สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวัดสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

Signal Acquisition via Internet

T036807

โดย

นาย นาวี วงศ์กระจ่าง รหัส 39014258
นางสาว บงกช เสี้ยมแหลม รหัส 39014274
นาย ศิริชัย จงเกษมถาวร รหัส 39014518

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ พิพัฒน์ เลาหสงคราม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36807
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวัดสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ผู้จัดทำ

นาย นาวี	วงศ์กระจ่าง	รหัส	39014258
นางสาว บงกช	เสี้ยมแหลม	รหัส	39014274
นาย ศิริชัย	จงเกษมถาวร	รหัส	39014518

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิพัฒน์ เลาหสงคราม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

นาย นาวี วงศ์กระจ่าง
นางสาวบงกช เสี้ยมแหลม
นาย ศิริชัย จงเกษมถาวร
อ. พิพัฒน์ เลาหสงคราม อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่นำเสนอการวัดสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ท ซึ่งเราจะทำการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับชุดวัดสัญญาณ เพื่อทำการวัดสัญญาณและส่งข้อมูลผ่านระบบอินเตอร์เน็ท โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นเฉพาะใช้ในการสื่อสารข้อมูล และนำผลที่ได้มาพล็อตเป็นกราฟ โดยสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณอนาลอกรูปซายน์, สี่เหลี่ยม, สามเหลี่ยม เป็นต้น และจะได้ความละเอียดเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต โดยใช้ ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นตัวสุ่มสัญญาณ

การเรียกดูรูปกราฟสัญญาณจากจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์โดยเครื่องไคล์เอนท์ ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ใดก็ได้ที่เชื่อมต่อกับระบบเน็ตเวอร์คหรือใช้เว็บบราวเซอร์เรียกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal Acquisition via Internet

Mr.Nawee Wongkrajang
Miss.Bongkot Seamlam
Mr.Sirichai Chongasamethaworn
Mr.Phiphat Laohasongkram Project Advisor
Academic year 1999-2000

Abstract

This project presents the Signal Acquisition through Internet system. We connected the signal acquisition set to computer in order to find out the signal and transfer the data through internet system. For this purpose, we use the specific program for communicate data and plotted output by graphic. The example input analog signals are sine wave, square wave, saw tooth, etc. The result was in 8 bits digital. For sampling the signal, the analog to digital converter was use to sampling data.

The common signal's graphic can be monitored in others computer terminals by connecting the server into the network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทนำ การวัดสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 1

บทที่ 1 Analog to Digital Converter (ADC) 3

ทฤษฎีการ Sampling 3

มัลติเพล็กเซอร์ 4

คุณลักษณะของคอนเวอร์เตอร์ 5

บทที่ 2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 7

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 7

สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 8

ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ 11

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปใน MCS-51 13

รีจิสเตอร์ฟังชันพิเศษใน MCS-51 13

บทที่ 3 พอร์ทอนุกรม RS232 15

บทที่ 4 Microsoft Visual Basic 20

คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้งาน VB6 20

ไฟล์ประเภทต่าง ๆ ที่มีในโปรเจ็กต์ของ VB6 20

คอนโทรลที่สำคัญที่ใช้ในโครงงาน 21

1. ปุ่มคำสั่ง (Command Button) 21

2. เท็กบ็อกซ์ (TextBox) 22

3. เลเบล (Label) 22

4. ออปชั่นบัตทอน (Option Button) 22

5. คอมโบบ็อกซ์ (Combo Box) 23

6. ไทม์เมอร์ (Timer) 23

7. กราฟ (Graph32.ocx) 23

8. Internet Transfer Control 24

9. Microsoft Comm Control 26

บทที่ 5 หลักการทำงานของชุดอ่านสัญญาณ 32

บทที่ 6 การติดตั้งและใช้งานโปรแกรมด้านเซิร์ฟเวอร์ 36

บทที่ 7 การติดตั้งและใช้งานโปรแกรมด้านไคล์เอนท์ 40

บทที่ 8 การเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางเว็บบราวน์เซอร์ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9 ผลการทดลอง 45
บทที่ 10 ข้อจำกัดของโครงงาน 56
บทที่ 11 สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไข 57
1. ความผิดเพี้ยนของการวัดสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับทันทีทันใด 57
2. การเกิด alias เมื่ออัตราการสุ่มของชุดวัดสัญญาณ น้อยกว่าความถี่ของสัญญาณ 58
ภาคผนวก ก. Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 60
ภาคผนวก ข. datasheet 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ
การวัดสัญญาณทางไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้พัฒนาไปมาก การรับส่งข้อมูลระยะไกลสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น การพัฒนาในด้านต่าง ๆ จึงเจริญเติบโตขึ้นตามมาโดยลำดับ

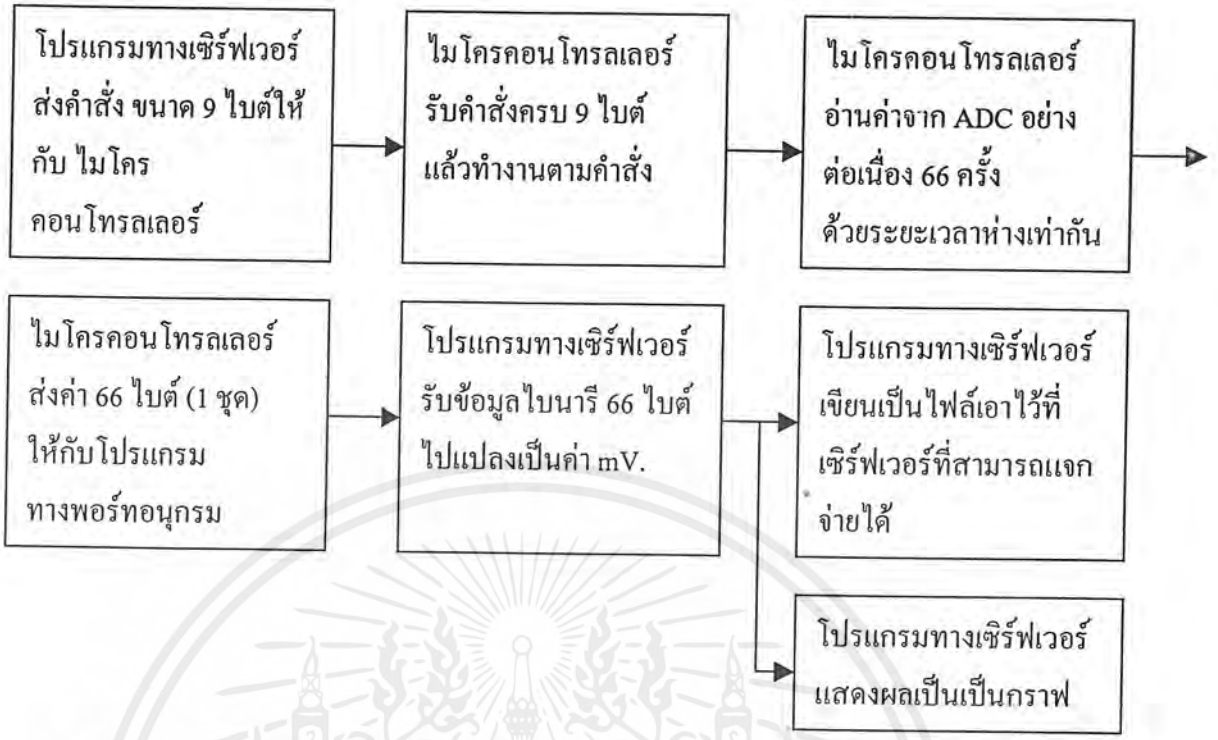
โครงงานการวัดสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนี้ เป็นการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดย ค่าของสัญญาณทางไฟฟ้าจะถูกวัดโดย ADC (Analog to Digital Converter) และส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์รวบรวมเป็นชุดในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วจึงส่งให้กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมมาตรฐาน RS-232 ที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะมีโปรแกรมเฉพาะที่ทำงานอยู่ คอยรับค่าและนำมาเขียนไว้เป็นไฟล์ข้อมูล ให้เครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ สามารถเรียกไปดูและแสดงผลเป็นรูปกราฟสัญญาณได้ โดยอาจใช้โปรแกรมเฉพาะที่มีอยู่บนเครื่อง หรือเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ตก็ได้

การวัดสัญญาณผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนี้ จะใช้ประโยชน์ได้คือส่งผ่านข้อมูลที่เราทำการวัดค่าได้ไปยังผู้ที่ต้องการทราบข้อมูลในการวัดนั้น เพื่อนำไปบันทึกและจัดการข้อมูลนั้น เพื่อประโยชน์ในการทำงานต่อไป

บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

บล็อกไดอะแกรมการทำงานด้านไคล์แอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บล็อกไดอะแกรมการทำงานด้านเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

Analog to Digital Converter (ADC)

ทฤษฎีการ Sampling

ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นรหัสดิจิตอลนั้น ADC จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งในการจัดการ ซึ่งเวลาดังกล่าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ (จำนวนดิจิตอลบิต) เทคนิคของการแปลงสัญญาณและความเร็วในการแปลงสัญญาณของอุปกรณ์อื่น

ช่วงเวลาของการแปลงสัญญาณอาจเรียกว่า Aperture time ซึ่งหมายถึง ช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนขึ้นในการวัด ดังนั้นหากเวลาที่ ADC ใช้ในการแปลงสัญญาณนี้ รหัสดิจิตอลที่ได้อาจจะตรงกับขนาดของสัญญาณอนาล็อกค่าหนึ่ง และส่วนที่เหลือคือค่าความผิดพลาด

วงจร Sample and Hold จะทำการสุ่มสัญญาณอินพุท และนำสัญญาณที่สุ่มนั้นมาเก็บไว้ ในช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การประจุแรงดันไว้ในตัวเก็บประจุที่รั่วไหลต่ำ โดยสัญญาณอนาล็อกจะถูกสุ่มเป็นช่วงๆ การสุ่มจะเป็นการตัดต่อสัญญาณอนาล็อกในช่วงเวลาสั้นๆ ด้วยสวิทช์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูง ผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วสูงจะเสมือนกับการคูณด้วยขบวนสัญญาณพัลส์แคบๆ กับสัญญาณอนาล็อก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณที่มอดูเลทระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาล็อก โดยจะเสมือนว่าสัญญาณอนาล็อกจะมาขี่บนขบวนพัลส์ และสัญญาณอนาล็อกจะถูกคงค่าไว้ จนกว่าสัญญาณค่าใหม่จะถูกสุ่มเข้ามา

อัตราการสุ่มสัญญาณต้องมีค่าที่เหมาะสมจึงจะไม่ทำให้ข้อมูลสูญเสียไปเมื่อสัญญาณนั้นถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นเช่นเดิม นั่นคือ หากสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ f_c ค่าอัตราการสุ่มจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า $2f_c$ จึงจะทำให้การเปลี่ยนกลับไม่ผิดเพี้ยน

ADC0809เป็น A/D ที่รับสัญญาณอินพุทที่มีระดับแรงดันอินพุทอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ ได้ 8 ช่องสัญญาณ และสามารถมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทเหล่านั้นได้โดยการป้อนลอจิกให้แก่ขา A, B, C ของ A/D และให้เอาท์พุทเป็นไบนารี 8 บิต ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการป้อนให้กับไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรง จากที่ ADC0809 ไม่มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายในดังนั้นจึงต้องสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อป้อนให้ควบคุมการทำงานของ A/D ต่อไป

ขาสัญญาณที่สำคัญมีดังนี้

1) IN0-IN7 :เป็นขาที่ใช้ในการรับสัญญาณอนาล็อกอินพุทที่สามารถมัลติเพล็กซ์ได้ 8 ช่องสัญญาณ
2) CLOCK : ใช้รับสัญญาณ clock จากวงจรสร้าง clock ภายนอก ซึ่งจะใช้ความถี่ในช่วง 500 kHz ถึง 641 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ADD A, ADD B, ADD C : ใช้ในการเลือกช่องสัญญาณ
4) START : ใช้สั่งให้เริ่มมีการแปลงสัญญาณ(แอดทีฟไฮ)
5) EOC (End Of Converter) : ใช้ในการแสดงว่าเสร็จสิ้นการแปลงสัญญาณ คือเป็น "1" เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จแล้ว
6) ALE (Address Latch Enable) : ใช้ในการแล็ชท์ค่าจากช่องสัญญาณที่ทำการเลือกเข้าสู่การแปลงสัญญาณ(แอดทีฟไฮ)
7) OE (Output Enable) : ใช้ในการรับคำสั่งเมื่อต้องการให้แสดงค่าสัญญาณที่ได้รับการแปลงแล้วออกทางเอาท์พุท
8) $V_{ref(+)} = V_{CC} = 5V$
9) $V_{ref(-)} = GND = 0V$
10) 2^{-1} (MSB) -2^{-8}(LSB) : เป็นเอาท์พุทไบนารี 8 บิต

จากที่กล่าวข้างต้นว่า ADC0809 ไม่มีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาภายใน ดังนั้นในการทำงานจะต้องทำการสร้างสัญญาณนาฬิกาป้อนให้ ADC0809 ทำงาน

รายละเอียดการทำงาน

- มัลติเพล็กเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มี 8 ช่องสัญญาณ การเลือกช่องสัญญาณอินพุททำได้โดยการใช้ตัวถอดรหัสแอดเดรส ซึ่งตารางที่ 1-1 จะแสดงสภาวะของแต่ละแอดเดรสเพื่อทำการเลือกช่องสัญญาณ โดยแอดเดรสจะมีสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นค่า สูง-ต่ำ

ตารางที่ 1-1

ช่องสัญญาณที่ถูกเลือก	สายของแอดเดรส		
	C	B	A
IN 0	L	L	L
IN 1	L	L	H
IN 2	L	H	L
IN 3	L	H	H
IN 4	H	L	L
IN 5	H	L	H
IN 6	H	H	L
IN 7	H	H	H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของคอนเวอร์เตอร์

คอนเวอร์เตอร์ หัวใจสำคัญของระบบชิปข้อมูล คือคอนเวอร์เตอร์ที่มี 8 ช่องสัญญาณในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ที่ออกแบบให้มีความรวดเร็ว แม่นยำ เที่ยงตรงตลอดการใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างกว้างๆ ตัวคอนเวอร์เตอร์ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่คือ แลดเดอร์เน็ตเวิร์กของตัวต้านทาน 256R, รีจิสเตอร์ประมาณค่า และตัวเปรียบเทียบ ค่าสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าเป็นบวก

ในส่วนของแลดเดอร์เน็ตเวิร์ก ตัวต้านทานตัวล่างสุดและตัวบนสุดจะมีค่าต่างกัน เหตุที่มีค่าต่างกันเพื่อเป็นการทำให้เกิดความสมมาตรกับซีโร่และจุดบนค่าเต็มสเกลของโค้งการถ่ายโอน ค่าเอาท์พุทแรกจะปรากฏเมื่อสัญญาณอนาล็อกถึงค่า +1/2 ของค่านัยสำคัญต่ำสุด(LSB) และจะปรากฏสัญญาณเอาท์พุททุกๆ 1 ค่าของค่านัยสำคัญต่ำสุดจนถึงค่าเต็มสเกล

ส่วนของรีจิสเตอร์ประมาณค่า (Successive Approximation Registor) จะกระทำการประมาณค่าโวลท์เตจของอินพุท 8 ครั้ง สำหรับรีจิสเตอร์ประมาณค่าใดๆ จะมีการทำซ้ำเท่ากับจำนวนบิตของคอนเวอร์เตอร์ รีจิสเตอร์ประมาณค่าของคอนเวอร์เตอร์จะรีเซ็ทเมื่อให้สัญญาณพัลส์เริ่มต้นการเปลี่ยนแปลง (Start Conversion:SC) เป็นบวก การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มเมื่อพัลส์นั้นอยู่ในช่วงขาลงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการจะถูกอินเตอร์รัปต์โดยการรับพัลส์เปลี่ยนแปลงลูกใหม่เข้ามา การเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องสามารถทำได้โดยการผูกสัญญาณสิ้นสุดการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุท (End-of-Conversion:EOC) เข้ากับสัญญาณเริ่มต้นการเปลี่ยนแปลง ถ้าหากใช้ในโหมดนี้เมื่อมีสัญญาณพัลส์เริ่มต้นการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกเข้ามาก็จะทำงานเมื่อมีการป้อนไฟเข้าไป ส่วนสัญญาณสิ้นสุดการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าต่ำในช่วง 0 ถึง 8 พัลส์ของสัญญาณนาฬิกาหลังจากช่วงขาขึ้นของพัลส์เริ่มต้นการเปลี่ยนแปลง

ส่วนประกอบที่สำคัญของ คอนเวอร์เตอร์ก็คือส่วนที่เป็นตัวเปรียบเทียบหรือคอมพาราเตอร์ ซึ่งจะมีผลและรับผิดชอบในส่วนของความแม่นยำของคอนเวอร์เตอร์ด้วย นั่นคือคอมพาราเตอร์จะมีอิทธิพลอย่างมาก ในการทำงานที่ต้องทำซ้ำๆ ของอุปกรณ์ ตัวคอมพาราเตอร์จะเปลี่ยนค่าสัญญาณอินพุทที่เป็นไฟตรงให้เป็นไฟสลับ ซึ่งจะต้องผ่านตัวขยายที่มีกำลังขยายสูง

ADC โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับ DAC ในลูปปิด เมื่อได้รับพัลส์ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าเริ่มต้น เคาท์เตอร์จะถูกรีเซ็ทเป็น 0 หากมีการรับช่วงที่เป็นขอบขาลง เคาท์เตอร์จะเริ่มนับพัลส์ของสัญญาณนาฬิกา เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่าไบนารีและค่าดิจิตอลแบบขนานก็จะมีการปิดสวิทซ์ใน DAC จะทำให้ค่าโวลท์เตจของเอาท์พุท V_q เพิ่มขึ้นในลักษณะเป็นขั้นบันได หาก V_q มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าโวลท์เตจ ตัวอย่างของอินพุท y_i ค่าเอาท์พุทของตัวเปรียบเทียบหรือคอมพาราเตอร์จะเป็น 0 และการนับก็จะต่อเนื่องต่อไป และเมื่อ V_q มากกว่า y_i ค่าเอาท์พุทของคอมพาราเตอร์จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะเป็น 1 ค่าพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาจะถูกยับยั้งทำให้หยุดการนับ และค่าสัญญาณที่ถูกต้องจะเปลี่ยนสภาวะเพื่อแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว ค่าสัญญาณเอาท์พุทที่เป็นดิจิตอลจะตรงกับค่าการนับท้ายสุดและจะคงที่จนกว่าจะมีพัลส์ที่ทำให้เปลี่ยนเป็นค่าเริ่มต้นเข้ามาใหม่

การประมาณค่าความต่อเนื่องของ ADC วิธีนี้จะเป็นการคาดเดาค่าไบนารีโค้ดให้ตรงกับค่าโวลท์เตจ y_I โดยค่าโค้ดที่นำมาลองจะถูกเปลี่ยนเป็นค่าอนาล็อกโวลท์เตจโดยใช้ DAC และคอมพาราเตอร์จะใช้ในการตัดสินใจว่าการคาดเดานั้นสูงหรือต่ำเกินไปหรือไม่ และขบวนการนี้ จะถูกทำซ้ำจนกว่า V_q จะได้ค่าประมาณครึ่งหนึ่ง ของค่าความผิดพลาด
ควอนไตส์เซชั่น (quantisation error)ของ y_I ซึ่งค่าความผิดพลาดควอนไตส์เซชั่นนี้ มีค่าเท่ากับ V_q-y_I จะมีค่าประมาณ $\pm$1/2LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 เป็นโมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตตระกูลอื่น ดังนี้

- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) บรรจุไว้ภายใน 128 - 256 ไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
- มีวงจรตั้งเวลาวงจรนับขนาด 16 บิต 2 ตัว อยู่ภายใน
- มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
- มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- มีพอร์ทที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางจำนวน 4 พอร์ท ๆ ละ 8 บิต

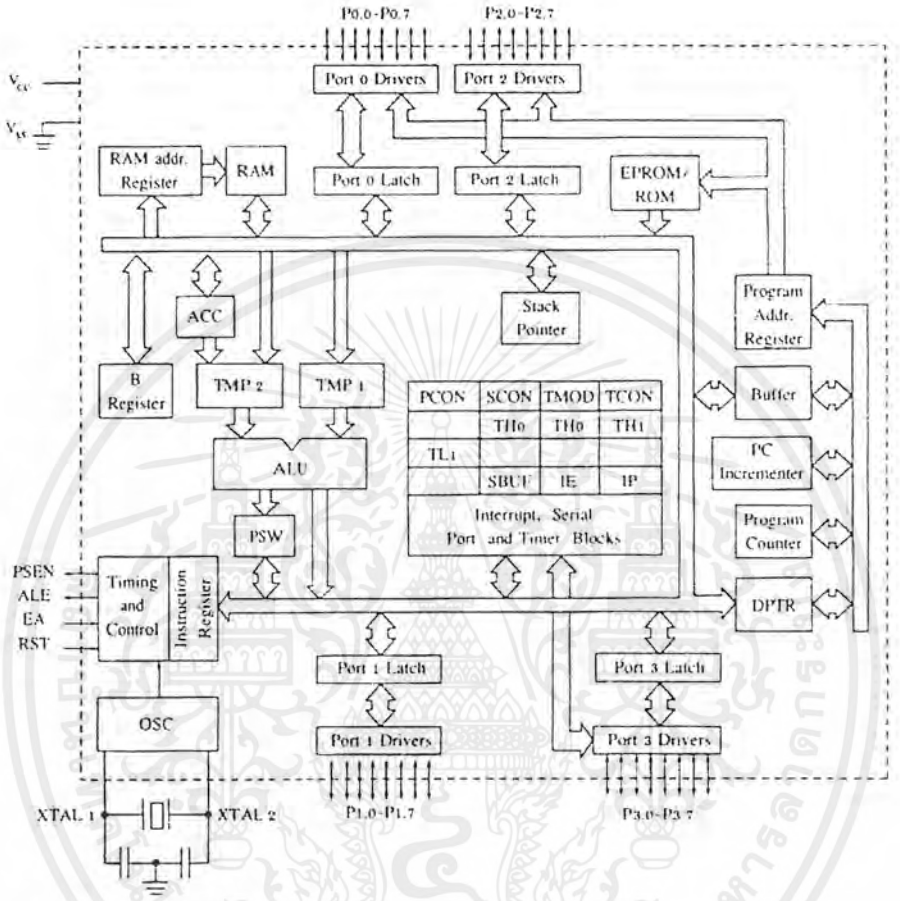
นอกจากนี้ MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่น่าสนใจ คือ

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิป
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกา ภายในชิป หรือ นับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิต เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

โครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์8051 ชิปเดี่ยวแสดงดังรูปที่ 2-1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อย ๆ ภายใน 8051



รูปที่ 2-1 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์8051

ขาใช้งานต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

- V_{CC} ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
- V_{SS} ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
- RST ขา 9 ขารีเซตนี้จะรีเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 ที่ขานี้จะเป็นการรีเซตการทำงาน กลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง0000
- ALE ขา 30 ใช้เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำจากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก
- PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิเลเตอร์

- XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออกสซิเลเตอร์

- PORT 0 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ พอร์ท 0 นี้ ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วย โดย 8 บิตล่างถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทางพอร์ท 2
2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ทโดยตรง

- PORT 1 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่สามารถส่งตำแหน่งได้

- PORT 2 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ท 0
2. ใช้เป็นพอร์ทรับส่งข้อมูลกับภายนอก

- PORT 3 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิตอยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับ นอกจากจะใช้งานเหมือนพอร์ทอื่น ๆ แล้วยังใช้งานอื่นโดยใช้คำสั่งควบคุม ดังนี้

P3.0 (RxD)	เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1 (TxD)	เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2 (INT0)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
P3.3 (INT1)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายใน
P3.4 (T0)	ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
P3.5 (T1)	ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
P3.6 (WR)	ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก
P3.7 (RD)	ใช้เป็นขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

พอร์ท3ของ MCS-51 ถูกใช้เป็นพอร์ทอนุกรม จะใช้ขา TxD และ RxD ในการรับส่งข้อมูล โดยขาทั้งสองจะอยู่ในพอร์ท3 คือ P3.1 หรือขา 11 เป็น TxD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RxD พอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอนุกรมของ MCS-51 สามารถทำงานเป็นแบบ Full Duplex ได้ คือสามารถรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดยมีการรับและส่งข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลให้ใช้

รีจีสเตอร์ที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจีสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจีสเตอร์ Serial Port Buffer (SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99H ถ้าเขียนข้อมูลลงไปในตำแหน่งนี้จะเป็นการส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรม และถ้าอ่านข้อมูลจากตำแหน่งนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม โดยใน SBUF จะประกอบด้วยบัฟเฟอร์2ตัวสำหรับส่งและรับข้อมูล

สำหรับ Serial Port Control Register (SCON) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจีสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ รีจีสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุม และบอกสถานะต่าง ๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล (Baud Rate) สามารถหาได้จากการหาสัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับ MCS-51

ตารางที่ 2-1 Serial Port Control Register

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลกกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถเซต และ เคลียร์ได้โดยซอฟแวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไป โดยจะเซตเมื่อส่งข้อมูลออกไปหมดแล้ว และสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟแวร์
SCON.0	RI	98H	แฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์ภายหลังรับข้อมูลเข้ามาสามารถเคลียร์ได้โดยซอฟแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 แสดงโหมดต่าง ๆ ของการรับส่งแบบอนุกรม

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	Baud Rate
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency / 12)
0	1	1	8-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์
1	0	2	9-bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency / 12 หรือ / 64)
1	1	3	9-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์

ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล มีรีจิสเตอร์พิเศษที่สามารถเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง รีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละตัวขนาด 16 บิต เรียกไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ

- ไทม์เมอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกแมชชีนไซเคิล

- เคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์1

สามารถเลือกการทำงานให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้โดยการกำหนดค่าบิตในรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็นเคาน์เตอร์

นอกจากจะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตเป็นตัวนับโดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้รีจิสเตอร์ที่ใช้นับเพียง13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิตใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือนโหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเอง คือไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ใน โหมดนี้มีขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจิสเตอร์ใช้งานในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการโหลดค่าด้วยค่าในรีจิสเตอร์THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาคงที่

โหมด 3 ในโหมดนี้ไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TL0 ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงานโหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2-3 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Timer 0

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMODควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	00H	08H
1	16 bit Timer	01H	09H
2	8 bit Auto Reload	02H	0AH
3	two 8 bit Timer	03H	0BH

ตารางที่ 2-4 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Counter 0

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMODควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	04H	0CH
1	16 bit Timer	05H	0DH
2	8 bit Auto Reload	06H	0EH
3	two 8 bit Counter	07H	0FH

