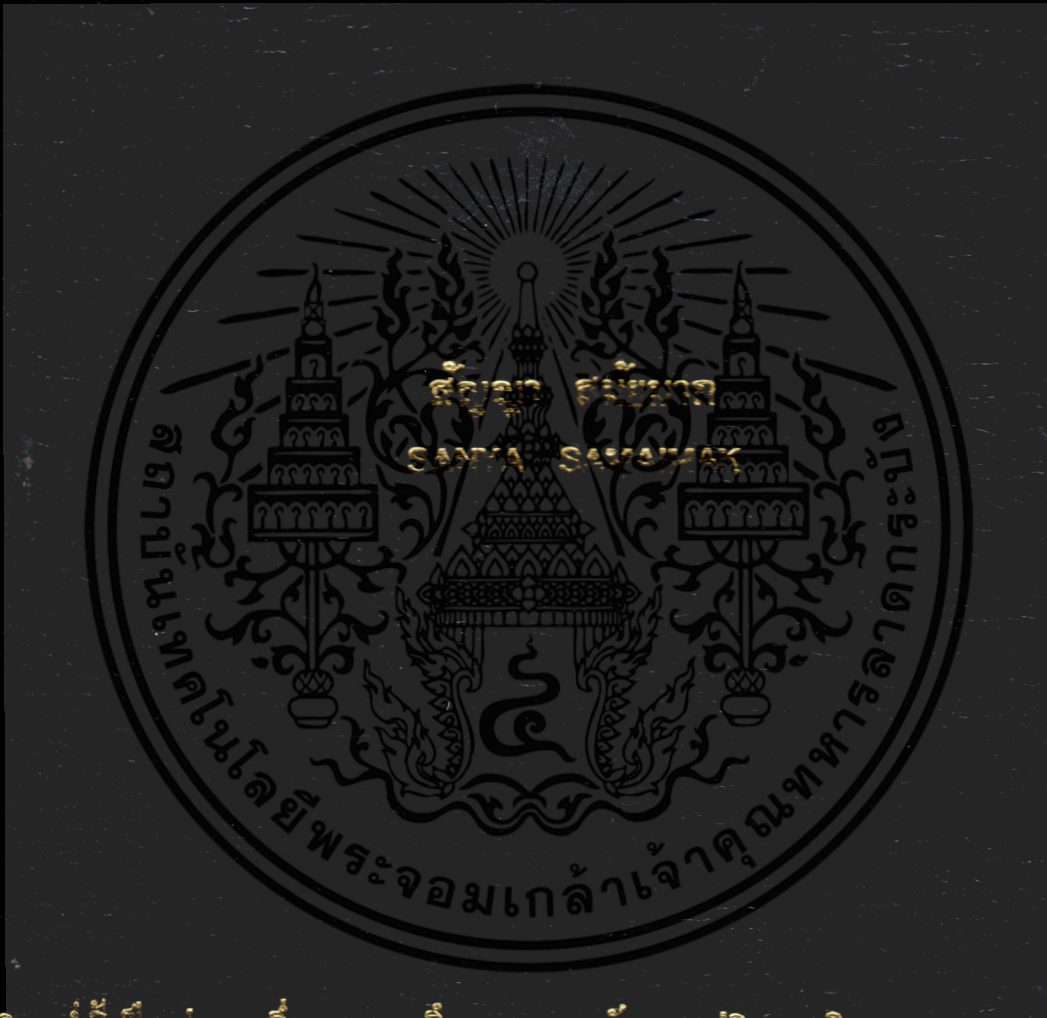


การอ่านข้อมูลขนาด 8 ช่องสัญญาณ โดย ADC แบบอนุกรมสำหรับ MCS-51

8-CHANNEL DATA READING BY SERIAL ADCs FOR MCS-51



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของกรณีที่ขอขานพจนานุกรมปริญาภูมิวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-M-069-023

การอ่านข้อมูลขนาด 8 ช่องสัญญาณ โดย ADC แบบอนุกรมสำหรับ MCS-51

8-CHANNEL DATA READING BY SERIAL ADCs FOR MCS-51



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 95651  
วัน,เดือน,ปี..... 27 พ.ศ. 2552

b. 120 91741  
i. ....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

# 8-CHANNEL DATA READING BY SERIAL ADCs FOR MCS-51



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาสาระของเอกสารฉบับนี้โดยไม่ขออนุญาตจากสถาบันฯ  
KMUTL-2009-EN-M-060-023




**COPYRIGHT 2009**

**FACULTY OF ENGINEERING**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การอ่านข้อมูลขนาด 8 ช่องสัญญาณ โดย ADC แบบอนุกรมสำหรับ MCS-51  
Thesis Title 8-Channel Data Reading by Serial ADCs for MCS-51  
นักศึกษา นายสัญญา สมัยมาก  
รหัสประจำตัว 47060606  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สาธิต อินทจักร์  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-060-023

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	
รศ.ดร.สุรพันธ์	ยิ้มมัน	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวิวิทย์	
รศ.ดร.สาธิต	อินทจักร์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2552 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การอ่านข้อมูลขนาด 8 ช่องสัญญาณ โดย ADC แบบอนุกรมสำหรับ MCS-51
นักศึกษา	นายสัญญา สมัยมาก
รหัสนักศึกษา	47060606
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สาธิต อินทจักร์

### บทคัดย่อ

การดึงข้อมูลเอามาใช้จากระบบใดๆ วิธีการดึงข้อมูลออกมานั้นมีผลกับเวลาที่จะได้รับข้อมูล และที่สำคัญไปกว่านั้นวิธีการดึงข้อมูลยังส่งผลกระทบต่อความถูกต้อง วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการดึงข้อมูลแบบแปรช่องสัญญาณ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและในทางกลับกันจะช่วยลดความไม่แน่นอนของข้อมูลลงได้ วิธีที่นำเสนอนี้ได้ออกแบบทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ที่ทำให้การดึงข้อมูลทั้งแปรช่องทำงานแบบขนาน จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าการดึงข้อมูลแบบแปรช่องสัญญาณจะช่วยเพิ่มความถูกต้องและลดความไม่แน่นอนของข้อมูลลงได้ในเวลาเดียวกัน

**Thesis Title** 8-Channel Data Reading By Serial ADCs For MCS-51  
**Student** Mr. Sanya Samaimak  
**Student ID.** 47060606  
**Degree** Master of Engineering  
**Program** Instrumentation Engineering  
**Year** 2009  
**Thesis Advisor** Assoc.Prof.Dr.Sathit Intajag

## ABSTRACT

In data an acquisition, method to acquire data has an effect to the access time and more importance with the accuracy. This thesis proposes 8-channel data acquisition to increase the accuracy; on the other hand, the proposed method could decrease the uncertainty of data. Our method is designed both hardware and software for acquiring 8-channel at the same time. From the experimental results, we have shown how the acquiring technique can increase the accuracy and decrease the uncertainty.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.สาธิต อินทจักร์  
ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร และ รศ.ศักรียา ชิตวงศ์ ที่กรุณา  
ช่วยเหลือในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ  
และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี  
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สัญญา สมัยมาก

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 การเรียงลำดับเนื้อหาในวิทยานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ระบบคาน้ำแอกควิซิชัน.....	4
2.1 การประยุกต์ใช้งานกับระบบคาน้ำแอกควิซิชัน.....	4
2.2 ส่วนประกอบสำคัญของระบบคาน้ำแอกควิซิชัน.....	5
2.2.1 ส่วนชุดตรวจจับสัญญาณกายภาพ.....	5
2.2.2 ส่วนปรับสภาพสัญญาณ.....	6
2.2.3 ส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคัมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์.....	7
2.2.4 ซอฟต์แวร์ในระบบคาน้ำแอกควิซิชัน.....	7
2.3 ลักษณะสัญญาณในระบบคาน้ำแอกควิซิชัน.....	8
2.3.1 สัญญาณแบบดิจิตอล.....	8
2.3.2 สัญญาณแบบอนาลอก.....	9
2.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและการนำมาใช้กับระบบ DAQ.....	11
2.4.1 หลักการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล.....	11
2.4.2 ชนิดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	13
2.4.3 ความเที่ยงตรงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	19
2.4.4 ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณ.....	19
2.4.5 ข้อพิจารณาเลือกใช้งานวงจร ADC ในฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อเชื่อมต่อกับ	

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ส่วนประกอบของระบบคาด้าเอกควิซิชั่นที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้.....	22
2.5.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณทางกายภาพ.....	22
2.5.2 วงจรปรับสภาพสัญญาณ.....	22
2.5.3 ส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคัมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์.....	22
2.5.4 ซอฟต์แวร์.....	22
<b>บทที่ 3 ความไม่แน่นอนในการวัด.....</b>	<b>23</b>
3.1 ประเภทของความผิดพลาด.....	23
3.2 การลดความผิดพลาด.....	24
3.3 การหาค่าความไม่แน่นอน.....	24
3.3.1 ความไม่แน่นอน Type A.....	24
3.3.2 ความไม่แน่นอน Type B.....	27
3.3.3 รวมความไม่แน่นอนทั้งหมด.....	27
<b>บทที่ 4 การออกแบบตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ.....</b>	<b>29</b>
4.1 ตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ.....	29
4.2 ฮาร์ดแวร์.....	29
4.3 ซอฟต์แวร์.....	29
4.3.1 การเขียนโปรแกรมสำหรับการอ่านแบบอนุกรม 8 ช่องสัญญาณ.....	32
4.3.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับการอ่านแบบขนาน 8 ช่องสัญญาณ.....	35
4.4 การสร้างสัญญาณสุ่มเพื่อใช้กับการสุ่มแบบ RIS.....	37
<b>บทที่ 5 ผลการทดลอง.....</b>	<b>39</b>
5.1 การวัดช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลของ ADC.....	39
5.2 การเปรียบเทียบการแสดงผลด้วยรูปกราฟของการอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ.....	41
5.3 การหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดจากผลของการอ่านข้อมูลในแต่ละรูปแบบ.....	50
<b>บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>55</b>

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ค่า Student's t Factor.....	26
5.1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนที่ความถี่เท่ากับ 0 Hz.....	52
5.2 ผลการประเมินความไม่แน่นอนที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz.....	53



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ไดอะแกรมการทำงานเบื้องต้นของระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....6
2.2	กระบวนการทำงานกับสัญญาณสถานะดิจิทัลในระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....8
2.3	กระบวนการทำงานกับสัญญาณดิจิทัลแบบขบวนพัลส์ในระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....9
2.4	กระบวนการทำงานกับสัญญาณไฟตรงอนาลอกในระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....9
2.5	กระบวนการทำงานกับสัญญาณอนาลอกในเชิงเวลาของระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....10
2.6	กระบวนการทำงานกับสัญญาณอนาลอกในเชิงความถี่ของระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....10
2.7	หลักการการทำงานเบื้องต้นของวงจรถอดรหัส.....12
2.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตในทางอุดมคติ ของวงจรถอดรหัสขนาด 3 บิต.....12
2.9	วงจรถอดรหัสสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบเปรียบเทียบแรงดัน.....14
2.10	ไดอะแกรมการทำงานวงจรถอดรหัสสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบวงจรมัลติเพล็กซ์.....15
2.11	ไดอะแกรมเวลาการทำงานของวงจรถอดรหัสสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล แบบวงจรมัลติเพล็กซ์.....16
2.12	ไดอะแกรมการทำงานของวงจรถอดรหัส แบบซิกเซสซีฟแอปทรีอ็อกซิเมชัน.....17
2.13	ไดอะแกรมเวลาการทำงานของวงจรถอดรหัส แบบซิกเซสซีฟแอปทรีอ็อกซิเมชัน.....18
2.14	จังหวะของการสุ่มสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจรถอดรหัสสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ในระบบคาด้าแอกควิซิชั่น.....21
3.1	เส้นโค้งแสดงการกระจายปกติ.....25
4.1	ไดอะแกรมของระบบ.....29
4.2	วงจรรวมของตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ.....30
4.3	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมใน MCS-51.....32
4.4	ไดอะแกรม ADC ที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์.....33
4.5	ไดอะแกรม ADC ที่อยู่นอกไมโครคอนโทรลเลอร์.....33
4.6	ผังงาน ขั้นตอนในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง.....34
4.7	รูปแบบการสื่อสารเมื่อทำงานในโหมดการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง.....34
4.8	การอ่านสัญญาณเข้าและกำหนดตัวแปรขึ้นมารองรับข้อมูล.....35
4.9	ผังงานขั้นตอนในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง.....36
4.10	รูปแบบการสื่อสารเมื่อทำงานในโหมดการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง.....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 รูปแบบการสุ่มที่ได้จากการคำนวณ.....	38
5.1 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง.....	39
5.2 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง.....	40
5.3 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องแบบต่อเนื่อง.....	40
5.4 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องแบบต่อเนื่อง.....	40
5.5 ไคอะแกรมการเชื่อมต่อของการอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ.....	41
5.6 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 Hz.....	42
5.7 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 Hz.....	42
5.8 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 Hz.....	43
5.9 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 Hz.....	43
5.10 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz.....	44
5.11 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz.....	44
5.12 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 kHz.....	45
5.13 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 kHz.....	45
5.14 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 kHz.....	46
5.15 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 kHz.....	46
5.16 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz.....	47
5.17 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz.....	47
5.18 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1.04 kHz.....	48
5.19 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1.04 kHz.....	48
5.20 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10.09 kHz.....	49
5.21 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10.09 kHz.....	49
5.22 สัญญาณที่วัดได้จากวงจร RC.....	50
5.23 ผลการอ่านข้อมูลที่ได้จากวงจร RC แบบอนุกรม 8 ช่อง.....	51
5.24 ผลการอ่านข้อมูลที่ได้จากวงจร RC แบบขนาน 8 ช่อง.....	51
5.25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวงจร RC ด้วย MATLAB แบบอนุกรม 8 ช่อง.....	52
5.26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวงจร RC ด้วย MATLAB แบบขนาน.....	52
6.1 การต่อใช้งาน EEG Probe กับผู้ป่วย.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัย.....	60
ก.2 แสดงวงจร ADC ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองในงานวิจัย.....	60
ก.3 แสดงสัญญาณที่วัดได้ด้วยออสซิลโลสโคป.....	61
ก.4 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากวงจร ADC ด้วยคอมพิวเตอร์.....	61



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ระบบการวัดและการควบคุมในทางอุตสาหกรรม จำเป็นต้องนำเอาข้อมูลของสภาพแวดล้อม และสิ่งที่ต้องการจะควบคุมมาตรวจสอบ การประมวลผลสัญญาณจากการวัดโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณ ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณ ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงของขนาด สัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไปและแปรผันตามเวลา เช่น แรงดันของน้ำ เป็นต้น ซึ่งเราจะเรียกสัญญาณ ประเภทนี้ว่า สัญญาณอนาล็อก แต่ตัวประมวลผลส่วนใหญ่จะใช้สัญญาณที่เป็นดิจิทัล ซึ่งเป็นสัญญาณ ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) มีขนาดของสัญญาณคงที่ การเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณ เป็นแบบทันทีทันใด ไม่แปรผันตามเวลา เช่น สัญญาณไฟฟ้า เป็นต้น ในกรณีนี้ทำให้ต้องมีตัวกลาง ที่ทำหน้าที่ในการแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยอุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่แปลง สัญญาณคือ ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Converter) หรือ เรียกสั้น ๆ ได้ว่า เอนทิ (A/D) หรือ เอดิซี (ADC) โดยเอดิซีจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลที่มีมนุษย์ รับรู้ สัมผัสได้ เป็นข้อมูลทางไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบการประมวลผล

