

จอแสดงผลแอลอีดี  
Dot Matrix Display



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....111683  
วัน,เดือน,ปี.....20 S.ศ. 2553

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

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **Dot Matrix Display**

**Mr. Thanasub Thanporndee**

**Mr. Wachira Watchawisatkul**

**Mrs. Karuna Daosue**



**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT**

**OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF**

**BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONICS**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**ACADEMIC YEAR 2009**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2552

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง จอแสดงผลแอลอีดี (Dot Matrix Display)

ผู้จัดทำ

นายชนาทรัพย์ ธนพรดี รหัส 49010359

นายวชิรา วัชรวิเศษกุล รหัส 49012038

นางสาวกรรณา คาวสือ รหัส 49012259



*[Signature]*  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร.แสงระวี บัวแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Dot matrix display

นาย ธนาทรัพย์ ชนพรี รหัส 49010359

นาย วชิรา วัชรวิเศษกุล รหัส 49012038

นางสาว กรุณา ดาวสี รหัส 49012259

อาจารย์ที่ปรึกษา คร. แสงระวี บัวแก้ว

ปีการศึกษา 2552

### บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอหลักการ และวิธีการสร้างบอร์ดแสดงตัวอักษรแบบ Dot matrix ขนาด 7x5 บอร์ดแสดงผลที่สร้างขึ้นนี้สามารถแสดงตัวอักษรได้พร้อมกันจำนวน 12 ตัวอักษร โดยมีรูปแบบการแสดงผลเป็นข้อความ การควบคุมบอร์ดสามารถทำได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลตัวอักษรผ่านพอร์ตอนุกรม ใช้โปรแกรม Visual basic เป็นตัว interface ทำงานร่วมกับ microcontroller PIC เบอร์ 18F4550 ในการควบคุมการแสดงผลของข้อมูลตัวต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Dot matrix display

Mr. Thanasub Thanporndee

Mr. Wachira Watchawisatkul

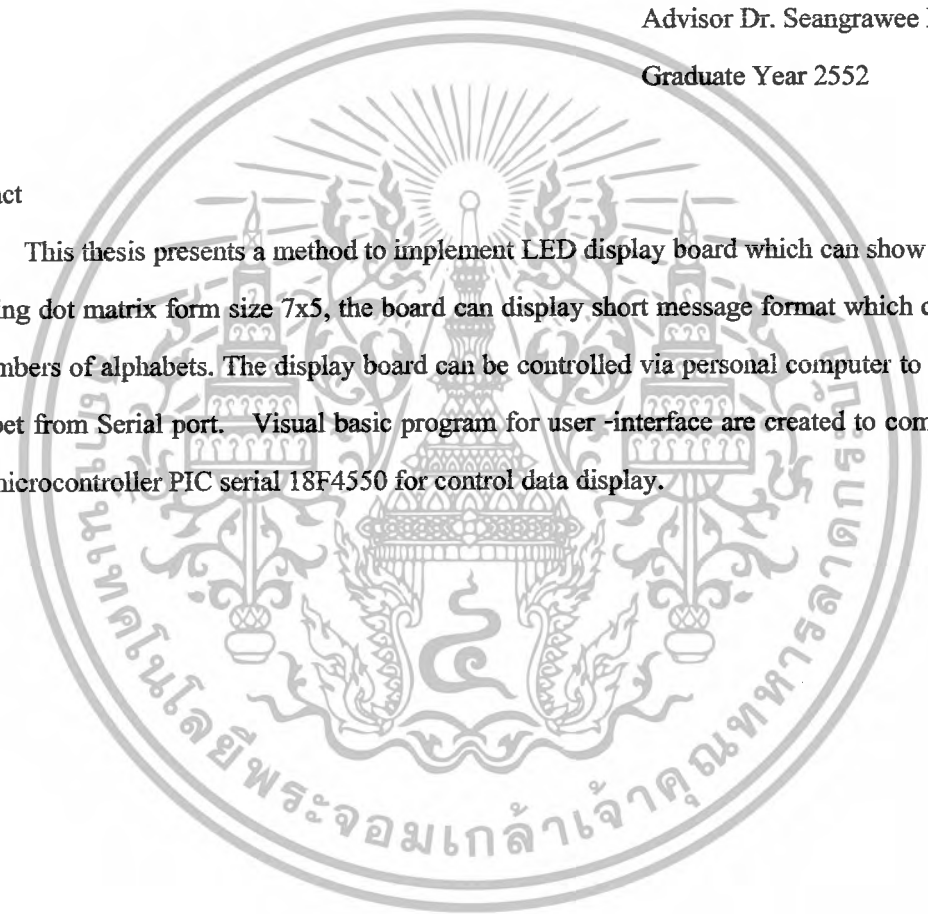
Mrs.Karuna Daosue

Advisor Dr. Seangrawee Buakaew

Graduate Year 2552

### Abstract

This thesis presents a method to implement LED display board which can show alphabet. By using dot matrix form size 7x5, the board can display short message format which contain of 12 numbers of alphabets. The display board can be controlled via personal computer to send data alphabet from Serial port. Visual basic program for user -interface are created to communicate with microcontroller PIC serial 18F4550 for control data display.



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	XI
กิตติกรรมประกาศ	X
บทที่ 1	บทนำ
	1.1 บอร์ดแสดงข้อมูล (Dot Matrix Display) 1
	1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) 2
	1.3 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) 2
บทที่ 2	ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง
	2.1 ทฤษฎีของส่วนควบคุมบอร์ดแสดงผล 3
	2.1.1 หลักการทำงานบนบอร์ดแสดงผล 4
	2.1.1.ก.การสแกนทางหลัก (Column) 4
	2.1.1.ข การสแกนทางแถว (Row) 5
	2.2 ความสำคัญและการเลือกใช้อุปกรณ์ 6
	2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลPIC 6
	2.2.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ PIC18F4550 7
	2.2.1.2 โครงสร้างของ PIC18F4550 9
	2.2.2 วงจรแอสซิงโครนัส 9
	2.2.3 การทำงานของ ULN2803 12
	2.2.4 อุปกรณ์สำหรับขยายพอร์ตทางด้านหลัก 74HC4514
	Decoder/Demultiplexer 13
	2.2.5 อุปกรณ์สำหรับขยายพอร์ตทางด้านแถว PCF8547 I2C 14
	(Remote 8-bit I/O expander for I <sup>2</sup> C-bus) 14
	2.2.5.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I <sup>2</sup> C BUS 14
	2.2.5.2 การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์แบบ I <sup>2</sup> C BUS 15
	2.2.5.3 สถานะบัสว่าง 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	2.2.5.4 การกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุด ของ I <sup>2</sup> C BUS (START and STOP Conditions)	15
	2.2.5.5 รหัสควบคุมของ I <sup>2</sup> C BUS (Control Byte)	16
2.3	โปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้	16
2.4	การสื่อสารแบบพอร์ทอนุกรม	17
2.4.1	หน้าที่และการจัดขาของพอร์ทอนุกรม	18
2.4.2	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB9	19
2.4.3	การทำงานของขาสัญญาณ DB9	19
2.4.4	การทำงานของระดับสัญญาณของ RS232	20
2.4.5	อัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate)	20
2.4.6	รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม	21
2.4.6.ก	การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)	21
2.4.6.ข	การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Synchronous)	21
2.4.7	การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม	22
บทที่ 3	การออกแบบและการคำนวณ	
3.1	การออกแบบวงจรและหลักการทำงาน	23
3.1.1	วงจรขยายพอร์ต์	24
3.1.2	หลักการทำงานของ ULN2803	25
3.2	วงจรควบคุมกระแสทางต้านแถว	26
3.2.1	วงจรขยายพอร์ต์โดย I <sup>2</sup> C	26
3.2.2	วงจรขับกระแส	27
3.2.3	การคำนวณความต้านทาน	27
3.3	ไมโครคอนโทรลเลอร์	29
3.4	ส่วนของโปรแกรม	44
3.4.1	บล็อกไดอะแกรมในส่วนการส่งข้อมูลของโปรแกรม	44
3.4.2	การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านพอร์ทอนุกรม	44
3.4.2.1	ขั้นแรกเลือกใช้ Component ของ Visual Basic 6.0	44
3.4.2.2	ตั้งค่า Port RS-232	45
3.4.2.3	การตั้งค่าต่างๆในคอมพิวเตอร์และการกำหนดค่า	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ต่างๆที่ตั้งไว้ใน Visual Basic Studio	47
	3.4.2.4 Interface Control	48
	3.4.3 การตั้งค่าของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์	48
	3.4.4 การส่งข้อมูล	49
	3.4.5 หน้าจอแสดงผล Interface Controller	50
	3.4.6 ส่วนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	51
บทที่ 4	การทดลอง	
	4.1 ทดสอบการเข้ารหัสและการส่งข้อมูล	61
	4.2 ทดสอบ Interface Controller กับ Microcontroller	67
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
บทที่ 1 รูปที่ 1.1 การทำงานโดยรวม	2
บทที่ 2 รูปที่ 2.1 โครงสร้างหลักของบอร์ดแสดงผลโดยทั่วไป	3
รูปที่ 2.2 การสแกนทางหลัก	4
รูปที่ 2.3 แสดงการสแกนทางแถว	5
รูปที่ 2.4 รูปแบบการทำงานของโครงงาน	6
รูปที่ 2.5 Package และขาของ PIC18F4550	8
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ PIC18F4550 (40pin)	9
รูปที่ 2.7 โครงสร้างขาของแอลอีดี โมดูลที่จุดต่างๆ	10
รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของ LED	10
รูปที่ 2.9 ความต่างศักย์คร่อม LED = $V_{LED}$	11
รูปที่ 2.11 การต่อ ULN2803 กับ Dot matrix	13
รูปที่ 2.12 วงจรขยายพอร์ทของ IC เบอร์ 74HC4514	14
รูปที่ 2.13 ลักษณะการเชื่อมต่อของ IC (R pull up , Pull down , ขา Data และ CLK)	14
รูปที่ 2.14 การเขียน/อ่านข้อมูลแบบ I <sup>2</sup> C BUS	15
รูปที่ 2.15 I <sup>2</sup> C เจ็อน ไบัสเริ่มและบัสหยุด	15
รูปที่ 2.16 บัสควบคุม (ของเบอร์ PCF8574 นี้ Device ID จะเป็น 0111)	16
รูปที่ 2.17 แสดงภาพพอร์ทอนุกรมของ PC แบบ DB9 ตัวผู้	18
รูปที่ 2.18 แสดงภาพพอร์ทอนุกรมของ PC แบบ DB9 ตัวเมีย	18
รูปที่ 2.19 การจัดขา ของคอนเน็คเตอร์ อนุกรมแบบ DB9 และหน้าที่การใช้งาน	19
รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem	19
รูปที่ 2.21 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น	19
รูปที่ 2.22 ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL	20
รูปที่ 2.23 สัญญาณการทำงานพอร์ทอนุกรมแบบ ซิงโครนัส	21
รูปที่ 2.24 ภาพแสดง สัญญาณการทำงานพอร์ทอนุกรมแบบ อะซิงโครนัส	21
บทที่ 3 รูปที่ 3.1 วงจรขับกระแสด้านหลัก	23
รูปที่ 3.2 วงจรขยายพอร์ททางด้านหลัก	24
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของ ULN2803	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4	วงจรควบคุมกระแสด้านแถว	26	
รูปที่ 3.5	วงจรขยายพอร์ตทางด้านแถว	26	
รูปที่ 3.6	วงจรขับกระแส	27	
รูปที่ 3.7	วงจรรวม	29	
รูปที่ 3.8	วิธีทำ Array ตัวอักษร A	29	
รูปที่ 3.9	Flow chart โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับตรวจสอบค่าที่รับจาก PC แล้วแปลงเป็น Array เพื่อนำไปใช้งาน	30	
รูปที่ 3.10	ลักษณะการส่งข้อมูลจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ถึง I <sup>2</sup> C	32	
รูปที่ 3.11	Flow chart โปรแกรมย่อยสำหรับส่งข้อมูลไปยัง I <sup>2</sup> C	33	
รูปที่ 3.12	Flow chart โปรแกรมหลัก	34	
รูปที่ 3.13	แสดงบล็อกไดอะแกรมการส่งข้อมูลของส่วน โปรแกรม	44	
รูปที่ 3.14	เลือก Components ของ visual basic studio 6.0	45	
รูปที่ 3.15	ปรากฏ Icon Microsoft Comm Control 6.0 ที่ Tool Bar	45	
รูปที่ 3.16	แสดงพอร์ตอนุกรมใช้งานที่พอร์ต 3 (COM 3)	46	
รูปที่ 3.17	ภาพแสดงการตั้งค่าเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมกับคอมพิวเตอร์	46	
รูปที่ 3.18	ภาพแสดงการตั้งค่าเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมกับคอมพิวเตอร์	47	
รูปที่ 3.19	กำหนดค่าต่างๆของ Microsoft Comm ให้ตรงกับที่ตั้งค่าไว้	47	
รูปที่ 3.20	ภาพแสดงการเลือกพอร์ทของหน้าจอควบคุม	48	
รูปที่ 3.21	การตั้งค่าในส่วนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ใน โปรแกรมนี้ใช้ CCS เป็น Compiler	48	
รูปที่ 3.22	ภาพตัวอย่างตาราง ASCII Code	49	
รูปที่ 3.23	รูปจอแสดงผลส่วนควบคุม	49	
รูปที่ 3.24	Flow Chat การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	51	
บทที่ 4	รูปที่ 4.1	วงจรทดสอบการทำงานบอร์ด Dot matrix	61
	รูปที่ 4.2	อุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงานบอร์ด Dot matrix	62
	รูปที่ 4.3	ภาพแสดงหน้าจอ Interface Control ใน PC designed จาก Visual Studio 6.0	67
	รูปที่ 4.4	ภาพบอร์ดทดสอบการส่งค่าจากพอร์ตอนุกรม	68
	รูปที่ 4.5	จากภาพแสดงค่าตัวอักษร “A” หลังจากผ่าน Micontroller	68
	รูปที่ 4.6	จากภาพแสดงค่าตัวอักษร “Z” หลังจากผ่าน Micontroller	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ภาพบอร์ดแสดงผลแอลอีดี ก่อนส่งค่า “A” จากแป้นพิมพ์	70
รูปที่ 4.8 ภาพบอร์ดแสดงผลแอลอีดี หลังส่งค่า “A” จากแป้นพิมพ์	70
บทที่ 5 -	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 1 -	
บทที่ 2 -	
บทที่ 3 ตารางที่ 3.1 สถานะของอินพุตและเอาต์พุตของ 74HC4514	25
บทที่ 4 ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการส่งข้อมูลด้านหลัก	65
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการส่งข้อมูลด้านแถว	66
บทที่ 5 -	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ และความช่วยเหลือ จากอาจารย์แสงระวี บัวแก้วอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อีกทั้งรุ่นพี่ที่ให้คำปรึกษาและให้ข้อมูล ต่างๆ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดมา ขอขอบพระคุณรุ่นพี่และเพื่อนๆทุกคน สำหรับความช่วยเหลือ กำลังใจ และความเป็นเพื่อนที่ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์มากมายที่ใช้สำหรับโฆษณาและแจ้งข้อมูลข่าวสาร บอร์ดแสดงข้อมูลแบบจุด(Dot Matrix Display) เป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับค่านิยม เนื่องจากสามารถดึงดูดความสนใจต่อผู้พบเห็นได้เป็นอย่างดี และควบคุมการเปลี่ยนแปลงบอร์ดแสดงผลได้ตามต้องการ รวมทั้งมีต้นทุนต่ำ เหมาะกับการแสดงผลที่ไม่ต้องการความละเอียดสูง

ในโครงการนี้ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการแสดงผลของบอร์ดแสดงข้อมูลแบบจุด ซึ่งการแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่และตัวเลข โดยข้อมูลเหล่านี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบหน้าจอเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ (Interface) ให้มีความสะดวกแก่การใช้งานมากยิ่งขึ้น ด้วยการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานบนหน้าจอและสามารถเลือกโหมดการทำงานต่างๆ ได้เช่น โหมดการทำงานสำหรับแสดงข้อความตัวอักษร โหมดการทำงานสำหรับแสดงหมายเลขคิว และ โหมดของบอร์ดแสดงผลคะแนน(Score Bord) โดยการสั่งงานทั้งหมดจะทำได้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งผู้ใช้งานเพียงแค่พิมพ์ตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ (Keyboard)หรือเลือกปุ่มบนหน้าจอที่ออกแบบไว้ ส่วนงานอื่นๆ โปรแกรมจะจัดการทั้งหมดจนกระทั่งเสร็จสิ้นการแสดงผล

ส่วนประกอบที่สำคัญของโครงการมีทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

### 1.1 บอร์ดแสดงข้อมูล (Dot Matrix Display)

- ส่วนแสดงผล(Display Board)

ประกอบด้วยแผงแอลอีดีจำนวน 525 หลอดเรียงกัน 7 แถว 75 หลัก

- ส่วนตัวขับ(Driver Circuit Board)

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือวงจรตัวขับทางแถว(Row Driver Circuit) และวงจรตัวขับทางคอลัมน์(Column Driver Circuit) ซึ่งแยกกันคนละวงจร โดยจะทำหน้าที่ขับกระแสไปให้แอลอีดีตามตำแหน่งแถวและคอลัมน์ที่ต้องการให้หลอดเปล่งแสง

### ส่วนถอดรหัส(Encoder)

ทำหน้าที่ถอดรหัสและขยายพอร์ตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปควบคุมแอลอีดีในตำแหน่งต่างๆ

## 1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการควบคุมเป็นรุ่น PIC18F4550 พอร์ต ใช้เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆบนคอนโทรลบอร์ด ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้เป็นตัวช่วยให้การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดแสดงข้อมูลให้ทำได้โดยสะดวกยิ่งขึ้น

## 1.3 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมีหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้งานซึ่งคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) ในการออกแบบหน้าจอ ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้สามารถใช้แป้นพิมพ์ พิมพ์ตัวอักษรหรือเลือกปุ่มที่ออกแบบไว้ เพื่อสร้างเป็นข้อความและส่งข้อมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วแสดงผลไปยังบอร์ดแสดงผล



รูปที่ 1.2 การทำงาน โดยรวม

### ความสำคัญของโครงการ

การออกแบบบอร์ดแสดงข้อมูลให้เป็นบอร์ดประกอบเสถียร โดยการสร้างหน้าจอในส่วนของผู้ใช้ให้สะดวกต่อการใช้งานและสามารถนำมาใช้เป็นสื่อในการแสดงข้อความให้อยู่ในโหมดต่างๆเช่น การแสดงข้อความต้อนรับ การแสดงผลคะแนนสำหรับการแข่งขันกีฬา และการแสดงหมายเลขคิวขอบเขตการศึกษา

-จอแสดงผลแบบ Dot Matrix ขนาด 7x5 แสดงผลได้ 12 ตัวอักษร

-ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมการแสดงผลของแอลอีดีได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

-มีความรู้ความสามารถในการใช้โปรแกรม Altium Designer6 ซึ่งเป็น โปรแกรมออกแบบแผ่นปริ้นท์ (PCB)

-มีความรู้ความสามารถในการใช้โปรแกรม MPLAB ซึ่งเป็น โปรแกรม Compiler ที่ใช้ภาษา C

-ในการสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์

-เข้าใจการทำงานของ Dot Matrix Display ทั้ง Hardware และSoftware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

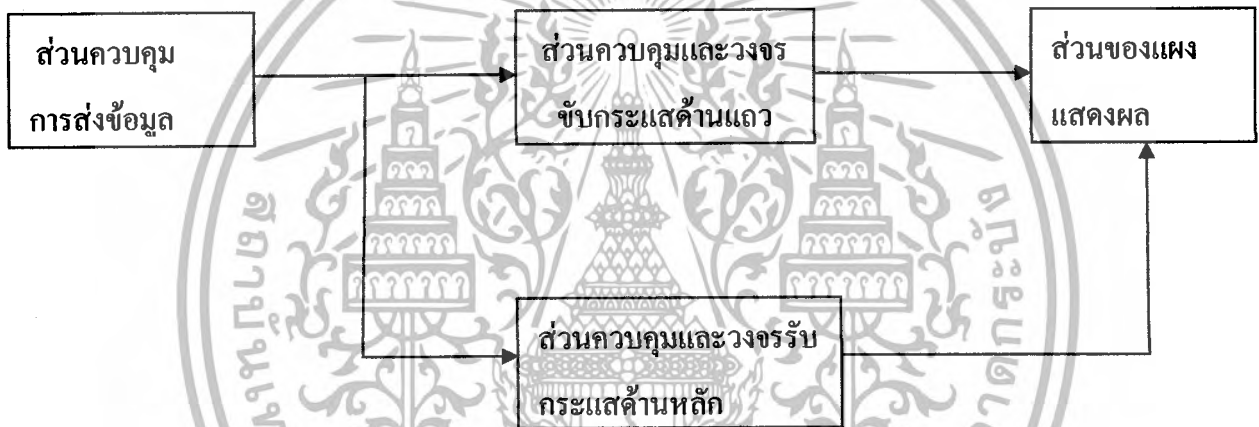
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 จะพิจารณาส่วนประกอบของวงจรรวมทั้งหมด โดยจะทำการแยกพิจารณาทีละส่วน เพื่อให้่ายในการทำความเข้าใจและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

#### 2.1 ทฤษฎีของส่วนควบคุมบอร์ดแสดงผล

ส่วนของการแสดงผลเป็นหัวใจสำคัญของการแสดงข้อมูล ดังนั้นจึงต้องทำความเข้าใจในการควบคุมบอร์ดแสดงผล ซึ่งโครงสร้างต่างๆของบอร์ดแสดงผลอิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปจะมีลักษณะที่คล้ายกัน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.1 โครงสร้างหลักของบอร์ดแสดงผลโดยทั่วไป

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่าโครงสร้างบอร์ดแสดงผลอิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วย 4 ส่วน หลักๆคือ

ส่วนที่ 1 ส่วนควบคุมการส่งข้อมูล มีหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลบนบอร์ดแสดงผล และยังเป็นส่วนที่สร้างสัญญาณควบคุมต่างๆของระบบ เช่น สร้างสัญญาณควบคุมทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง เพื่อให้ส่วนต่างๆ ทำงานประสานกันได้อย่างถูกต้อง

ส่วนที่ 2 ส่วนควบคุมและวงจรขับกระแสทางด้านแถว สำหรับจัดการข้อมูลทางแนวนอนที่ได้รับมาจากส่วนที่ 1 ในการเปิดหรือปิดวงจรด้านแถวต่างๆ เพื่อใช้ในการแสดงผลในลักษณะของการติดและดับ ก่อนที่จะส่งข้อมูลที่ได้รับมาแก่บอร์ดแสดงผล และยังทำให้การแสดงผลที่ได้แน่นอนและสามารถควบคุมเป็นจุดๆได้

ส่วนที่ 3 ส่วนควบคุมและวงจรรับกระแสทางด้านหลัก สำหรับการจัดการข้อมูลในแนวตั้งที่ ได้รับมาจากส่วนที่ 1 การทำงานคล้ายคลึงกับส่วนควบคุมและวงจรรับกระแสทางแนวนอน และทั้งสองส่วนนี้ จะต้องมีการทำงานประสานกันเป็นอย่างดี เพื่อให้การควบคุมการแสดงผลเป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำ

ส่วนที่ 4 ส่วนของบอร์ดแสดงผลเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลจากข้อมูลที่ได้รับมาทางด้านแนวตั้ง และแนวนอน ซึ่งส่วนนี้จะใช้ไดโอดเปล่งแสง (LED : Light Emitting Diode) เป็นส่วนประกอบ

#### 2.1.1 หลักการทำงานบนบอร์ดแสดงผล

เราสามารถทำให้ภาพบนบอร์ดแสดงผลแบบจุด (Dot Matrix) ได้จากการอาศัยหลักการสแกน คล้ายๆกับจอภาพของโทรทัศน์นั่นเอง คือ ภาพที่ปรากฏนั้นจะประกอบด้วยการรวมเส้นที่เกิดจากการสแกน ครั้งละ 1 เส้น เป็นจำนวนเท่ากับหลัก (Column) หรือแถว (Row) ของบอร์ดแสดงผลแบบจุดแล้วแต่รูปแบบ ของการสแกน ที่ทำซ้ำๆกันหลายรอบ ความเร็วที่ใช้มันต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 25 รอบต่อวินาที ภาพที่ได้ นั้นจะนิ่งไม่กระพริบหรือเราไม่สามารถจับการแสดงด้วยตาเปล่าได้นั่นเอง โดยการสแกนนั้นจะใช้สวิทซ์ซึ่ง ถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเราสามารถกำหนดความเร็วได้ โดยส่วนทางการป้อนข้อมูลนั้น จะต้องสัมพันธ์กับการสแกนด้วย เช่น ข้อมูลหลักที่ 1 เข้ามา ก็ต้องตรงกับสวิทซ์สแกนตัวที่ 1 ต่อกับวงจรใน หลักที่ 1 ด้วย เป็นต้น ซึ่งเราสามารถนำหลักการนี้ไปสร้างเป็นวงจรใช้งานจริง ซึ่งสามารถแบ่งการสแกนได้ เป็น

##### 2.1.1.ก.การสแกนทางหลัก (Column)

ในการสแกนทางหลัก จะทำการส่งข้อมูลออกไปทางแถว โดยส่งข้อมูลตัวที่ 1 ออกไป แล้วให้หลัก ที่ 1 ทำงาน จากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลตัวที่ 2 ออกไป แล้วให้หลักที่ 2 ทำงาน ทำเช่นนี้ไปจนกระทั่งข้อมูลถูก ส่งออกไปครบหมดทุกหลัก ก็จะเป็นการสแกนครบ 1 รอบ แต่จะสังเกตว่าการแสดงให้ครบ 1 ภาพนั้น จะต้องใช้เวลายาวนาน เพราะ ฉะนั้นกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านแอลอีดีจึงมีค่าน้อย เพราะ ฉะนั้นจะทำให้ แอลอีดีไม่สว่าง การสแกนช้าเกินไปก็จะเกิดการกระพริบซึ่งจะเป็นผลเสียต่อบอร์ดแสดงผล แต่มีข้อดีที่ว่า ใช้ อุปกรณ์ เช่น บัฟเฟอร์ต่ออยู่ที่เอาท์พุตจะมีส่วนประกอบ ที่มากกว่า ตัวสวิทซ์ ดังนั้นอุปกรณ์ในส่วนนี้ น้อยลงทำให้เกิดการประหยัด



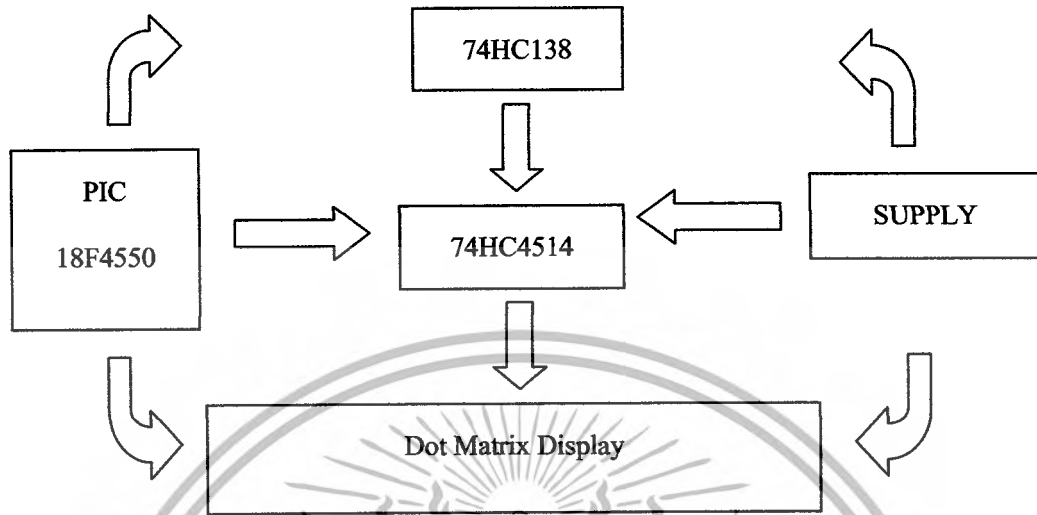
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะรูปที่ 2.2 การสแกนทางหลัก ซึ่งอยู่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1.๗ การสแกนทางแถว (Row)

การทำงานหลักๆจะเหมือนกับการสแกนทางหลัก แต่จะสลับทิศทางการสแกน จะทำการส่งข้อมูลออกไปทางหลัก โดยจะส่งข้อมูลออกไปจนครบทุกหลักก่อนแล้วจึงให้ แถวที่ 1 ทำงาน จากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลชุดถัดไปออกไปจนครบหมดทุกหลักแล้วจึงให้แถวที่ 2 ทำงาน ทำเช่นนี้ จนกระทั่งข้อมูลถูกส่งออกไปครบหมดทุกแถวก็จะเป็นการสแกนครบ 1 รอบ เพราะฉะนั้นการต่อลักษณะนี้จะทำให้ระยะเวลาในการสแกนครบ 1 ภาพจะรวดเร็วกว่า หรือ ถ้าเวลาเท่าๆกันแบบนี้ก็จะสแกนได้หลายครั้งกว่า และจะมีผลต่อความสว่างของหลอดแอลอีดี จะสว่างกว่าเพราะกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านจะมากกว่า ซึ่งหลักการของบอร์ดแสดงผลแบบนี้เองที่นำมาแก้ไขปัญหาคือ ปัญหาความสว่างของหลอดแอลอีดี และถ้าจัดเวลาให้เหมาะสมแล้วภาพก็จะไม่เกิดอาการพลัว แต่ก็มีข้อเสียคือ ระบบอาร์ตแวร์จะแพงกว่าแบบแรก และการเขียนโปรแกรมควบคุมให้ตัวอักษรเลื่อนทำได้ยากกว่า



## 2.2 ความสำคัญและการเลือกใช้อุปกรณ์



รูปที่ 2.4 รูปแบบการทำงานของโครงการ

### 2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

ในโครงการชิ้นนี้ได้เลือก Microcontroller ตระกูล PIC ซึ่งอุปกรณ์ตระกูลนี้ใช้ไฟฟ้าในการทำงานน้อยมากและ รักษาระดับแรงดันมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่คำว่า PIC หรือ Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของ microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมัน ไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกับ CPU ตัวหนึ่งเลยก็ว่าได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็กและคำว่าคอนโทรลเลอร์(controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงหมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคย คือภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวมเอาซีพียู , หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกันโดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวเดียวกัน

นักออกแบบ พัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนนักประดิษฐ์ทั้งหลายต่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยที่จะต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุม แต่ครั้งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่ออนุกรมเพื่อ

ความสามารถที่เราต้องการนั้นก็ใหญ่โตเสียเหลือเกิน ดูเหมือนจะขัดแย้งกับความต้องการของผู้บริโภค และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการนำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการ โดยให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มีใช้เพียงแต่ขนาดเล็กเท่านั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัด

สรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมาควบคุม Dot Matrix Display จำเป็นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความเร็วสูง ซึ่งได้เลือกเบอร์ PIC18F4550 มาใช้ ผลิตโดยบริษัทไมโครจิท

### 2.2.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ PIC18F4550

ความเร็ว

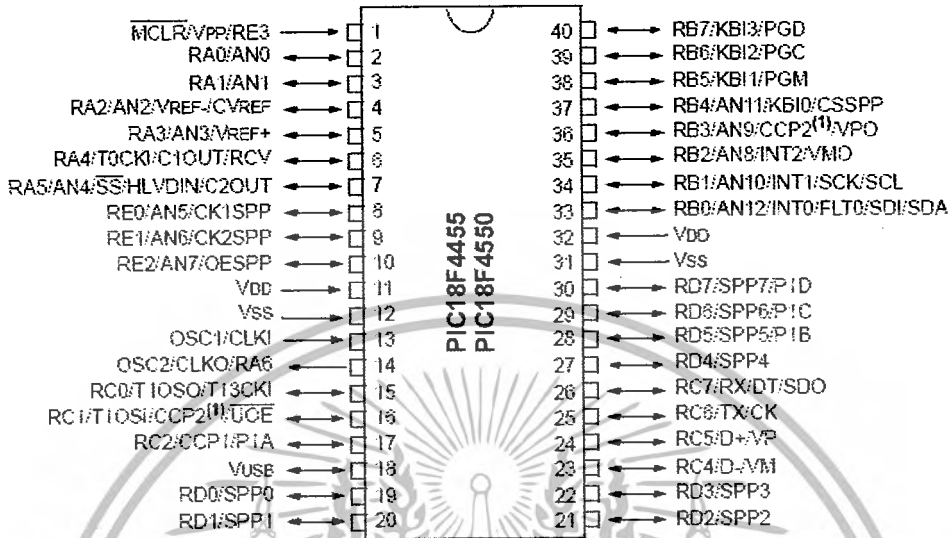
มีความเร็วสูงกล่าวคือ ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

ในอดีตนหน่วยความจำของ PIC มีความจุน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบันบริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีที่ท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า  $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336 \text{ bits}$  ดังนั้นก็คือ  $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75 \text{K bytes}$  นั่นเอง

โครงสร้าง PIC

ปัจจุบันมี 3 ชนิดหลักๆ คือขึ้นต้นด้วย 16xxx, 17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากที่สุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาที่จะสูงกว่าด้วย แต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

## 40-Pin PDIP



รูปที่ 2.5 Package และขาของ PIC18F4550

- มี Flash Memory ขนาด 32 กิโลไบต์ที่อยู่ในวงจร ทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำภายนอก ระบบรวมทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและไม่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกจึงทำให้ทำงานผิดพลาดยาก

- สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บชุดคำสั่งแต่ละหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้

- รองรับการถ่ายทอดข้อมูลความเร็วต่ำ 1.5 เมกะบิตต่อวินาที และความเร็วเต็มที่ 12 เมกะบิตต่อวินาที

- รองรับการถ่ายทอดข้อมูลในแบบคอนโทรล (Control), อินเทอร์เน็ต (Interrupt), ไอโซโครนัส (Isochronous) และบัลค์ (Bulk)

- รองรับอุปกรณ์ถึง 32 เอนด์พอยต์ (16 เอนด์พอยต์ ในกรณี 2 ทิศทาง)

- หน่วยความจำแรม 1 กิโลไบต์ สำหรับส่วนติดต่อ USB เข้าถึงได้แบบคู่ (dual access)

- สามารถจัดการข้อมูลพอร์ตขนานเพื่อถ่ายทอดในรูปแบบการจัดการข้อมูลของ USB

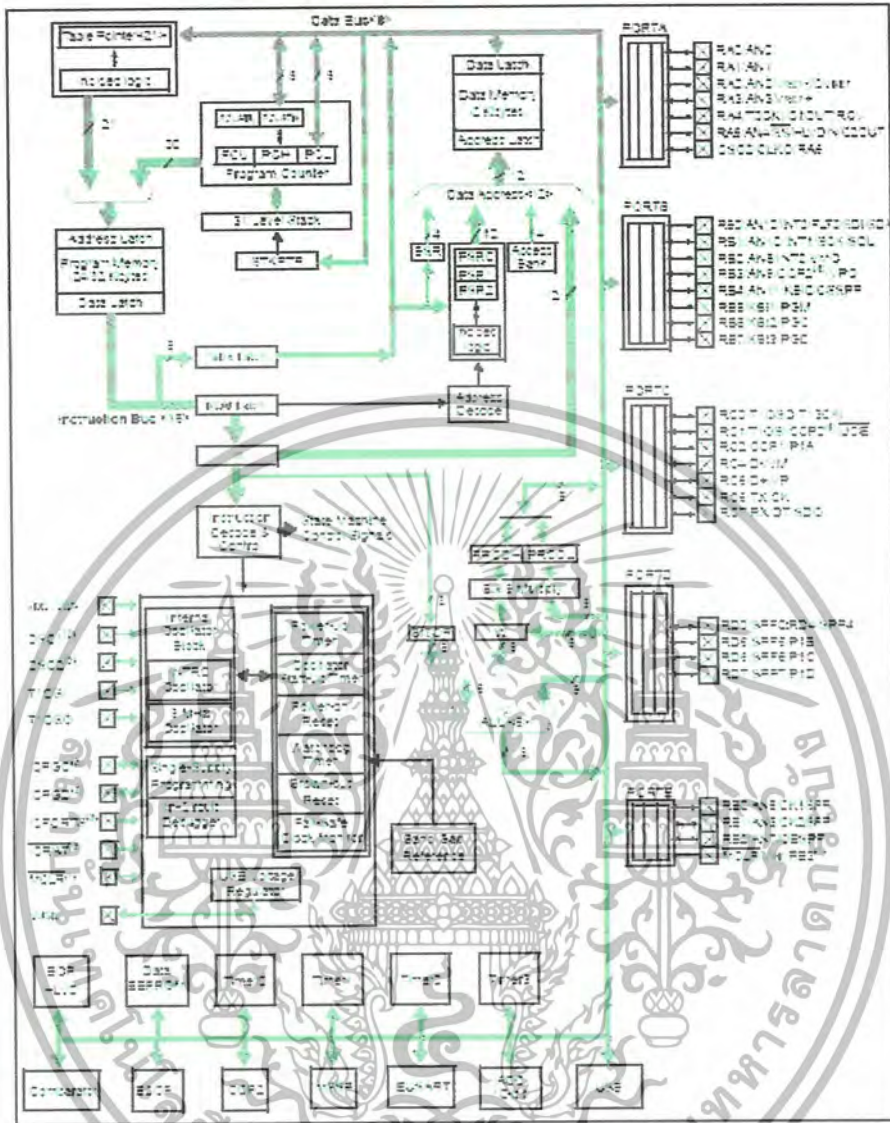
## คุณสมบัติเด่นของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

- สามารถเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาภายนอกได้ 2 โหมด ความถี่สูงถึง 48 เมกะเฮิร์ตซ์

- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่สองใช้ไทมเมอร์ 1 ความถี่ 32 กิโลเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1.2 โครงสร้างของ PIC18F4550

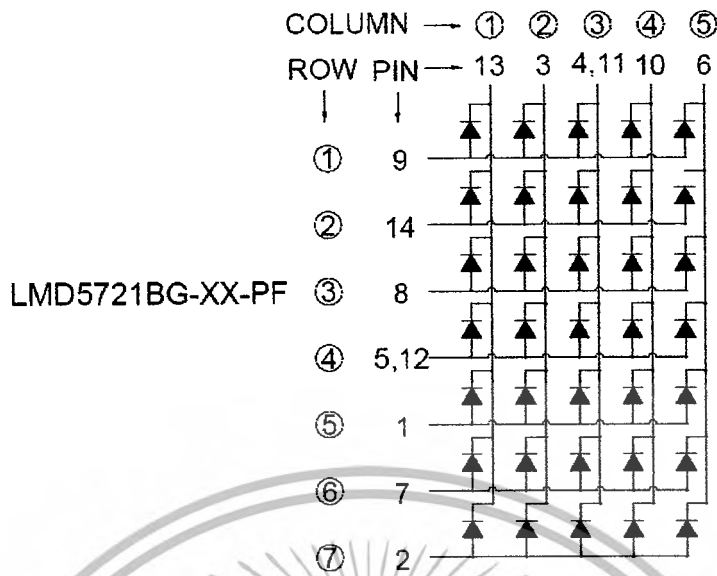


รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ PIC18F4550 (40pin)

### 2.2.2 วงจรแอลอีดีคอตอเมริกาซ์

ใช้แอลอีดีโมดูล แบบ 7x5 จุดสี่เหลี่ยม นำมาต่อกันให้ได้ขนาด 7x75 จุด รูปแสดง แอลอีดีโมดูลคังรูป

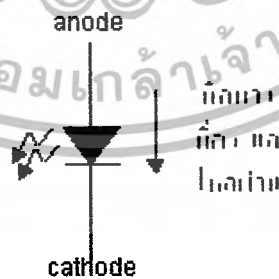
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 โครงสร้างขาของแอลอีดีโมดูลที่จุดต่างๆ

- คุณสมบัติของแอลอีดี (Light Emitting Diode)