ตารางที่ 2-5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Timer 1

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMODควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	00H	80H
1	16 bit Timer	10H	90H
2	8 bit Auto Reload	20H	A0H
3	does not run	30H	B0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-6 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆสำหรับ Counter 1

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMODควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	40H	C0H
1	16 bit Timer	50H	D0H
2	8 bit Auto Reload	60H	E0H
3	not available	--	--

รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A, B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิฟบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในMCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51จึงมีทั้งหมด 32 ตัว ในการทำงานขณะใดๆรีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มกระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0,RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

รีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษใน MCS-51

ใน MCS-51 รีจีสเตอร์จะใช้หน่วยความจำ RAM ภายในชิป โดยส่วนหนึ่งเป็นรีจีสเตอร์พิเศษ (Special Function Register : SFR) ซึ่งมีทั้งหมด 21 ตัว โดยรีจีสเตอร์พิเศษต่าง ๆ จะเริ่มที่หน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเพียง 21 ตำแหน่ง แตถ้าเป็น 8032 / 8051 จะใช้ 26 ตำแหน่งหรือมี SFR 26 ตัว

ตารางที่ 3-7 รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
PSW.7	CY	D7H	Carry Flag
PSW.6	AC	D6H	Auxiliary Carry Flag
PSW.5	F0	D5H	Flag 0
PSW.4	RS1	D4H	บิตสำหรับเลือก รีจีสเตอร์ แบงค์ 1
PSW.3	RS0	D3H	บิตสำหรับเลือก รีจีสเตอร์ แบงค์ 0
			00 = Bank 0 ; Address 00H – 07H 01 = Bank 1 ; Address 08H – 0FH 10 = Bank 2 ; Address 10H – 17H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			11 = Bank 3 ; Address 18H – 1FH
PSW.2	OV	D2H	Overflow Flag
PSW.1	-	D1H	Reserved
PSW.0	P	D0H	Even Parity Flag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
พอร์ทอนุกรม RS232

คำจำกัดความต่าง ๆ ที่ควรรู้เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรมมีดังนี้

Baud Rate คืออัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลของพอร์ท ในอดีตพอร์ทจะมีอัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 1 บิตต่ออัตรา 1 Baud แต่ในปัจจุบันหลังจากที่พอร์ทได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก อัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 1 บิต จะไม่เท่ากับอัตรา 1 Baud อีกต่อไป เช่น ตามมาตรฐาน V.22bis นั้นอัตรา 1 Baud จะเท่ากับ 4 บิต ดังนั้นพอร์ทที่มีอัตราความเร็ว 9,000 Baud จะเท่ากับอัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 38,400 บิตต่อวินาที เป็นต้น

Bit Per Second คืออัตราความเร็วในการส่งถ่ายจำนวนบิตของพอร์ท ในปัจจุบันพอร์ทจะมีค่าอัตราความเร็วในการส่งถ่ายจำนวนบิตมาตราฐานอยู่ที่ 9,600 BPS

Through Put จำนวนของบิตที่สามารถส่งผ่านพอร์ทได้จริง ๆ ภายในช่วงเวลา 1 วินาที ในทางปฏิบัติถึงแม้ว่าพอร์ทจะมีความเร็วมากน้อยเพียงใดก็ตาม อัตราการส่งผ่านข้อมูลผ่านทางพอร์ทในแต่ละช่วงเวลาอาจจะมีค่าไม่เท่ากันตลอดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปัญหาต่าง ๆ เช่น การเกิดสัญญาณรบกวนหรือความไม่พร้อมของโฮสต์ปลายทาง เป็นต้น ดังนั้นอัตราการส่งผ่านข้อมูลอาจจะต่ำกว่าความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลของพอร์ทก็ได้

พอร์ทอนุกรม (Serial Port)

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้งานตามมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS–232-C กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นจึงขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C เท่านั้น ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ถูกกำหนดโดย EIA ซึ่งเป็นองค์กรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา โดยแบ่งการเชื่อมต่อเป็น 2 ลักษณะคือ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Communication Equipment) ซึ่งโดยปกติ DTE จะต้องต่อเข้ากับ DCE เสมอ เช่น การต่อเครื่องคอมพิวเตอร์(อุปกรณ์ DTE) เข้ากับพอร์ท(อุปกรณ์ DCE) เป็นต้น

พอร์ทอนุกรม RS–232-C จะเป็นพอร์ทของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขาต่อ (connector) ทั้งประเภท 9 และ 25 ขา และเราเรียกกันว่าพอร์ท COM1: และ COM2: นั่นเอง ในความเป็นจริงพอร์ทอนุกรมไม่ได้ถูกควบคุมโดยตรงจาก CPU บนเมนบอร์ด แต่การสื่อสารทั้งหมดจะถูกจัดการโดยชิป UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) อีกทีหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันเบอร์ที่ใช้กันมากที่สุดคือเบอร์ 16550C ซึ่งเป็นเวอร์ชั่นที่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดแล้ว ซึ่งชิป UART นี้จะทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การส่งข้อมูล (Data Transmission)

- รับตัวอักษรจากเครื่องคอมพิวเตอร์

- แปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลแบบบิต (เราเรียกว่าขบวนการ serialization)

- สร้างเฟรมข้อมูลโดยการเพิ่มบิตที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารและการตรวจสอบ เช่น บิต START, STOP และ PARITY เป็นต้น

- ส่งผ่านเฟรมข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแล้วจากขั้นตอนที่ผ่านมา ด้วยความเร็วของพอร์ทอนุกรม (baud rate)

- แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

- การรับข้อมูล (Data Receiver)

- รับตัวอักษรจากอินเตอร์เฟซ

- ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรมข้อมูล ตามมาตรฐานเฟรมที่กำหนด โดยถ้าหากเฟรมข้อมูลมีรูปแบบที่ไม่ถูกต้องก็จะมีการแจ้งข้อผิดพลาดทันที

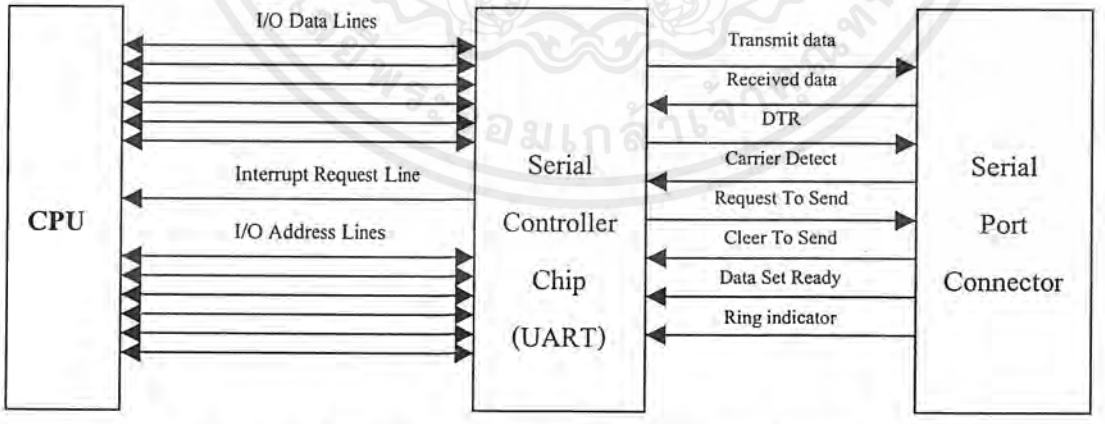
- ตรวจสอบความถูกต้องของพาริตี้

- แปลงสายข้อมูลแบบบิตให้เป็นตัวอักษร

- ส่งตัวอักษรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

- แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับอินเตอร์เฟซ

สำหรับการเชื่อมต่อสายสัญญาณต่าง ๆ ระหว่าง CPU ของเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์กับพอร์ทอนุกรมนั้น จะต้องกระทำผ่านทางชิป UART ซึ่งจะมีวิธีการเชื่อมต่อดังในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 รูปแสดงการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างCPUของเครื่องคอมพิวเตอร์กับพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากรูปที่ 3-1 จะเห็นว่าการเชื่อมต่อระหว่าง UART กับพอร์ทอนุกรมนั้น มีสายสัญญาณมากมายที่ช่วยให้การสื่อสารมีความถูกต้องมากขึ้น โดยที่สายสัญญาณแต่ละเส้นมีความหมายดังต่อไปนี้

- Transmit Data (TD)

เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณ Transmitted Data ซึ่งถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกมาอาจจะเป็นโค้ดคำสั่งของพอร์ทหรือข้อมูลก็ได้

- Received Data (RD)

เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณ Received data ซึ่งถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกมาอาจจะเป็นโค้ดคำสั่งของพอร์ทหรือข้อมูลก็ได้ ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีทิศทางการส่งตรงข้ามกับสัญญาณ Transmitted Data

- Data Terminal Ready (DTR)

สัญญาณ DTR จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE เพื่อเป็นการแจ้งความพร้อมในการสื่อสารให้อุปกรณ์ได้ทราบ โดยถ้าหากพอร์ทนั้น (อุปกรณ์ DCE) มีความสามารถในการตอบรับแบบอัตโนมัติ (automatically answer) อุปกรณ์นั้นก็จะสามารถตอบรับได้เฉพาะเมื่อสัญญาณ DTR อยู่ในสถานะ on เท่านั้น

- Carrier Detect (CD)

สัญญาณ CD จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งว่าพอร์ทอยู่ในสถานะกำลังติดต่อกับพอร์ทตัวอื่น หรือพอร์ทกำลังได้รับสัญญาณที่พร้อมสำหรับการติดต่อสื่อสาร สำหรับสัญญาณ Carrier Detect นี้ สามารถเรียกอีกชื่อได้ว่า Received Line Signal Detector

- Request To Send (RTS)

สัญญาณ RTS จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE โดยเมื่อสัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ on ก็หมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลจากพอร์ท และในทางกลับกันถ้าหากสัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ off ก็หมายถึง เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจากพอร์ท

- Clear To Send (CTS)

สัญญาณ CTS จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE ซึ่งเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับสัญญาณ RTS โดยเมื่อสัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ on ก็หมายถึงพอร์ทพร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และในทางกลับกันถ้าหากสัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ off ก็หมายถึง พอร์ทไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

- Data Set Ready (DSR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36807

สัญญาณ DSR จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งความพร้อมในการสื่อสารจากพอร์ทให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ทราบ โดยสัญญาณ DSR จะอยู่ในสถานะ on ก็ต่อเมื่อพอร์ทได้รับสัญญาณ DTR เท่านั้น

- Ring Indicator (RI)

สัญญาณ RI จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทราบว่า พอร์ทกำลังได้รับสัญญาณกระดิ่ง (ring signal) จากอุปกรณ์ตัวอื่น โดยที่สัญญาณ RI จะอยู่ในสถานะ on พอร์ทได้รับสัญญาณกระดิ่ง และ off เมื่อพอร์ทไม่ได้รับสัญญาณกระดิ่ง เนื่องจากอุปกรณ์รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบันมักจะมีความสามารถในการตอบรับแบบอัตโนมัติ (automatically answer) ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณ RI อีกต่อไป

รูปแบบของเฟรมข้อมูล (Data Format)

ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวนั้น อุปกรณ์ทั้งสองจะต้องมีความเข้าใจถึงรูปแบบของเฟรมข้อมูลที่ตรงกัน ซึ่งการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น นอกจากข้อมูลที่จะต้องส่งผ่านแล้ว อุปกรณ์นั้นยังต้องจัดการช่วงจังหวะในการส่งหรือรับข้อมูลระหว่างกันอีกด้วย โดยที่เฟรมข้อมูลในการส่งหรือรับจะประกอบด้วยบิตข้อมูลที่มีความหมายดังต่อไปนี้

- บิตข้อมูล (Data bit)

เมื่อชิป UART ได้รับตัวอักษรที่ส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว ก็ต้องทำการแปลงตัวอักษรดังกล่าวให้เป็นสายข้อมูลชนิดบิตที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ถึง 8 บิต ซึ่งเราเรียกขบวนการเปลี่ยนแปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลชนิดบิตนี้ว่า ขบวนการ Serialization จากนั้นพอร์ทก็จะทำการส่งแต่ละบิตไปยังอุปกรณ์ปลายทาง โดยจะเริ่มต้นส่งจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (least significant bit) ไปยังบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด (most significant bit)

- บิตเริ่มต้นข้อมูล(START bit)

ในการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น เราจะต้องมีวิธีการบอกพอร์ทให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นของข้อมูลที่ต้องการส่ง ดังนั้นก่อนหน้าข้อมูลในทุกๆ เฟรมจะต้องถูกนำหน้าด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล START bit เสมอ

- บิตสิ้นสุดข้อมูล (STOP bit)

ในการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น ในกรณีที่บิตเริ่มต้นข้อมูลเกิดการสูญหายในระหว่างการส่งอุปกรณ์ปลายทางก็จะไม่สามารถทราบถึงจุดสิ้นสุดของสายข้อมูลบิตได้เลย นอกเสียจากอุปกรณ์นั้นจะตรวจพบบิตเริ่มต้นข้อมูลใหม่อีกครั้งเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการเพิ่มบิตสิ้นสุดข้อมูลต่อท้ายทุกๆ ข้อมูลของแต่ละตัวอักษรเพื่อแจ้งการสิ้นสุดของสายข้อมูลบิต โดยที่การเรียงกันของบิตเริ่มต้นข้อมูล สายข้อมูล และบิตสิ้นสุดข้อมูลเรียกว่า เฟรมของข้อมูล (data frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บิตพาริตี้ (Parity bit)

เนื่องจากการส่งผ่านข้อมูลทางสายโทรศัพท์นั้น สามารถเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้มากที่สถานะของแต่ละบิตของข้อมูลที่ถูกส่งจะมีการเปลี่ยนแปลง เช่น จากบิต 0 เป็นบิต 1 เป็นต้น ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูล ด้วยเหตุนี้จึงมีการคิดค้นวิธีที่ง่ายที่สุดที่ช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของสถานะของบิตข้อมูล ซึ่งเรียกกันว่า การตรวจสอบค่าพาริตี้ (parity check) โดยในการส่งผ่านข้อมูลด้วยโปรโตคอล START/STOP นั้น ในการส่งตัวอักษรข้อความทั่วไปจะใช้เพียง 7 บิตข้อมูลเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการเพิ่มบิตพาริตี้ต่อสายเฟรมข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมา ตามที่กล่าวมาแล้วในส่วนของบิตสิ้นสุดข้อมูล เพื่อตรวจสอบสถานะของผลบวกของบิตที่เป็น 1 ของสายบิตข้อมูลของแต่ละตัวอักษร สำหรับหลักการในการคำนวณค่าของบิตพาริตี้มีดังนี้

1. ถ้าหากจำนวนของบิตที่มีค่าเท่ากับ 1 ของสายบิตข้อมูลมีค่าเป็นเลขคู่ (even number) บิตพาริตี้จะมีค่าเท่ากับ 0

2. ถ้าหากจำนวนของบิตที่มีค่าเท่ากับ 1 ของสายบิตข้อมูลมีค่าเป็นเลขคี่ (odd number) บิตพาริตี้จะมีค่าเท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

Microsoft Visual Basic

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จากอดีตที่ผ่านมาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) โดยฮาร์ดแวร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเป็นคอมพิวเตอร์ เช่น CPU ฮาร์ดดิสก์ เป็นต้น ส่วนซอฟต์แวร์นั้นเป็นชุดคำสั่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก และในปัจจุบันมีเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมอย่างมากมาย ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือต่าง ๆ นี้ ก็มีเครื่องมืออยู่อันหนึ่งที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเรียกว่า Microsoft Visual Basic 6 ที่ช่วยให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ได้หลายอย่างด้วยกัน ตั้งแต่โปรแกรมธรรมดาทั่วไป โปรแกรมเกี่ยวกับฐานข้อมูล หรือโปรแกรมทางอินเตอร์เน็ต เป็นต้น

สำหรับ VB6 เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้งานง่าน โดยการสร้างโปรแกรมใน VB6 นั้น จะเป็นการเลือกเครื่องมือต่าง ๆ มาออกแบบหน้าจอของโปรแกรมที่เราจะสร้าง ซึ่งเราเรียกการเขียนโปรแกรมลักษณะนี้ว่า Visual Programming การเขียนโปรแกรมแบบนี้ เราจะไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่าง ๆ มากนัก ก็สามารถสร้างโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสำหรับใช้งาน VB6

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน VB6 จะต้องเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ต้องมีระบบปฏิบัติการ Windows 95 หรือสูงกว่า หรือระบบปฏิบัติการ Windows NT 4.0 หรือสูงกว่า
- หน่วยประมวลผลกลางรุ่น Pentium 90 MHz หรือสูงกว่า
- พื้นที่ในฮาร์ดดิสก์อย่างน้อย 50 เมกกะไบต์
- การ์ดจอ VGA 640x480 หรือสูงกว่าที่ Windows สนับสนุน
- RAM ไม่น้อยกว่า 24 MB สำหรับ Windows 95 และ 32 MB สำหรับ Windows NT 4.0

ไฟล์ประเภทต่าง ๆ ที่มีในโปรเจ็กต์ของ VB6

โปรเจคต์เป็นไฟล์ใช้เก็บฟอร์ม และโมดูลต่าง ๆ เช่น คลาสโมดูล โมดูลของ ActiveX Controls ซึ่งในโปรเจ็กต์หนึ่งจะมีไฟล์โมดูลต่าง ๆ อยู่ได้หลายไฟล์ โดยโปรเจ็กต์ที่เราสร้างขึ้นมาจะมีไฟล์ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์กลุ่มโปรเจ็กต์	คำอธิบาย	ส่วนขยายไฟล์
ไฟล์กลุ่มโปรเจ็กต์	เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บว่ามีโปรเจ็กต์อะไรเก็บอยู่บ้าง (ต้องมากกว่า 1 โปรเจ็กต์ขึ้นไป)	.vbg
ไฟล์โปรเจ็กต์	เป็นไฟล์หลักโปรเจ็กต์ต่าง ๆ ของแอพพลิเคชั่นของเรา	.vbp
ไฟล์ของฟอร์ม	เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับฟอร์ม เช่น คอนโทรลต่าง ๆ และคำสั่งจัดการอีเวนต์สำหรับฟอร์มนั้น ๆ เป็นต้น	.frm
ไฟล์ไบนารีของฟอร์ม	เป็นไฟล์ที่เก็บคุณสมบัติที่เป็นไบนารีของฟอร์ม เช่น รูปภาพ หรือ ไอคอนเป็นต้น	.frx
ไฟล์โมดูลมาตรฐาน	ส่วนใหญ่จะใช้เก็บค่าคงที่ ตัวแปร โปรแกรมย่อยที่ให้โมดูลอื่น ๆ สามารถเรียกใช้งาน	.bas
ไฟล์คลาสโมดูล	ใช้ในการสร้างออบเจ็กต์ที่มีลักษณะต่าง ๆ ตามที่เราต้องการเองได้	.cls
ไฟล์ ActiveX Controls	จะเป็นไฟล์ของคอนโทรล ActiveX ซึ่งเป็นคอนโทรลที่สร้างขึ้นมาเองได้ และสามารถนำไปใช้ในแอพพลิเคชั่นทั่วไปที่สร้างขึ้นมาใหม่ได้	.ctl
ไฟล์ของ ActiveX Documents	จะเป็นไฟล์ของแอพพลิเคชั่น ที่สามารถนำไปแสดงในโปรแกรม เว็บบราวน์เซอร์ ได้	.dob
ไฟล์ของ Property Pages	จะเป็นไฟล์ของ Property Page ที่ใช้แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลของเรา	.pag

คอนโทรลที่สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

1. ปุ่มคำสั่ง (Command Button)

ปุ่มคำสั่งเป็นคอนโทรลที่จะทำงานตามที่เรากำหนดเมื่อมีการกดปุ่มคำสั่ง โดยเราต้องกำหนดสิ่งที่จะตอบสนองในอีเว็นต์ Click

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Caption คือ ข้อความที่ปรากฏบนปุ่มคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Enable คือ การกำหนดให้สามารถกดปุ่มคำสั่งได้ ถ้าหากกำหนดให้เป็น True จะสามารถใช้ได้ตามปกติ แต่ถ้ากำหนดเป็น False จะไม่สามาถใช้งานปุ่มคำสั่งนั้นได้ ลักษณะของปุ่มจะเป็นไปเพื่อให้เห็นว่าไม่สามารถใช้ปุ่มคำสั่งนั้นได้ในเวลานั้น

2. เท็กบ็อกซ์ (TextBox)

เท็กซ์บ็อกซ์เป็นคอนโทรลที่ใช้เพื่อให้ผู้ใช้เติม หรือแก้ไขข้อความโดยผ่านคีย์บอร์ดเข้าสู่โปรแกรม และยังประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการแสดงค่าได้ เราสามารถตอบสนองต่อข้อความที่เปลี่ยนแปลงในเท็กซ์บ็อกซ์ได้ โดยผ่านทางอีเว็นต์ Change

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Text คือข้อความที่แสดงในเท็กบ็อกซ์

- Enable คือการกำหนดให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กบ็อกซ์ได้ ถ้ากำหนดเป็น True จะสามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กบ็อกซ์ได้ แต่ถ้ากำหนดเป็น False ก็จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กบ็อกซ์ได้

3. เลเบล (Label)

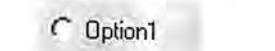
เลเบลเป็นคอนโทรลที่ใช้ในการแสดงข้อความที่เราต้องการบนฟอร์ม ซึ่งใช้อธิบายข้อมูลบางอย่างแก่ผู้ใช้ โดยผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขข้อความในเลเบลได้ในตอนรันโปรแกรม แต่สามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยใช้คำสั่งโปรแกรมตอนรัน และตอนออกแบบโปรแกรมเท่านั้น

ส่วนใหญ่เราจะใช้เลเบลในการอธิบายการทำงาน รวมทั้งแสดงสถานะบางอย่างเช่น ใช้อธิบายว่าเท็กบ็อกซ์นี้รับข้อมูลอะไร หรือใช้แสดงข้อมูล, คำอธิบายบนฟอร์ม เป็นต้น

4. ออบชั่นบัตทอน (Option Button)

คอนโทรลออบชั่นบัตทอนใช้สำหรับเป็นตัวเลือกให้แก่ผู้ใช้ โดยถ้าหากมีหลายออบชั่นบัตทอนบนฟอร์ม ผู้ใช้จะเลือกออบชั่นบัตทอนได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น ซึ่งเมื่อเราเลือกออบชั่นบัตทอนหนึ่งจะทำให้ออบชั่นบัตทอนเดิมที่เราเลือกเปลี่ยนไปเป็นไม่ถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

เราสามารถใช้คอนโทรลเฟรมในการแบ่งกลุ่มของตัวเลือกต่าง ๆ โดยที่ในแต่ละกลุ่ม ผู้ใช้จะเลือกได้เพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น



คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Value ใช้กำหนดสถานะของออบชั่นบัตทอนว่าถูกเลือกหรือไม่ ถ้าถูกเลือกจะมีค่าเป็น True ถ้าไม่ถูกเลือกจะมีค่าเป็น False

- Caption คือข้อความที่กำหนดไว้ข้างออบชั่นบัตทอนเพื่อบอกให้ผู้ใช้รู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

5. คอมโบบ็อกซ์ (ComboBox)

คอมโบบ็อกซ์เป็นคอนโทรลที่แสดงรายการให้ผู้ใช้เลือก โดยที่สามารถเลือกได้ครั้งละ 1 รายการ ถ้ารายการที่แสดงในคอมโบบ็อกซ์มีมากเกินกว่าที่แสดงได้ทั้งหมด จะมีสกอลบาร์แนวตั้งขึ้นมาให้เราเลื่อนดูรายการที่เหลือได้

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

6. ไทม์เมอร์ (Timer)

จุดประสงค์ของการใช้คอนโทรลไทม์เมอร์ คือให้มีการทำงานบางอย่างทุก ๆ ช่วงเวลาที่เรากำหนด ซึ่งจะช่วยให้การทำงานบางอย่างถูกทำแบบฉากหลังพร้อมกับมีโปรแกรมอื่นทำงาน อยู่ด้วย คอนโทรลนี้จะไม่สามารถมองเห็นได้เมื่อรันโปรแกรม (เราเรียกคอนโทรลประเภทนี้ว่า Non Visual Interface) ซึ่งก็คือจะไม่เห็นตัวคอนโทรลในขณะที่รันโปรแกรมขึ้นมา

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Interval เป็นคุณสมบัติที่บอกว่าต้องการให้เกิดอีเว็นต์ Timer เว้นช่วงเวลาห่างกันเท่าไร มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (1/1000 วินาที)

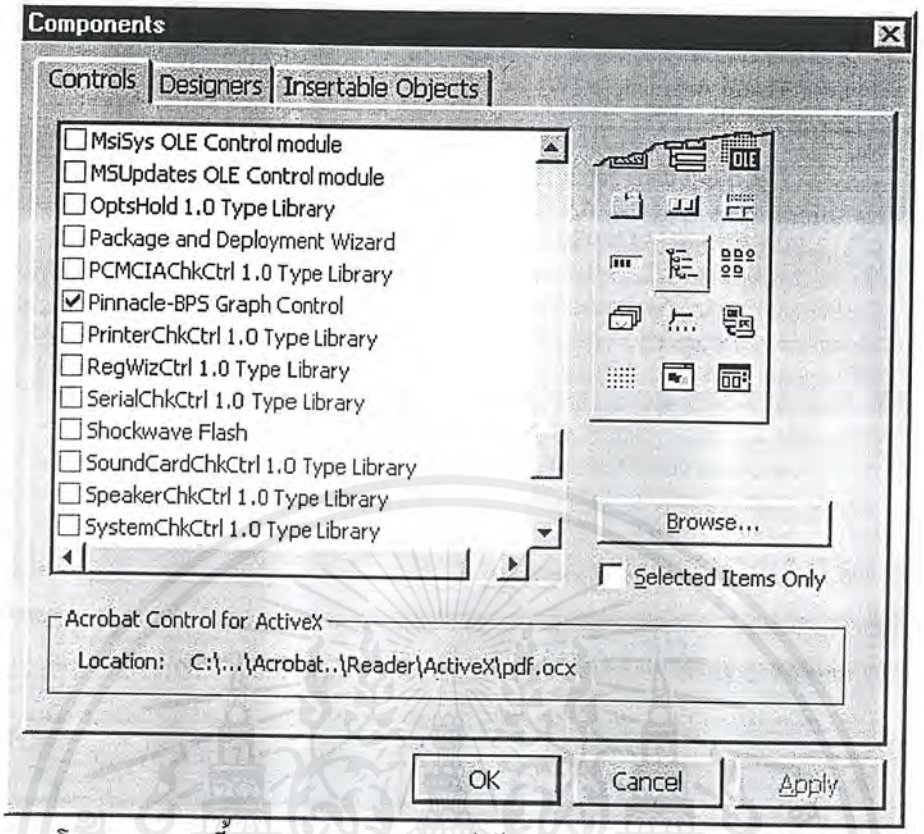
- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

