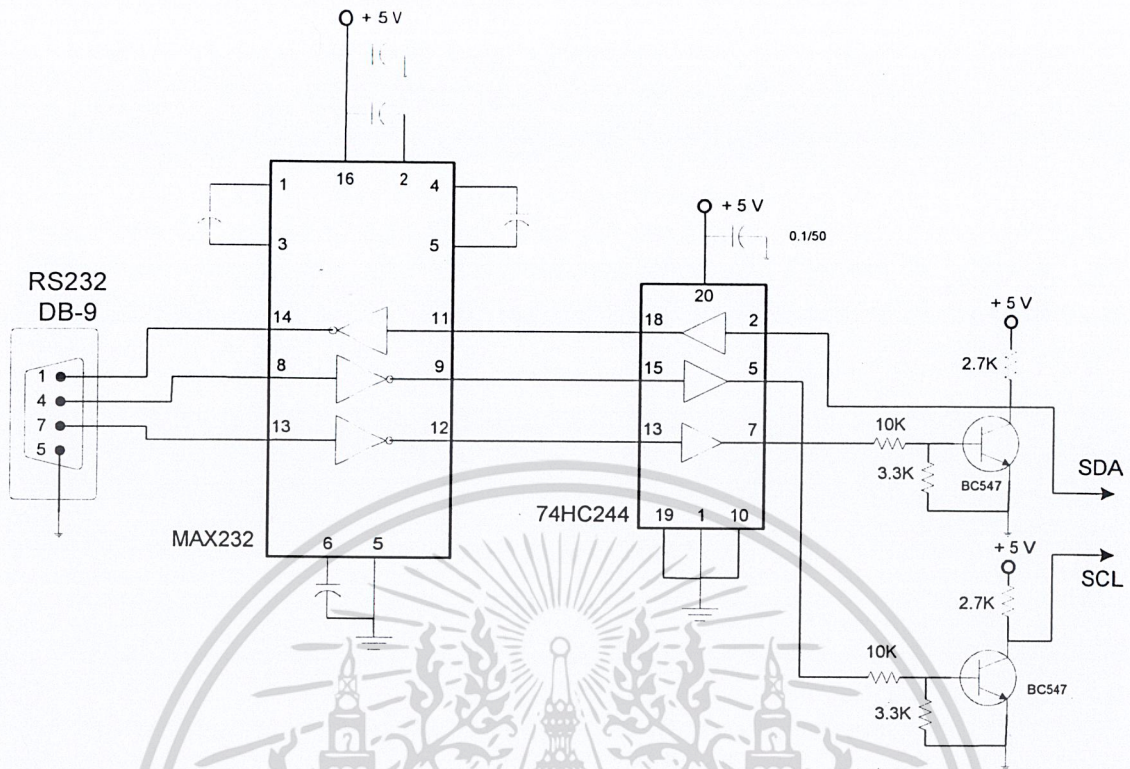
พร้อมๆ กับการส่งข้อมูลไปแสดงที่ LED ของพอร์ต 0 PCF8574 ยังถูกควบคุมให้ส่งข้อมูล ออกทางขาเอาต์พุตด้วย ดังนั้น LED ที่ต่ออยู่กับขา P0-P3 ของ PCF8574 จึงแสดงผลตรงกับ LED ในตำแหน่ง D0-D3 ในส่วนของ LED Console

4.4 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณ SDA และ SCL

จะใช้ไอซี MAX232 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณ จาก RS-232 โคนนำเอาสัญญาณ DCD,DTR และ RTS มาใช้แปลงค่าระดับของแรงดันแล้วนำไปผ่านไอซี 74HC244 เพื่อนำไปเข้าวงจรทรานซิสเตอร์ 2 ตัวโดยใช้เบอร์ BC547 มาเป็นตัวแปลงให้ได้สัญญาณออกเพียง 2 เส้น

โดยที่ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ได้รับการจัดวงจรให้มีลักษณะเป็นวงจรบัฟเฟอร์แบบคอลเล็กเตอร์เปิดตามข้อกำหนดของวงจรเอาต์พุตของบัส I²C โดย Q_1 ใช้สำหรับถ่ายทอดสัญญาณของสาย SDA ในขณะที่ Q_2 ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณของสาย SCL ไฟเลี้ยงของวงจรคือ +5V จึงสามารถใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นเบอร์มาตรฐานเบอร์ใดก็ได้ที่สามารถตอบสนองความถี่ได้สูงถึง 100 kHz ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์จะถ่ายทอดสู่สาย SCL ของบัส I²C ผ่านทางขา RTS และรับข้อมูลเข้าทางขา DCD ส่วนสายสัญญาณนาฬิกาที่ออกจากพอร์ตอนุกรมจะถูกส่งออกมาทางขา DTR เพื่อใช้เป็นสาย SCL สำหรับบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

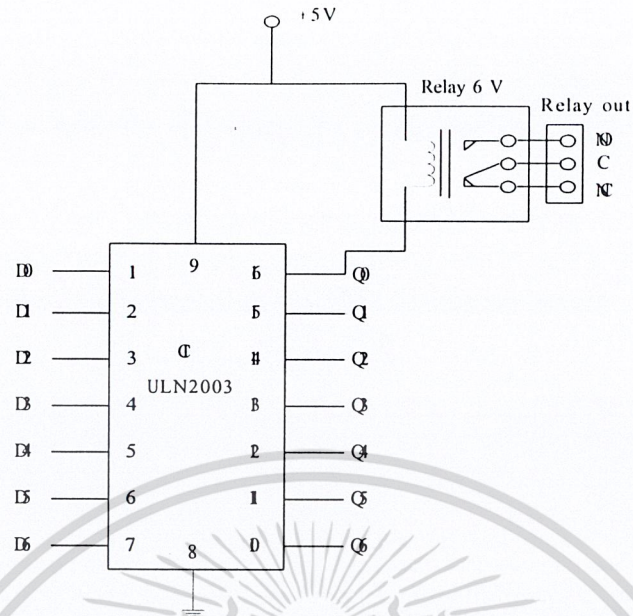


ภาพที่ 4.3 วงจรแปลงสัญญาณอนุกรม RS-232 เป็นสัญญาณ SDA และ SCL

4.5 ภาคในการติดต่อของ Switch Relay

เมื่อได้รับการอนุญาตโดยการกดสวิตช์ที่ทางฝ่ายอาจารย์ โปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลกลับไปยังพอร์ตที่ส่งสัญญาณไปขออนุญาตให้ได้เป็นสัญญาณเอาต์พุต ออกทางพอร์ตเอาต์พุตของ PCF8574 เพื่อนำไปควบคุมหน้าสัมผัสของ Relay โดยผ่านไอซีเบอร์ ULN2003 เป็นตัว Drive โดยมีการต่อใช้งานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

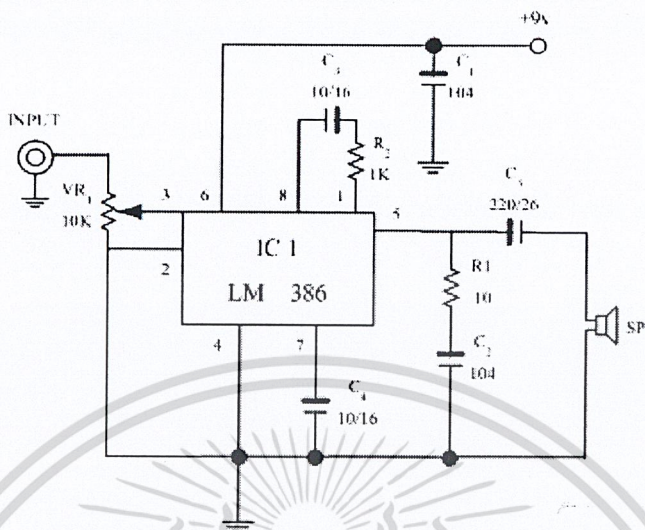


ภาพที่ 4.4 การต่อขาทำงานของ Switch Relay ไอซีเบอร์ ULN2003

นำสัญญาณที่ได้จากพอร์ตเอาต์พุตของ PCF8574 ไปเข้าที่ขา Control (ขา1) ของ ULN2003 และต่อสายของไมโครโฟนที่จะต่อเข้าสู่วงจรขยายเสียงเข้ากับขาที่เป็นสวิทช์ในการตัดต่อ โดยที่ ไอซี 1 ตัวจะมีสวิทช์ และช่อง Control อย่างละ 4 ช่องเพราะฉะนั้นจะพอดีกับไอซี PCF8574 พอดีจึงใช้ในการควบคุม Console ของนักเรียนได้ 1 ชุด หรือ 4 ช่องโดยถ้าเราจะเพิ่มช่องของเอาต์พุตก็โดยการเพิ่มไอซี PCF8574 และ ULN2003 เข้าไปจะทำให้ได้ช่องของผู้ใช้งานเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มโปรแกรมเพื่อควบคุม Address ของ PCF8574 แต่ละตัวให้มีการรับและส่งข้อมูลที่ไม่ซ้อนกัน

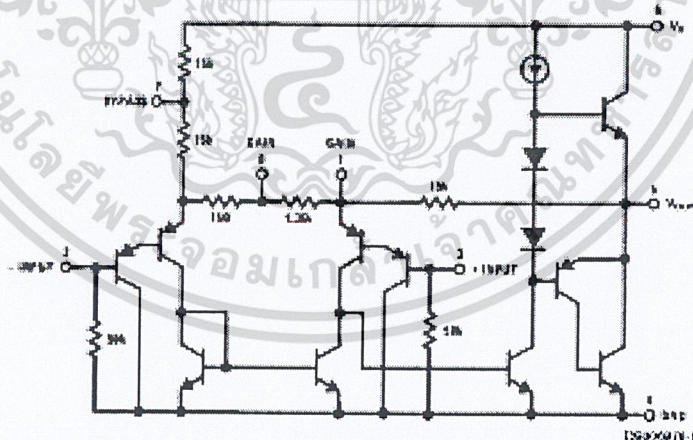
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ภาคปรับแต่งและขยายเสียง



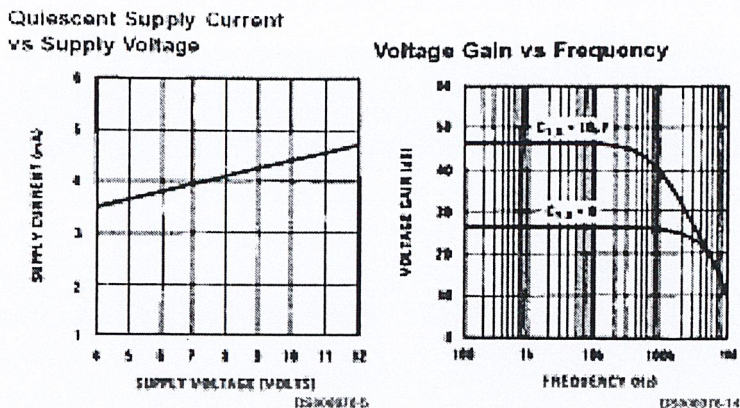
ภาพที่ 4.5 วงจรปรับและขยายเสียง

ในการปรับและขยายเสียงที่ฟังจากหูฟังเราใช้วงจรขยายเสียงขนาดเล็ก ที่มีกำลังขยายต่ำ โดยใช้ไอซี LM386 เป็น ไอซีที่ใช้แรงดันต่ำ เหมาะสำหรับขยายเสียงที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก ใช้ปรับเสียงดัง-เบาที่หูฟัง เมื่อได้ยินเสียงพูดหรือเสียงต่างๆที่ส่งมาจากผู้ควบคุม



ภาพที่ 4.6 วงจรภายในของ IC LM386

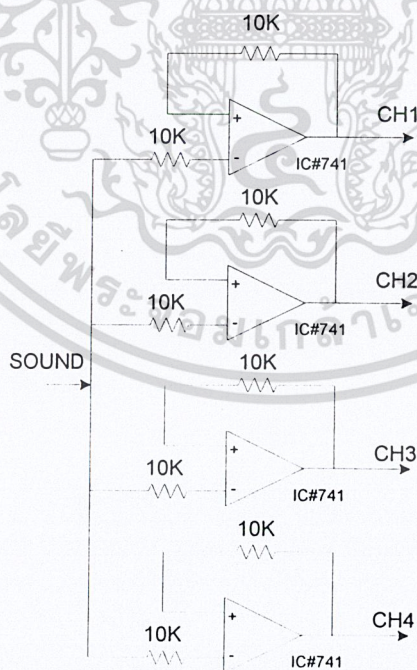
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงคุณสมบัติของ IC LM386

4.7 วงจร BUFFER

เป็นวงจรใช้สำหรับขยายช่องสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง เพียงแหล่งกำเนิดเดียว เพื่อช่วยให้กับภาคขยายเสียงของนักเรียนในแต่ละชุด ด้วยการเพิ่ม Input Impedance ให้กับวงจรขยายเสียง นักเรียนจะได้รับสัญญาณเสียงที่มีคุณภาพเหมือนกันทุกคน ไม่ว่าจะต่อสัญญาณเสียงออกไปใช้ที่ช่องก็ตาม วงจรประกอบด้วย IC#OP-AMP 741ประกอบขึ้นเป็นวงจร BUFFER ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 4.8 วงจร BUFFER นั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางอุดมคติของออปแอมป์

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. ความต้านทานด้านอินพุตมีค่าสูง | $Z_{in} = \infty \Omega$ |
| 2. ความต้านทานด้านเอาต์พุตมีค่าต่ำ | $Z_o = 0 \Omega$ |
| 3. อัตราขยายของวงจรมีค่าสูง | $A_v = \infty$ |
| 4. แบนด์วิธกว้าง | $BW = \infty$ |
| 5. แรงดันที่ขา inverting เท่ากับขา noninverting | |