LED (Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์ 2 ขั้ว โดยโครงสร้างแอลอีดีจะมีลักษณะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี(P-Type) และชนิดเอ็น(N-Type) ต่อกันเป็นพีเอ็นจังก์ชัน(P-N Junction) แอลอีดีจะเปล่งแสงออกมาที่ต่อเมื่อมีการจ่ายกระแสฟอร์เวิร์ดไบอัส(Forward Bias) ให้กับมัน กระแสฟอร์เวิร์ดไบอัสนี้จะไปกระตุ้นอิเล็กตรอน(Electron) และ โฮล(Hole)ข้ามพีเอ็นจังก์ชันเพื่อมารวมกันในการรวมกันนี้จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน(Photon) ซึ่งเป็นอนุภาคแสง สำหรับสารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาสร้างแอลอีดีจะใช้สารกึ่งตัวนำอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์(Gallium Arsenidephosphide) ซึ่งสารชนิดนี้จะใช้กระแสไฟฟ้าไม่มากในการไบอัสให้ปลดปล่อยโฟตอนออกมา

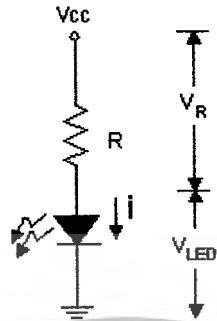


รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ของ LED

- การไบอัส LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED จะเปล่งแสงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัว LED ความต่างศักย์ตกคร่อม LED จะอยู่ในช่วงประมาณ 1.7 - 2.0 V แล้วแต่สีและขนาดของ LED ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.9 ความต่างศักย์คร่อม LED =  $V_{LED}$

ในการใช้งานทั่วไป ปกติจะใช้กระแสไหลผ่านตัว LED ประมาณ 10 mA ที่กระแสไฟฟ้าค่านี้ จะทำให้ LED สว่างพอควร กระแสไฟฟ้าไม่ไหลมากจนเกินไป และอายุการใช้งาน LED จะค่อนข้างยาวนาน LED ไม่มีความต้านทานในตัวเอง ดังนั้นจะต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแส ไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไป

$$V_{CC} = V_R + V_{LED}$$

$$\text{แต่ } V_R = IR$$

$$V_{CC} = IR + V_{LED}$$

จะได้

$$R = (V_{CC} + V_{LED})/I$$

- ข้อดีของแอลอีดี

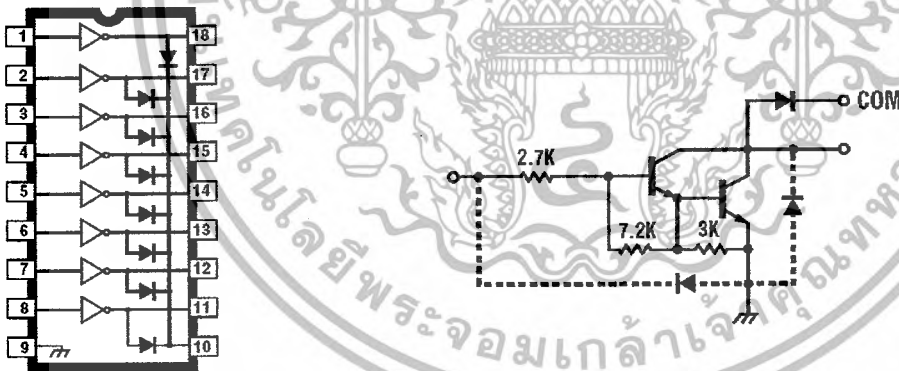
- 1.สามารถสว่างและดับได้ในเวลาที่สั้นมากเพียงไม่กี่นาโนเซค(nSec)ดังนั้นจึงสามารถให้แสงจากแอลอีดีเป็นตัวนำข่าวสารและข้อมูลไปใช้ในการสื่อสารที่มีความถี่สูงเป็นเมกะเฮิร์ต(MHz) ได้
- 2.ใช้แรงดันต่ำจึงเหมาะที่จะใช้งานควบคู่กับ IC ได้
- 3.มีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดไฟ
- 4.มีพลังงานส่องสว่างแปรผันตามกระแสที่ไหลผ่าน ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลในรูปของกระแสจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งที่ห่างไกลออกไปโดยใช้แสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5.แสงที่เปล่งออกมามีช่วงความยาวคลื่นแคบนั้นคือแสงที่เปล่งออกมามีสีเดียว (Monochromatic)
- 6.สามารถผลิตให้แอลอีดีมีขนาดเล็กกะทัดรัดได้
- 7.ทนทานต่อการกระทบกระเทือน (หากหลอดธรรมดาถูกกระทบกระเทือน ใส่หลอดจะขาดได้ง่ายกว่าหลอดแอลอีดี)
- 8.มีหลากหลายสี
- 9.มีราคาถูก
  - ข้อเสียของแอลอีดี
- 1.กำลังส่องสว่างขึ้นกับอุณหภูมิ สำหรับการใช้งานที่ต้องการกำลังส่องสว่างเต็มที่ ต้องมีวงจรควบคุมกำลังส่องสว่างของแอลอีดี
- 2.เสียหายได้ง่าย ถ้าแรงดันและกระแสสูงกว่าที่มันจะทนได้

### 2.2.3 การทำงานของ ULN2803

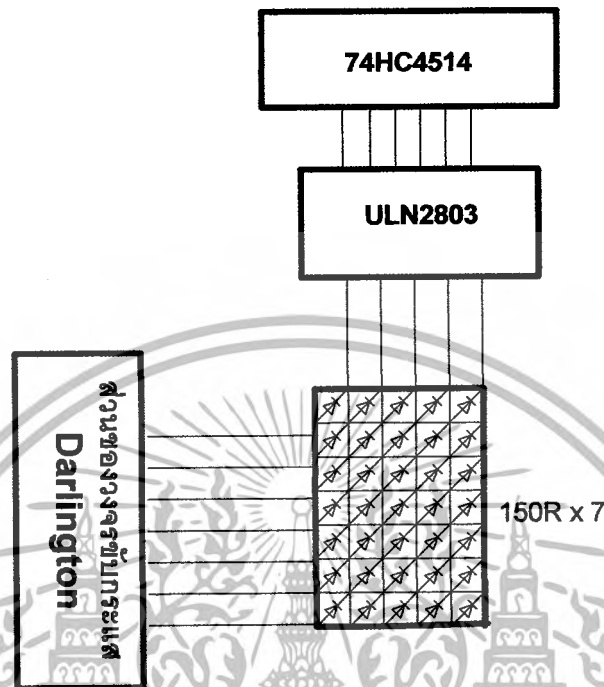
เนื่องจากไอซีเบอร์ ULN2803 ทำหน้าที่เป็นตัวรับกระแสทางด้านหลัก รวมทั้งเป็นอินเวอร์เตอร์ เราจึงนำ ULN2803 มาควบคุมกระแสทางด้านหลัก



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของ ULN2803

จากรูปที่ 3.5 ปรากฏว่า ULN2803 เป็น High Voltage, High Current, Darlington Array ขับกระแสได้สูงสุด 500 mA มีขา Common ต่อกับ Diode เพื่อต่อกับ Vcc กรณีนำไปต่อกับอุปกรณ์ที่เป็นขดลวดเหนี่ยวนำ เช่น มอเตอร์ รีเลย์ ไว้สำหรับคายพลังงานที่ค้างอยู่ในขดลวดเหนี่ยวนำเมื่อปิดการใช้งานแล้ว แต่

ในโครงการของเราจะไปจับ LED การทำงานจึงแตกต่างกัน เมื่อเรานำ ULN2803 มาต่อเข้ากับ LED ทำให้ LED สว่างเมื่ออินพุตเป็น High และดับเมื่ออินพุตเป็น Low



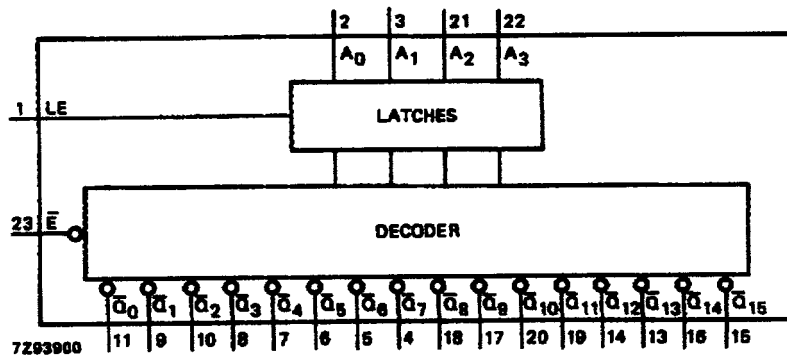
รูปที่ 2.11 การต่อ ULN2803 กับ Dot matrix

จากรูป ต่อ Input ของ ULN2803 เข้ากับ 74HC4514 เมื่อต้องการหลักใดคิดทำการป้อน Low ที่หลักนั้น และถ้าต้องการให้หลักได้ดับทำการป้อน High ให้หลักนั้น เพราะเนื่องจากข้อมูลที่ออกมาจาก ULN2803 จะตรงข้ามกับ เอาต์พุตของ 74HC4514 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวขยายพอร์ต

#### 2.2.4 อุปกรณ์สำหรับขยายพอร์ตทางด้านหลัก 74HC4514 Decoder/Demultiplexer

ในการควบคุมบอร์ดแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จำเป็นจะต้องขยายพอร์ตหรือดีโค๊ดสัญญาณเพราะพอร์ตที่เป็นเอาต์พุตของไมโครนั้นมีไม่เพียงพอสำหรับการควบคุมบอร์ดแสดงผลทั้ง 7 แถว 75 หลัก

IC 74HC4514 นี้เป็น IC Decoder/Demultiplexer ที่รับ input 4 bit แล้วได้ output 16 bit โดย input ที่ใช้ในการเลือกหลักทั้งหมดคือ พอร์ต A ของ PIC18F4550 สัญญาณ output จาก 74HC4515 ส่งข้อมูลไปควบคุมด้านหลักของบอร์ดแสดงผลพร้อมทั้งขับกระแสด้านหลักด้วย



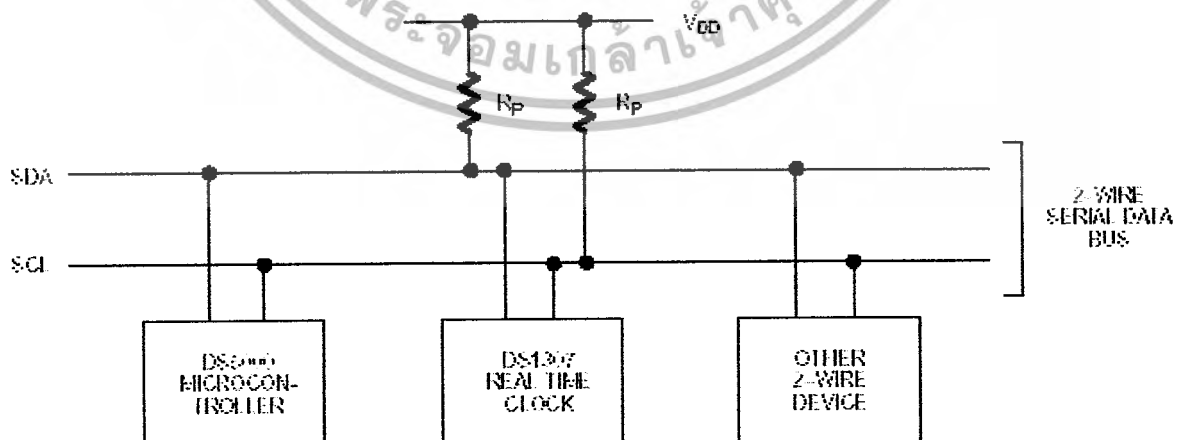
รูปที่ 2.12 วงจรขยายพอร์ทของ IC เบอร์ 74HC4514

### 2.2.5 อุปกรณ์สำหรับขยายพอร์ททางด้านแถว PCF8547 I2C (Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus)

I<sup>2</sup>C = I<sup>2</sup>C Bus ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit Bus (IIC) นิยมเรียกสั้นๆว่า I<sup>2</sup>C BUS (ไอ-แอสคว-ซี-บัส) เป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้น โดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลายๆ ตัว เข้าด้วยกัน ได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ทเพียง 2 พอร์ทเท่านั้น

#### 2.2.5.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I<sup>2</sup>C BUS

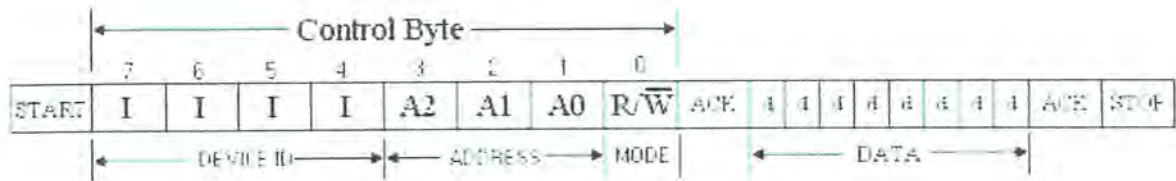
I<sup>2</sup>C BUS ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ SCL ,SDA สำหรับติดกับอุปกรณ์แบบ 2 ทิศทาง โดยที่ ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทานแบบ pull up 2-10K เนื่องจากเอาต์พุตมีลักษณะเป็น แบบ Open Darin หรือเป็นแบบ Open Collector เพื่อให้เอาต์พุตเชื่อมต่อกัน ได้หลายตัว



2.13 ลักษณะการเชื่อมต่อของ I<sup>2</sup>C (R pull up , Pull down , ขา Data และ CLK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.5.2 การเขียน-อ่านข้อมูลกับอุปกรณ์แบบ I<sup>2</sup>C BUS



### 2.14 การเขียน/อ่านข้อมูลแบบ I<sup>2</sup>C BUS

การรับ-ส่งข้อมูลแบบ I<sup>2</sup>C BUS MCU จะเริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการ

- ส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัส
- แล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วย รหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID ,Device Address ,และ Mode ในการเขียนหรืออ่านข้อมูล
- เมื่ออุปกรณ์ รับทราบว่า MCU ต้องการ จะติดต่อด้วยก็ต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้อง
- และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่ง สถานะสิ้นสุด ( STOP Conditions) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่า สิ้นสุดการใช้บัส

#### 2.2.5.3 สถานะบัสว่าง

คือเมื่อบัสไม่ได้ถูกใช้งาน ทั้ง SCL และ SDA จะเป็น 1 ทั้ง

#### 2.2.5.4 การกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ I<sup>2</sup>C BUS (START and STOP Conditions)



### 2.15 I<sup>2</sup>C เงื่อนไขบัสเริ่มและบัสหยุด

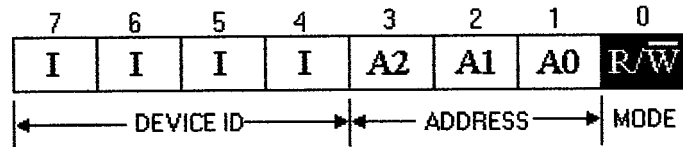
ลักษณะการกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ I<sup>2</sup>C BUS

- เมื่อต้องการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 มาเป็น 0 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อสิ้นสุดการการใช้บัส MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด ( STOP Conditions) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 0 มาเป็น 1 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1

#### 2.2.5.5 รหัสควบคุมของ I<sup>2</sup>C BUS (Control Byte)



2.16 บัสควบคุม (ของเบอร์ PCF8574 นี้ Device ID จะเป็น 0111)

รหัสควบคุมของ I<sup>2</sup>C BUS ประกอบด้วยรหัสประจำตัวของอุปกรณ์ (Device ID) ประกอบด้วยบิต 1-7 และบิต 0 เป็นบิตควบคุมการเขียนอ่าน

- รหัสประจำตัวของอุปกรณ์ ประกอบด้วยรหัสประจำตัวจากผู้ผลิต Product ID 4 บิต (บิต 4-7) ที่เปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้ และ Device Address 3 บิต (บิต 1-3) ซึ่งผู้ใช้ สามารถ กำหนด เองได้ รวมแล้วเป็นรหัส 7 บิต ใช้ระบุตัวอุปกรณ์ ที่ต่ออยู่บนบัส จะมีค่าซ้ำกันไม่ได้
- บิตควบคุมการเขียนอ่าน (Mode) บิต 0 เมื่อ MCU ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 0 และเมื่อต้องการ อ่านข้อมูล จากอุปกรณ์ ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 1

### 2.3 โปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นส่วนที่ผู้ใช้งาน (User) ใช้สำหรับกำหนดให้บอร์ดแสดงผลข้อมูลแสดงผลตามที่ผู้ใช้ควบคุม โดยสามารถพิมพ์อักษรจากแป้นพิมพ์ให้แสดงผลบนบอร์ดแสดงผลข้อมูล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีโปรแกรมจำลองการแสดงผลบนหน้าจอ ซึ่งโปรแกรมจะใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อมูลที่จะส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแสดงผลหรือข้อความบนบอร์ดแสดงผล

โปรแกรมที่พัฒนาบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลเบสิกเวอร์ชัน 6 (Microsoft Visual Basic 6, VB6) ในการพัฒนา ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) ที่ใช้งานง่าย คือเป็นโปรแกรมที่ใช้เทคนิคแบบวิซวลไลซ์ (Visualize) ในรูปแบบของกราฟฟิก โดยการสร้างโปรแกรมบน VB6 นั้นจะเป็นการเลือกเครื่องมือต่างๆ ที่เหมาะสม มาออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่เราจะสร้างทำให้เราเห็นภาพโดยรวมว่าโปรแกรมของเราเป็นอย่างไรตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบแล้ว ซึ่งเรียกการเขียนโปรแกรมลักษณะนี้ว่า วิซวลโปรแกรมมิ่ง (Visual Programmng) การเขียนโปรแกรมลักษณะนี้เราไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆ มากนัก ก็สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว โดยอาศัยหลักการเขียน โปรแกรมแบบมีเหตุการณ์มากระตุ้น (Event Driven Programming) ซึ่งเป็น การเขียน โปรแกรมเพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับคอนโทรล(Control) ต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้น ตาม เหตุการณ์(Event) ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเช่น การเลื่อนเมาส์ การคลิกเมาส์ เป็นต้น

นอกจากนี้โปรแกรมวิซวลเบสิกก็ยังได้พัฒนามาจากแนวความคิดแบบมุ่งที่วัตถุ (Object Oriented Programming, OOP) ซึ่งแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมในแบบเดิม ที่จะเป็นลักษณะของการมุ่งที่ โปรแกรมย่อย (Procedural-Oriented) กล่าวคือจะพยายามแบ่งโปรแกรมที่ขนาดใหญ่ให้เป็นโปรแกรมย่อย หลายๆ โปรแกรม (ตามแนวคิดของการออกแบบโปรแกรมจากบนลงล่าง(Top-Down Design) แต่สำหรับ แนวความคิดที่มุ่งวัตถุแล้ว แนวความคิดได้เปลี่ยนไปให้ความสนใจกับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในโปรแกรม ซึ่ง เรียกว่าวัตถุ(Object) แทน

วัตถุในโปรแกรมวิซวลเบสิกได้แก่ ส่วนของคอนโทรลต่างๆ ที่นำมาวางบนฟอร์ม ซึ่งมีคุณสมบัติ บางอย่างเช่นเดียวกับวัตถุในแนวคิดแบบที่มุ่งวัตถุ กล่าวคือแต่ละวัตถุ(Object) จะประกอบไปด้วย

ข้อมูล(Data) เปรียบเสมือนข้อมูลของวัตถุ สำหรับในวิซวลเบสิก คำว่า “ข้อมูล” จะหมายถึง คุณสมบัติ(Property) เช่น ความยาว สี เป็นต้น

รหัสคำสั่ง(Code) เปรียบเสมือนกับพฤติกรรมของวัตถุ สำหรับในวิซวลเบสิกคำว่า “รหัสคำสั่ง” จะหมายถึง วิธีการ(Method)ประจำตัวของวัตถุ เช่น เมธอดเคลื่อนที่(Move) เมธอดเอนาเบิล(Enable) เป็นต้น

ดังนั้นในการเขียน โปรแกรมแทนที่จะเขียนในเดิมที่เป็นลำดับขั้นซึ่งเริ่มจากส่วนของโปรแกรมหลัก ที่ทำ หน้าที่เรียก โปรแกรมย่อยต่างๆ ก็จะเปลี่ยนมาเป็นการเขียน โปรแกรมกับแต่ละวัตถุแทน โดยอาศัยคำสั่งและ วิธีการที่เกี่ยวข้องกับแต่ละวัตถุนั้น

จากคุณสมบัติ ที่กล่าวมาของโปรแกรมไมโครซอฟท์วิซวลเบสิก ก็เพียงพอต่อการพัฒนาโปรแกรมส่วน ติดต่อกับผู้ใช้(Display User Interface Program)

## 2.4 การสื่อสารแบบพอร์ทอนุกรม

ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น พอร์ทอนุกรม (RS-232) นั้นมีความสำคัญมาก เพราะ สามารถใช้ เป็นพิมพ์และ จอมอนิเตอร์ ของ PC เป็น input และ output ในการติดต่อ หรือควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้

สัญญาณเชื่อมต่อขั้วนำของพอร์ทอนุกรม มี 3 เส้น คือ

- สายส่งสัญญาณ (TX)
- สายรับสัญญาณ (RX)

- สายกราวด์ (GND)



2.17 แสดงภาพพอร์ตอนุกรมของ PC แบบ DB9 ตัวผู้



2.18 แสดงภาพพอร์ตอนุกรมของ PC แบบ DB9 ตัวเมีย

พอร์ตอนุกรมของ PC จะใช้แบบตัวผู้ ส่วนพอร์ตอนุกรม อุปกรณ์ภายนอก จะใช้ ตัวเมีย

2.4.1 หน้าที่และการจัดขาของพอร์ตอนุกรม

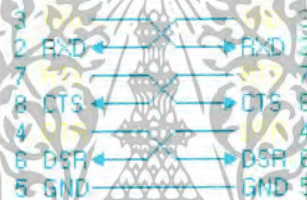
PIN	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Request To Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 2.19 การจัดขา ของคอนเน็กเตอร์ อนุกรมแบบ DB9 และหน้าที่การใช้งาน

### 2.4.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB9



### รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem



### รูปที่ 2.21 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

### 2.4.3 การทำงานของขาสัญญาณ DB9

- TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล
- RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล
- DTR แสดงสถานะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน
- DSR ตรวจสอบว่าพอร์ต ที่ติดต่อด้วย เปิดอยู่หรือไม่

โดยเมื่อเปิดการใช้งานพอร์ตอนุกรม ขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบ ว่า ต้องการติดต่อด้วย

ในขณะที่เดียวกัน จะทำการตรวจสอบ ขา DSR ว่า อุปกรณ์พร้อมหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RTS แสดงสถานะพอร์ตว่าต้องการส่งข้อมูล
- CTS ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่อยู่ ต้องการส่งข้อมูลหรือไม่

เมื่อต้องการส่งข้อมูลขา RTS จะ ON และจะส่งข้อมูลออกที่ขา TXD เมื่อส่งเสร็จแล้วก็จะ OFF และในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา CTS ว่า อุปกรณ์พร้อมที่จะส่งข้อมูลหรือไม่

- GND ขา กราวด์

#### 2.4.4 การทำงานของระดับสัญญาณของ RS232



สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายนำสัญญาณ จะมีแรงดันเป็นบวก เมื่อเทียบกับกราวด์

- เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของโลจิก "1" เป็นลบ คืออยู่ในช่วง -3V ถึง -15V ส่วนแรงดัน ของโลจิก "0" อยู่ในช่วง +3V ถึง +15V

- เป็นสาเหตุให้ ระดับสัญญาณ RS232 อยู่ในช่วง -15 ถึง + 15 V เพื่อให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลขึ้น

- ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL (MAX232)

#### 2.4.5 อัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate)

- คือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาทีเช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800 , 9,600 ,14,400

,19,200, 38,400 ,56,000 เป็นต้น (ซึ่งในโปรเจกต์นี้ใช้ค่า 9600)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

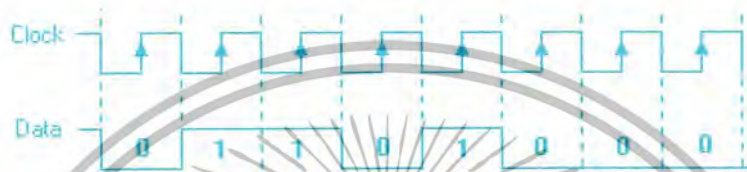
- การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ, ระยะทาง,และปริมาณสัญญาณรบกวน

#### 2.4.6 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มี 2 รูปแบบคือ แบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

##### 2.4.6.ก การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

การรับส่งข้อมูล จะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล ร่วมอยู่ด้วยอีก เส้นหนึ่ง ใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด



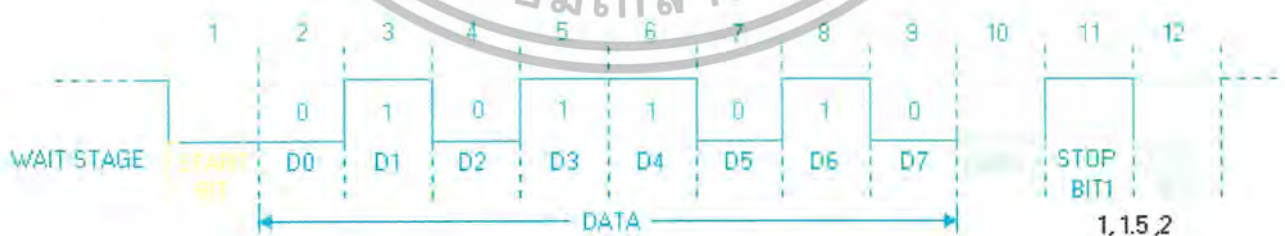
#### 2.23 สัญญาณการทำงานพอร์ทอนุกรมแบบ ซิงโครนัส

##### 2.4.6.ข การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การรับส่งข้อมูล โดยที่ไม่จำเป็นต้อง มีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้ให้ตัวส่ง และตัวรับ มี อัตราส่งข้อมูล ที่เท่ากันรูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต

\*โปรเจกนี้เป็นแบบอะซิงโครนัส



#### 2.24 ภาพแสดง สัญญาณการทำงานพอร์ทอนุกรมแบบ อะซิงโครนัส

- เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา data จะมีสถานะเป็น โลจิก "1" หรือ สถานะหยุดรอ (Waiting stage)

- เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลจะให้ขา data เป็น โลจิก "0" เป็นจำนวน 1 บิต เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยส่งบิตต่ำไปก่อน (LSB)
- แล้วตามด้วยพาริตีบิต (จะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับการติดตั้งค่า ของทั้งสองฝ่าย)
- สุดท้ายตามด้วยลอจิก "1" อย่างน้อย 1 บิต ( มีขนาด 1, 1.5, หรือ 2 บิต) เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

#### 2.4.7 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ยังแบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

1. แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่ง หรือรับข้อมูล แบบทิศทางเดียว เท่านั้น
2. แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกัน คือเมื่อด้านหนึ่งส่ง อีกด้านหนึ่ง เป็นฝ่ายรับ สลับกัน ไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้
3. แบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

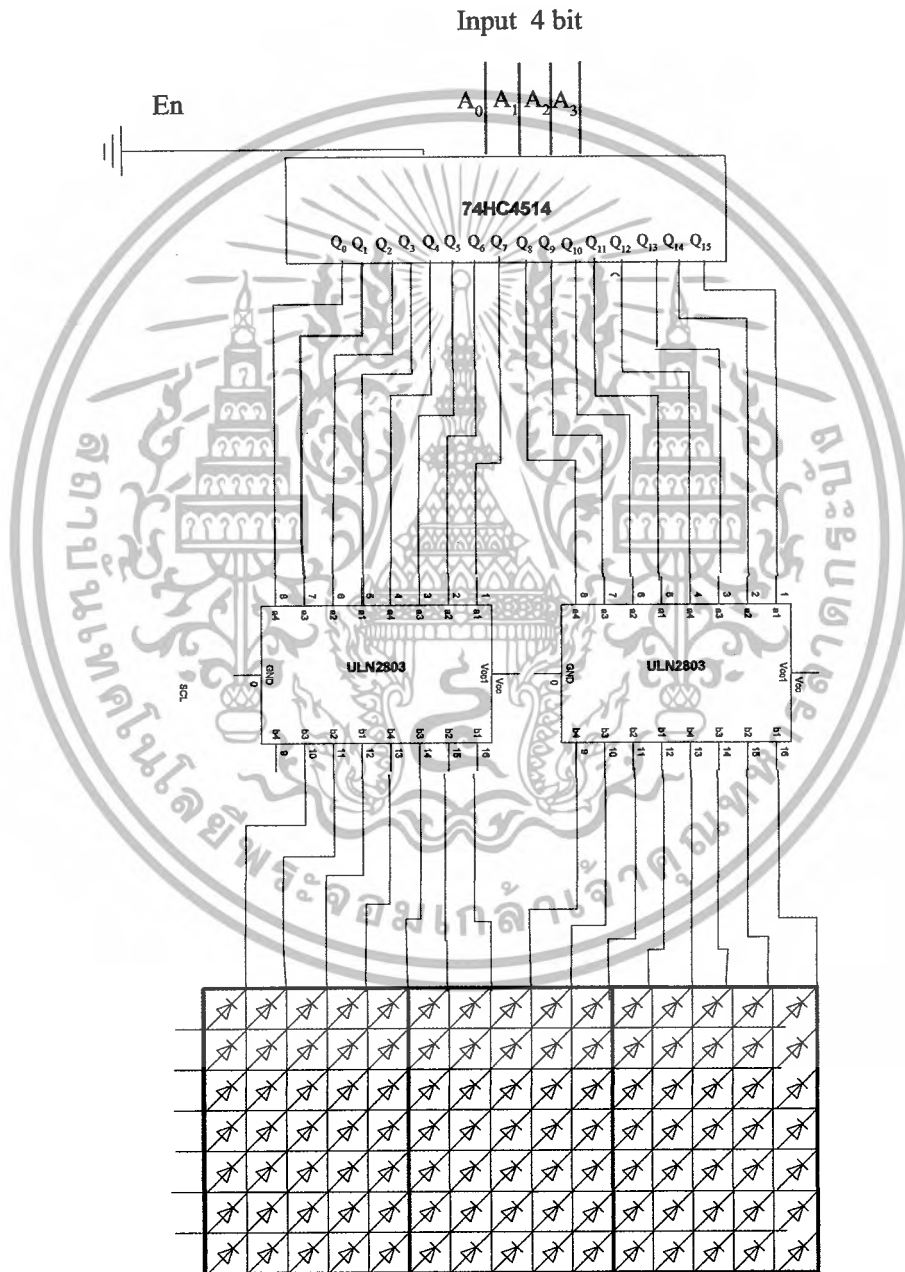


## บทที่ 3

### หลักการออกแบบ

#### 3.1 การควบคุมกระแสทางด้านหลัก

ในการควบคุมกระแสทางด้านหลัก จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องออกแบบให้วงจรสามารถทนกระแสได้สูง เพราะด้านหลักเป็นด้านรับกระแส



รูปที่ 3.1 วงจรขับกระแสด้านหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก Dotmatrix ที่เราใช้เป็น Dotmatrix ประเภท Common Cathode ด้านหลักจึงเป็นด้านที่รับกระแส เราจึงออกแบบให้วงจรจ่ายสถานะ Low เมื่อต้องการให้หลักใดทำงาน

เราออกแบบวงจรนี้ทั้งหมด 5 ชุด เพื่อไปควบคุม Dotmatrix 75 หลักในการคอนโทรลเมื่อเราสั่งให้ขาหนึ่งติคขาหนึ่งของทุกชุดจะติคด้วย การแสดกนจึงแสดกนครั้งละ 15 หลัก ทำให้สามารถลดความถี่ในการแสดกนได้

เนื่องจากกระแสที่ไหลจากผ่าน Dotmatrix มีค่ามาก เราจึงเลือกใช้ ULN 2803 ซึ่งทำหน้าที่ในการ sink กระแส ในส่วนของการขยายพอร์ตเราเลือกใช้ IC เบอร์ 74HC4514

### 3.1.1 วงจรขยายพอร์ต



รูปที่ 3.2 วงจรขยายพอร์ต

วงจขยายพอร์ตทางด้านหลักเลือกใช้ IC เบอร์ 74HC4514 ทำหน้าที่ขยายพอร์ตจากอินพุต 4 บิต ออก 16 บิต ในการออกแบบเราใช้ IC เบอร์นี้ทั้งหมด 5 ตัว โดยการคอนโทรลพอร์ตเดี่ยว เราจึงนำขาของแต่ละตัวมาชอร์ตกัน โดยขา 1 ชอร์ตกับขาหนึ่ง และขาอื่นๆตามมา

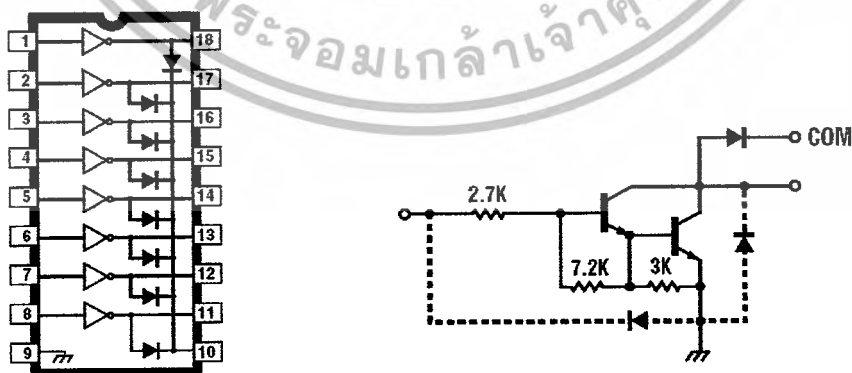
INPUTS					OUTPUTS																
$\bar{E}$	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Q <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	Q <sub>13</sub>	Q <sub>14</sub>	Q <sub>15</sub>	
H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H

ตารางที่ 3.1 สถานะของอินพุตและเอาต์พุตของ 74HC4514

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเราป้อน Low เอาต์พุตที่ออกมาจะมี High เพียงหลักเดียว นอกนั้นเป็น Low หมด แต่ในการควบคุมวงจรด้านหลักเราต้องการให้ คอเทเมตริกซ์เป็น Low เพื่อให้หลักใดๆติด ซึ่งถ้าเอาต์พุตออกมาลักษณะนี้ผลที่ได้ก็คือคอเทเมตริกซ์จะติดทุกหลักยกเว้นหลักแรก ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ เราจึงเลือก IC เบอร์ ULN2803 มีคุณสมบัติเป็น Inverter

### 3.1.2 หลักการทำงานของ ULN2803

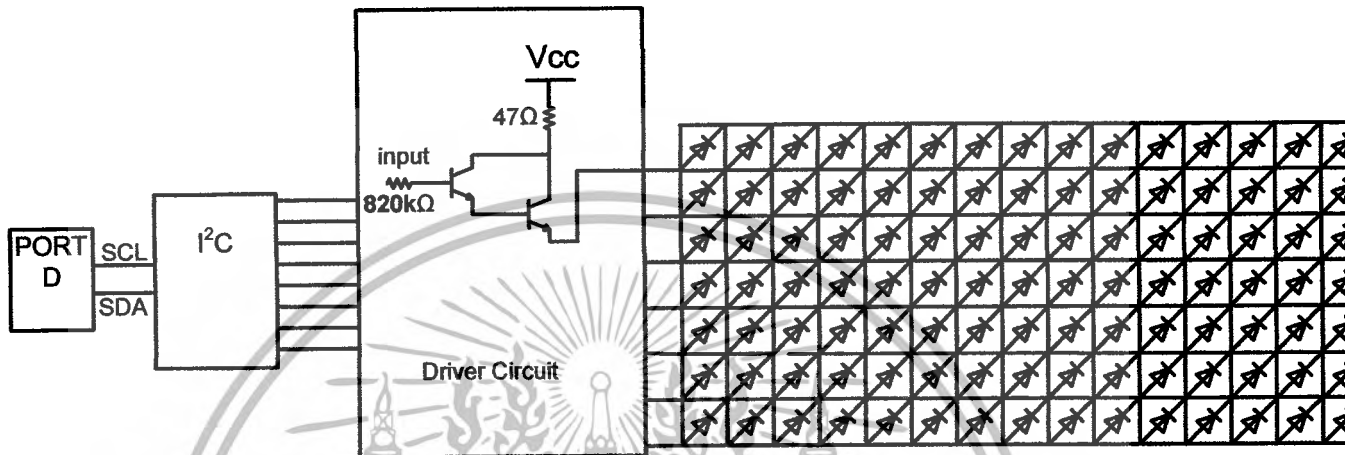
จากวงจรกระแสที่ไหลจาก Dotmatrix มีค่าสูงมาก เราจึงนำมาใช้ไดร์กระแสด้าน Sink ในการออกแบบเราใช้ IC เบอร์นี้ 2 ตัวต่อ 1 ชุด เพราะเราต้องการเอาต์พุตทั้งหมด 75 หลัก



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของ ULN2803

จากรูปที่ 3.3 ปรากฏว่า ULN2803 เป็น High Voltage, High Current, Darlington Array ขับกระแสได้สูงสุด 500mA มีขา Common ต่อกับ Diode เพื่อต่อกับ Vcc หลักการทำงานของมันก็คือเมื่ออินพุตเป็น High ทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสถานะ On กระแสจะสามารถไหลผ่านได้ ทำให้ Dotmatrix ที่หลักนั้นติด

### 3.2 วงจรควบคุมกระแสทางด้านแถว



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมกระแสด้านแถว

ในการออกแบบเราจะใช้ I<sup>2</sup>C เป็นตัวขยายพอร์ตและวงจร ใดร์กระแสที่มีทรานซิสเตอร์ต่อแบบคาร์ลิงตันในการควบคุมกระแสเพราะกระแสที่ไหลออกมาจาก I<sup>2</sup>C มีค่าน้อยมาก

#### 3.2.1 วงจรขยายพอร์ตโดย I<sup>2</sup>C

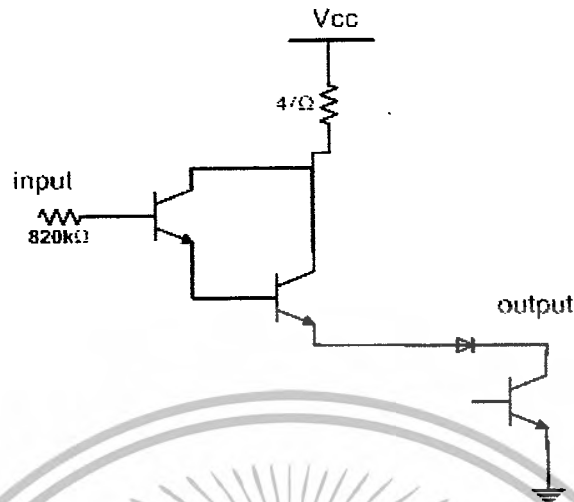


รูปที่ 3.5 วงจรขยายพอร์ตทางด้านแถว

I<sup>2</sup>C จะมี อินพุต 2 ขา คือขา SCL และ SDA ออก 8 bit ขา SCL คือขา Clock ส่วนขา SDA คือขา Data สำหรับส่งข้อมูล

เมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลเข้า I<sup>2</sup>C แบบอนุกรม ข้อมูลที่เข้ามาแบบอนุกรมจะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณClock หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกแปลงเป็นข้อมูลแบบขนาน

### 3.2.2 วงจรขับกระแส



รูปที่ 3.6 วงจรขับกระแส

เนื่องจากกระแสที่มาจาก IC มีค่าน้อยมากประมาณ 10 uA จึงทำให้ต้องผ่านการไคร้กระแส โดยนำทรานซิสเตอร์มาต่อแบบครีถึงตั้งดังรูป เราต้องการกระแสที่ไหลเข้า Dotmatrix 80mA เราจึงต้องคำนวณค่าความต้านทานที่ควบคุมกระแสได้ดังนี้