7. กราฟ (Graph32.ocx)

คอนโทรลตัวนี้อยู่ใน CD แผ่นที่ 3 ของโปรแกรม Visual Studio เวอร์ชั่น 6.0 ซึ่งไฟล์นี้อยู่ในโฟลเดอร์ \COMMON\TOOLS\VB\CONTROLS ซึ่งก่อนใช้งานคอนโทรลนี้เราต้อง Register คอนโทรลนี้โดยเรียกไฟล์ VBCtrls.reg เพื่อให้สามารถนำคอนโทรลนี้มาใช้ได้

จากนั้นให้เราเพิ่มคอนโทรล Graph นี้เข้าไปในโปรเจ็กต์ผ่านทางไดอะล็อกซ์ Components ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คอนโทรล Graph นี้จะสามารถแสดงกราฟได้หลายรูปแบบ เช่น กราฟแท่ง 2,3 มิติ, กราฟวงกลม หรือ กราฟแท่งก็ได้ ในโครงงานนี้จะใช้กกราฟเส้นแสดงผล ซึ่งทำให้ดูผลได้ง่าย, ชัดเจน และ ใกล้เคียงกับสัญญาณ อินพุทมากที่สุด การกำหนดลักษณะของกราฟ ทำได้โดยผ่านทางคุณสมบัติ GraphType

คำสั่งที่สำคัญที่ใช้ในการสร้างกราฟคือ

ObjectName.ThisPoint = i

เป็นการกำหนดจุดที่ใส่ข้อมูล

ObjectName.GraphData = n

เป็นการกำหนดขข้อมูลบนแกน Y ที่ตำแหน่ง i

โดยที่ ObjectName คือ ชื่อของออบเจ็กต์กราฟ

i และ n เป็น ค่าตัวเลข

8. Internet Transfer Control

Internet Transfer Control (ITC) เป็น ActiveX Control ที่รองรับการทำงานที่มุ่งเน้นการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) และ FTP (File Transfer Protocol) เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Access Type คือชนิดของการเข้าถึงอินเตอร์เน็ตของ Internet Transfer Control

- Document คือการระบุถึงไฟล์ที่ใช้ในเมธอด Execute ถ้าไม่มีการระบุไว้ ก็จะใช้ดีฟอลต์จากเซิร์ฟเวอร์

- URL คือการระบุถึง URL (Universal Resource Locator) โดยประกอบไปด้วยชื่อโพรโตคอล (ซึ่งจะถูกใช้ในเมธอด OpenURL หรือ Execute), ชื่อเซิร์ฟเวอร์ และ ตำแหน่งที่เก็บข้อมูลในเซิร์ฟเวอร์ที่เราต้องการ

- UserName คือชื่อผู้ใช้ที่เราระบุในตอน Logon เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์ (ผู้ดูแลระบบจะกำหนดให้เรา)

- Password คือรหัสผ่านที่ใช้ในการ Logon เข้าสู่เซิร์ฟเวอร์

- Protocol คือการระบุถึงโพรโตคอลที่เราจะใช้งานด้วย ซึ่งมีทั้งโพลโตคอล HTTP, FTP และ HTTPS (Secure HTTP)

- Proxy คือการระบุชื่อของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ที่เราใช้งานอยู่ ซึ่งพรอพเพอร์ที้จะถูกใช้ต่อเมื่อเรากำหนดพรอพเพอร์ที้ Access Type เป็น icNameProxy

- RequestTimeout คือเวลาในหน่วยวินาทีที่ใช้กำหนดเวลาสูงสุดที่เราใช้ในการคอยการตอบกลับจากเซิร์ฟเวอร์

- ResponseCode คือการแสดงรหัสความผิดพลาด เมื่อสถานะของการทำงานเป็น icError

- ResponseInfo คือการแสดงข้อความอธิบายข้อผิดพลาด เมื่อสถานะของการทำงานเป็น icError

- StillExecuting คือการแสดงว่าขณะนี้ Internet Transfer Control ยุ่งอยู่หรือไม่

คำสั่งที่สำคัญของ Internet Transfer Control

OpenURL เป็นเมธอดที่ทำหน้าที่สั่งให้ ITC ทำงานกับแหล่งข้อมูลที่ได้ระบุไว้ในอาร์กิวเมนต์ URL สำหรับรูปแบบของเมธอด OpenURL มีดังนี้

Inet1.OpenURL *(URL, รูปแบบข้อมูลที่ได้รับ)*

สำหรับสิ่งที่ได้หลังจากการทำงานของเมธอดนี้คือ ข้อมูล ซึ่งอยู่ในรูปแบบตามที่เราระบุไว้ในอาร์กิวเมนต์ของเมธอดนี้

Execute เป็นเมธอดที่เราใช้สั่งงานเซิร์ฟเวอร์จากระยะไกล ซึ่งคำสั่งที่ใช้นั้นจะเป็นคำสั่งที่ใช้กันในโพรโตคอล FTP สำหรับรูปแบบของเมธอด Execute มีดังนี้

Inet.Execute *(URL, คำสั่ง)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Microsoft Comm Control

คอนโทรล MSComm (Communications) เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่ช่วยในการติดต่อกับพอร์ทอนุกรม (serial port) ซึ่งสามารถทำการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ เช่น การติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ event-driven นั่นก็คือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือการร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ กับพอร์ทอนุกรมโดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ทราบทางโพรซีเยอร์เหตุการณ์เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปของ Visual Basic นั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดจึงไม่จำเป็นต้องสร้างโพรซีเยอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆ ของพอร์ทอนุกรม ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก

การเพิ่มคอนโทรล Microsoft Comm Control ทำได้โดยเรียกหน้าต่าง Components แล้วเลือกที่ Microsoft Comm Control 6.0

คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลักๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม 3 ประการ ดังต่อไปนี้

- หมุนหมายเลขติดต่อกับโทรศัพท์ปลายทางที่กำหนด
- ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลยังพอร์ทอนุกรมโดยอัตโนมัติ
- ส่งข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ทอนุกรม

ในความเป็นจริงคอนโทรล MSComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ทอนุกรมโดยตรง แต่มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมโดยอาศัยไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปสั้นๆ ได้ว่าทุกครั้งที่มีการเรียกใช้คอนโทรล MSComm ก็หมายถึงเรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งจะถูกตีความอีกทอดหนึ่งโดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกจัดรูปแบบตามมาตรฐานการสื่อสาร (ทั้งนี้ก็ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ทอนุกรม) ให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเอง

เหตุการณ์ที่สำคัญของคอนโทรล MSComm คือ CommEvent จะรายงานเหตุการณ์ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสาร ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น รูปแบบคำสั่งคือ

object.CommEvent

คอนโทรล MSComm จะมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสารเกิดขึ้น ซึ่งค่าตัวเลขที่จำนวนเต็ม แสดงถึงข้อผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่มีการสื่อสารดังกล่าว ก็จะถูกจัดเก็บเอาไว้ในคุณสมบัติ CommEvent เสมอ ดังนั้นถ้าหากต้องการตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอบข้อผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่มีการสื่อสารภายในโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ก็ควรที่จะใช้ค่าตัวเลขจากคุณสมบัติ CommEvent ในการตรวจสอบเสมอ ซึ่งค่าตัวเลขที่รายงานโดยคุณสมบัติ CommEvent มีดังต่อไปนี้

ค่าคงที่	ค่าตัวเลข	รายละเอียด
comEventBreak	1001	ได้รับสัญญาณการหยุด (Break signal)
comEventCTSTO	1002	สายสัญญาณ Clear To Send อยู่ในสถานะ low (timeout) ในขณะที่พยายามจะส่งออกตัวอักษร
comEventDSRTO	1003	สายสัญญาณ Data Set Ready จะอยู่ในสถานะ low (timeout) ในขณะที่พยายามจะส่งออกตัวอักษร
comEventFrame	1004	เฟรมของข้อมูลไม่ถูกต้อง ซึ่งถูกตรวจพบโดยฮาร์ดแวร์
comEventOverrun	1006	เกิด Port Overrun หมายถึง มีการรับตัวอักษรตัวใหม่เข้ามาในขณะที่ตัวอักษรก่อนหน้านี้ยังไม่ถูกอ่านจากฮาร์ดแวร์ ดังนั้นจึงเกิดการสูญหายของตัวอักษร
comEventCDTO	1007	สายสัญญาณ Carrier Detect อยู่ในสถานะ low (timeout) ในขณะที่พยายามจะส่งออกตัวอักษร
comEventRxOver	1008	ReceiveBufferOverflow หมายถึงขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าข้อมูล (receive buffer) ไม่เพียงพอกับขนาดของข้อมูลที่รับเข้ามา
comEventRxParity	1009	Parity Error ซึ่งถูกตรวจพบโดยฮาร์ดแวร์
comEventTxFull	1010	Transmit Buffer Overflow หมายถึง บัฟเฟอร์ด้านส่งออกข้อมูล (transmit buffer) เต็ม ในขณะที่พยายามจัดเก็บข้อมูลใหม่ลงในบัฟเฟอร์
comEventDCB	1011	Unexpected error หมายถึง เกิดข้อผิดพลาดที่ไม่ได้ถูกนิยามเอาไว้ในขณะอ่าน Device Control Block (DCB) จากพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุการณ์ (Event)

ค่าคงที่	ค่าตัวเลข	รายละเอียด
comEvSend	1	มีจำนวนตัวอักษรในบัฟเฟอร์ด้านส่งออกข้อมูลน้อยกว่าจำนวนตัวอักษรที่กำหนดในคุณสมบัติ
comEvReceive	2	การรับเข้าจำนวนตัวอักษรที่ถูกกำหนดในคุณสมบัติ RThreshold ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกว่าผู้อ่านจะใช้คุณสมบัติ Input ในการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์สำหรับรับเข้าข้อมูล
comEvCTS	3	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Clear To Send
comEvDSR	4	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณData Set Readyซึ่งเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Data Set Ready จาก 1 เป็น 0 เท่านั้น
comEvCD	5	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Carrier Data
comEvRing	6	มีการตรวจพบการเรียกหมายเลข(สัญญาณเสียงกริ่ง) ซึ่ง UART บางตัวอาจจะไม่สนับสนุนคุณสมบัตินี้
comEvEOF	7	มีการรับตัวอักษรรหัสจุดสิ้นสุดของไฟล์ (EOF,ASCII26)

คุณสมบัติที่สำคัญ คือ

- CommPort เป็น รายงานหรือกำหนดหมายเลขของพอร์ทอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการติดต่อ สำหรับหมายเลขของพอร์ทอนุกรมสามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 1 ถึง 16 (ค่าปกติจะเท่ากับ 1) ซึ่งก่อนที่จะเปิดพอร์ทด้วยคุณสมบัติ Port Open ต้องกำหนดหมายเลขของพอร์ทอนุกรมให้กับคุณสมบัติ CommPort เสียก่อน โดยถ้าหากหมายเลขของพอร์ทอนุกรมที่กำหนดให้กับคุณสมบัติ CommPort ไม่เป็นความจริง ก็จะเกิดข้อผิดพลาด 68 (Device unavailable) ทันที ซึ่งในกรณีนี้สามารถแก้ไขได้โดยการกำหนดหมายเลขของพอร์ทอนุกรมที่ถูกต้องเสียใหม่ แล้วจึงทำการเปิดพอร์ทอนุกรมอีกครั้งด้วยคุณสมบัติ Port Open

- InBufferSize เป็น รายงานหรือกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า ซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์ (โดยปกติ 1 ไบต์จะเท่ากับ 1 ตัวอักษร) ในการเลือกขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าที่เหมาะสมนั้นในทางปฏิบัติเป็นสิ่งที่ยากมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้อมูลที่มีการส่งไปมา ในแต่ละครั้งและความเร็วของการสื่อสาร(transmission rate) ของพอร์ท ซึ่งโดยปกติโปรแกรมเมอร์โดยทั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1,024 ไบต์ (1 KB) โดยถ้าหากเกิดข้อผิดพลาด overflow ในขณะรันแอปพลิเคชัน ก็ให้ทำการเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าต่อไป

- InputMode คือ การกำหนดชนิดของข้อมูลที่จะถูกอ่านโดยคุณสมบัติ Input จากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า โดย comInputModeText เป็นข้อมูลชนิดข้อความทั่วไป (default) และ comInputModeBinary เป็นข้อมูลชนิดไบนารี

การกำหนดชนิดของข้อมูลที่จะถูกอ่านโดยคุณสมบัติ Input ก็ขึ้นกับลักษณะของงานที่กำลังควบคุม โดยปกติถ้าหากข้อมูลชนิดตัวอักษร ANSI ทั่วไป ก็จะกำหนดให้เป็นข้อมูลชนิดข้อความ (comInputModeText) แต่ถ้าหากเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยตัวอะกษรควบคุม (แอสกีตั้งแต่ 0 ถึง 31) ก็จะกำหนดให้เป็นข้อมูลชนิดไบนารี (comInputModeBinary)

- OutBufferSize เป็นการกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ด้านส่งออกซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์(โดยปกติ 1 ไบต์จะเท่ากับ 1 ตัวอักษร) ปกติซอฟแวร์จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 512 ไบต์

ในการเลือกขนาดของบัฟเฟอร์ด้านส่งออกที่เหมาะสมนั้น ในทางปฏิบัติเป็นสิ่งที่ยากมากเช่นกัน ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้อมูลที่มีการส่งไปมา ในแต่ละครั้งและความเร็วของการสื่อสารของพอร์ท ซึ่งโดยปกติโปรแกรมเมอร์โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 512 ไบต์ โดยถ้าหากเกิดข้อผิดพลาด overflow ในขณะรันแอปพลิเคชัน ก็ให้ทำการเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าต่อไป

- RThreshold คือการกำหนดจำนวนตัวอักษรที่จะรับเข้าก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvReceive และมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm

ถ้าหากคุณสมบัติ RThreshold มีค่าเท่ากับ 0 (default) ก็จะเป็นการยกเลิกการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm เมื่อมีการรับเข้าตัวอักษรมายังบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า และในทางกลับกันถ้าหากคุณสมบัติ RThreshold มีค่าเท่ากับ 1 ก็จะมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ทุกครั้งที่มีการรับเข้าตัวอักษรมายังบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า

- Setting คือกการกำหนดพารามิเตอร์ในการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม การกำหนดพารามิเตอร์ในการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรมดังต่อไปนี้

รูปแบบของการกำหนดลำดับขอบพารามิเตอร์ในการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม สำหรับคุณสมบัติ Setting จะต้องเรียงลำดับดังนี้ “BBBB,P,D,S” (โดยปกติทั่วๆ ไปจะมีค่าเท่ากับ “9600,N,8,1”) เพราะถ้าหากลำดับไม่ถูกต้องก็จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดหมายเลข 380 (Invalid property value) ทันที ซึ่งสัญลักษณ์แต่ละตัวมีความหมายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BBBB คือ ความเร็วของการส่งถ่ายข้อมูลในหน่วยของ baud rate ซึ่งในทางปฏิบัติ 1 baud rate อาจจะมีค่าเท่ากับ 1 bps (bit per second) หรือมากกว่าก็ได้ สำหรับค่าของ baud rate ที่คอนโทรล MSComm สามารถรับได้มีค่าดังต่อไปนี้ 110, 300, 600, 1200, 2400, 9600(default), 14400, 19200, 28800, 38400(reserved), 56000(reserved), 128000(reserved) หรือ 256000(reserved)

P คือ บิตพาริตี้(parity bit) สำหรับใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยกำหนด E คือ Even Parity, M คือ Mark Parity, N คือ None (Default), O คือ Odd Parity, และ S คือ Space

D คือ ขนาดของบิตข้อมูล ซึ่งสามารถกำหนดได้เป็น 4,5,6,7 หรือ 8 (default)

S คือ ขนาดของบิตหยุด (stop bit) ซึ่งสามารถกำหนดได้เป็น 1 (default), 1.5 หรือ 2

- SThreshold เป็นการกำหนดจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุดที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ก่อนที่คอนโทรล MSCommจะกำหนดให้คุณสมบัติCommEventมีค่าเท่ากับcomEvSendและมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm

ถ้าหากคุณสมบัติ SThreshold มีค่าเท่ากับ 0 (default) ก็จะเป็นการยกเลิกการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm เมื่อมีการส่งออกตัวอักษรไปยังบัฟเฟอร์ด้านส่งออก และในทางกลับกัน ถ้าหากคุณสมบัติ SThreshold มีค่าเท่ากับ 1 ก็จะมีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm เมื่อบัฟเฟอร์ด้านส่งออกว่าง

โดยถ้าหากจำนวนของตัวอักษรในบัฟเฟอร์ด้านส่งออกน้อยกว่าค่าตัวเลขที่กำหนด คุณสมบัติ CommEvent ก็จะมีค่าเท่ากับ comEvSend และพร้อมทั้งเกิดการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm ทันที เช่น สมมติให้คุณสมบัติ SThreshold มีค่าเท่ากับ 10 และถ้าหากจำนวนตัวอักษรในบัฟเฟอร์ด้าส่งออกลดลงจาก 10 เป็น 9 ก็จะเกิดเหตุการณ์ OnComm ทันที เป็นต้น

คำสั่งที่สำคัญคือ

- PortOpen คือการกำหนดสถานะการเปิด(open) หรือปิด(close) ของพอร์ทอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ รูปแบบการใช้งานคือ

object.PortOpen[=boolean]

boolean หมายถึง ข้อมูลชนิดบูลีน ที่กำหนดสถานะของพอร์ทอนุกรม ดังต่อไปนี้

True หมายถึง พอร์ทอนุกรมถูกเปิด

False หมายถึง พอร์ทอนุกรมถูกปิด (default)

พอร์ทอนุกรมถูกปิดโดยอัตโนมัติโดยคอนโทรล MSComm เมื่อแอปพลิเคชันสิ้นสุดการทำงาน โดยถ้าหากหมายเลขของพอร์ทอนุกรมที่กำหนดให้เปิดไม่มีการติดตั้งอยู่จริง ก็จะเกิดข้อผิดพลาดหมายเลข 68 (Device unavailable) ทันที

- Input เป็นการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ พร้อมทั้งลบข้อมูลในบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าทิ้ง ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น รูปแบบการใช้งานคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

object.Input

ทุกครั้งที่มีการใช้คุณสมบัติ Input ในการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้านั้น จำนวนของตัวอักษรที่อ่านได้จะถูกกำหนดลงในคุณสมบัติ InputLen ทันทีซึ่งถ้าหากกำหนดให้คุณสมบัติ InputLen มีค่าเท่ากับ 0 ก็จะหมายถึงการกำหนดให้คุณสมบัติ Input อ่านข้อมูลทั้งหมดจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้านั่นเองซึ่งชนิดของข้อมูลที่อ่านโดยคุณสมบัติ Input จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode

- Output คือการส่งข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น รูปแบบการใช้งานคือ

object.Output [=value]

สำหรับชนิดของข้อมูลที่ถูกส่งโดยคุณสมบัติ Output จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

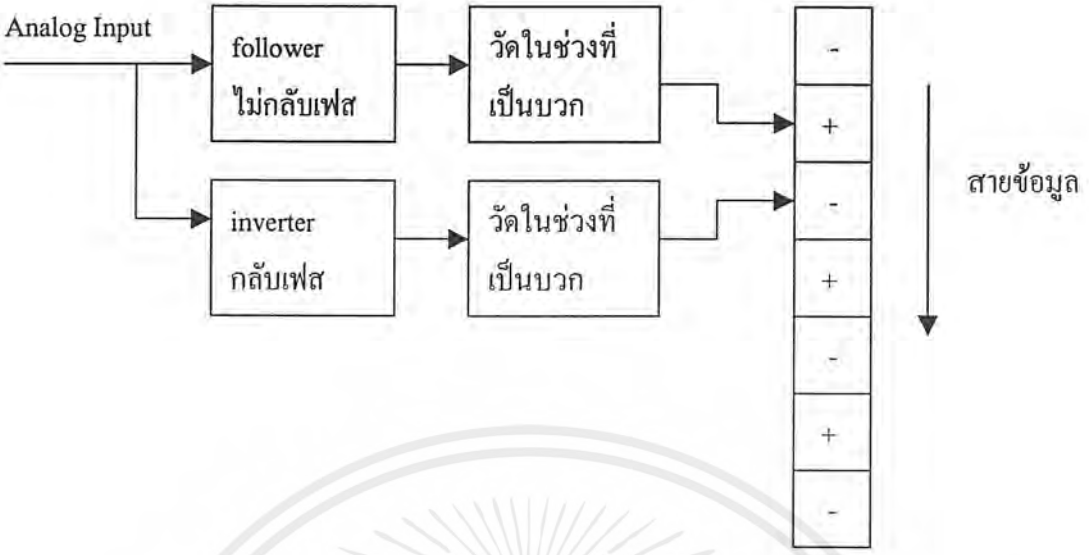
บทที่ 5
หลักการทำงานของชุดอ่านสัญญาณ

หน้าที่หลักของชุดอ่านสัญญาณคือ รอรับคำสั่งจากโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ เมื่อได้รับคำสั่งแล้วจะทำการสุ่มแปลงสัญญาณเป็นช่วง ๆ เก็บค่าเป็นข้อมูลดิจิตอล 8 บิตเป็นชุด ขนาดชุดละ 66 ไบต์ แล้วส่งคืนให้กับเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรม เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับข้อมูลมาแล้ว จะนำข้อมูลไบนารี่ที่ได้มาเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันตามช่วงของแรงดันอ้างอิงของ ADC แล้วแสดงผลเป็นกราฟให้กับผู้ควบคุมเครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้เห็น และในขณะเดียวกันก็ทำทำการเขียนไฟล์ที่เป็นข้อมูลที่อ่านมาได้ลงบนดิสก์ ในที่ ๆ สามารถเข้าถึงโดยเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ได้

การวัดสัญญาณอินพุทจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่วัดซีกบวก และส่วนที่วัดซีกลบ ทั้งสองส่วนจะทำงานเหมือนกัน แต่มีส่วนของอินพุทที่ไม่เหมือนกัน คือส่วนที่วัดซีกบวกจะใช้ออบแอมป์ต่อเป็น voltage follower ไม่กลับเฟส เป็นอินพุทให้กับ ADC ชุดแรกทำการวัดเฉพาะซีกบวก และตัดช่วงซีกลบออก และในส่วนที่วัดซีกลบจะใช้ op-amp ต่อเป็น inverter กลับเฟส โดยจะวัดส่วนซีกลบในขณะที่เป็นบวก ดังนั้น ADC ทั้งสองจะมีอนาลอกอินพุทเป็น บวกทั้งคู่ แต่เราจะมองว่า ค่าจาก ADC ชุดที่สองเป็นค่าลบ

การวัดสัญญาณโดยสมบูรณ์นั้นจะทำการวัดส่วนบวกและลบสลับกันไป โดยถ้าสัญญาณที่เข้า ADC ช่วงบวกเป็นลบ ADC ก็จะให้ดิจิตอลเอาท์พุทเป็น 00H ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์โวลท์หมายความว่า ADC ช่วงบวกจะไม่สามารถรับรู้ถึงรูปคลื่นในส่วนลบได้ และในทำนองเดียวกัน ADC ในช่วงลบก็ไม่สามารถรับรู้รูปคลื่นในช่วงบวกได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้าที่หลักของโปรแกรมด้านเซิร์ฟเวอร์คือ ส่งสัญญาณให้ชุดอ่านสัญญาณเริ่มต้นอ่านสัญญาณในช่วงเวลาหนึ่งจนครบตามจำนวนที่กำหนดเป็นกรอบข้อมูลในที่นี้ใช้ ขนาด 66 ไบต์ และเมื่อได้รับการตอบกลับจากชุดอ่านสัญญาณ ก็จะอ่านข้อมูลในบัฟเฟอร์เข้าไปในโปรแกรมจำนวน 66 ไบต์ ค่าที่ได้จะเป็นค่าแบบไบนารี่ ซึ่งมีค่า ตั้งแต่ 00h จนถึง FFh นำค่าที่ได้มาแปลงเป็นค่าแรงดัน 0 ถึง 5000 มิลลิโวลท์ (ตามค่าของแรงดันอ้างอิงของ ADC) ตามสมการ

$$V = B = (((B - 0) * 5000) / 255)$$

โดย V คือค่าแรงดันที่แปลงได้ ในช่วง 0 – 5000 มิลลิโวลท์

B คือค่าไบนารี่ที่รับมาจากชุดวัดสัญญาณ

ค่าที่ได้เป็นค่าบวกทั้งหมด แต่โปรแกรมจะเข้าใจว่าค่าที่ได้เป็นค่าบวกสลับกับค่าลบ โดยที่ลำดับที่เป็นคู่ (0, 2, 4 ...) เป็นค่าของ ADC ตัวแรกที่วัดค่าช่วงบวก ถ้าเป็นศูนย์แสดงว่าตำแหน่งนั้นเป็นค่าลบให้ทำการประมาณค่า โดยนำเอาค่าข้างเคียงทั้งสองมาประมาณค่า