การส่งข้อมูลของเอดิซีจะมีการส่งทั้งแบบอนุกรม และแบบขนาน สำหรับการส่งข้อมูล แบบอนุกรม จะเป็นการส่งข้อมูลที่ละบิต (Bit) เรียงกัน โดยใช้สายส่งเพียงเส้นเดียว ทำให้ประหยัด ค่าใช้จ่ายในการส่งจึงใช้ในการส่งระยะทางไกลแต่จะส่งได้ช้า สำหรับการส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการส่งข้อมูลได้ครั้งละหลายบิตพร้อมกัน ทำให้ข้อมูลส่งได้เร็วแต่จะต้องใช้จำนวนสายเท่ากับจำนวน บิตที่ส่ง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจึงนิยมใช้ในการส่งระยะใกล้ โดยปกติการอ่านข้อมูลสำหรับเอดิซี แบบอนุกรมจากหลาย ๆ ช่องสัญญาณจะอ่านทีละช่องสัญญาณแล้วนำข้อมูลมาประมวลผลร่วมกัน ซึ่งจะเกิดข้อเสียคือ ทำให้ช่วงเวลาการอ่านข้อมูลของเอดิซีจากช่องแรกจนถึงช่องสุดท้ายมีความ เหลื่อมล้ำกันอยู่ จึงอาจทำให้ข้อมูลที่จะถูกนำไปประมวลผลเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง คือการอ่านข้อมูลจาก ADC แบบอนุกรม 8 ช่องด้วยวิธีการอ่านแบบขนาน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีการอ่านแบบอนุกรม 8 ช่อง คือการอ่านข้อมูลจาก ADC แบบอนุกรม 8 ช่องโดยการอ่านเข้ามาทีละช่อง โดยได้ทำการออกแบบ ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ให้มีความสามารถในการอ่านข้อมูลเข้ามาราวละ 8 จุดในช่วงเวลา เดียวกัน จะทำให้ลดความผิดพลาดในเรื่องของเวลาที่เหลื่อมล้ำกันอยู่ได้ โดยข้อมูลที่รับจะถูก นำเข้ามาส่วนหนึ่งจะถูกประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เพื่อจัดเรียงให้อยู่ใน รูปแบบที่เหมาะสมในการสื่อสารเพื่อส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลมา ประมวลผลเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาการอ่านข้อมูลจาก ADC แบบอนุกรมพร้อมกันทั้ง 8 ช่องสัญญาณ โดยทำการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้มีความเหมาะสมกับการอ่านข้อมูล
2. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ใช้กันทั่วไปกับเทคนิคการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ได้พัฒนาขึ้น
3. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของสัญญาณที่ได้กับสัญญาณอนาลอกต้นแบบที่จะถูกแปลงด้วย ADC
4. เพื่อลดค่าความไม่แน่นอนจากการวัดสัญญาณ

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สัญญาณอนาลอกต้นแบบที่นำเข้ามาประมวลผลได้มาจากตัวกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) ที่จ่ายสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ให้แก่วงจรเอ็ดจี ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลได้ใช้ไอซี เบอร์ LTC1298 ซึ่งเป็นเอ็ดจีแบบอนุกรมที่มีความละเอียดในการแปลงข้อมูลขนาด 12 บิต จำนวนของเอ็ดจีที่ใช้ในการวัดสัญญาณมีทั้งหมด 8 ตัว ที่มีความเป็นอิสระต่อกันในการวัดสัญญาณทั้ง 8 ช่องสัญญาณ และจะทำการอ่านข้อมูลเข้ามาพร้อมกันทั้ง 8 ช่อง การออกแบบฮาร์ดแวร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่จะถูกนำเข้ามาจากตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะแสดงเป็นสัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณที่ได้รับมาจาก ADC ทั้ง 8 ตัว ในช่วงเวลาจริงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง

## 1.4 การเรียงลำดับเนื้อหาในวิทยานิพนธ์

ในรายงานการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้แยกเนื้อหาออกเป็นบท ๆ รวม 6 บทดังนี้  
 บทที่ 1 บทนำ ซึ่งได้กล่าวถึงภาพรวมของระบบการวัดทั่วไป และการอ่านข้อมูลแบบขนานที่นำเสนอว่าดีกว่าอย่างไร

บทที่ 2 ระบบคาน้ำแอกควิซิชัน อธิบายถึงส่วนประกอบของระบบคาน้ำแอกควิซิชัน ลักษณะสัญญาณในระบบคาน้ำแอกควิซิชัน หลักการแต่ละชนิดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล วิธีการสุ่มสัญญาณ และส่วนประกอบของระบบคาน้ำแอกควิซิชันที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้

บทที่ 3 ความไม่แน่นอนในการวัด เป็นการกล่าวถึงวิธีการหาค่าความไม่แน่นอนในการวัด ได้แก่ ความไม่แน่นอน Type A, ความไม่แน่นอน Type B, การรวมความไม่แน่นอนทั้งหมด

บทที่ 4 การออกแบบตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ มีการอ้างถึงหลักการเดิม แล้วนำเสนอแนวคิดใหม่ที่วิจัย อธิบายภาพรวมของวิธีการใหม่ และแยกย่อยอธิบายการออกแบบทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์

บทที่ 5 ผลการทดลอง เป็นการแสดงผลที่ได้จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องกับแบบขนาน 8 ช่อง

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบดาต้าแอกควิซิชัน (Data Acquisition System)

ระบบดาต้าแอกควิซิชัน (Data Acquisition System : DAQ) เป็นการเก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจริงด้วยคอมพิวเตอร์ ในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเชิงคุณภาพ DAQ มีการประมวลผลสัญญาณของระบบคอมพิวเตอร์จะมีความแตกต่างจากระบบทั่วไปตรงที่มีฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อตรวจจับสัญญาณทางกายภาพ อาทิ อุณหภูมิ ความดันอากาศ หรืออัตราการไหล แล้วแปลงสัญญาณเหล่านั้นเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ที่พัฒนาตามคุณลักษณะของงานวิจัยนั้นๆ ตามเวลาจริง (Real-Time) ในอดีตมักใช้เป็นระบบเฉพาะเจาะจงตามประเภทงานไม่สามารถใช้ร่วมกับงานอื่นได้ ทั้งยังมีราคาที่สูงมาก ทว่าด้วยความสามารถของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลในปัจจุบัน กอปรกับการใช้งานที่ง่ายขึ้นของซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการที่เป็นระบบวินโดวส์ที่ติดต่อกับผู้ใช้ในโหมคราฟิก ทำให้สามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานด้านดาต้าแอกควิซิชันได้อย่างไม่ยุ่งยาก และให้ความคล่องตัวกับนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัยทดลองและวิศวกรในการพัฒนาระบบงานดังกล่าวได้เองจากฮาร์ดแวร์พิเศษและซอฟต์แวร์งานด้านดาต้าแอกควิซิชันที่มีให้เลือกมากมาย นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกันได้ ทำให้ราคาระบบโดยรวมไม่สูงมากนัก

### 2.1 การประยุกต์ใช้งานกับระบบดาต้าแอกควิซิชัน

การนำเอาระบบดาต้าแอกควิซิชันมาประยุกต์ในการวัดและทดสอบแบบอัตโนมัติ ทำให้งานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมสามารถกระทำได้หลากหลาย เนื่องจากผู้พัฒนาระบบหรือผู้วิจัยสามารถเพิ่มเติมปรับแต่งและกำหนดค่าได้ตามแต่ลักษณะของซอฟต์แวร์ประยุกต์นั้นๆ หน้าที่หลักของซอฟต์แวร์คือ เก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์การวัดหรือตัวตรวจจับ (Sensor) มาเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลแล้วทำการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับตามเวลาจริงที่หน้าจอแสดงผลในลักษณะภาพกราฟิก สามารถป้อนข้อมูลตั้งค่าการวัดและทดสอบได้ นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาประมวลผลวิเคราะห์ตามเงื่อนไขฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นกราฟสรุปคุณลักษณะของกลุ่มข้อมูลจากการสุ่ม

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานในระบบงานดาต้าแอกควิซิชัน

ในงานวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์เช่น ระบบวัดทางไฟฟ้าเบื้องต้น, วัดการสื่อสารข้อมูลดิจิทัล, การทดลองทฤษฎีงานควบคุม, งานประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing), ทดลองหลักการคอมพิวเตอร์และการเชื่อมโยงข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เช่น ระบบวัดและทดสอบอัตโนมัติ, งานทดลองกลศาสตร์ของไหล, งานทดสอบการส่งถ่ายความร้อนและมวลสาร, ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ในงานวิทยาศาสตร์ในสาขาฟิสิกส์ เช่น ระบบวัดค่ากายภาพทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความดัน, น้ำหนักและอุณหภูมิ, ระบบวัดสนามแม่เหล็กและทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า, เลเซอร์ เป็นต้น

ในงานชีวภาพ เช่น งานทดสอบโมเดลถ่ายทอดพันธุกรรม, ระบบงานรวบรวมข้อมูลการเคลื่อนไหวทางกายภาพ, การวัดการขยายตัวของออกซิเจน, มิเตอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าของหัวใจ (ECG, EKG : Electrocardiogram), งานทดสอบโครงสร้างและสมรรถภาพกล้ามเนื้อ เป็นต้น

ในงานวิศวกรรมเคมี เช่น การวัดผลผลิตพลังงาน, งานวิเคราะห์สารทางเคมีแบบดิจิทัล, การวัดครึ่งชีวิตของไอโซโทป (Half-Life of Isotopes), งานพัฒนาสเปกโตรโฟโตมิเตอร์, งานวิเคราะห์ผังโมเลกุลโทโปกราฟี (Topography), งานทดสอบการเชื่อมผ่านถ่ายความร้อนสาร

ในงานประมวลคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณเชิงพีชคณิต, การจัดวางค่าที่ให้ผลดีที่สุด, การอินเกรตและดิฟเฟอเรนเชียล, การแปลงรูปสมการคณิตศาสตร์ เป็นต้น

จากความยืดหยุ่นของระบบค้ำค่าแอกควิซิชัน ทำให้สามารถพัฒนาระบบการวัดและทดสอบอัตโนมัติได้หลากหลาย ที่สามารถครอบคลุมไปถึงกระบวนการผลิตและระบบการทดสอบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่างๆ อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร, อุตสาหกรรมอุปกรณ์สื่อสาร, อุตสาหกรรมรถยนต์, อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จึงเป็นเรื่องที่จะต้องทำความเข้าใจการทำงานตลอดถึงสามารถที่จะพัฒนาระบบค้ำค่าแอกควิซิชันอย่างง่ายขึ้นใช้เอง

## 2.2 ส่วนประกอบสำคัญของระบบค้ำค่าแอกควิซิชัน

ในรูปที่ 2.1 แสดงไคอะแกรมการทำงานเบื้องต้นของระบบค้ำค่าแอกควิซิชัน มีส่วน ประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ

2.2.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกายภาพ (Transducer/Sensor/Detector)

2.2.2 วงจรปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning)

2.2.3 ส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคุมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (Data Acquisition Board : DAQ Board)

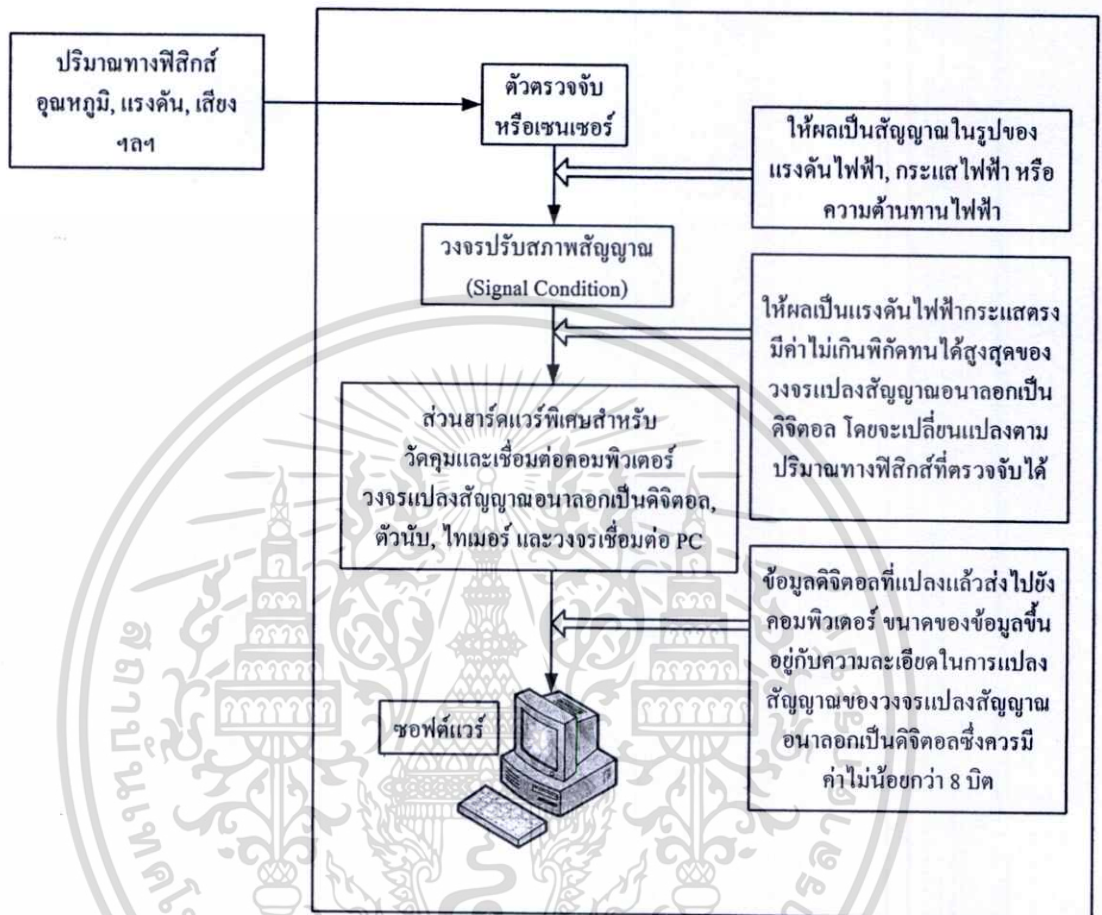
2.2.4 ซอฟต์แวร์ใช้งาน (Application Software)

### 2.2.1 ส่วนชุดตรวจจับสัญญาณกายภาพ

ชุดตรวจจับสัญญาณกายภาพ หรือ ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คือตัวแปลงสัญญาณทางกายภาพ (เช่น อุณหภูมิ ความดัน ระดับของไหล ความยาว ตำแหน่งการเคลื่อนที่ ฯลฯ) ให้อยู่

ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้า หรือบางครั้งเรียกอุปกรณ์เหล่านี้ว่า ตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งมีด้วยกันหลากหลายรูปแบบ อาทิ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple), ตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ให้ผลเป็นค่าความ

ด้านทานไฟฟ้า (RTDs : Resistance Temperature Detectors), ตัวตรวจจับการไหล (Flow Sensor), ตัวตรวจจับความดัน (Pressure Sensor), สเตรนเกจวัดแรงเค้น (Strain Gauges), โหลดเซลล์น้ำหนัก (Load Cell) ซึ่งใช้วัดค่าของอัตราการไหล การเปลี่ยนความดัน แรงกด หรือระยะทาง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ไคอะแกรมการทำงานเบื้องต้นของระบบคาด้าแอกควิชิชัน

### 2.2.2 ส่วนปรับสภาพสัญญาณ

หน้าที่หลักของส่วนปรับสภาพสัญญาณคือ ปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จาก ชุดตรวจจับก่อนที่จะส่งสัญญาณต่อไปยังฮาร์ดแวร์ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจมีความจำเป็นต้องปรับสเกลขยายขนาดสัญญาณ, แปลงรูปสัญญาณให้เป็นเชิงเส้น (Linearization), กรองคลื่นสัญญาณ, การแยกกราวด์ของสัญญาณ (Common-Mode Rejection) และทำการกระตุ้นสัญญาณเป็นต้น หน้าที่เด่นของส่วนปรับสภาพสัญญาณคือ ขยายขนาดสัญญาณ (Amplify) เพราะส่วนใหญ่สัญญาณที่ได้จากชุดตรวจจับจะต่ำมาก มีขนาดแรงดันไฟฟ้าในหน่วยมิลลิโวลต์ (Millivolt : mV หรือ 1/1000V) และมักมีสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟปะปนมา ซึ่งอาจรบกวนสัญญาณด้าน อินพุตในขณะที่สัญญาณเข้าสู่ระบบ ทำให้ค่าสัญญาณที่วัดไม่ถูกต้องและไม่เที่ยงตรง นอกจากนี้

เอกสารนี้แจ้งวงจรปรับสภาพสัญญาณยังใช้ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ไม่ได้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า เช่น กระแสไฟฟ้าหรือความดันไฟฟ้ามาอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวงจรแปลงสัญญาณ

อนาลอกเป็นดิจิทัลที่อยู่ในฮาร์ดแวร์พิเศษสำหรับวัดคูลม อาทิ แปลงค่ากระแสไฟฟ้า 4-20mA จากตัวตรวจจับที่ให้ผลเป็นกระแสไฟฟ้าแล้วแปลงเป็นแรงดันไฟตรง 0-5V หรือปรับแรงดันไฟตรงจากตัวตรวจจับที่อยู่ในช่วง -10V ถึง +10V เป็น 0-5V เป็นต้น