สมการอัตราขยายของวงจร

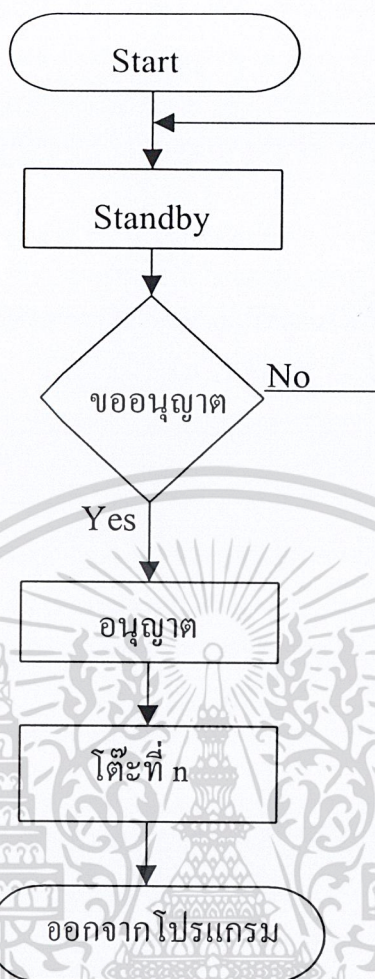
$$V_o = -R_2/R_1 * V_i$$

$$A_v = V_o/V_i = -R_2/R_1$$

4.8 Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรม

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมให้สอดคล้องกับการทำงานของฮาร์ดแวร์ เพื่อที่จะใช้เป็นข้อกำหนดในการทำงานของโครงการทั้งหมด โดยการทำงานของโปรแกรมนี้อาศัยขั้นตอนและเงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 Flowchart แสดงการทำงาน

จาก Flowchart จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงาน โดยเมื่อเริ่มการทำงานจะเป็นการรอรับการขออนุญาตถ้าไม่มีการขอมาก็จะไปรอรับค่าการขอ แต่ถ้ามีการขอเข้ามาก็จะพิจารณาว่าจะอนุญาตหรือไม่ แล้วโต๊ะที่เท่าใดเป็นคนขอมา แล้วจึงจะยอมรับให้อุญาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

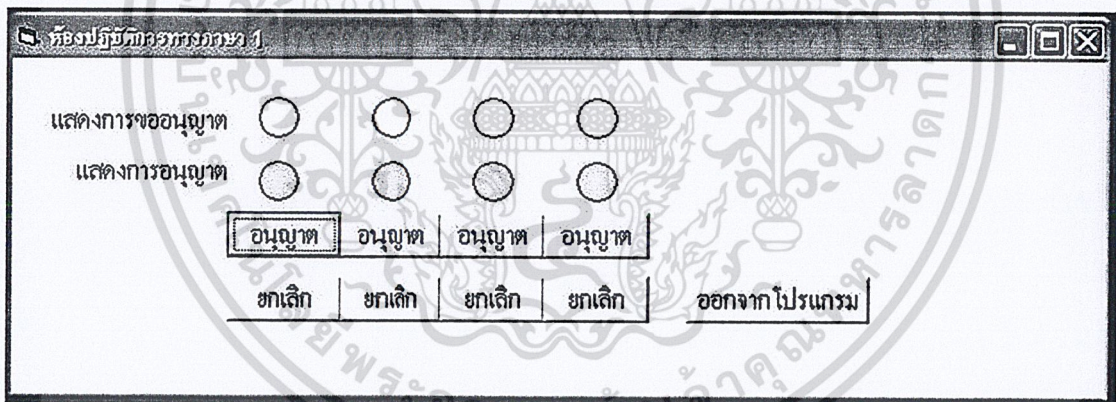
การทดลองและผลการทดลอง

5.1 แสดงผลการทดลองขณะสภาวะปกติ

5.1.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะปกติ

ออกแบบให้มีการใช้งานง่ายด้วยโปรแกรม Visaul Basic ประกอบด้วยปุ่มปฏิบัติการดังนี้

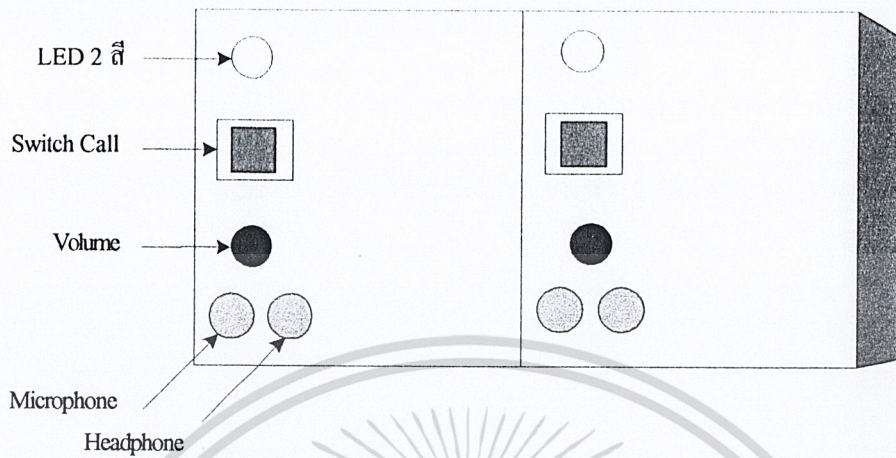
1. หลอดไฟแสดงการขออนุญาต (สีแดง)
2. หลอดไฟแสดงการอนุญาต (สีเขียว)
3. ปุ่ม “ อนุญาต ” ใช้สำหรับอนุญาตให้นักเรียนใช้ไมโครโฟน
4. ปุ่ม “ ยกเลิก ” ใช้สำหรับยกเลิกการอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน
5. ปุ่ม “ ออกจากโปรแกรม ” ใช้สำหรับจบการทำงาน



ภาพที่ 5.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

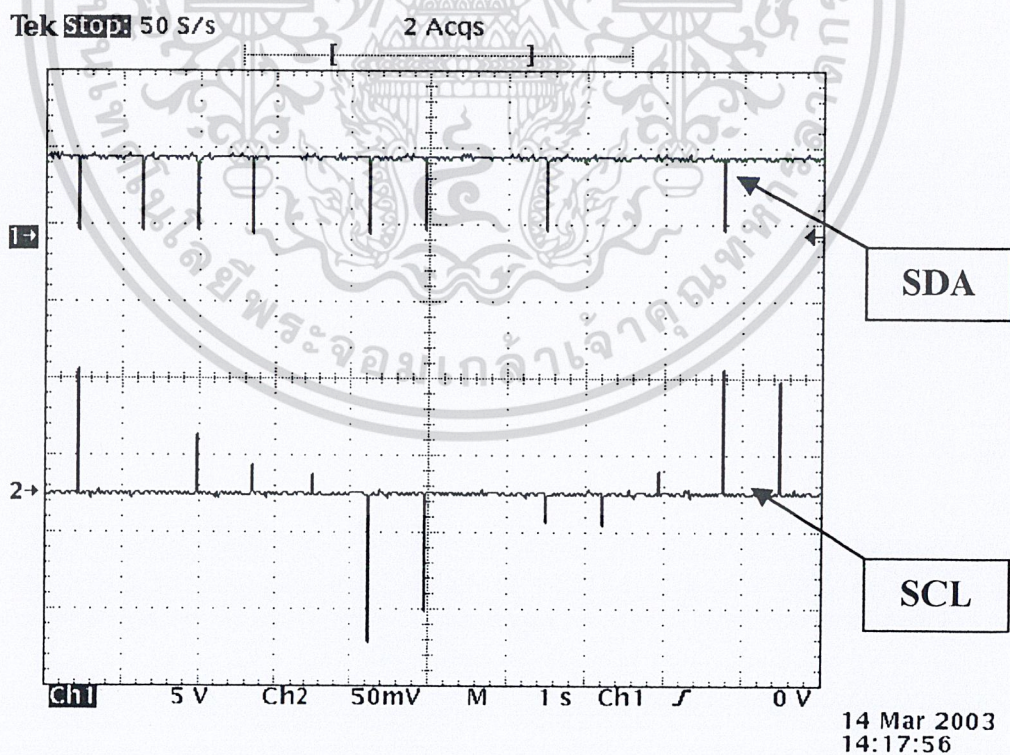
5.1.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สถานะปกติ



ภาพที่ 5.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สถานะปกติ

5.1.3 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะสถานะปกติ

ภาพแสดงรูปสัญญาณของ PCF8574 ขณะรอรับคำสั่งขออนุญาตจากนักเรียนและคำสั่งอนุญาตจากอาจารย์ผู้สอน

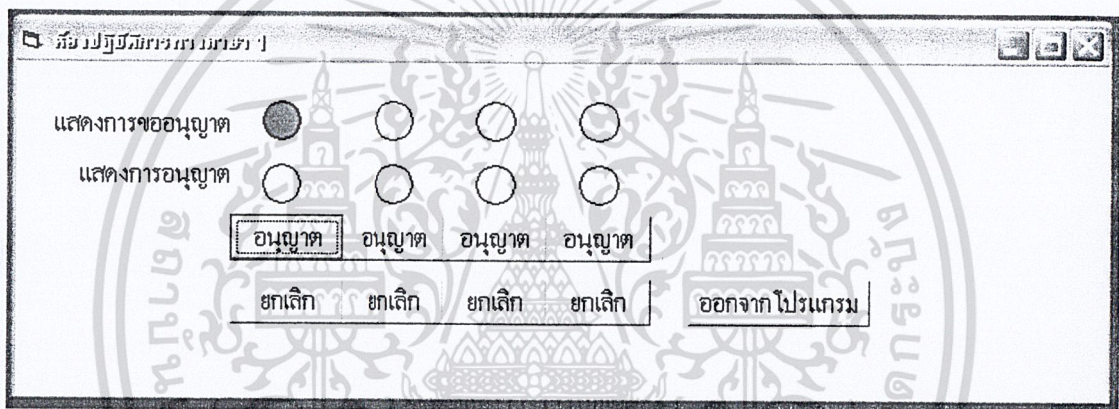


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 5.3 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะสถานะปกติ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แสดงผลการทดลองขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน

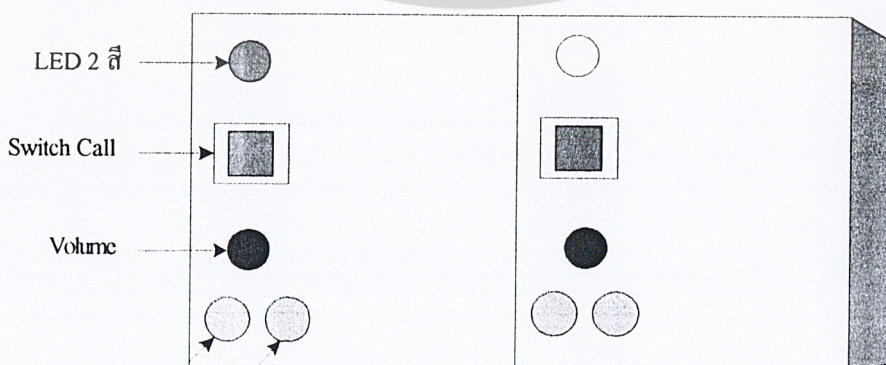
5.2.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสถานะขออนุญาต

วิธีใช้งานเมื่อนักเรียนต้องการติดต่อกับอาจารย์ผู้สอนเพื่อขออนุญาตใช้ไมโครโฟนหรือสนทนาต่อตอบกับผู้ร่วมใช้ห้อง นักเรียนสามารถกดปุ่มขออนุญาต (Switch Call) สีแดง เพื่อส่งสัญญาณขออนุญาต โดยโปรแกรมออกแบบให้ทันทีที่นักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน จะมีหลอดไฟแสดงการขออนุญาต (สีแดง) สว่างขึ้นที่โต๊ะนักเรียนแต่ละชุด และหลอดไฟแสดงการขออนุญาตใช้ไมโครโฟน (สีแดง) สว่างขึ้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ประจำโต๊ะอาจารย์ผู้สอน



ภาพที่ 5.4 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสถานะขออนุญาต

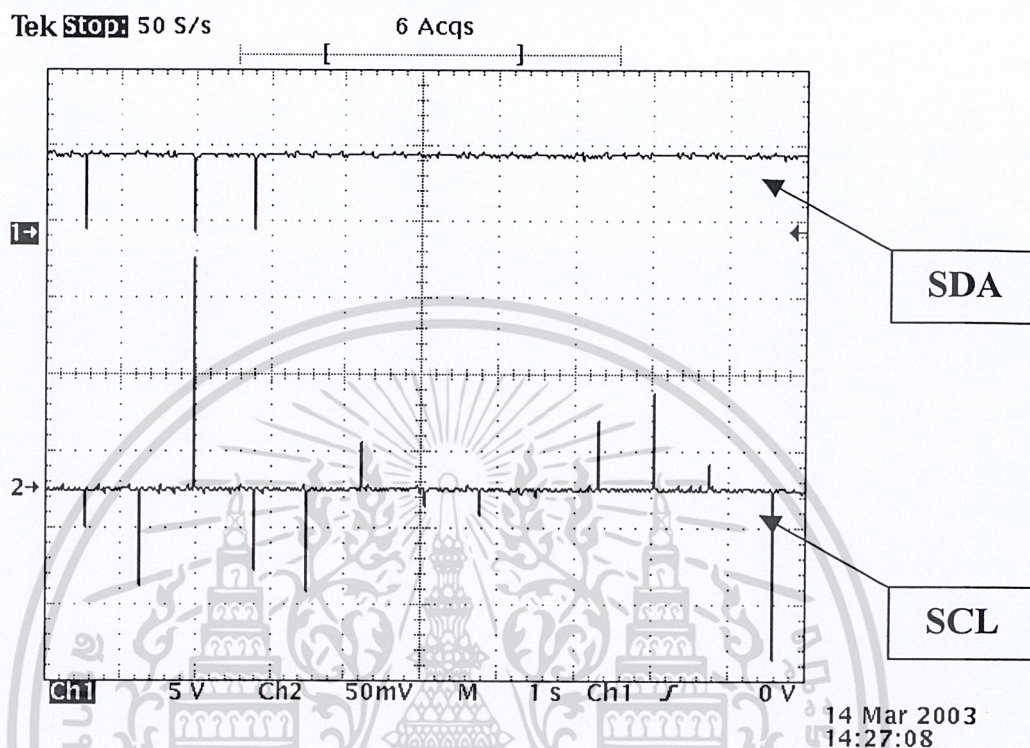
5.2.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สถานะขออนุญาต