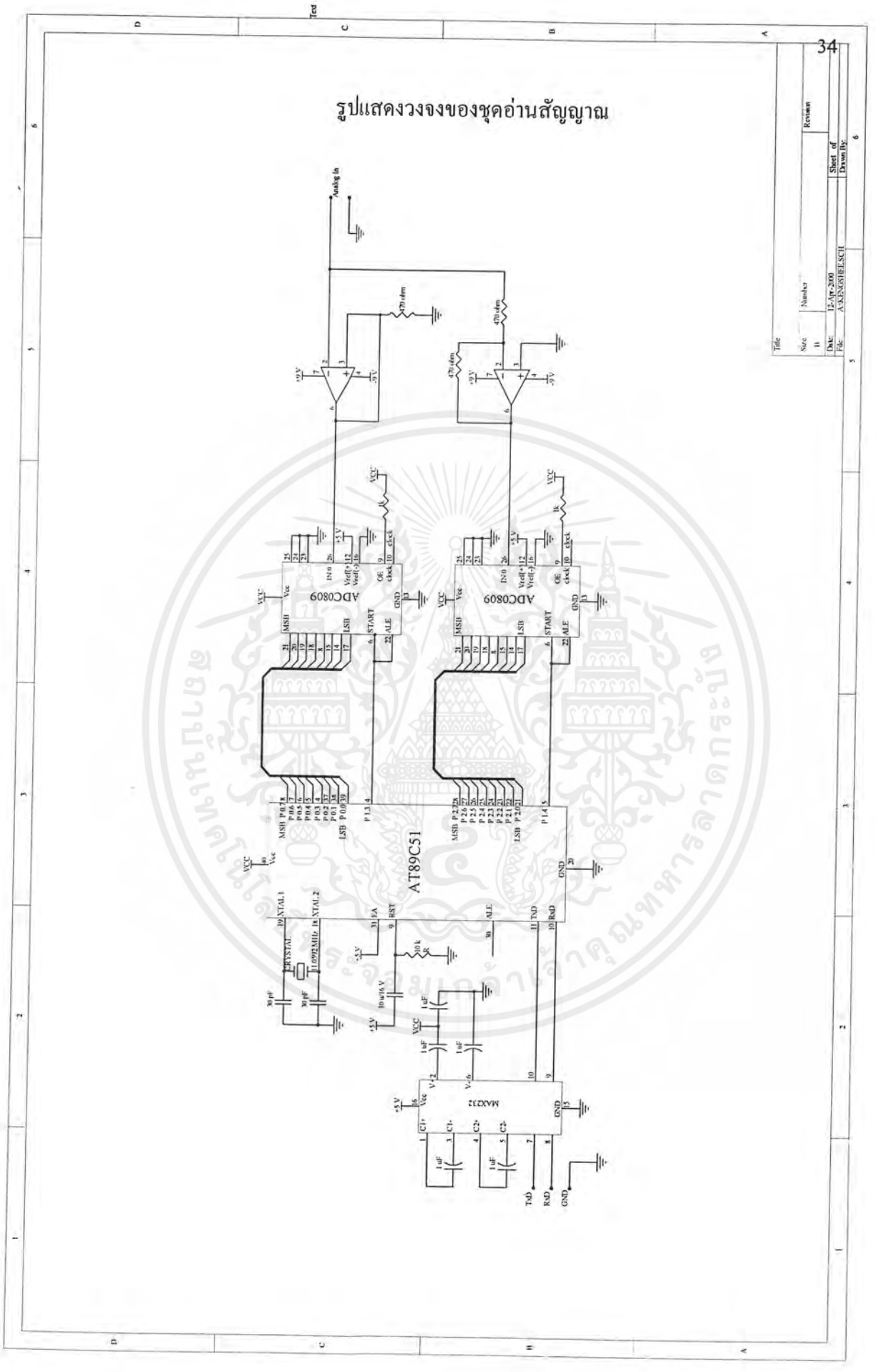
$$V(i) = (V(i-1) + V(i+1)) /2$$

โดยที่ i เป็นตัวชี้ตำแหน่งลำดับที่ของข้อมูล (index)

และลำดับที่เป็นคี่ (1, 3, 5, ...) เป็นค่าของ ADC ตัวที่สองที่วัดค่าช่วงลบ ถ้าเป็นศูนย์แสดงว่าตำแหน่งนั้นเป็นค่าบวกให้ทำการประมาณค่า โดยนำเอาค่าข้างเคียงทั้งสองมาประมาณค่าเช่นเดียวกันกับข้างต้น

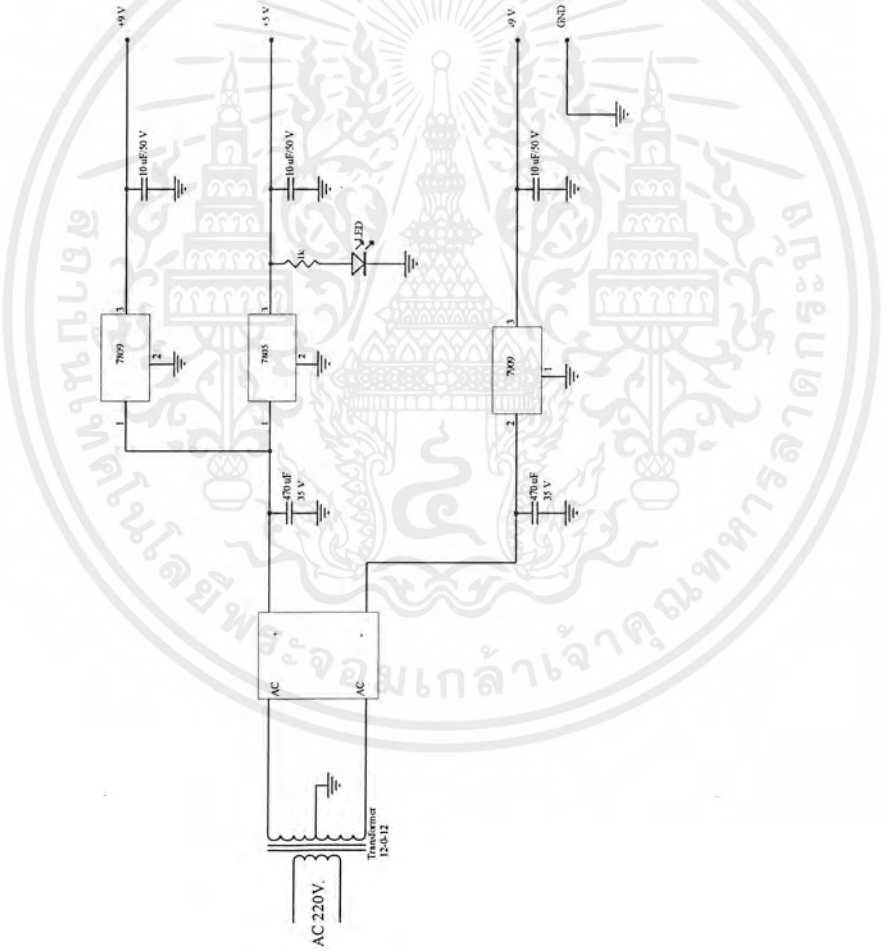
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงวงจงของชุดอ่านสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงวงจรจ่ายไฟให้กับชุดอ่านสัญญาณ



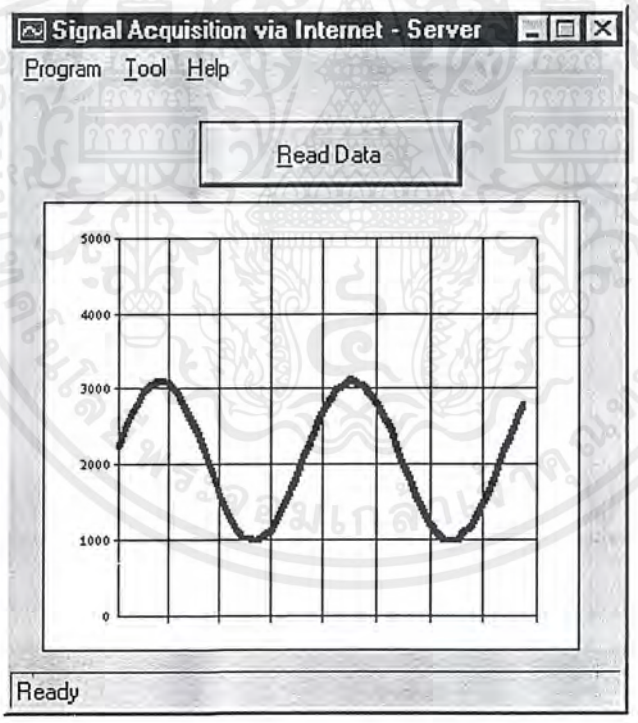
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การติดตั้งและใช้งานโปรแกรมด้านเซิร์ฟเวอร์

เครื่องที่จะสามารถติดตั้งชุด Signal Acquisition via Internet (Server Side) ได้จะต้องมีพอร์ทอนุกรมว่าง 1 พอร์ท ระบบปฏิบัติการที่ใช้เป็น windows 95/98 พร้อมทั้งติดตั้งโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ด้วยสำหรับ windows 95/98 ใช้ PWS 4.0 (Personal Web Server) ของค่าย Microsoft เป็นเซิร์ฟเวอร์ และต้องมีระบบเน็ตเวิร์คสนับสนุนด้วย

ชุดติดตั้งโปรแกรม Signal Acquisition via Internet (Server Side) มี 3 ไฟล์ ด้วยกันคือ Setup.exe, Setup.lst, SIIServ.cab ให้ ดับเบิ้ลคลิก ที่ไฟล์ setup.exe ในหน้าต่าง Windows โปรแกรมจะถูกติดตั้งให้โดยอัตโนมัติ สามารถเรียกใช้โปรแกรมโปรแกรมนี้ได้จาก Program Group ชื่อ Signal Acquisition via Internet (Server Side) ได้เช่นเดียวกับโปรแกรมทั่วไป

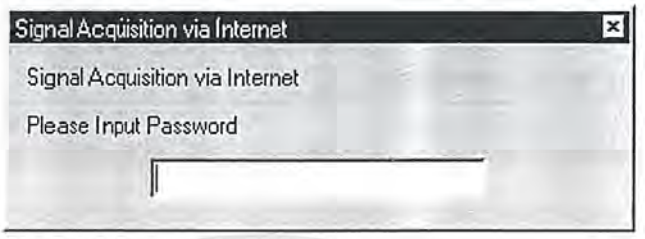
โปรแกรมจะมีลักษณะดังรูป



การติดตั้งชุดอ่านสัญญาณทำได้โดยง่ายเพียงนำปลั๊ก DB-25 ต่อเข้ากับพอร์ท ด้านหลังเครื่องคอมพิวเตอร์ และเสียบปลั๊กไฟของชุดอ่านสัญญาณให้เรียบร้อย เมื่อเปิดสวิทช์จะเห็นไฟแสดงการทำงานสว่างขึ้น นำสายสัญญาณที่ต้องการวัดต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ และต่อกราวน์ของวงจรให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงานแล้ว โปรแกรมจะขึ้นไดอะล็อกบ็อกให้ใส่รหัสผ่านก่อนเข้าใช้งานโปรแกรม รหัสผ่านนี้ไม่สามารถแปลี่ยนแปลงได้โดยผู้ใช้งาน แต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยแก้ไขโค้ดของโปรแกรม Visual Basic ในฟอร์มที่ชื่อ FormPassword แล้ว compile ใหม่ ในโครงงานนี้ได้ตั้งรหัสผ่านไว้คือ "instrument"



การใช้งานโปรแกรม ทำได้โดยกดที่ปุ่ม Read Data แล้วรอสักครู่ถ้าไม่มีอะไรผิดพลาด จะขึ้นเป็นรูปกราฟตามสัญญาณที่อินพุทเข้ามา และที่ Status Bar จะแสดงข้อความว่า Ready

ความหมายของข้อความต่าง ๆ ที่แสดงที่ Status Bar

1. Please Wait ... Loading หมายถึง กำลังเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงาน

2. Ready หมายถึง สถานะพร้อมที่จะทำงานตามคำสั่งต่อไป

3. Retrieve Data หมายถึง โปรแกรมได้ส่งคำร้องขอข้อมูลไปให้ชุดอ่านสัญญาณแล้ว และกำลังรอรับข้อมูลอยู่

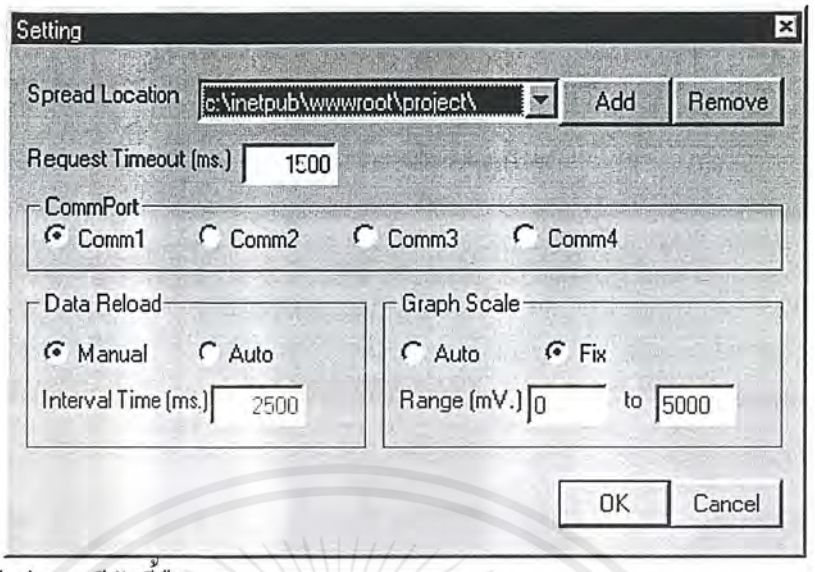
4. Please Wait ... Creating Graph หมายถึง โปรแกรมได้รับข้อมูลแล้ว และกำลังนำข้อมูลมาสร้างเป็นกราฟ

5. Request Time Out หมายถึง โปรแกรมไม่ได้รับข้อมูลจากชุดอ่านสัญญาณ หลังจากได้ส่งคำร้องขอไปแล้วนานเกินกว่าค่า Interval เมื่อ Status Bar ขึ้นว่า Request Time Out แล้วจะตัดการติดต่อกับชุดอ่านสัญญาณทันที หาก Status Bar แสดงข้อความเช่นนี้ ให้ทำการตรวจสอบสายสัญญาณและสายไฟฟ้าของชุดอ่านสัญญาณ แล้วจึงกดปุ่ม Read Data อีกครั้ง แต่ถ้ากำหนดค่า Reload Data เป็น Auto โปรแกรมจะตรวจสอบความพร้อมของชุดอ่านสัญญาณให้โดยอัตโนมัติ

6. Error to write file, Spread Location Not Valid หมายถึง โปรแกรมไม่สามารถเขียนไฟล์ลงบนดิสก์ได้ เนื่องจากกำหนด path ของ Spread Location ไม่ถูกต้องให้เข้าไปแก้ใน Setting โดยกดที่ menu Tool → Setting

โปรแกรม Signal Acquisition via Internet (Server Side) สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ได้โดย click ที่ Program Menu Tool → Setting จะขึ้นหน้าจอ setting ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายละเอียดของค่าต่าง ๆ มีดังนี้คือ

1. Spread Location คือ directory ที่เป็นที่สำหรับเซฟไฟล์ข้อมูล เพื่อให้เครื่อง ไคล์เอนท์มาเรียกไปแสดงเป็นกราฟ โดย directory นี้จะต้องเป็นพื้นที่ของเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถเรียกดูจากเครื่องอื่นได้ โดยปกติ PWS จะกำหนดเป็น C:\Inetpub\wwwroot\ ภายใต้ directory นี้ทั้งหมดจะสามารถเรียกโดยใช้ บราวน์เซอร์ หรือ ITC ของ VB6 ได้

การเปลี่ยน path ทำได้โดยการ click ที่ปุ่ม Add จะขึ้น dialog box ให้ใส่ path และต้องลงท้ายด้วยเครื่องหมาย back slash (“\”) เสมอ แล้วกดปุ่ม OK การลบ path ทำได้โดยการเลือก path ในช่องSpread Location แล้วกดปุ่ม Remove โปรแกรมจะลบ path ให้ แล้วเลื่อน path อันต่อไปขึ้นมาแทนที่

2. Time Out คือ เวลาสูงสุดที่ที่ให้โปรแกรมรอรับสัญญาณจากชุดอ่านสัญญาณหลังจากที่โปรแกรมส่งสัญญาณร้องขอข้อมูลไปให้ชุดอ่านสัญญาณแล้ว หน่วยของ Time Out เป็น มิลลิวินาที

3. CommPort หรือ Communication Port คือ พอร์ทอนุกรมที่โปรแกรมใช้ติดต่อกับชุดอ่านสัญญาณ

4. Data Reload สามารถกำหนดได้ 2 อย่างคือ Manual กับ Auto ถ้ากำหนดเป็น Manual จะไม่ต้องกำหนดค่า Interval Time และในแต่ละครั้งที่ต้องการข้อมูลใหม่ ต้องกดที่ปุ่ม Read Data จึงจะได้ข้อมูลชุดใหม่มาจากชุดอ่านสัญญาณ แต่ถ้ากำหนดเป็น Auto จะไม่ต้องกดปุ่ม Read Data เพื่ออ่านข้อมูลใหม่ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลใหม่ให้โดยอัตโนมัติ โดยช่วงเวลาที่จะอ่านใหม่ในแต่ละครั้งกำหนดโดยค่า Interval Time

5. Interval Time คือ ช่วงเวลาที่จะให้โปรแกรมอ่านข้อมูลชุดใหม่จากชุดอ่านสัญญาณ เมื่อกำหนด Data Reload เป็น Auto หน่วยของ Interval Time เป็น มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Graph Scale สามารถกำหนดได้ 2 อย่างคือ Auto กับ Fix ถ้ากำหนดเป็น Auto โปรแกรมจะแสดงสเกลของกราฟโดยอัตโนมัติ โดยโปรแกรมจะพิจารณาค่าสูงสุดและต่ำสุดของกราฟจากค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลที่ได้ ถ้ากำหนดเป็น Fix จะสามารถกำหนด Range สูงสุดและต่ำสุดเองได้

7. Range คือ ช่วงสูงสุด และ ต่ำสุดของกราฟที่จะให้แสดงผล ถ้ากำหนดกว้างเกินไป จะเห็นเส้นกราฟไม่ชัด แต่ถ้ากำหนดแคบเกินไป เส้นกราฟอาจอยู่นอกเหนือรูปกราฟได้ หรือถ้ากำหนดช่วงไม่ถูกต้องอาจมองไม่เห็นรูปกราฟเลย

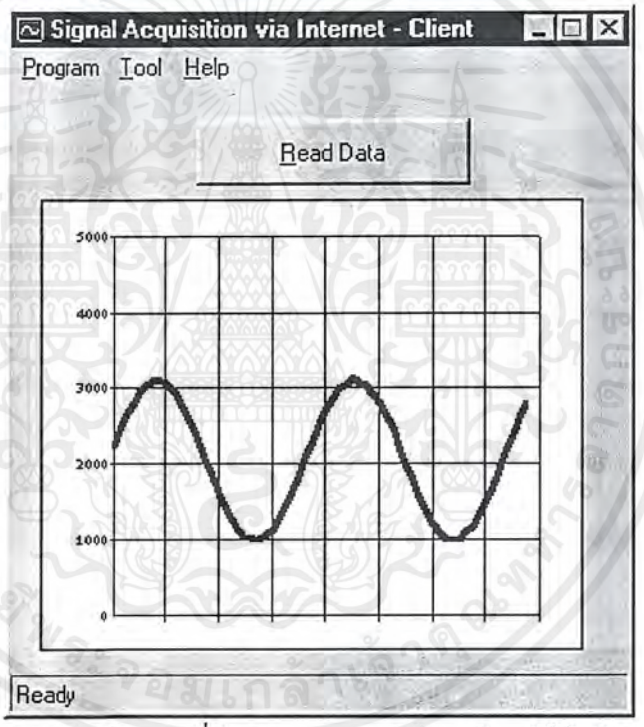
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การติดตั้งและใช้งานโปรแกรมด้านไคล์เอนท์

เครื่องที่จะสามารถติดตั้งชุด Signal Acquisition via Internet (client Side) ได้จะต้องมีระบบปฏิบัติการ windows 95/98 และต้องติดตั้งระบบ network ไว้ด้วยเรียบร้อยแล้ว

ชุดติดตั้งโปรแกรม Signal Acquisition via Internet (client Side) มี 3 ไฟล์ ด้วยกันคือ Setup.exe, Setup.lst, SIICli.cab ให้ double click ที่ไฟล์ setup.exe ในหน้าต่าง Windows โปรแกรมจะถูกติดตั้งให้โดยอัตโนมัติ สามารถเรียกใช้โปรแกรมนี้ได้จาก Program Group ชื่อ Signal Acquisition via Internet (client Side) ได้เช่นเดียวกับโปรแกรมทั่วไป

โปรแกรมจะมีลักษณะดังรูป



การใช้งานโปรแกรม ทำได้โดยกดที่ปุ่ม Read Data แล้วรอสักครู่ถ้าไม่มีอะไรผิดพลาด จะขึ้นเป็นรูปกราฟตามสัญญาณที่อินพุทเข้ามา และที่ Status Bar จะแสดงข้อความว่า Ready

ความหมายของข้อความต่าง ๆ ที่แสดงที่ Status Bar

1. Please Wait ... Loading หมายถึง กำลังเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงาน

2. Ready หมายถึง สถานะพร้อมที่จะทำงานตามคำสั่งต่อไป

3. Retrieve respond from server หมายถึง โปรแกรมได้ส่งคำร้องขอข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์แล้ว และกำลังรอรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

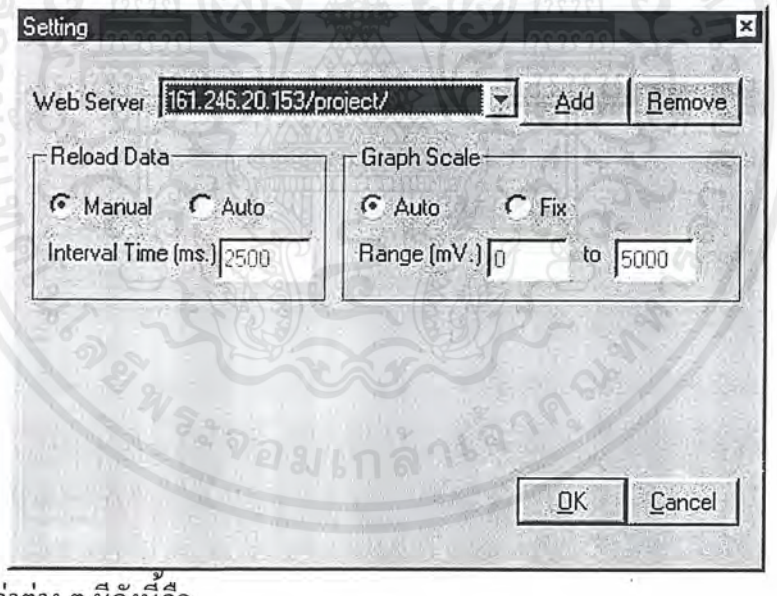
4. Connecting site error หมายถึง การติดต่อกับ เซิร์ฟเวอร์ มีความผิดพลาดเกิดขึ้น อาจเกิดจากการระบุค่าในเว็บเซิร์ฟเวอร์ (อยู่ใน setting) ไม่ถูกต้อง เช่น path ไม่ถูกต้อง ให้กำหนด path ใหม่ให้ตรงกับ Spread Location ของ โปรแกรมทางด้าน เซิร์ฟเวอร์ หรือ อาจเกิดจากภายในเซิร์ฟเวอร์ มีปัญหา (Error 500 Internal Server Error) ให้ทำการแก้ไขที่ด้าน เซิร์ฟเวอร์

5. Server not found หมายถึง ชื่อหรือ IP Address ที่ระบุในช่อง web server ไม่ถูกต้องทำให้โปรแกรมไม่พบ เซิร์ฟเวอร์ ที่มีชื่อ หรือ IP Address ตามที่กำหนด ให้แก้ไข ชื่อ หรือ IP Address ให้ถูกต้อง

6. Please wait ... Downloading หมายถึง โปรแกรมได้ส่งคำร้องขอข้อมูลไปยัง เซิร์ฟเวอร์แล้ว และกำลังรอข้อมูลตอบกลับ

7. Please wait ... Creating Graph หมายถึง โปรแกรมได้รับข้อมูลตอบกลับแล้ว และกำลังนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ

โปรแกรม Signal Acquisition via Internet (client Side) สามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ได้โดย click ที่ Program Menu Tool → Setting จะขึ้นหน้าจอ setting ดังรูป



รายละเอียดของค่าต่าง ๆ มีดังนี้คือ

1. Web Server คือ path ที่โปรแกรมทางด้านเซิร์ฟเวอร์ได้เซฟไฟล์ข้อมูลไว้ การเปลี่ยน path ทำได้โดยการ click ที่ปุ่ม Add จะขึ้น dialog box ให้ใส่ URL พร้อมด้วย path และต้องลงท้ายด้วยเครื่องหมาย back slash ("\") เสมอ แล้วกดปุ่ม OK การลบ path ทำได้โดยการเลือก path ในช่อง Web Server แล้วกดปุ่ม Remove โปรแกรมจะลบ path ให้ แล้วเลื่อน path อันต่อไปขึ้นมาแทนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Reload Data สามารถกำหนดได้ 2 อย่างคือ Manual กับ Auto ถ้ากำหนดเป็น Manual จะไม่ต้องกำหนดค่า Interval Time และในแต่ละครั้งที่ต้องการข้อมูลใหม่ ต้องกดที่ปุ่ม Read Data จึงจะได้ข้อมูลชุดใหม่มาจาก เซิร์ฟเวอร์ แต่ถ้ากำหนดเป็น Auto จะไม่ต้องกดปุ่ม Read Data เพื่ออ่านข้อมูลใหม่ โปรแกรมจะอ่านข้อมูลใหม่ให้โดยอัตโนมัติ โดยช่วงเวลาที่จะอ่านใหม่ในแต่ละครั้งกำหนดโดยค่า Interval

3. Interval Time คือ ช่วงเวลาที่จะให้โปรแกรมอ่านข้อมูลชุดใหม่จาก เซิร์ฟเวอร์ เมื่อกำหนด Data Reload เป็น Auto หน่วยของ Interval Time เป็น มิลลิวินาที

4. Graph Scale สามารถกำหนดได้ 2 อย่างคือ Auto กับ Fix ถ้ากำหนดเป็น Auto โปรแกรมจะแสดงสเกลของกราฟโดยอัตโนมัติ โดยโปรแกรมจะพิจารณาค่าสูงสุดและต่ำสุดของกราฟจากค่าสูงสุดและต่ำสุดของข้อมูลที่ได้ ถ้ากำหนดเป็น Fix จะสามารถกำหนด Range สูงสุดและต่ำสุดเองได้

5. Range คือ ช่วงสูงสุด และ ต่ำสุดของกราฟที่จะให้แสดงผล ถ้ากำหนดกว้างเกินไป จะเห็นเส้นกราฟไม่ชัด แต่ถ้ากำหนดแคบเกินไป เส้นกราฟอาจอยู่นอกเหนือรูปกราฟได้ หรือถ้ากำหนดช่วงไม่ถูกต้องอาจมองไม่เห็นรูปกราฟเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
การเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางเว็บบราวน์เซอร์

การจะเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางโฮมเพจของเซิร์ฟเวอร์ได้นั้นจะต้องเตรียมความพร้อมของทั้งทางเซิร์ฟเวอร์และไคล์เอนท์ด้วย โดยต้องเตรียมโปรแกรมดังนี้

1. ทางด้านเซิร์ฟเวอร์

1.1 ติดตั้งโปรแกรม Signal Acquisition via Internet (client Side) ไว้ที่พื้นที่ของเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สามารถเรียกดูจากเครื่องอื่นได้ โดยปกติ PWS จะกำหนดเป็น C:\Inetpub\wwwroot\ ภายใต้ directory นี้จะสร้างเป็น directory ย่อย ๆ อีกก็ได้ และโปรแกรม จะติดตั้งอยู่ใน directory ใดก็ได้ภายใต้ directory นี้