### 3.2.3 การคำนวณความต้านทาน

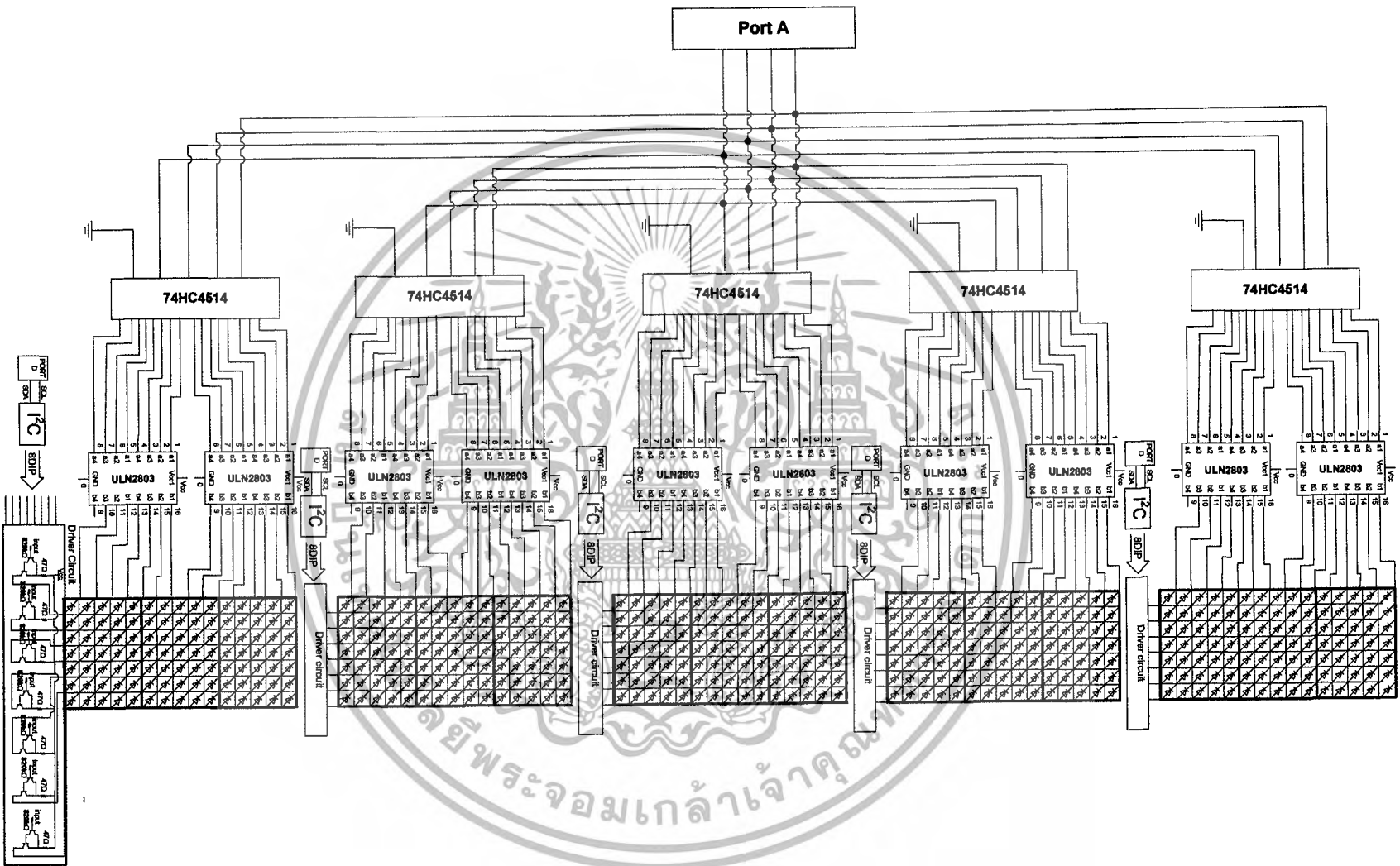
ค่า R ด้าน input

$$\begin{aligned} V_{cc} - 3V_{BE} + V_{diod} &= IR \\ 5 - 2.4 &= (10\mu A) R \\ R &= 2.6/10\mu A = 260 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

เนื่องจากค่าที่คำนวณได้เมื่อนำมาต่อแล้วดึงกระแสมากเกินไปทำให้แรงดันตก เราจึงทำการทดลองเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสม ค่าที่ได้คือ 820 kΩ

และ ค่า R ด้าน Vcc

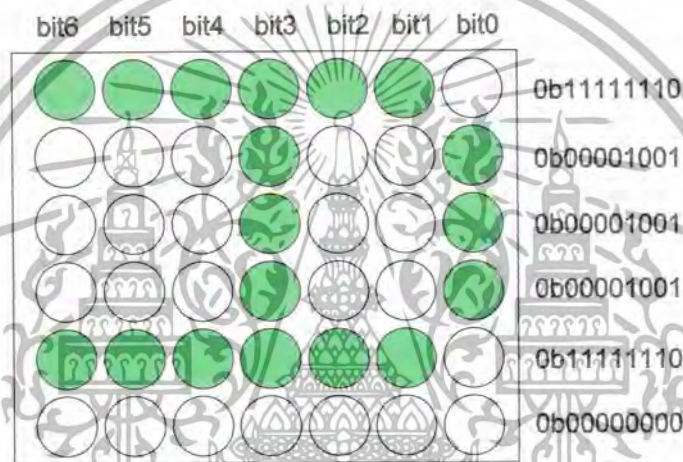
$$\begin{aligned} V_{cc} - V_{EC} - V_{diod} &= (80\text{mA}) R \\ R &= 2.6/80\text{mA} = 32 \Omega \end{aligned}$$



รูปที่ 3.7 23055731

### 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากวงจรที่ออกแบบ ใช้ PORT A ในการส่งสแกนทางหลัก และ PORTD ควบคุม I2C โดยกำหนดให้ D0 เป็นขา SCL ของ I<sup>2</sup>C ทุกตัว และ D1, D2, D3, D4, D5 เป็นขา SDA ของ I2C ตัวที่ 1, 2, 3, 4, 5 ตามลำดับ ข้อมูลที่ถูกส่งมาจาก PC เป็นรหัสแอสกี แต่ Dot matrix ไม่ได้นำภาษาแอสกีไปใช้ในการควบคุม จึงต้องสร้างข้อมูลในรูปแบบ Array เพื่อให้ Dot matrix แสดงเป็นตัวอักษรต่างๆ เช่น ต้องการสร้างตัว A ทำได้โดยทำการสแกน 6 ครั้ง โดยที่ข้อมูลที่ส่งทางด้านแฉวมี่ค่าเป็น 0b11111110, 0b00010001, 0b00010001, 0b00010001, 0b11111110, 0b00000000 จะได้ตัว A

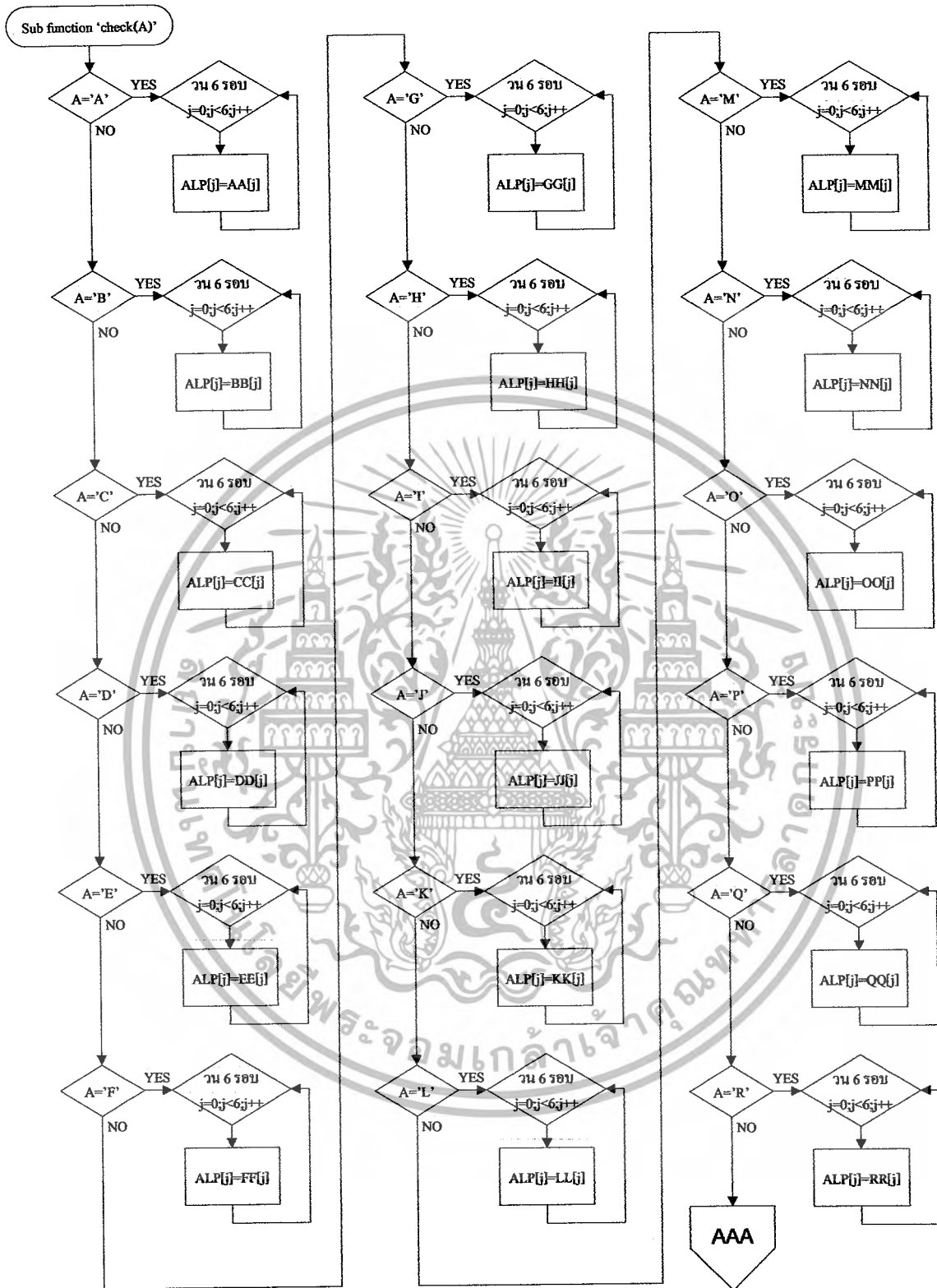


รูปที่ 3.8 วิธีทำ Array ตัวอักษร A

ดังนั้น โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องทำการสร้าง Array ตัวอักษร A-Z และ 0-9 ไว้เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกใช้งาน เมื่อมีการส่งข้อมูลจาก PC มายังไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการ Interrupt เก็บค่าและแยกค่าออกเป็นรหัสแอสกีเก็บไว้ใช้งานในส่วนต่อไป

เมื่อข้อมูลที่รับจาก PC นั้น เป็นรหัสแอสกีแล้ว ต้องนำไปตรวจสอบว่า ข้อมูลที่รับมานั้นเป็นตัวอักษรตัวใด แล้วจึงนำค่าที่ตรวจสอบได้ไปส่งงาน Dot matrix ให้แสดงตัวอักษรนั้น โดยทำการสร้างโปรแกรมย่อยสำหรับการตรวจสอบนี้ เพื่อให้ง่ายต่อการเรียกใช้งานในโปรแกรมหลัก โดยโปรแกรมย่อยนั้น เขียนโปรแกรมให้ทำการตรวจสอบเงื่อนไขว่าค่าที่รับเข้ามาเป็นตัวอักษรนี้หรือเปล่า ถ้าใช่ให้เก็บค่านี้ไว้แล้วส่งกลับไปให้โปรแกรมหลักใช้งาน แต่ถ้าไม่ใช่ให้ตรวจสอบกับตัวอักษรต่อไปว่าใช่หรือไม่ ไปจนครบข้อเสียของวิธีนี้คือถ้าค่าที่รับมาไม่มีการตรวจสอบนั้น จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นตัวอักษรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9ก Flow chart โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับตรวจสอบค่าที่รับจาก PC แล้วแปลงเป็น Array เพื่อนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

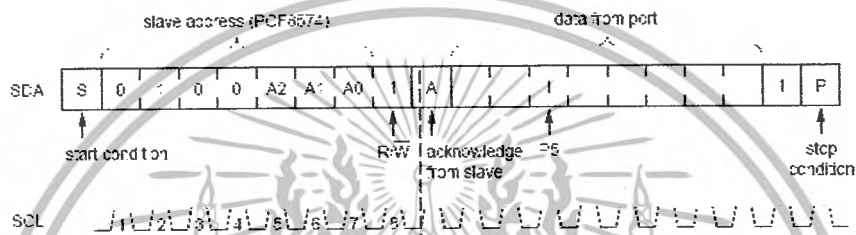


รูปที่ 3.9x Flow chart โปรแกรมย่อยที่ใช้สำหรับตรวจสอบค่าที่รับจาก PC แล้วแปลงเป็น Array เพื่อ

นำไปใช้งาน

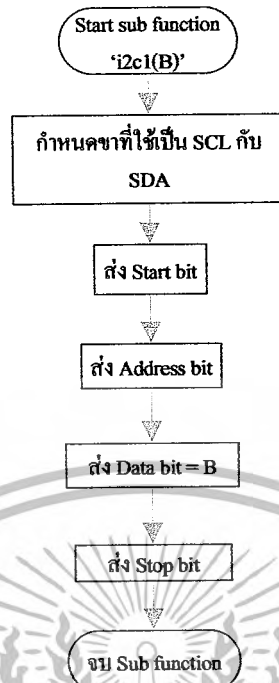
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากวงจรได้แยก Dot matrix เป็น 7x15 จำนวน 5 ชุด เพื่อให้ได้ Dot matrix 7x75 โดยทั้ง 5 ชุดนั้นต้องทำการสแกนพร้อมกัน ดังนั้น ขาที่ต้องนำไปควบคุมการแสดงผลทางแถวจะต้องแยกจากกัน 5 ชุดด้วยเช่นกัน ซึ่งถ้าต่อแบบขนานนั้นจะต้องใช้ขาควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์  $7 \times 5 = 35$  ขา ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้มีขาให้ใช้งานไม่เพียงพอ จึงต้องทำการส่งข้อมูลควบคุมเป็นแบบอนุกรม เข้า I2C เพื่อเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งแบบอนุกรมนี้เป็นแบบขนานได้ โดย I2C 1 ตัวใช้ขาสัญญาณทั้งสิ้น 2 ขา คือขา SDA ซึ่งเป็นขาข้อมูล และขา SCL ซึ่งเป็น Clock ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดังนั้น ต้องใช้ I2C จำนวน 5 ชุด โดยขา SCL สามารถใช้ร่วมกันได้ ตัวอย่างการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง I2C มีดังนี้



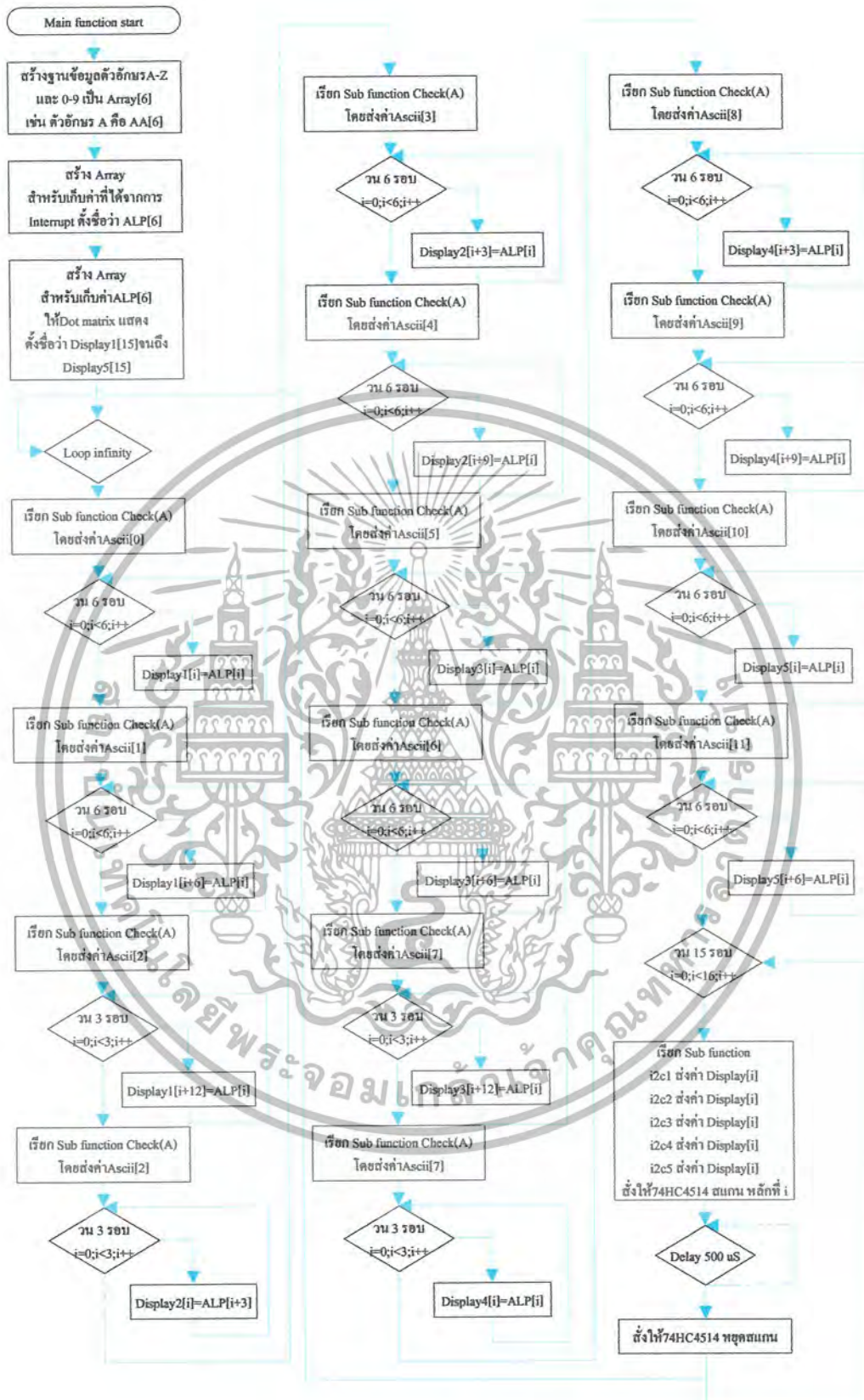
รูปที่ 3.10 ลักษณะการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ถึง I2C

จากรูปเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลไปยัง I2C นั้น ไม่ได้ส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องส่ง Start bit ก่อนเพื่อให้ I2C เตรียมพร้อมที่จะรับ – ส่งข้อมูล ต่อไปส่ง Address bit เพื่อให้ I2C ทราบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูลไปยัง I2C ตัวใด โดย Address กำหนดโดยการต่อวงจรที่ตัวไอซี เมื่อส่ง Address bit เสร็จ ต้องกำหนดว่าต้องการให้ I2C รับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก โดยถ้าต้องการให้รับข้อมูลเข้าต้องส่ง Logic High และถ้าต้องการให้ส่งข้อมูลออกต้องส่ง Logic Low แล้วจึงตามด้วยข้อมูลที่ต้องการจะส่ง ตามด้วย Stop bit เพื่อเสร็จสิ้นการรับ – ส่งข้อมูล



รูปที่ 3.11 Flow chart โปรแกรมย่อยสำหรับส่งข้อมูลไปยัง I<sup>2</sup>C

เมื่อทำการเตรียม Array ตัวอักษรต่างๆ และโปรแกรมย่อยที่ต้องเรียกใช้เรียบร้อยแล้วก็มาถึงการเขียนโปรแกรมหลัก เมื่อมีการส่งข้อมูลจาก PC มายังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการ Interrupt นำข้อมูลมาแยกเป็น รหัสแอสกีค่าต่างๆตามที่ส่ง โปรแกรมหลักจะนำค่านั้นไปตรวจสอบว่าเป็นตัวใดแล้วเก็บค่าที่ได้ไว้จนครบทุกตัว จึงสั่งให้ทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปยัง I2C เพื่อควบคุม Dot matrix ให้ขณะที่ส่งข้อมูลค่าต่างๆ ไปนั้นต้องกำหนดคณแกนหลักไปด้วยเพื่อให้ข้อมูลแสดงตามต้องการ



รูปที่ 3.12 Flow chart โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาษาซีที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <18F4550.h>
#fuses HS,NOLVP,NOWDT,NOPROTECT
#use delay(clock=2000000)
#define TX1 PIN_C6
#define RX1 PIN_C7
#use rs232(baud = 9600, xmit = TX1, rcv = RX1)
#use fast_io(A)
#use fast_io(D)
```

กำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ  
ของไมโครคอนโทรลเลอร์

```
char AA[6] = {0b01111110,0b00001001,0b00001001,0b00001001,0b01111110,0};
char BB[6] = {0b01111111,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b00110110,0};
char CC[6] = {0b00111110,0b01000001,0b01000001,0b01000001,0b00100010,0};
char DD[6] = {0b01111111,0b01000001,0b01000001,0b01000001,0b00111110,0};
char EE[6] = {0b01111111,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b01000001,0};
char FF[6] = {0b01111111,0b00001001,0b00001001,0b00001001,0b00000001,0};
char GG[6] = {0b00111110,0b01000001,0b01001001,0b01001001,0b00111010,0};
char HH[6] = {0b01111111,0b00001000,0b00001000,0b00001000,0b01111111,0};
char II[6] = {0b01000001,0b01000001,0b01111111,0b01000001,0b01000001,0};
char JJ[6] = {0b00110001,0b01000001,0b00111111,0b00000001,0b00000001,0};
char KK[6] = {0b01111111,0b00011100,0b00110110,0b01100011,0b01000001,0};
char LL[6] = {0b01111111,0b01000000,0b01000000,0b01000000,0b01000000,0};
char MM[6] = {0b01111111,0b00000010,0b00000100,0b00000010,0b01111111,0};
char NN[6] = {0b01111111,0b00000100,0b00001000,0b00010000,0b01111111,0};
char OO[6] = {0b00111110,0b01000001,0b01000001,0b01000001,0b00111110,0};
char PP[6] = {0b01111111,0b00001001,0b00001001,0b00001001,0b00000110,0};
char QQ[6] = {0b00101110,0b01010001,0b01010001,0b01010001,0b00001110,0};
char RR[6] = {0b01111111,0b00001001,0b00011001,0b00101001,0b01000110,0};
char SS[6] = {0b00100110,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b00110010,0};
char TT[6] = {0b00000001,0b00000001,0b01111111,0b00000001,0b00000001,0};
char UU[6] = {0b00111111,0b01000000,0b01000000,0b01000000,0b00111111,0};
char WW[6] = {0b01111111,0b00100000,0b00010000,0b00100000,0b01111111,0};
char VV[6] = {0b00011111,0b00100000,0b01000000,0b00100000,0b00011111,0};
char XX[6] = {0b01100011,0b00010100,0b00001000,0b00010100,0b01100011,0};
char YY[6] = {0b00000011,0b00000100,0b01111000,0b00000100,0b00000011,0};
char ZZ[6] = {0b01100001,0b01010001,0b01001001,0b01000101,0b01000011,0};
```

สร้าง Array ของตัวอักษรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char ONE[6] = {0,0b01000010,0b01111111,0b01000000,0,0};
char TWO[7] = {0b01000110,0b01100001,0b01010001,0b01001001,0b01000110,0};
char THREE[8] = {0b00110110,0b01000001,0b01001001,0b01001001,0b00110110,0};
char FOUR[9] = {0b00001000,0b00001100,0b00001010,0b01111111,0b00001000,0};
char FIVE[10] = {0b00101111,0b01000101,0b01000101,0b01000101,0b00111001,0};
char SIX[11] = {0b00111110,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b00110010,0};
char SEVEN[12] = {0b01000001,0b00100001,0b00010001,0b00001001,0b00000111,0};
char EIGHT[13] = {0b00110110,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b00110110,0};
char NINE[14] = {0b00100110,0b01001001,0b01001001,0b01001001,0b00111110,0};

```

สร้าง Array ของ

```

char DOTMATRIX1[15];
char DOTMATRIX2[15];
char DOTMATRIX3[15];
char DOTMATRIX4[15];
char DOTMATRIX5[15];

```

เตรียม Array ไว้สำหรับนำค่าที่ตรวจสอบได้มา

```
int a,b,i;
```

```
char ch[12]; // Array เก็บค่าที่เป็นรหัสแอสกีที่ได้จากการ Interrupt
```

```
char N[6]; // Array ใช้ในขั้นตอนของการตรวจสอบ
```

```
#INT_RDA
```

```
void_intRDA_isr()
```

```
{if(i>12){
```

```
i=0;
```

```
}else {
```

```
ch[i]= getch();
```

```
i++;
```

```
}
```

```
}
```

```
void check(f) {
```

```
if (f=='A') {
```

```
for(a=0;a<6;a++){
```

```
N[a]= AA[a];
```

```
} }else if (f=='B') {
```

```
for(a=0;a<6;a++) {
```

โปรแกรมย่อยสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

N[a] = BB[a];
} }else if (f=='C') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = CC[a];
} }else if (f=='D') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = DD[a];
} }else if (f=='E') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = EE[a];
} }else if (f=='F') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = FF[a];
} }else if (f=='G') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = GG[a];
} }else if (f=='H') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = HH[a];
} }else if (f=='I') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = II[a];
} }else if (f=='J') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = JJ[a];
} }else if (f=='K') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = KK[a];
} }else if (f=='L') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = LL[a];
} }else if (f=='M') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = MM[a];
} }else if (f=='N') {
for(a=0;a<6;a++) {

```

โปรแกรมย่อยสำหรับการตรวจสอบคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

N[a] = NN[a];
} }else if (f=='O') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = OO[a];
} }else if (f=='P') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = PP[a];
} }else if (f=='Q') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = QQ[a];
} }else if (f=='R') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = RR[a];
} }else if (f=='S') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = SS[a];
} }else if (f=='T') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = TT[a];
} }else if (f=='U') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = UU[a];
} }else if (f=='V') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = VV[a];
} }else if (f=='W') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = WW[a];
} }else if (f=='X') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = XX[a];
} }else if (f=='Y') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = YY[a];
} }else if (f=='Z') {
for(a=0;a<6;a++) {

```

โปรแกรมย่อยสำหรับการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

N[a] = ZZ[a];
} }else if (f=='1') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = ONE[a];
} }else if (f=='2') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = TWO[a];
} }else if (f=='3') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = THREE[a];
} }else if (f=='4') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = FOUR[a];
} }else if (f=='5') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = FIVE[a];
} }else if (f=='6') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = SIX[a];
} }else if (f=='7') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = SEVEN[a];
} }else if (f=='8') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = EIGHT[a];
} }else if (f=='9') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = NINE[a];
} }else if (f=='0') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = OO[a];
} }
else if (f=='@') {
for(a=0;a<6;a++) {
N[a] = 0;
} };

```

โปรแกรมย่อยสำหรับการตรวจสอบคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void i2c1(I2C1) {
#define Device_SDA PIN_D1
#define Device_SLC PIN_D0
#use i2c(Master,Fast=400000, sda=Device_SDA, scl=Device_SLC)

i2c_start();

i2c_write(0b01110000);

i2c_write(I2C1);

i2c_stop();
}

```

โปรแกรม  
ย่อยสำหรับ

```

void i2c2(I2C2) {
#define Device_SDA PIN_D2
#define Device_SLC PIN_D0
#use i2c(Master,Fast=400000, sda=Device_SDA, scl=Device_SLC)

i2c_start();

i2c_write(0b01110000);

i2c_write(I2C2);

i2c_stop();
}

```

โปรแกรมย่อย  
สำหรับส่งค่า

```

void i2c3(I2C3) {
#define Device_SDA PIN_D3
#define Device_SLC PIN_D0
#use i2c(Master,Fast=400000, sda=Device_SDA, scl=Device_SLC)

i2c_start();

i2c_write(0b01110000);

i2c_write(I2C3);

i2c_stop();
}

```

โปรแกรมย่อย  
สำหรับส่งค่า

```

void i2c4(I2C4) {
#define Device_SDA PIN_D4
#define Device_SLC PIN_D0
#use i2c(Master,Fast=400000, sda=Device_SDA, scl=Device_SLC)

i2c_start();

i2c_write(0b01110000);

i2c_write(I2C4);

i2c_stop();
}

```

โปรแกรมย่อยสำหรับส่ง  
ค่าไปยัง I2C ชุดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

void i2c5(I2C5) {

#define Device_SDA PIN_D5

#define Device_SLC PIN_D0

#use i2c(Master,Fast=400000, sda=Device_SDA, scl=Device_SLC)

i2c_start();

i2c_write(0b01110000);

i2c_write(I2C5);

i2c_stop();

}

```

โปรแกรมย่อยสำหรับส่ง  
ค่าไปยัง I2C ชุดที่ 5

```

void main()
{
    set_tris_d(0x00);
    set_tris_a(0x00);
    setup_adc(ADC_OFF);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_RDA

while(true)
{check(ch[0]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX1[a]=N[a];
}
////////////////////////////////////
check(ch[1]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX1[a+6]=N[a];
}
////////////////////////////////////
check(ch[2]);
for(b=0;b<3;b++){
{DOTMATRIX1[b+12]=N[b];}
for(b=0;b<3;b++){
DOTMATRIX2[b]= N[b+3];
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

////////////////////////////////////
check(ch[3]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX2[a+3]=N[a];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[4]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX2[a+9]=N[a];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[5]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX3[a]=N[a];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[6]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX3[a+6]=N[a];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[7]);
for(b=0;b<3;b++){
DOTMATRIX3[b+12]=N[b];
}for(b=0;b<3;b++){
DOTMATRIX4[b]=N[b+3];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[8]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX4[a+3]=N[a];
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

check(ch[9]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX4[a+9]=N[a];
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
////////////////////////////////////
check(ch[10]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX5[a]=N[a];
}
////////////////////////////////////
check(ch[11]);
for(a=0;a<6;a++){
DOTMATRIX5[a+6]=N[a];
}for(a=0;a<3;a++){
DOTMATRIX5[a+12]=0;
}

////////////////////////////////////I2C////////////////////////////////////
for(a=0;a<=14;a++){
i2c1(DOTMATRIX1[a]);
i2c2(DOTMATRIX2[a]);
i2c3(DOTMATRIX3[a]);
i2c4(DOTMATRIX4[a]);
i2c5(DOTMATRIX5[a]);
output_a(a);
delay_us(500);
output_a(15);
}
}
}

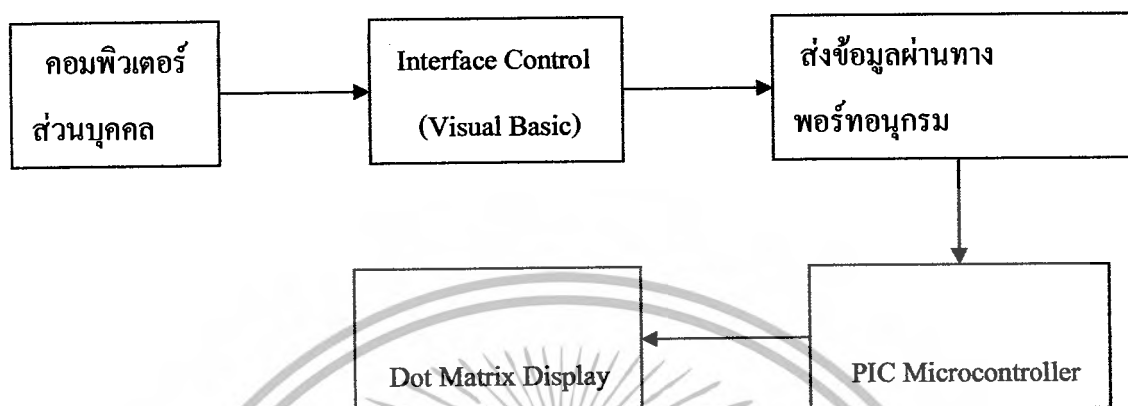
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ส่วนของโปรแกรม

#### 3.4.1 บล็อกโคแอมแกรมในส่วนการส่งข้อมูลของโปรแกรม



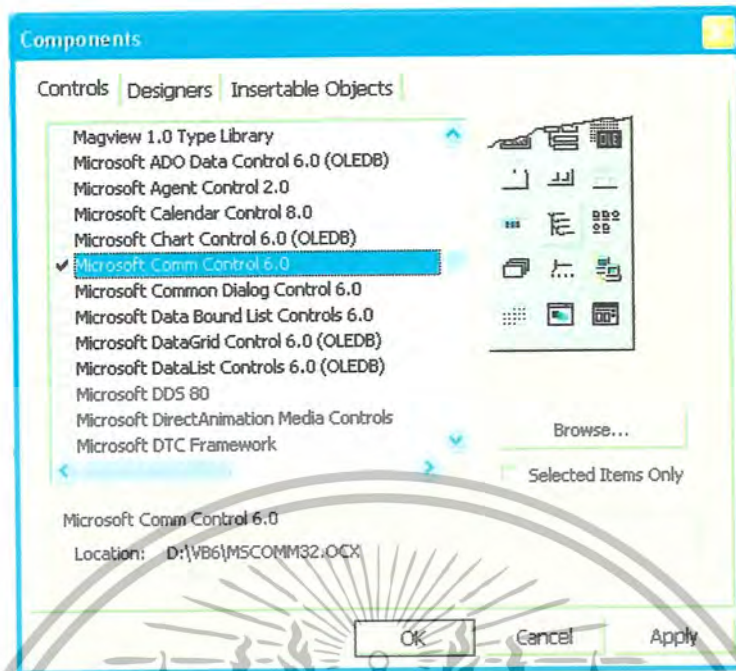
รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกโคแอมแกรมการส่งข้อมูลของส่วนโปรแกรม

ในขั้นต้นใช้ Visual Basic Studio 6.0 ในการรับค่าทางคีย์บอร์ดจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จากนั้น Visual Basic Studio 6.0 จะส่งข้อมูลไปที่พอร์ตอนุกรมใช้ American Standard Code Interchange, ASCII) ซึ่งเป็นภาษามาตรฐานที่นิยม ในกลุ่มผู้สร้างเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปรหัสนี้ได้มาจากรหัสขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO)

พอร์ตอนุกรมจะส่งข้อมูลไปที่ Microcontroller อีกที โดยผ่าน Max232 ก่อนเข้ามารับข้อมูลของ Microcontroller ซึ่งตัว Microcontroller จะรับข้อมูลมาเข้าเงื่อนไขตามที่เขียนไว้ ไปกำหนดการทำงานของ Dot Matrix Display อีกที

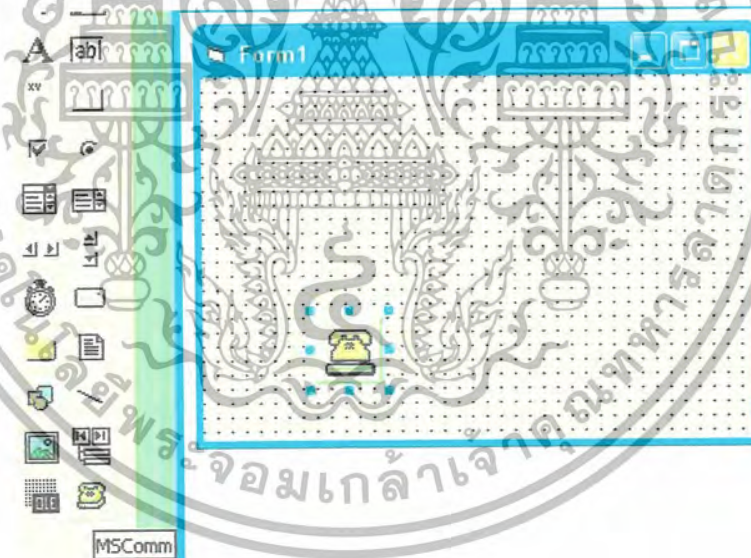
#### 3.4.2 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านพอร์ตอนุกรม

##### 3.4.2.1 ขั้นแรกเลือกใช้ Component ของ Visual Basic 6.0



ไปที่ Project > Components > Microsoft Comm Control 6.0

รูปที่ 3.14 เลือก Components ของ visual basic studio 6.0



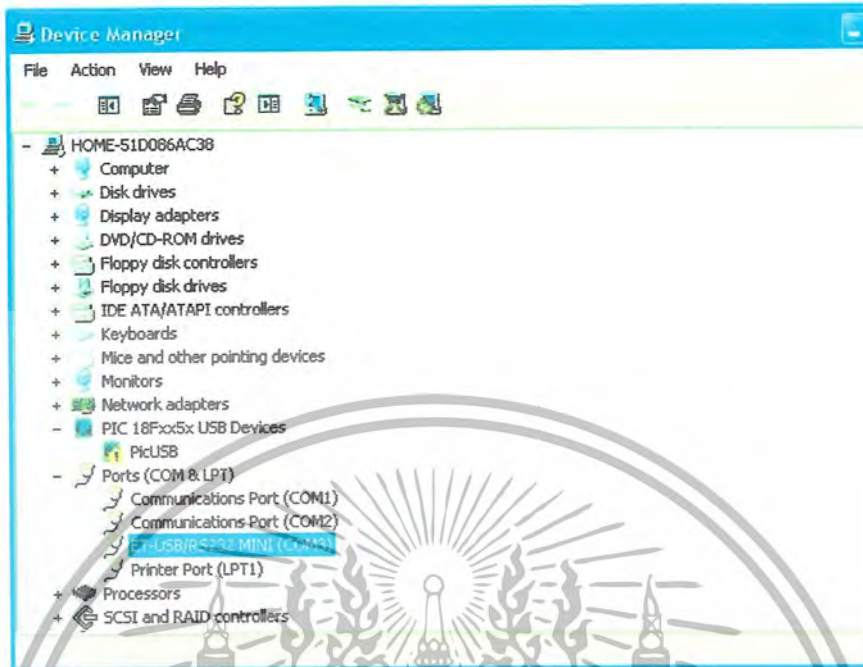
รูปที่ 3.15 ปรากฏ Icon Microsoft Comm Control 6.0 ที่ Tool Bar

### 3.4.2.2 ตั้งค่า Port RS-232

ไปที่ Setting > Control Panel > System > Hardware > Device Manager > Port (Com & LPT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อดูว่า RS-232 ทำการจอง Port ใดในคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.16 แสดงพอร์ตท่อนุกรมใช้งานที่พอร์ต 3 (COM 3)

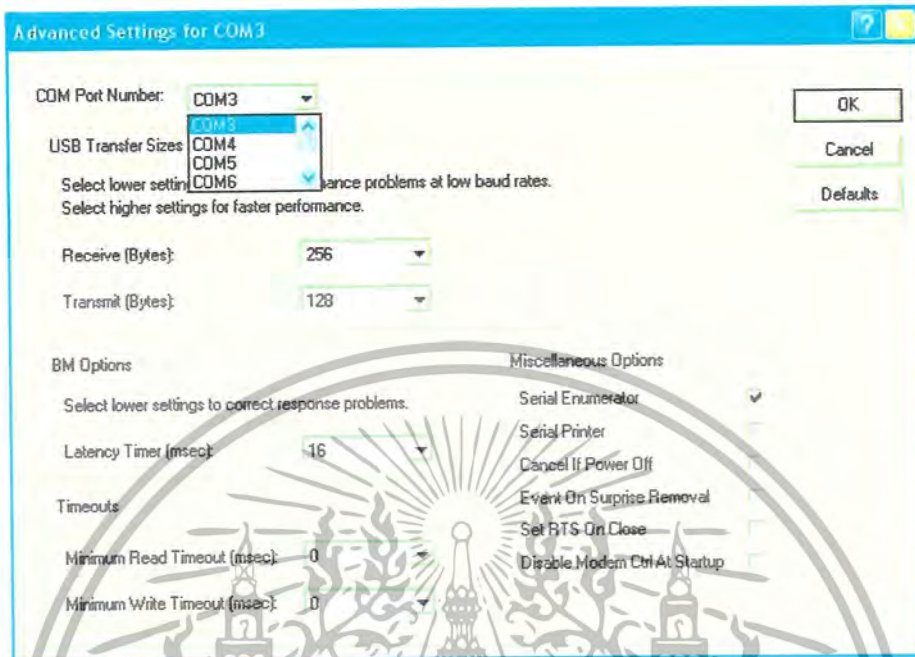
คลิกขวาที่พอร์ตท่อนุกรม เลือก Properties > Port Setting และทำการตั้งค่าต่างๆ