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ภาพที่ 5.5 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สถานะขออนุญาต

5.2.3 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน

ภาพแสดงรูปสัญญาณของ PCF8574 ขณะรับคำสั่งร้องขออนุญาตจากนักเรียน



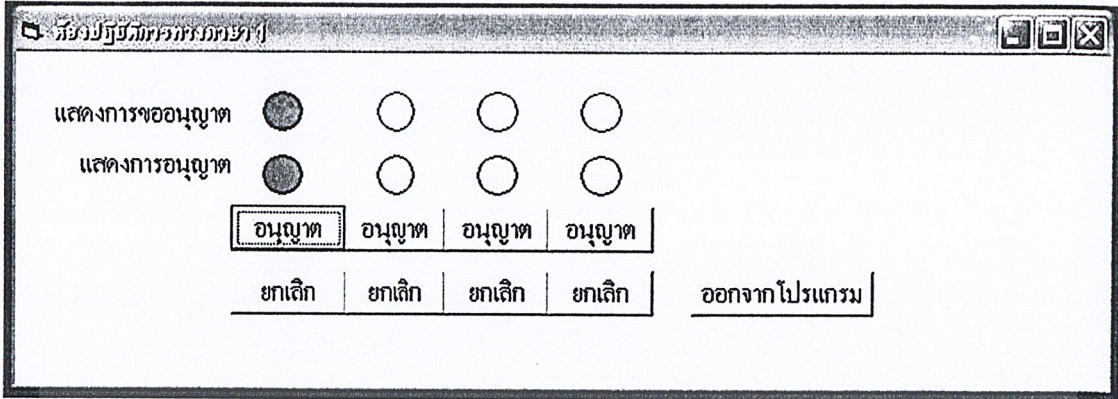
ภาพที่ 5.6 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะนักเรียนขออนุญาตใช้ไมโครโฟน

5.3 แสดงผลการทดลองขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน

5.3.1 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสถานะอนุญาต

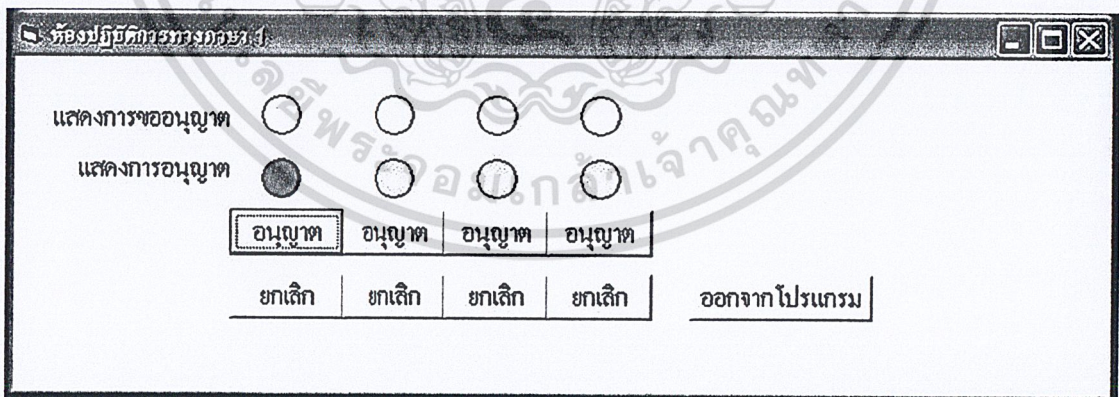
วิธีใช้งานเมื่ออาจารย์ผู้สอนเห็นสัญญาณขออนุญาตบนหน้าจอคอมพิวเตอร์สามารถพิจารณาอนุญาตโดยกดปุ่ม “อนุญาต” เพื่ออนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน หลอดไฟแสดงการอนุญาต (สีเขียว) บนหน้าจอจะสว่างขึ้น พร้อมกับหลอดไฟแสดงการขออนุญาตก็ยังคงสว่างอยู่ หรือกดปุ่ม “ยกเลิก” เมื่อต้องการยกเลิกการอนุญาตใช้ไมโครโฟน หลอดไฟแสดงสถานะทุกดวงจะกลับคืนสู่สถานะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



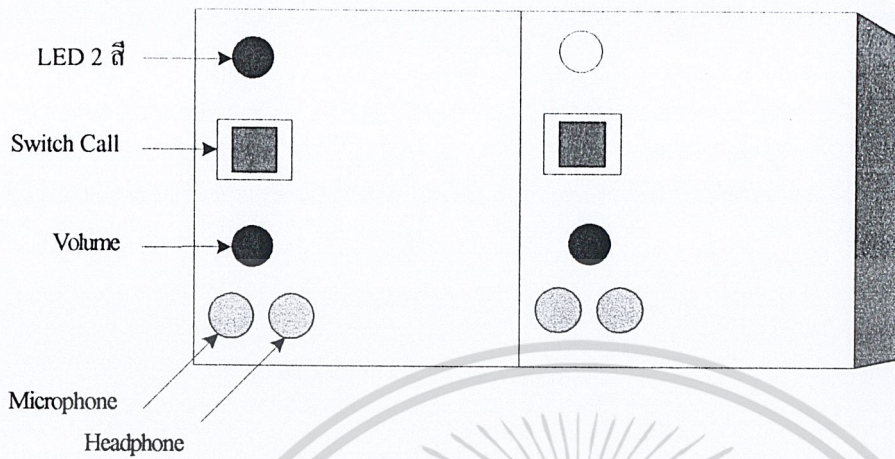
ภาพที่ 5.7(ก) แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ของอาจารย์ผู้สอนสถานะอนุญาต

อีกกรณี หากไม่มีสัญญาณขออนุญาตจากนักเรียน อาจารย์สามารถพิจารณาอนุญาตให้นักเรียนใช้ไมโครโฟนได้ โดยกดปุ่ม “อนุญาต” เพื่ออนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน หลอดไฟแสดงการอนุญาต(สีเขียว)บนหน้าจอจะสว่างขึ้น เพียงหลอดเดียว และกดปุ่ม “ยกเลิก” เมื่อต้องการยกเลิกการอนุญาตใช้ไมโครโฟน หลอดไฟแสดงสถานะทุกดวงจะกลับคืนสู่สถานะปกติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

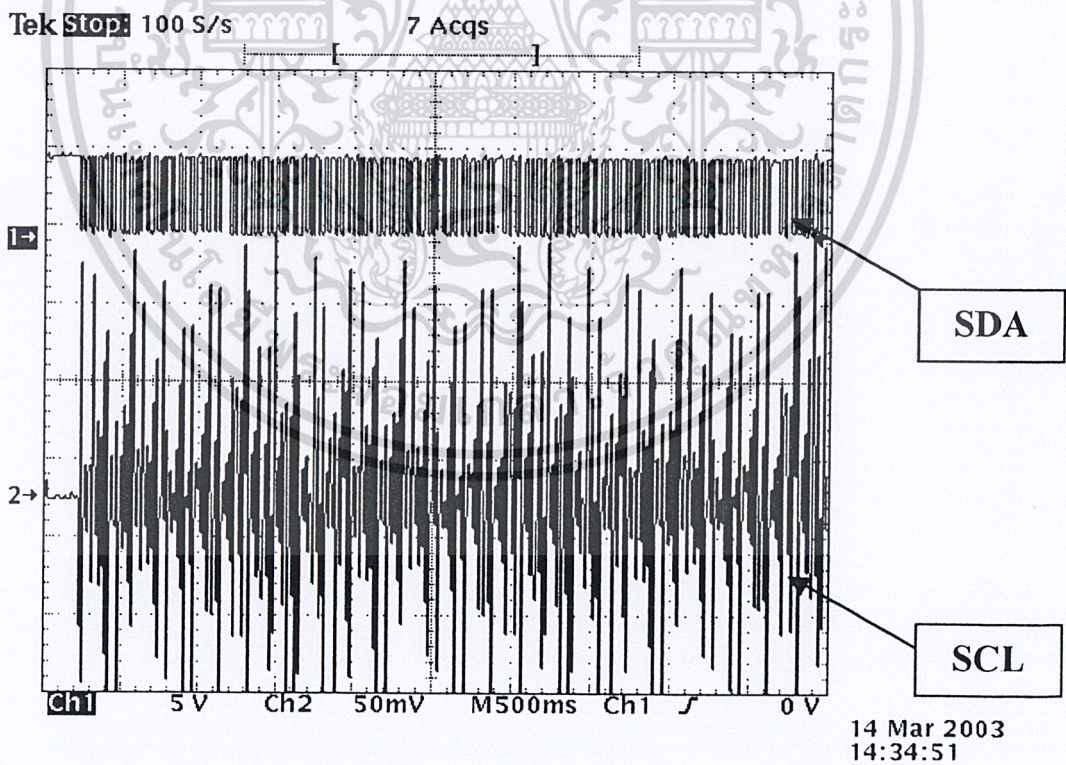
5.3.2 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะอนุญาต



ภาพที่ 5.8 หน้าปัดแสดงการทำงาน (นักเรียน) สภาวะอนุญาต

5.3.3 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน

ภาพแสดงรูปสัญญาณของ PCF8574 ขณะรับคำสั่งอนุญาตจากอาจารย์ผู้สอน



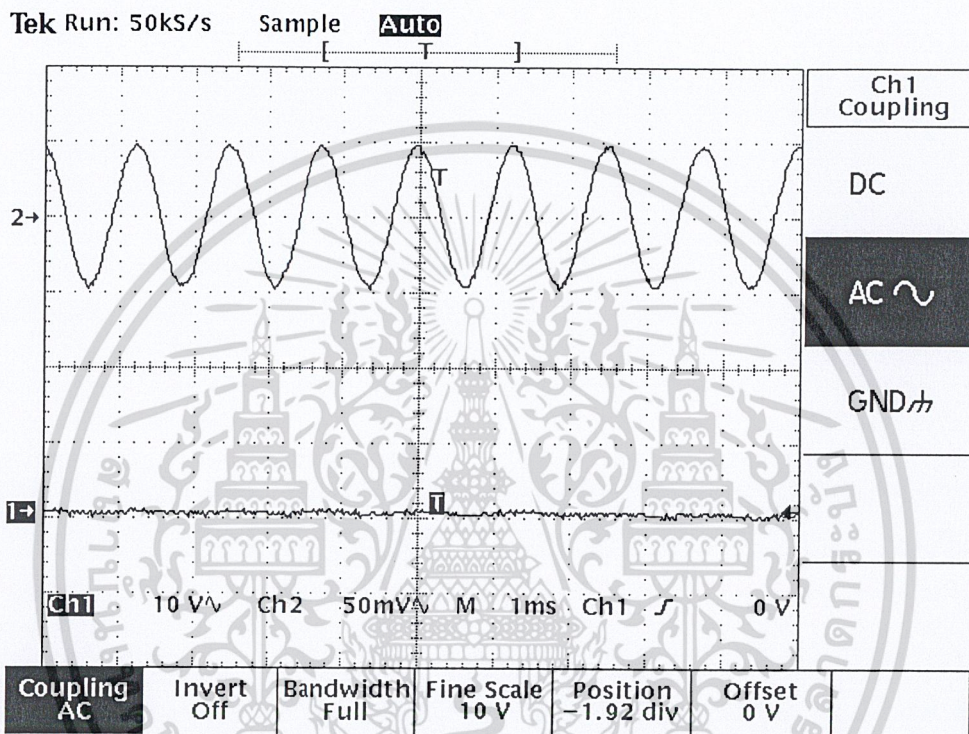
ภาพที่ 5.9 รูปสัญญาณของบัส I²C ขณะอาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงระหว่างแหล่งกำเนิดและหูฟังของนักเรียน

ภาพแสดงรูปสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่โต๊ะอาจารย์ผู้สอนเมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แล้วให้คุณภาพเสียงที่หูฟังของนักเรียนเหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมากที่สุด