1.2 เขียนโฮมเพจไว้ในที่ ๆ สามารถให้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นเรียกดูได้ โดยปกติจะเป็น C:\Inetpub\wwwroot\ โดยที่ชื่อไฟล์อาจเป็น Default.htm, Default.asp, Default.html หรืออื่น ๆ ตามที่ระบุในโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยมีโค้ดสำหรับเชื่อมไปยังตัวโปรแกรม เช่น

Signal Instrument on Internet

2. ทางด้านไคล์เอนท์

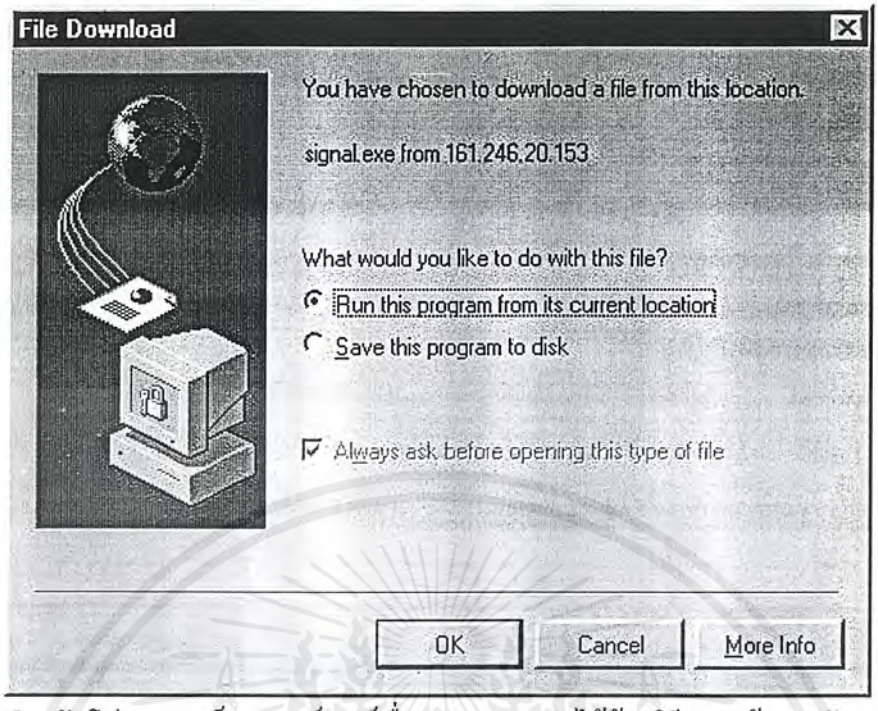
การเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางโฮมเพจนั้นทำทำการเรียกใช้เฉพาะ Execute Program ของทางด้านเซิร์ฟเวอร์ แต่โปรแกรมจะหา object control ต่าง ๆ จากเครื่องของไคล์เอนท์หากเครื่องไคล์เอนท์ไม่มี object control นั้นก็ไม่สามารถเรียกใช้โปรแกรมได้การจะมี object control ที่จำเป็นสำหรับการเรียกใช้โปรแกรมได้นั้น สามารถเป็นไปได้ 2 ทางดังนี้

2.1 ต้องติดตั้งหรือเคยติดตั้งโปรแกรม Visual Basic 6.0 มาก่อน

2.2 ต้องติดตั้งหรือเคยติดตั้งโปรแกรม Signal Acquisition via Internet (client side) มาก่อน

การเรียกใช้โปรแกรมผ่านทางโฮมเพจ ทำได้โดยใช้เว็บบราวน์เซอร์เรียกโฮมเพจของด้านเซิร์ฟเวอร์ขึ้นมาและคลิกไปที่ลิงค์หน้าจอจะขึ้น dialog box มาให้เลือกทำการเรียกใช้โปรแกรมเลยโดยไม่ต้อง save ลงบนดิสก์ dialog box ของ Internet Explorer 5.0 จะเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สำหรับโปรแกรม เว็บบราวน์เซอร์ อื่น ๆ สามารถทำได้ด้วยวิธีการคล้าย ๆ กัน เมื่อกดปุ่ม OK แล้วจะสามารถเรียกใช้โปรแกรมได้ โดยอาจต้องรอเล็กน้อยสำหรับการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
ผลการทดลอง

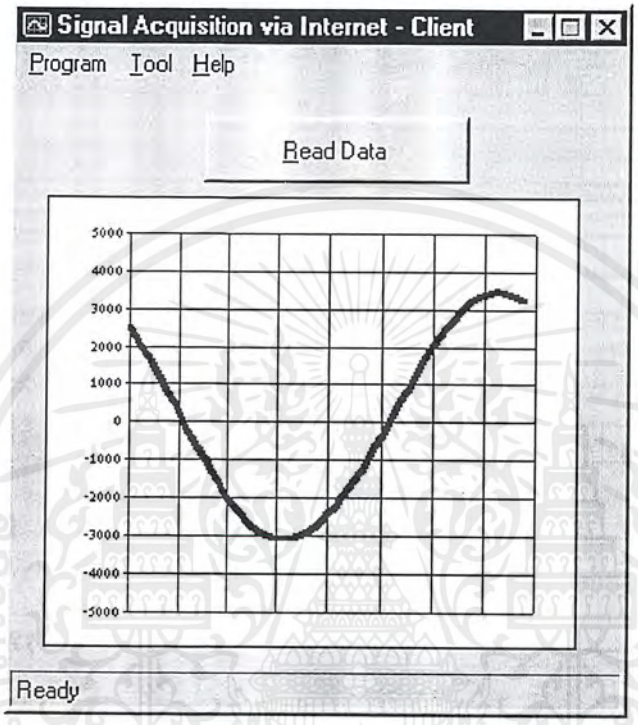
ในส่วนของการทดลองนี้จะแสดงให้เห็นภาพจริงจากออสซิลโลสโคป เปรียบเทียบกับรูปที่วัดได้ที่หน้าจอของโปรแกรม โดยที่ในแนวนอนแต่ละช่องจะห่างกัน 0.8 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Sine wave Frequency = 150 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 1msec. /div

ความถี่ต่ำจะทำให้มองไม่เห็นรูปคลื่นเต็มลูก

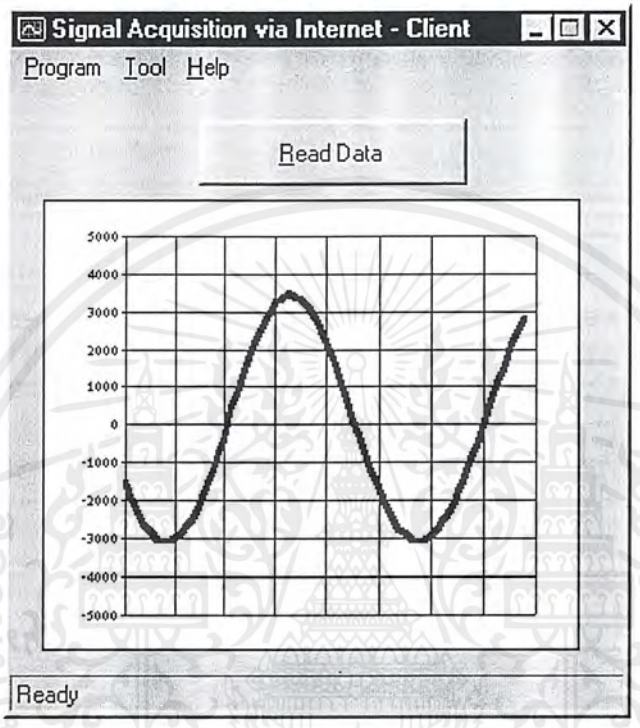


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Sine wave Frequency = 250 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 1msec. /div

การวัดความถี่ปานกลางเห็นรูปคลื่นชัดเจน และคำนวณความถี่ได้

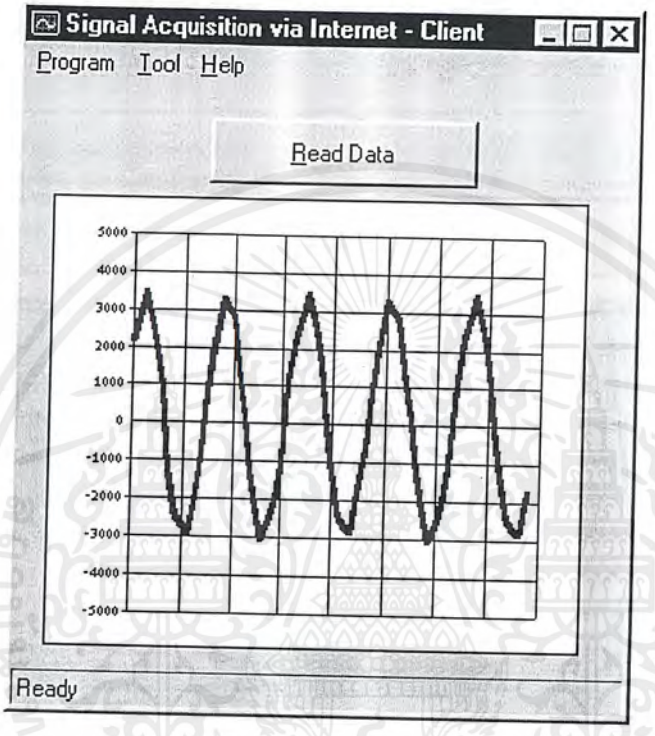


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Sine wave Frequency = 750 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 0.2msec. /div

การวัดความถี่สูงเกินไปทำให้รูปสัญญาณที่วัดได้ผิดเพี้ยนไป

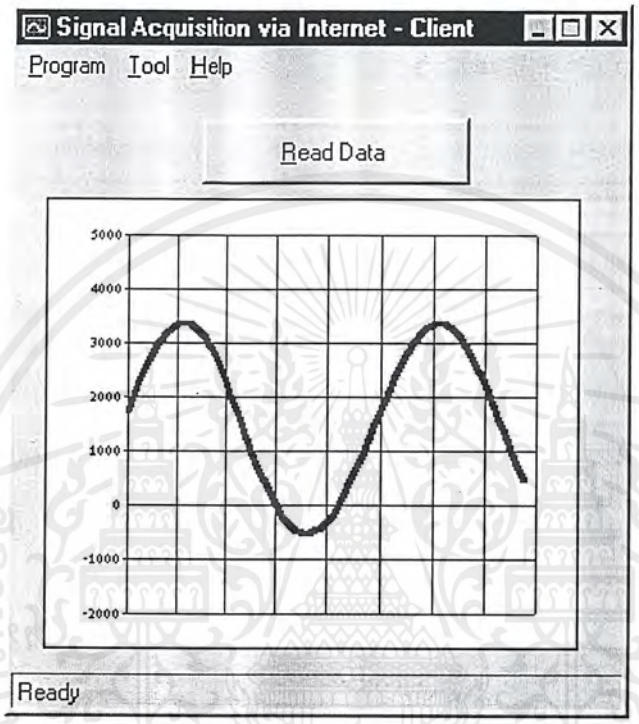


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Sine wave Frequency = 250 Hz. DC offset = +1.5 volt.

1Volts/div 1msec. /div

สัญญาณมี DC offset เป็น +1.5 โวลท์ สามารถวัดได้โดยไม่เห็นความผิดเพี้ยน

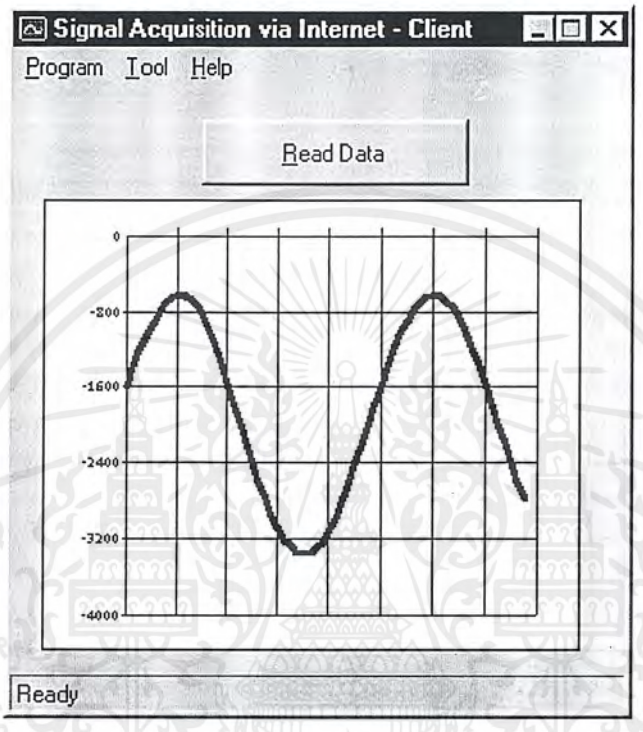


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Sine wave Frequency =250 Hz. DC offset = -2 volt.

1Volts/div 1msec. /div

สัญญาณมี DC offset เป็น -2 โวลท์ สามารถวัดได้โดยไม่เห็นความผิดเพี้ยน

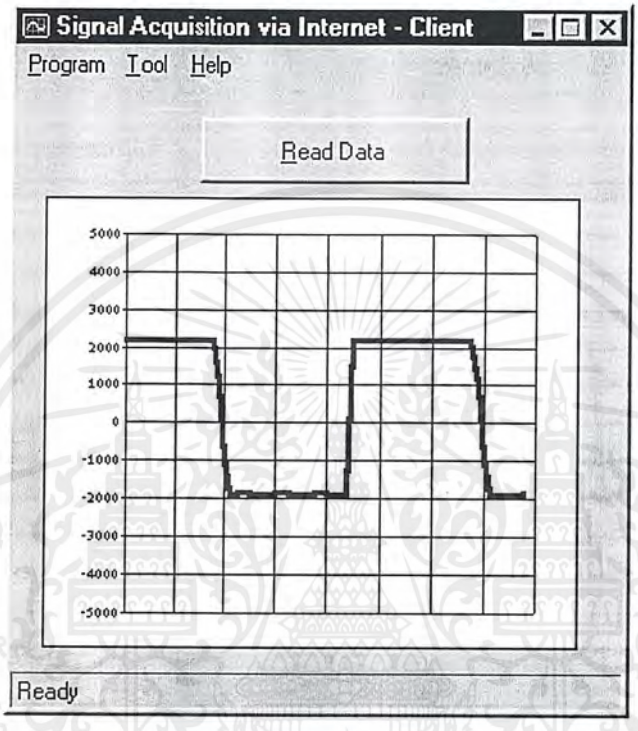


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Square wave Frequency =250 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 1msec. /div

การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม มีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้นที่ระหว่างการเปลี่ยนระดับสัญญาณอย่างทันทีทันใด

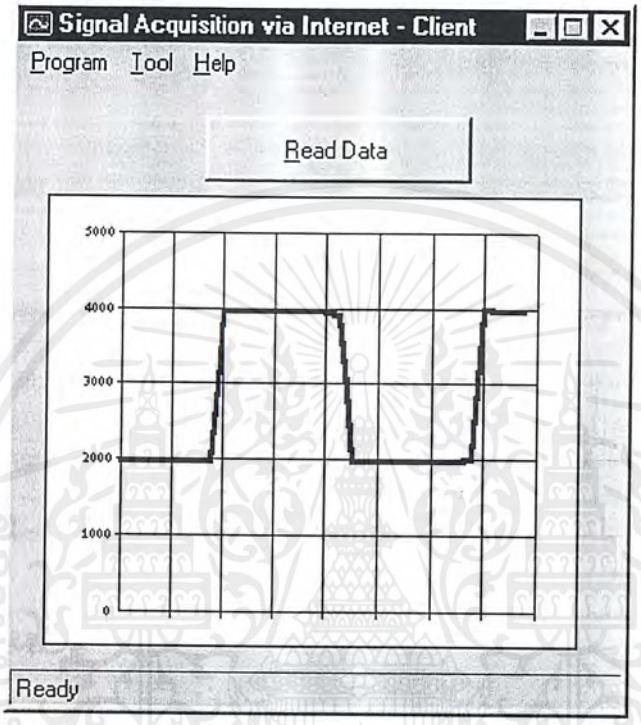


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Square wave Frequency =250 Hz. DC offset = +3 volt.

2Volts/div 1msec. /div

สัญญาณมี DC offset เป็น +3 โวลท์ มีความผิดเพี้ยนเช่นเดียวกันกับ รูปที่6

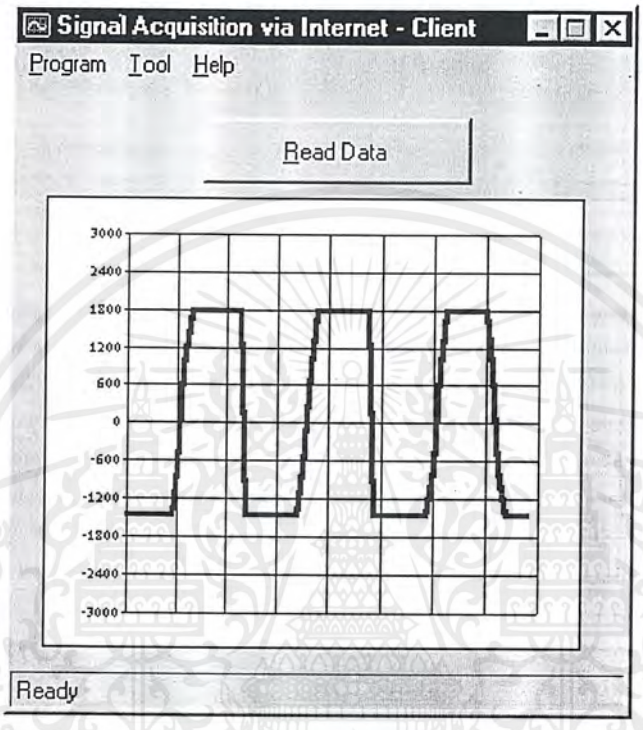


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Square wave Frequency = 500 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 1msec. /div

การวัดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ที่มีความถี่สูงจะมีความผิดเพี้ยนมาก

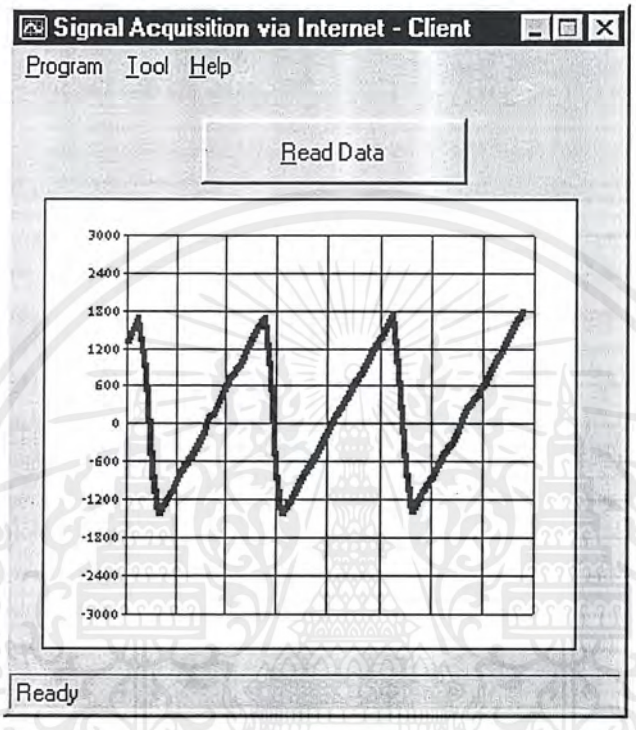


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Sawtooth wave Frequency =500 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 0.5msec. /div

การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมหรือฟันเลื่อย จะมีความผิดเพี้ยนตามที่อธิบายในบทที่ 11

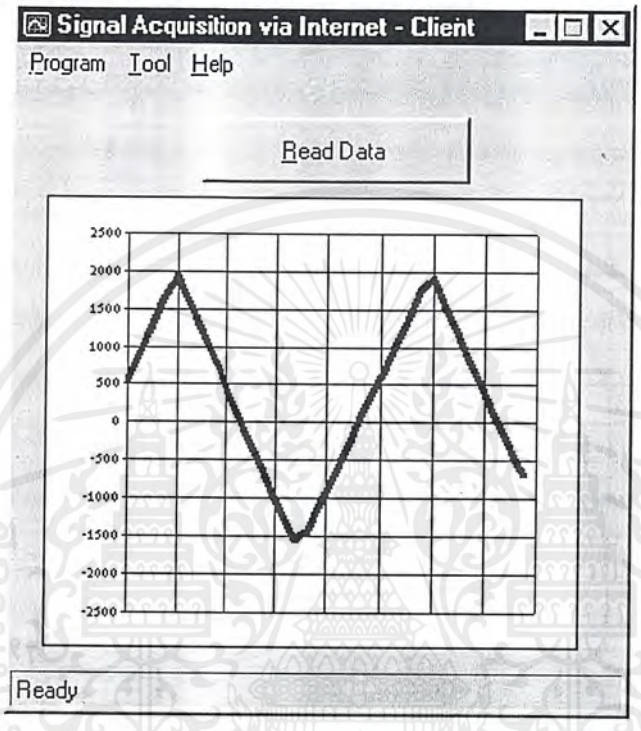


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Sawtooth wave Frequency =250 Hz. DC offset = 0 volt.

1Volts/div 1msec. /div

การวัดสัญญาณรูปสามเหลี่ยมหรือฟันเลื่อย จะมีความผิดเพี้ยนตามที่อธิบายในบทที่ 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
ข้อจำกัดของโครงงาน

โครงงานนี้ถูกจำกัดหลายอย่างโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน ดังนี้

1. ADC0809 ถูกกำหนดค่าแรงดันอ้างอิงคงที่ ที่ 5 โวลท์ดังนั้นการวัดสัญญาณที่เข้ามาจึงสามารถวัดได้เพียง $\pm$ 5 โวลท์เท่านั้น

2. ADC0809 มีช่วงเวลาในการเปลี่ยนจากค่าอนาลอกอินพุทจนไปเป็นดิจิตอลเอาท์พุท (Convertion Time) ค่อนข้างนาน ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงไม่สามารถทำงานด้วยความเร็วสูงสุดได้ และเป็นผลให้อัตราสุ่มสัญญาณถูกจำกัดไม่ให้สูงกว่านี้ได้

3. Personal Web Server (PWS) นั้นเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่เราติดตั้งไว้เพื่อทดสอบการทำงานของเว็บเพจที่เราสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้งานจริงในเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่เก่งกว่า เช่น Internet Information Server (IIS) ซึ่ง PWS นั้นมีข้อจำกัดทางเทคนิคบางอย่างดังนี้

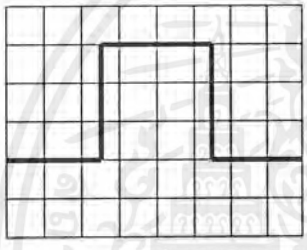
- รองรับการทำงานได้ไม่มากนัก ไม่เกิน 10 Connection พร้อม ๆ กัน แต่ในความเป็นจริงมักจะใช้งานพร้อมกันได้ไม่เกิน 3 คน (แต่ละคนอาจจะใช้มากกว่า 1 Connection)
- มีจุดอ่อนด้านความปลอดภัย ทั้งนี้ PWS รันอยู่บน Windows 95/98 ซึ่งเหมาะกับการเป็นระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมากกว่าเป็นเซิร์ฟเวอร์ จึงด้อยนักในความสามารถด้านความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

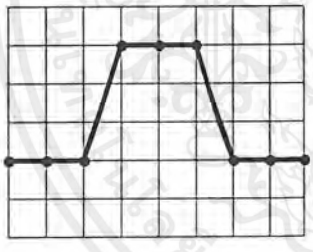
บทที่ 11
สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. ความผิดเพี้ยนของการวัดสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับทันทีทันใด

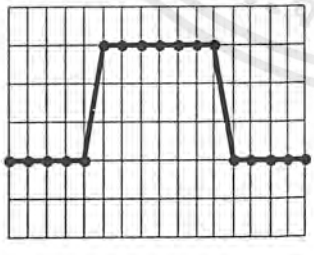
เนื่องจากการหลักการทำงานของชุดวัดสัญญาณเป็นการสุ่มค่าสัญญาณเข้ามาเป็นช่วง ๆ แล้วนำค่าที่ได้มาพลอตเป็นกราฟดังนั้นรูปกราฟที่ได้จะละเอียดและแม่นยำหรือไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของการสุ่มสัญญาณ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอย่างรวดเร็วก็ทำให้ รูปของกราฟผิดเพี้ยนไป เช่น



1.1 รูปกราฟสัญญาณอินพุท

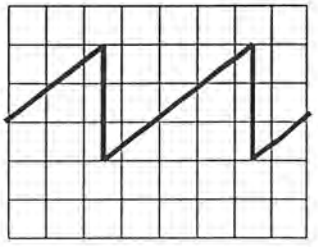


1.2 รูปกราฟสัญญาณที่สุ่มมาวัดและนำมาพล็อตกราฟ

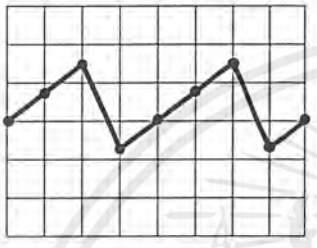


2.3 รูปกราฟที่สัญญาณที่ได้เมื่อมีอัตราการสุ่มสัญญาณมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.1 รูปกราฟสัญญาณอินพุท



2.2 รูปกราฟสัญญาณที่สุ่มมาวัดและนำมาพล็อตกราฟ

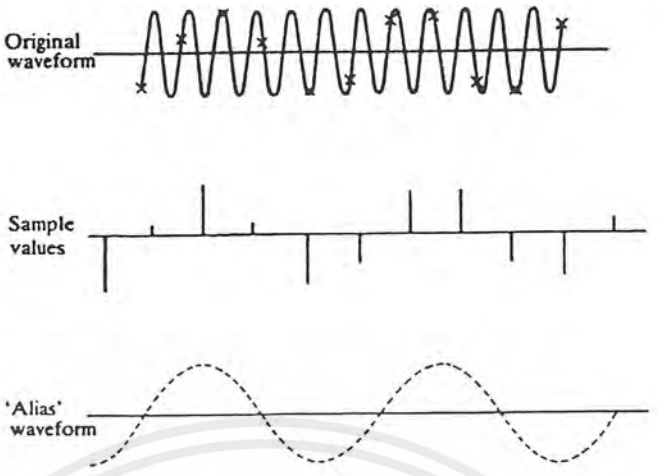
2.3 รูปกราฟที่สัญญาณที่ได้เมื่อมีอัตราการสุ่มสัญญาณมากขึ้น

จากทั้งสองตัวอย่างจะเห็นว่า เมื่ออัตราการสุ่มมีค่ามากขึ้น ก็จะทำให้รูปกราฟสัญญาณ มีความผิดเพี้ยนน้อยลง