รูปที่ 3.17 ภาพแสดงการตั้งค่าเชื่อมต่อพอร์ตท่อนุกรมกับคอมพิวเตอร์

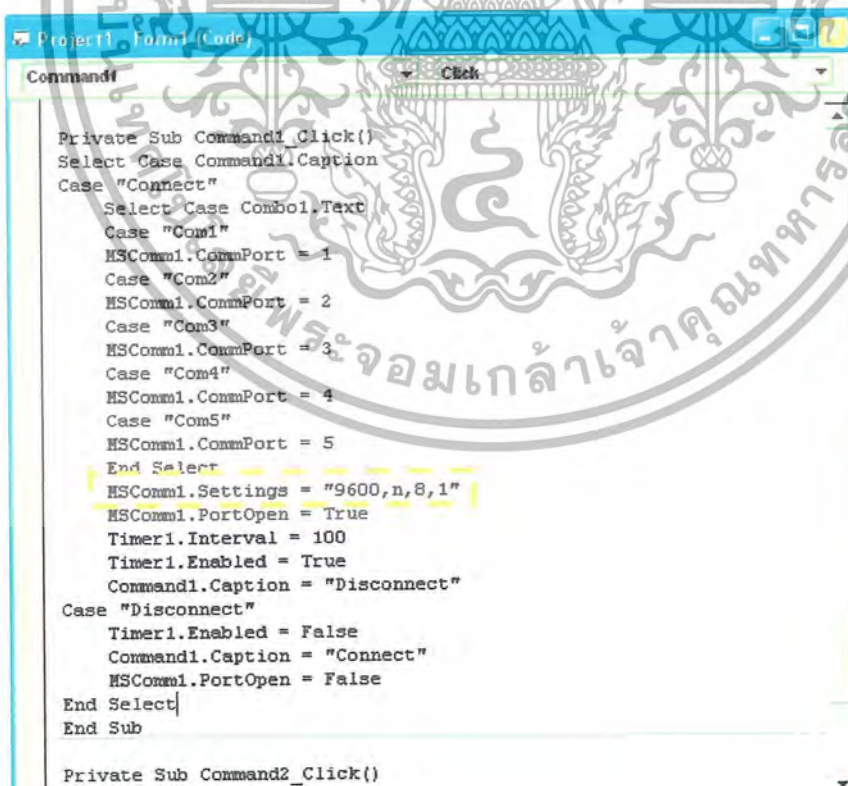
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Advance สามารถทำการเปลี่ยนแปลงPortและตั้งค่าต่างๆดังรูป



รูปที่ 3.18 ภาพแสดงการตั้งค่าเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรมกับคอมพิวเตอร์

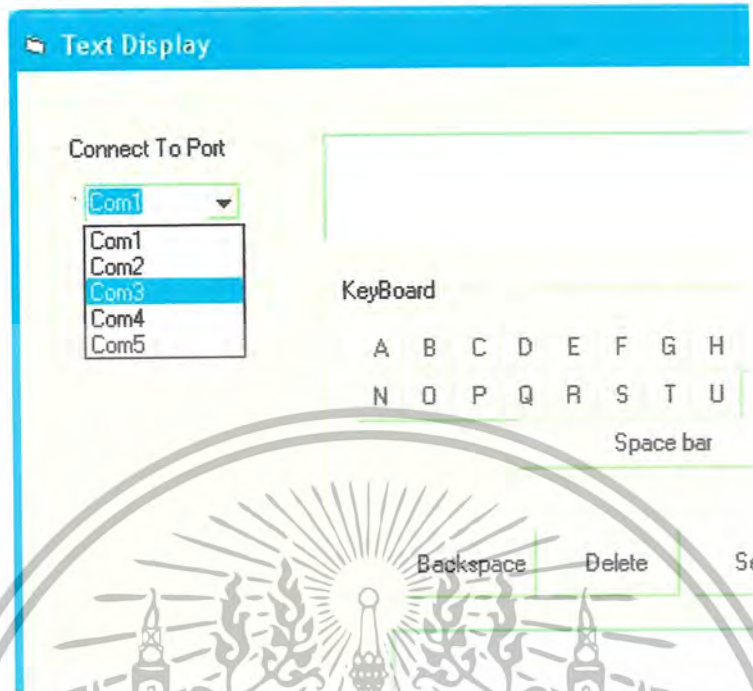
3.4.2.3 หลังจากทำการตั้งค่าต่างๆในคอมพิวเตอร์ให้กำหนดค่าต่างๆที่ตั้งไว้ใน Visual Basic Studio ด้วย



รูปที่ 3.19 กำหนดค่าต่างๆของ Microsoft Comm ให้ตรงกับที่ตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2.4 ในส่วน Interface Control ทำการกำหนด Port ให้ตรงกับ Port ที่เลือกไว้ใน Device Manager



รูปที่ 3.20 ภาพแสดงการเลือกพอร์ทของหน้าจอกวควบคุม

### 3.4.3 การตั้งค่าของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

ตั้งค่า Delay ให้ตรงกับค่าของคริสตัลที่ใช้ และตั้งค่า Function Rs232 ให้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงกำหนดขารับข้อมูลของ Pic ซึ่งในโปรเจกต์นี้ใช้ Pic เบอร์ 18F4550 กรณีนี้ขารับข้อมูล จะเป็น C7 และส่งข้อมูลจะเป็น C6

```

8 #use delay clock 20000000
9 #define TX1 PIN_C6
10 #define RX1 PIN_C7
11
12 #use rs232 baud 9600 xmit TX1 rcv = RX1
13 #use fast_io A
14 #use fast_io B
15 #use fast_io C
16 #use fast_io D
17 #use fast_io E
18
19
20 int a b c
21
22 char ch
23

```

รูปที่ 3.21 ภาพแสดงการตั้งค่าในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ในโปรเจกต์นี้ใช้ CCS เป็น Compiler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.4 การส่งข้อมูล

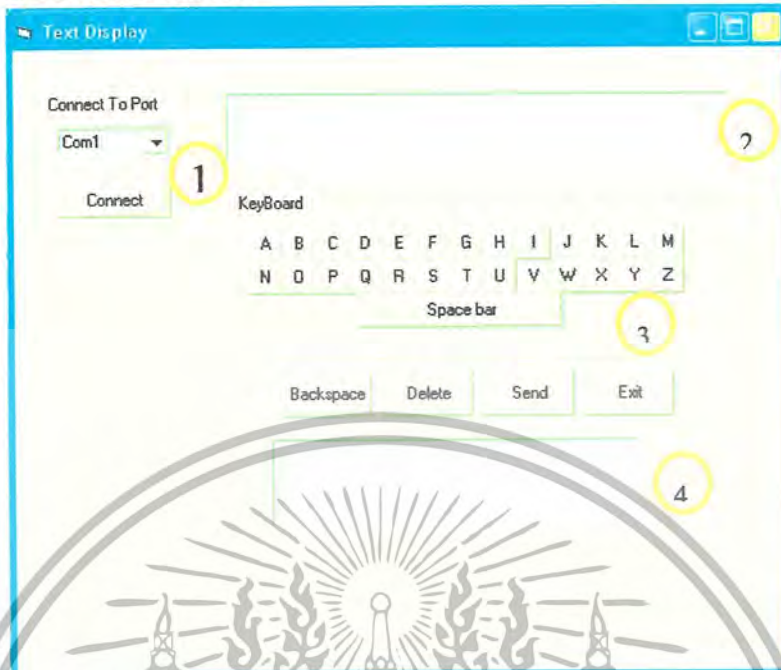
จากคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ทอนุกรมไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้รหัส ASCII ในการสื่อสาร สมมุติ ถ้าส่งตัว A จาก Keyboard ไปค่าที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ จะเป็นเลขฐานสิบ เท่ากับ 65

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	(null)	32	20	040	&#32;		64	40	100	&#64;		96	60	140	&#96;	
1	1	001	(start of heading)	33	21	041	&#33;		65	41	101	&#65;		97	61	141	&#97;	
2	2	002	(start of text)	34	22	042	&#34;		66	42	102	&#66;		98	62	142	&#98;	
3	3	003	(end of text)	35	23	043	&#35;		67	43	103	&#67;		99	63	143	&#99;	
4	4	004	(end of transmission)	36	24	044	&#36;		68	44	104	&#68;		100	64	144	&#100;	
5	5	005	(enquiry)	37	25	045	&#37;		69	45	105	&#69;		101	65	145	&#101;	
6	6	006	(acknowledge)	38	26	046	&#38;		70	46	106	&#70;		102	66	146	&#102;	
7	7	007	(bell)	39	27	047	&#39;		71	47	107	&#71;		103	67	147	&#103;	
8	8	010	(backspace)	40	28	050	&#40;		72	48	110	&#72;		104	68	150	&#104;	
9	9	011	(horizontal tab)	41	29	051	&#41;		73	49	111	&#73;		105	69	151	&#105;	
10	A	012	(NL line feed, new line)	42	2A	052	&#42;		74	4A	112	&#74;		106	6A	152	&#106;	
11	B	013	(vertical tab)	43	2B	053	&#43;		75	4B	113	&#75;		107	6B	153	&#107;	
12	C	014	(NP form feed, new page)	44	2C	054	&#44;		76	4C	114	&#76;		108	6C	154	&#108;	
13	D	015	(carriage return)	45	2D	055	&#45;		77	4D	115	&#77;		109	6D	155	&#109;	
14	E	016	(shift out)	46	2E	056	&#46;		78	4E	116	&#78;		110	6E	156	&#110;	
15	F	017	(shift in)	47	2F	057	&#47;		79	4F	117	&#79;		111	6F	157	&#111;	
16	10	020	(data link escape)	48	30	060	&#48;		80	50	120	&#80;		112	70	160	&#112;	
17	11	021	(device control 1)	49	31	061	&#49;		81	51	121	&#81;		113	71	161	&#113;	
18	12	022	(device control 2)	50	32	062	&#50;		82	52	122	&#82;		114	72	162	&#114;	
19	13	023	(device control 3)	51	33	063	&#51;		83	53	123	&#83;		115	73	163	&#115;	
20	14	024	(device control 4)	52	34	064	&#52;		84	54	124	&#84;		116	74	164	&#116;	
21	15	025	(negative acknowledge)	53	35	065	&#53;		85	55	125	&#85;		117	75	165	&#117;	
22	16	026	(synchronous idle)	54	36	066	&#54;		86	56	126	&#86;		118	76	166	&#118;	
23	17	027	(end of trans. block)	55	37	067	&#55;		87	57	127	&#87;		119	77	167	&#119;	
24	18	030	(cancel)	56	38	070	&#56;		88	58	130	&#88;		120	78	170	&#120;	
25	19	031	(end of medium)	57	39	071	&#57;		89	59	131	&#89;		121	79	171	&#121;	
26	1A	032	(substitute)	58	3A	072	&#58;		90	5A	132	&#90;		122	7A	172	&#122;	
27	1B	033	(escape)	59	3B	073	&#59;		91	5B	133	&#91;		123	7B	173	&#123;	
28	1C	034	(file separator)	60	3C	074	&#60;		92	5C	134	&#92;		124	7C	174	&#124;	
29	1D	035	(group separator)	61	3D	075	&#61;		93	5D	135	&#93;		125	7D	175	&#125;	
30	1E	036	(record separator)	62	3E	076	&#62;		94	5E	136	&#94;		126	7E	176	&#126;	
31	1F	037	(unit separator)	63	3F	077	&#63;		95	5F	137	&#95;		127	7F	177	&#127;	

รูปที่ 3.22 ภาพตัวอย่างตาราง ASCII Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.5 หน้าจอแสดงผล Interface Controller



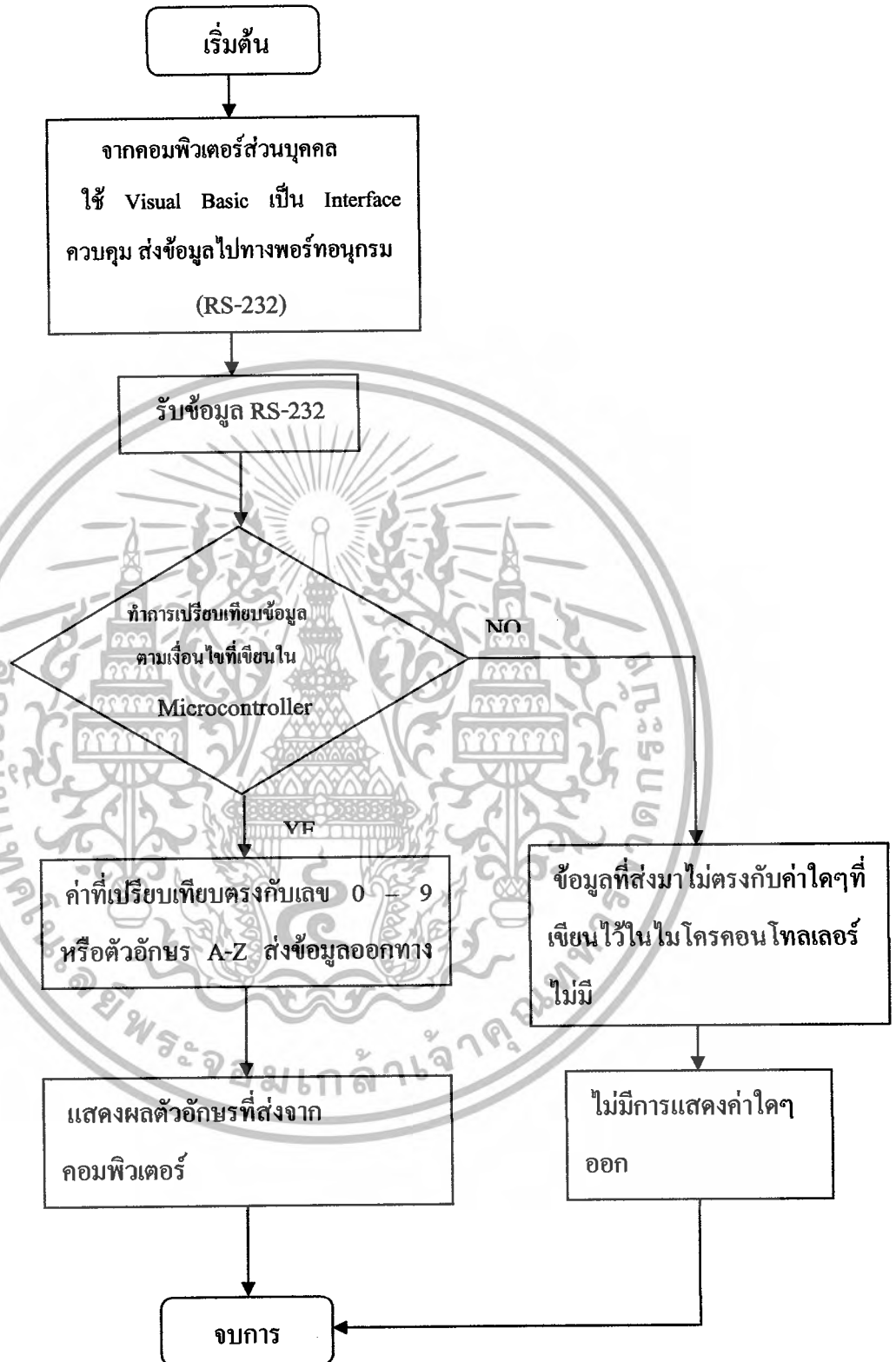
รูปที่ 3.23 รูปจอแสดงผลส่วนควบคุม

ส่วนประกอบของส่วนควบคุม

1. ส่วนติดต่อกับพอร์ตทอกรวม ต้องเลือกพอร์ตเดียวกับที่ตั้งไว้ในคอมพิวเตอร์
2. ช่องข้อความรับค่าจากคีย์บอร์ด
3. คีย์บอร์ดจำลอง
4. ปุ่มควบคุม ส่วนส่งข้อมูล (Send) , ออกจากโปรแกรม (Exit) , ลบตัวอักษร (Backspace) ,ลบข้อความทั้งหมด (Delete)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.6 ส่วนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.24 Flow Chat การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนของโค้ดที่ใช้เขียน Visual Basic 6.0

### Option Explicit

#### Private Sub Form\_Load()

```
Combo1.Text = "Com1"
```

```
Combo1.AddItem "Com1"
```

```
Combo1.AddItem "Com2"
```

```
Combo1.AddItem "Com3"
```

```
Combo1.AddItem "Com4"
```

```
Combo1.AddItem "Com5"
```

```
Text1 = ""
```

```
Form1.Caption = "Text Display"
```

```
Command1.Caption = "Connect"
```

```
End Sub
```

กำหนดพอร์ตที่ใช้ในการ  
ติดต่อกับคอมพิวเตอร์

#### Private Sub Command1\_Click()

```
Select Case Command1.Caption
```

```
Case "Connect"
```

```
Select Case Combo1.Text
```

```
Case "Com1"
```

```
MSComm1.CommPort = 1
```

```
Case "Com2"
```

```
MSComm1.CommPort = 2
```

```
Case "Com3"
```

```
MSComm1.CommPort = 3
```

```
Case "Com4"
```

```
MSComm1.CommPort = 4
```

```
Case "Com5"
```

กำหนดการเชื่อมต่อพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MSComm1.CommPort = 5
End Select

MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"

MSComm1.PortOpen = True

Timer1.Interval = 100

Timer1.Enabled = True

Command1.Caption = "Disconnect"

```

กำหนดการเชื่อมต่อพอร์ท

```

Case "Disconnect"

Timer1.Enabled = False

Command1.Caption = "Connect"

MSComm1.PortOpen = False

```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmd0_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "0"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmd1_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "1"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmd2_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "2"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmd3_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "3"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmd4_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "4"
```

กำหนดปุ่มตัวอักษร

```

End Sub

Private Sub Cmd5_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "5"
End Sub

Private Sub Cmd6_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "6"
End Sub

Private Sub Cmd7_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "7"
End Sub

Private Sub Cmd8_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "8"
End Sub

Private Sub Cmd9_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "9"
End Sub

Private Sub CmdA_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "A"
End Sub

Private Sub CmdB_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "B"
End Sub

Private Sub CmdC_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "C"
End Sub

Private Sub CmdD_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "D"

```

กำหนดปุ่มตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Sub

Private Sub CmdE_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "E"
End Sub

Private Sub CmdF_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "F"
End Sub

Private Sub CmdG_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "G"
End Sub

Private Sub CmdH_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "H"
End Sub

Private Sub CmdI_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "I"
End Sub

Private Sub CmdJ_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "J"
End Sub

Private Sub CmdK_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "K"
End Sub

Private Sub CmdL_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "L"
End Sub

Private Sub CmdM_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "M"

```

กำหนดปุ่มตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End Sub

Private Sub CmdN_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "N"
End Sub

Private Sub CmdO_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "O"
End Sub

Private Sub CmdP_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "P"
End Sub

Private Sub CmdQ_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "Q"
End Sub

Private Sub CmdR_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "R"
End Sub

Private Sub CmdS_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "S"
End Sub

Private Sub CmdT_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "T"
End Sub

Private Sub CmdU_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "U"
End Sub

Private Sub cmdV_Click()
    Text1.Text = Text1.Text + "V"

```

กำหนดปุ่มตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdW_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "W"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdX_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "X"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdY_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "Y"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdZ_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "Z"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
Text1.Text = Text1.Text + "@"
```

```
End Sub
```

กำหนดปุ่มตัวอักษร

```

Private Sub CmdBackspace_Click()

    Dim pos As Long

    Dim strLeft As String, strRight As String

With Text1

If Len(.Text) Then

pos = .SelStart

If pos Then

strLeft = Left$(.Text, pos - 1)

strRight = Mid$(.Text, pos + 1)

.Text = strLeft & strRight

.SelStart = pos - 1

End If

End If

.SetFocus

End With

End Sub

```

คำสั่งชุดคำสั่ง  
ปุ่ม Backspace

```

Private Sub CmdDelete_Click()

    Text1.Text = ""

End Sub

```

กำหนดปุ่ม Delete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub CmdExit_Click()

    Dim Response

    Response = MsgBox("Do you want to Exit ?"
, vbOKCancel, "Exit Windows", "Test", 1000)

    If Response = vbCancel Then

        Me.Caption = "You Press Cancel"

    Else

        Me.Caption = "You press OK"

    End

End If

```

ชุดคำสั่งปุ่ม Exit

```

Private Sub CmdSend_Click()

    Dim over As Integer

    If Len(Trim(Text1.Text)) > 12 Then

        over = MsgBox("You put alphabet more than 12"
, vbOKOnly, "ReEnter Alphabet")

        Text2.Text = "@@@@@@@@@@@@@@" + "#"

        MSComm1.Output = "@@@@@@@@@@@@@@" + "#"

    ElseIf Len(Trim(Text1.Text)) < 12 Then

        Do While Len(Trim(Text1.Text)) < 12

            Text1.Text = Text1.Text + "@"

        Loop

        MSComm1.Output = Text1.Text + "#"

        Text2.Text = Text1.Text + "#"

    Else

        MSComm1.Output = Text1.Text + "#"

```

ชุดคำสั่งปุ่ม Send  
และการวนลูปส่งข้อมูล  
ไปโมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Text2.Text = Text1.Text + "#"
```

```
End If
```

```
Text1.Text = ""
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdDotmatrix_Click()
```

```
Text1.Text = "DOT@MATRIX"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Cmdelectronics_Click()
```

```
Text1.Text = "ELECTRONICS"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdLED_Click()
```

```
Text1.Text = "LED@DISPLAY"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdTransistor_Click()
```

```
Text1.Text = "TRANSISTOR"
```

```
End Sub
```

ปุ่มคำสั่งคว่น

ปุ่มคำสั่งคว่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

#### 4.1 ทดสอบการเข้ารหัสและการส่งข้อมูล

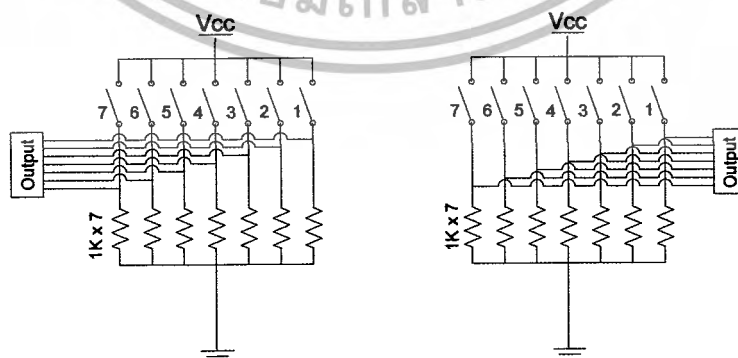
การทดลองที่ 1 วงจรเข้ารหัสทางหลัก(Column)

เนื่องจากทางด้าน Column ไม่มีข้อมูลอะไรมากนัก มีหน้าที่เพียงสแกน หลักไปเรื่อยๆ จากสังงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งโดยนับจาก 0 ถึง 75 แล้วกลับมาเริ่ม 0 การทดลองนี้ก็เพื่อทดสอบว่า วงจรเข้ารหัสที่ประกอบด้วย ไอซี 74HC4515 และ 74HC138 นั้นสามารถเข้ารหัสได้ถูกต้องหรือไม่ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดสอบการใช้งานของบอร์ดแสดงผล



จากวงจร เมื่อไม่กดสวิตช์ Output จะเท่ากับ Gnd หรือ ลอจิก Low เมื่อกดสวิตช์ Output จะเท่ากับ Vcc หรือ ลอจิก High

จากข้างต้น เราสามารถทำเครื่องทดสอบได้โดยนำวงจรข้างต้นมาต่อกัน 7 ตัว เมื่อใช้ป้อน Input ทาง Column และทำเช่นเดียวกันเพื่อป้อน Input ทาง Row



รูปที่ 4.1 วงจรทดสอบการทำงานบอร์ด Dot matrix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 อุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงานบอร์ด Dot matrix

### วิธีทดลอง

ต่อสายจากอุปกรณ์ทดสอบ เข้ากับบอร์ด Dot matrix ที่ต่อกับวงจรเข้ารหัสแล้ว

ต่อ Vcc กับ Gnd เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ

ปรับค่า DIP Switch คอนโทรล Row ให้เป็น High ทั้งหมด

ปรับค่า DIP Switch คอนโทรล Column ให้เป็นค่า 00000000 แล้วเพิ่มค่าในระบบเลขฐานสองขึ้น

เรื่อยๆจนถึง 01001011 บันทึกการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหลักที่ติดลงในตารางผลการทดลอง

### ผลการทดลอง

ตารางแสดงผลการทดลอง

Input ทาง Column								Output
ฐานสิบ	7	6	5	4	3	2	1	หลักที่
0	L	L	L	L	L	L	L	1
1	L	L	L	L	L	L	H	2
2	L	L	L	L	L	H	L	3
3	L	L	L	L	L	H	H	4
4	L	L	L	L	H	L	L	5
5	L	L	L	L	H	L	H	6
6	L	L	L	L	H	H	L	7
7	L	L	L	L	H	H	H	8
8	L	L	L	H	L	L	L	9
9	L	L	L	H	L	L	H	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	L	L	L	H	L	H	L	11
11	L	L	L	H	L	H	H	12
12	L	L	L	H	H	L	L	13
13	L	L	L	H	H	L	H	14
14	L	L	L	H	H	H	L	15
15	L	L	L	H	H	H	H	16
16	L	L	H	L	L	L	L	17
17	L	L	H	L	L	L	H	18
18	L	L	H	L	L	H	L	19
19	L	L	H	L	L	H	H	20
20	L	L	H	L	H	L	L	21
21	L	L	H	L	H	L	H	22
22	L	L	H	L	H	H	L	23
23	L	L	H	L	H	H	H	24
24	L	L	H	H	L	L	L	25
25	L	L	H	H	L	L	H	26
26	L	L	H	H	L	H	L	27
27	L	L	H	H	L	H	H	28
28	L	L	H	H	H	L	L	29
29	L	L	H	H	H	L	H	30
30	L	L	H	H	H	H	L	31
Input 7 Column								Output
ฐานสิบ	7	6	5	4	3	2	1	หลักที่
31	L	L	H	H	H	H	H	32
32	L	H	L	L	L	L	L	33
33	L	H	L	L	L	L	H	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34	L	H	L	L	L	H	L	35
35	L	H	L	L	L	H	H	36
36	L	H	L	L	H	L	L	37
37	L	H	L	L	H	L	H	38
38	L	H	L	L	H	H	L	39
39	L	H	L	L	H	H	H	40
40	L	H	L	H	L	L	L	41
41	L	H	L	H	L	L	H	42
42	L	H	L	H	L	H	L	43
43	L	H	L	H	L	H	H	44
44	L	H	L	H	H	L	L	45
45	L	H	L	H	H	L	H	46
46	L	H	L	H	H	H	L	47
47	L	H	L	H	H	H	H	48
48	L	H	H	L	L	L	L	49
49	L	H	H	L	L	L	H	50
50	L	H	H	L	L	H	L	51
51	L	H	H	L	L	H	H	52
52	L	H	H	L	H	L	L	53
53	L	H	H	L	H	L	H	54
54	L	H	H	L	H	H	L	55
55	L	H	H	L	H	H	H	56
56	L	H	H	H	L	L	L	57
57	L	H	H	H	L	L	H	58
58	L	H	H	H	L	H	L	59
59	L	H	H	H	L	H	H	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60	L	H	H	H	H	L	L	61
61	L	H	H	H	H	L	H	62
62	L	H	H	H	H	H	L	63
63	L	H	H	H	H	H	H	64
64	H	L	L	L	L	L	L	65
65	H	L	L	L	L	L	H	66
66	H	L	L	L	L	H	L	67
67	H	L	L	L	L	H	H	68
68	H	L	L	L	H	L	L	69
69	H	L	L	L	H	L	H	70
70	H	L	L	L	H	H	L	71
71	H	L	L	L	H	H	H	72
72	H	L	L	H	L	L	L	73
73	H	L	L	H	L	L	H	74
74	H	L	L	H	L	H	L	75
75	H	L	L	H	L	H	H	ไม่มีแถว ใดติด

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการส่งข้อมูลด้านหลัก

สรุปผลการทดลองที่ 1 เรื่องทดลองวงจรเข้ารหัส

จากผลการทดลองปรากฏว่าวงจรเข้ารหัสทำงานได้อย่างแม่นยำ โดยถ้าต้องการให้แถวใดติดให้นำตำแหน่งแถวนั้นลบด้วยหนึ่งแล้วส่งไมโครคอนโทรลเลอร์ให้จาก Output เข้าวงจรเข้ารหัส ตัวอย่าง ถ้าต้องการแสดงหลักที่ 30 ต้องสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควรส่งข้อมูลใดมายังวงจรเข้ารหัส

วิธีทำ

ต้องการให้แสดงหลักที่ 30 ให้ LED ติดหมดทุกดวง ควรส่ง  $30 - 1 = 29$  มายังวงจรเข้ารหัส

การทดลองที่ 2 การส่งข้อมูลทางแถว (Row)

ข้อมูลทาง Row จะมีความสำคัญมาก ก็จะเป็นสิ่งกำหนดว่า LED ตัวใดจะติดบ้าง โดยจะส่งข้อมูล

LED ที่จะติดในหลักที่ 1 พร้อมๆกับการที่วงจรเข้ารหัสทาง Column สั่งให้แถวที่ 1 ทำงาน และเมื่อ วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ารหัสทาง Column เปลี่ยนไปส่งให้หลักที่ 2 ทำงาน ข้อมูลทาง Row จะต้องเปลี่ยนไปส่งข้อมูลของหลักที่ 2 ในเวลาเดียว

การทดลองนี้จะทดสอบว่าการส่งข้อมูลทาง Row ส่งอย่างไรและผลที่ออกมาจะเป็นอย่างไร อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองใช้อันเดียวกับอุปกรณ์ในการทดลองที่ 1

### วิธีการทดลอง

ต่อสายจากอุปกรณ์ทดสอบ เข้ากับบอร์ด Dot matrix ที่ต่อกับวงจรเข้ารหัสแล้ว

ต่อ Vcc กับ Gnd เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ

ปรับค่า DIP Switch คอนโทรล Column ให้เป็น 00H ทั้งหมด

ปรับค่า DIP Switch คอนโทรล Row เป็นค่าต่างๆ บันทึกลงในตาราง

### ผลการทดลอง

Input บิตที่							Output แถวที่						
7	6	5	4	3	2	1	7	6	5	4	3	2	1
L	L	L	L	L	L	L	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด
L	L	L	L	L	L	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ไม่ติด
L	L	L	L	L	H	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ไม่ติด	ไม่ติด
L	L	L	L	H	H	H	ติด	ติด	ติด	ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด
L	L	L	H	H	H	H	ติด	ติด	ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด
L	L	H	H	H	H	H	ติด	ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด
H	H	H	H	H	H	H	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด	ไม่ติด
							ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด	ติด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการส่งข้อมูลด้านแถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

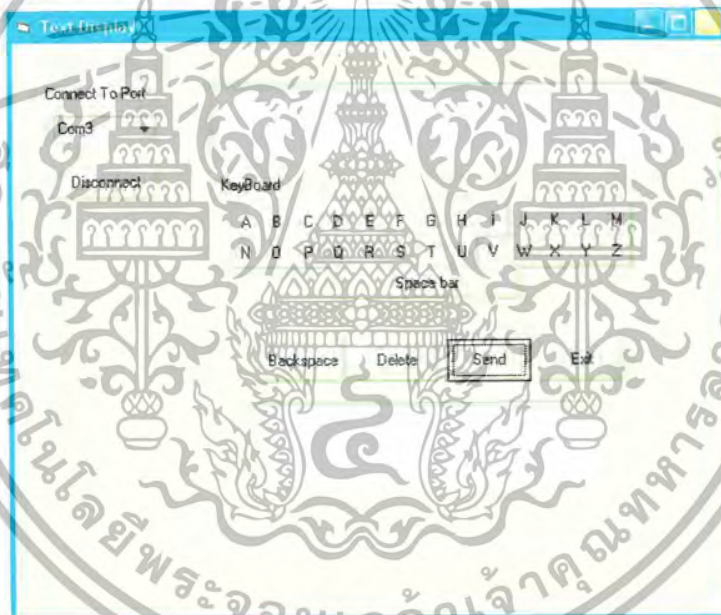
จากผลการทดลอง ปรากฏว่า เมื่อต้องการสั่งให้แฉวโคตติค ต้องกำหนดให้ข้อมูลแฉวนั้นเป็น Low และถ้าต้องการให้ข้อมูลแฉวโคตติค ต้องกำหนดให้ข้อมูลแฉวนั้นเป็น High เนื่องจากคอกกับ ไอซี ULN2803 ซึ่งเป็น Inverter

นำความรูปที่ 4.3 ได้จากการทดลองนี้ไปทำ Database ตัวอักษรต่างๆเก็บไว้ในหน่วยความจำในไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ก็ให้โปรแกรมเรียกข้อมูลตรงนี้ออกมาแสดง ในโครงการนี้ เก็บข้อมูลตัวอักษรอยู่ในรูปของ อาร์เรย์

#### 4.2 ทดสอบ Interface Controller กับ Microcontroller

การทดลองที่ 3 การรับค่าจากแป้นพิมพ์

ทำการทดลองว่า Interface Controller กับ Microcontroller นั้นมีการติดต่อสื่อสาร และ Microcontroller สามารถรับค่าจากแป้นพิมพ์ ของ PC ได้



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงหน้าจอ Interface Control ใน PC designed จาก Visual Studio 6.0

จากรูปที่มีการกำหนด port เป็น port 3 เพราะคอมพิวเตอร์ ที่เชื่อมต่อ กับ RS232 ขณะนั้นมีการกำหนด port เชื่อมต่อเป็น port ที่ 3 จากรูปเริ่มการทดลอง ลองส่งค่า “A” จาก PC ไป ที่ Microcontroller โดยใช้คำสั่ง getch() ในการ รับค่าจาก RS-232