### 2.2.3 ส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคูลมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้วัดคูลมและเชื่อมต่อเพื่อส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์นั้น มีอยู่ 2 แบบหลักๆ คือ แบบการ์ดเสียบ (Plug-In DAQ Cards) และ แบบเชื่อมต่อภายนอก (External DAQ System) โดยแบบการ์ดเสียบติดตั้งลงบนสล็อตขยายของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไว้สำหรับติดตั้งฮาร์ดแวร์พิเศษเพิ่มเติม ซึ่งการติดต่อของการ์ดเสียบนี้จะกระทำผ่านบัส ISA ของเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นเก่าหรือผ่านบัส PCI สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ส่วนแบบเชื่อมต่อภายนอกจะใช้พอร์ตสื่อสารมาตรฐาน ซึ่งได้แก่พอร์ตอนุกรม RS 232 พอร์ตขนาน IEEE 1284 [1] (ซึ่งก็คือพอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตเครื่องพิมพ์นั่นเอง), พอร์ตขนาน IEEE 488 [1] หรือบัส (GPIB: General Purpose Interface Bus) รวมถึงบัสแบบ (VXI: VME extensions for Instrumentation) แทนการเสียบการ์ด มักใช้กับงานสนามที่ต้องพกพาแยกส่วนอุปกรณ์เพื่อความสะดวกและถอดเปลี่ยน ในส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคูลมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นี้ อาจกำหนดให้ทำหน้าที่เพียงอย่างเดียวหรือมากกว่านี้เพื่อรับค่าสัญญาณเข้าแบบอนาลอก (Analog Input), ส่งค่าสัญญาณออกแบบอนาลอก (Analog Output), รับค่าสัญญาณเข้าแบบตัวเลข (Digital Input), ส่งค่าสัญญาณออกแบบตัวเลข (Digital Output) และทำการนับจำนวนหรือจับเวลา (Counter/Time) ซึ่งทั้งหมดนี้จะขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ว่ามีฟังก์ชันใดบ้าง และมีความละเอียดหรือตอบสนองได้เร็วเพียงไร

### 2.2.4 ซอฟต์แวร์ในระบบดาต้าแอกควิชชัน

ส่วนประกอบนี้จะขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาระบบเป็นหลัก โดยเฉพาะความถนัดในการใช้งานซอฟต์แวร์และการเขียนโปรแกรม ปัจจุบันผู้ผลิตฮาร์ดแวร์สำหรับงานดาต้าแอกควิชชันมักออกแบบให้รองรับทั้งการเลือกใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปและมีไดรเวอร์สนับสนุน อย่าง OCX (Object Linking and Embedding Control eXtension ActiveX) เพื่อพัฒนาโปรแกรมต่างๆ ขึ้นมาใช้เองด้วยภาษาระดับสูง เช่น ภาษา Visual Basic, Visual C หรือ Delphi เป็นต้น การเลือกโปรแกรมซอฟต์แวร์เพื่อพัฒนาจาต้าแอกควิชชันมีหลักพิจารณา 3 ประการ คือ

1. ระบบซอฟต์แวร์ปฏิบัติการที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ไมโครซอฟต์วินโดวส์ 95/98/ME/XP/NT หรือ 2000 หรือระบบปฏิบัติการประเภทยูนิกซ์ อาทิ Linux, HP-Uinx, Solaris เป็นต้น
2. ความเชี่ยวชาญในการเขียนโปรแกรมหรือความชำนาญในการใช้ซอฟต์แวร์
3. ความสามารถเข้ากันได้ระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

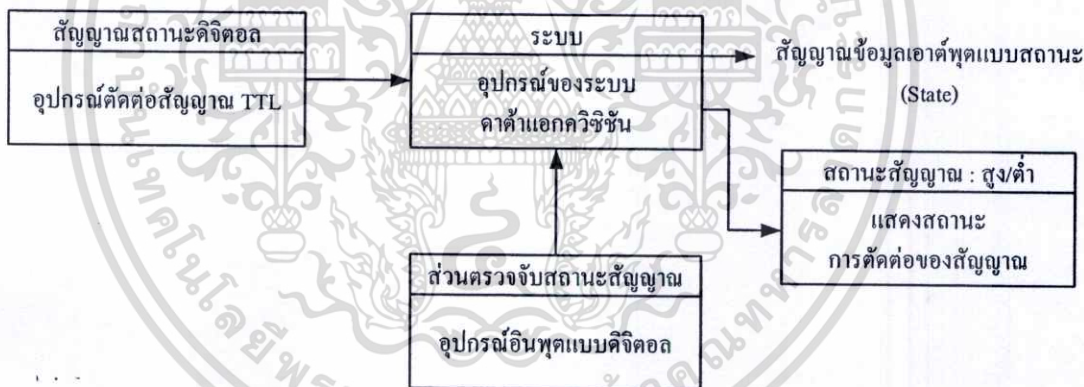
## 2.3 ลักษณะสัญญาณในระบบคาน้ำแอกควิชชัน

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจก็จะเปรียบเทียบระบบคาน้ำแอกควิชชันเป็นเหมือนบล็อกลำนวนทางฟิสิกส์หรือ โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่มีอินพุตถูกส่งเข้ามาที่บล็อกลูกนี้ ก็จะได้ข้อมูลเอาต์พุต 5 ลักษณะคือ ค่าสถานะดิจิทัล (State), อัตราส่วน (Rate), ระดับสัญญาณ (Level), รูปร่าง (Shape) และ ความถี่ (Frequency Content)

อย่างไรก็ตามในระบบคาน้ำแอกควิชชัน ได้กำหนดลักษณะสัญญาณทางด้านอินพุตและเอาต์พุตเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ สัญญาณแบบดิจิทัลและสัญญาณแบบอนาลอก

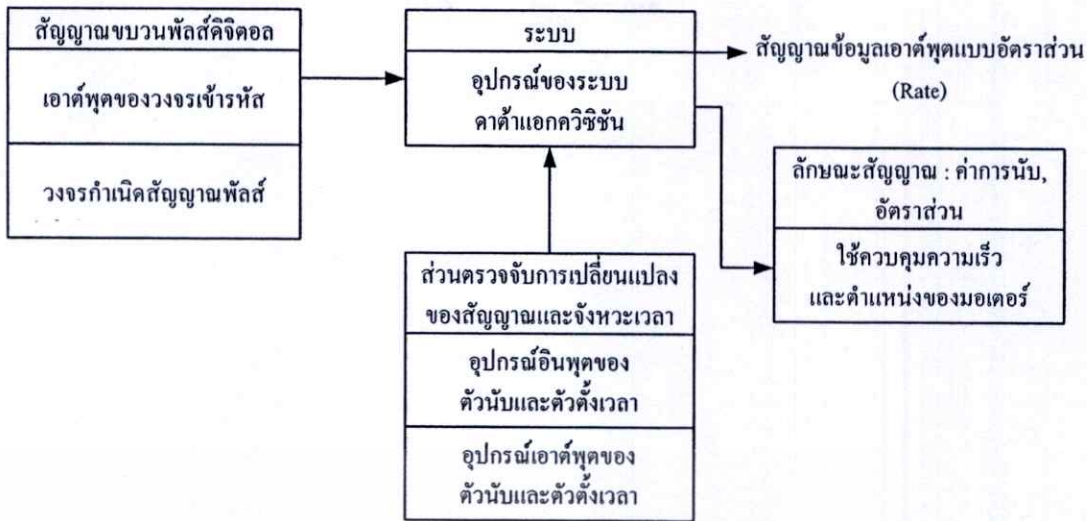
### 2.3.1 สัญญาณแบบดิจิทัล

สัญญาณดิจิทัลในระบบคาน้ำแอกควิชชันมี 2 แบบคือ ค่าสถานะ (State) อัตราส่วน (Rate) โดยค่าสถานะด้านอินพุตคือ การอ่านค่าสถานะเปิดหรือปิด (อาจพิจารณาเป็น “1” หรือ “0” แทนการ “เปิด” และ “ปิด” ก็ได้) จากอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ และพิจารณาด้านเอาต์พุตเป็นการส่งค่าเปิด/ปิด ไปยังอุปกรณ์อย่างเช่นรีเลย์หรือวาล์ว ดังแสดงไคอะแกรมในการใช้งานสัญญาณแบบนี้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการทำงานกับสัญญาณสถานะดิจิทัลในระบบคาน้ำแอกควิชชัน

สัญญาณอีกแบบหนึ่งคือ สัญญาณแบบอัตราส่วน มักเป็นการอ่านค่าพัลส์จากอุปกรณ์จำพวกเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) หรือตัวเข้ารหัสหรืออ่านค่าสัญญาณนาฬิกาจากอุปกรณ์หรือวงจรกำเนิดสัญญาณภายนอก ถ้าพิจารณาทางด้านเอาต์พุตก็จะเป็นสัญญาณควบคุมความกว้างของพัลส์และความถี่ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งของมอเตอร์ ดังแสดงไคอะแกรมการใช้งานสัญญาณแบบนี้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการทำงานกับสัญญาณดิจิทัลแบบขบวนพัลส์ในระบบค่าตัวแยกควิซิชัน

2.3.2 สัญญาณแบบอนาลอก

สัญญาณอนาลอกแบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบสัญญาณไฟตรง (Analog DC Signals), แบบเปลี่ยนค่าตามเวลา (Time-Domain) และ แบบเปลี่ยนค่าตามความถี่ (Frequency-Domain) ซึ่งตรงกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ในแต่ละลักษณะคือ ระดับสัญญาณสำหรับสัญญาณไฟตรง, รูปคลื่น (Shape) สำหรับสัญญาณที่เปลี่ยนค่าตามเวลา และความถี่สำหรับสัญญาณอนาลอกที่เปลี่ยนค่าตามความถี่

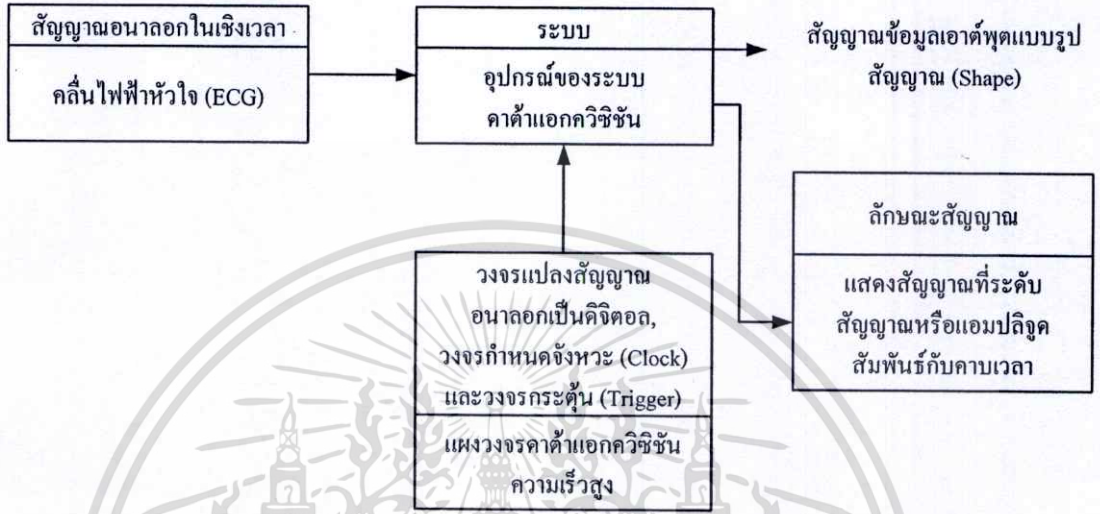
สัญญาณอนาลอกไฟตรง มักเป็นค่าที่ได้จากการวัดขนาดหรือระดับของสัญญาณ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณในเวลาที่ไม่เร็วมากนัก อาทิ ค่าอุณหภูมิ, ระดับของไหล, ความดัน, อัตราการไหล, น้ำหนัก เป็นต้น สัญญาณเหล่านี้สามารถใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC : Analog to Digital Converter) ที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณไม่เร็วมากได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



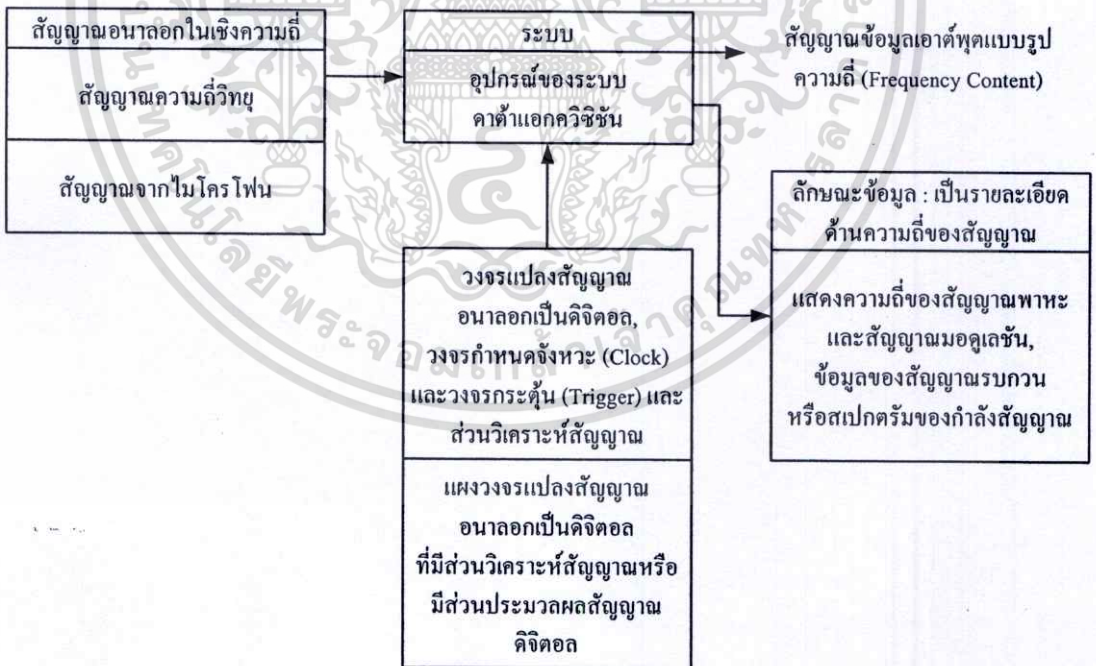
รูปที่ 2.4 กระบวนการทำงานกับสัญญาณไฟตรงอนาลอกในระบบค่าตัวแยกควิซิชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอนาล็อกแบบเปลี่ยนค่าตามเวลา เป็นสัญญาณที่วัดเพื่อพิจารณาลักษณะรูปสัญญาณเป็นหลัก อาทิ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่มีความเร็วในการสุ่มสัญญาณสูง และอาจต้องมีฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อให้มีค่าเวลาที่ได้จากรูปสัญญาณมีความเที่ยงตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กระบวนการทำงานกับสัญญาณอนาล็อกในเชิงเวลาของระบบค่าตัวแยกควิซิชัน



รูปที่ 2.6 กระบวนการทำงานกับสัญญาณอนาล็อกในเชิงความถี่ของระบบค่าตัวแยกควิซิชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

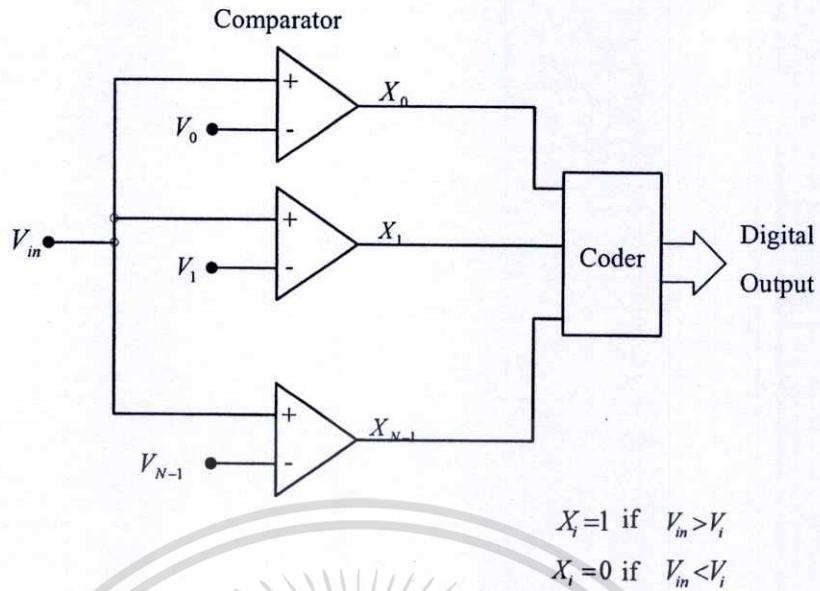
สัญญาณอนาลอกแบบเปลี่ยนค่าตามความถี่ ได้แก่ สัญญาณความถี่วิทยุ (Radio Frequency : RF) และสัญญาณคลื่นเสียง เป็นต้น ในการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีฮาร์ดแวร์พิเศษที่ช่วยประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP: Digital Signal Processing) ทำงานร่วมกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.6