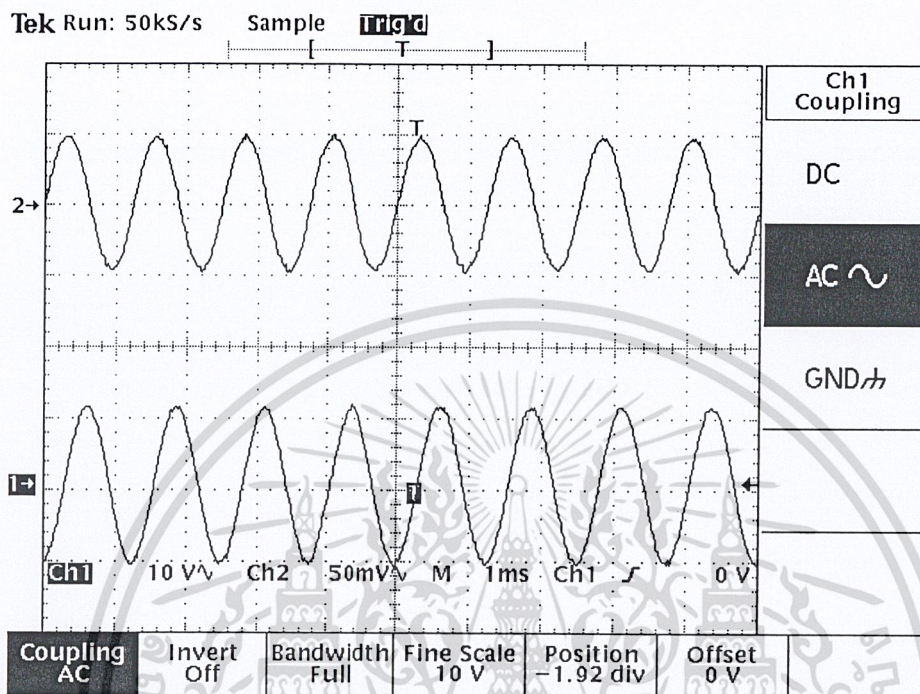
5.4.1 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอนไม่อนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน



ภาพที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอนไม่อนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน



ภาพที่ 5.11 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพสัญญาณเสียงขณะที่อาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้ใช้ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและบทวิจารณ์

จากการศึกษาระบบการทำงานของห้องปฏิบัติการทางภาษาแบบเก่าซึ่งประกอบด้วยปริมาณสายจำนวนมากและการบำรุงรักษาที่ยุงยากนั้น ได้นำข้อมูลมาทำการประยุกต์ออกแบบและสร้างจนกระทั่งโครงการสำเร็จ พบว่าจำนวนสายสัญญาณลดลงจริงตามสมมติฐาน โดยที่ประสิทธิภาพการควบคุมไม่ด้อยกว่ากัน อีกทั้งยังสามารถควบคุมได้ง่ายและแม่นยำกว่าระบบเก่าอีกด้วย แสดงการเปรียบเทียบได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการทางภาษา

| คุณสมบัติ | ห้องปฏิบัติการแบบเก่า | ห้องปฏิบัติการที่ประยุกต์ใช้ระบบบัส I ² C |
|--------------------|------------------------------|--|
| 1. ใช้งบประมาณ | 5000 บาทต่อ 1 โต๊ะปฏิบัติการ | 1000 บาทต่อ 1 โต๊ะปฏิบัติการ |
| 2. ปริมาณสายสัญญาณ | 200 เส้นต่อ 1 ห้องปฏิบัติการ | 9 เส้นต่อ 1 ห้องปฏิบัติการ |
| 3. การควบคุม | ใช้ ON/OFF SWITCH | ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ |
| 4. การเคลื่อนย้าย | ทำได้ยากเพราะมีขนาดใหญ่ | สะดวกเพราะมีขนาดเล็ก |
| 5. การซ่อมบำรุง | ยุ่งยากจากปริมาณสาย | ง่ายเพราะใช้สายเพียง 9 เส้น |
| 6. การพัฒนา | ทำได้ยาก | ทำได้ด้วย CD เพียงแผ่นเดียว |

จากตารางเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการนำระบบบัส I²C มาใช้กับระบบห้องปฏิบัติการทางภาษานั้นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ โดยเฉพาะด้านงบประมาณและการซ่อมบำรุง อีกทั้งยังสามารถพัฒนาให้เป็นระบบไร้สายได้อีกด้วย

ปัญหาที่พบเบื้องต้นเป็นการติดต่อสื่อสารโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่สามารถติดต่อกับระบบบัส I²C ได้ถึงระดับต่ำสุด ทำให้เกิดปัญหาการใช้พื้นที่ซ้ำซ้อนและไม่สามารถใช้งานพร้อม ๆ กันได้ จึงต้องเปลี่ยนแนวคิดจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงอย่างเดียว มาเป็นการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคู่กับโปรแกรม VISUAL BASIC

ปัญหาที่พบขณะทำโครงการจากการนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูปมาทดลองใช้งานเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน แต่การนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูปมาทดลองใช้งานนั้นก็ต้องประสบกับปัญหาที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เป็นไป โดยไม่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่สามารถใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อผิดพลาดและต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ การออกแบบวงจรร่วมโดยใช้ความรู้พื้นฐาน และใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ อาทิเช่น OP-AMP

มาออกแบบวงจรถยายและวงจรBUFFER เป็นต้น ทำให้ปัญหาข้างต้นหมดไป ต่อมาเมื่ออุปกรณ์ร่วมสามารถทำงานได้เป็นปกติแล้วจึงสามารถทดลองสมมติฐานต่อไปได้ ก็จะประสบปัญหาเกี่ยวกับภาษา VISUAL BASIC ซึ่งผู้จัดทำยังมีประสบการณ์การใช้ภาษา VISUAL BASIC น้อยมาก และต้องทำการศึกษาเพื่อออกแบบและประยุกต์ใช้งานกับระบบห้องปฏิบัติการ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมและความสะดวกของผู้ใช้งานควบคู่ด้วย เมื่อผู้จัดทำสามารถวิเคราะห์และขจัดปัญหาดังกล่าวทั้งหมดแล้ว ยังจะประสบปัญหาภายนอกบางประการที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นการทำแผ่นวงจรต่าง ๆ หรือปัญหาเกี่ยวกับทักษะและเครื่องมือเครื่องใช้ รวมถึงข้อมูลจาก DATA SHEET ที่ไม่รองรับกับการออกแบบใช้งานโครงการนี้ ผู้จัดทำจะต้องปรึกษา และขอคำแนะนำจากท่านคณาจารย์หลาย ๆ ท่านและผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ ฝ่าย เพื่อจะประยุกต์ใช้งานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ จนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

จากการออกแบบและสร้างจนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงเรียบร้อย พบว่าสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ทุกประการ และมีผลเป็นที่น่าพอใจ ผู้จัดทำยินดีที่จะพัฒนาโครงการนี้ให้ก้าวสู่ความทันสมัยและสะดวกใช้ ด้วยการพัฒนาเป็นระบบไร้สาย เพื่อให้โครงการสามารถนำไปใช้งานได้จริงไม่ว่าจะเป็นสถานศึกษา หรือ สำนักงานต่าง ๆ ตามความเหมาะสม อีกทั้งพัฒนาให้สอดคล้องกับความพึงพอใจที่ผู้ใช้ยอมรับ และยินดีให้ข้อมูลและคำปรึกษาอย่างเต็มความสามารถสำหรับผู้สนใจและนำไปประยุกต์พัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กฤษดา ใจเย็น,อรรถพล บุญยะโกคา,ชัชวัฒน์ ลี้มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม”, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์ริเมนต์ จำกัด
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนากุล,ชัชวัฒน์ ลี้มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 Flash Microcontroller”, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์ริเมนต์ จำกัด
3. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ ตระกูล MCS-51”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2543
4. สัจจะ จรัสรุ่งรวีร์, “คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6.0”, อินโฟเพรส, 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



PCF8574 Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

Product specification
Supersedes data of 1997 Apr 02

2002 Jul 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

CONTENTS

| | |
|--------|---|
| 1 | FEATURES |
| 2 | GENERAL DESCRIPTION |
| 3 | ORDERING INFORMATION |
| 4 | BLOCK DIAGRAM |
| 5 | PINNING |
| 5.1 | DIP16 and SO16 packages |
| 5.2 | SSOP20 package |
| 6 | CHARACTERISTICS OF THE I ² C-BUS |
| 6.1 | Bit transfer |
| 6.2 | Start and stop conditions |
| 6.3 | System configuration |
| 6.4 | Acknowledge |
| 7 | FUNCTIONAL DESCRIPTION |
| 7.1 | Addressing |
| 7.2 | Interrupt output |
| 7.3 | Quasi-bidirectional I/Os |
| 8 | LIMITING VALUES |
| 9 | HANDLING |
| 10 | DC CHARACTERISTICS |
| 11 | I ² C-BUS TIMING CHARACTERISTICS |
| 12 | PACKAGE OUTLINES |
| 13 | SOLDERING |
| 13.1 | Introduction |
| 13.2 | Through-hole mount packages |
| 13.2.1 | Soldering by dipping or by solder wave |
| 13.2.2 | Manual soldering |
| 13.3 | Surface mount packages |
| 13.3.1 | Reflow soldering |
| 13.3.2 | Wave soldering |
| 13.3.3 | Manual soldering |
| 13.4 | Suitability of IC packages for wave, reflow and dipping soldering methods |
| 14 | DATA SHEET STATUS |
| 15 | DEFINITIONS |
| 16 | DISCLAIMERS |
| 17 | PURCHASE OF PHILIPS I ² C COMPONENTS |

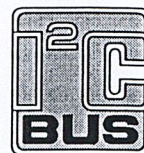
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10 μ A maximum
- I²C-bus to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I²C-bus
- Compatible with most microcontrollers
- Latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs
- Address by 3 hardware address pins for use of up to 8 devices (up to 16 with PCF8574A)
- DIP16, or space-saving SO16 or SSOP20 packages.



The device consists of an 8-bit quasi-bidirectional port and an I²C-bus interface. The PCF8574 has a low current consumption and includes latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs. It also possesses an interrupt line (INT) which can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O can inform the microcontroller if there is incoming data on its ports without having to communicate via the I²C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

The PCF8574 and PCF8574A versions differ only in their slave address as shown in Fig.10.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8574 is a silicon CMOS circuit. It provides general purpose remote I/O expansion for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I²C-bus).

3 ORDERING INFORMATION

| TYPE NUMBER | PACKAGE | | |
|--------------------------|---------|---|----------|
| | NAME | DESCRIPTION | VERSION |
| PCF8574P; PCF8574AP | DIP16 | plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body | SOT38-1 |
| PCF8574T; PCF8574AT | SO16 | plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm | SOT162-1 |
| PCF8574TS; PCF8574ATS | SSOP20 | plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm | SOT266-1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

4 BLOCK DIAGRAM

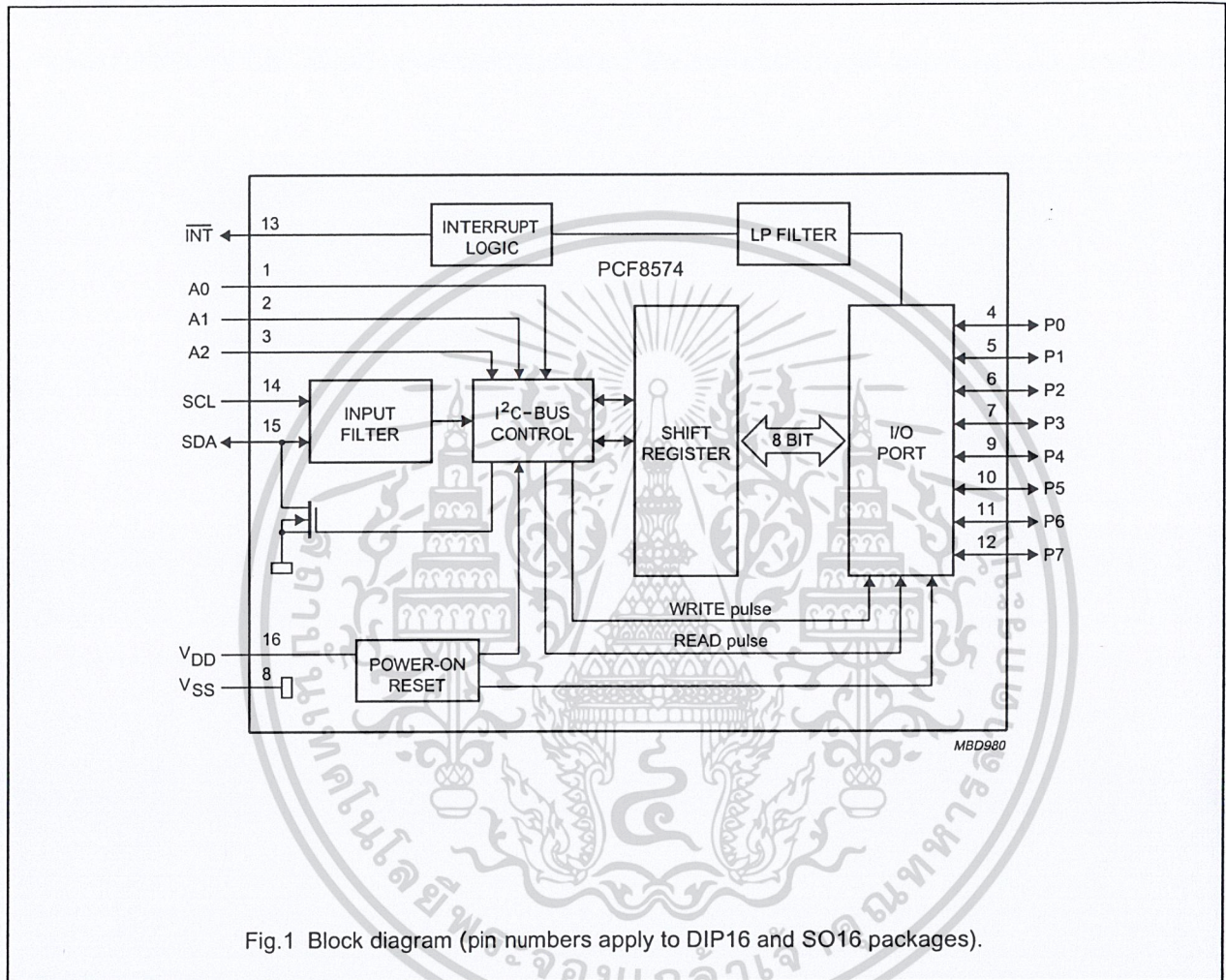


Fig.1 Block diagram (pin numbers apply to DIP16 and SO16 packages).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