```
ตัวแปร = getch();           // รับค่าที่ส่งจาก RS-232 มาเก็บไว้ในตัวแปรใดๆ
Output_d(ตัวแปร);          // นำค่าที่เก็บไว้ในตัวแปร แสดงออกจาก Port D ของ
```

Microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในโปรเจกต์นี้ได้ทำบอร์ดเสริมเพื่อเช็คค่าว่า ตัวอักษร ที่ส่งมานั้นถูกต้องตาม ASCII Code หรือไม่ เป็นบอร์ด LED แสดงฐาน 2 จำนวน 8 บิต



รูปที่ 4.4 ภาพบอร์ดทดสอบการส่งค่าจากพอร์ตอนุกรม

รูปที่ 4.5 จากภาพแสดงค่าตัวอักษร "A" หลังจากผ่าน Microcontroller

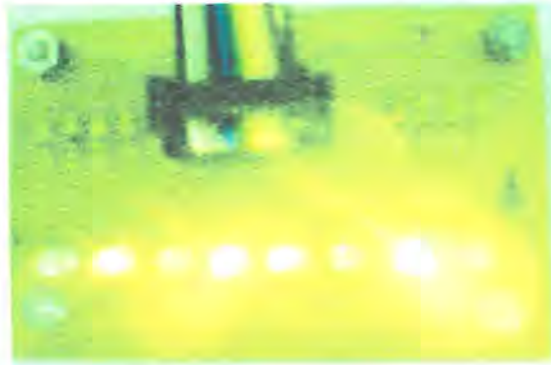
จากรูปแสดงให้เห็นว่า LED ในบอร์ดทดสอบ มีสถานะเป็น High, Low ดังนี้

หลัก	8	7	6	5	4	3	2	1
สถานะ	0	1	0	0	0	0	0	1

เมื่อแปลงเป็นเลขฐาน 10 จะได้ ค่า เท่ากับ 65 ซึ่งตรงกับ ตัวอักษร "A" ใน ASCII Code

ทดลองส่งตัวอักษร "Z" จาก แป้นพิมพ์ PC บอร์ดทดลองจะแสดง สถานะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 จากภาพแสดงค่าตัวอักษร "A" หลังจากผ่าน Miconroller

หลัก	8	7	6	5	4	3	2	1
สถานะ	0	1	0	1	1	0	1	0

เมื่อแปลงเป็นเลขฐาน 10 จะ ได้ค่าเท่ากับ 90 ซึ่งตรงกับ ตัวอักษร "Z" ใน ACSII Code การทดลองที่ 4 การส่งค่าจากแป้นพิมพ์ไปแสดงบนจอแสดงผลแอลอีดี

จากการทดลองที่ 5.1 จะเห็นว่า Microcontroller สามารถรับค่าจากแป้นพิมพ์ได้ ต่อไปจะทำการประยุกต์ค่าที่รับมา กับ จอแสดงผลแอลอีดี

ตัวแปร = getch(); //นำค่าที่รับจาก RS-232 มาเก็บไว้ในตัวแปรใดๆ

if (ตัวแปร == 'A')

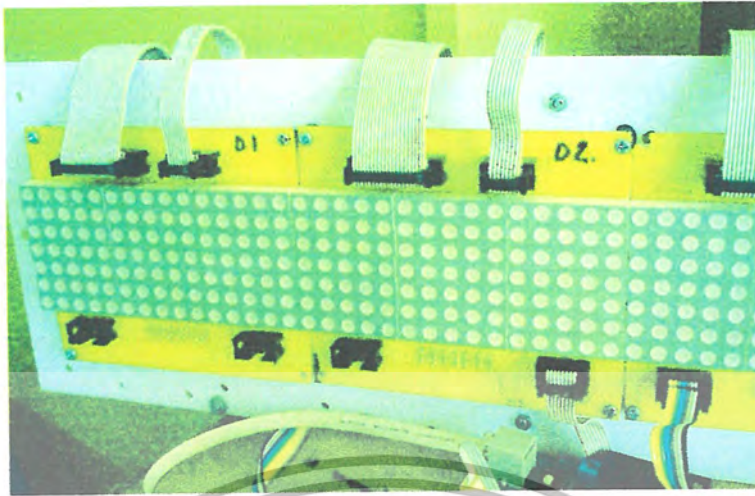
{แสดง ค่า A บนจอแสดงผลแอลอีดี

} else if (ตัวแปร == 'B')

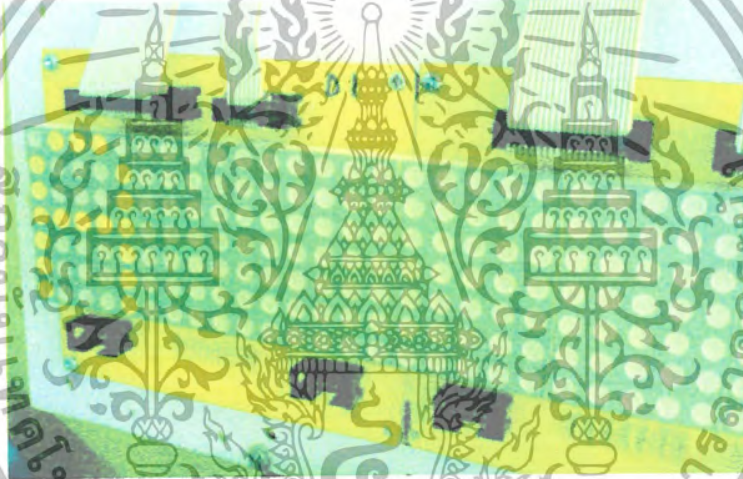
{แสดงค่า B บนจอแสดงผลแอลอีดี}; //นำค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรใดๆ มาเปรียบเทียบกับเงื่อนไข ตรง

กับเงื่อนไข A ให้แสดงตัวอักษร A บนจอแสดงผลแอลอีดี ถ้าตรงกับ เงื่อนไข B ให้แสดง ตัวอักษร B บนจอแสดงผลแอลอีดี

\*\* จาก 4.1 จะเห็นว่าไม่ต้องแปลงตัวอักษร A ให้เป็นตัวเลข เพราะ Microcontroller สามารถเข้าใจ จาก ASCII Code อยู่แล้วว่า เลขฐานสิบ 65 มีความหมายถึงตัวอักษร A



รูปที่ 4.7 ภาพบอร์ดแสดงผลแอลอีดี ก่อนส่งค่า “A” จากแป้นพิมพ์



รูปที่ 4.8 ภาพบอร์ดแสดงผลแอลอีดี หลังส่งค่า “A” จากแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าบอร์ดแสดงผลข้อมูลสามารถแสดงข้อความต่างๆตามที่ป้อนค่าบน หน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ เมื่อเราทำการพิมพ์ข้อความบนหน้าจอที่ออกแบบไว้ ข้อมูลจะถูกส่งไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำการโปรแกรมไว้แล้ว จากนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่ง ก็จะทำการส่ง ข้อมูลไปยังบอร์ดแสดงผล ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์จนกว่าข้อมูลใหม่จะส่งมา

ข้อจำกัดของบอร์ดแสดงผลคือสามารถส่งได้ 12 ตัวอักษร แสดงได้เฉพาะตัวเลขและตัวอักษร ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น แต่เราสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ในอนาคต ซึ่งแนวทางการพัฒนาบอร์ด แสดงผลแบ่งได้ 3 แนวทางคือ

- การส่งข้อมูล สามารถนำมาพัฒนาในด้านการส่งข้อมูลได้หลายทางเช่น บลูทูธ โทรศัพท์มือถือ และทางอินฟราเรด
- สามารถพัฒนาโปรแกรมให้มีการรับส่งข้อมูลได้หลากหลายขึ้นเช่น ข้อมูลรูปภาพ ทำข้อความ เลื่อน และแสดงตัวอักษรภาษาไทยได้
- พัฒนาด้านขนาดของบอร์ดเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการแสดงข้อมูล

เมื่อทำการควบคุมบอร์ดแสดงผลได้สมบูรณ์แล้วจึงทำการเพิ่มแอปพลิเคชัน โดยการออกแบบ หน้าจอเพิ่มสำหรับโหมดการทำงานอื่นๆเช่น บอร์ดแสดงเลขคิว และบอร์ดแสดงผลคะแนน จึงทำให้บอร์ด แสดงผลข้อมูลสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลายความต้องการ

## บรรณานุกรม

อภิชาติ ภู่วลัย.2537.Hardware interface controller.กรุงเทพมหานคร

อภิชาติ ภู่วลัย.2537.เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่o.กรุงเทพมหานคร

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร.2540.Visual Basic 6 .กรุงเทพมหานคร

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร.2540.Microcontroller.กรุงเทพมหานคร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**MICROCHIP**

**PIC18F2455/2550/4455/4550**

**28/40/44-Pin High-Performance, Enhanced Flash USB  
Microcontrollers with nanoWatt Technology**

**Universal Serial Bus Features:**

- USB V2.0 Compliant SIE
- Low-speed (1.5 Mb/s) and full-speed (12 Mb/s)
- Supports control, interrupt, isochronous and bulk transfers
- Supports up to 32 endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte dual access RAM for USB
- On-board USB transceiver with on-chip voltage regulator
- Interface for off-chip USB transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

**Power Managed Modes:**

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8  $\mu$ A typical
- Sleep current down to 0.1  $\mu$ A typical
- Timer1 oscillator: 1.1  $\mu$ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1  $\mu$ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

**Flexible Oscillator Structure:**

- Five Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
  - 5 user selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User tunable to compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

**Peripheral Highlights:**

- High current sink/source: 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 6.25 ns ( $T_{cy}/16$ )
  - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns ( $T_{cy}$ )
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead-time
  - Auto-Shutdown and Auto-Restart
- Addressable USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI™ (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channels Analog-to-Digital Converter module (A/D) with programmable acquisition time
- Dual analog comparators with input multiplexing

**Special Microcontroller Features:**

- C compiler optimized architecture with optional extended instruction set
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: > 40 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)

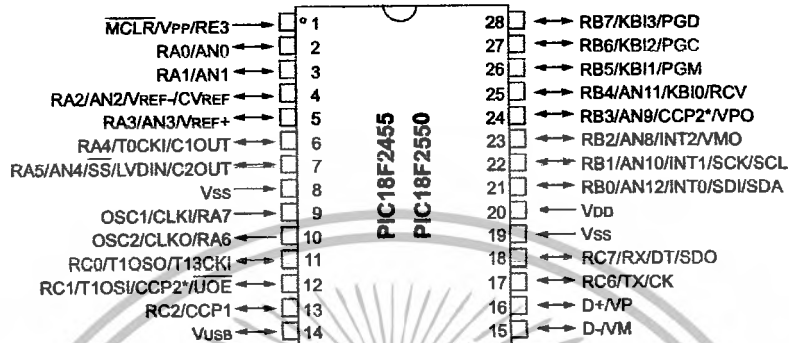
Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EA/USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (bytes)	# Single-Word instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

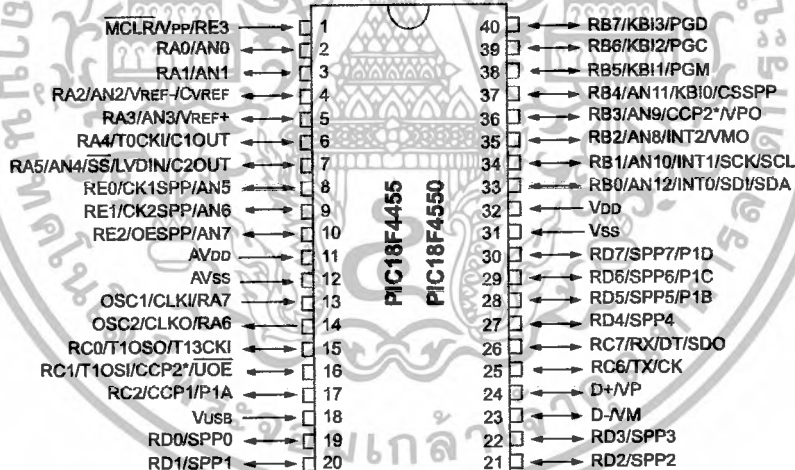
# PIC18F2455/2550/4455/4550

## Pin Diagrams

### 28-Pin SDIP, SOIC



### 40-Pin PDIP

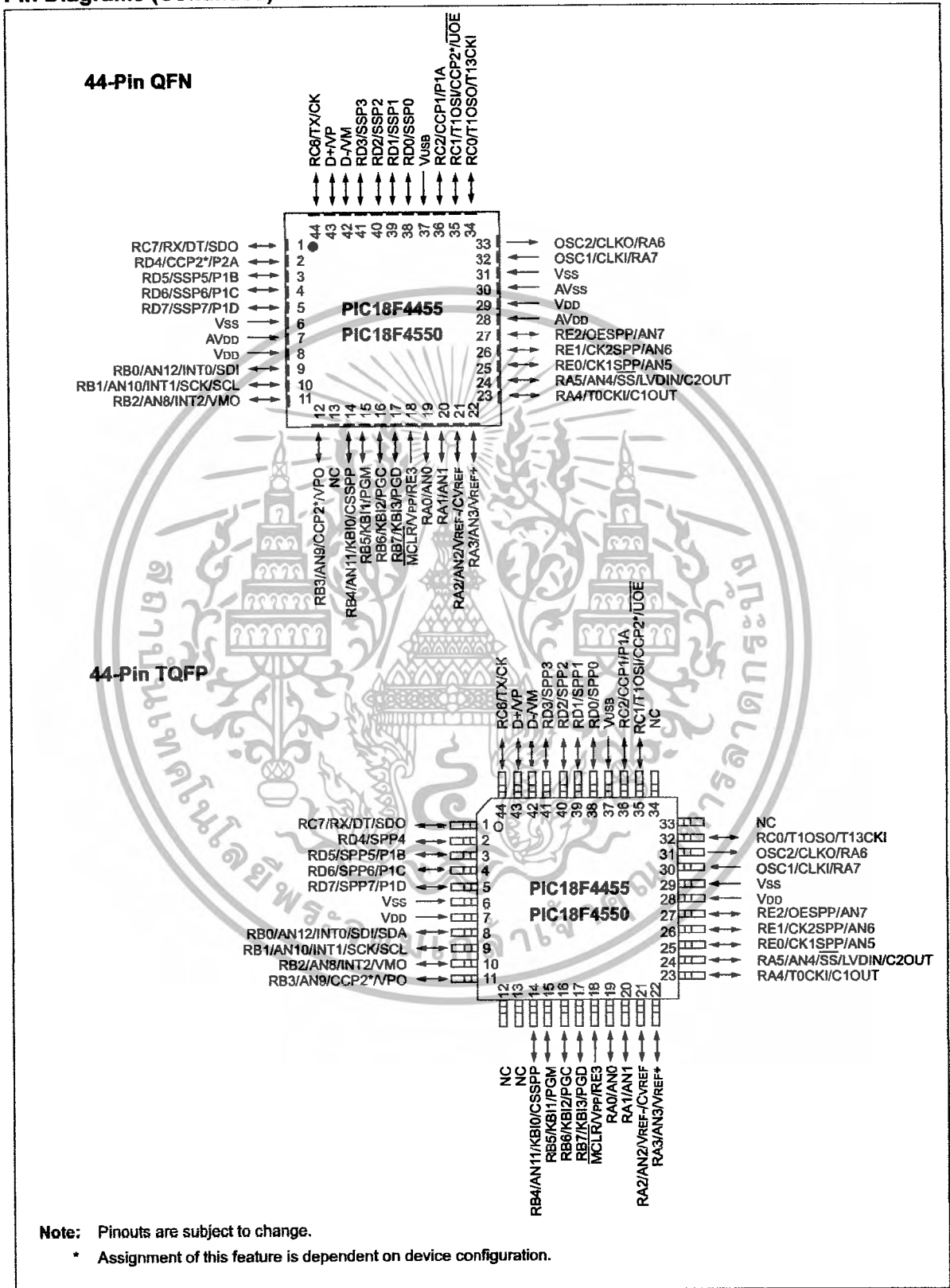


**Note:** Pinouts are subject to change.

- Assignment of this feature is dependent on device configuration.

# PIC18F2455/2550/4455/4550

## Pin Diagrams (Continued)



# PIC18F2455/2550/4455/4550

---

NOTES:



**Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:**

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

**Trademarks**

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, KEELoq, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, microID, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

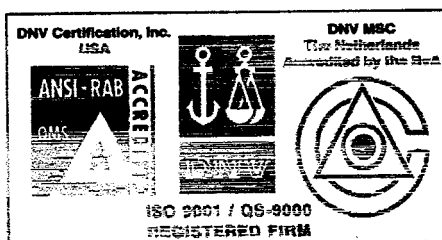
Accuron, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECONOMYMONITOR, FunSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICC, PICKIT, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1998 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoq® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.

# DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

## 74HC/HCT4514

4-to-16 line decoder/demultiplexer  
with input latches

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC06

September 1993

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

### 74HC/HCT4514

#### FEATURES

- Non-inverting outputs
- Output capability: standard
- $I_{CC}$  category: MSI

#### GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT4514 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with "4514" of the "4000B" series. They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT4514 are 4-to-16 line decoders/demultiplexers having four binary weighted address inputs ( $A_0$  to  $A_3$ ), with latches, a latch enable input (LE), and an active LOW enable input ( $\bar{E}$ ). The 16 outputs ( $Q_0$  to  $Q_{15}$ ) are mutually exclusive active HIGH. When LE is HIGH, the selected output is determined by the data on  $A_n$ . When LE goes LOW, the last data present at  $A_n$  are stored in the latches and the outputs remain stable. When  $\bar{E}$  is LOW, the selected output, determined by the contents of the latch, is HIGH. At  $\bar{E}$  HIGH, all outputs are LOW. The enable input ( $\bar{E}$ ) does not affect the state of the latch.

When the "4514" is used as a demultiplexer,  $\bar{E}$  is the data input and  $A_0$  to  $A_3$  are the address inputs.

#### QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V;  $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
$t_{PHL}/t_{PLH}$	propagation delay $A_n$ to $Q_n$	$C_L = 15\text{ pF}$ ; $V_{CC} = 5\text{ V}$	23	26	ns
$C_i$	input capacitance		3.5	3.5	pF
$C_{PD}$	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	44	45	pF

#### Notes

1.  $C_{PD}$  is used to determine the dynamic power dissipation ( $P_D$  in  $\mu\text{W}$ ):  

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$$
 where:  
 $f_i$  = input frequency in MHz  
 $f_o$  = output frequency in MHz  
 $\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$  = sum of outputs  
 $C_L$  = output load capacitance in pF  
 $V_{CC}$  = supply voltage in V
2. For HC the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC}$   
 For HCT the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

#### ORDERING INFORMATION

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

# 4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

## 74HC/HCT4514

### PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1	LE	latch enable input (active HIGH)
2, 3, 21, 22	A <sub>0</sub> to A <sub>3</sub>	address inputs
11, 9, 10, 8, 7, 6, 5, 4, 18, 17, 20, 19, 14, 13, 16, 15	Q <sub>0</sub> to Q <sub>15</sub>	multiplexer outputs (active HIGH)
12	GND	ground (0 V)
23	$\bar{E}$	enable input (active LOW)
24	V <sub>CC</sub>	positive supply voltage

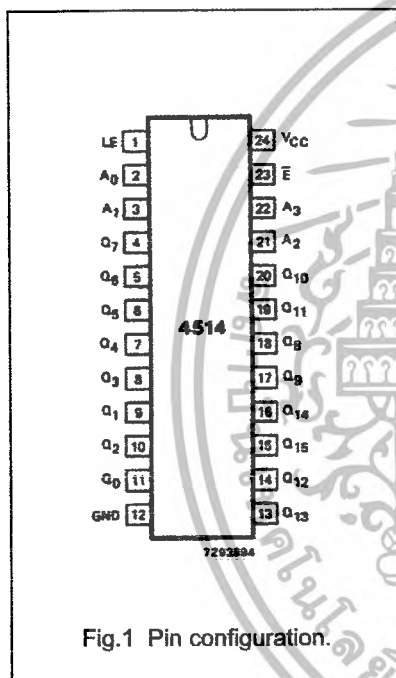


Fig.1 Pin configuration.

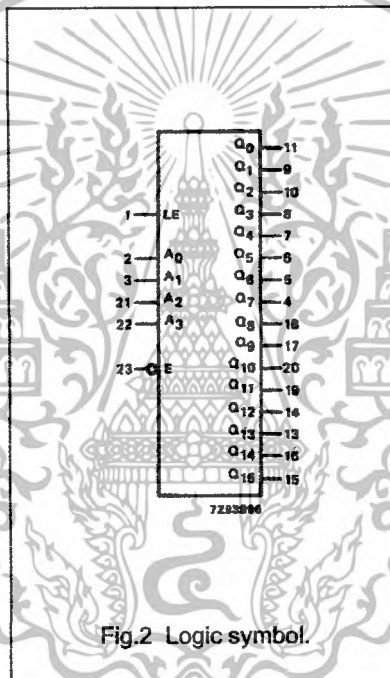


Fig.2 Logic symbol.

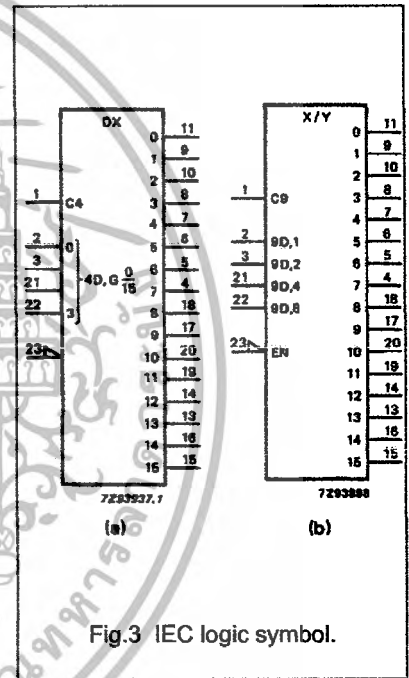
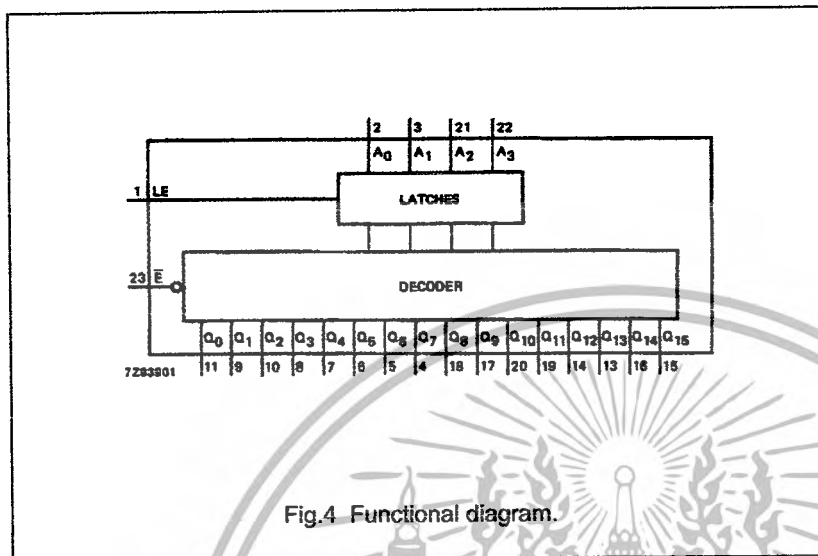


Fig.3 IEC logic symbol.

4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514



APPLICATIONS

- Digital multiplexing
- Address decoding
- Hexadecimal/BCD decoding

Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

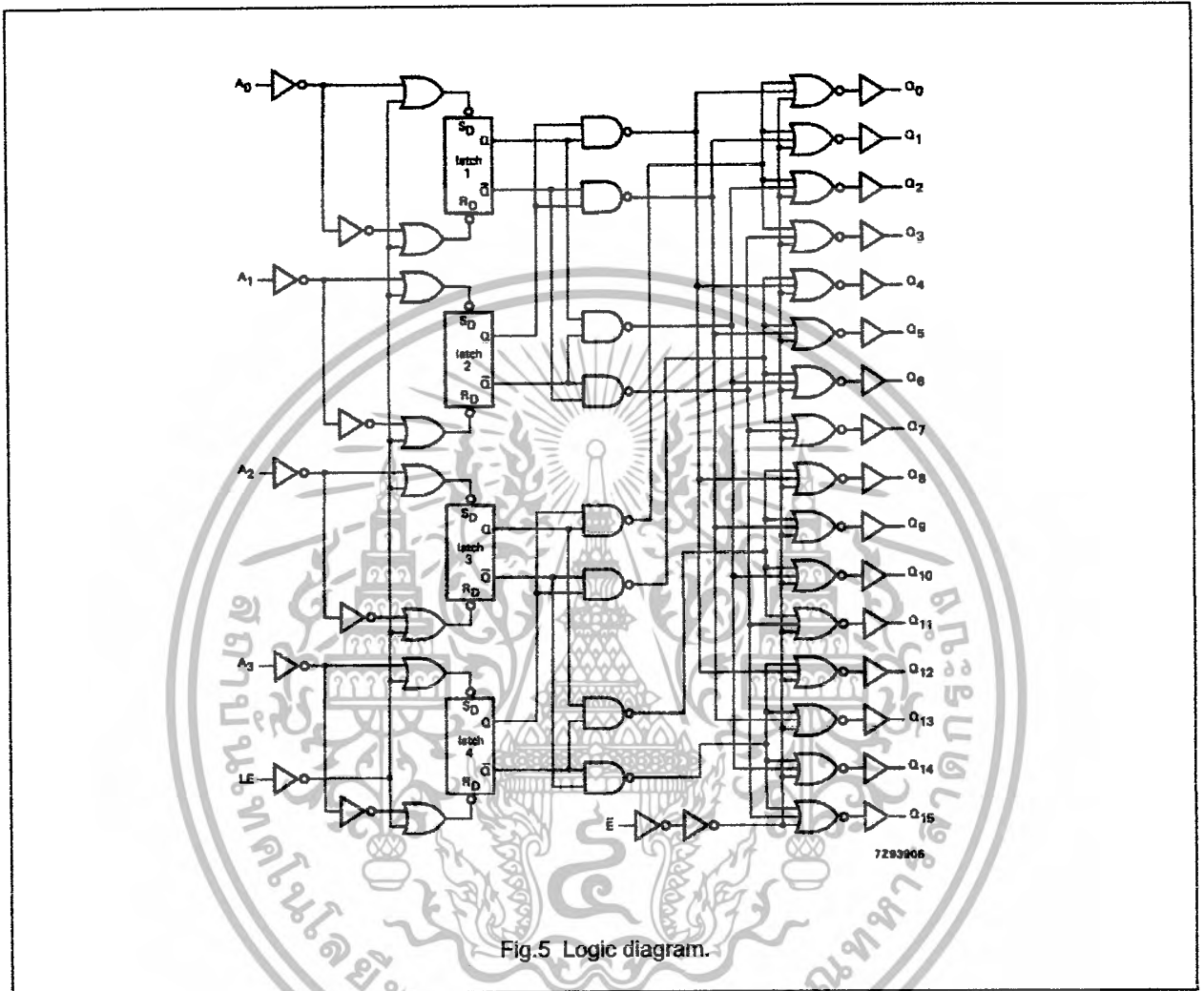
INPUTS					OUTPUTS															
$\bar{E}$	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	Q <sub>0</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>11</sub>	Q <sub>12</sub>	Q <sub>13</sub>	Q <sub>14</sub>	Q <sub>15</sub>
H	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	H	H	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	H	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	H	L	H	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L
L	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	L
L	L	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L
L	H	L	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L
L	L	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L	L
L	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L

Notes

1. LE = HIGH  
 H = HIGH voltage level  
 L = LOW voltage level  
 X = don't care

4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514



4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard  
I<sub>CC</sub> category: MSI

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HC							V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay A <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>	74	230		290		345	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay I F to Q <sub>n</sub>	74	230		290		345	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay E̅ to Q <sub>n</sub>	41	175		220		265	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t <sub>THL</sub> / t <sub>TLH</sub>	output transition time	19	75		95		110	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.6	
t <sub>w</sub>	latch enable pulse width HIGH	80	14		100		120	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t <sub>su</sub>	set-up time A <sub>n</sub> to LE	90	25		115		135	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t <sub>h</sub>	hold time A <sub>n</sub> to LE	1	-11		1		1	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	

## 4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514

### DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I<sub>CC</sub> category: MSI

#### Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current ( $\Delta I_{CC}$ ) for a unit load of 1 is given in the family specifications.

To determine  $\Delta I_{CC}$  per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
A <sub>n</sub>	0.65
LE	1.40
$\bar{E}$	1.00

### AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

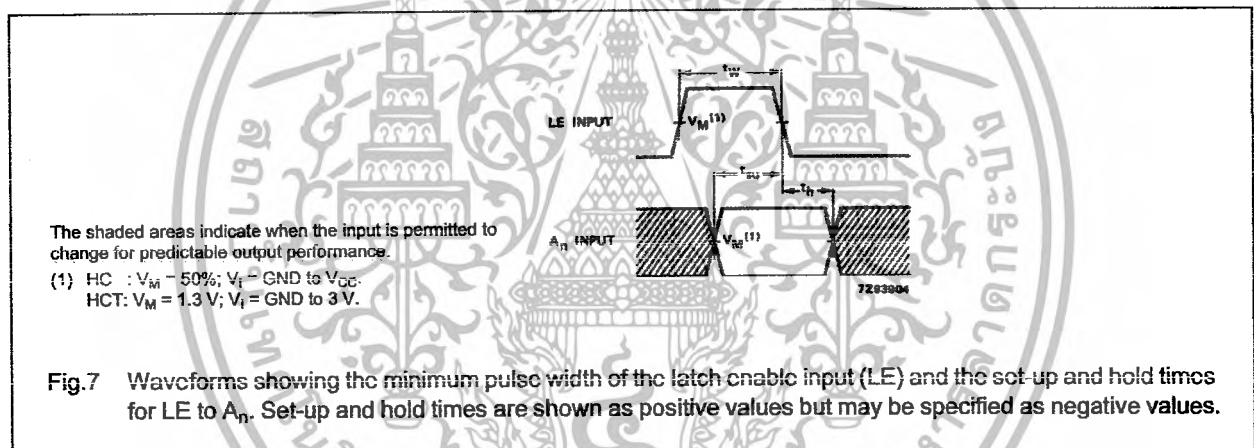
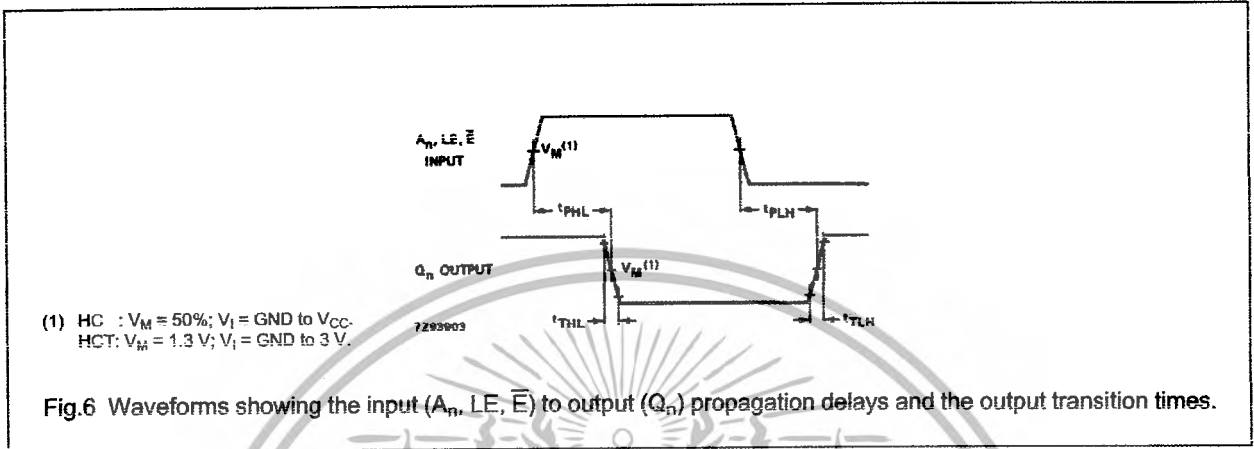
GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT							V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS
		+25		-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.			
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay A <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>	30	55	69	83	ns	4.5	Fig.6		
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay LE to Q <sub>n</sub>	29	50	63	75	ns	4.5	Fig.6		
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay $\bar{E}$ to Q <sub>n</sub>	17	40	50	60	ns	4.5	Fig.6		
t <sub>THL</sub> /t <sub>TLH</sub>	output transition time	7	15	19	22	ns	4.5	Fig.6		
t <sub>w</sub>	latch enable pulse width HIGH	16	4	20	24	ns	4.5	Fig.7		
t <sub>su</sub>	set-up time A <sub>n</sub> to LE	18	9	23	27	ns	4.5	Fig.7		
t <sub>h</sub>	hold time A <sub>n</sub> to LE	3	-3	3	3	ns	4.5	Fig.7		

4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514

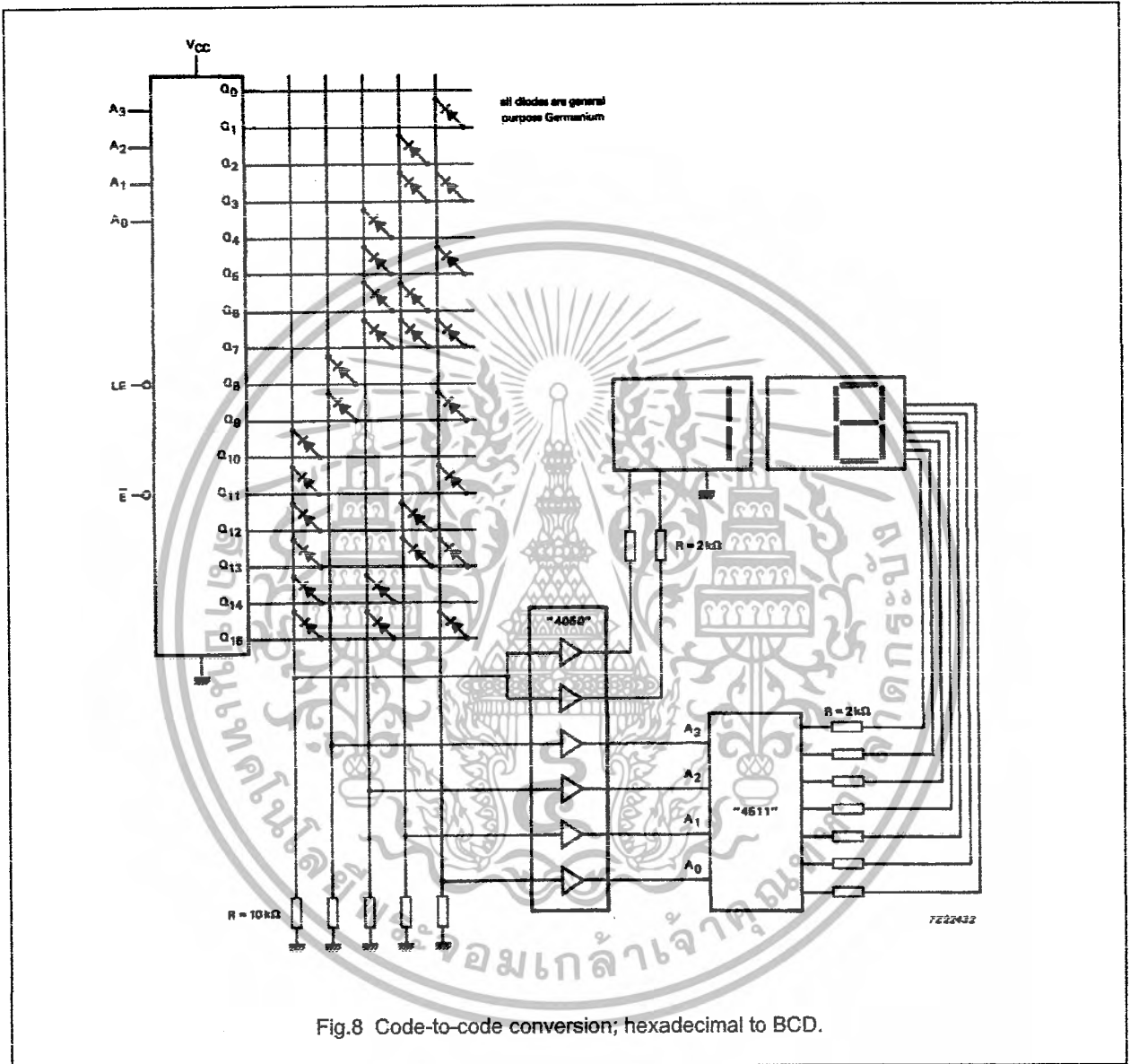
AC WAVEFORMS



4-to-16 line decoder/demultiplexer with input latches

74HC/HCT4514

APPLICATION INFORMATION



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".

This datasheet has been download from:

[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LIGITEK

LIGITEK ELECTRONICS CO.,LTD.  
Property of Ligitek Only

DOT MATRIX DIGIT LED DISPLAY (2.0Inch)



Lead-Free Parts



DOC. NO : QW0905-LMD5721/2BG-XX-PF

REV. : A

DATE : 03 - Aug. - 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



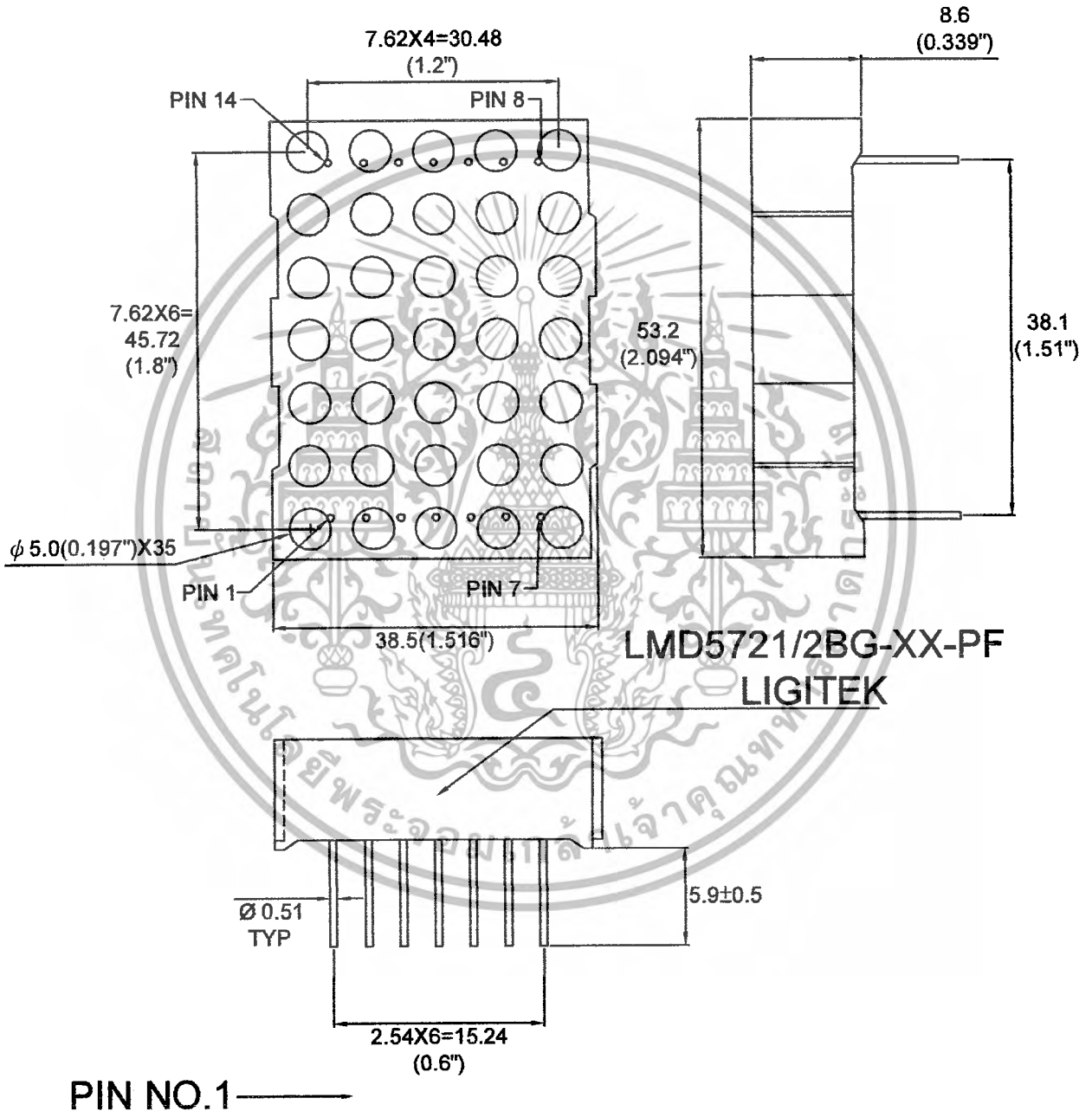
LIGITEK

LIGITEK ELECTRONICS CO.,LTD.  