## 2.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลและการนำมาใช้กับระบบ DAQ

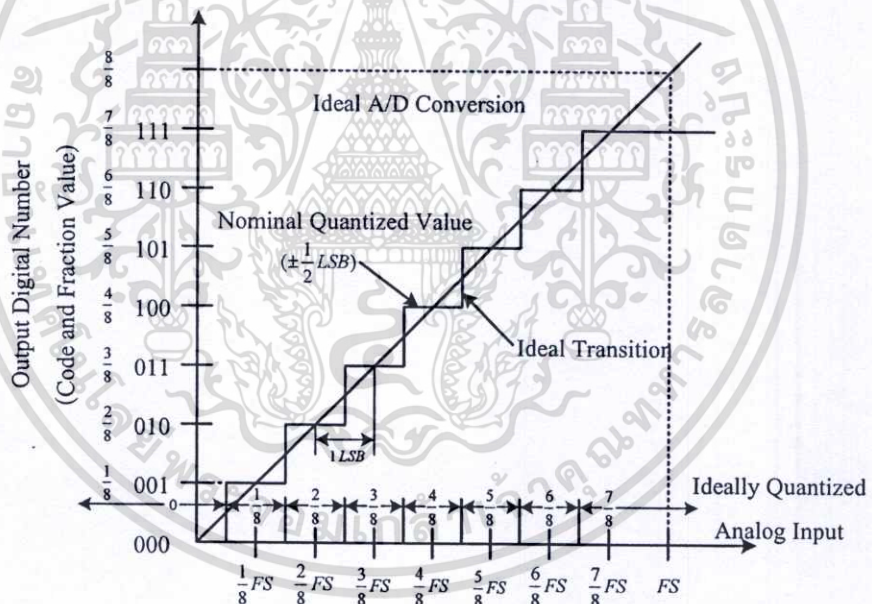
โดยทั่วไปปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีอยู่ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของสัญญาณอนาลอก ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณของแรงดันไฟฟ้า สัญญาณของกระแสไฟฟ้า ค่าอุณหภูมิ หรือระดับความดัน ในขณะที่การประมวลผลสัญญาณ การส่งผ่านสัญญาณและการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ของสัญญาณมักจะอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล ดังนั้นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Converter, ADC) จึงเป็นวงจรหนึ่งที่มีความสำคัญมากในระบบประมวลผลสัญญาณแบบผสม ซึ่งในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานวงจรเอดีซีในระบบต่าง ๆ มากมายเช่น ระบบโทรศัพท์ ระบบสื่อสารแบบดิจิทัล ระบบควบคุมและระบบการวัดคุม เป็นต้น วงจรเอดีซีถือว่าเป็นส่วนประกอบย่อยในระบบดังกล่าวแต่จะมีผลต่อการทำงานของระบบทั้งหมด โดยวงจรเอดีซีที่ดีต้องสามารถแปลงสัญญาณให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าเดิมมากที่สุด มีความผิดพลาดต่ำ และมีความเร็วในการทำงานสูง

### 2.4.1 หลักการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจรเอดีซีทั่วไป [2] แสดงได้ดังรูปที่ 2.7 เมื่อสัญญาณอินพุต ( $V_m$ ) ถูกส่งมาจากวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample-and-Hold Circuit, SAH) และส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) เพื่อเปรียบเทียบค่าสัญญาณอินพุตกับสัญญาณอ้างอิง ( $V_i$ ) แล้วจะได้สัญญาณเอาต์พุต ( $X_i$ ) เป็น "1" เมื่อ  $V_m \geq V_i$  และได้สัญญาณเอาต์พุต ( $X_i$ ) เป็น "0" เมื่อ  $V_m < V_i$  และไม่ว่าจะด้วยหลักการแปลงสัญญาณแบบใด วงจรเอดีซีจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินพุตแบบต่อเนื่องให้เป็นสัญญาณเอาต์พุตแบบไม่ต่อเนื่องที่มีค่าสอดคล้องกัน กระบวนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอกกับข้อมูลตัวเลขที่ใช้แทนสัญญาณดิจิทัล ความแม่นยำของการแปลงจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของข้อมูลดิจิทัล วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด  $n$  บิต จะเกิดข้อมูลดิจิทัลจำนวน  $2^n$  ข้อมูล ยกตัวอย่าง วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล 3 บิต จะเกิดข้อมูลดิจิทัลทางเอาต์พุตทั้งสิ้น 8 ระดับ รูปที่ 2.8 แสดงกราฟคุณลักษณะระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตในทางอุดมคติของวงจรเอดีซีขนาด 3 บิตที่มีการเข้ารหัสแบบไบนารี โดยระยะห่างของแต่ละข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดความแม่นยำของการแปลงสัญญาณ กระบวนการที่ทำหน้าที่ตีความระดับสัญญาณอนาลอกว่าตรงกับข้อมูลดิจิทัลใดเรียกว่า



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจรเอดีซี



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตในทางอุดมคติของวงจรเอดีซีขนาด 3 บิต [2]

ระยะห่างของระดับข้อมูลดิจิทัลในวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ (2.1)

$$\text{ระยะห่างของระดับแรงดัน} = V_{LSB} = V_{FS} / 2^n \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $V_{Fs}$  คือ แรงดันเต็มสเกลหรือแรงดันสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ปกติมีค่าเท่ากับไฟเลี้ยง

$V_{LSB}$  คือ ระยะห่างของระดับแรงดันที่ข้อมูล 1 บิต หรือค่าแรงดันที่ข้อมูลดิจิทัลเท่ากับ 1

โดยสามารถที่จะกำหนดความสัมพันธ์ของแรงดันอินพุตแบบอนาลอกกับข้อมูลดิจิทัลสูงสุดในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นที่บิตก็ตามได้ดังสมการที่ (2.2)

$$\text{แรงดันอินพุตแบบอนาลอกที่ทำให้เกิดข้อมูลดิจิทัลสูงสุด} = V_{Fs} - V_{LSB} \quad (2.2)$$

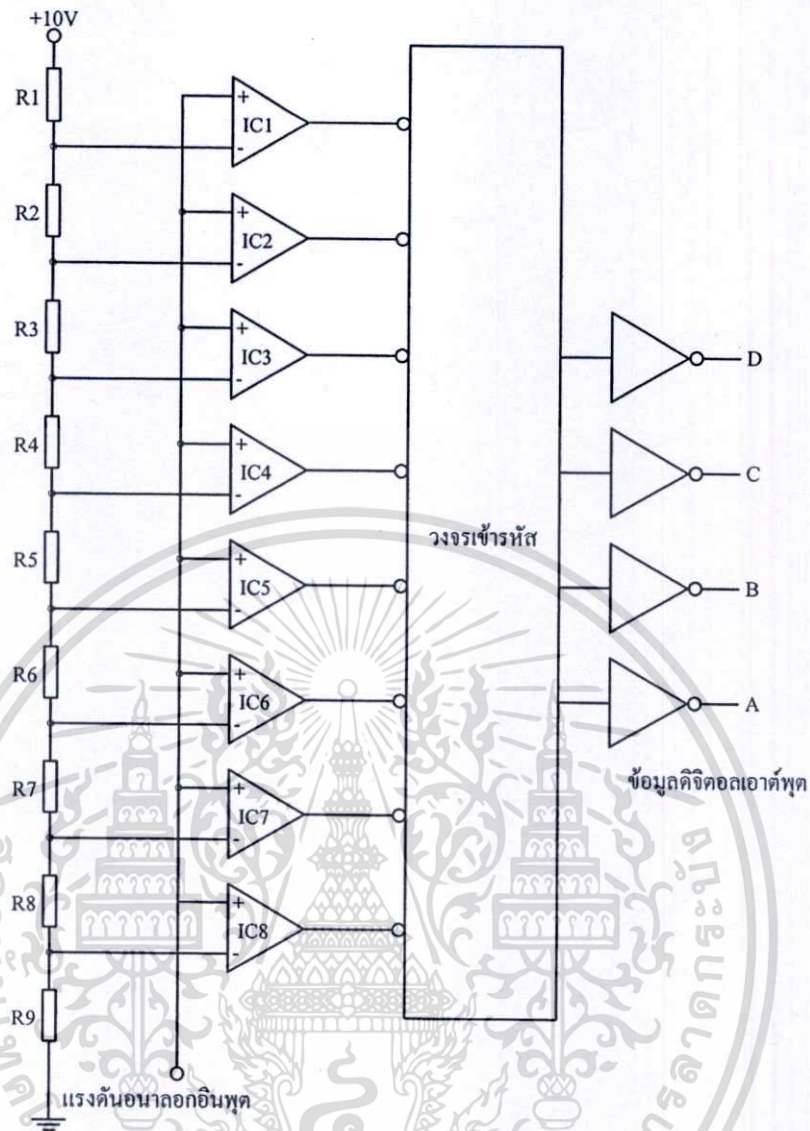
ในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ถ้าหากจำนวนบิตของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลมีมากขึ้น ค่าของแรงดัน  $V_{LSB}$  จะลดลง ทำให้ความแม่นยำของการแปลงสัญญาณมีมากขึ้น และส่งผลให้ข้อมูลดิจิทัลมีคุณภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับแรงดันอนาลอกทางอินพุตเพราะทำให้มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น

#### 2.4.2 ชนิดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลมีด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีจะมีความยากง่ายหรือซับซ้อนที่แตกต่างกันออกไป รวมถึงคุณภาพของการแปลงสัญญาณด้วย สำหรับกระบวนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลที่ควรทราบมีดังนี้

##### 2.4.2.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator ADC)

หลักการเบื้องต้นคือ ใช้การเปรียบเทียบแรงดันระหว่างอินพุตกับแรงดันอ้างอิง จากนั้นวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะส่งสัญญาณสูงและต่ำ ซึ่งแทนผลการเปรียบเทียบเข้าสู่วงจรเข้ารหัส เพื่อกำหนดข้อมูลดิจิทัลทางเอาต์พุตต่อไป วงจรในรูปที่ 2.9 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 4 บิต โดยแรงดันอินพุตมีค่าสูงสุดไม่เกิน 10 V ตัวต้านทาน R1-R9 ใช้กำหนดค่าของแรงดันอ้างอิงให้แก่อปแอมป์ IC1-IC8 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันอ้างอิง หากแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงที่จุดใด อปแอมป์ตัวนั้นจะทำงานให้เอาต์พุตเป็นแรงดันต่ำส่งไปยังวงจรเข้ารหัส ในทางตรงข้ามหากค่าของแรงดันอินพุตน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงอปแอมป์จะไม่ทำงาน



รูปที่ 2.9 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบเปรียบเทียบแรงดัน

#### 2.4.2.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบวงจรรampe (Simple Counter-Ramp ADC)

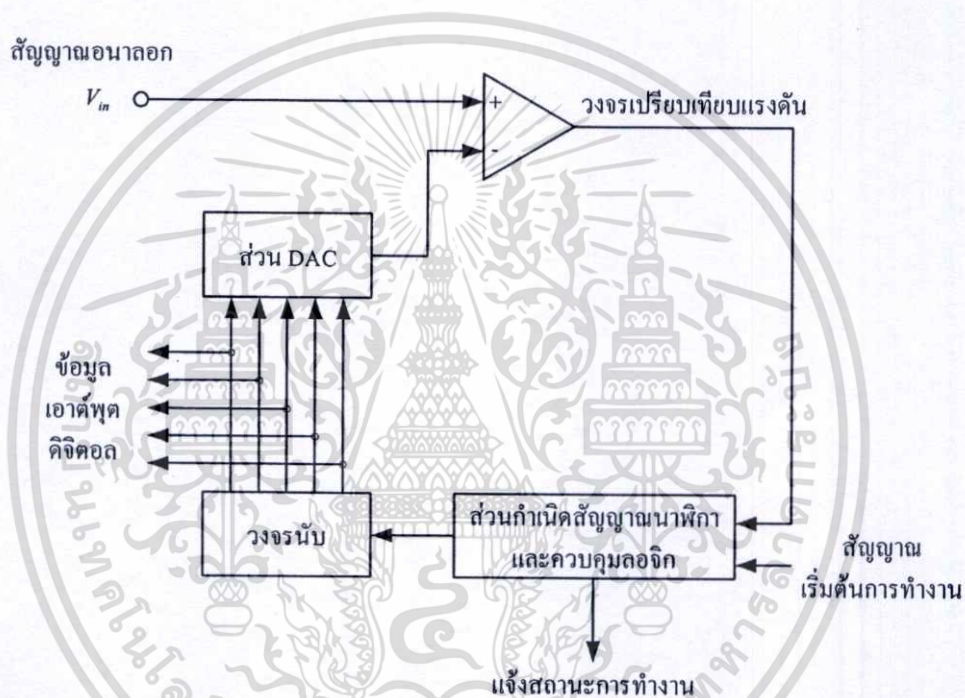
การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบวงจรรampe มีบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 2.10 แบ่งเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาและควบคุมลอจิก (Clock & Control Logic) ส่วนนี้จะได้รับสัญญาณให้เริ่มการทำงาน แล้วส่งสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรรนับ
2. วงจรรนับ (Counter) ส่วนนี้จะทำการนับค่าตามสัญญาณนาฬิกาที่ส่งเข้ามาแล้วส่งต่อออกไปยังวงจรถ่ายแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก
3. วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog Converter, DAC)

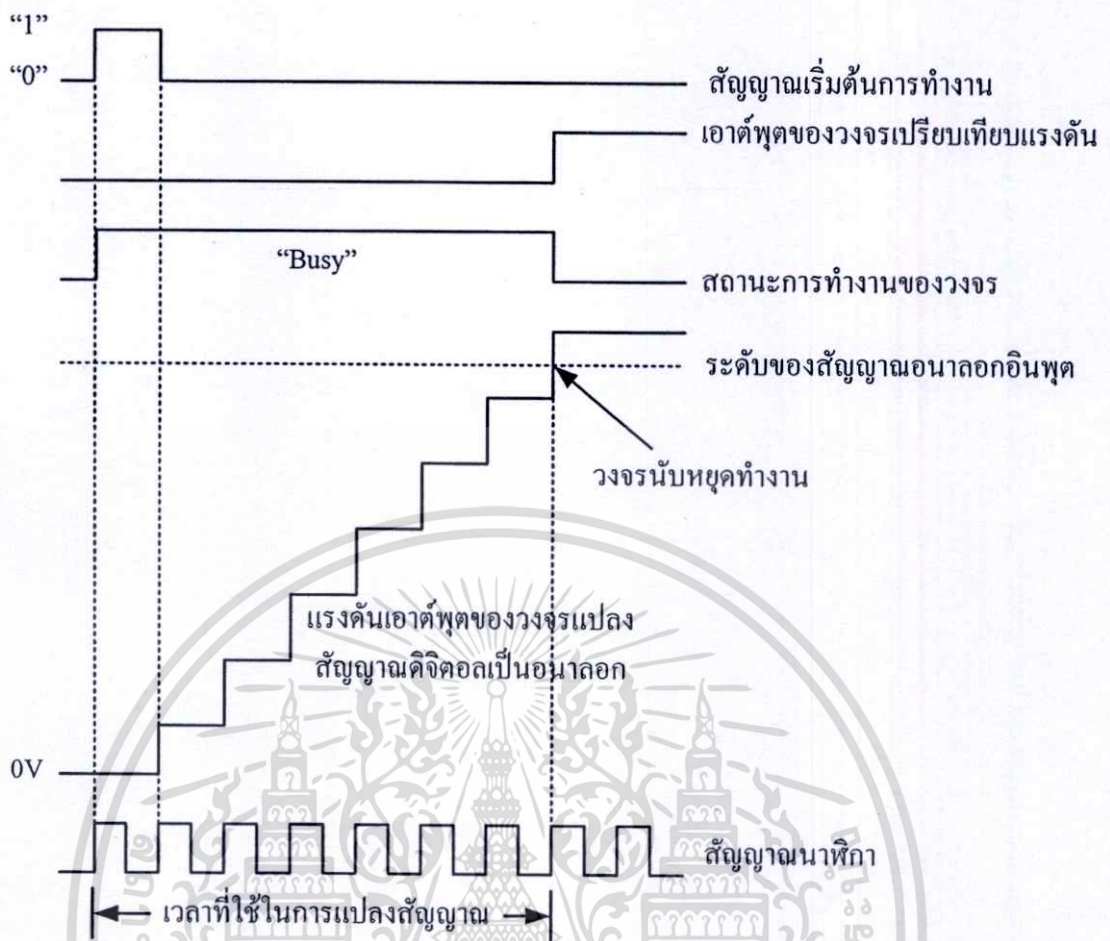
เอกสารนี้เป็นส่วนนี้จะแปลงค่าของการนับจากรับเป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อส่งไปยังวงจรถ่ายแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) จะทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันจากวงจรดีเอซีกับแรงดันอนาล็อกที่ส่งเข้ามาทางอินพุตของวงจร ( $V_{in}$ ) หากยังไม่เท่ากันวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะส่งสัญญาณไปยังวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาและส่วนควบคุมลอจิกให้ทำงานต่อไป เพื่อกระตุ้นให้วงจรนับและวงจรดีเอซีทำงาน จนกระทั่งแรงดันจากวงจรดีเอซีมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุต วงจรเปรียบเทียบจะทำการส่งสัญญาณควบคุมให้วงจรทั้งหมดหยุดทำงาน ค่าของวงจรนับครั้งสุดท้ายคือผลลัพธ์ของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบวงจรแรมป์