5 PINNING

5.1 DIP16 and SO16 packages

| SYMBOL | PIN | DESCRIPTION |
|-----------------|-----|-------------------------------|
| A0 | 1 | address input 0 |
| A1 | 2 | address input 1 |
| A2 | 3 | address input 2 |
| P0 | 4 | quasi-bidirectional I/O 0 |
| P1 | 5 | quasi-bidirectional I/O 1 |
| P2 | 6 | quasi-bidirectional I/O 2 |
| P3 | 7 | quasi-bidirectional I/O 3 |
| V _{SS} | 8 | supply ground |
| P4 | 9 | quasi-bidirectional I/O 4 |
| P5 | 10 | quasi-bidirectional I/O 5 |
| P6 | 11 | quasi-bidirectional I/O 6 |
| P7 | 12 | quasi-bidirectional I/O 7 |
| INT | 13 | interrupt output (active LOW) |
| SCL | 14 | serial clock line |
| SDA | 15 | serial data line |
| V _{DD} | 16 | supply voltage |

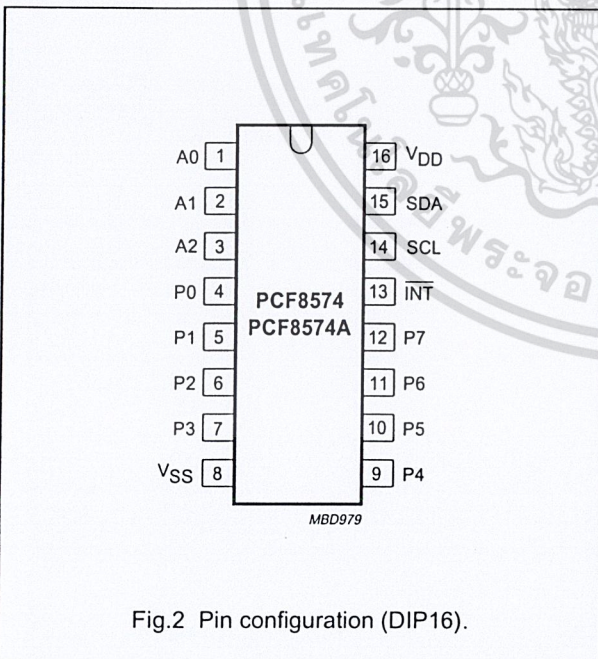


Fig.2 Pin configuration (DIP16).

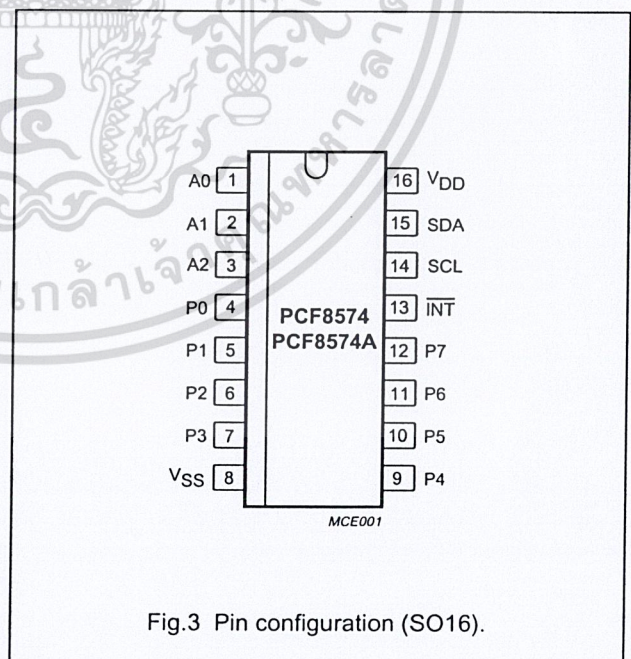


Fig.3 Pin configuration (SO16).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

5.2 SSOP20 package

| SYMBOL | PIN | DESCRIPTION |
|-----------------|-----|-------------------------------|
| INT | 1 | interrupt output (active LOW) |
| SCL | 2 | serial clock line |
| n.c. | 3 | not connected |
| SDA | 4 | serial data line |
| V _{DD} | 5 | supply voltage |
| A0 | 6 | address input 0 |
| A1 | 7 | address input 1 |
| n.c. | 8 | not connected |
| A2 | 9 | address input 2 |
| P0 | 10 | quasi-bidirectional I/O 0 |
| P1 | 11 | quasi-bidirectional I/O 1 |
| P2 | 12 | quasi-bidirectional I/O 2 |
| n.c. | 13 | not connected |
| P3 | 14 | quasi-bidirectional I/O 3 |
| V _{SS} | 15 | supply ground |
| P4 | 16 | quasi-bidirectional I/O 4 |
| P5 | 17 | quasi-bidirectional I/O 5 |
| n.c. | 18 | not connected |
| P6 | 19 | quasi-bidirectional I/O 6 |
| P7 | 20 | quasi-bidirectional I/O 7 |

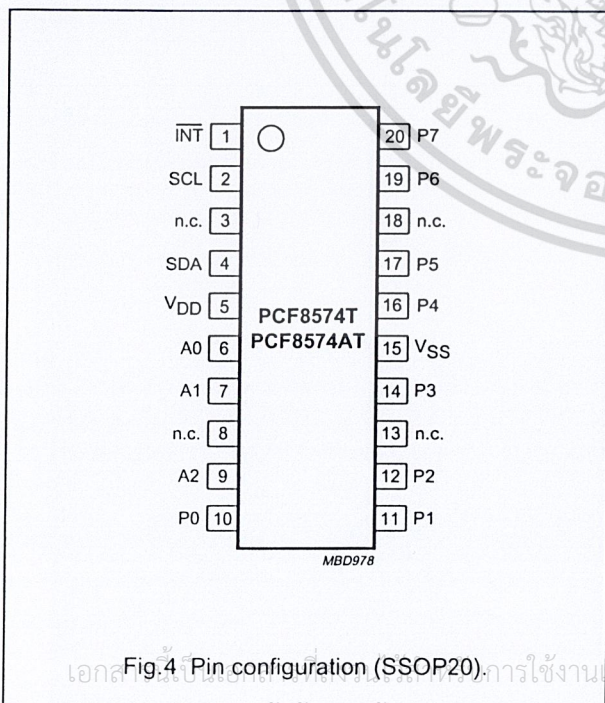


Fig. 4 Pin configuration (SSOP20).

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท Philips Semiconductors. การใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

6 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS

The I²C-bus is for 2-way, 2-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor when connected to the output stages of a device. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

6.1 Bit transfer

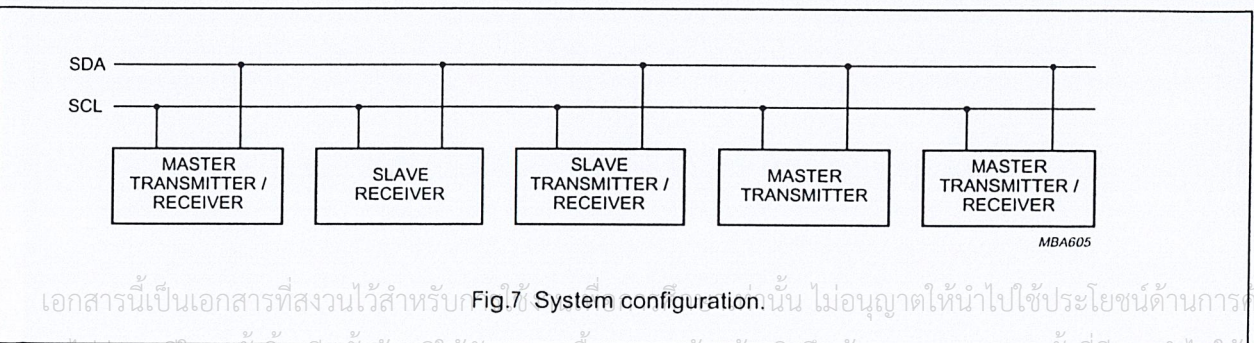
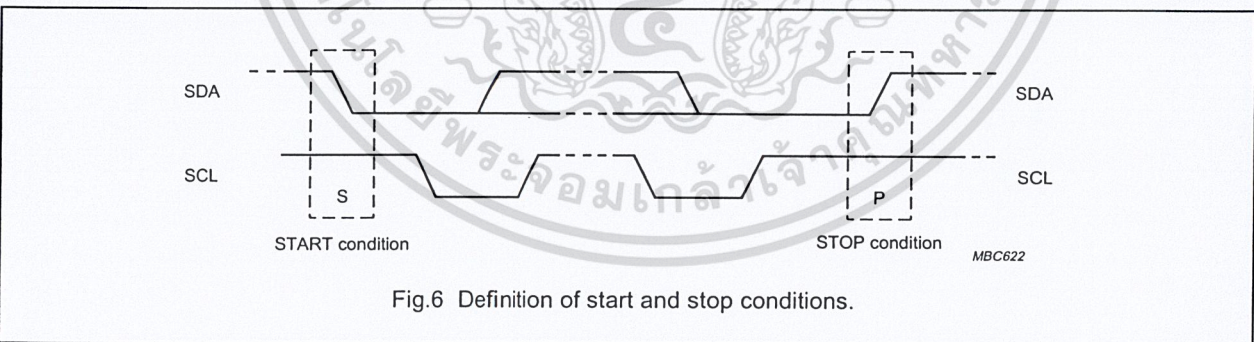
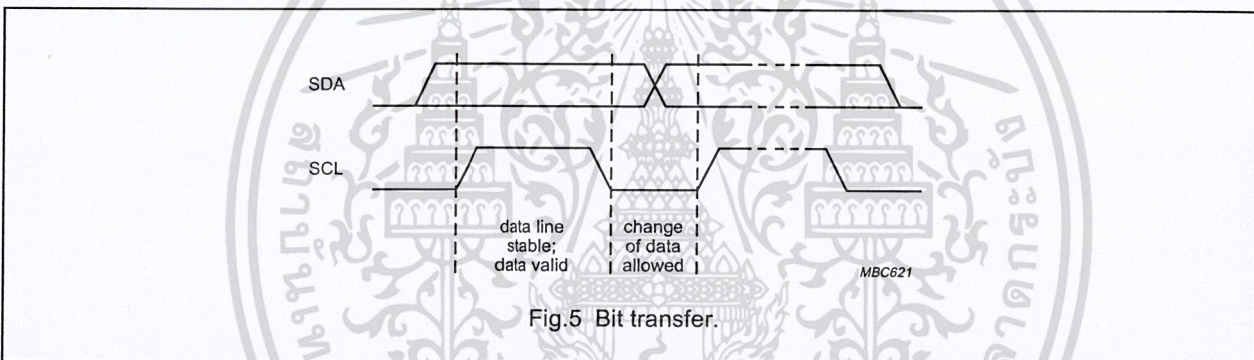
One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Fig.5).

6.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH is defined as the start condition (S). A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the stop condition (P) (see Fig.6).

6.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves' (see Fig.7).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ Fig.7 System configuration. นั้น ไม่นิยามให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

6.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and the stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit (see Fig.8). The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master generates an extra acknowledge related clock pulse.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception

of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse, set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by **not** generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

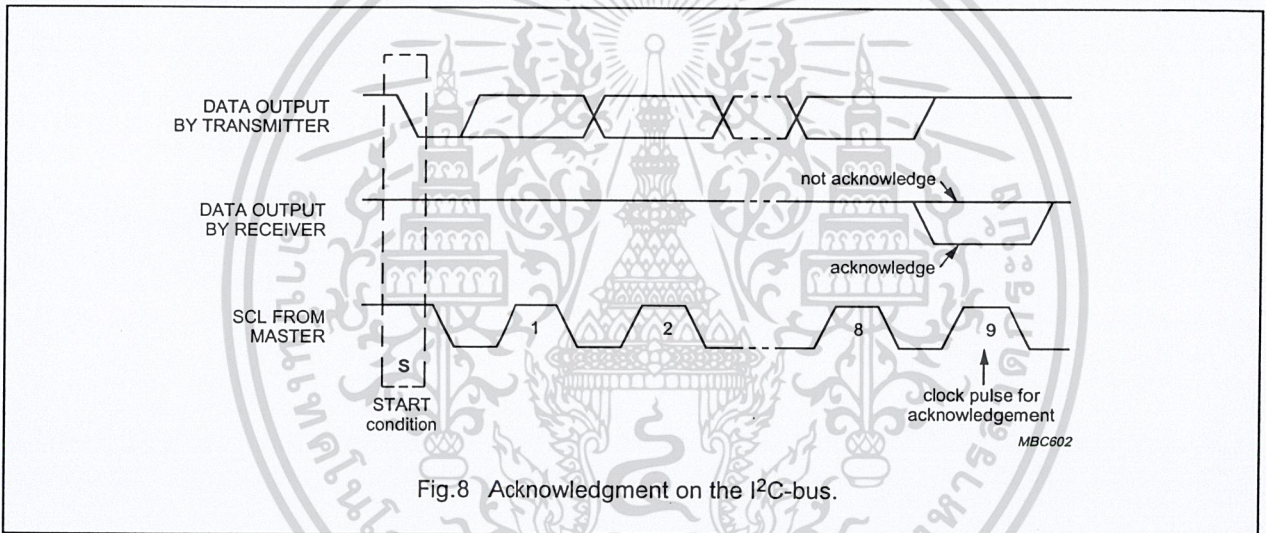


Fig.8 Acknowledgment on the I²C-bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