Property of Ligitek Only

PART NO. LMD5721/2BG-XX-PF

Page 1/8

### Package Dimensions



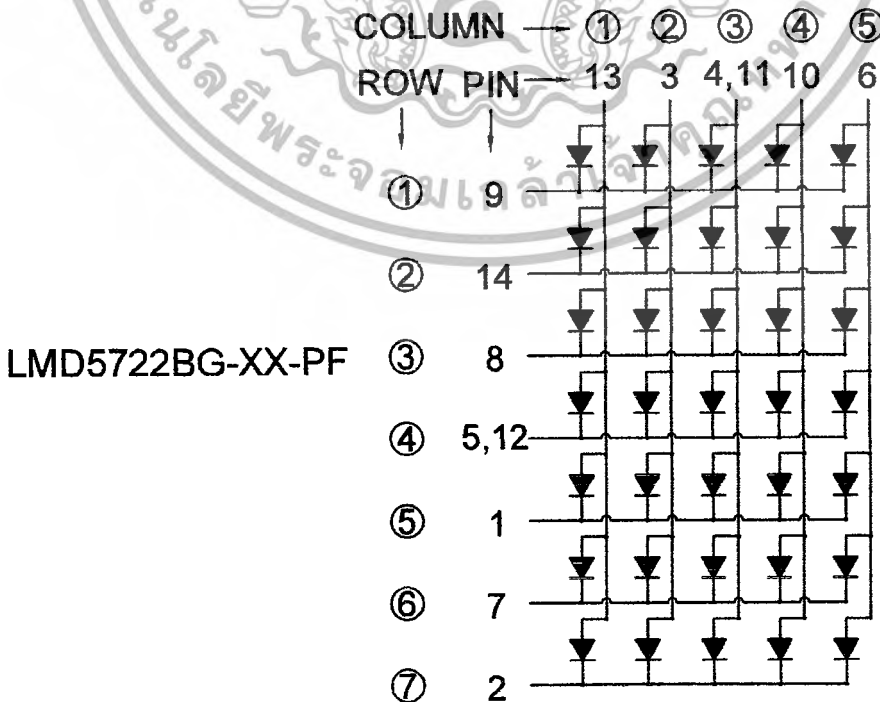
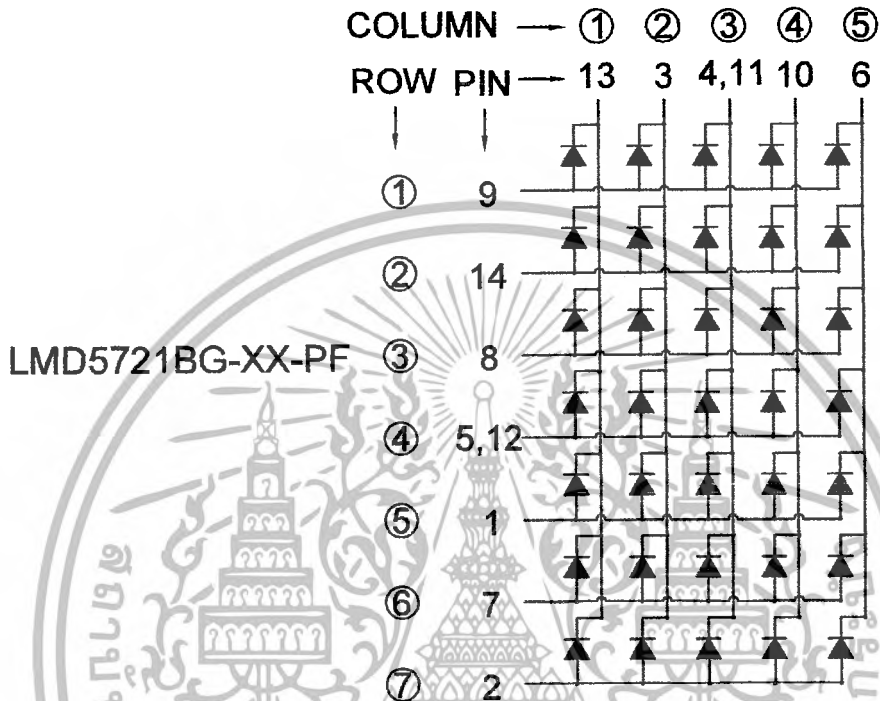
Note : 1.All dimension are in millimeters and (Inch) tolerance is  $\pm 0.25$ mm unless otherwise noted.

2.Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
โดยไม่ได้รับอนุญาต



Internal Circuit Diagram





Electrical Connection

PIN NO.	LMD5721BG-XX-PF	PIN NO.	LMD5722BG-XX-PF
1	Anode Row 5	1	Cathode Row 5
2	Anode Row 7	2	Cathode Row 7
3	Cathode Column 2	3	Anode Column 2
4	Cathode Column 3	4	Anode Column 3
5	Anode Row 4	5	Cathode Row 4
6	Cathode Column 5	6	Anode Column 5
7	Anode Row 6	7	Cathode Row 6
8	Anode Row 3	8	Cathode Row 3
9	Anode Row 1	9	Cathode Row 1
10	Cathode Column 4	10	Anode Column 4
11	Cathode Column 3	11	Anode Column 3
12	Anode Row 4	12	Cathode Row 4
13	Cathode Column 1	13	Anode Column 1
14	Anode Row 2	14	Cathode Row 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่าทางใดก็ตาม ห้ามนำไปทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Ligitek







### Typical Electro-Optical Characteristics Curve

G CHIP

Fig.1 Forward current vs. Forward Voltage

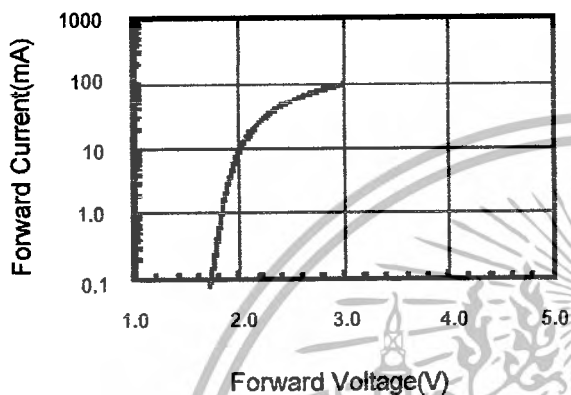


Fig.2 Relative Intensity vs. Forward Current

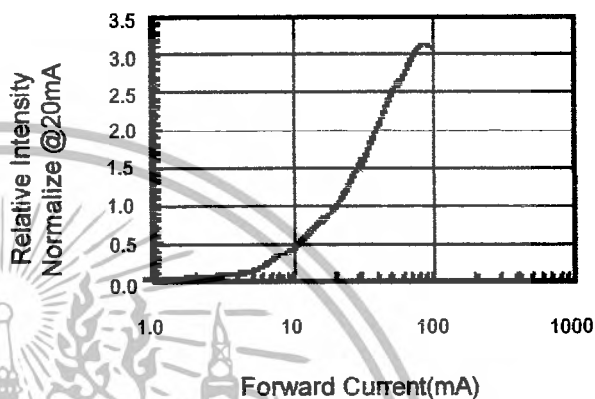


Fig.3 Forward Voltage vs. Temperature

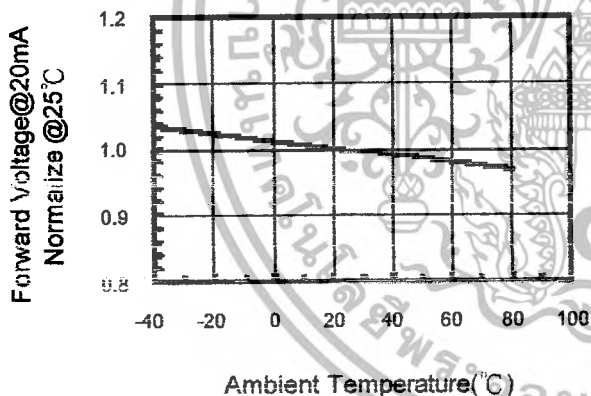


Fig.4 Relative Intensity vs. Temperature

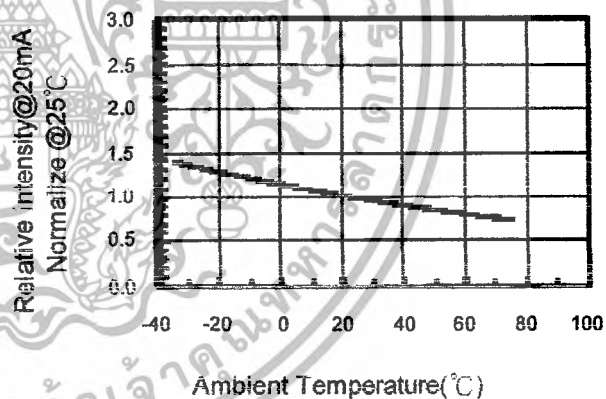


Fig.5 Relative Intensity vs. Wavelength

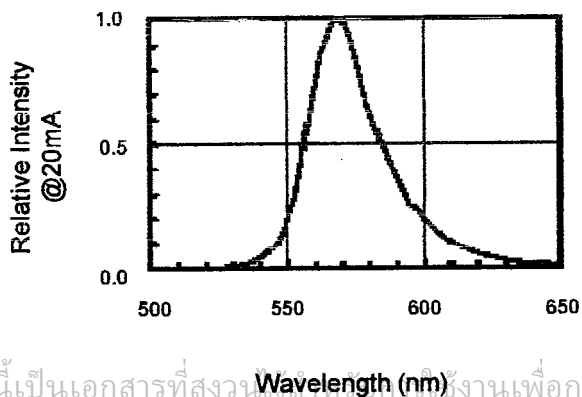


Fig.6 Directive Radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถตีพิมพ์ หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Ligitek Electronics Co., Ltd.



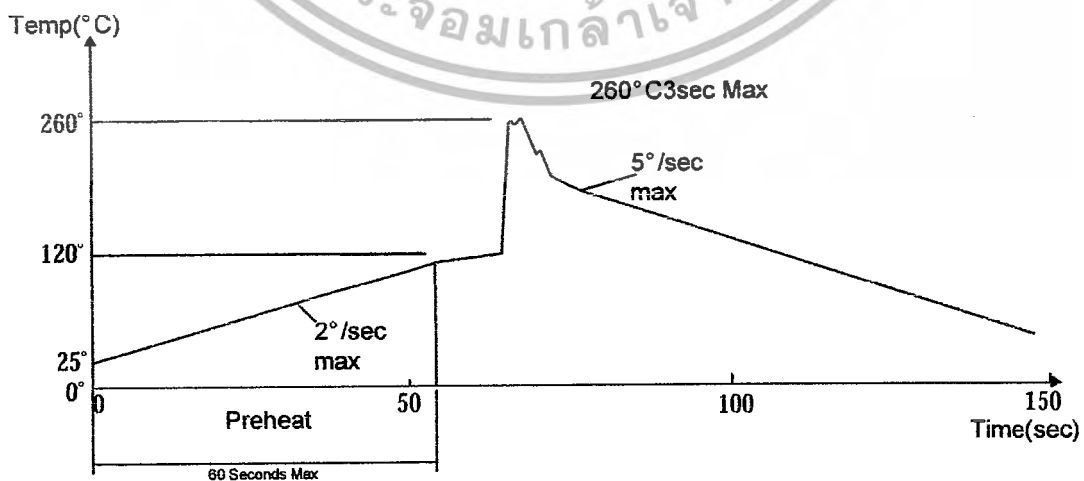
### Soldering Condition(Pb-Free)

#### 1.Iron:

- Soldering Iron:30W Max
- Temperature 350° C Max
- Soldering Time:3 Seconds Max(One time only)
- Distance:Solder Temperature 1/16 Inch Below Seating Plane For 3 Seconds At 260° C

#### 2.Wave Soldering Profile

- Dip Soldering
- Preheat: 120° C Max
- Preheat time: 60seconds Max
- Ramp-up 2° C/sec(max)
- Ramp-Down:-5° C/sec(max)
- Solder Bath:260° C Max
- Dipping Time:3 seconds Max
- Distance:Solder Temperature 1/16 Inch Below Seating Plane For 3 Seconds At 260° C



Note: 1.Wave solder should not be made more than one time.

2.You can just only select one of the soldering conditions as above.

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท ลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต



Reliability Test:

Test Item	Test Condition	Description	Reference Standard
Operating Life Test	1.Under Room Temperature 2.If=10mA 3.t=1000 hrs (-24hrs, +72hrs)	This test is conducted for the purpose of determining the resistance of a part in electrical and thermal stressed.	MIL-STD-750: 1026 MIL-STD-883: 1005 JIS C 7021: B-1
High Temperature Storage Test	1.Ta=105 °C±5°C 2.t=1000 hrs (-24hrs, +72hrs)	The purpose of this is the resistance of the device which is laid under condition of high temperature for hours.	MIL-STD-883:1008 JIS C 7021: B-10
Low Temperature Storage Test	1.Ta= -40 °C±5°C 2.t=1000 hrs (-24hrs, +72hrs)	The purpose of this is the resistance of the device which is laid under condition of low temperature for hours.	JIS C 7021: B-12
High Temperature High Humidity Test	1.Ta=65 °C±5°C 2.RH=90%~95% 3.t=240hrs ±2hrs	The purpose of this test is the resistance of the device under tropical for hours.	MIL-STD-202:103B JIS C 7021: B-11
Thermal Shock Test	1.Ta=105 °C±5°C & -40°C±5°C (10min) (10min) 2.total 10 cycles	The purpose of this is the resistance of the device to sudden extreme changes in high and low temperature.	MIL-STD-202: 107D MIL-STD-750: 1051 MIL-STD-883: 1011
Solder Resistance Test	1.T.Sol=260 °C±5°C 2.Dwell time= 10 ±1sec.	This test intended to determine the thermal characteristic resistance of the device to sudden exposures at extreme changes in temperature when soldering the lead wire.	MIL-STD-202: 210A MIL-STD-750: 2031 JIS C 7021: A-1
Solderability Test	1.T.Sol=230 °C±5°C 2.Dwell time=5 ±1sec	This test intended to see soldering well performed or not.	MIL-STD-202: 209D MIL-STD-750: 2026 MIL-STD-883: 2003 JIS C 7021: A-2

# DATA SHEET

# NEC

# SILICON POWER TRANSISTOR 2SC2335

## NPN SILICON TRIPLE DIFFUSED TRANSISTOR FOR HIGH-SPEED HIGH-VOLTAGE SWITCHING

The 2SC2335 is a mold power transistor developed for high-speed high-voltage switching, and is ideal for use as a driver in devices such as switching regulators, DC/DC converters, and high-frequency power amplifiers.

### ORDERING INFORMATION

Part No.	Package
2SC2335	TO-220AB

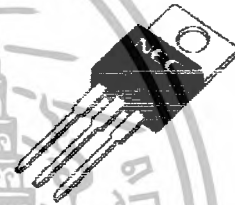
### FEATURES

- Low collector saturation voltage:  $V_{CE(sat)} = 1.0 \text{ V MAX. @ } I_c = 3.0 \text{ A}$
- Fast switching speed:  $t_r = 1.0 \mu\text{s MAX. @ } I_c = 3.0 \text{ A}$
- Wide base reverse-bias SOA:  $V_{CE(sus)1} = 450 \text{ V MIN. @ } I_c = 3.0 \text{ A}$

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Conditions	Ratings	Unit
Collector to base voltage	$V_{CBO}$		500	V
Collector to emitter voltage	$V_{CEO}$		400	V
Emitter to base voltage	$V_{EBO}$		7.0	V
Collector current (DC)	$I_{c(DC)}$		7.0	A
Collector current (pulse)	$I_{c(pulse)}$	$PW \leq 300 \mu\text{s}$ , duty cycle $\leq 10\%$	15	A
Base current (DC)	$I_{b(DC)}$		3.5	A
Total power dissipation	$P_T$	$T_c = 25^\circ\text{C}$	40	W
		$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.5	W
Junction temperature	$T_j$		150	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	$T_{stg}$		-55 to +150	$^\circ\text{C}$

(TO-220AB)



The information in this document is subject to change without notice. Before using this document, please confirm that this is the latest version. Not all devices/types available in every country. Please check with local NEC representative for availability and additional information.

Document No. D14861EJ2V0DS00 (2nd edition)

Date Published April 2002 N CP(K)  
Printed in Japan

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท NEC Corporation 2002  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)**

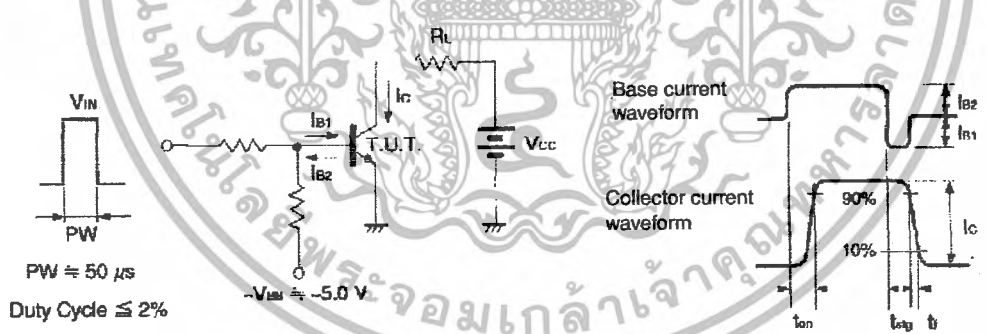
Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Collector to emitter voltage	V <sub>CE(SUS)</sub>	I <sub>C</sub> = 3.0 A, I <sub>B1</sub> = 0.6 A, L = 1 mH	400			V
Collector to emitter voltage	V <sub>CE(SUS)1</sub>	I <sub>C</sub> = 3.0 A, I <sub>B1</sub> = -I <sub>B2</sub> = 0.6 A, V <sub>BE(OFF)</sub> = -5.0 V, L = 180 μH, clamped	450			V
Collector to emitter voltage	V <sub>CE(SUS)2</sub>	I <sub>C</sub> = 6.0 A, I <sub>B1</sub> = 2.0 A, -I <sub>B2</sub> = 0.6 A, V <sub>BE(OFF)</sub> = -5.0 V, L = 180 μH, clamped	400			V
Collector cutoff current	I <sub>CB0</sub>	V <sub>CB</sub> = 400 V, I <sub>E</sub> = 0 A			10	μA
Collector cutoff current	I <sub>CE1</sub>	V <sub>CE</sub> = 400 V, R <sub>BE</sub> = 51 Ω, T <sub>A</sub> = 125°C			1.0	mA
Collector cutoff current	I <sub>CEX1</sub>	V <sub>CE</sub> = 400 V, V <sub>BE(OFF)</sub> = -1.5 V			10	μA
Collector cutoff current	I <sub>CEX2</sub>	V <sub>CE</sub> = 400 V, V <sub>BE(OFF)</sub> = -1.5 V, T <sub>A</sub> = 125°C			1.0	mA
Emitter cutoff current	I <sub>EB0</sub>	V <sub>EB</sub> = 5.0 V, I <sub>C</sub> = 0 A			10	μA
DC current gain	h <sub>FE1</sub>	V <sub>CE</sub> = 5.0 V, I <sub>C</sub> = 0.1 A <sup>Note</sup>	20		80	
DC current gain	h <sub>FE2</sub>	V <sub>CE</sub> = 5.0 V, I <sub>C</sub> = 1.0 A <sup>Note</sup>	20		80	
DC current gain	h <sub>FE3</sub>	V <sub>CE</sub> = 5.0 V, I <sub>C</sub> = 3.0 A <sup>Note</sup>	10			
Collector saturation voltage	V <sub>CE(sat)</sub>	I <sub>C</sub> = 3.0 A, I <sub>B</sub> = 0.6 A <sup>Note</sup>			1.0	V
Base saturation voltage	V <sub>BE(sat)</sub>	I <sub>C</sub> = 3.0 A, I <sub>B</sub> = 0.6 A <sup>Note</sup>			1.2	V
Turn-on time	t <sub>on</sub>	I <sub>C</sub> = 3.0 A, R <sub>L</sub> = 50 Ω, I <sub>B1</sub> = -I <sub>B2</sub> = 0.6 A, V <sub>CC</sub> = 150 V Refer to the test circuit.			1.0	μs
Storage time	t <sub>stg</sub>				2.5	μs
Fall time	t <sub>f</sub>				1.0	μs

**Note** Pulse test PW ≤ 350 μs, duty cycle ≤ 2%

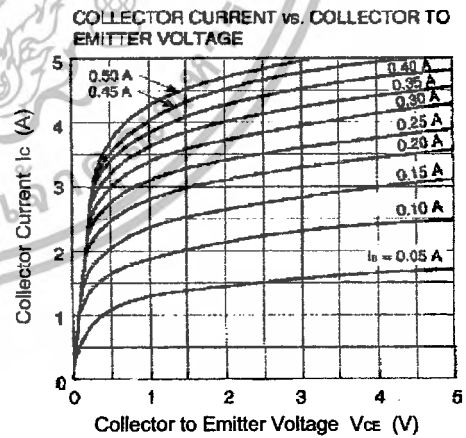
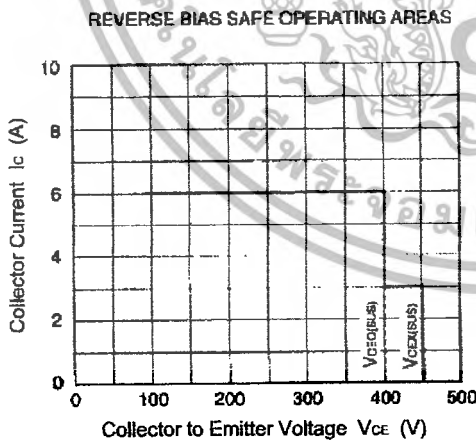
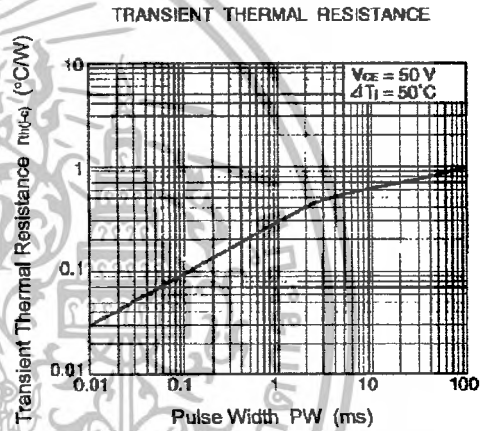
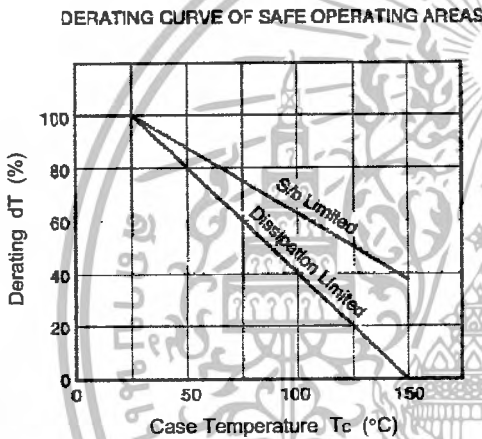
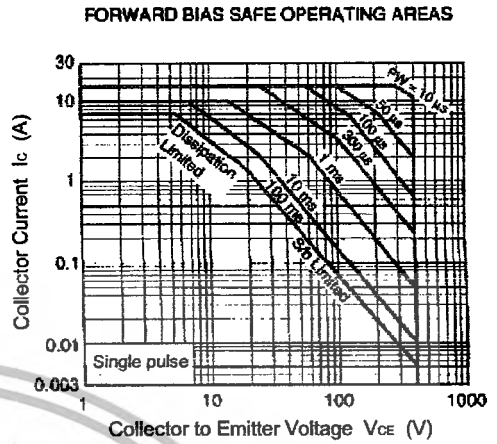
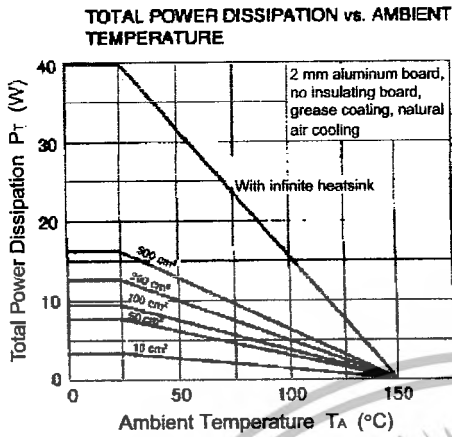
**h<sub>FE</sub> CLASSIFICATION**

Marking	M	L	K
h <sub>FE2</sub>	20 to 40	30 to 60	40 to 80

**SWITCHING TIME (t<sub>on</sub>, t<sub>stg</sub>, t<sub>f</sub>) TEST CIRCUIT**

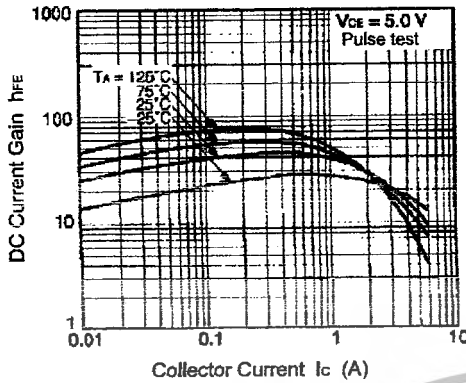


TYPICAL CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

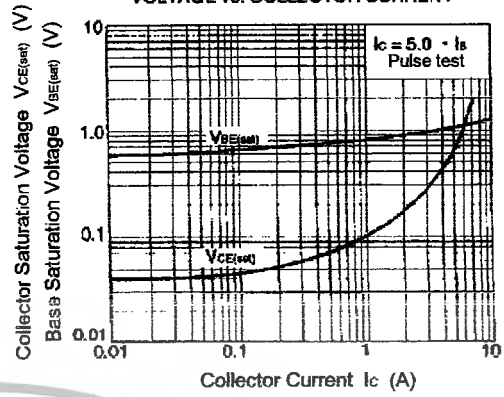


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

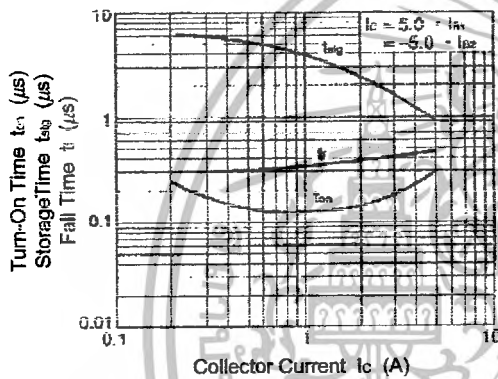
DC CURRENT GAIN vs. COLLECTOR CURRENT



BASE AND COLLECTOR SATURATION VOLTAGE vs. COLLECTOR CURRENT

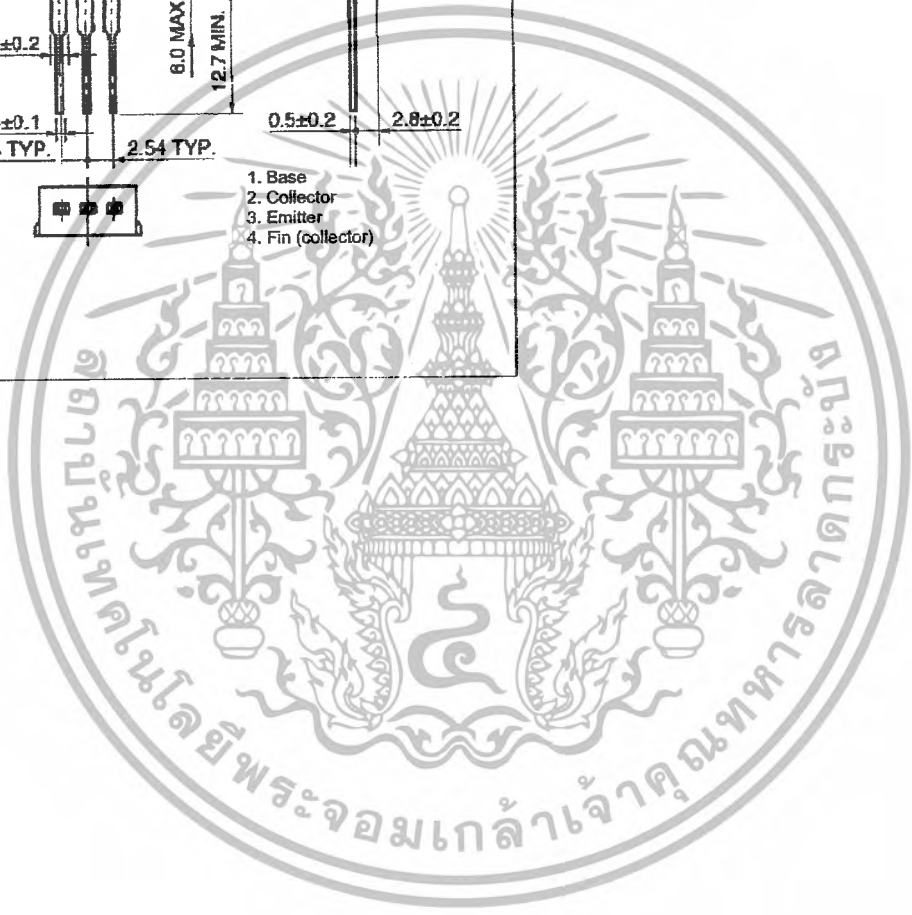
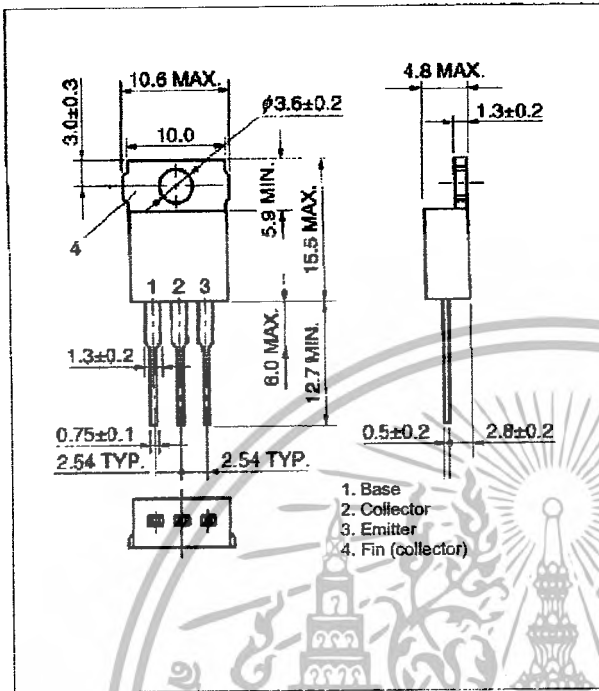


TURN ON TIME, STORAGE TIME AND FALL TIME vs. COLLECTOR CURRENT



PACKAGE DRAWING (UNIT: mm)

TO-220AB (MP-25)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **The information in this document is current as of July, 2001. The information is subject to change without notice. For actual design-in, refer to the latest publications of NEC's data sheets or data books, etc., for the most up-to-date specifications of NEC semiconductor products. Not all products and/or types are available in every country. Please check with an NEC sales representative for availability and additional information.**
- No part of this document may be copied or reproduced in any form or by any means without prior written consent of NEC. NEC assumes no responsibility for any errors that may appear in this document.
- NEC does not assume any liability for infringement of patents, copyrights or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of NEC semiconductor products listed in this document or any other liability arising from the use of such products. No license, express, implied or otherwise, is granted under any patents, copyrights or other intellectual property rights of NEC or others.
- Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided for illustrative purposes in semiconductor product operation and application examples. The incorporation of these circuits, software and information in the design of customer's equipment shall be done under the full responsibility of customer. NEC assumes no responsibility for any losses incurred by customers or third parties arising from the use of these circuits, software and information.
- While NEC endeavours to enhance the quality, reliability and safety of NEC semiconductor products, customers agree and acknowledge that the possibility of defects thereof cannot be eliminated entirely. To minimize risks of damage to property or injury (including death) to persons arising from defects in NEC semiconductor products, customers must incorporate sufficient safety measures in their design, such as redundancy, fire-containment, and anti-failure features.
- NEC semiconductor products are classified into the following three quality grades:  
 "Standard", "Special" and "Specific". The "Specific" quality grade applies only to semiconductor products developed based on a customer-designated "quality assurance program" for a specific application. The recommended applications of a semiconductor product depend on its quality grade, as indicated below. Customers must check the quality grade of each semiconductor product before using it in a particular application.  
 "Standard": Computers, office equipment, communications equipment, test and measurement equipment, audio and visual equipment, home electronic appliances, machine tools, personal electronic equipment and industrial robots  
 "Special": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.), traffic control systems, anti-disaster systems, anti-crime systems, safety equipment and medical equipment (not specifically designed for life support)  
 "Specific": Aircraft, aerospace equipment, submersible repeaters, nuclear reactor control systems, life support systems and medical equipment for life support, etc.  
 The quality grade of NEC semiconductor products is "Standard" unless otherwise expressly specified in NEC's data sheets or data books, etc. If customers wish to use NEC semiconductor products in applications not intended by NEC, they must contact an NEC sales representative in advance to determine NEC's willingness to support a given application.  
 (Note)  
 (1) "NEC" as used in this statement means NEC Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.  
 (2) "NEC semiconductor products" means any semiconductor product developed or manufactured by or for NEC (as defined above).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.

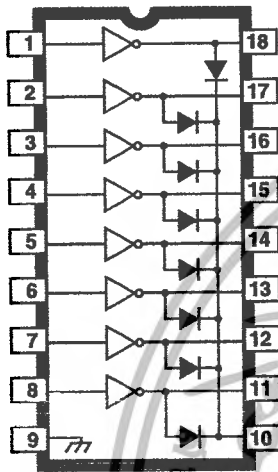


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 2803 THRU 2824

Data Sheet  
29304.3E

## HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS



Note that the ULx28xxA series (dual in-line package) and ULx28xxLW series (small-outline IC package) are electrically identical and share a common terminal number assignment.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Output Voltage, $V_{CE}$	
(x2803x and x2804x) .....	50 V
(x2823x and x2824x) .....	95 V
Input Voltage, $V_{IN}$ .....	30 V
Continuous Output Current, $I_C$ ....	500 mA
Continuous Input Current, $I_{IN}$ .....	25 mA
Power Dissipation, $P_D$	
(one Darlington pair) .....	1.0 W
(total package) .....	See Graph
Operating Temperature Range, $T_A$	
Prefix 'ULN' .....	-20°C to +85°C
Prefix 'ULQ' .....	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range,	
$T_S$ .....	-55°C to +150°C

Featuring continuous load current ratings to 500 mA for each of the drivers, the Series ULN28xxA/LW and ULQ28xxA/LW high-voltage, high-current Darlington arrays are ideally suited for interfacing between low-level logic circuitry and multiple peripheral power loads. Typical power loads totaling over 260 W (350 mA x 8, 95 V) can be controlled at an appropriate duty cycle depending on ambient temperature and number of drivers turned on simultaneously. Typical loads include relays, solenoids, stepping motors, magnetic print hammers, multiplexed LED and incandescent displays, and heaters. All devices feature open-collector outputs with integral clamp diodes.