ในรูปที่ 2.11 เป็นไคอะแกรมเวลาแสดงการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบวงจรแรมป์



รูปที่ 2.10 ไคอะแกรมการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบวงจรนับแรมป์



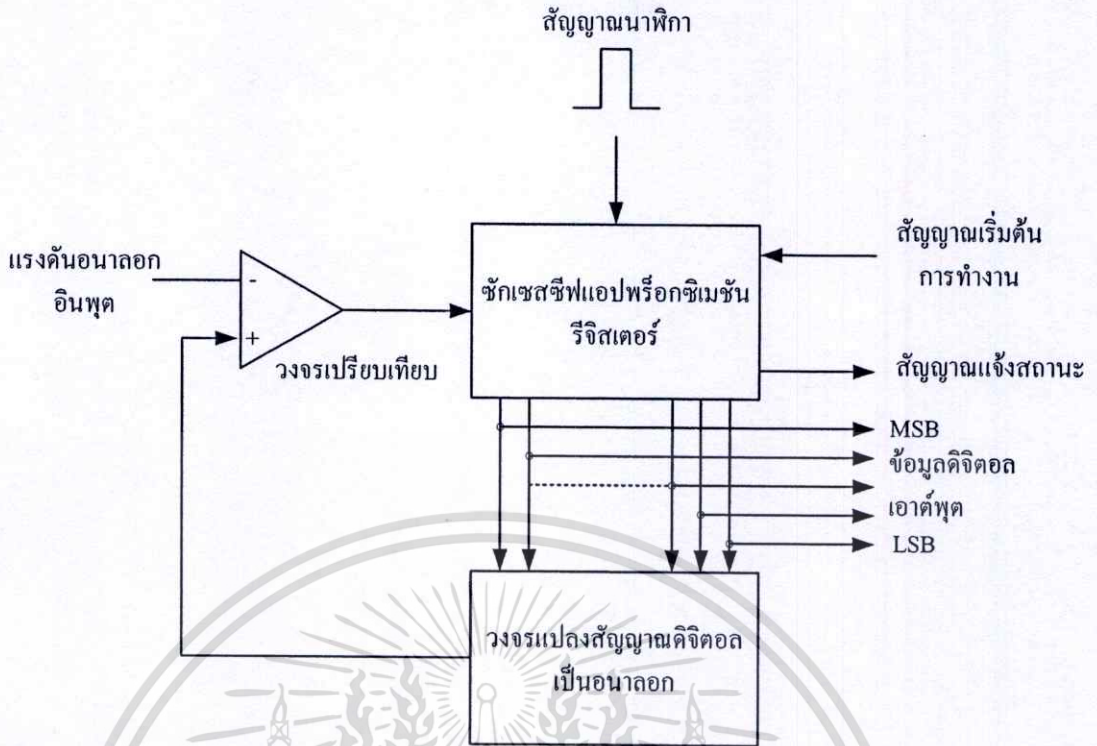
รูปที่ 2.11 ไคอะแกรมเวลาการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบวงจรแรมป์

ข้อดีของการแปลงสัญญาณแบบนี้คือ มีความเร็วต่ำ เวลาที่ใช้ในการแปลงจะขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงดันอินพุต หากแรงดันอินพุตมีค่ามาก เวลาที่ใช้ก็จะมากตามไปด้วย

#### 2.4.2.3 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบซัคเซสซีฟแอสเพ็กซ์ซิฟแอปพร็อกซิเมชัน

(Successive Approximation ADC)

การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลในหัวข้อนี้เป็นกระบวนการแปลงแบบประมาณค่าใกล้เคียง บล็อกไคอะแกรมของกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบนี้แสดงในรูปที่ 2.12 องค์ประกอบหลักยังคงจะต้องมีวงจรเปรียบเทียบแรงดัน, ดีเอซี, สัญญาณนาฬิกา และส่วนควบคุมลอจิก เช่นเดียวกับการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบวงจรแรมป์



รูปที่ 2.12 โค้ดแกรมการทำงานของวงจรเอดีซี แบบซีกเซสซีฟแอปพริอซิเมชัน

ข้อแตกต่างของแบบซีกเซสซีฟแอปพริอซิเมชันกับแบบเรมปีอยู่ที่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบซีกเซสซีฟแอปพริอซิเมชันนี้จะใช้รีจิสเตอร์เลขฐานสองหรือไบนารีรีจิสเตอร์แทนวงจรนับเลขฐานสองของแบบเรมปี แต่ละบิตของรีจิสเตอร์จะเซตและรีเซตโดยการควบคุมจากวงจรควบคุม โดยการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลสามารถอธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้แรงดันอนาล็อกอินพุต ( $V_m$ ) มีค่า 13.5 V

1. ส่งสัญญาณเริ่มต้นการทำงาน (Start Converter) มายังซีกเซสซีฟแอปพริอซิเมชันรีจิสเตอร์ (Successive Approximation Register)
2. ขณะนี้สถานะของรีจิสเตอร์จะไม่ว่าง (Busy) สัญญาณนาฬิกาถูกส่งเข้ามาเพื่อกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์เท่ากับ 0000
3. เอาต์พุตของดีเอซีจะเป็น 0 V ส่งไปในวงจรเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับ  $V_m$  ในขณะนี้จะได้เอาต์พุตเท่ากับ -5 V กำหนดเป็นลอจิก "0"
4. เมื่อสัญญาณนาฬิกาถูกส่งเข้ามาจะทำเซตบิต MSB ของรีจิสเตอร์เป็น "1"
5. ในกรณีนี้เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ขนาด 4 บิต ดังนั้นการที่บิต MSB เซต จะทำให้วงจรดีเอซีแปลงค่าเป็นแรงดัน 8 V นำไปเปรียบเทียบกับแรงดันแต่ยังมีค่าน้อยกว่า  $V_m$  ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบยังคงเป็น "0" ทำให้รีจิสเตอร์ยังคงค่าบิต MSB ให้เป็น "1" ต่อไป

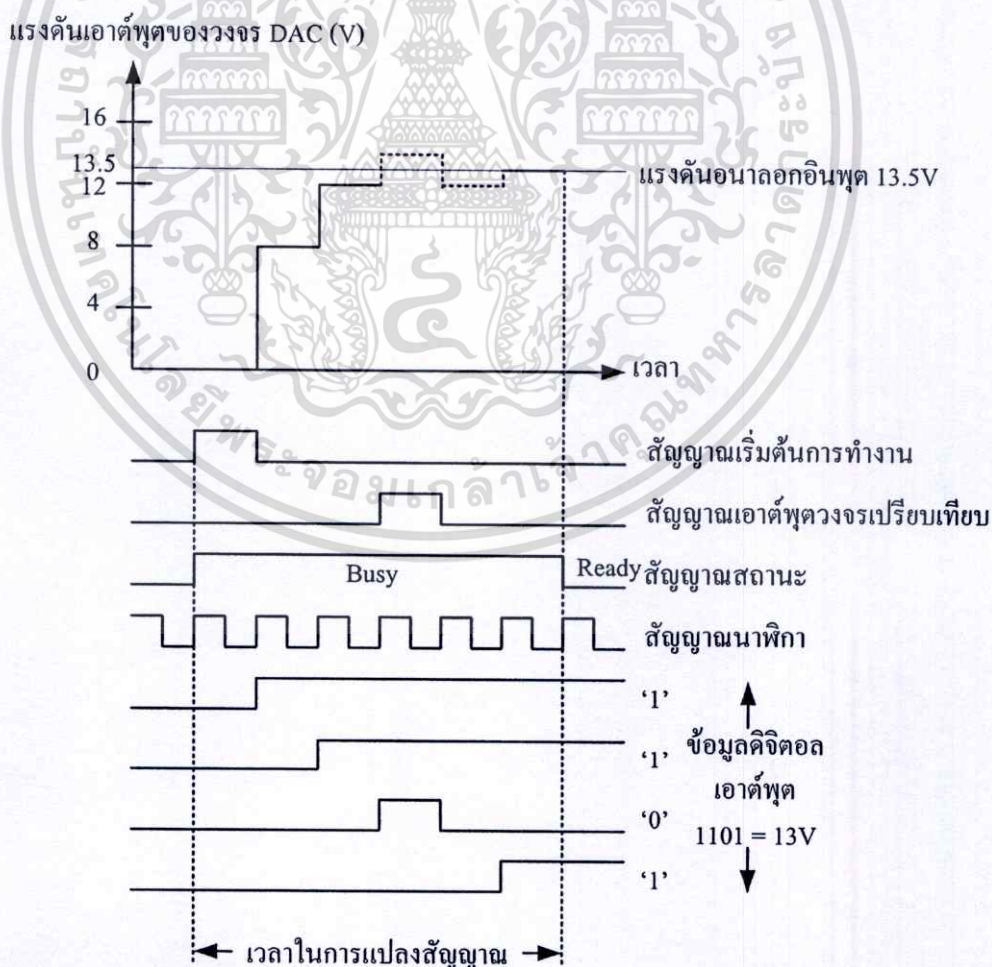
6. ต่อมามีบิต B2 (ถัดจากบิต MSB 1 บิต เนื่องจากมี 4 บิต กำหนดบิต MSB = B3) จะเซตซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 4 V นำไปรวมกับค่าของบิต MSB ที่มีอยู่ 8 V เช่น 12 V นำไปเปรียบเทียบกับ  $V_{in}$  ก็ยังน้อยกว่ารีจิสเตอร์จึงยังคงค่า B2 ไว้ที่ “1” เช่นกัน

7. ต่อมามีบิต B1 จะเซตทำให้แรงดันเอาต์พุตมาดีเอซีกลายเป็น  $8+4+2 = 14$  V ซึ่งมากกว่า  $V_{in}$  ทำให้วงจรเปรียบเทียบเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็น “1” ซึ่งจะส่งสัญญาณมาควบคุมให้ B1 กลายเป็น “0”

8. เมื่อบิต LSB ถูกเซตจะมีค่าแรงดัน 1 V เข้ามารวมกับค่าของ B3, B2 และ B1 เป็น  $8+4+0+1 = 13$  V นำไปเปรียบเทียบกับ  $V_{in}$  ปรากฏว่าน้อยกว่า  $V_{in}$  ทำให้ที่บิต B0 หรือ LSB มีค่าเป็น “1”

9. ขณะนี้ทุกบิตในรีจิสเตอร์ถูกนำมาแปลงค่าเรียบร้อยแล้ว ทำให้สถานะของรีจิสเตอร์กลับมาเป็น พร้อมทำงาน (Ready)

10. ข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบนี้ จะมีค่า 1101 หรือ 13 V ซึ่งใกล้เคียงกับ  $V_{in}$  13.5 V มากที่สุด



ถ้าหากรีจิสเตอร์มีจำนวนบิตมากกว่านี้ ความละเอียดของข้อมูลที่แปลงได้จะมีความใกล้เคียงมากขึ้น ช่วงเวลาของการแปลงสัญญาณจะเริ่มต้นขึ้นตั้งแต่สัญญาณนาฬิกาถูกส่งเข้าไปเตรียมระบบไปจนถึงเมื่อสถานะของรีจิสเตอร์กลับมาเป็น “พร้อมทำงาน” อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะต้องใช้จำนวนสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ  $n+1$  พัลส์ โดย  $n$  เท่ากับจำนวนบิตของรีจิสเตอร์ จะเห็นว่าเมื่อเทียบกับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบวงจรมัลติเพล็กซ์แล้ว วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบซิกเซสซีฟแอปพลิเคชันมีความเร็วในการทำงานสูงกว่า

#### 2.4.3 ความเที่ยงตรงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

การเปรียบเทียบแรงดันอนาลอกของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลกับแรงดันที่ควรเกิดขึ้นจริง เช่น ที่ค่าของข้อมูลดิจิตอลสูงสุดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต เมื่อเทียบเป็นแรงดันอนาลอกควรมีค่าเท่ากับ 5.0000 V แต่สมมติให้ค่าแรงดันที่ได้จากการคำนวณเป็น 4.9804 V นั่นคือ เกิดความผิดพลาดไป 0.0195 V หรือ 19.5 mV แต่การบอกค่าความเที่ยงตรงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล มักระบุเป็นจำนวนที่เทียบกับ  $V_{LSB}$  ดังนั้นในวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิตที่ยกเป็นตัวอย่างนี้จึงมีค่าความเที่ยงตรง (ค่าความผิดพลาด) เป็น  $\pm 0.5LSB$  [1]

#### 2.4.4 ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณ (Conversion time)

เป็นค่าของเวลาทั้งหมดที่วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบวงจรมัลติเพล็กซ์และแบบซิกเซสซีฟแอปพลิเคชันใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจนเสร็จสิ้น พารามิเตอร์ตัวนี้มักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของไอซีที่ทำงานเป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เมื่อไอซีแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นลง จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า EOC (End of Conversion) ออกมา ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิต ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณและขนาดสัญญาณอนาลอกอินพุต

#### 2.4.5 ข้อพิจารณาเลือกใช้งานวงจร ADC ในฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

จะเห็นได้ว่าสัญญาณอินพุตแบบอนาลอกมีอยู่หลายลักษณะ การวัดสัญญาณด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะสัญญาณ มีข้อพิจารณาดังนี้

##### 2.4.5.1 ความสามารถในการสุ่มสัญญาณ

###### 1. อัตราการสุ่มสัญญาณ

การสุ่มสัญญาณอนาลอกตามทฤษฎีบทของไนควิสต์นั้น (Nyquist Theorem)

[1] กล่าวไว้ว่า อัตราการสุ่มสัญญาณจะต้องมีค่าสูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณวัดอย่างน้อย 2 เท่า

เช่น การวัดความถี่เสียง ซึ่งมีย่านความถี่สูงสุดที่ 20kHz ดังนั้นต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นดิจิทัลที่มีอัตราสุ่มสัญญาณอย่างน้อย 2 เท่าของสัญญาณวัดคือ มากกว่า 40kHz หากการสุ่มของสัญญาณ ไม่เร็วพอก็อาจทำให้การอ่านข้อมูลที่เกิดขึ้นผิดพลาดได้

## 2. แบนด์วิดธ์สัญญาณ

ในภาครับแบบอนาลอกที่มีความสามารถรับแบนด์วิดธ์สัญญาณได้ไม่เพียงพอ นั้นจะทำให้ความถี่และขนาดสัญญาณที่วัดได้นั้นสูญหายหรือผิดเพี้ยนไป ซึ่งในภาครับอนาลอกมีโครงสร้างของตัวเก็บประจุ (Capacitor) และตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Inductor) ที่สามารถตอบสนองต่อการกรองสัญญาณย่านความถี่สูงและต่ำมากออกไปได้ จึงควรพิจารณาข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์จากผู้ผลิตในจุดนี้ด้วย

## 3. วิธีการสุ่มสัญญาณ

ปกติในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล จะสามารถรับสัญญาณได้หลายสัญญาณ อาจจะมี 8 ช่องสัญญาณ 16 หรือ 32 ช่องสัญญาณ โดยอาศัยหลักการมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing) เลือกรับสัญญาณอนาลอกหลายช่องไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลชุดเดียวกัน ในเทคนิควิธีการสุ่มสัญญาณของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล มีอยู่ 4 ลักษณะ ดังนี้