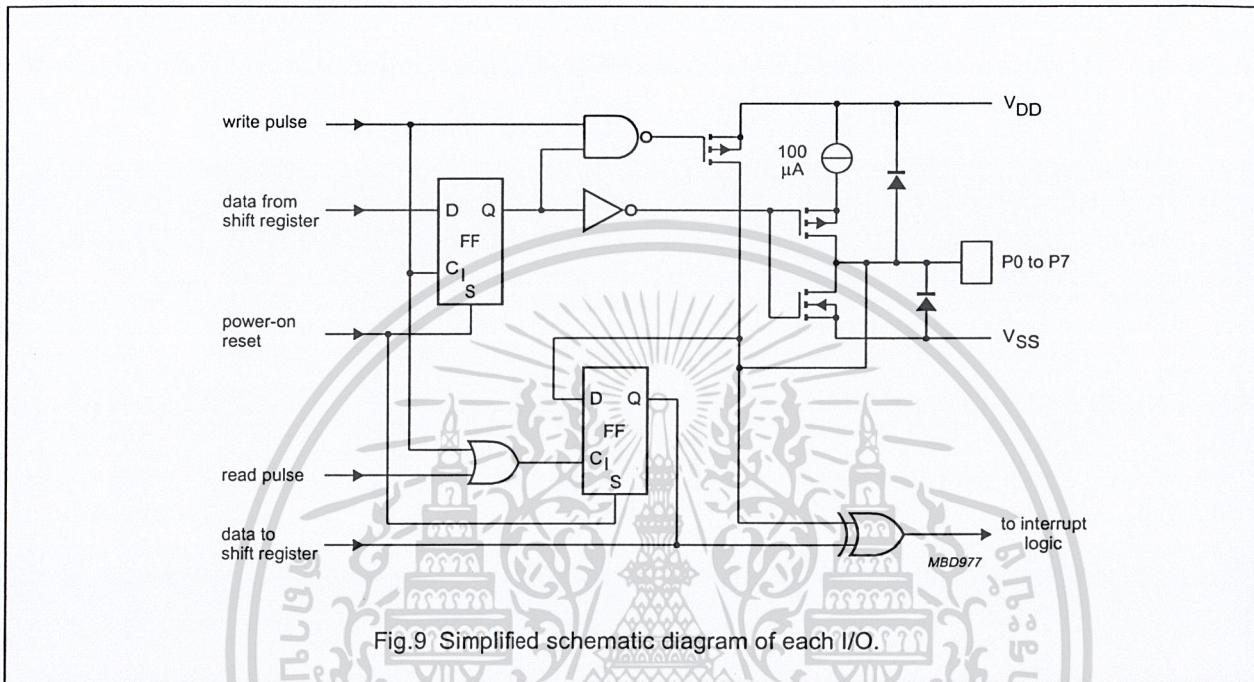


Fig.9 Simplified schematic diagram of each I/O.

7.1 Addressing

For addressing see Figs 10, 11 and 12.

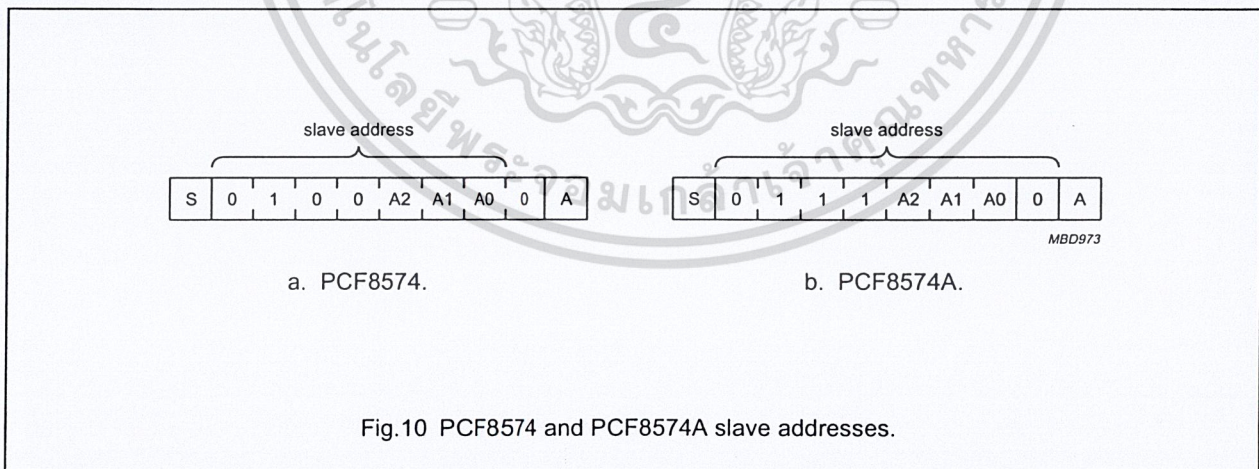


Fig.10 PCF8574 and PCF8574A slave addresses.

Each of the PCF8574's eight I/Os can be independently used as an input or output. Input data is transferred from the port to the microcontroller by the READ mode (see Fig.12). Output data is transmitted to the port by the WRITE mode (see Fig.11).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

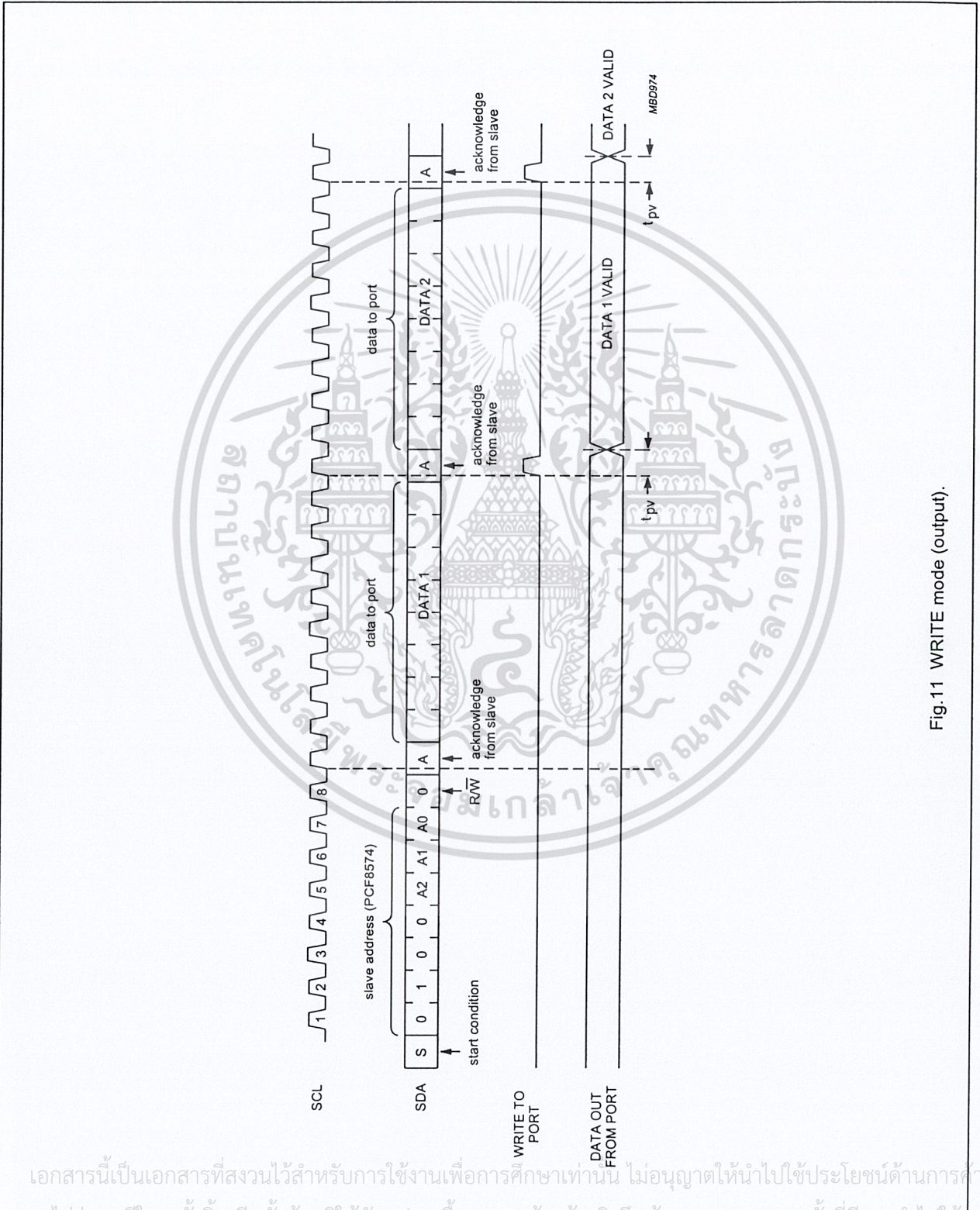


Fig. 11 WRITE mode (output).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

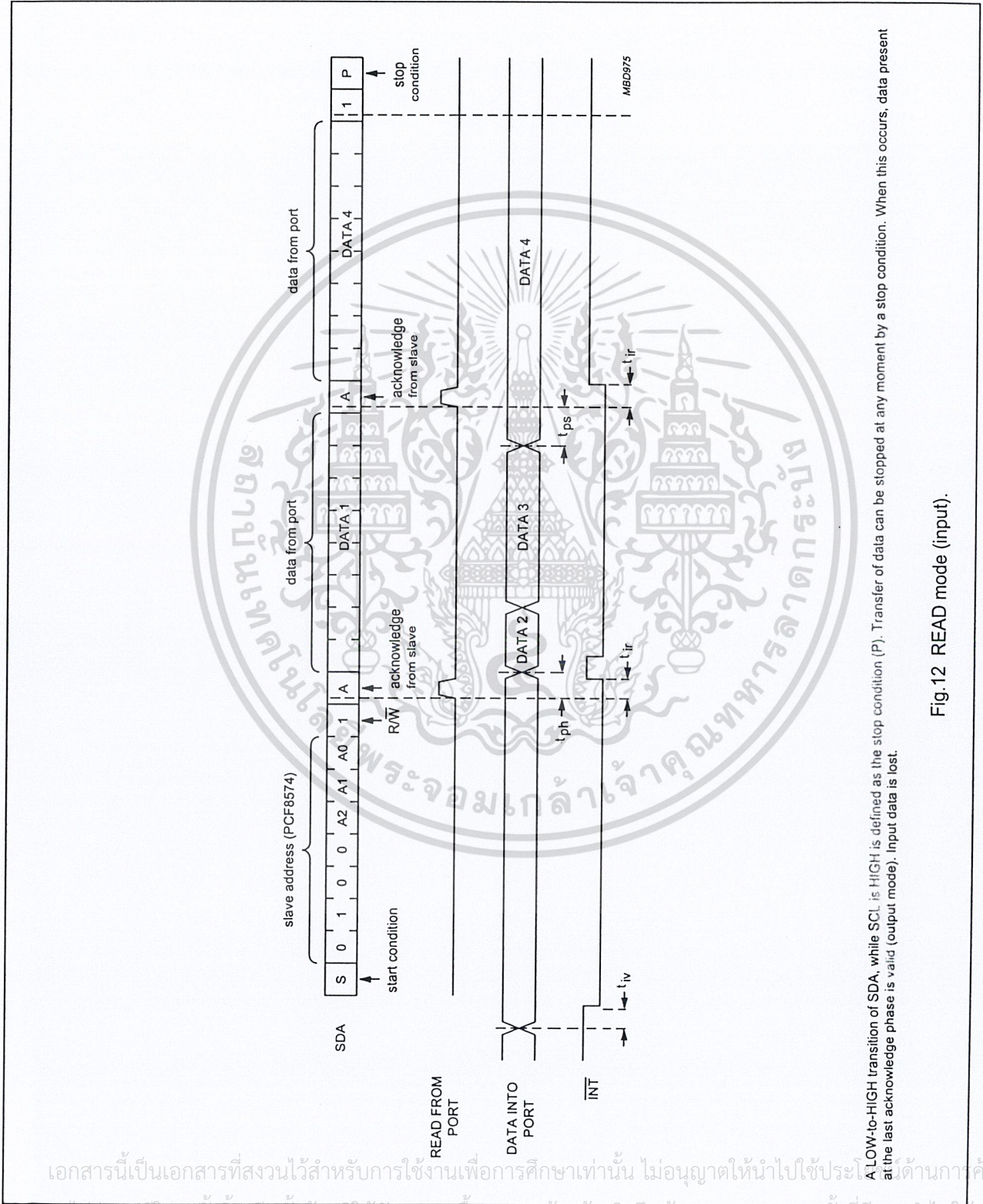


Fig.12 READ mode (input). A LOW-to-HIGH transition of SDA, while SCL is HIGH is defined as the stop condition (P). Transfer of data can be stopped at any moment by a stop condition. When this occurs, data present at the last acknowledge phase is valid (output mode). Input data is lost.

Fig.12 READ mode (input).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

7.2 Interrupt output

The PCF8574 provides an open-drain output ($\overline{\text{INT}}$) which can be fed to a corresponding input of the microcontroller (see Figs 13 and 14). This gives these chips a type of master function which can initiate an action elsewhere in the system.