The ULx2803A, ULx2803LW, ULx2823A, and ULN2823LW have series input resistors selected for operation directly with 5 V TTL or CMOS. These devices will handle numerous interface needs — particularly those beyond the capabilities of standard logic buffers.

The ULx2804A, ULx2804LW, ULx2824A, and ULN2824LW have series input resistors for operation directly from 6 V to 15 V CMOS or PMOS logic outputs.

The ULx2803A/LW and ULx2804A/LW are the standard Darlington arrays. The outputs are capable of sinking 500 mA and will withstand at least 50 V in the off state. Outputs may be paralleled for higher load current capability. The ULx2823A/LW and ULx2824A/LW will withstand 95 V in the off state.

These Darlington arrays are furnished in 18-pin dual in-line plastic packages (suffix 'A') or 18-lead small-outline plastic packages (suffix 'LW'). All devices are pinned with outputs opposite inputs to facilitate ease of circuit board layout. Prefix 'ULN' devices are rated for operation over the temperature range of -20°C to +85°C; prefix 'ULQ' devices are rated for operation to -40°C.

### FEATURES

- TTL, DTL, PMOS, or CMOS Compatible Inputs
- Output Current to 500 mA
- Output Voltage to 95 V
- Transient-Protected Outputs
- Dual In-Line Package or Wide-Body Small-Outline Package

x = Character to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix on next page.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น กรุณาอย่าเผยแพร่ให้ผู้อื่นดูโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

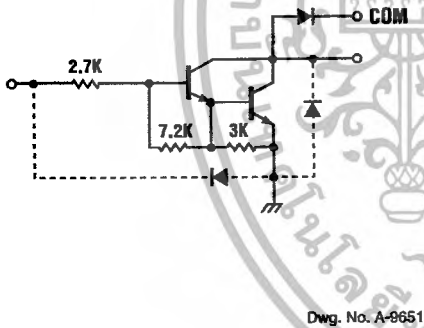
**DEVICE PART NUMBER DESIGNATION**

$V_{CE(MAX)}$	50 V	95 V
$I_C(MAX)$	500 mA	500 mA
<b>Logic</b>	<b>Part Number</b>	
5V TTL, CMOS	ULN2803A* ULN2803LW*	ULN2823A* ULN2823LW
6-15 V CMOS, PMOS	ULN2804A* ULN2804LW*	ULN2824A* ULN2824LW

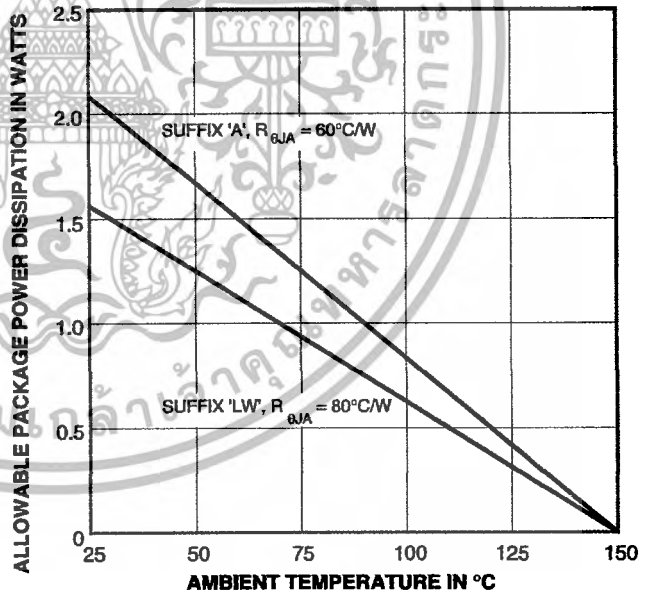
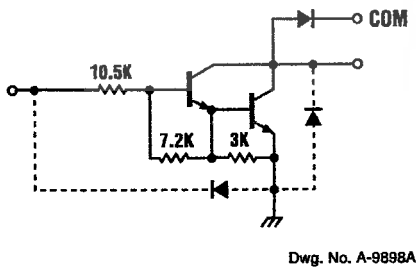
\* Also available for operation between  $-40^{\circ}\text{C}$  and  $+85^{\circ}\text{C}$ . To order, change prefix from 'ULN' to 'ULQ'.

**PARTIAL SCHEMATICS**

**ULx28x3A/LW (Each Driver)**



**ULx28x4A/LW (Each Driver)**



x = Character to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown. See matrix above.



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000  
Copyright © 1977, 1999 Allegro MicroSystems, Inc.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของ Allegro MicroSystems, Inc. การนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการผิดกฎหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

## Types ULx2803A, ULx2803LW, ULx2804A, and ULx2804LW ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	I <sub>CEX</sub>	1A	All	V <sub>CE</sub> = 50 V, T <sub>A</sub> = 25°C	—	< 1	50	μA
				V <sub>CE</sub> = 50 V, T <sub>A</sub> = 70°C	—	< 1	100	μA
		1B	ULx2804x	V <sub>CE</sub> = 50 V, T <sub>A</sub> = 70°C, V <sub>IN</sub> = 1.0 V	—	< 5	500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage	V <sub>CE(SAT)</sub>	2	All	I <sub>C</sub> = 100 mA, I <sub>B</sub> = 250 μA	—	0.9	1.1	V
				I <sub>C</sub> = 200 mA, I <sub>B</sub> = 350 μA	—	1.1	1.3	V
				I <sub>C</sub> = 350 mA, I <sub>B</sub> = 500 μA	—	1.3	1.6	V
Input Current	I <sub>IN(ON)</sub>	3	ULx2803x	V <sub>IN</sub> = 3.85 V	—	0.93	1.35	mA
			ULx2804x	V <sub>IN</sub> = 5.0 V	—	0.35	0.5	mA
				V <sub>IN</sub> = 12 V	—	1.0	1.45	mA
	I <sub>IN(OFF)</sub>	4	All	I <sub>C</sub> = 500 μA, T <sub>A</sub> = 70°C	50	65	—	μA
Input Voltage	V <sub>IN(ON)</sub>	5	ULx2803x	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 200 mA	—	—	2.4	V
				V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 250 mA	—	—	2.7	V
				V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 300 mA	—	—	3.0	V
		ULx2804x	V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 125 mA	—	—	5.0	V	
			V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 200 mA	—	—	6.0	V	
			V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 275 mA	—	—	7.0	V	
			V <sub>CE</sub> = 2.0 V, I <sub>C</sub> = 350 mA	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	t <sub>PLH</sub>	8	All	0.5 E <sub>IN</sub> to 0.5 E <sub>OUT</sub>	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t <sub>PHL</sub>	8	All	0.5 E <sub>IN</sub> to 0.5 E <sub>OUT</sub>	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I <sub>R</sub>	6	All	V <sub>R</sub> = 50 V, T <sub>A</sub> = 25°C	—	—	50	μA
				V <sub>R</sub> = 50 V, T <sub>A</sub> = 70°C	—	—	100	μA
Clamp Diode Forward Voltage	V <sub>F</sub>	7	All	I <sub>F</sub> = 350 mA	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C, ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC.

# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

Types ULx2823A, ULN2823LW, ULx2824A, and ULN2824LW  
ELECTRICAL CHARACTERISTICS at +25°C (unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	Test Fig.	Applicable Devices	Test Conditions	Limits			
					Min.	Typ.	Max.	Units
Output Leakage Current	$I_{CEX}$	1A	All	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	< 1	50	$\mu\text{A}$
				$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	< 1	100	$\mu\text{A}$
		1B	ULx2824x	$V_{CE} = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}, V_{IN} = 1.0\text{ V}$	—	< 5	500	$\mu\text{A}$
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	2	All	$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$	—	0.9	1.1	V
				$I_C = 200\text{ mA}, I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$	—	1.1	1.3	V
				$I_C = 350\text{ mA}, I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$	—	1.3	1.6	V
Input Current	$I_{IN(ON)}$	3	ULx2823x	$V_{IN} = 3.85\text{ V}$	—	0.93	1.35	mA
			ULx2824x	$V_{IN} = 5.0\text{ V}$	—	0.35	0.5	mA
				$V_{IN} = 12\text{ V}$	—	1.0	1.45	mA
	$I_{IN(OFF)}$	4	All	$I_C = 500\text{ }\mu\text{A}, T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65	—	$\mu\text{A}$
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	5	ULx2823x	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	2.4	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 250\text{ mA}$	—	—	2.7	V
				$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 300\text{ mA}$	—	—	3.0	V
		ULx2824x	$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 125\text{ mA}$	—	—	5.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 200\text{ mA}$	—	—	6.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 275\text{ mA}$	—	—	7.0	V	
			$V_{CE} = 2.0\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$	—	—	8.0	V	
Input Capacitance	$C_{IN}$	—	All		—	15	25	pF
Turn-On Delay	$t_{PLH}$	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Turn-Off Delay	$t_{PHL}$	8	All	$0.5 E_{IN}$ to $0.5 E_{OUT}$	—	0.25	1.0	$\mu\text{s}$
Clamp Diode Leakage Current	$I_R$	6	All	$V_R = 95\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	—	50	$\mu\text{A}$
				$V_R = 95\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$	—	—	100	$\mu\text{A}$
Clamp Diode Forward Voltage	$V_F$	7	All	$I_F = 350\text{ mA}$	—	1.7	2.0	V

Complete part number includes prefix to operating temperature range: ULN = -20°C to +85°C, ULQ = -40°C to +85°C and a suffix to identify package style: A = DIP, LW = SOIC. Note that the ULQ2823LW and ULQ2824LW are not presently available.



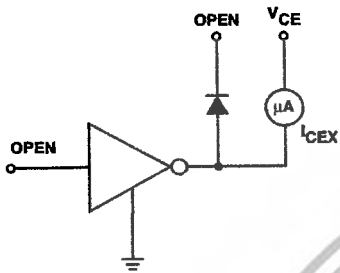
115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท Allegro MicroSystems, Inc. การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

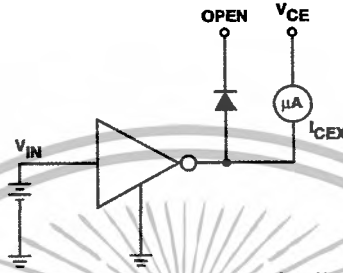
## TEST FIGURES

FIGURE 1A



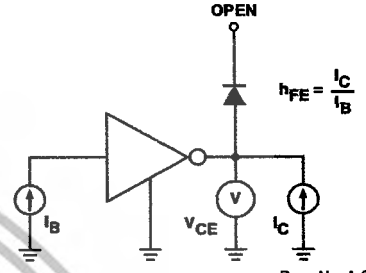
Dwg. No. A-9729A

FIGURE 1B



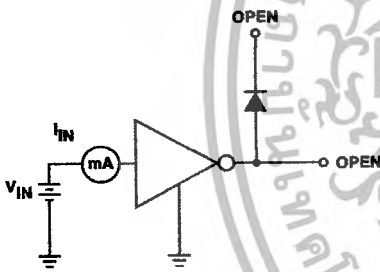
Dwg. No. A-9730A

FIGURE 2



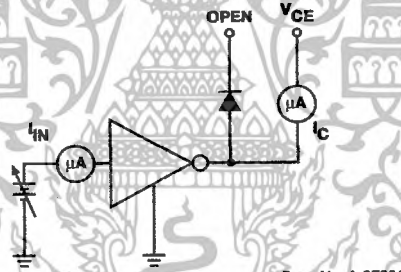
Dwg. No. A-9731A

FIGURE 3



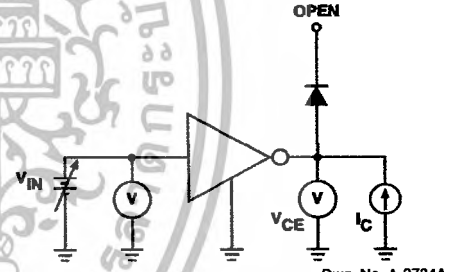
Dwg. No. A-9732A

FIGURE 4



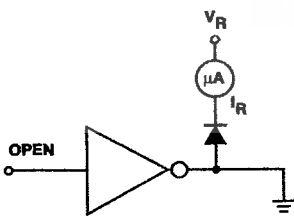
Dwg. No. A-9733A

FIGURE 5



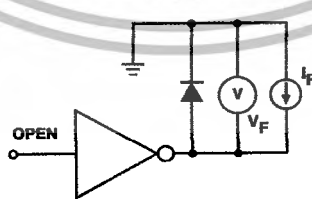
Dwg. No. A-9734A

FIGURE 6



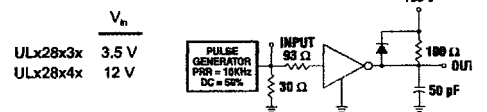
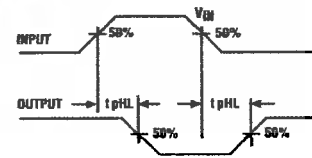
Dwg. No. A-9735A

FIGURE 7



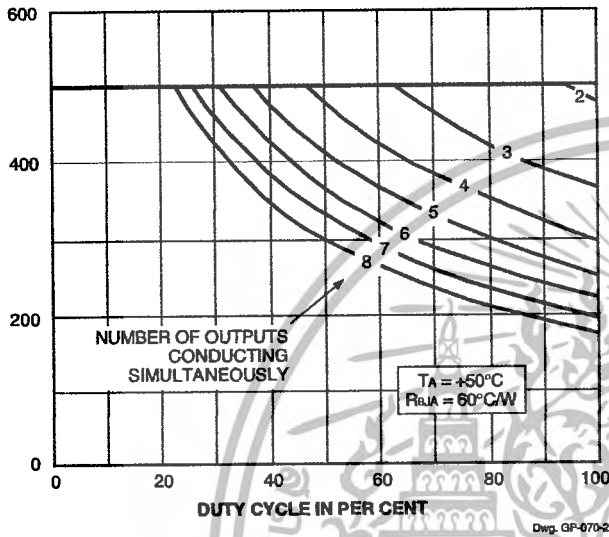
Dwg. No. A-9736A

FIGURE 8

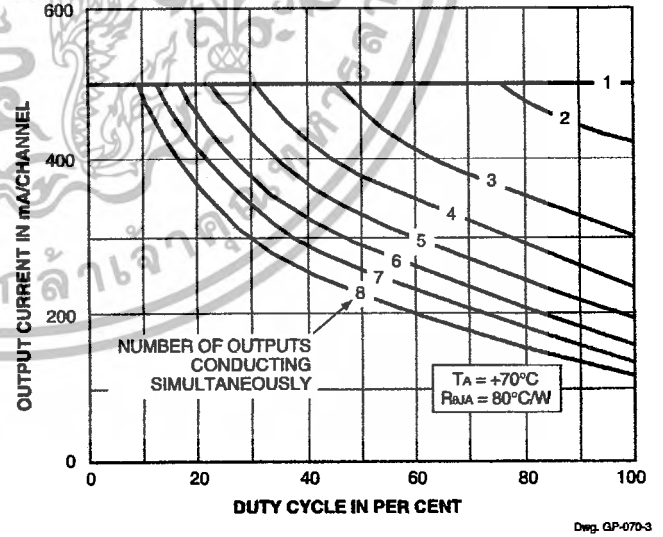
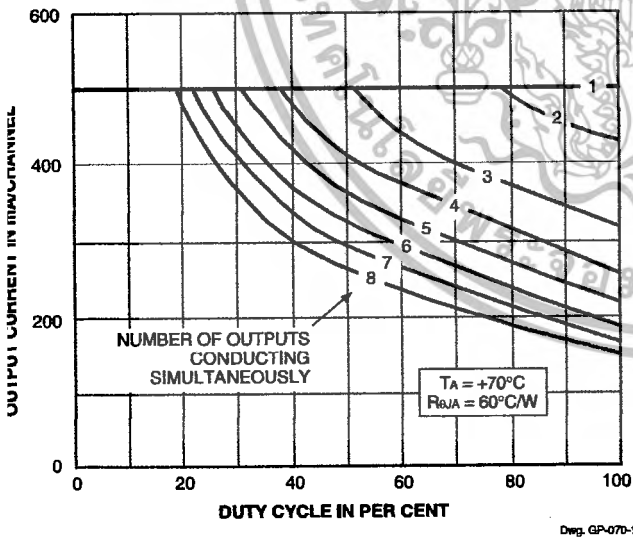
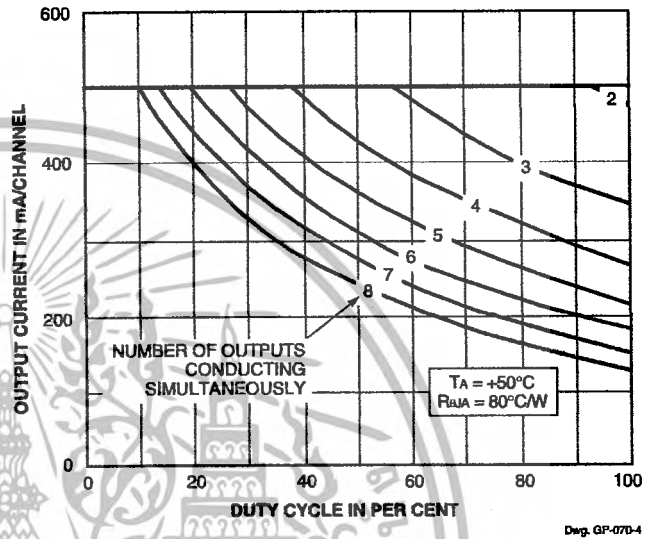


# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

**ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT  
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE**  
ULx28xxA



**ALLOWABLE COLLECTOR CURRENT  
AS A FUNCTION OF DUTY CYCLE**  
ULx28xxLW



= Characters to identify specific device. Specification shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

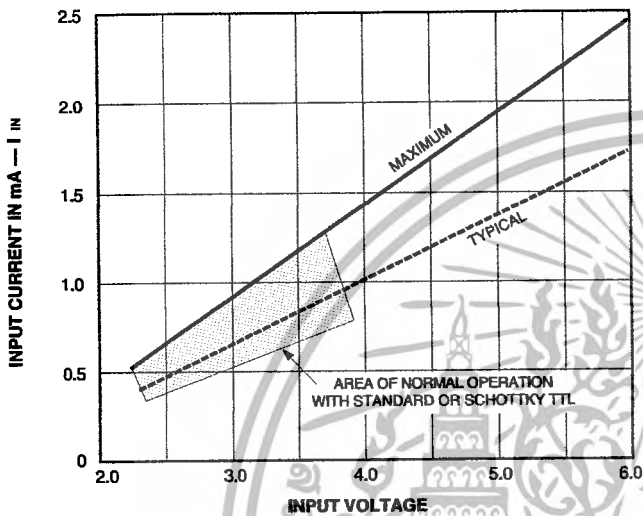


115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Allegro MicroSystems, Inc. ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

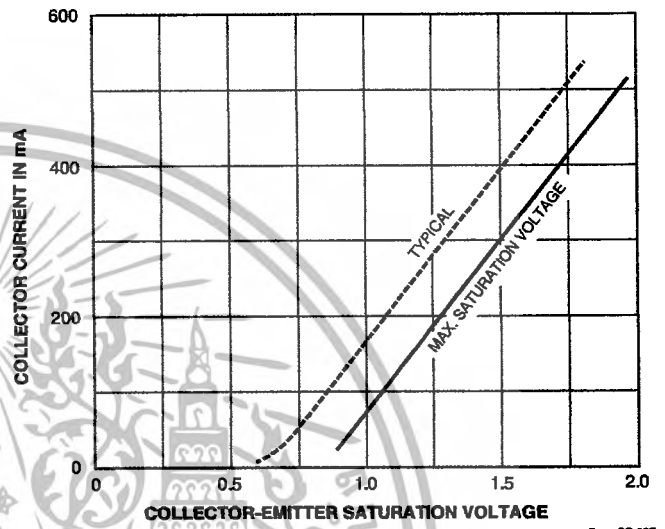
# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

**INPUT CURRENT AS A  
FUNCTION OF INPUT VOLTAGE**  
ULx28x3x



Dwg. GP-069

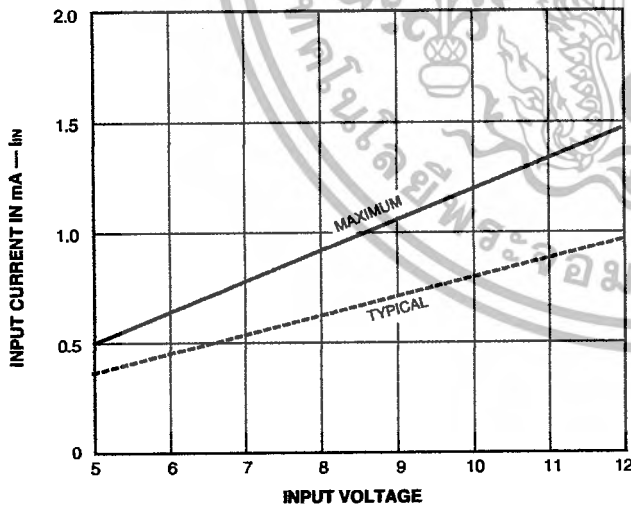
**SATURATION VOLTAGE AS A FUNCTION OF  
COLLECTOR CURRENT**



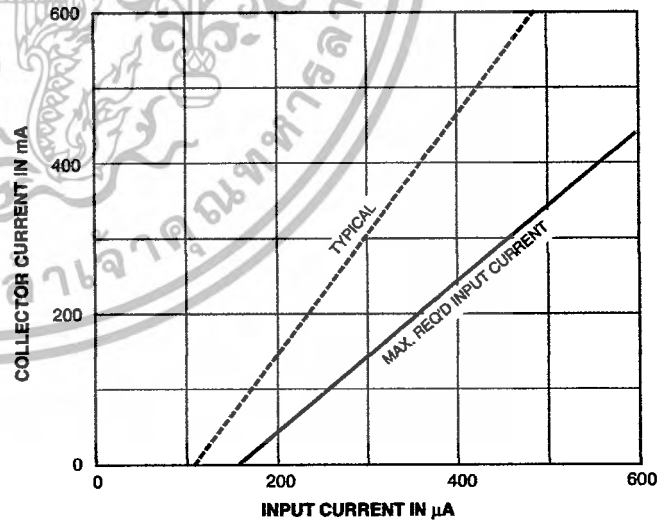
Dwg. GP-067

ULx28x4x

**COLLECTOR CURRENT AS A  
FUNCTION OF INPUT CURRENT**



Dwg. GP-069-1



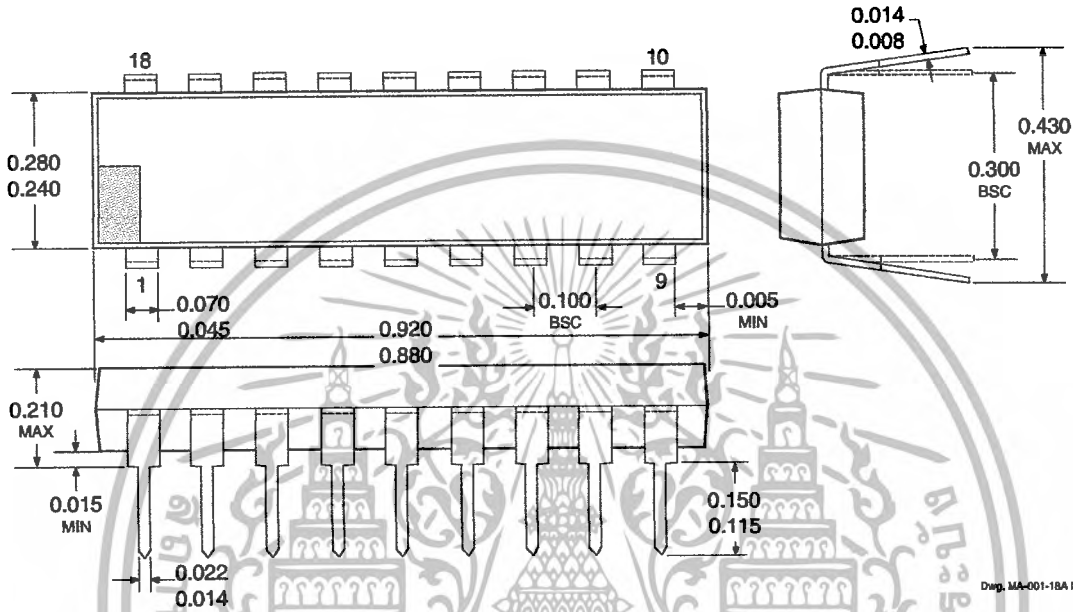
Dwg. GP-068

x = Characters to identify specific device. Characteristic shown applies to family of devices with remaining digits as shown.

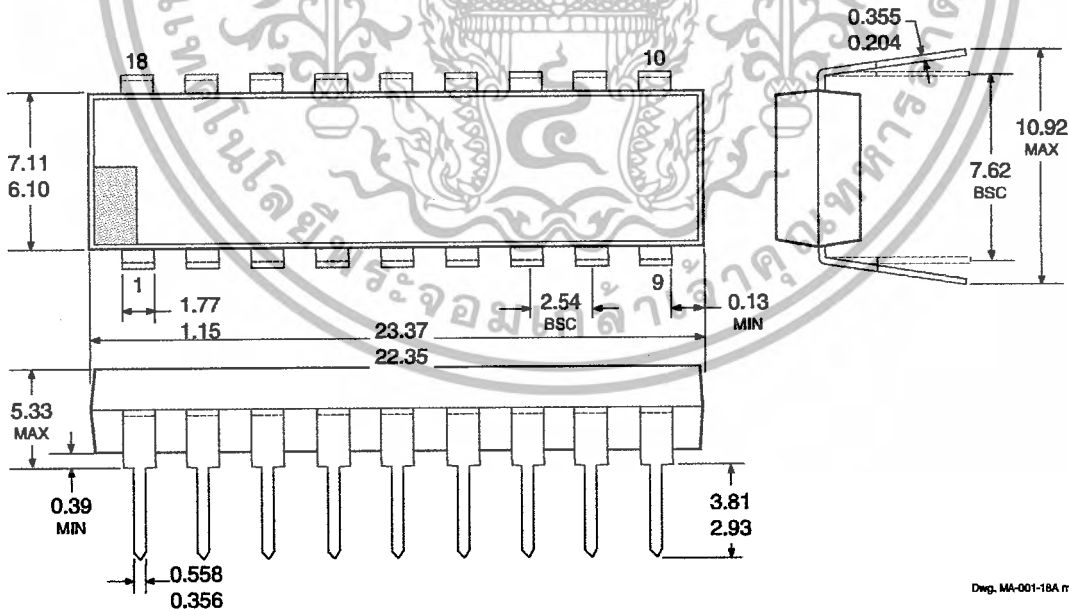
**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**

**PACKAGE DESIGNATOR "A" DIMENSIONS**

Dimensions in Inches  
(controlling dimensions)



Dimensions in Millimeters  
(for reference only)



- OTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.  
2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.  
3. Lead thickness is measured at seating plane or below.



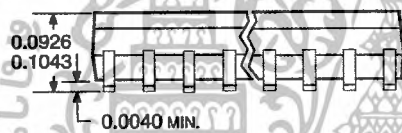
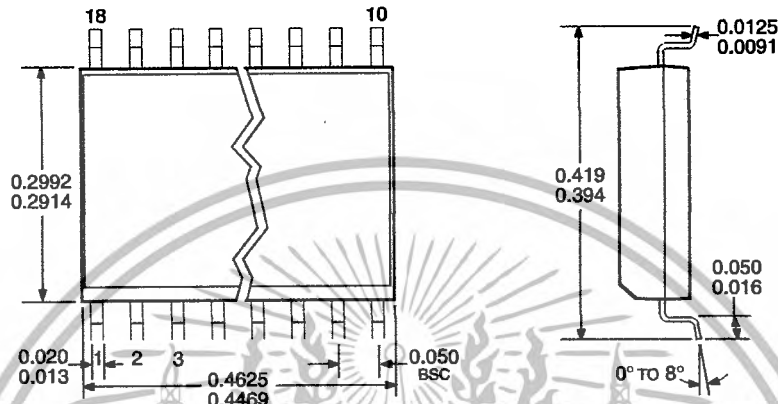
115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัท Allegro MicroSystems, Inc. การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

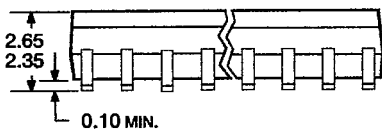
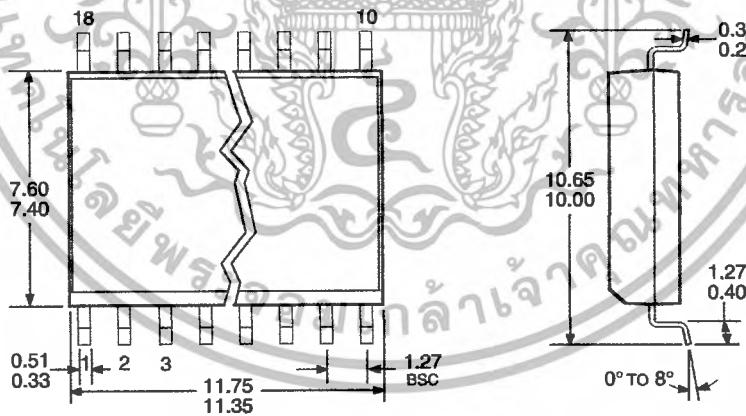
# 2803 THRU 2824 HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON ARRAYS

## PACKAGE DESIGNATOR "LW" DIMENSIONS

Dimensions in Inches  
(for reference only)



Dimensions in Millimeters  
(controlling dimensions)



Dwg. MA-008-18A mm

- NOTES: 1. Exact body and lead configuration at vendor's option within limits shown.  
2. Lead spacing tolerance is non-cumulative.

[www.allegromicro.com](http://www.allegromicro.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2803 THRU 2824  
HIGH-VOLTAGE,  
HIGH-CURRENT  
DARLINGTON ARRAYS**



*The products described here are manufactured under one or more U.S. patents or U.S. patents pending.*

*Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.*

*Allegro products are not authorized for use as critical components in life-support devices or systems without express written approval.*

*The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.*



115 Northeast Cutoff, Box 15036  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 (508) 853-5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Allegro MicroSystems, Inc. ใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been downloaded from:

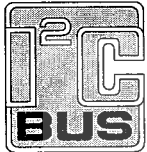
[www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com)

Datasheets for electronic components.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DATA SHEET



## **PCF8574** Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

Product specification  
Supersedes data of 2002 Jul 29

2002 Nov 22



Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## CONTENTS

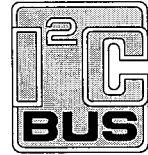
1	FEATURES
2	GENERAL DESCRIPTION
3	ORDERING INFORMATION
4	BLOCK DIAGRAM
5	PINNING
5.1	DIP16 and SO16 packages
5.2	SSOP20 package
6	CHARACTERISTICS OF THE I <sup>2</sup> C-BUS
6.1	Bit transfer
6.2	Start and stop conditions
6.3	System configuration
6.4	Acknowledge
7	FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1	Addressing
7.2	Interrupt output
7.3	Quasi-bidirectional I/Os
8	LIMITING VALUES
9	HANDLING
10	DC CHARACTERISTICS
11	I <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> C COMPONENTS

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10  $\mu$ A maximum
- I<sup>2</sup>C-bus to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I<sup>2</sup>C-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 I<sup>2</sup>C-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 I<sup>2</sup>C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

## 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 (I<sup>2</sup>C-bus).

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

## 3 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8574P; PCF8574AP	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT38-4
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

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

# PCF8574

## 4 BLOCK DIAGRAM

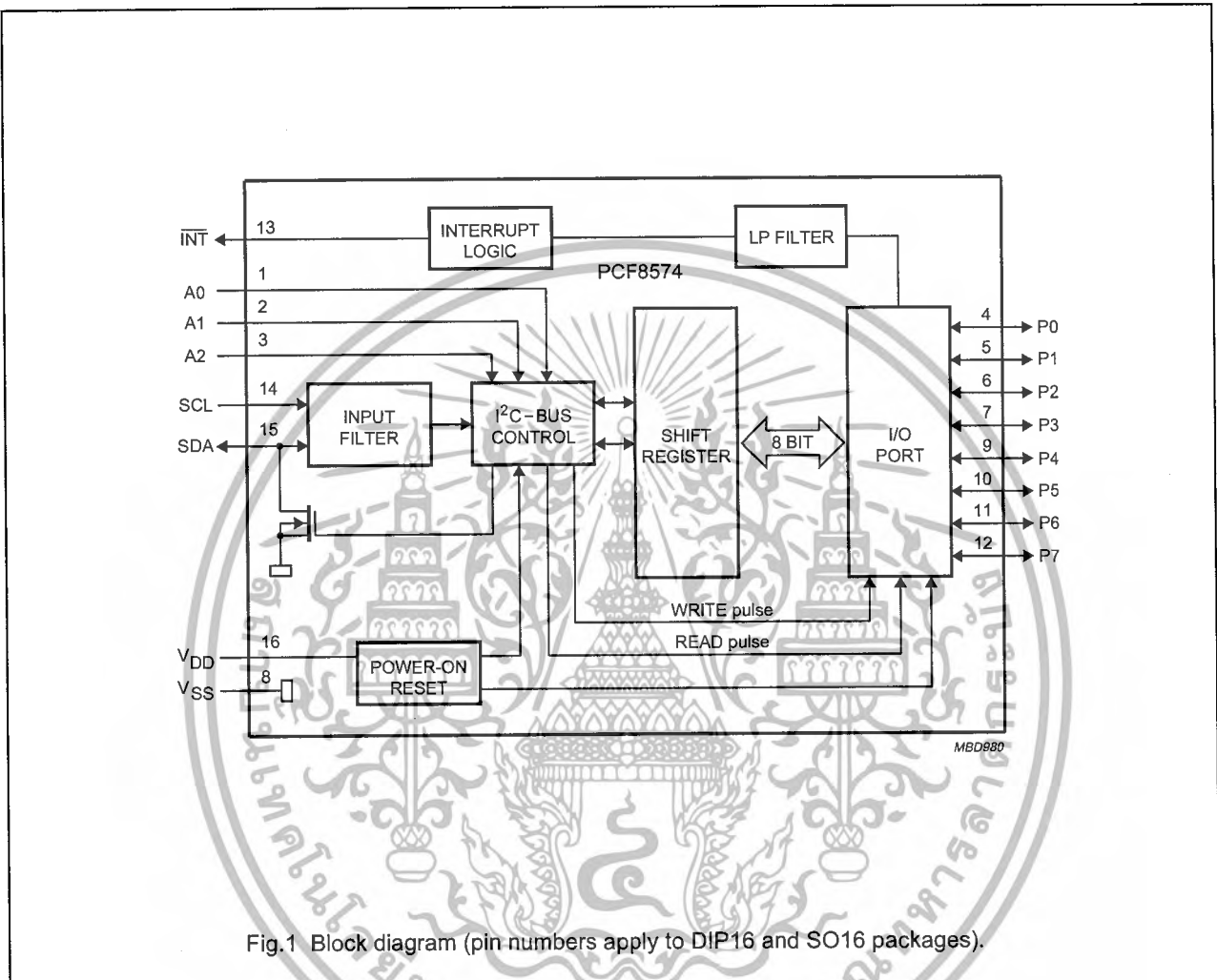


Fig.1 Block diagram (pin numbers apply to DIP16 and SO16 packages).

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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 <sub>SS</sub>	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 <sub>DD</sub>	16	supply voltage

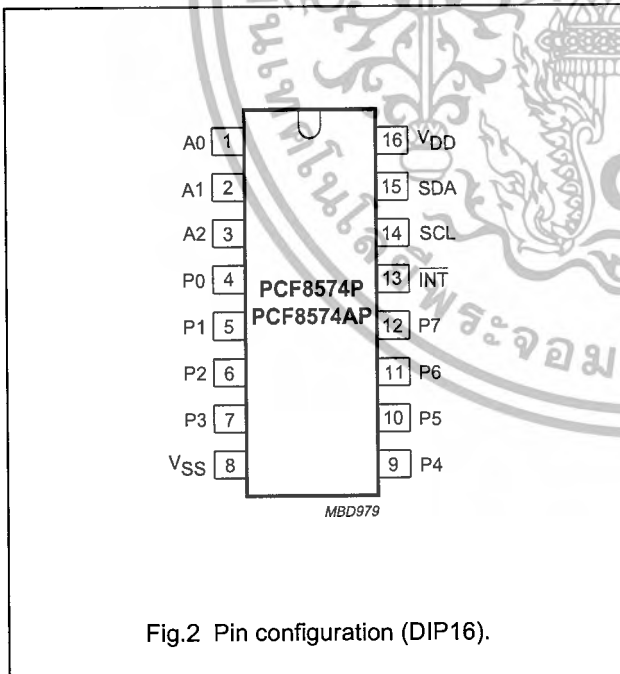


Fig.2 Pin configuration (DIP16).

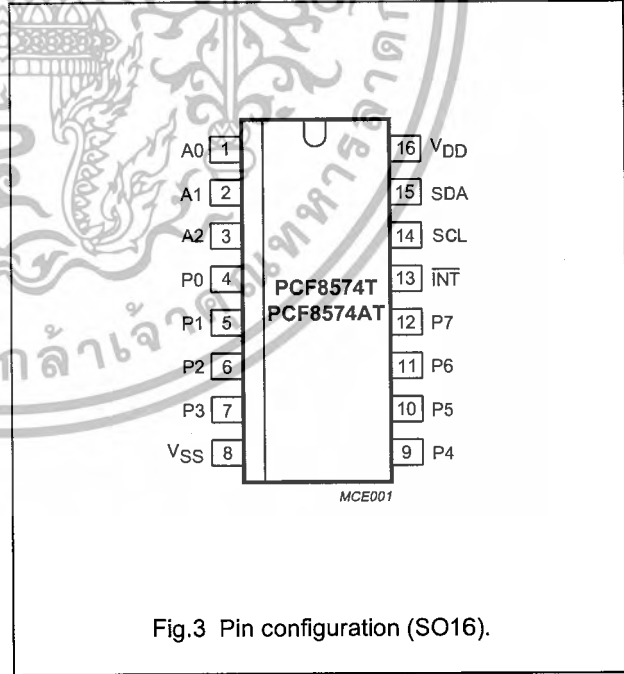


Fig.3 Pin configuration (SO16).

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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 <sub>DD</sub>	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 <sub>SS</sub>	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

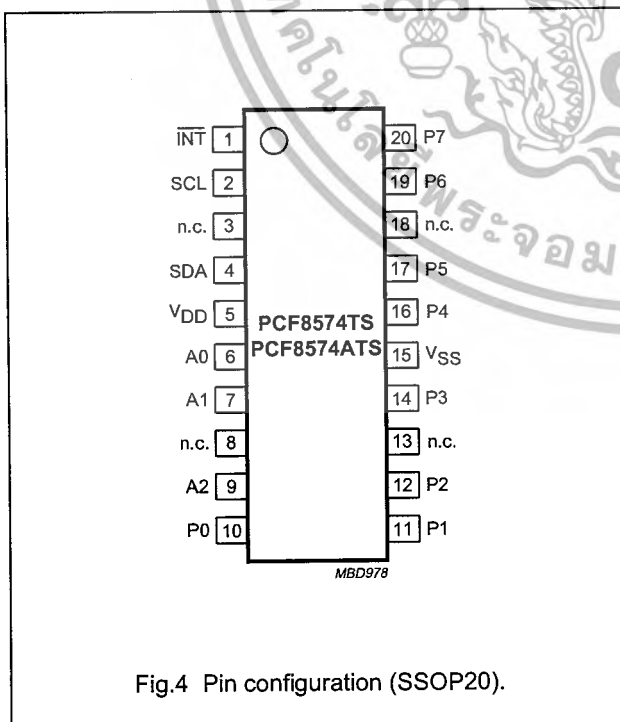


Fig.4 Pin configuration (SSOP20).

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