2. การเกิด alias เมื่ออัตราการสุ่มของชุดวัดสัญญาณ น้อยกว่าความถี่ของสัญญาณ

alias คือ ปรากฏการณ์ของการที่ความถี่ที่ใช้ในการสุ่มมีค่าต่ำแสดงดังรูปที่ 10-1 ซึ่งเป็นรูปคลื่นไซน์ที่มีคาบ 1วินาที นั่นก็คือมีความถี่ 1 Hz ซึ่งจะทำการสุ่ม อย่างน้อย 1 ครั้งต่อวินาที ความถี่ของการส่งต่ำกว่าค่าต่ำสุดของ Nyquist คือ 2 ครั้งต่อวินาที ไดอะแกรมจะแสดงกราฟไซน์ที่แตกต่างจากค่าที่แท้จริง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็น alias ของสัญญาณเดิม คือปรากฏการณ์ที่เกิดจากสัญญาณที่ได้จากการสุ่มมีค่าต่างกับสัญญาณอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

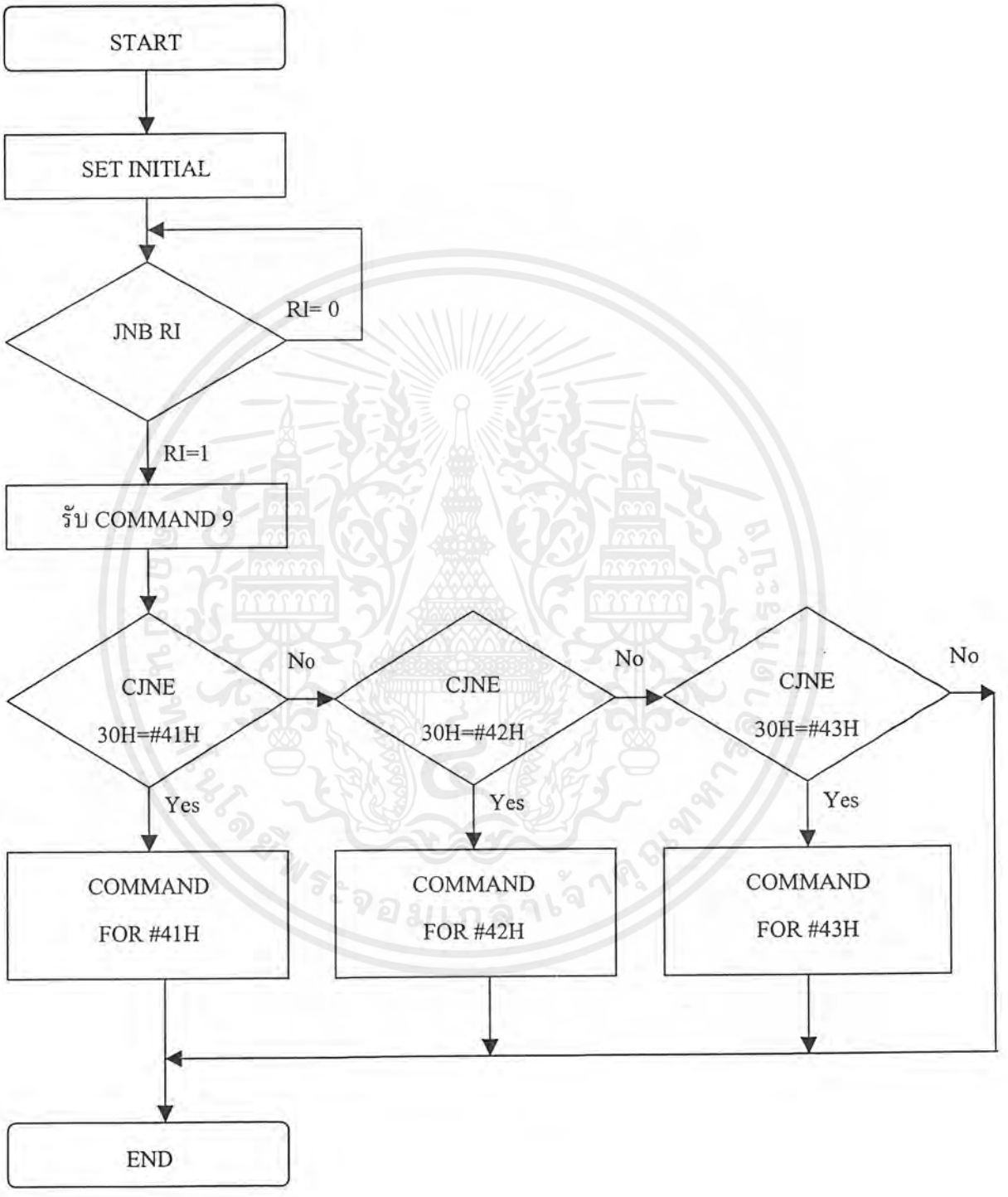


รูปแสดงการเกิด aliasing

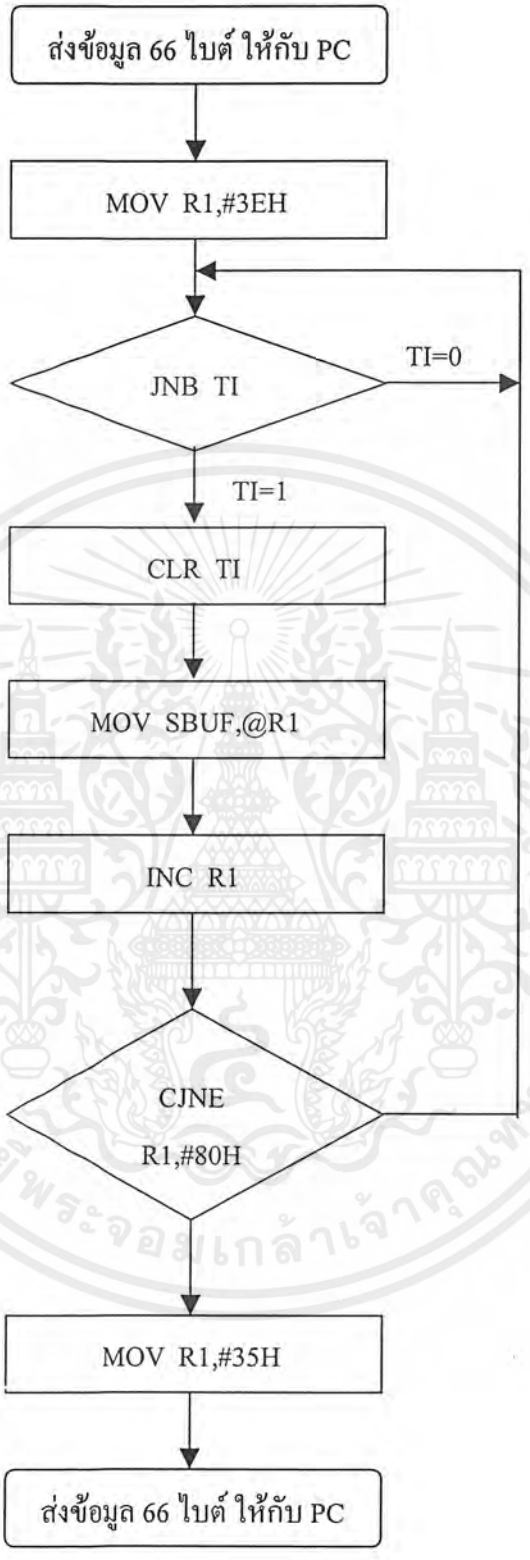
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

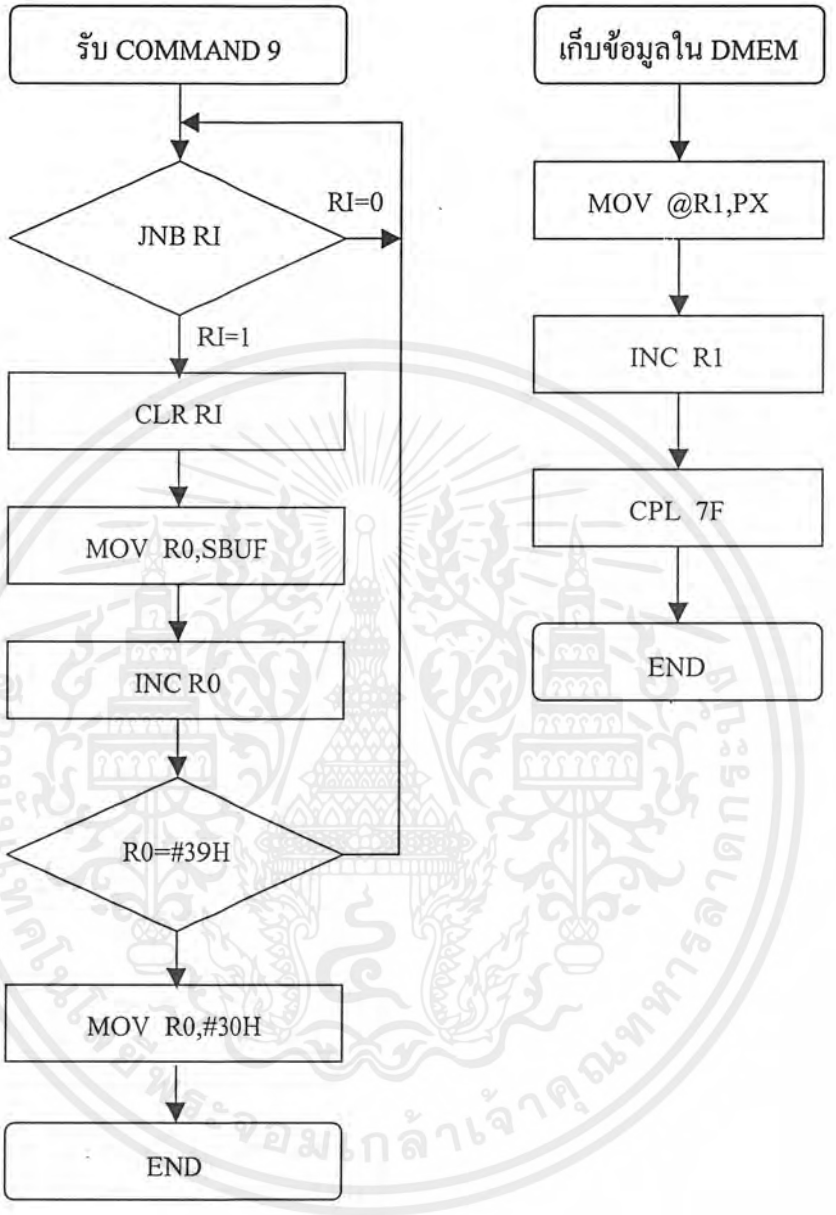
Flow Chart การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



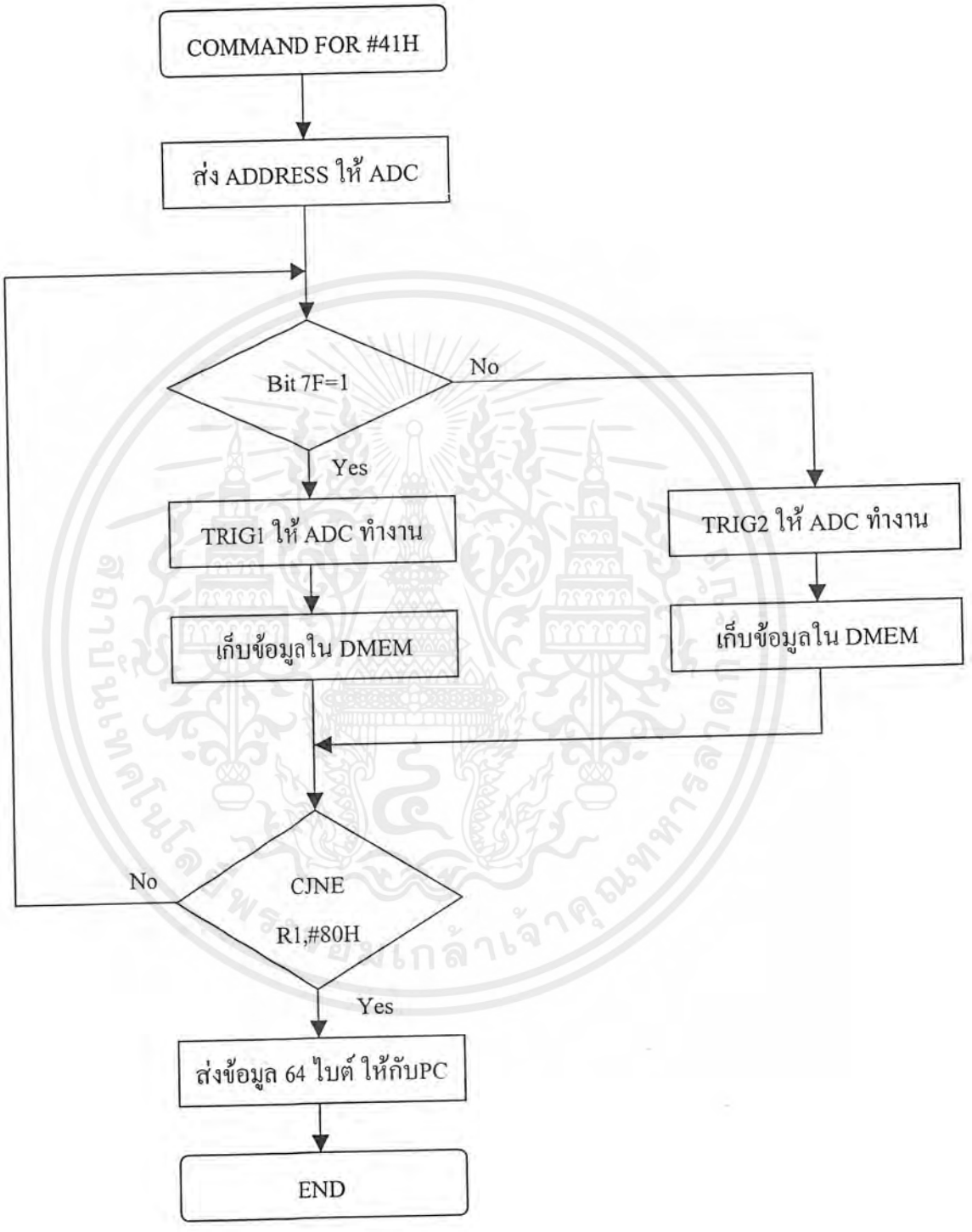
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

datasheet

AT89C51

ADC0809

LM741

MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

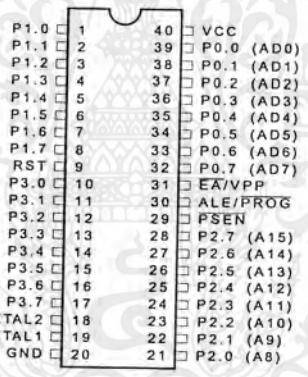
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

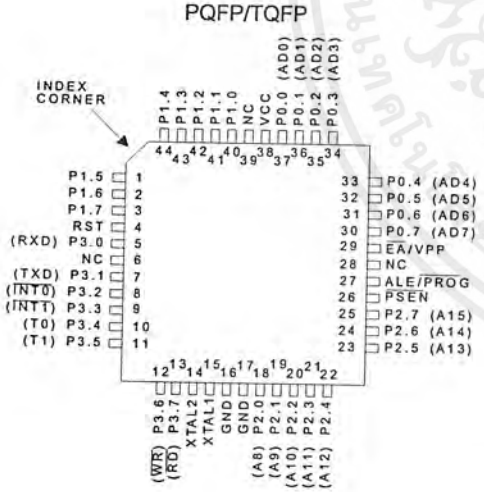
(continued)

Pin Configurations

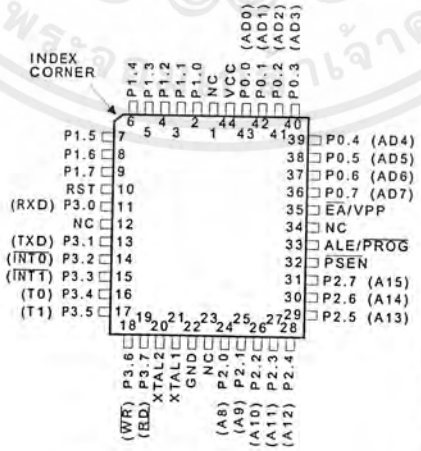
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



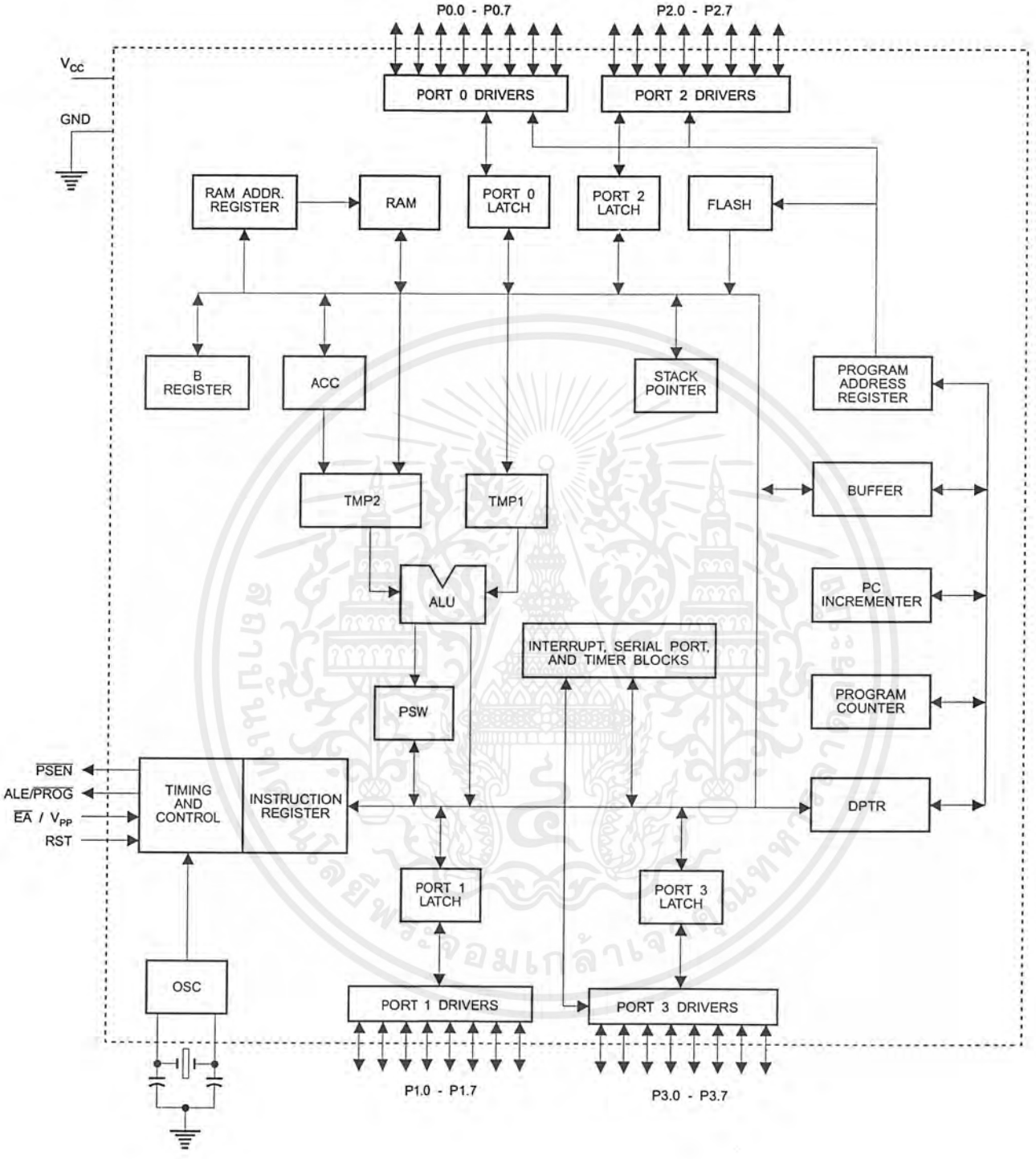
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

0265F-A-12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

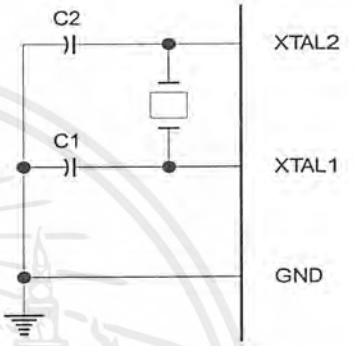
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

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

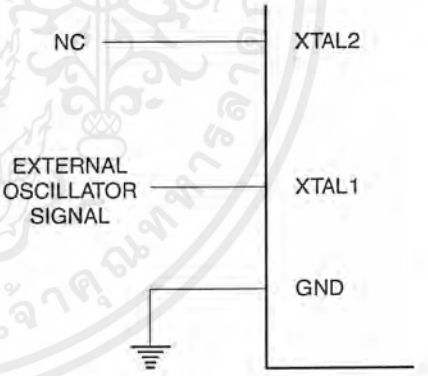
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port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

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{Data}$ Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

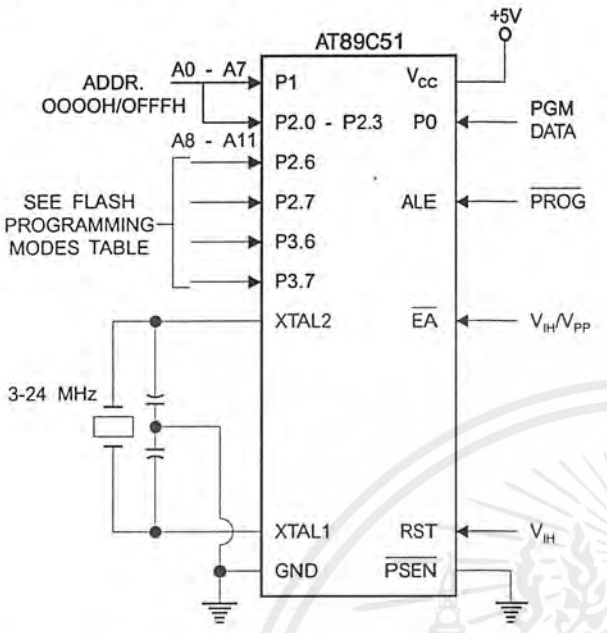
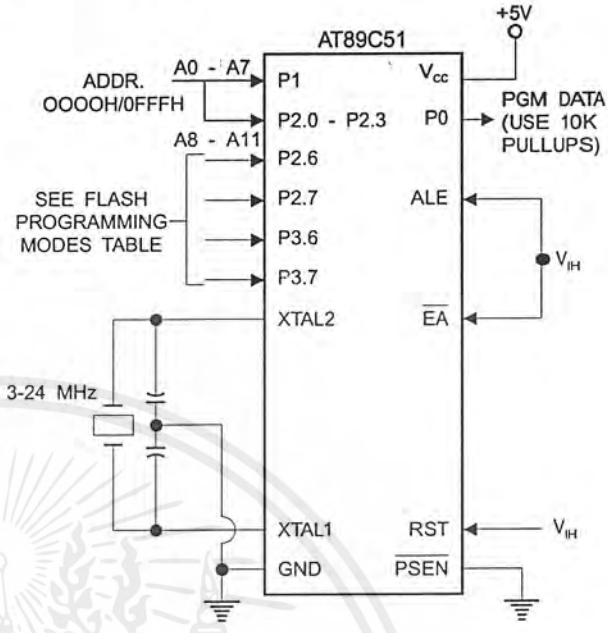


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

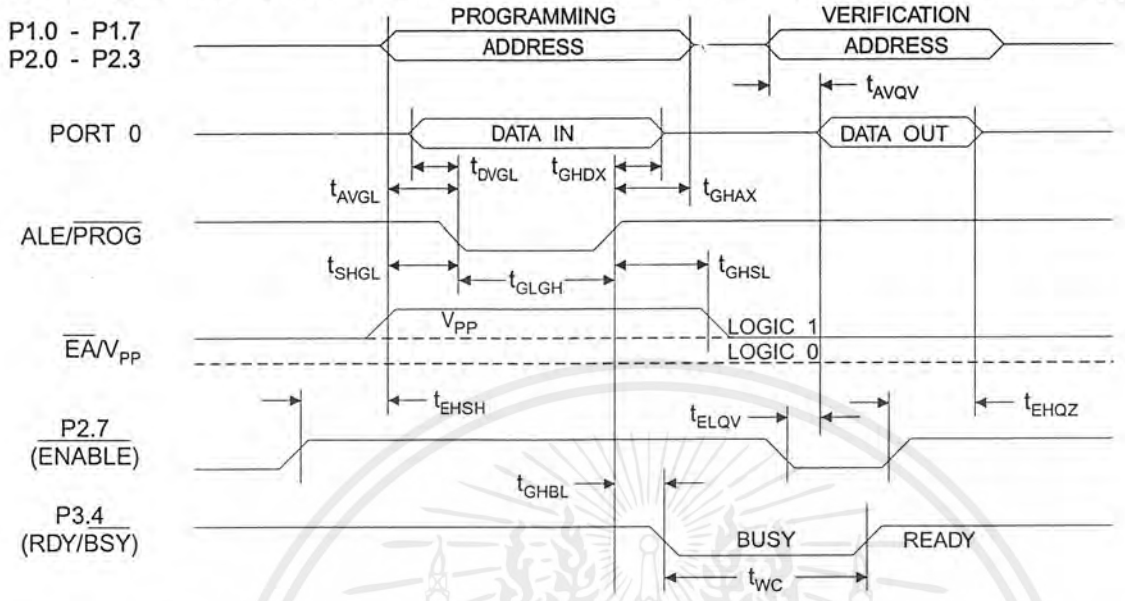
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