An interrupt is generated by any rising or falling edge of the port inputs in the input mode. After time t_{iv} the signal $\overline{\text{INT}}$ is valid.

Resetting and reactivating the interrupt circuit is achieved when data on the port is changed to the original setting or data is read from or written to the port which has generated the interrupt.

Resetting occurs as follows:

- In the READ mode at the acknowledge bit after the rising edge of the SCL signal
- In the WRITE mode at the acknowledge bit after the HIGH-to-LOW transition of the SCL signal

- Interrupts which occur during the acknowledge clock pulse may be lost (or very short) due to the resetting of the interrupt during this pulse.

Each change of the I/Os after resetting will be detected and, after the next rising clock edge, will be transmitted as $\overline{\text{INT}}$. Reading from or writing to another device does not affect the interrupt circuit.

7.3 Quasi-bidirectional I/Os

A quasi-bidirectional I/O can be used as an input or output without the use of a control signal for data direction (see Fig.15). At power-on the I/Os are HIGH. In this mode only a current source to V_{DD} is active. An additional strong pull-up to V_{DD} allows fast rising edges into heavily loaded outputs. These devices turn on when an output is written HIGH, and are switched off by the negative edge of SCL. The I/Os should be HIGH before being used as inputs.

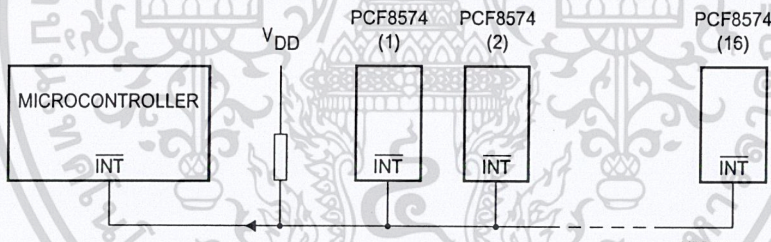
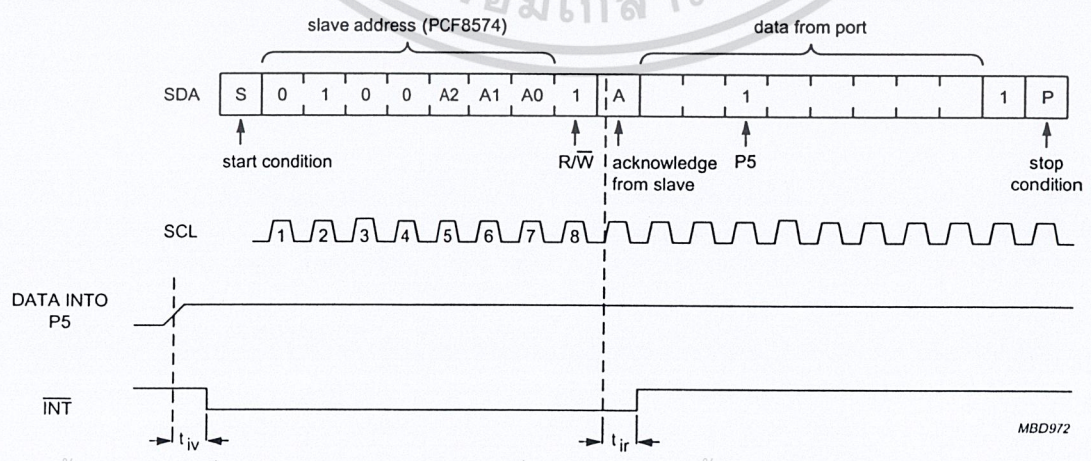


Fig.13 Application of multiple PCF8574s with interrupt.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ Fig.14 Interrupt generated by a change of input to I/O P5. ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

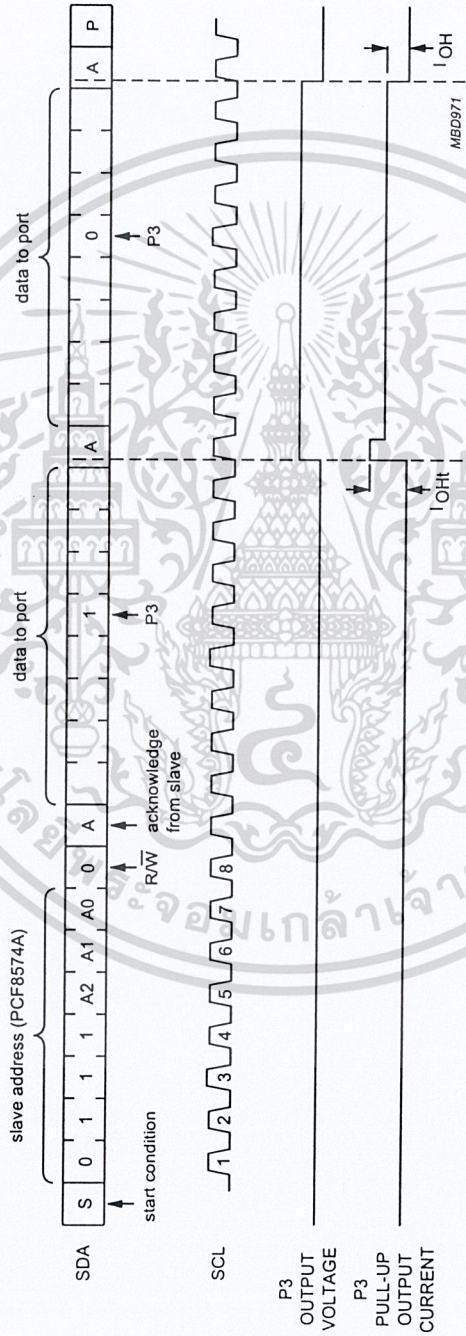


Fig.15 Transient pull-up current I_{OH} while P3 changes from LOW-to-HIGH and back to LOW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

8 LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

| SYMBOL | PARAMETER | MIN. | MAX. | UNIT |
|------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------|
| V _{DD} | supply voltage | -0.5 | +7.0 | V |
| V _I | input voltage | V _{SS} - 0.5 | V _{DD} + 0.5 | V |
| I _I | DC input current | - | ±20 | mA |
| I _O | DC output current | - | ±25 | mA |
| I _{DD} | supply current | - | ±100 | mA |
| I _{SS} | supply current | - | ±100 | mA |
| P _{tot} | total power dissipation | - | 400 | mW |
| P _O | power dissipation per output | - | 100 | mW |
| T _{stg} | storage temperature | -65 | +150 | °C |
| T _{amb} | ambient temperature | -40 | +85 | °C |

9 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However, to be totally safe, it is desirable to take precautions appropriate to handling MOS devices, see "Handling MOS Devices".

10 DC CHARACTERISTICS

V_{DD} = 2.5 to 6 V; V_{SS} = 0 V; T_{amb} = -40 to +85 °C; unless otherwise specified.

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|------------------------------------|--------------------------|--|--------------------|------|-----------------------|------|
| Supply | | | | | | |
| V _{DD} | supply voltage | | 2.5 | - | 6.0 | V |
| I _{DD} | supply current | operating mode; V _{DD} = 6 V; no load; V _I = V _{DD} or V _{SS} ; f _{SCL} = 100 kHz | - | 40 | 100 | µA |
| I _{stb} | standby current | standby mode; V _{DD} = 6 V; no load; V _I = V _{DD} or V _{SS} | - | 2.5 | 10 | µA |
| V _{POR} | Power-on reset voltage | V _{DD} = 6 V; no load; V _I = V _{DD} or V _{SS} ; note 1 | - | 1.3 | 2.4 | V |
| Input SCL; input/output SDA | | | | | | |
| V _{IL} | LOW level input voltage | | -0.5 | - | +0.3V _{DD} | V |
| V _{IH} | HIGH level input voltage | | 0.7V _{DD} | - | V _{DD} + 0.5 | V |
| I _{OL} | LOW level output current | V _{OL} = 0.4 V | 3 | - | - | mA |
| I _L | leakage current | V _I = V _{DD} or V _{SS} | -1 | - | +1 | µA |
| C _i | input capacitance | V _I = V _{SS} | - | - | 7 | pF |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|--|--|---|--------------------|------|-----------------------|------|
| I/Os | | | | | | |
| V _{IL} | LOW level input voltage | | -0.5 | - | +0.3V _{DD} | V |
| V _{IH} | HIGH level input voltage | | 0.7V _{DD} | - | V _{DD} + 0.5 | V |
| I _{IHL(max)} | maximum allowed input current through protection diode | V _I ≥ V _{DD} or V _I ≤ V _{SS} | - | - | ±400 | μA |
| I _{OL} | LOW level output current | V _{OL} = 1 V; V _{DD} = 5 V | 10 | 25 | - | mA |
| I _{OH} | HIGH level output current | V _{OH} = V _{SS} | 30 | - | 300 | μA |
| I _{OHt} | transient pull-up current | HIGH during acknowledge (see Fig.15); V _{OH} = V _{SS} ; V _{DD} = 2.5 V | - | -1 | - | mA |
| C _i | input capacitance | | - | - | 10 | pF |
| C _o | output capacitance | | - | - | 10 | pF |
| Port timing; C_L ≤ 100 pF (see Figs 11 and 12) | | | | | | |
| t _{pv} | output data valid | | - | - | 4 | μs |
| t _{su} | input data set-up time | | 0 | - | - | μs |
| t _h | input data hold time | | 4 | - | - | μs |
| Interrupt $\overline{\text{INT}}$ (see Fig.14) | | | | | | |
| I _{OL} | LOW level output current | V _{OL} = 0.4 V | 1.6 | - | - | mA |
| I _L | leakage current | V _I = V _{DD} or V _{SS} | -1 | - | +1 | μA |
| TIMING; C_L ≤ 100 pF | | | | | | |
| t _{iv} | input data valid time | | - | - | 4 | μs |
| t _{ir} | reset delay time | | - | - | 4 | μs |
| Select inputs A0 to A2 | | | | | | |
| V _{IL} | LOW level input voltage | | -0.5 | - | +0.3V _{DD} | V |
| V _{IH} | HIGH level input voltage | | 0.7V _{DD} | - | V _{DD} + 0.5 | V |
| I _{LI} | input leakage current | pin at V _{DD} or V _{SS} | -250 | - | +250 | nA |

Note

1. The Power-on reset circuit resets the I²C-bus logic at V_{DD} < V_{POR} and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V_{DD}).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

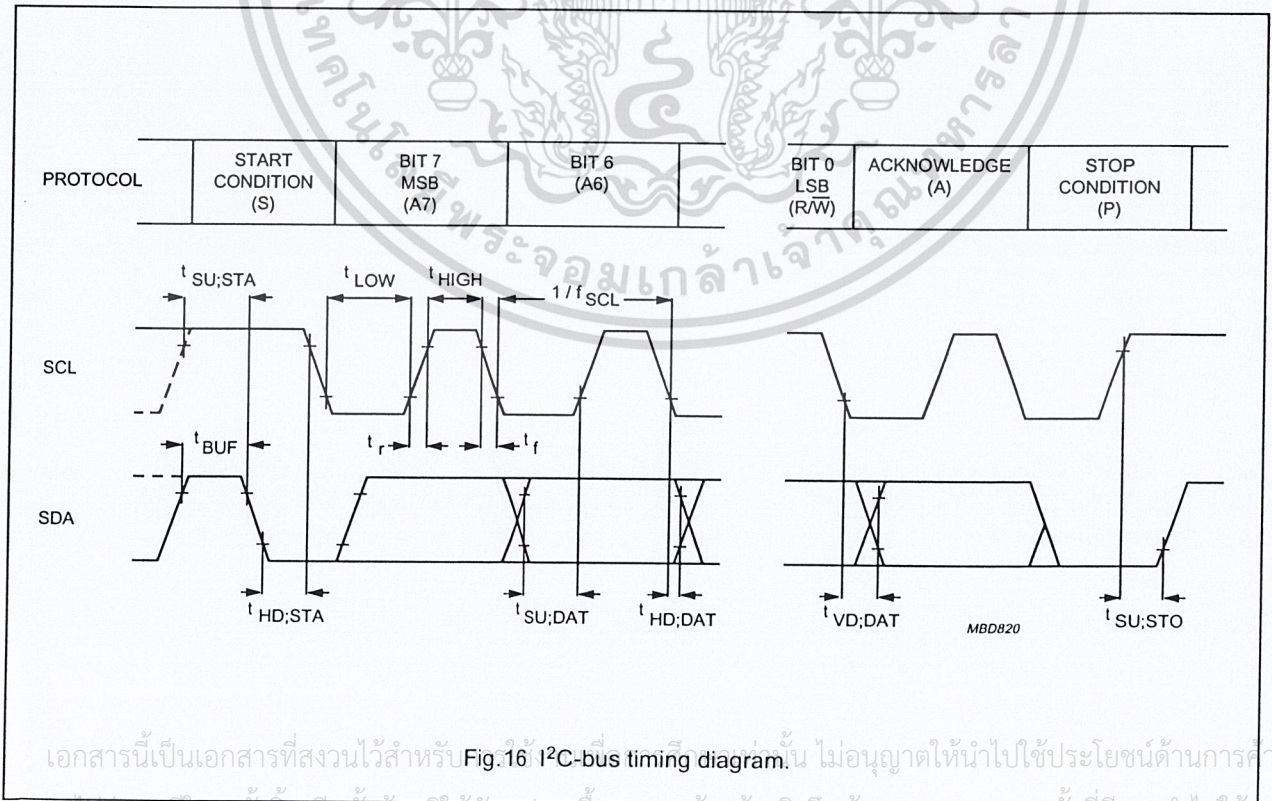
PCF8574

11 I²C-BUS TIMING CHARACTERISTICS

| SYMBOL | PARAMETER | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|---|------------------------------|------|------|------|------|
| I²C-bus timing (see Fig.16; note 1) | | | | | |
| f _{SCL} | SCL clock frequency | – | – | 100 | kHz |
| t _{SW} | tolerable spike width on bus | – | – | 100 | ns |
| t _{BUF} | bus free time | 4.7 | – | – | µs |
| t _{SU;STA} | START condition set-up time | 4.7 | – | – | µs |
| t _{HD;STA} | START condition hold time | 4.0 | – | – | µs |
| t _{LOW} | SCL LOW time | 4.7 | – | – | µs |
| t _{HIGH} | SCL HIGH time | 4.0 | – | – | µs |
| t _r | SCL and SDA rise time | – | – | 1.0 | µs |
| t _f | SCL and SDA fall time | – | – | 0.3 | µs |
| t _{SU;DAT} | data set-up time | 250 | – | – | ns |
| t _{HD;DAT} | data hold time | 0 | – | – | ns |
| t _{VD;DAT} | SCL LOW to data out valid | – | – | 3.4 | µs |
| t _{SU;STO} | STOP condition set-up time | 4.0 | – | – | µs |