# PCF8574

## 6 CHARACTERISTICS OF THE I<sup>2</sup>C-BUS

The I<sup>2</sup>C-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

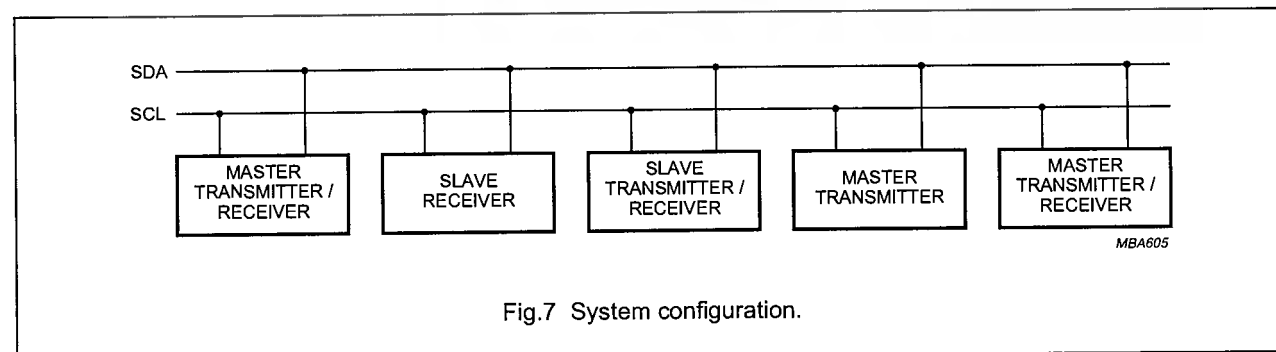
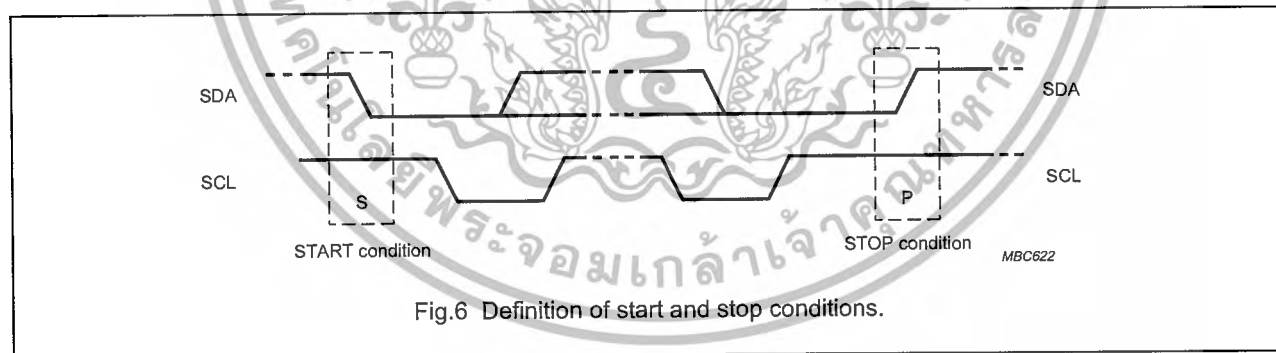
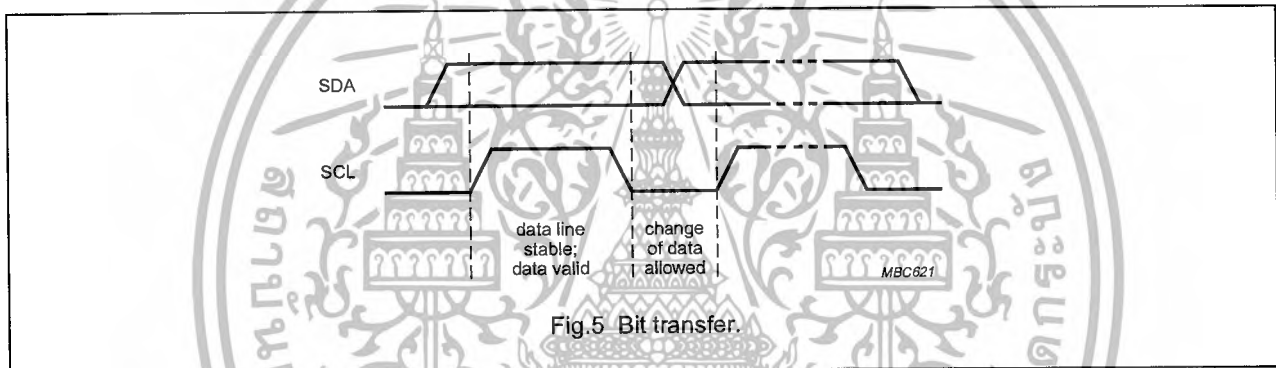
One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Fig.5).

### 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).



# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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.

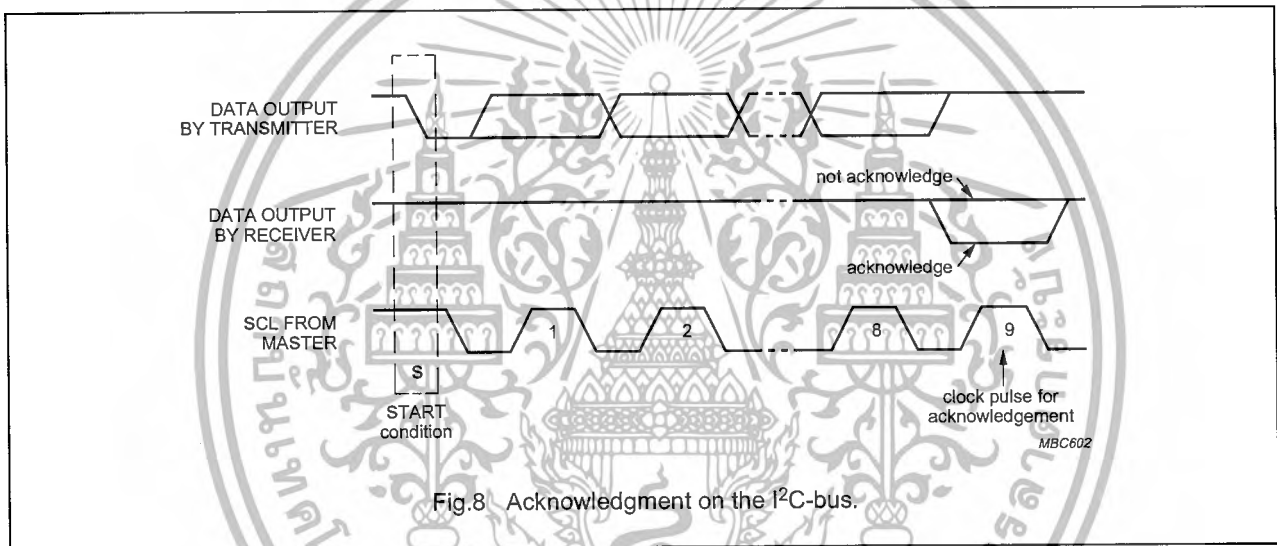


Fig.8 Acknowledgment on the I<sup>2</sup>C-bus.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

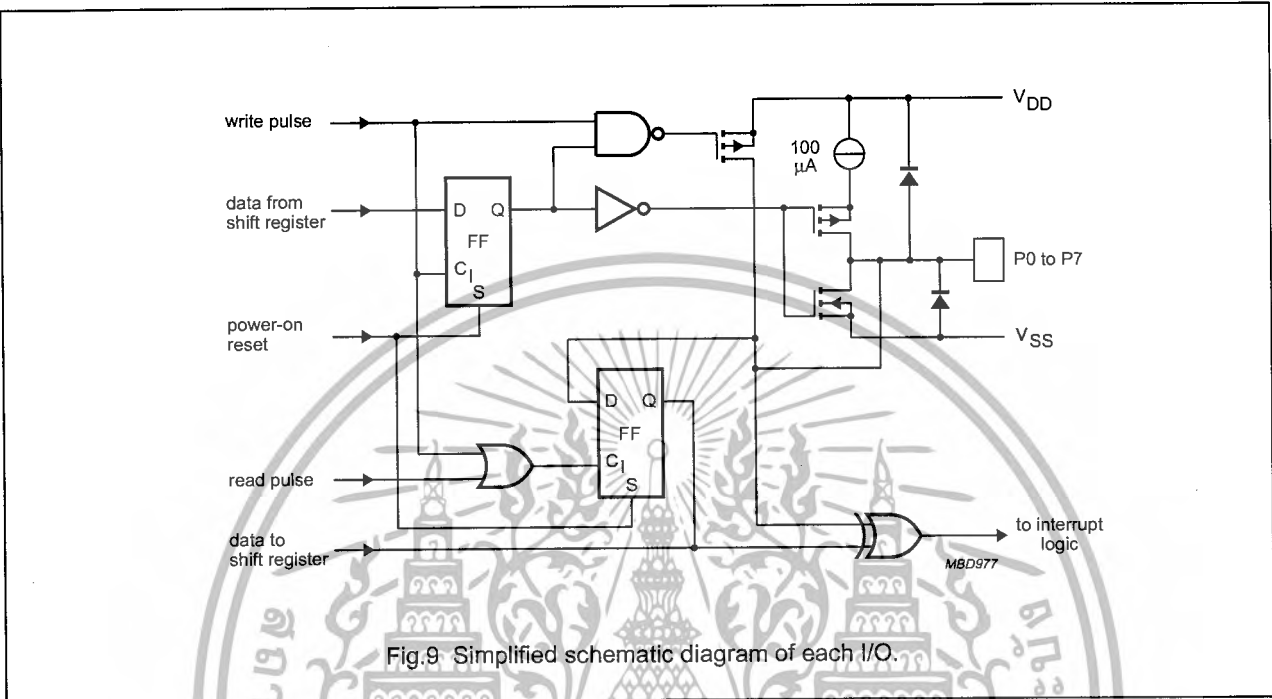


Fig.9 Simplified schematic diagram of each I/O.

7.1 Addressing

For addressing see Figs 10, 11 and 12.

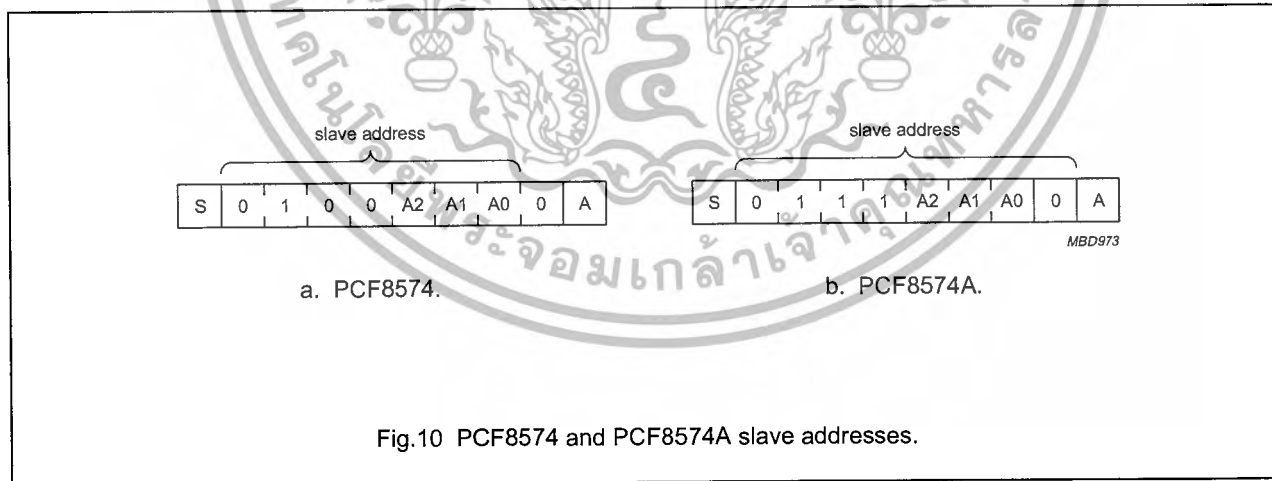


Fig.10 PCF8574 and PCF8574A slave addresses.

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).

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

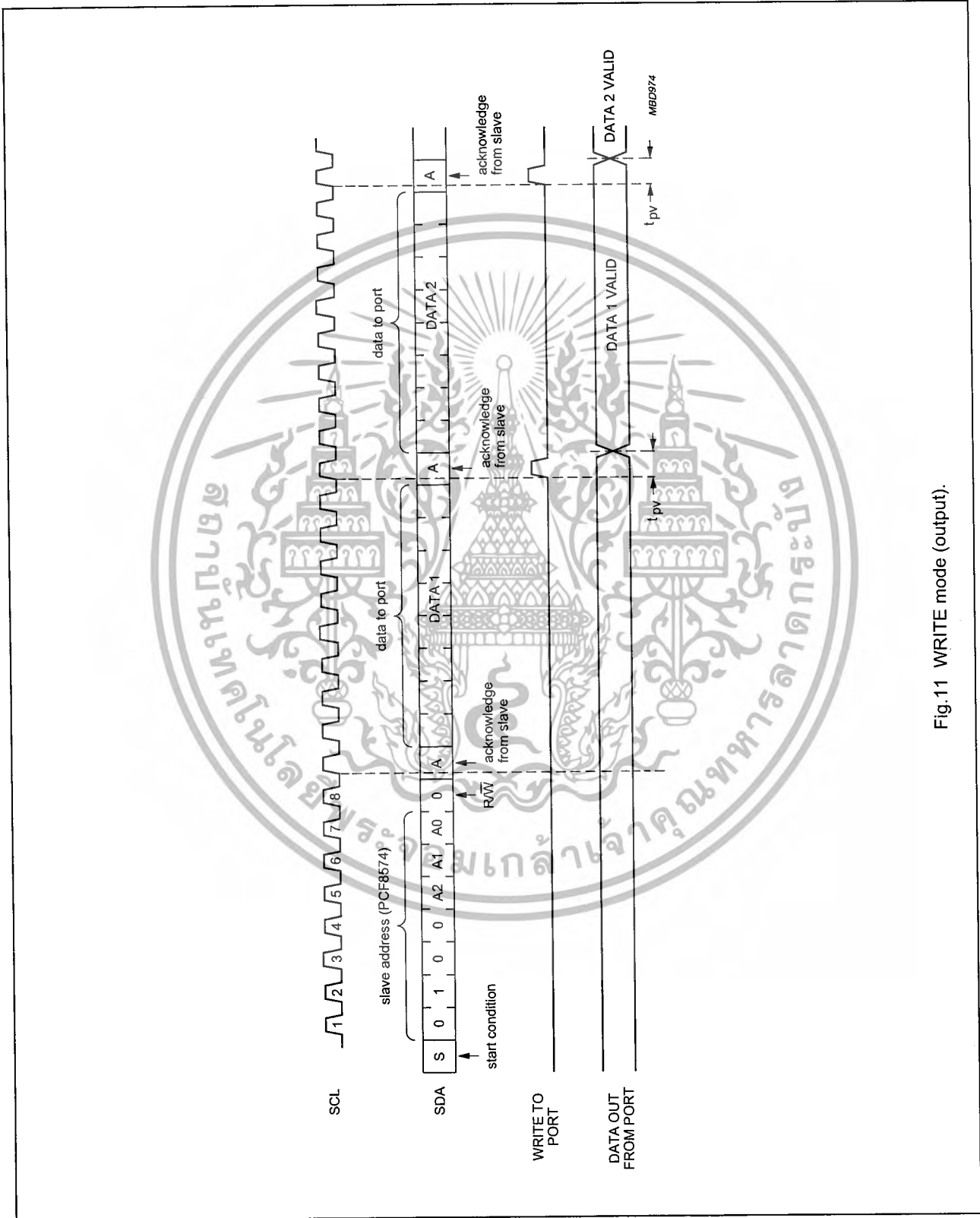


Fig.11 WRITE mode (output).

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

# PCF8574

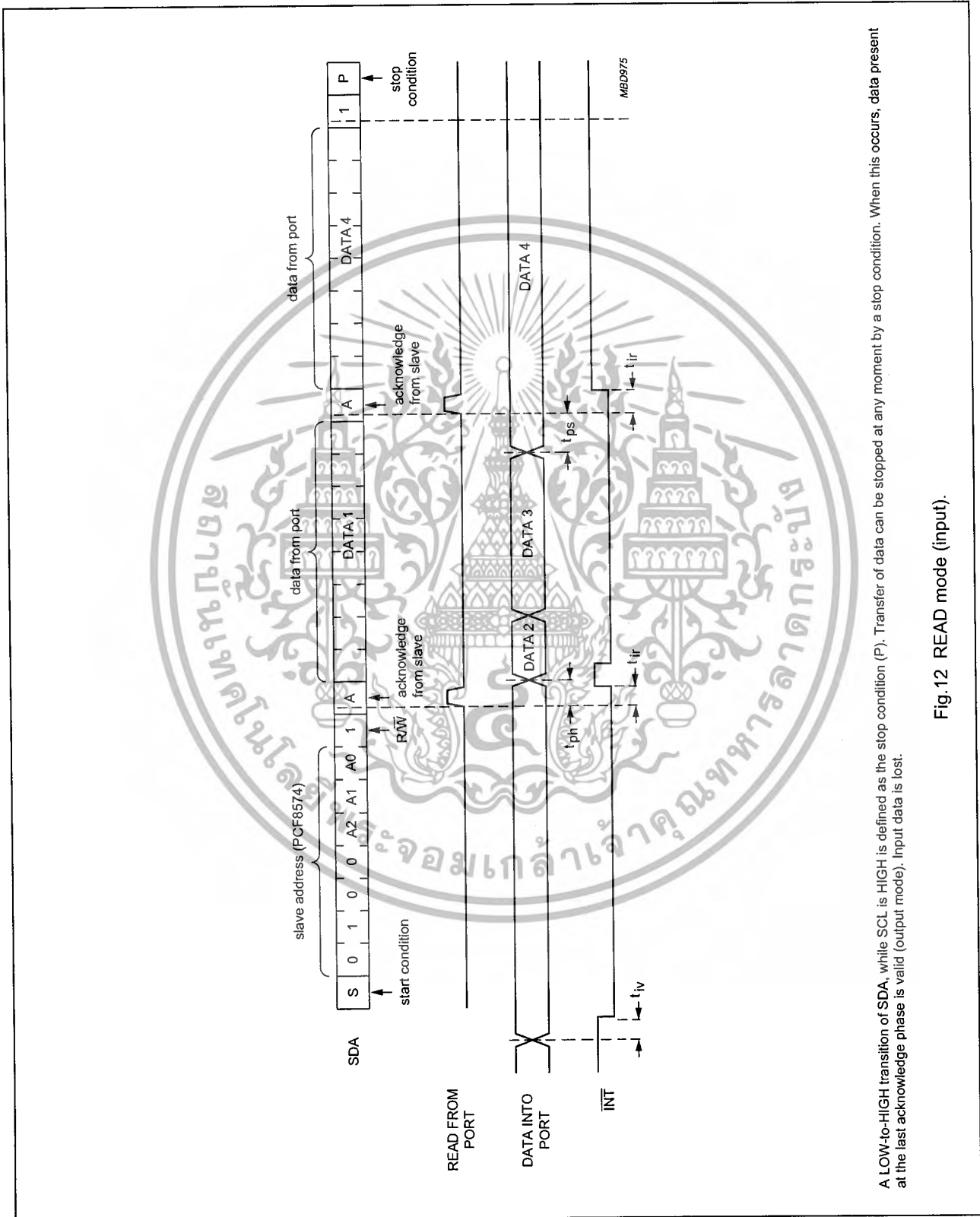


Fig. 12 READ mode (input). A LOW-to-HIGH transition of SDA, while SCL is HIGH is defined as the stop condition (P). Transfer of data can be stopped at any moment by a stop condition. When this occurs, data present at the last acknowledge phase is valid (output mode). Input data is lost.

Fig. 12 READ mode (input).

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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.

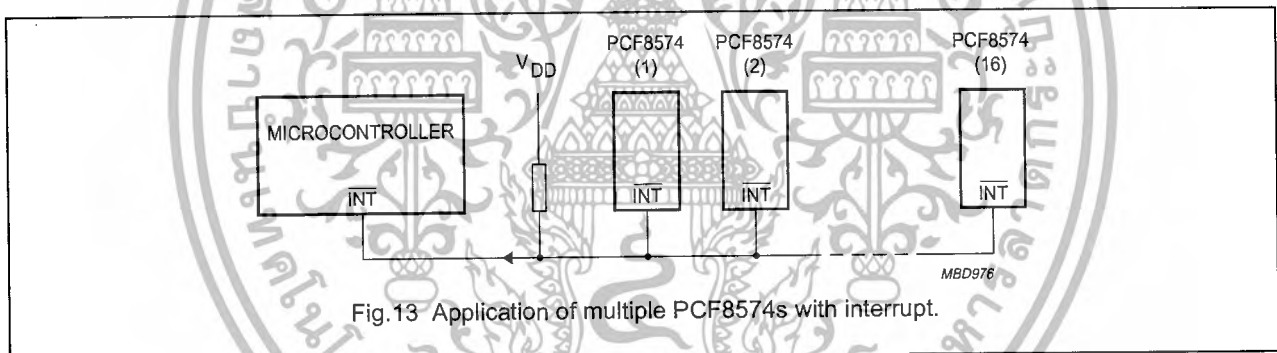


Fig.13 Application of multiple PCF8574s with interrupt.

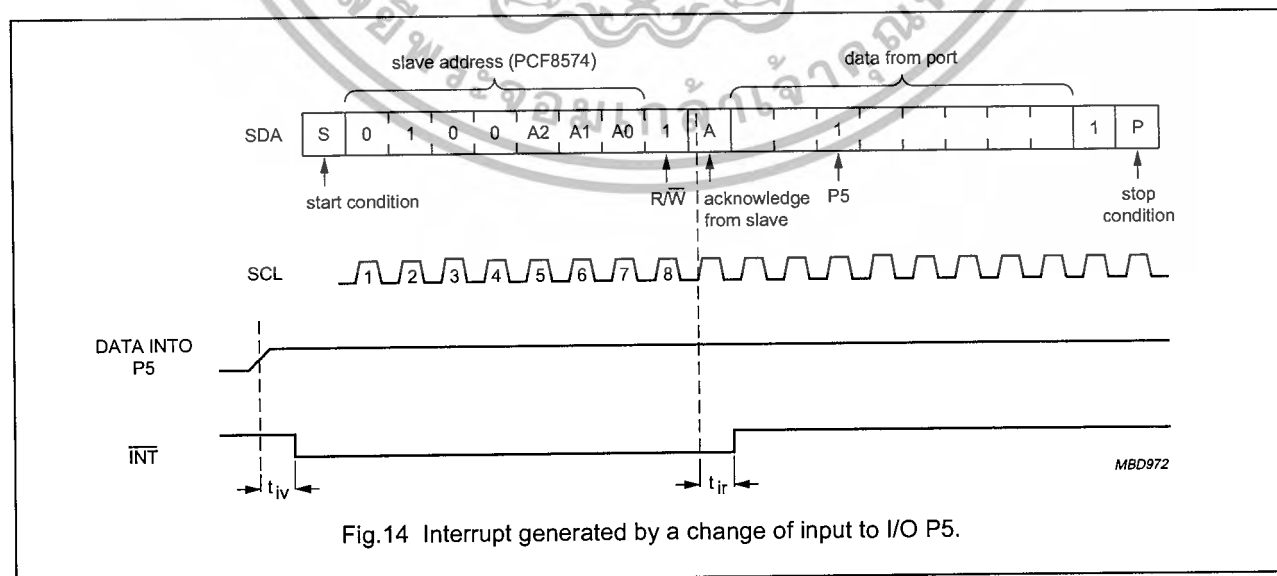


Fig.14 Interrupt generated by a change of input to I/O P5.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

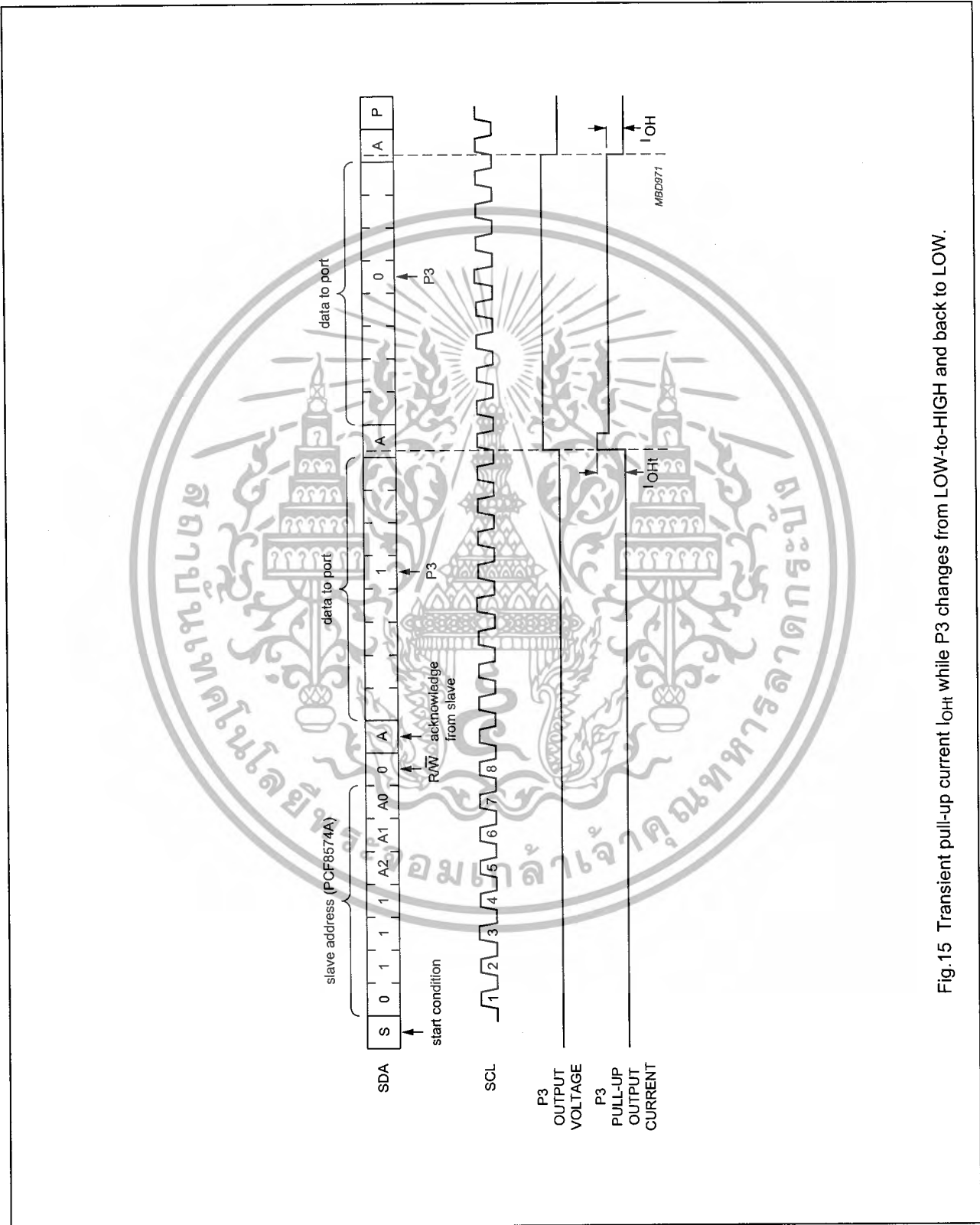


Fig. 15 Transient pull-up current  $I_{OH}$  while P3 changes from LOW-to-HIGH and back to LOW.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

**8 LIMITING VALUES**

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

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

**9 HANDLING**

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However it is good practice to take normal precautions appropriate to handling MOS devices (see "Handling MOS devices").

**10 DC CHARACTERISTICS**V<sub>DD</sub> = 2.5 to 6 V; V<sub>SS</sub> = 0 V; T<sub>amb</sub> = -40 to +85 °C; unless otherwise specified.

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

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

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

**Note**

1. The Power-on reset circuit resets the I<sup>2</sup>C-bus logic at V<sub>DD</sub> < V<sub>POR</sub> and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V<sub>DD</sub>).

# Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

# PCF8574

## 11 I<sup>2</sup>C-BUS TIMING CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>I<sup>2</sup>C-bus timing (see Fig.16; note 1)</b>					
f <sub>SCL</sub>	SCL clock frequency	–	–	100	kHz
t <sub>SW</sub>	tolerable spike width on bus	–	–	100	ns
t <sub>BUF</sub>	bus free time	4.7	–	–	µs
t <sub>SU;STA</sub>	START condition set-up time	4.7	–	–	µs
t <sub>HD;STA</sub>	START condition hold time	4.0	–	–	µs
t <sub>LOW</sub>	SCL LOW time	4.7	–	–	µs
t <sub>HIGH</sub>	SCL HIGH time	4.0	–	–	µs
t <sub>r</sub>	SCL and SDA rise time	–	–	1.0	µs
t <sub>f</sub>	SCL and SDA fall time	–	–	0.3	µs
t <sub>SU;DAT</sub>	data set-up time	250	–	–	ns
t <sub>HD;DAT</sub>	data hold time	0	–	–	ns
t <sub>VD;DAT</sub>	SCL LOW to data out valid	–	–	3.4	µs
t <sub>SU;STO</sub>	STOP condition set-up time	4.0	–	–	µs

**Note**

1. All the timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and refer to V<sub>IL</sub> and V<sub>IH</sub> with an input voltage swing of V<sub>SS</sub> to V<sub>DD</sub>.

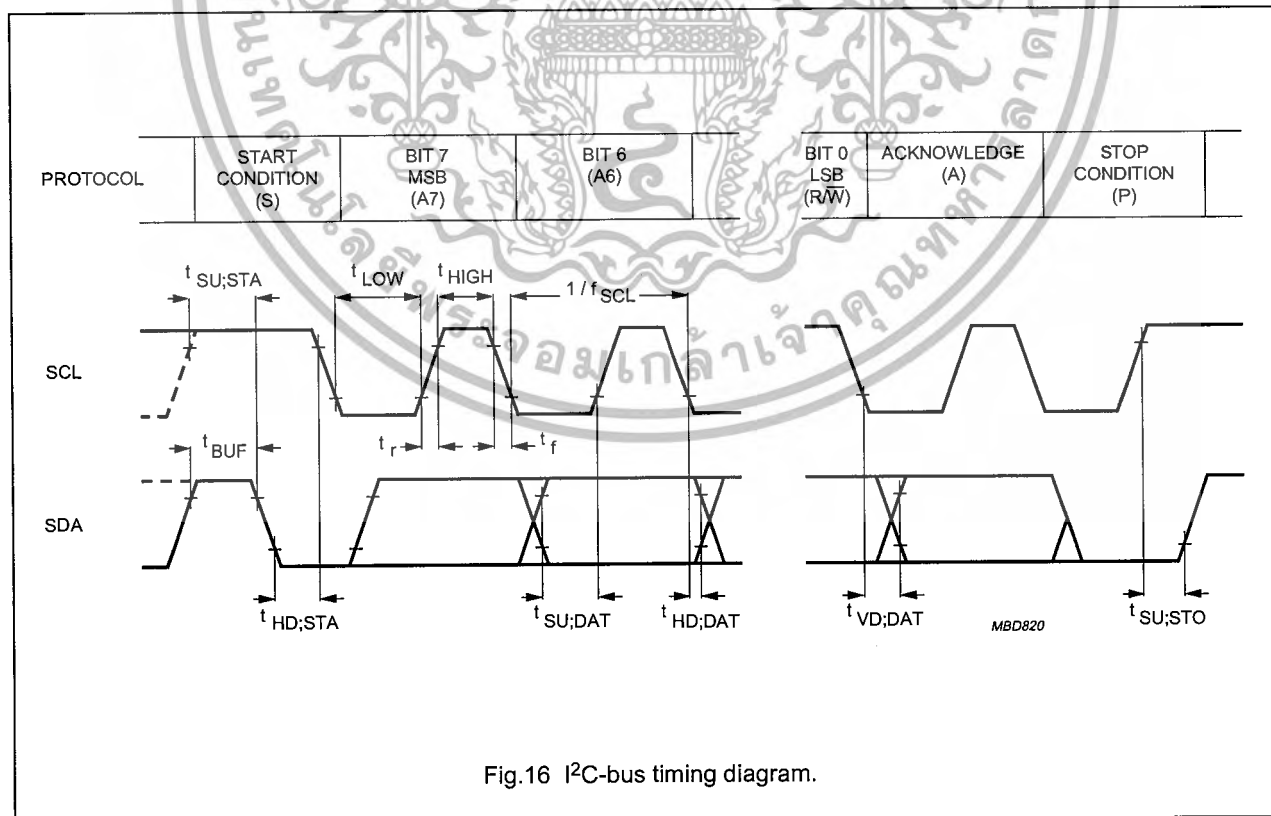


Fig.16 I<sup>2</sup>C-bus timing diagram.

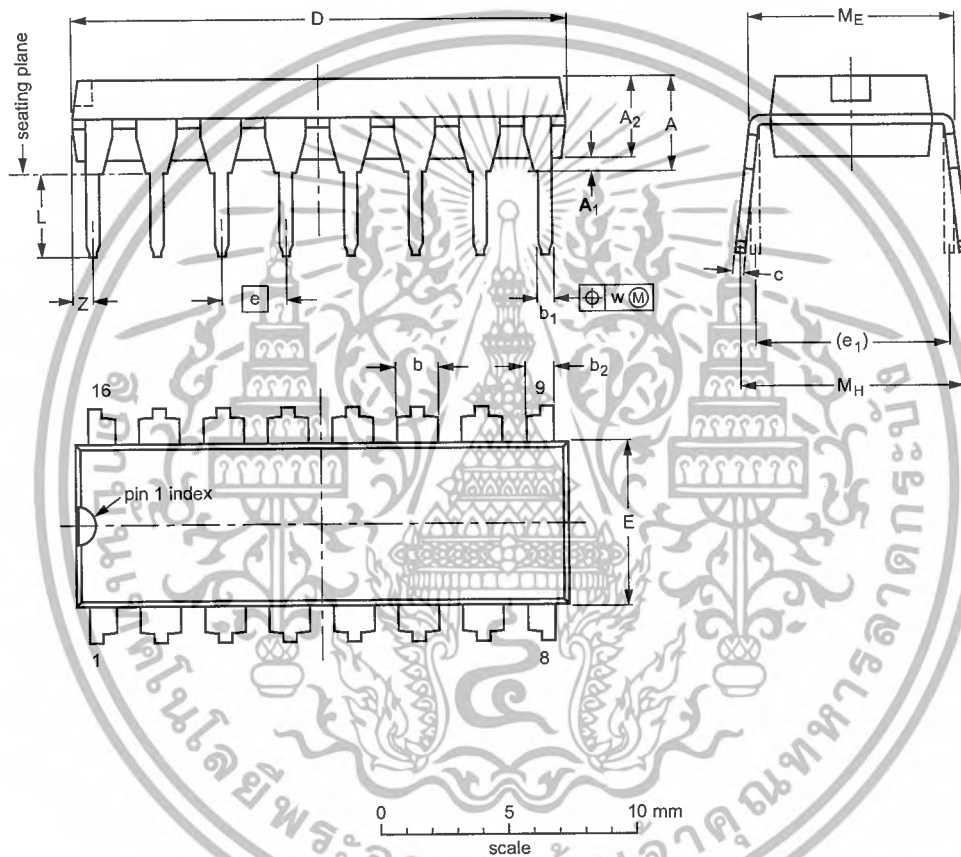
Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

12 PACKAGE OUTLINES

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

SOT38-4



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

UNIT	A max.	A <sub>1</sub> min.	A <sub>2</sub> max.	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c	D <sup>(1)</sup>	E <sup>(1)</sup>	e	e <sub>1</sub>	L	M <sub>E</sub>	M <sub>H</sub>	w	Z <sup>(1)</sup> max.
mm	4.2	0.51	3.2	1.73 1.30	0.53 0.38	1.25 0.85	0.36 0.23	19.50 18.55	6.48 6.20	2.54	7.62	3.60 3.05	8.25 7.80	10.0 8.3	0.254	0.76
inches	0.17	0.020	0.13	0.068 0.051	0.021 0.015	0.049 0.033	0.014 0.009	0.77 0.73	0.26 0.24	0.10	0.30	0.14 0.12	0.32 0.31	0.39 0.33	0.01	0.030

Note

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

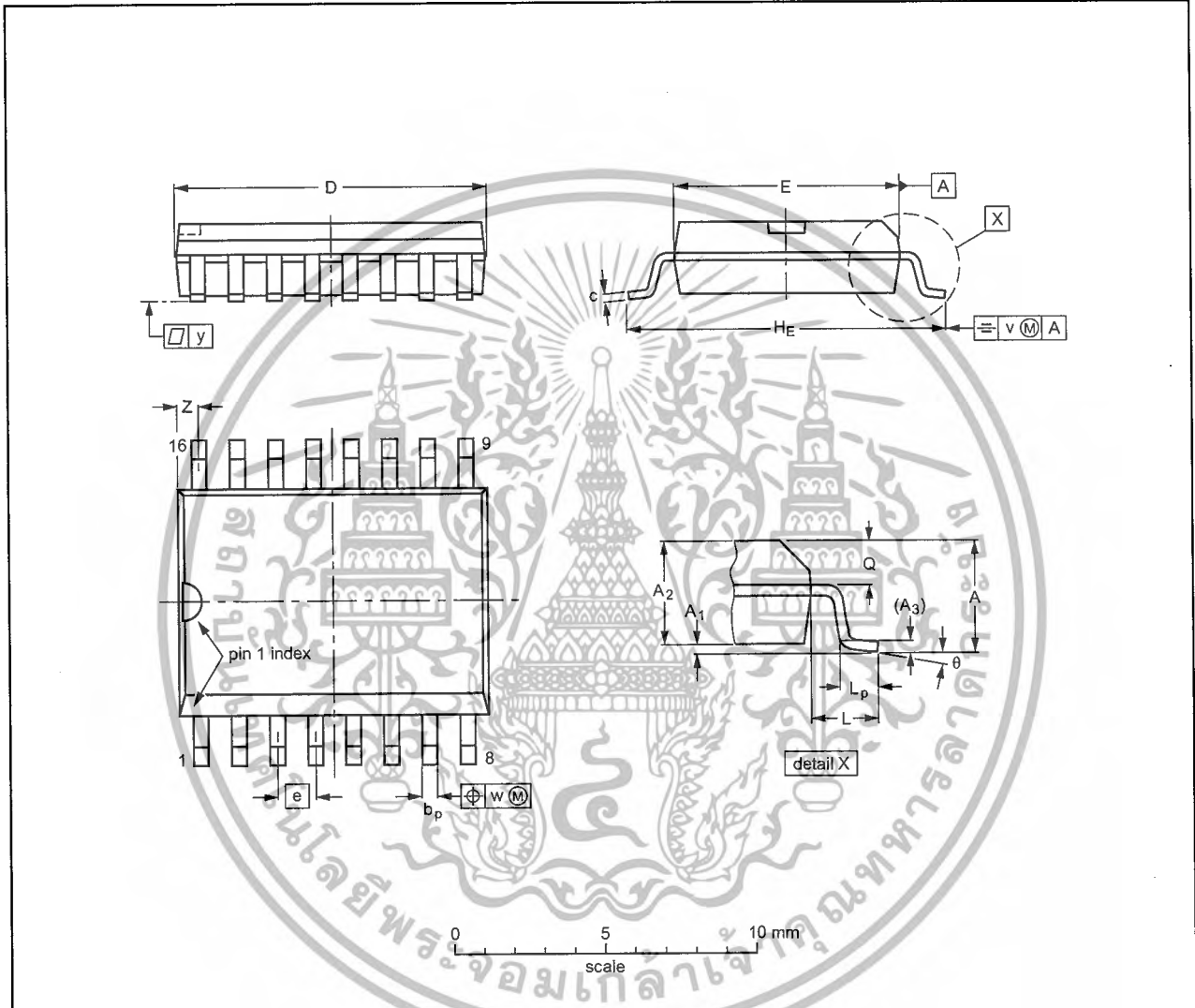
OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT38-4						92-11-17 95-01-14

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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 <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	b <sub>p</sub>	c	D <sup>(1)</sup>	E <sup>(1)</sup>	e	H <sub>E</sub>	L	L <sub>p</sub>	Q	v	w	y	z <sup>(1)</sup>	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.

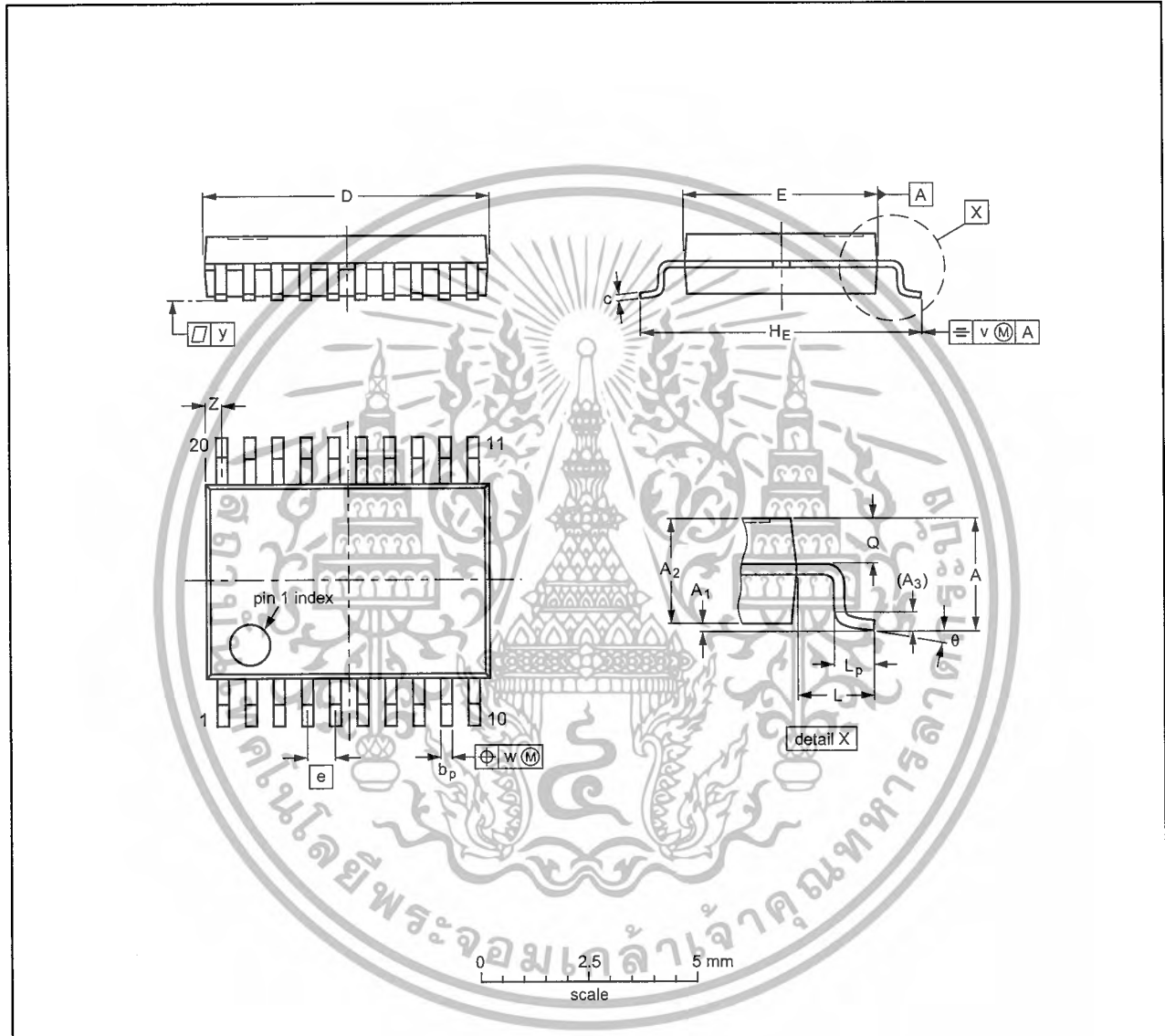
OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT162-1	075E03	MS-013			-97-05-22 99-12-27

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-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 <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	b <sub>p</sub>	c	D <sup>(1)</sup>	E <sup>(1)</sup>	e	H <sub>E</sub>	L	L <sub>p</sub>	Q	v	w	y	Z <sup>(1)</sup>	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				<del>95-02-22</del> 99-12-27

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

**13 SOLDERING****13.1 Introduction**

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages" (document order number 9398 652 90011).

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mount components are mixed on one printed-circuit board. Wave soldering can still be used for certain surface mount ICs, but it is not suitable for fine pitch SMDs. In these situations reflow soldering is recommended.

**13.2 Through-hole mount packages****13.2.1 SOLDERING BY DIPPING OR BY SOLDER WAVE**

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joints for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ( $T_{stg(max)}$ ). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

**13.2.2 MANUAL SOLDERING**

Apply the soldering iron (24 V or less) to the lead(s) of the package, either below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

**13.3 Surface mount packages****13.3.1 REFLOW SOLDERING**

Reflow soldering requires solder paste (a suspension of fine solder particles, flux and binding agent) to be applied to the printed-circuit board by screen printing, stencilling or pressure-syringe dispensing before package placement.

Several methods exist for reflowing; for example, convection or convection/infrared heating in a conveyor type oven. Throughput times (preheating, soldering and cooling) vary between 100 and 200 seconds depending on heating method.

Typical reflow peak temperatures range from 215 to 250 °C. The top-surface temperature of the packages should preferably be kept below 220 °C for thick/large packages, and below 235 °C for small/thin packages.

**13.3.2 WAVE SOLDERING**

Conventional single wave soldering is not recommended for surface mount devices (SMDs) or printed-circuit boards with a high component density, as solder bridging and non-wetting can present major problems.

To overcome these problems the double-wave soldering method was specifically developed.

If wave soldering is used the following conditions must be observed for optimal results:

- Use a double-wave soldering method comprising a turbulent wave with high upward pressure followed by a smooth laminar wave.
- For packages with leads on two sides and a pitch (e):
  - larger than or equal to 1.27 mm, the footprint longitudinal axis is **preferred** to be parallel to the transport direction of the printed-circuit board;
  - smaller than 1.27 mm, the footprint longitudinal axis **must** be parallel to the transport direction of the printed-circuit board.

The footprint must incorporate solder thieves at the downstream end.

- For packages with leads on four sides, the footprint must be placed at a 45° angle to the transport direction of the printed-circuit board. The footprint must incorporate solder thieves downstream and at the side corners.

During placement and before soldering, the package must be fixed with a droplet of adhesive. The adhesive can be applied by screen printing, pin transfer or syringe dispensing. The package can be soldered after the adhesive is cured.

Typical dwell time is 4 seconds at 250 °C.

A mildly-activated flux will eliminate the need for removal of corrosive residues in most applications.

**13.3.3 MANUAL SOLDERING**

Fix the component by first soldering two diagonally-opposite end leads. Use a low voltage (24 V or less) soldering iron applied to the flat part of the lead. Contact time must be limited to 10 seconds at up to 300 °C. When using a dedicated tool, all other leads can be soldered in one operation within 2 to 5 seconds between 270 and 320 °C.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 13.4 Suitability of IC packages for wave, reflow and dipping soldering methods

MOUNTING	PACKAGE <sup>(1)</sup>	SOLDERING METHOD		
		WAVE	REFLOW <sup>(2)</sup>	DIPPING
Through-hole mount	DBS, DIP, HDIP, SDIP, SIL	suitable <sup>(3)</sup>	–	suitable
Surface mount	BGA, LBGA, LFBGA, SQFP, TFBGA, VFBGA	not suitable	suitable	–
	HBCC, HBGA, HLQFP, HSQFP, HSOP, HTQFP, HTSSOP, HVQFN, HVSON, SMS	not suitable <sup>(4)</sup>	suitable	–
	PLCC <sup>(5)</sup> , SO, SOJ	suitable	suitable	–
	LQFP, QFP, TQFP	not recommended <sup>(5)(6)</sup>	suitable	–
	SSOP, TSSOP, VSO	not recommended <sup>(7)</sup>	suitable	–

## Notes

- For more detailed information on the BGA packages refer to the "(LF)BGA Application Note" (AN01026); order a copy from your Philips Semiconductors sales office.
- All surface mount (SMD) packages are moisture sensitive. Depending upon the moisture content, the maximum temperature (with respect to time) and body size of the package, there is a risk that internal or external package cracks may occur due to vaporization of the moisture in them (the so called popcorn effect). For details, refer to the Drypack information in the "Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages; Section: Packing Methods".
- For SDIP packages, the longitudinal axis must be parallel to the transport direction of the printed-circuit board.
- These packages are not suitable for wave soldering. On versions with the heatsink on the bottom side, the solder cannot penetrate between the printed-circuit board and the heatsink. On versions with the heatsink on the top side, the solder might be deposited on the heatsink surface.
- If wave soldering is considered, then the package must be placed at a 45° angle to the solder wave direction. The package footprint must incorporate solder thieves downstream and at the side corners.
- Wave soldering is suitable for LQFP, QFP and TQFP packages with a pitch (e) larger than 0.8 mm; it is definitely not suitable for packages with a pitch (e) equal to or smaller than 0.65 mm.
- Wave soldering is suitable for SSOP and TSSOP packages with a pitch (e) equal to or larger than 0.65 mm; it is definitely not suitable for packages with a pitch (e) equal to or smaller than 0.5 mm.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

## 14 DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS <sup>(1)</sup>	PRODUCT STATUS <sup>(2)(3)</sup>	DEFINITION
I	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
II	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
III	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

## Notes

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.
3. For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

## 15 DEFINITIONS

**Short-form specification** — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

**Limiting values definition** — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device.

These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

**Application information** — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

## 16 DISCLAIMERS

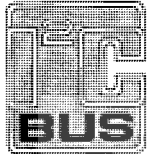
**Life support applications** — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

**Right to make changes** — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products - including circuits, standard cells, and/or software - described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no licence or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Remote 8-bit I/O expander for I<sup>2</sup>C-bus

PCF8574

17 PURCHASE OF PHILIPS I<sup>2</sup>C COMPONENTS



Purchase of Philips I<sup>2</sup>C components conveys a license under the Philips' I<sup>2</sup>C patent to use the components in the I<sup>2</sup>C system provided the system conforms to the I<sup>2</sup>C specification defined by Philips. This specification can be ordered using the code 9398 393 40011.



# Philips Semiconductors – a worldwide company

## Contact information

For additional information please visit <http://www.semiconductors.philips.com>. Fax: +31 40 27 24825  
For sales offices addresses send e-mail to: [sales.addresses@www.semiconductors.philips.com](mailto:sales.addresses@www.semiconductors.philips.com).



© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2002

SCA74

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

403512/04/pp24

Date of release: 2002 NOV 22

Document order number: 9397 750 10462

*Let's make things better.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำมาเผยแพร่ได้โดยไม่จำเป็นต้องจ่ายค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้าหรือการโฆษณาโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Philips Semiconductors  
Philips Semiconductors



**PHILIPS**