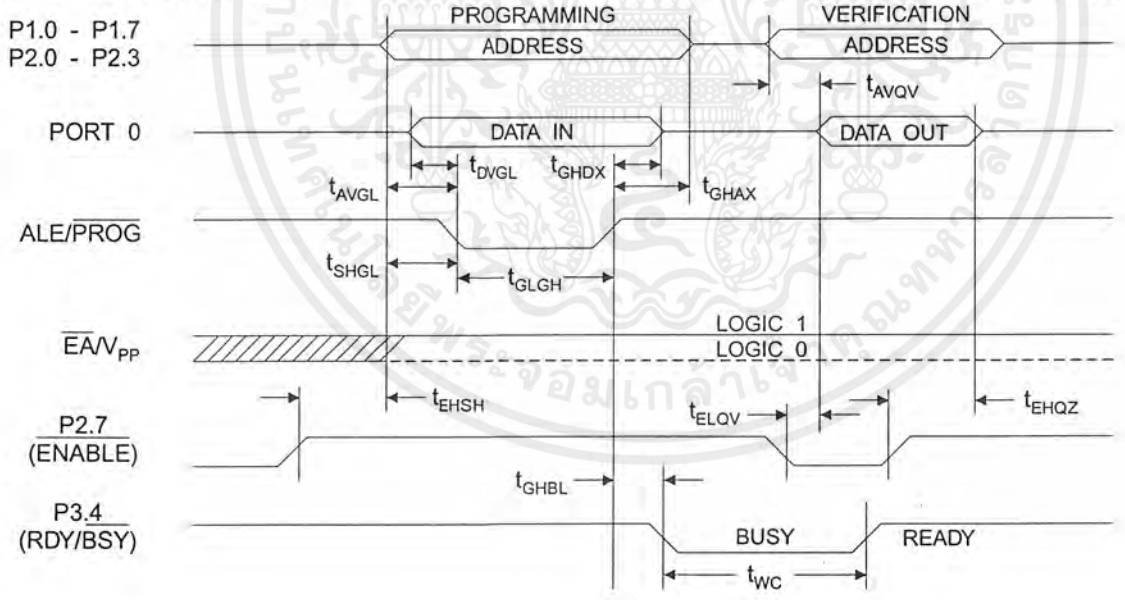
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

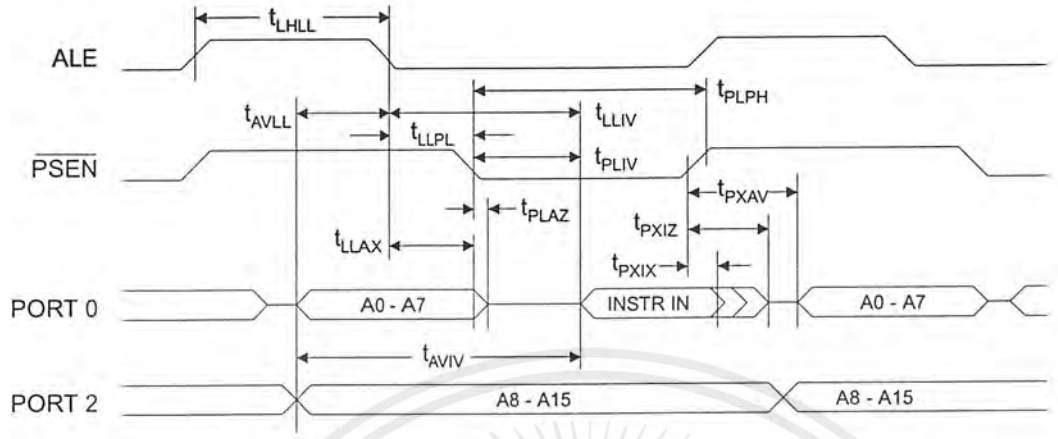
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

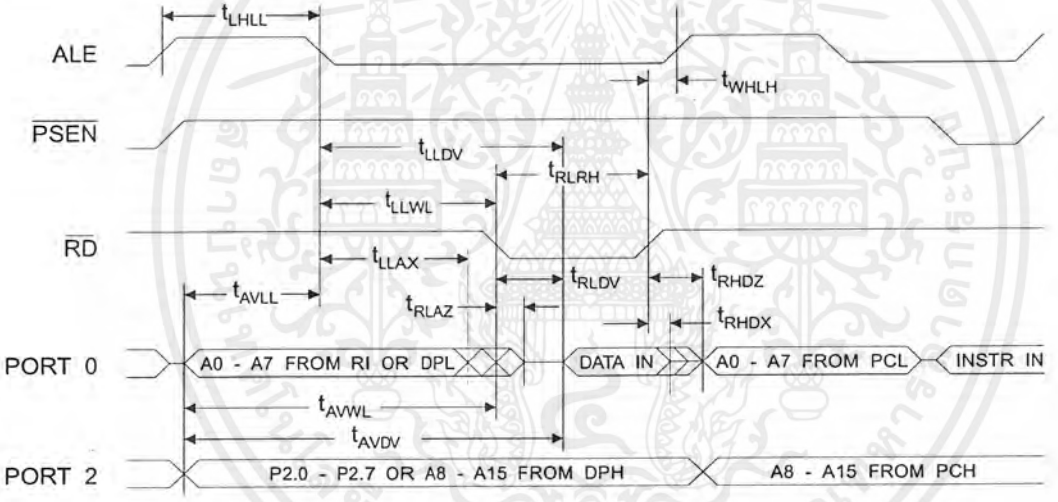
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

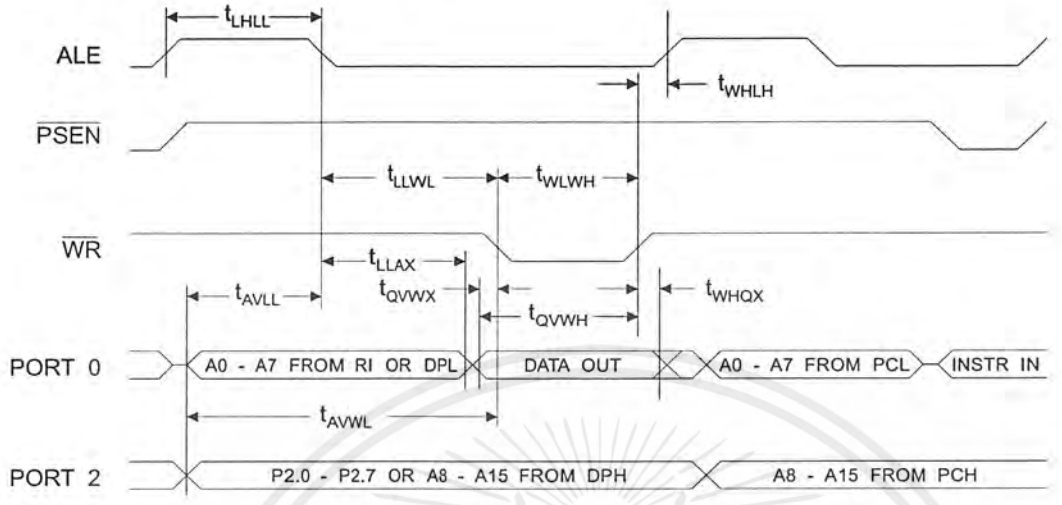


External Data Memory Read Cycle

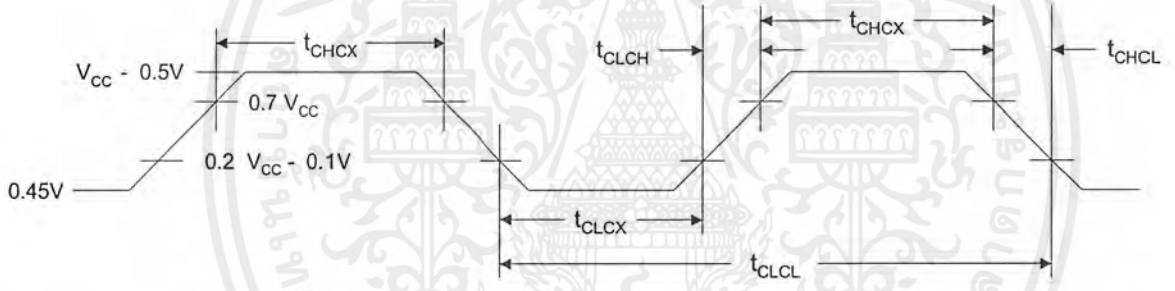


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

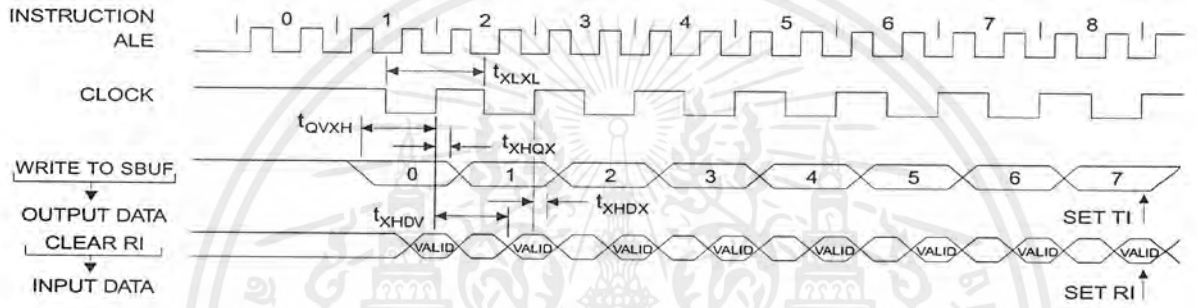
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

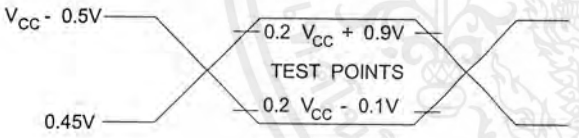
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

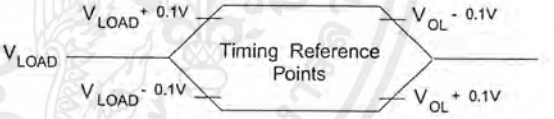


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms(1)



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial
		AT89C51-12JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial
		AT89C51-12JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive
		AT89C51-12JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial
		AT89C51-16JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial
		AT89C51-16JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive
		AT89C51-16JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial
		AT89C51-20JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial
		AT89C51-20JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	
		AT89C51-24JC	4
		AT89C51-24PC	44P
		AT89C51-24QC	44Q
		AT89C51-24AI	44A
		AT89C51-24JI	44J
		AT89C51-24PI	44P6
		AT89C51-24QI	44Q

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

June 1999

ADC0808/ADC0809
8-Bit µP Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8-single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

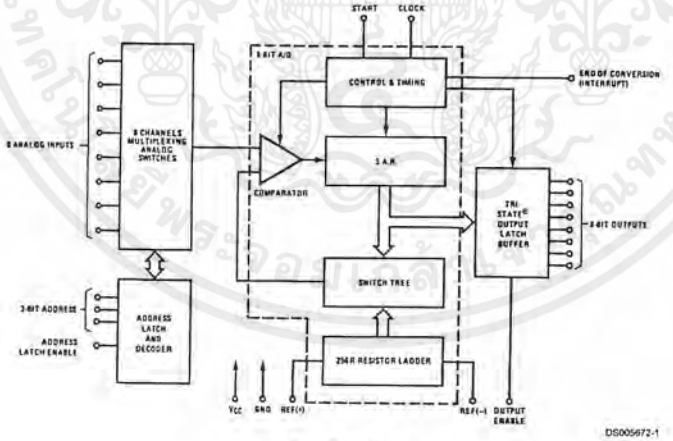
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

■ Resolution	8 Bits
■ Total Unadjusted Error	±½ LSB and ±1 LSB
■ Single Supply	5 V_{DC}
■ Low Power	15 mW
■ Conversion Time	100 µs

Block Diagram



See Ordering Information

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

© 1999 National Semiconductor Corporation

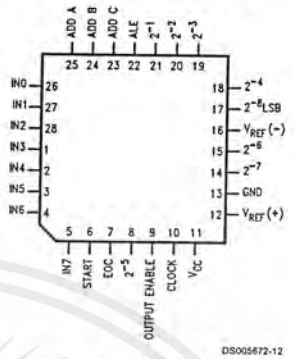
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package

Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		−40°C to +85°C			−55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 2, 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	−0.3V to (V_{CC}+0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	−0.3V to +15V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Package Dissipation at T_A=25°C	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$
ADC0808CCN,ADC0809CCN	−40°C≤T_A≤+85°C
ADC0808CCV, ADC0809CCV	−40°C ≤ T_A ≤ +85°C
Range of V_{CC} (Note 1)	4.5 V_{DC} to 6.0 V_{DC}

Electrical Characteristics

Converter Specifications: V_{CC}=5 V_{DC}=V_{REF+}, $V_{REF(-)}$=GND, $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ and f_{CLK}=640 kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			±½	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±¾	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			±1	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			±1¼	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(−)	1.0	2.5		kΩ
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(−)	GND−0.10		V_{CC}+0.10	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	V_{CC}+0.1	V
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		V_{CC}/2-0.1	V_{CC}/2	V_{CC}/2+0.1	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(−)	−0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	f_c=640 kHz, (Note 6)	−2	±0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75≤V_{CC}≤5.25V, −40°C≤T_A≤+85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC}=5V, V_{IN}=5V,				
		T_A=25°C		10	200	nA
		T_{MIN} to T_{MAX}			1.0	μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	V_{CC}=5V, V_{IN}=0,				
		T_A=25°C	−200	−10		nA
		T_{MIN} to T_{MAX}	−1.0			μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		V_{CC}−1.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	V_{IN}=15V			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	V_{IN}=0	−1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	f_{CLK}=640 kHz		0.3	3.0	mA
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	I_O=−360 μA	V_{CC}−0.4			V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \le V_{CC} \le 5.25V$, $-40^\circ C \le T_A \le +85^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	I_O=1.6 mA			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	I_O=1.2 mA			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	V_O=5V			3	µA
		V_O=0	-3			µA

Electrical Characteristics

Timing Specifications $V_{CC}=V_{REF(+)}=5V$, $V_{REF(-)}=GND$, $t_r=t_f=20$ ns and $T_A=25^\circ C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	(*Figure 5*)		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(*Figure 5*)		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	(*Figure 5*)		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	(*Figure 5*)		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	R_S=0Ω (*Figure 5*)		1	2.5	µs
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	C_L=50 pF, R_L=10k (*Figure 8*)		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	C_L=10 pF, R_L=10k (*Figure 8*)		125	250	ns
t_c	Conversion Time	f_c=640 kHz, (*Figure 5*) (Note 7)	90	100	116	µs
f_c	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	(*Figure 5*)	0		8+2 µS	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See *Figure 3*. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See *Figure 13*.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (*Figure 6*). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. *Table 1* shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (*Figure 1*) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in *Figure 1* are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached +½ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. *Figure 2* shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

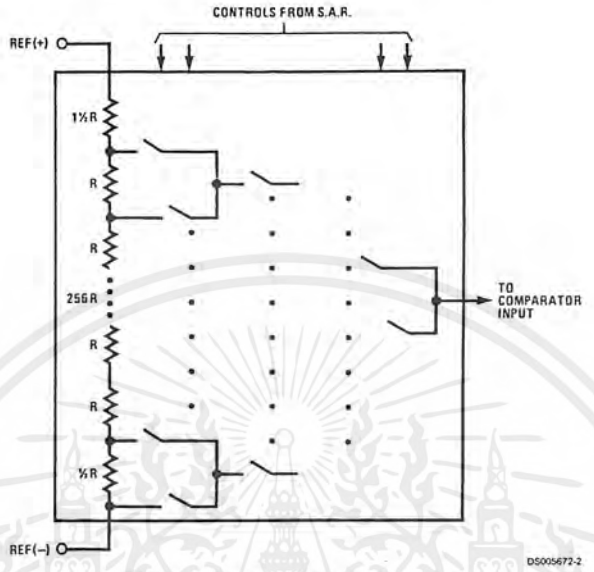


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

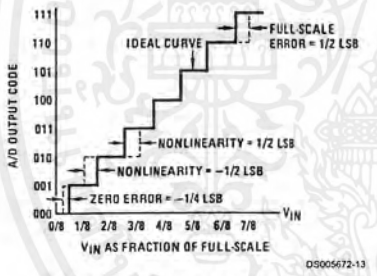


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

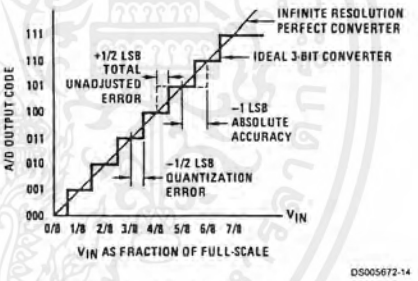


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

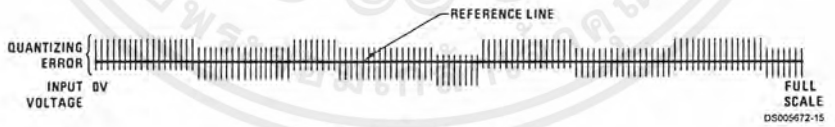


FIGURE 4. Typical Error Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timing Diagram

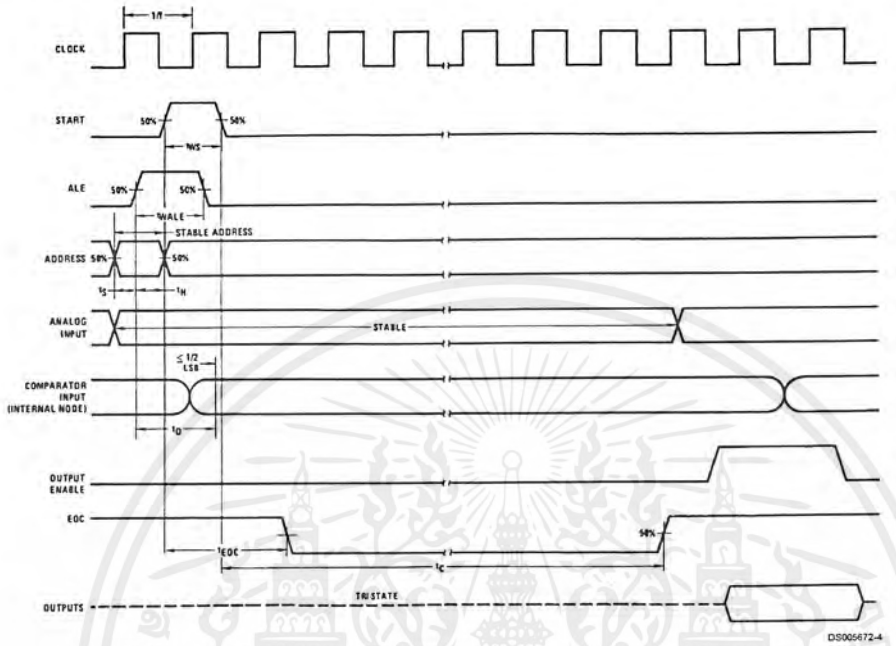


FIGURE 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

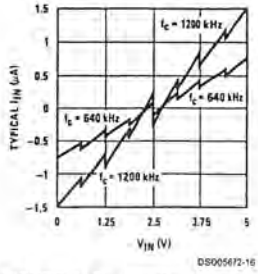


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} (V_{CC}=V_{REF}=5V)

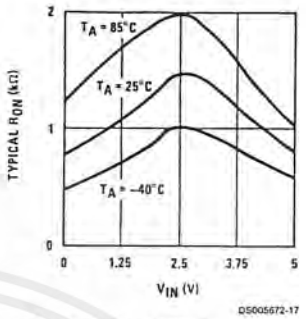


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} (V_{CC}=V_{REF}=5V)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

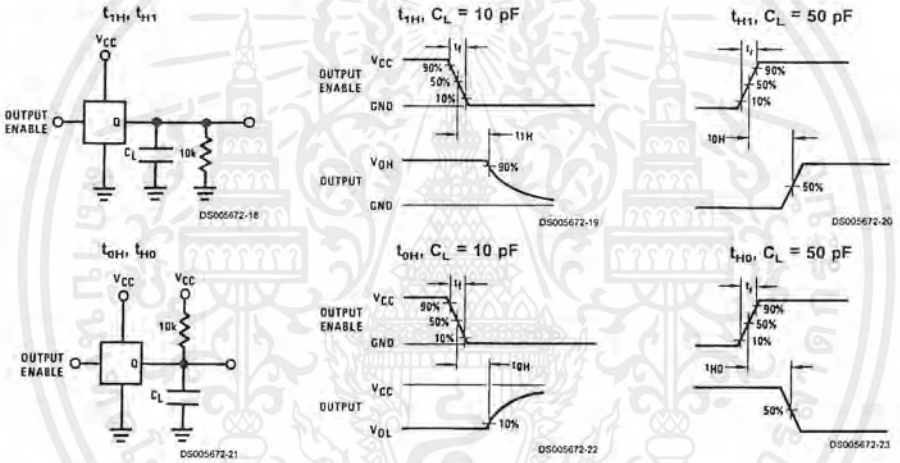


FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs}-V_Z}=\frac{D_X}{D_{MAX}-D_{MIN}} \qquad (1)$$

V_{IN}=Input voltage into the ADC0808

V_{fs}=Full-scale voltage

V_Z=Zero voltage

D_X=Data point being measured

D_{MAX}=Maximum data limit

D_{MIN}=Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (*Figure 9*).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a sys-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

tem reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(−), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

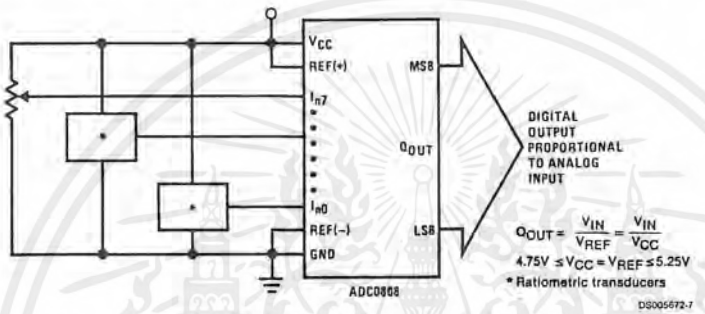


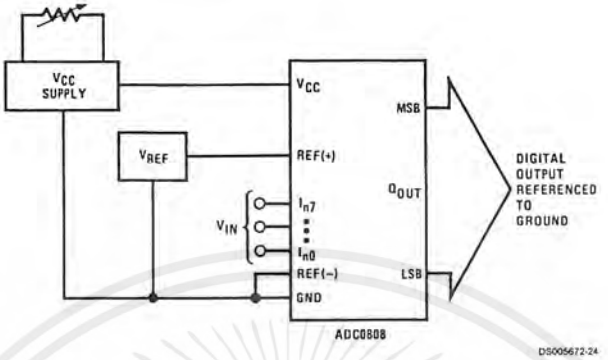
FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In *Figure 11* a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in *Figure 12*. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 µF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In *Figure 13*, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

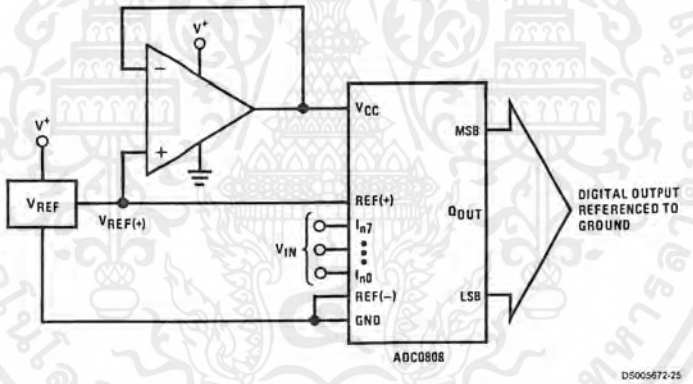
Applications Information (Continued)



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

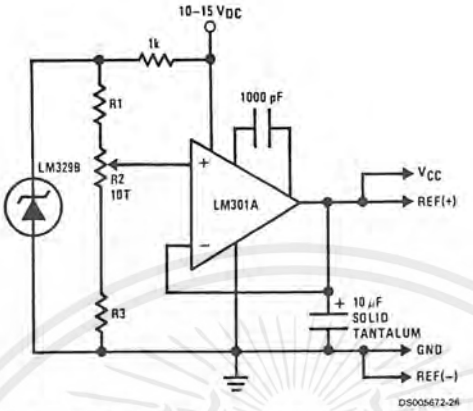
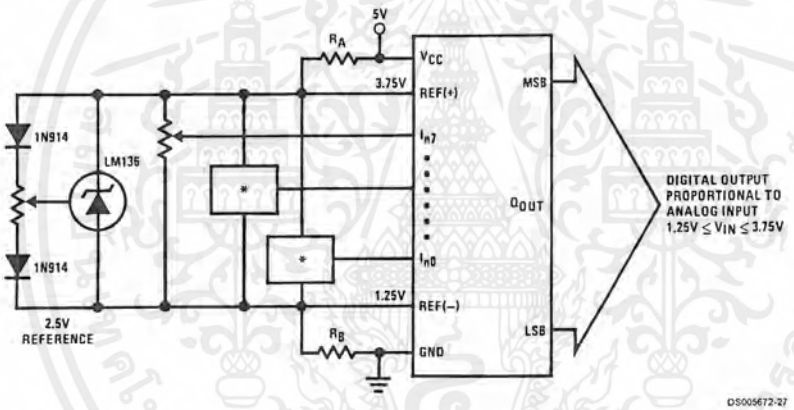


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit



$R_A = R_B$

*Ratiometric transducers

FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

Where: V_{IN}=Voltage at comparator input

$V_{REF(+)}$=Voltage at Ref(+)

$V_{REF(-)}$=Voltage at Ref(−)

V_{TUE}=Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)}$÷512)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

4.0 ANALOG COMPARATOR INPUTS

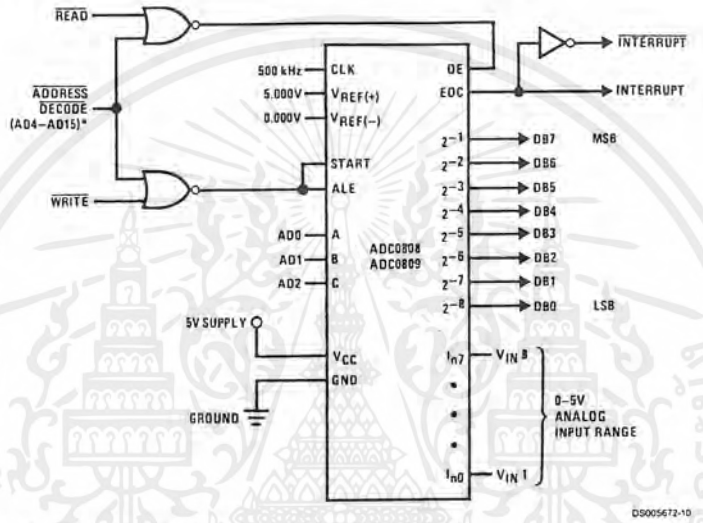
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with V_{IN} as shown in *Figure 6.*

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



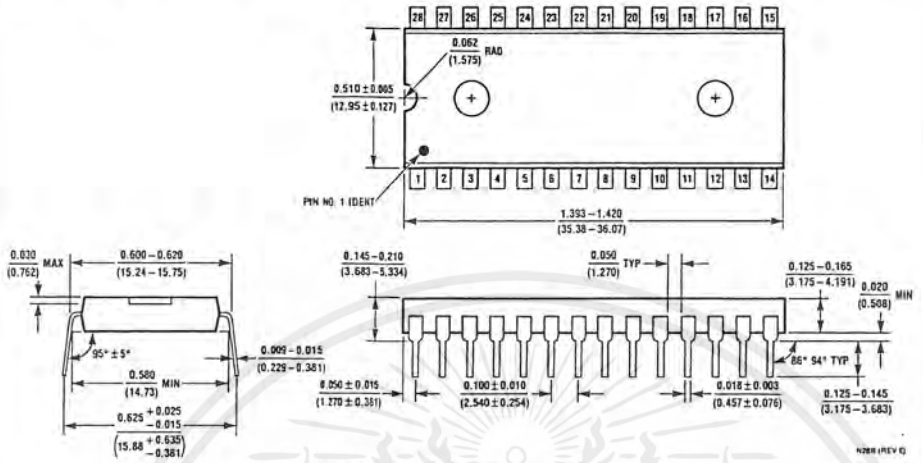
*Address latches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