Note

- All the timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and refer to V_{IL} and V_{IH} with an input voltage swing of V_{SS} to V_{DD}.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ Fig.16 I²C-bus timing diagram. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

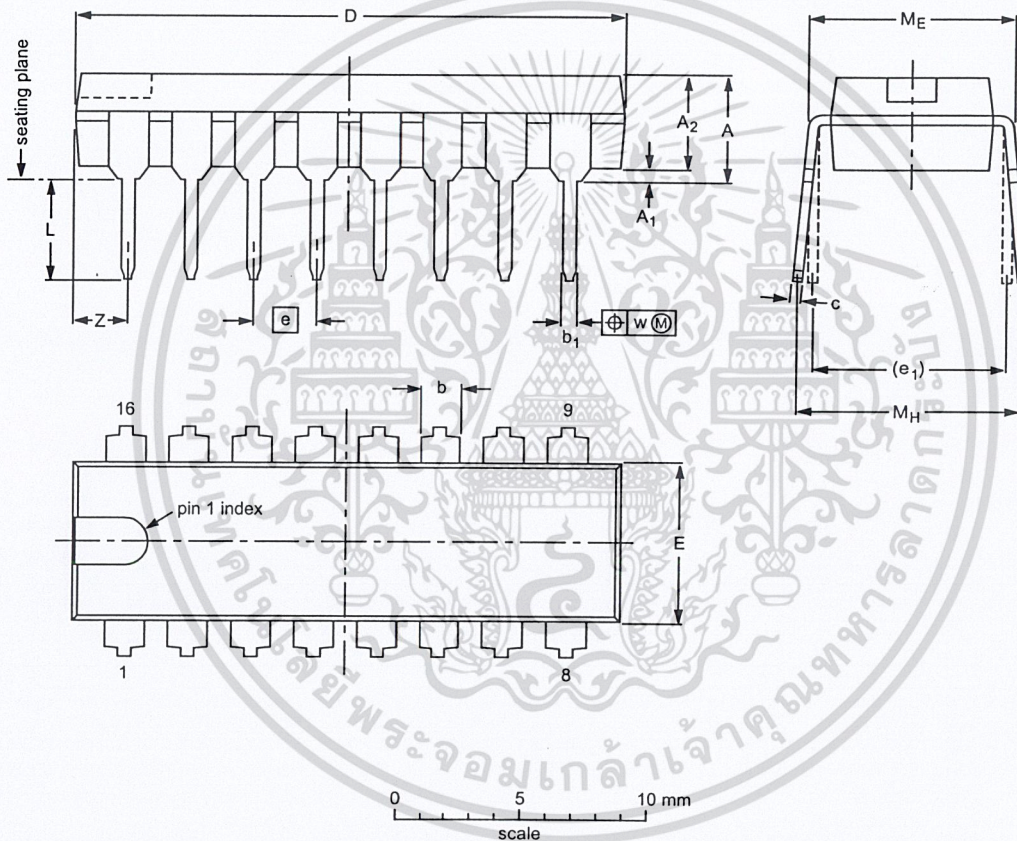
Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

12 PACKAGE OUTLINES

DIP16: plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body

SOT38-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

| UNIT | A max. | A ₁ min. | A ₂ max. | b | b ₁ | c | D ⁽¹⁾ | E ⁽¹⁾ | e | e ₁ | L | M _E | M _H | w | Z ⁽¹⁾ max. |
|--------|--------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------|----------------|--------------|----------------|----------------|-------|-----------------------|
| mm | 4.7 | 0.51 | 3.7 | 1.40 1.14 | 0.53 0.38 | 0.32 0.23 | 21.8 21.4 | 6.48 6.20 | 2.54 | 7.62 | 3.9 3.4 | 8.25 7.80 | 9.5 8.3 | 0.254 | 2.2 |
| inches | 0.19 | 0.020 | 0.15 | 0.055 0.045 | 0.021 0.015 | 0.013 0.009 | 0.86 0.84 | 0.26 0.24 | 0.10 | 0.30 | 0.15 0.13 | 0.32 0.31 | 0.37 0.33 | 0.01 | 0.087 |

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

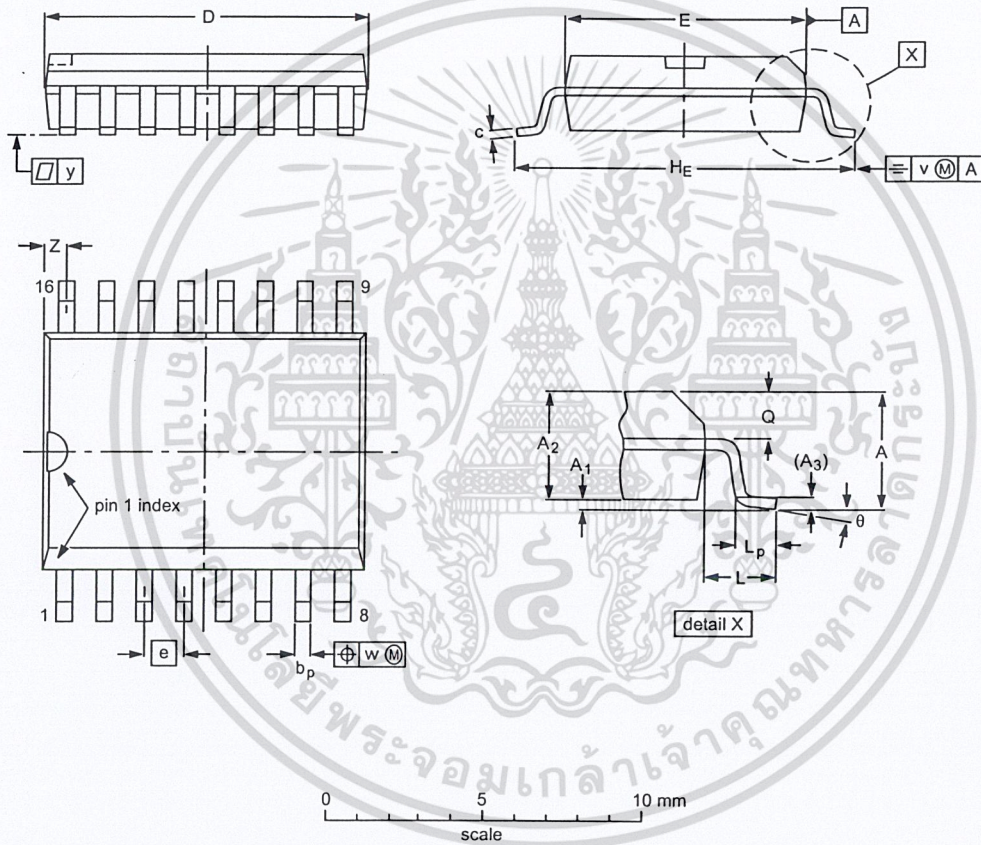
| OUTLINE VERSION | REFERENCES | | | EUROPEAN PROJECTION | ISSUE DATE |
|-----------------|------------|--------|-----------|---------------------|----------------------|
| | IEC | JEDEC | EIAJ | | |
| SOT38-1 | 050G09 | MO-001 | SC-503-16 | | 95-01-19 99-12-27 |

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

SO16: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm

SOT162-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

| UNIT | A max. | A ₁ | A ₂ | A ₃ | b _p | c | D ⁽¹⁾ | E ⁽¹⁾ | e | H _E | L | L _p | Q | v | w | y | Z ⁽¹⁾ | θ |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|-------|----------------|-------|----------------|----------------|------|------|-------|------------------|----------|
| mm | 2.65 | 0.30 0.10 | 2.45 2.25 | 0.25 | 0.49 0.36 | 0.32 0.23 | 10.5 10.1 | 7.6 7.4 | 1.27 | 10.65 10.00 | 1.4 | 1.1 0.4 | 1.1 1.0 | 0.25 | 0.25 | 0.1 | 0.9 0.4 | 8° 0° |
| inches | 0.10 | 0.012 0.004 | 0.096 0.089 | 0.01 | 0.019 0.014 | 0.013 0.009 | 0.41 0.40 | 0.30 0.29 | 0.050 | 0.419 0.394 | 0.055 | 0.043 0.016 | 0.043 0.039 | 0.01 | 0.01 | 0.004 | 0.035 0.016 | |

Note
1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

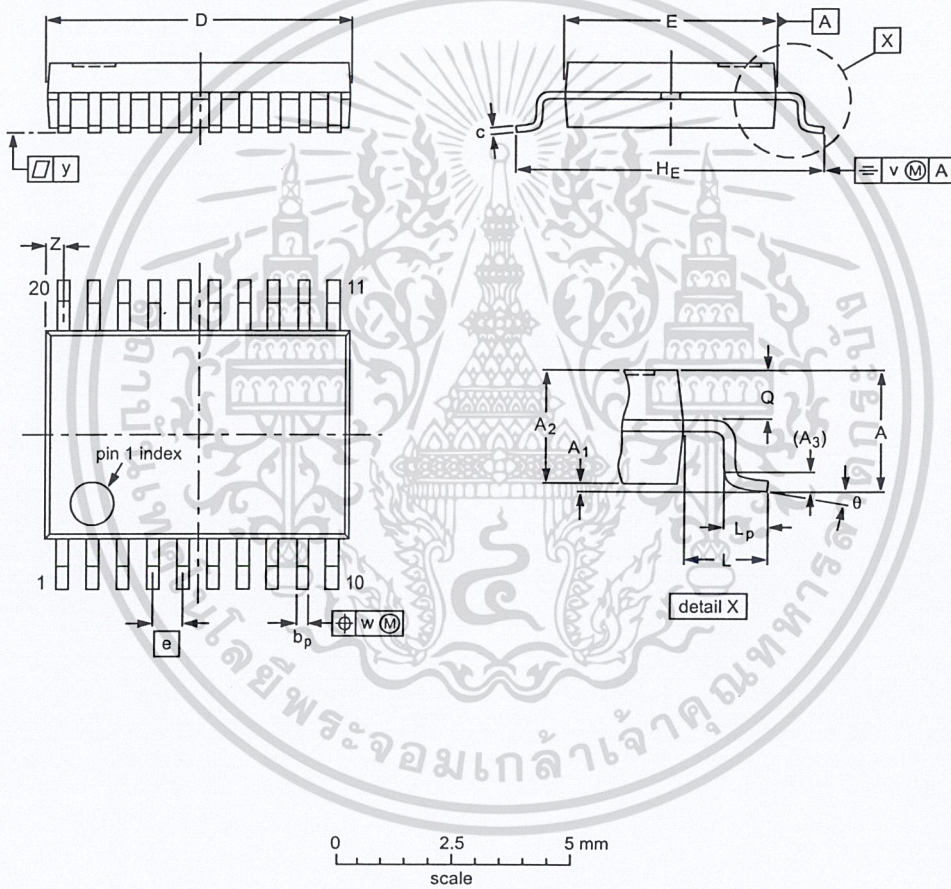
| OUTLINE VERSION | REFERENCES | | | EUROPEAN PROJECTION | ISSUE DATE |
|-----------------|------------|--------|------|---------------------|----------------------|
| | IEC | JEDEC | EIAJ | | |
| SOT162-1 | 075E03 | MS-013 | | | 97-05-22 99-12-27 |

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

PCF8574

SSOP20: plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm

SOT266-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

| UNIT | A max. | A ₁ | A ₂ | A ₃ | b _p | c | D ⁽¹⁾ | E ⁽¹⁾ | e | H _E | L | L _p | Q | v | w | y | Z ⁽¹⁾ | θ |
|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------------|------|----------------|-----|----------------|--------------|-----|------|-----|------------------|-----------|
| mm | 1.5 | 0.15 0 | 1.4 1.2 | 0.25 | 0.32 0.20 | 0.20 0.13 | 6.6 6.4 | 4.5 4.3 | 0.65 | 6.6 6.2 | 1.0 | 0.75 0.45 | 0.65 0.45 | 0.2 | 0.13 | 0.1 | 0.48 0.18 | 10° 0° |

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.20 mm maximum per side are not included.

| OUTLINE VERSION | REFERENCES | | | | EUROPEAN PROJECTION | ISSUE DATE |
|-----------------|------------|--------|------|--|---------------------|----------------------|
| | IEC | JEDEC | EIAJ | | | |
| SOT266-1 | | MO-152 | | | | 95-02-22 99-12-27 |