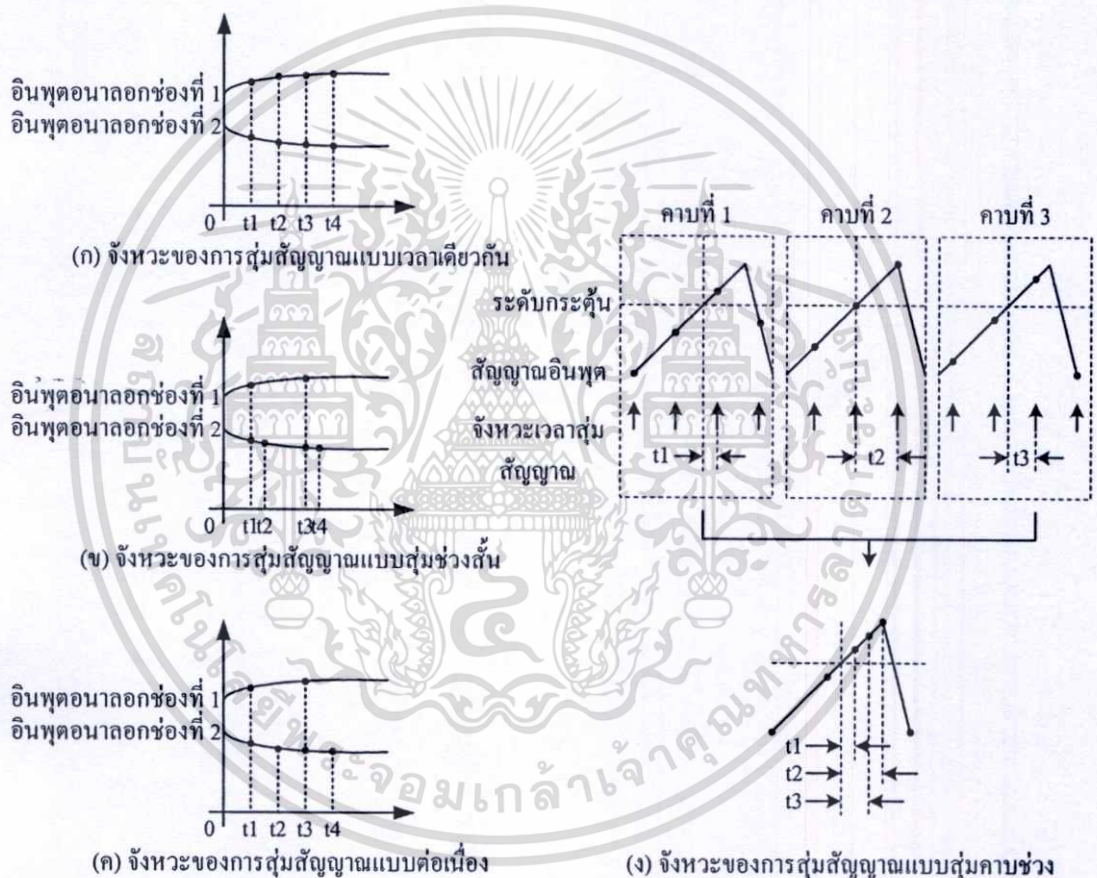
3.1 การสุ่มในเวลาเดียวกัน (Simultaneous Sampling) เป็นการสุ่มสัญญาณอนาลอกหลายช่องสัญญาณเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล มาพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ดังในรูปที่ 2.14 (ก) ซึ่งต้องมีการออกแบบส่วนวงจรการสุ่มและค้างสัญญาณ (Sample-and-Hold) หรือภาครับของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแยกต่างหากเฉพาะแต่ละช่องสัญญาณ การสุ่มลักษณะนี้ที่เห็นชัดเจน ได้แก่ การวัดเฟสสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ที่ต้องให้ความสำคัญความสัมพันธ์ของขนาดสัญญาณในแต่ละเฟสเทียบเวลาเดียวกัน

3.2 การสแกนสุ่มช่วงสั้น (Interval Scanning) เป็นการสุ่มสัญญาณอนาลอกหลายช่องที่ให้ผลใกล้เคียงกับการสุ่มในเวลาเดียวกัน ดังในรูปที่ 2.14 (ข) โดยใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์ความเร็วสูง ซึ่งการสุ่มแบบนี้เหมาะสำหรับสัญญาณอนาลอกที่มีความถี่ไม่สูงมากนัก เช่น สัญญาณอุณหภูมิ ความดัน ไม่เน้นความสำคัญในการเปรียบเทียบเฟสของสัญญาณ

3.3 การสแกนสุ่มต่อเนื่อง (Continuous Scanning) มักใช้งานกับการวัดสัญญาณอนาลอก จำนวนมากและมีอัตราการเปลี่ยนค่าช้า มักมีการเพิ่มบอร์ดิเลย์มัลติเพล็กซ์เซอร์เพื่อขยายจำนวนช่องรับสัญญาณของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ทำให้สามารถรับสัญญาณอนาลอกได้มากเป็นร้อยช่องสัญญาณ โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลเพียงชุดเดียว ความเที่ยงตรงของการวัดสัมพันธ์กับเวลาและจะแปรผกผันกับจำนวนช่องที่เพิ่มขึ้น ยังมีจำนวนช่องสัญญาณมาก ความเที่ยงตรงจะน้อยลง จึงต้องแน่ใจว่า สัญญาณที่วัดมีอัตราการเปลี่ยนค่าที่ช้ามากพอเพียงในการสแกนสุ่มสัญญาณต่อเนื่องในลักษณะนี้ได้ ในรูปที่ 2.14 (ค) แสดงจังหวะของการสุ่มสัญญาณแบบนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสุ่มทลายคาบช่วง (Random Interleaved Sampling : RIS) [1] มักพบวิธีการวัดค่าสัญญาณนี้กับอุปกรณ์วัดสัญญาณความเร็วสูง เทคนิค RIS เป็นการเพิ่มความเร็วในการอ่านสัญญาณให้มากขึ้น เช่น ตามปกติในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลสามารถสุ่มสัญญาณได้ที่ 100MHz แต่เมื่อใช้เทคนิค RIS ในการสุ่มวัดค่าสัญญาณอนาลอกที่มีรูปคลื่นซ้ำ ๆ กันทุกช่วงคาบของคลื่น จะสามารถวัดสัญญาณได้เร็วถึง 2.5 GHz ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ง) การสุ่มวัดสัญญาณแบบนี้สามารถใช้ได้กับสัญญาณที่มีรูปคลื่นซ้ำ ๆ กันทุกช่วงคาบเท่านั้น เนื่องจากการเก็บจำค่าสัญญาณในแต่ละคาบซึ่งมีจุดกระตุ้นวัดค่าหรือจุดทริกเกอร์ (Trigger Point) ต่างเวลากัน แล้วนำมาปะต่อเป็นรูปคลื่นรวม



รูปที่ 2.14 จังหวะของการสุ่มสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลในระบบคานาเอกควิซิชัน

## 2.5 ส่วนประกอบของระบบดาต้าแอกวิชันที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างระบบดาต้าแอกวิชันโดยมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ

### 2.5.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณทางกายภาพ

ในส่วนนี้จะเป็นการจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากจุดวัดต่าง ๆ เข้ามาในระบบ

### 2.5.2 วงจรปรับสภาพสัญญาณ

ในส่วนนี้จะเป็นชุดวงจร Op-Amp จัดวงจรให้ทำงานเป็น Clamper จุดประสงค์เพื่อขจัดระดับแรงดันไฟฟ้าจากจุดวัดขึ้นให้พ้นจากระดับแรงดันที่เป็นลบ เนื่องจากวงจรในส่วนของ ADC จะสามารถวัดข้อมูลที่เป็นบวกได้เพียงด้านเดียว

### 2.5.3 ส่วนฮาร์ดแวร์พิเศษเพื่อวัดคุมและเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ฮาร์ดแวร์พิเศษในส่วนนี้จะใช้ MCS-51 ในการประมวลผลข้อมูลและส่งไปยังคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS-232 และใช้ไอซีเบอร์ LTC 1298 ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

### 2.5.4 ซอฟต์แวร์

ในส่วนนี้ซอฟต์แวร์ถูกพัฒนาขึ้นด้วย Visual Basic 6.0 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP โดยตัวซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้นจะทำหน้าที่ไปอ่านข้อมูลจากพอร์ต RS-232 เพื่อนำมาประมวลผล ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ได้อ่านข้อมูลจะมีคุณสมบัติดังนี้

2.5.4.1 อ่านข้อมูลจากพอร์ต RS-232 โดยสามารถเลือกกำหนดพอร์ตและความเร็วในการอ่านข้อมูลได้

2.5.4.2 แสดงผลในรูปแบบตัวเลขและกราฟแบบต่อเนื่อง

2.5.4.3 นำข้อมูลดิบที่ได้มาทำการสังเคราะห์ เพื่อจัดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมและพร้อมที่จะนำเสนอ

2.5.4.4 สามารถแยกแยะและบอกได้ว่าข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นข้อมูลที่มีการอ่านแบบอนุกรมทั่วไปหรือแบบที่ได้ปรับปรุงให้มีการอ่านแบบขนาน

2.5.4.5 สามารถหยุดการนำข้อมูลใหม่เข้ามาได้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงผล

2.5.4.6 สามารถส่งข้อมูลเข้าไปเก็บยังฐานข้อมูล MySQL 5.0 ได้

2.5.4.7 สามารถสั่งให้โปรแกรม MATLAB ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์และแสดงผลแบบกราฟได้

# บทที่ 3

## ความไม่แน่นอนในการวัด

### (Uncertainty of Measurement)

ในการสอบเทียบเครื่องมือตรวจวัด และทดสอบเพื่อประเมินระดับความถูกต้องเทียบกับมาตรฐาน หรือการตรวจวัดและทดสอบผลิตภัณฑ์ สิ่งหนึ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ คือความผิดพลาดของผลการสอบเทียบการวัดนั้น ๆ ซึ่งย่อมต้องเกิดขึ้นบ้างไม่มากก็น้อย เพื่อความสมบูรณ์ของการรายงานผลการสอบเทียบ หรือการตรวจวัด จึงควรรหาค่าหรือประมาณค่าความไม่แน่นอนเหล่านี้

#### 3.1 ประเภทของความผิดพลาด

ความผิดพลาดระหว่างการวัดเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ มากมายที่ส่งผลต่อการสอบเทียบ หรือการวัดใด ๆ เพื่อหาหนทางในการลดความผิดพลาดเหล่านี้ จึงมีความพยายามในการจำแนกความผิดพลาดในการวัดออกเป็นหมวดหมู่ โดยทั่วไปจะจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภท คือ ความผิดพลาดระบบ (Systematic Error) และความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random Error)

ความผิดพลาดระบบ คือ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในปริมาณคงเดิมเมื่อวัดค่าของ ปริมาณเดียวกันซ้ำ ๆ กันความผิดพลาดอาจเกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสั่นสะเทือน ความดัน สัญญาณรบกวนที่ปนมากับแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น และส่งผลต่อการทำงานของเครื่องมือวัด หรือจากตัวเครื่องมือวัดเอง เช่น ความผิดของกลไกการทำงานในเครื่องมือวัด ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำลดลงเนื่องจากการใช้งาน หรือคุณสมบัติประจำตัวของเครื่องมือวัดเอง เป็นต้น ความผิดพลาดเหล่านี้ ถึงแม้จะทราบแหล่งที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดอยู่บ้าง แต่การหาปริมาณความผิดพลาดที่แน่นอนจากแต่ละแหล่งเป็นเรื่องที่ยากมาก ถึงแม้ผลรวมความผิดพลาดทั้งหมดมีความเป็นไปได้ที่มีค่าสม่ำเสมอ

ความผิดพลาดแบบสุ่ม คือ ความผิดพลาดที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และไม่มีรูปแบบที่แน่นอน บางครั้งก็มีความผิดพลาดทางระบบ ที่เกิดเป็นช่วงเวลารวมอยู่ด้วย ตัวอย่างเช่น ความผิดพลาดเนื่องจากการวัด การเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมบางขณะส่งผลต่อความถูกต้องของการวัด ฯลฯ

#### 3.2 การลดความผิดพลาด

ความผิดพลาดไม่ว่าจะเป็นประเภทใด ถ้ามีค่าต่ำจะทำให้ผลการวัดมีความไม่แน่นอนต่ำลง

ความผิดพลาดแบบสุ่มสามารถลดลงได้โดยใช้วิธีทางสถิติ เช่น การวัดหลาย ๆ ครั้งแล้วคำนวณค่าเฉลี่ย ซึ่งจะได้ค่าประมาณที่น่าเชื่อถือได้มากกว่าการวัดครั้งเดียว ยิ่งถ้าต้องการลดความผิดพลาดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเทคนิคแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเนื้อหาของเอกสารที่พิมพ์ขึ้นมา

แบบสุ่มมากเท่าใด ก็ต้องเพิ่มจำนวนครั้งของการวัดให้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม วิธีข้างต้นปัจจุบันสามารถใช้ได้เฉพาะเครื่องมือวัดทางกลเท่านั้น เครื่องมือวัดทางด้านไฟฟ้าสมัยใหม่ อาจไม่จำเป็นเนื่องจากว่าวิธีในการวัดค่าจะเป็นลักษณะการสุ่มปริมาณที่ถูกวัดอย่างต่อเนื่อง และหาค่าเฉลี่ยของวงจรไฟฟ้าอยู่แล้ว

การลดความผิดพลาดระบบ ก่อนข้างจะเป็นเรื่องยากเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ตั้งแต่การออกแบบวิธีหนึ่งที่ไม่ใช่การลดความผิดพลาดที่เกิด แต่เป็นการแก้ค่าที่เนื่องมาจากความผิดพลาดของระบบจะมีลักษณะจำเพาะ คือ มีปริมาณที่เท่า ๆ กัน ในทุกครั้งที่ทำการวัด ดังนั้นหากเราทราบค่าความผิดพลาด ก็สามารถใส่ค่าแก้ (Correction Value) เข้าไปยังค่าที่วัด ซึ่งค่าแก้ นี้ มักจะพบในรายงานผลการสอบเทียบเครื่องมือมาตรฐาน โดยเฉพาะการสอบเทียบมาตรฐานทางกล

### 3.3 การหาค่าความไม่แน่นอน

เพื่อให้สามารถระบุความผิดพลาดเหล่านี้สำหรับนำไปอ้างอิงได้ จึงมีความพยายามที่จะเปลี่ยนให้เป็นค่าที่น่าเชื่อถือ องค์การมาตรฐานนานาชาติ (IOS : International Organization for Standardization) [3] ได้กำหนดแนวทางในการหาค่าไว้และเรียกว่า ความไม่แน่นอนโดยเรียกขานไว้ใน ISO/TAG4/WG3 : June 1992 [3] โดยแบ่งความไม่แน่นอนออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยความไม่แน่นอนที่สามารถประเมินได้โดยวิธีทางสถิติ (Type A) และปัจจัยความไม่แน่นอนที่สามารถประเมินได้โดยวิธีอื่น (Type B)

#### 3.3.1 ความไม่แน่นอน Type A

คำนวณจากผลการวัด หรือผลการสอบเทียบด้วยการคำนวณทางสถิติ คำนวณจาก ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) ของผลการวัดและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) การประมาณความไม่แน่นอน Type A ( $U_A$ ) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตจากผลการวัด ( $\bar{X}$ )

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

โดยที่  $x_i$  คือ ผลการวัดครั้งที่  $i$

$n$  คือ จำนวนครั้งในการวัดค่า

ทำการคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจาย ( $\sigma$ )

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด (S)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

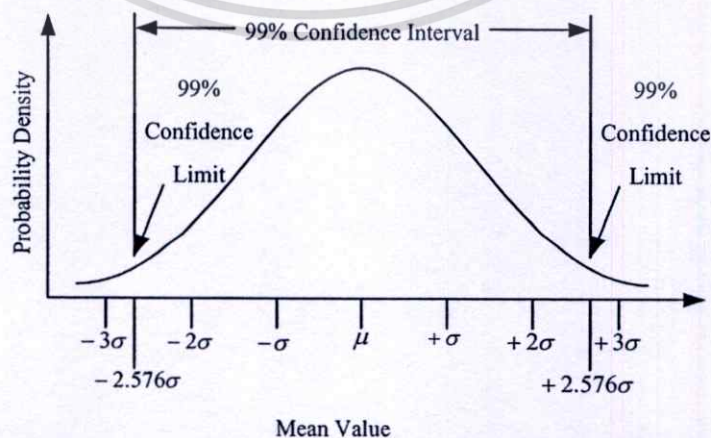
- โดยที่  $S$  คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง  
 $n$  คือ จำนวนครั้งในการวัด  
 $x_i$  คือ ผลการวัดครั้งที่  $i$   
 $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจากผลการวัด

ค่าที่ได้จะเรียกว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด โดยทั่วไปแล้วจะสมมติว่าจำนวนครั้งในการวัดมากจนมีค่าเป็นอนันต์ (Infinity) และผลของการวัดมีการกระจายภายใต้เส้นโค้งปกติ (Normal Distribution Curve) ดังรูปที่ 3.1 ดังนั้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการกระจายสามารถประมาณค่าได้จากสมการที่ (3.3)

$$\hat{\sigma} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.3)$$

- โดยที่  $\hat{\sigma}$  คือ ค่าประมาณของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร  
 $S$  คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง  
 $n$  คือ จำนวนครั้งในการวัด

การประมาณค่าเหล่านี้จะอยู่บนพื้นฐานของการแจกแจงปกติ ดังนั้นจะมีความน่าจะเป็นที่จำกัด ค่าโดยประมาณจะพิจารณาความแตกต่างจากค่าจริงหรือค่ากลาง ที่มีโอกาสผิดหรือคลาดเคลื่อนไป ดังนั้นการตัดสินใจจะทำในระดับของความเสียหายที่ยอมรับได้ เรียกว่าระดับ นัยสำคัญ (Significant Level) หรือจะพิจารณาเป็นระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ถ้าโอกาสของความผิดพลาดเป็น 1% นั้นหมายความว่ามีความเชื่อมั่น 99% ที่จะพบข้อมูลกระจายอยู่ภายใต้โค้งความถี่