TABLE 2. Microprocessor Interface Table

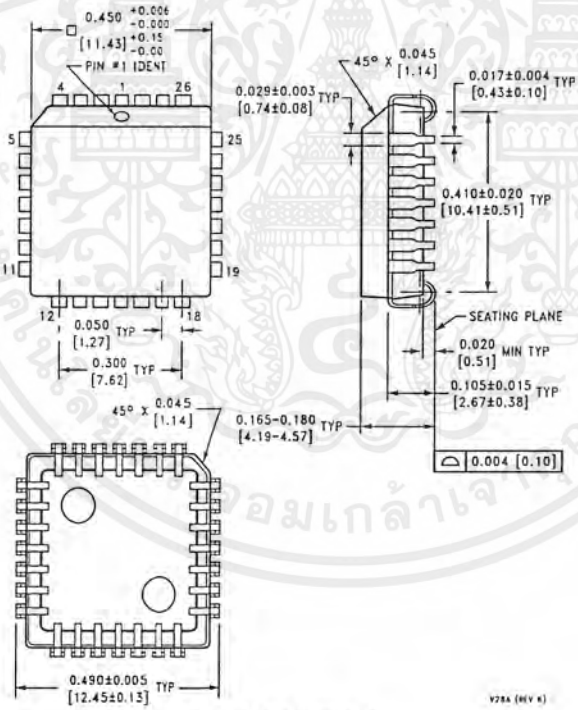
PROCESSOR	$\overline{\text{READ}}$	$\overline{\text{WRITE}}$	INTERRUPT (COMMENT)
8080	$\overline{\text{MEMR}}$	$\overline{\text{MEMW}}$	INTR (Thru RST Circuit)
8085	$\overline{\text{RD}}$	$\overline{\text{WR}}$	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	$\overline{\text{RD}}$	$\overline{\text{WR}}$	$\overline{\text{INT}}$ (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA•φ2•R/W	VMA•φ•$\overline{\text{R/W}}$	$\overline{\text{IRQA}}$ or $\overline{\text{IRQB}}$ (Thru PIA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
NS Package Number N28B



Molded Chip Carrier (V)
Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
NS Package Number V28A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1998

LM741
Operational Amplifier

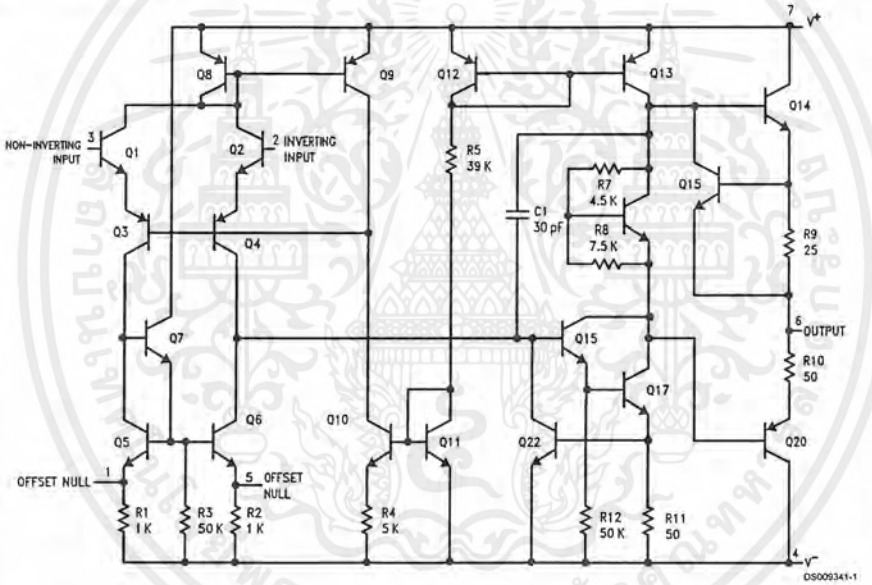
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

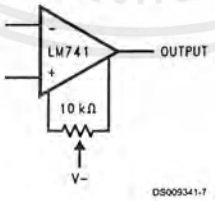
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of −55°C to +125°C.

Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

(Note 6)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 3)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	−55°C to +125°C	0°C to +70°C	−55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 7)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	T_A = 25°C										
	$R_S \le 10\ k\Omega$					1.0	5.0		2.0	6.0	mV
	$R_S \le 50\Omega$		0.8	3.0							mV
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$										
	$R_S \le 50\Omega$			4.0							mV
	$R_S \le 10\ k\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							µV/°C
Input Offset Voltage Adjustment Range	T_A = 25°C, V_S = ±20V	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	T_A = 25°C		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							nA/°C
Input Bias Current	T_A = 25°C		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	µA
Input Resistance	T_A = 25°C, V_S = ±20V	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		MΩ
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$, V_S = ±20V	0.5									MΩ
Input Voltage Range	T_A = 25°C							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \le T_A \le T_{AMAX}$				±12	±13					V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	T_A = 25°C, $R_L \geq 2\ k\Omega$										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	50									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				50	200		20	200		V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\ k\Omega$,										
	V_S = ±20V, V_O = ±15V	32									V/mV
	V_S = ±15V, V_O = ±10V				25			15			V/mV
	V_S = ±5V, V_O = ±2V	10									V/mV
Output Voltage Swing	V_S = ±20V										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$	±16									V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$	±15									V
	V_S = ±15V										
	$R_L \geq 10\ k\Omega$				±12	±14		±12	±14		V
	$R_L \geq 2\ k\Omega$				±10	±13		±10	±13		V
Output Short Circuit	T_A = 25°C	10	25	35		25			25		mA
Current	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										
Rejection Ratio	$R_S \leq 10\ k\Omega$, V_{CM} = ±12V				70	90		70	90		dB
	$R_S \leq 50\Omega$, V_{CM} = ±12V	80	95								dB
Supply Voltage Rejection	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$,										
Ratio	V_S = ±20V to V_S = ±5V										
	$R_S \leq 50\Omega$	86	96								dB
	$R_S \leq 10\ k\Omega$				77	96		77	96		dB
Transient Response	T_A = 25°C, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		µs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 5)	T_A = 25°C	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	T_A = 25°C, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/µs
Supply Current	T_A = 25°C					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	T_A = 25°C										
	V_S = ±20V		80	150							mW
	V_S = ±15V					50	85		50	85	mW
LM741A	V_S = ±20V										
	$T_A = T_{AMIN}$			165							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			135							mW
LM741E	V_S = ±20V										
	$T_A = T_{AMIN}$			150							mW
	$T_A = T_{AMAX}$			150							mW
LM741	V_S = ±15V										
	$T_A = T_{AMIN}$					60	100				mW
	$T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Note 2: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{jA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{jA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{jC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 3: For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 4: Unless otherwise specified, these specifications apply for V_S = ±15V, −55°C ≤ T_A ≤ +125°C (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C.

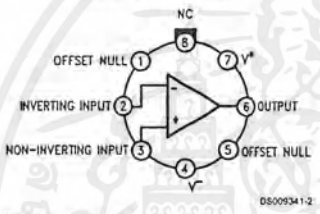
Note 5: Calculated value from: BW (MHz) = 0.35/Rise Time(μs).

Note 6: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 7: Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Connection Diagram

Metal Can Package

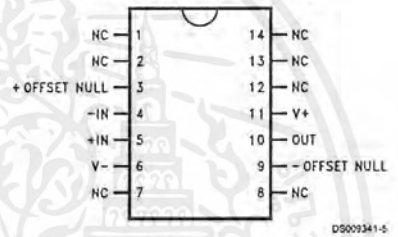


DS009341-2

Note 8: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 8), LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package



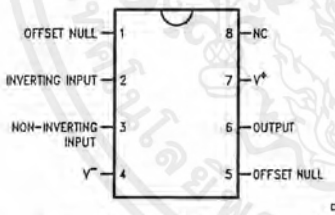
DS009341-5

Note 9: also available per JM38510/10101

Note 10: also available per JM38510/10102

Order Number LM741J-14/883 (Note 9), LM741AJ-14/883 (Note 10)
See NS Package Number J14A

Dual-In-Line or S.O. Package



DS009341-3

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

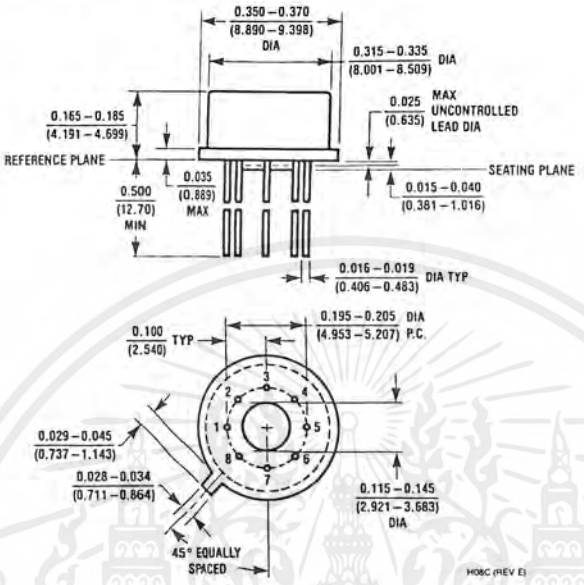
Ceramic Flatpak

DS009341-6

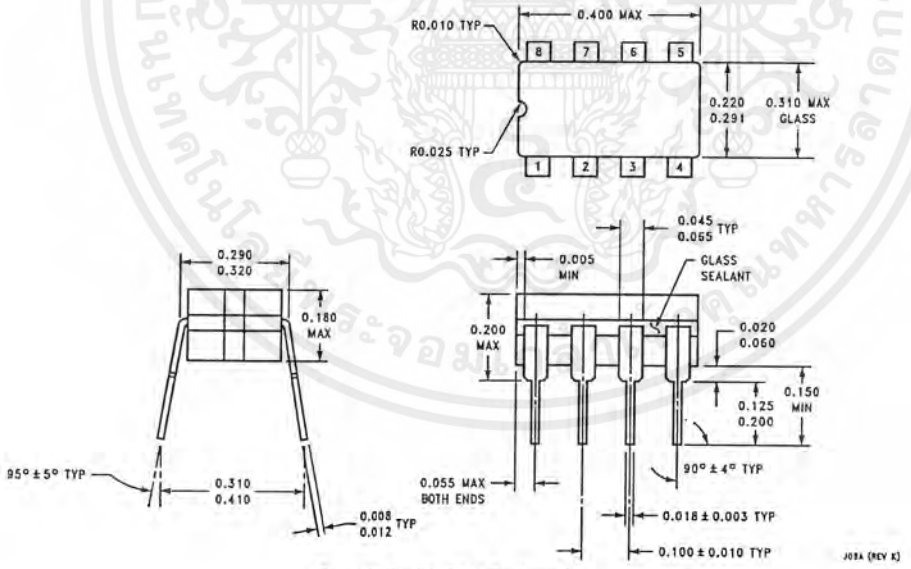
Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



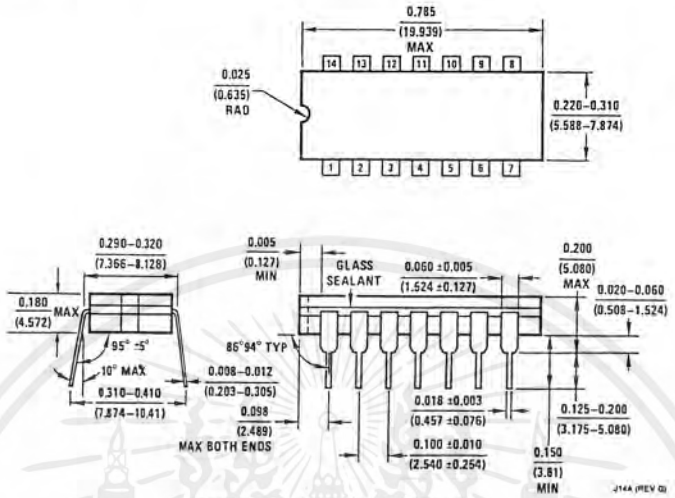
Metal Can Package (H)
Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741CH or LM741EH
NS Package Number H08C



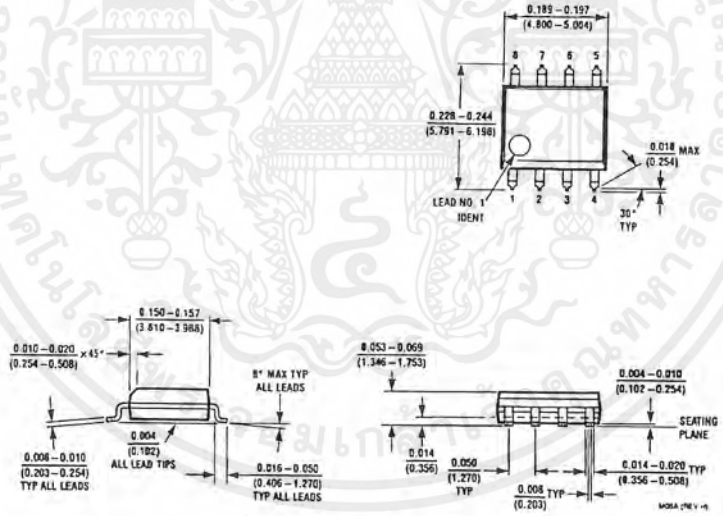
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741CJ or LM741J/883
NS Package Number J08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



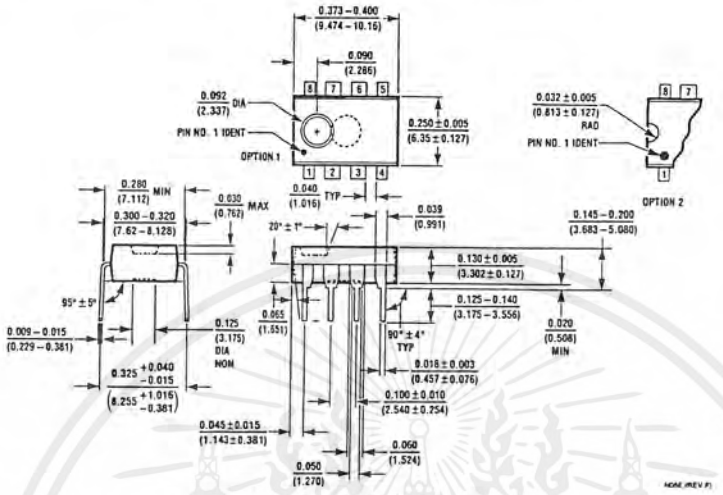
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883
NS Package Number J14A



Small Outline Package (M)
Order Number LM741CM
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

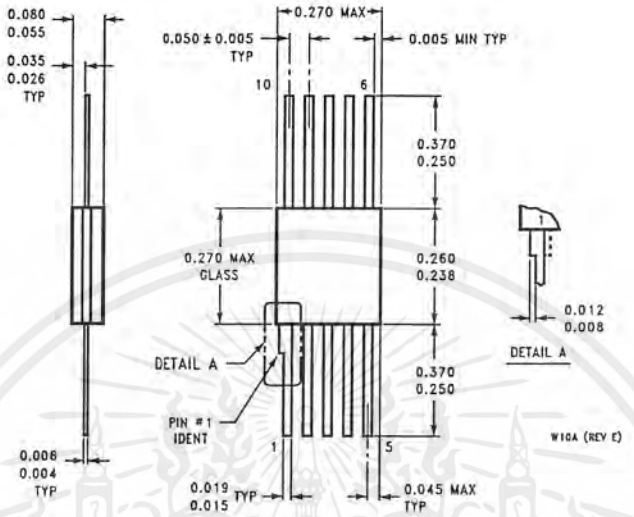
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN or LM741EN
NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
Order Number LM741W/883
NS Package Number W10A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

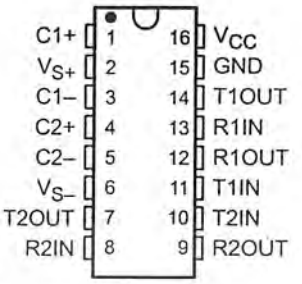
National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

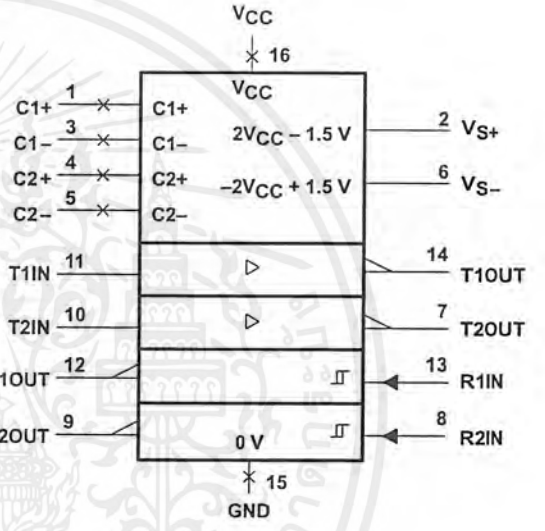
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options Include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

description

The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from –40°C to 85°C.

AVAILABLE OPTIONS

T_A	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	MAX232D‡	MAX232DW‡	MAX232N
–40°C to 85°C	MAX232ID‡	MAX232IDW‡	MAX232IN

‡ This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1) ..... −0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+} ..... V_{CC} − 0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-} ..... −0.3 V to −15 V
Input voltage range, V_I: Driver ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Receiver ..... ±30 V
Output voltage range, V_O: T1OUT, T2OUT ..... V_{S-} −0.3 V to V_{S+} + 0.3 V
R1OUT, R2OUT ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT ..... Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package ..... 113°C/W
DW package ..... 105°C/W
N package ..... 78°C/W
Storage temperature range, T_{stg} ..... −65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH} (T1IN,T2IN)		2			V
Low-level input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)				0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN				±30	V
Operating free-air temperature, T_A	MAX232	0		70	°C
	MAX232I	−40		85	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND		5	7		V
		R1OUT, R2OUT	I_{OH} = –1 mA		3.5			
V_{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND			–7	–5	V
		R1OUT, R2OUT	I_{OL} = 3.2 mA				0.4	
V_{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C		1.7	2.4	V
V_{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C	0.8	1.2		V
V_{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V		0.2	0.5	1	V
r_i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5,	T_A = 25°C	3	5	7	kΩ
r_o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V_{S+} = V_{S-} = 0,	V_O = ±2 V	300			Ω
I_{OS}§	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V_{CC} = 5.5 V,	V_O = 0		±10		mA
I_{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V_I = 0				200	µA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5.5 V, T_A = 25°C	All outputs open,		8	10	mA

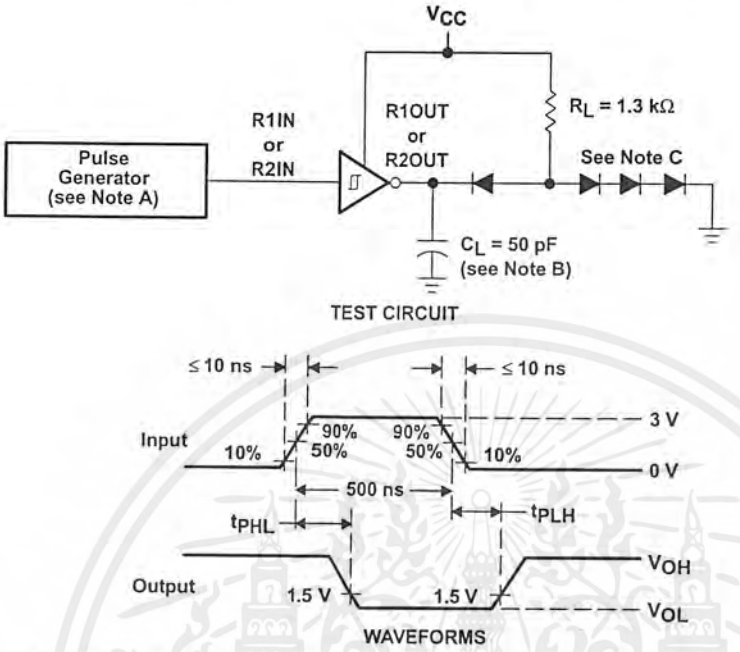
† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
§ Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{PLH(R)}$	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
$t_{PHL(R)}$	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
SR	Driver slew rate	R_L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/µs
SR(tr)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

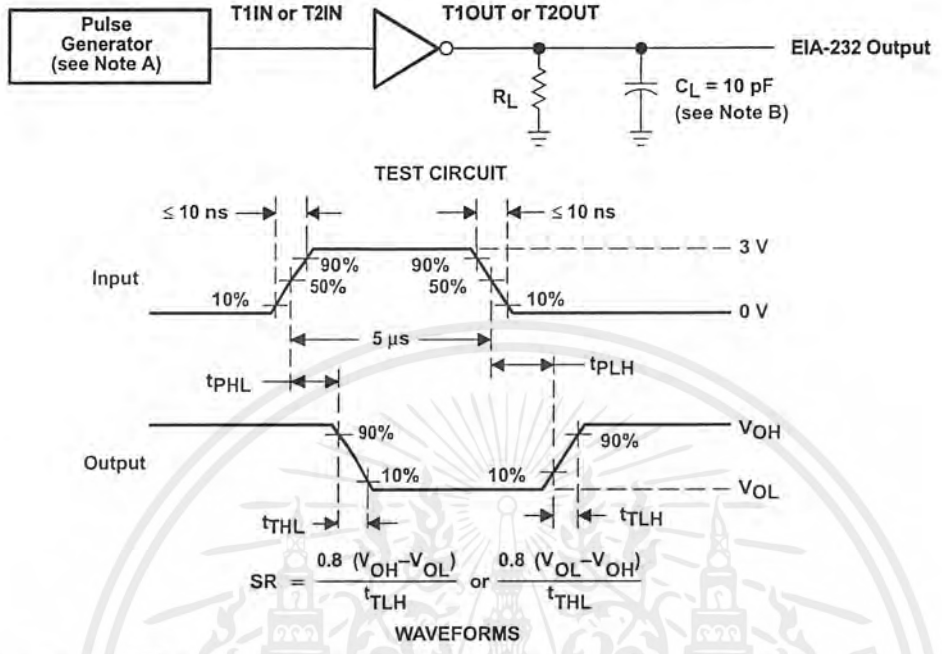


NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.
C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

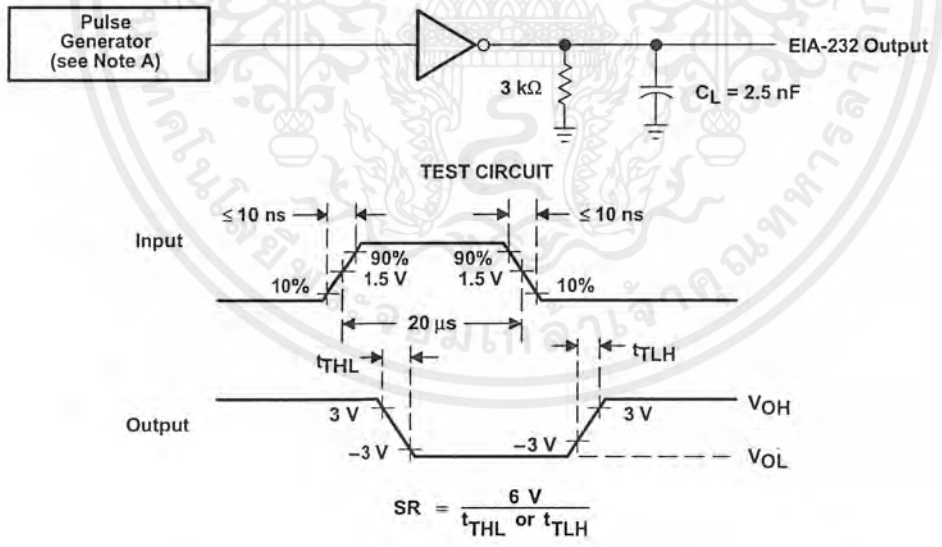
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5-µs input)



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20-µs input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

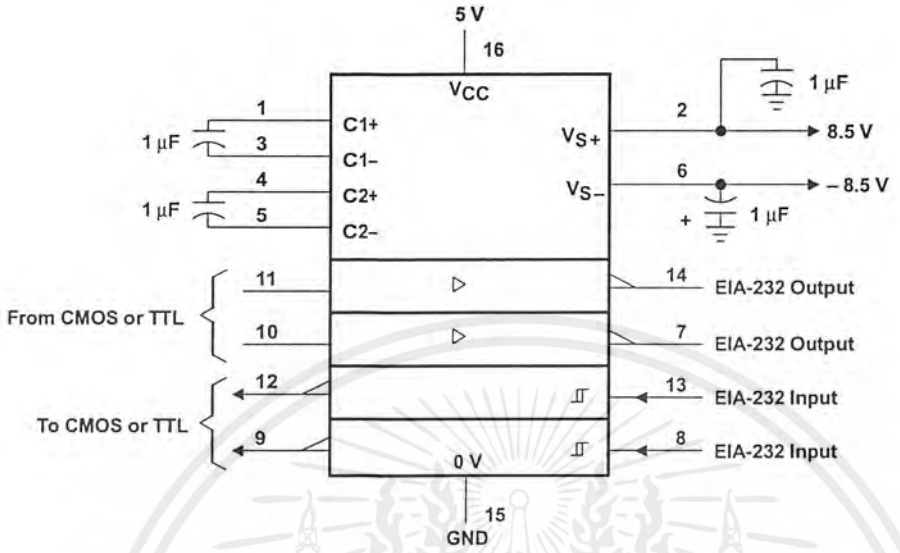


Figure 4. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์พิพัฒน์ เลาหสงคราม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ จนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณ เพื่อน และ รุ่นพี่ทุกคนที่ได้ให้การช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมเสมอมา คอยอยู่ดึกเป็นเพื่อน คอยหาเครื่องไม้เครื่องมือให้ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้การสนับสนุน และคอยให้กำลังใจเสมอมา คุณความดีที่พึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ บิดา-มารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ธาริน สิทธิธรรมชารี, "คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0", บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด

2. ธาริน สิทธิธรรมชารี, "คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 Advanced", บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด

3. สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช, "Visual Basic professional 5.0 การใช้คำสั่งและคอนโทรล Active X", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2541

4. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, "Internet Programming ด้วย Visual Basic 6.0 และ ASP", สำนักพิมพ์อินโฟเพรส, 2542

5. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541

6. John P. Bentley, "Principles of measurement systems", Longman Group Limited, 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้