รูปที่ 3.1 เส้นโค้งแสดงการกระจายปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีเฉพาะที่ผู้เขียนเห็นว่าสมควรให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 เป็นการแจกแจงปกติภายใต้เส้นโค้งแสดงการกระจาย ที่ระดับความเชื่อมั่น 99.7% สอดคล้องกับพื้นที่ที่อยู่ในเส้นที่ลากจากแนวตั้งลงมาที่ตำแหน่ง  $\pm 3\sigma$  จาก  $\mu$  ระดับความเชื่อมั่น 99% คือ ที่ตำแหน่ง  $\pm 2.576\sigma$  จาก  $\mu$  ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ตำแหน่ง  $\pm 1.96\sigma$  ระดับความเชื่อมั่น 68.3% ที่ตำแหน่ง  $\pm 1\sigma$  โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการสอบเทียบระดับมาตรฐานแห่งชาติมักจะเลือกที่จะแจ้งค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 68.3% การหาความไม่แน่นอนสำหรับองค์กรทั่วไป การแจ้งค่าความไม่แน่นอนจะถือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% - 99%

การคำนวณค่าความไม่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ ด้วยการนำค่าสัมประสิทธิ์  $t$  [3] (Student's t Distribution ซึ่งเป็นงานค้นคว้าของ William S.Gosset โดยผลงานของเขาตีพิมพ์ในนามแฝง Student โดยที่  $t$  เป็นสัมประสิทธิ์ที่แปรค่า) คูณกับค่า  $\sigma$  กำหนดว่าเป็นช่วงความเชื่อมั่นของขนาดตัวอย่างที่นับได้ ความน่าจะเป็นนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการวัด ( $n$ ) และการกำหนดระดับความเชื่อมั่น (CL : Confidence Level) ดังตารางที่ 3.1

ดังนั้นความไม่แน่นอน Type A มีค่าประมาณเท่ากับ

$$U_r = \pm t \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.4)$$

โดยที่  $U_r$  คือ ค่าความไม่แน่นอนชนิด Type A

$t$  คือ สัมประสิทธิ์ซึ่งสามารถหาได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่า Student's t Factor

จำนวนครั้งที่วัด ( $n$ )	Student's t Factor					
	CL 50%	CL 68.3%	CL 95%	CL 95.5%	CL 99%	CL 99%
2	1.000	1.83	12.71	15	63.7	-
3	0.817	1.32	4.30	4.6	9.92	21
4	0.765	1.20	3.18	3.4	5.84	9.7
5	0.741	1.14	2.78	2.9	4.60	6.9
6	0.727	1.11	2.57	2.7	4.03	5.7
7	0.718	1.09	2.45	2.5	3.71	5.0
8	0.711	1.08	2.36	2.4	3.50	4.6
9	0.706	1.07	2.31	2.4	3.36	4.4
10	0.703	1.06	2.26	2.3	3.25	4.2
11	0.700	1.05	2.23	2.3	3.17	4.0
12	0.698	1.05	2.20	2.3	3.11	3.9
13	0.696	1.04	2.18	2.3	3.05	3.8

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

จำนวนครั้งที่วัด ( $n$ )	Student's t Factor					
	CL 50%	CL 68.3%	CL 95%	CL 95.5%	CL 99%	CL 99%
14	0.694	1.04	2.16	2.2	3.01	3.7
15	0.692	1.04	2.14	2.2	2.98	3.7
16	0.961	1.03	2.13	2.2	2.95	3.6
17	0.690	1.03	2.12	2.2	2.92	3.6
18	0.689	1.03	2.11	2.2	2.90	3.5
19	0.688	1.03	2.10	2.2	2.88	3.5
20	0.688	1.03	2.09	2.2	2.86	3.5
$\alpha^*$	0.675	1.00	1.96	2.00	2.58	3.00

\*เป็นค่า t กรณีที่ค่า  $n$  เป็นจำนวนอนันต์ ซึ่งเรียกว่า  $t$  ว่า K Factor Values

### 3.3.2 ความไม่แน่นอน Type B

โดยทั่วไป ความไม่แน่นอน Type B จะประมาณจากความไม่แน่นอนของมาตรฐานที่ใช้สำหรับการสอบเทียบกรณีมาตรฐานที่นำมาใช้ในการสอบเทียบนั้น ได้รับการสอบเทียบจากสถาบันภายนอก ค่าความไม่แน่นอนของมาตรฐาน คูได้จากใบรับรองผลการสอบเทียบ (Calibration Certificate)

โดยทั่วไปการรายงานค่าความไม่แน่นอนของสถาบันสอบเทียบภายนอก จะระบุช่วงความเชื่อมั่นไว้ให้ทราบด้วย มีบางกรณีที่ใบรับรองผลการสอบเทียบจากบางสถาบันจะไม่ระบุให้ทราบว่า ค่าความไม่แน่นอนนั้น อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นเท่าใด จะเป็นที่ยู้งานว่าค่าความไม่แน่นอนนี้ มีช่วงความเชื่อมั่นที่ 68.3% โดยทั่วไปสถาบันมาตรฐานแห่งชาติ หรือในระดับนานาชาติจะรายงานวิธีนี้ บางครั้งค่าความไม่แน่นอนที่แจ้ง อาจไม่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับให้อยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ การแปลงค่าความไม่แน่นอน ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ จะใช้ตัวแปร K Factor จากตารางที่ 3.1 มาช่วย

### 3.3.3 รวมความไม่แน่นอนทั้งหมด

เมื่อประมาณค่าความไม่แน่นอนทั้งหมดแล้ว จะต้องนำเอาความไม่แน่นอนทั้งหมดมารวมกัน เป็นความไม่แน่นอนรวม ( $U_{total}$ ) ของการสอบเทียบ หรือการวัดครั้งนั้น ๆ โดยวิธีการรวมใช้สมการทำได้ดังสมการที่ 3.5

$$U_{total} = \sqrt{(U_r)^2 + (U_s)^2} \quad (3.5)$$

โดยที่  $U_{total}$  คือ ค่าความไม่แน่นอนรวม  
 $U_r$  คือ ค่าความไม่แน่นอนชนิด Type A  
 $U_s$  คือ ค่าความไม่แน่นอนชนิด Type B

ข้อสังเกตในการหาความไม่แน่นอนรวม  $U_{total}$  คือ กรณีที่ความไม่แน่นอนตกร้าง และความไม่แน่นอนระบบมีค่าแตกต่างกันเกิน 10 เท่าแล้ว สามารถประมาณได้ว่าความไม่แน่นอนรวมมีค่าประมาณความไม่แน่นอนตัวที่มากที่สุด

สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการรวมค่าความไม่แน่นอนแต่ละค่าเป็นความไม่แน่นอนรวม คือ

1. ระดับความเชื่อมั่นของความไม่แน่นอนแต่ละค่าต้องอยู่ในระดับเดียวกัน
2. ความไม่แน่นอนจะต้องเป็นหน่วยเดียวกัน

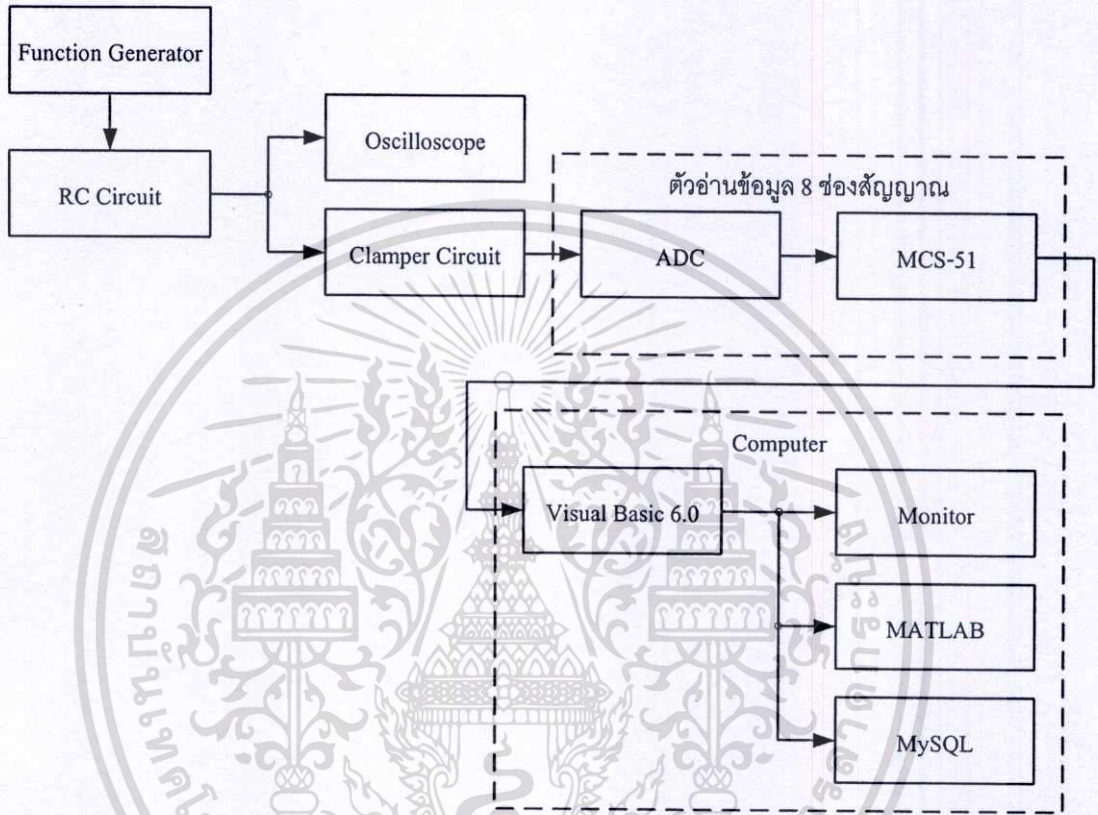
การประมาณค่าความไม่แน่นอนสำหรับการสอบเทียบที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการประมาณเพื่อดูว่าผลการสอบเทียบที่ปรากฏในใบรับรองการสอบเทียบ หรือในรายงานการสอบเทียบนั้น มีโอกาสที่จะผิดพลาดไปเท่าไร ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่ควรกระทำเพื่อทวนสอบถึงระดับความไม่แน่นอนของห้องปฏิบัติการสอบเทียบนั้น ๆ รวมไปถึงเพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสอบเทียบวิธีต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ สำหรับการสอบเทียบเครื่องมือชนิดเดียวกัน

ค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นตัวแสดงให้ทราบว่า ผลการสอบเทียบที่ปรากฏในใบรับรองการสอบเทียบ หรือรายงานการสอบเทียบนั้น มีโอกาสคลาดเคลื่อนมาอย่างน้อยเท่าไร ในทางปฏิบัติพบว่ามักมีความเข้าใจผิด ในการนำเอาค่าความไม่แน่นอนดังกล่าวไปใช้ในการพิจารณาว่า เครื่องมือที่สอบเทียบออกนอกย่านที่กำหนดหรือไม่ แทนที่จะพิจารณาจากค่าความผิดพลาด ซึ่งผู้ออกใบรับรองระบบคุณภาพหลายแห่ง ก็เข้าใจผิดเช่นเดียวกัน

# บทที่ 4

## การออกแบบตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ

### 4.1 ตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ

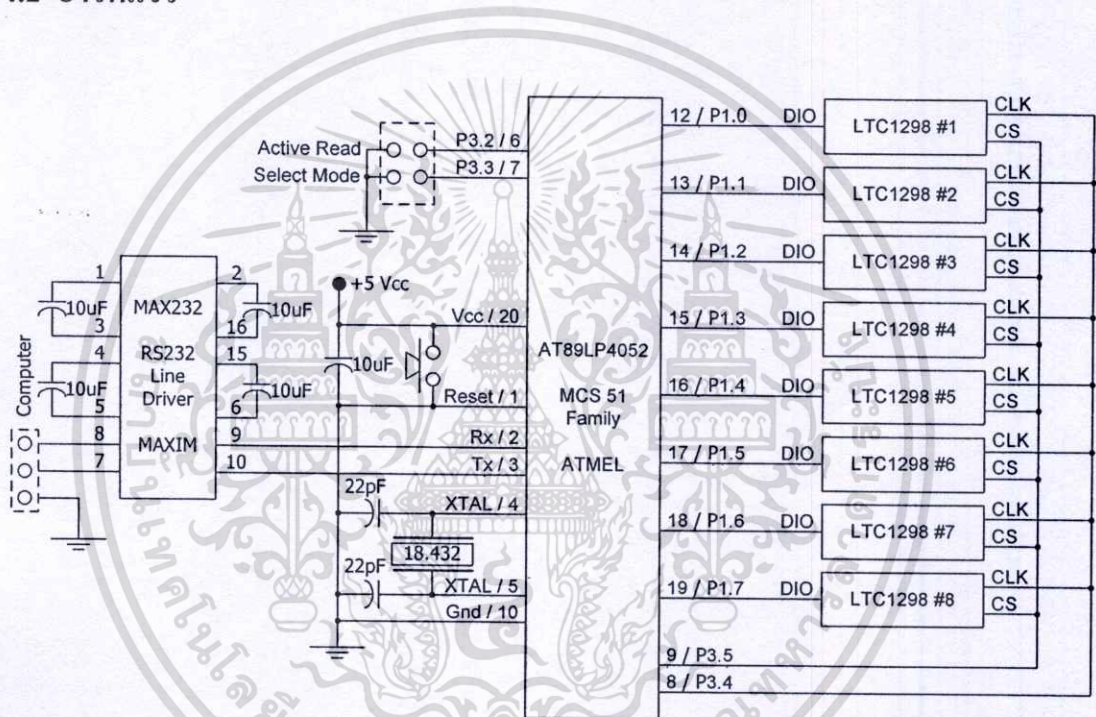


รูปที่ 4.1 โค้ดแแกรมของระบบ

รูปที่ 4.1 เป็นโฟลวโค้ดแแกรมของระบบของตัวอ่านข้อมูลแบบ 8 ช่องสัญญาณ ในที่นี้ได้ใช้ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณให้กับวงจรทดสอบ RC วงจรนี้จะทำให้สัญญาณที่ได้รับมีการเลื่อนเฟสกัน สัญญาณจากวงจร RC จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับออสซิลโลสโคปเพื่อแสดงผลของสัญญาณและสัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้าตัวอ่านข้อมูลแบบ 8 ช่องสัญญาณ โดยต่อผ่านทาง Clamper Circuit เนื่องจากสัญญาณที่อ่านได้มีทั้งด้านบวกและด้านลบ แต่วงจรในส่วน ADC มีคุณสมบัติในการอ่านสัญญาณในด้านบวกเพียงอย่างเดียว Clamper Circuit จะทำหน้าที่ยกระดับของสัญญาณให้มาอยู่ในด้านบวกทั้งหมด ต่อมาในบล็อกของ ADC ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันอนาล็อกเป็นดิจิทัลใช้ไอซีเบอร์ LTC 1298 ที่ทำงานในช่วงแรงดัน 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ มีความละเอียด 12 บิต ที่เชื่อมต่อกับ MCS-51 ที่ถูกโปรแกรมให้ทำงานในสองรูปแบบ แบบที่หนึ่งทำการอ่านข้อมูลจาก ADC โดยอ่านข้อมูลเข้ามาทีละช่อง และแบบที่สองทำการอ่านข้อมูลจาก ADC แบบอ่านข้อมูลเข้ามาพร้อมกันทั้ง 8 ช่องสัญญาณ ข้อมูลที่ได้รับจะถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนดไว้

จากนั้นจะส่งออกทางพอร์ตที่ได้เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์รับข้อมูลจาก MCS-51 ที่ส่งเข้ามาทาง Com Port ข้อมูลที่ได้รับนี้สามารถใช้โปรแกรมมาตรฐาน Hyper Terminal อ่านข้อมูลเพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อได้ โปรแกรมที่ใช้อ่านข้อมูลจาก MCS-51 เขียนด้วย Visual Basic 6.0 โปรแกรมนี้จะจัดข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม และแสดงผลกราฟทางหน้าจอในส่วนของ Monitor ที่นำเสนอรูปแบบกราฟแบบต่อเนื่อง เมื่อต้องการเก็บข้อมูลจะใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาส่งข้อมูลไปเก็บด้วย MySQL และเมื่อต้องการดึงข้อมูลจาก MySQL มาวิเคราะห์จะใช้โปรแกรม MATLAB

## 4.2 ฮาร์ดแวร์



รูปที่ 4.2 วงจรรวมของตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 4.2 เป็นการเชื่อมต่อกันของตัวอ่านข้อมูลที่ประกอบด้วยส่วนของ ADC กับ MCS-51 เบอร์ AT89LP4052 โดยมีการเชื่อมต่อเข้ากับขาต่าง ๆ ของ MCS-51 ดังนี้

กลุ่มที่หนึ่ง ขาพื้นฐานที่ทำให้ MCS-51 ทำงานได้ ได้แก่

ขา 20 เป็นขาไฟเลี้ยง ต่อไฟ 5 โวลต์เพื่อเลี้ยง MCS-51

ขา 10 เป็นขากราวด์

ขา 1 เป็นขารีเซ็ต จะทำการรีเซ็ตเมื่อขานี้ได้รับสภาวะลอจิก “1”

ขา 4 และขา 5 เป็นขาที่ใช้ต่อคริสตัล (XTAL) เพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCS-51

กลุ่มที่สอง ขาที่ MCS-51 ใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบ RS-232 กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ขา 2 เป็นขา Rx ทำหน้าที่รับข้อมูล

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 3 เป็นขา Tx ทำหน้าส่งข้อมูล

สัญญาณจากขาทั้งสองของ MCS-51 จะต่อกับ MAX-232 เพื่อกลับสถานะสัญญาณและขยายให้ดีขึ้น ก่อนส่งไปยังสายสัญญาณ

กลุ่มที่สาม ขาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจาก ADC ทั้ง 8 ช่องสัญญาณ

ขา 12 ถึง 19 ถูกจัดให้เป็นชุดของขาข้อมูลมีขนาด 8 บิต โดยแต่ละขาจะต่อเข้ากับขาข้อมูลของ LTC 1298 แต่ละตัว

ขา 8 กำหนดให้เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมสัญญาณ CLK ของ LTC 1298 ทุกตัว โดยต่อขา CLK ของทุกตัวรวมกันและต่อเข้ากับขา 8

ขา 9 กำหนดให้เป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมสัญญาณ CS ของ LTC 1298 ทุกตัวโดยต่อขา CS ของทุกตัวรวมกัน และต่อเข้ากับขา 9

กลุ่มที่สี่ ขาที่ใช้ในการทดสอบกระบวนการอ่านทั้งสองรูปแบบ

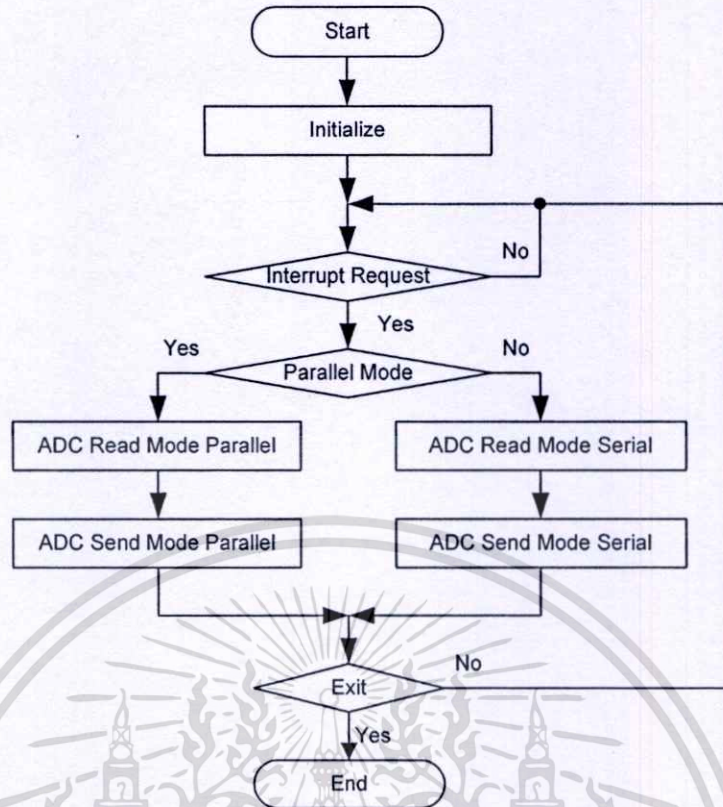
ขา 6 ใช้วัดระยะเวลาในการทำกระบวนการอ่านข้อมูล เมื่อการทำงานเข้าสู่กระบวนการอ่านข้อมูลของทั้งสองรูปแบบ จะมีการควบคุมให้บิตนี้มีสถานะเป็น “1” และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการจะมีการควบคุมให้บิตนี้มีสถานะเป็น “0” เพื่อให้สามารถใช้ออสซิลโลสโคปอ่านช่วงเวลาที่ใช้ในการทำกระบวนการอ่านแต่ละรูปแบบได้

ขา 7 ใช้ในการเลือกโหมดการอ่าน เมื่อมีการลัดวงจรที่ขานี้ลงกราวด์จะหมายถึงให้ทำกระบวนการอ่านแบบขนาน 8 ช่อง แต่ถ้าไม่มีการลัดวงจรให้ทำงานในการบวนการอ่านแบบอนุกรม 8 ช่อง

### 4.3 ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ได้ถูกออกแบบให้สามารถทำการอ่านข้อมูลได้ในสองรูปแบบคือ การอ่านแบบอนุกรม 8 ช่อง และการอ่านแบบขนาน 8 ช่อง รูปแบบการอ่านทั้งสองโหมดสามารถเลือกได้โดยการลัดวงจรที่ตำแหน่งที่กำหนด คือเมื่อต่อตัวลัดวงจรก็จะทำงานในโหมดการอ่านแบบขนาน 8 ช่อง แต่ถ้านำตัวลัดวงจรออก ก็จะทำงานในรูปการอ่านแบบอนุกรม 8 ช่อง การลัดวงจรนี้สามารถทำได้ขณะใช้งานต่อเนื่อง

จากรูปที่ 4.3 ภายหลังจากเริ่มต้นทำงาน จะมีการกำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่าของตัวแปรต่าง ๆ ค่าของพอร์ตของ MCS-51 รูปแบบและความเร็วในการสื่อสารที่จะใช้การกำหนดค่าเหล่านี้ทำเพียงครั้งเดียวหลังจากเริ่มต้นทำงาน จากนั้น โปรแกรมจะรอสัญญาณร้องขอการทำอินเตอร์รัพ



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมใน MCS-51

เมื่อได้รับการร้องขอการทำงานอินเตอร์รัพ โปรแกรมจะเข้าไปตรวจที่พอร์ต 3 ขา 3 ว่ามีการลัดวงจรหรือไม่ หากมีการลัดวงจรจะเข้าสู่กระบวนการอ่านในโหมดการอ่านแบบขนาน 8 ช่อง และส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปยังคอมพิวเตอร์ โดยมีการระบุว่าข้อมูลที่ส่งให้นี้ได้มาจากกระบวนการอ่านแบบขนาน 8 ช่อง แต่หากไม่มีการลัดวงจรจะเข้าสู่กระบวนการอ่านในโหมด การอ่านแบบอนุกรม 8 ช่อง และส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปยังคอมพิวเตอร์ โดยมีการระบุว่าข้อมูลที่ส่งให้นี้ได้มาจากกระบวนการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง เมื่อเสร็จสิ้นการส่ง โปรแกรมจะกลับมารอสัญญาณร้องขอการทำงานอินเตอร์รัพอีกครั้ง การทำงานจะวนทำงานอยู่เช่นนี้เรื่อยไป

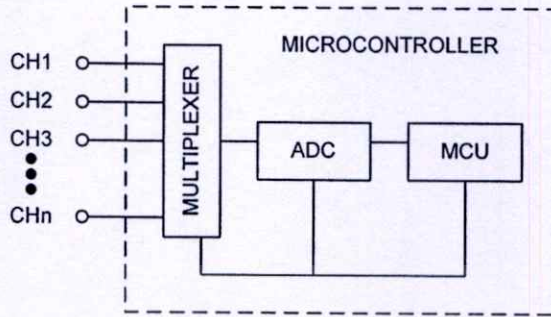
ในกระบวนการอ่านข้อมูลทั้งสองรูปแบบ เมื่อเริ่มต้นเข้าสู่กระบวนการอ่านจะทำการควบคุมให้พอร์ต 3 ขา 2 มีสถานะเป็น “1” และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการอ่านจะทำการควบคุมให้พอร์ต 3 ขา 2 มีสถานะเป็น “0” การทำเช่นนี้เพื่อให้เราสามารถใส่ฮอสซิลโลสโคปวัดที่พอร์ต 3 ขา 2 เพื่อให้รู้ได้ว่าระยะเวลาในการทำงานในแต่ละกระบวนการใช้เวลามากน้อยเพียงใด

#### 4.3.1 การเขียนโปรแกรมสำหรับการอ่านแบบอนุกรม 8 ช่องสัญญาณ

การอ่านสัญญาณอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ชุดวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เอง โดยการอ่านข้อมูลที่มีจำนวนช่องมากกว่า 1 ช่อง จะทำโดยหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) ที่อยู่ภายในทำการ

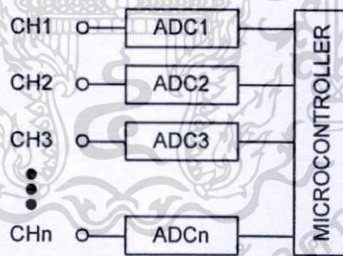
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมตัวมัลติเพล็กซ์เพื่อเลือกช่องสัญญาณที่ใช้ในการอ่านเข้ามาที่ละช่อง ดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 4.4 การทำเช่นนี้จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับเป็นแบบอนุกรม



รูปที่ 4.4 ไดอะแกรม ADC ที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

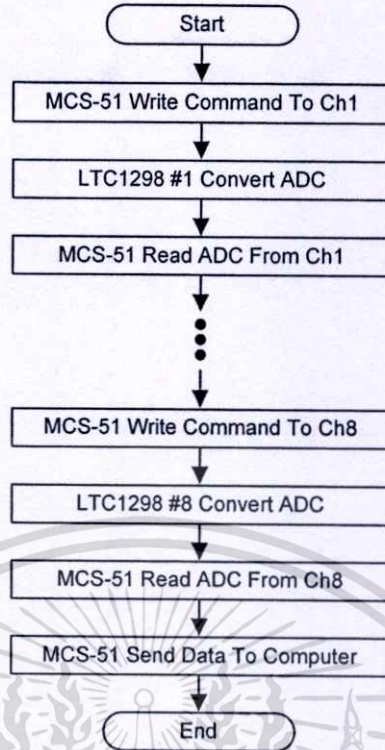
การอ่านสัญญาณอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ชุดวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังที่แสดงในไดอะแกรมรูปที่ 4.5 เป็นการอ่านข้อมูลที่มีจำนวนช่องที่มากกว่า 1 ช่อง จะทำโดยการสื่อสารกับไอซีที่อยู่ภายนอกในรูปแบบการสื่อสารที่กำหนดขึ้นตามลักษณะการทำงานของไอซีที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ โดยการอ่านแบบเดิมที่จะทำทีละช่อง การอ่านเช่นนี้จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับเป็นแบบอนุกรม



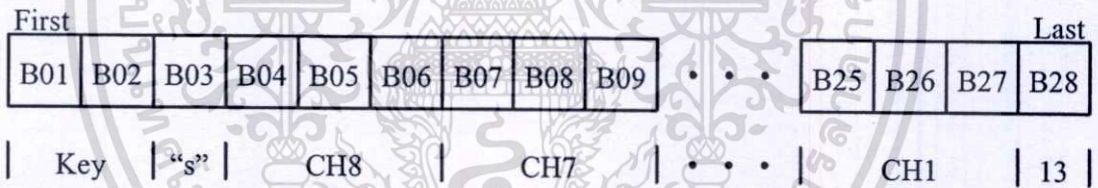
รูปที่ 4.5 ไดอะแกรม ADC ที่อยู่ภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

งานวิจัยนี้ใช้ไอซีเบอร์ LTC 1298 จำนวน 8 ตัว เป็น ADC 8 ช่อง ต่ออยู่กับ MCS-51 ขั้นตอนในการอ่านเป็นไปตามรูปที่ 4.6

เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการอ่านข้อมูล MCS-51 จะเขียนคำสั่งที่ใช้ควบคุม ADC ไปยัง LTC 1298 ตัวที่หนึ่ง เมื่อ LTC 1298 รับคำสั่งจะทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่อ่านได้ทางค่านินพุตเป็นข้อมูลดิจิทัลเก็บไว้ในไอซี ต่อมา MCS-51 อ่านข้อมูลจาก LTC 1298 เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นจะย้ายไปทำกระบวนการยัง LTC 1298 ตัวที่สอง สาม จนถึงตัวที่แปด เมื่ออ่านข้อมูลครบทั้ง 8 ช่องแล้ว MCS-51 จะส่งข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในหน่วยความจำไปยังคอมพิวเตอร์ตามรูปแบบที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.6 ผังงานขั้นตอนในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง



รูปที่ 4.7 รูปแบบการสื่อสารเมื่อทำงานในโหมดการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง

รูปแบบการสื่อสารระหว่าง MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ทาง RS-232 ถูกออกแบบดังรูปที่ 4.7 โดยมีความยาวของข้อมูล 28 ไบต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ไบต์ที่ 1, 2      ส่งค่าคีย์ที่สร้างขึ้น โดยจะบอกถึงตำแหน่งที่เหมาะสมของข้อมูลมีค่าตั้งแต่ 0 – 239 ในรูปแบบเลขฐาน 16
- ไบต์ที่ 3        ส่งค่าตัวอักษร “s” เพื่อบอกให้คอมพิวเตอร์รับรู้ว่าคุณข้อมูลที่ส่งไปนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง
- ไบต์ที่ 4 – 27    แบ่งเป็นชุด ชุดละ 3 ไบต์ ซึ่งมี 8 ชุด เป็นชุดข้อมูลที่แสดงค่าที่อ่านได้ของแต่ละช่องจาก ADC ทั้ง 8 ช่อง มีค่า 0 – 4095 ในรูปแบบเลขฐาน 16
- ไบต์ที่ 28        ส่งค่า ASCII เท่ากับ 13 ใช้เป็นไบต์ปิดท้ายข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 การเขียนโปรแกรมสำหรับการอ่านแบบขนาน 8 ช่องสัญญาณ

การปรับปรุงในส่วนซอฟต์แวร์ ได้ออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ LTC 1298 จำนวน 8 ตัว เป็น ADC 8 ช่อง ต่ออยู่ภายนอก MCS-51 เริ่มต้นให้กำหนดค่าที่จะใช้ในการส่งคำสั่งควบคุม LTC 1298 ในแต่ละขั้นตอน เก็บไว้ในตัวแปรไว้ล่วงหน้าเพื่อพร้อมสำหรับการส่งให้กับ LTC 1298 จากรูป 4.8

ค่าที่จะใช้ในขั้นตอน CLK00 = 255 หรือ 0xFF ในรูปแบบเลขฐาน 16

ค่าที่จะใช้ในขั้นตอน CLK01 = 255 หรือ 0xFF ในรูปแบบเลขฐาน 16

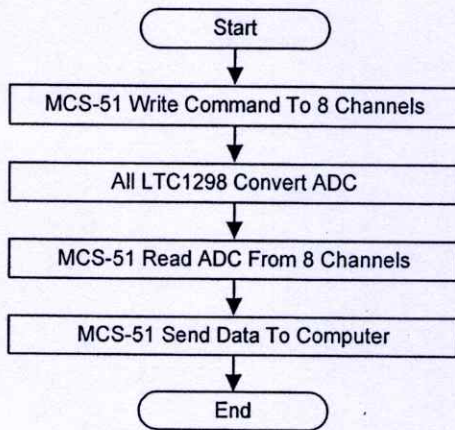
ค่าที่จะใช้ในขั้นตอน CLK02 = 0 หรือ 0x00 ในรูปแบบเลขฐาน 16

ค่าที่จะใช้ในขั้นตอน CLK03 = 255 หรือ 0xFF ในรูปแบบเลขฐาน 16

สร้างตัวแปรแบบอาร์เรย์ขึ้นมาเพื่อรับข้อมูล ช่องอ่านข้อมูลกำหนดให้ตัวแปรเป็นชนิด 8 บิต ไม่มีเครื่องหมาย กำหนดขนาดของอาร์เรย์ให้มีขนาดเท่ากับขนาดความละเอียดของ ADC คือ 12 บิต คำนี้นี้ unsigned char d[12]; จากรูปที่ 4.8 แสดงข้อมูลที่จะปรากฏที่ขา DIO ของ LTC 1298 แต่ละตัว ในขั้นตอนต่าง ๆ ข้อมูลจาก LTC 1298 จะถูกอ่านเข้ามาในระหว่างขั้นตอน CLK 05 ถึง CLK 16 ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ที่ขา DIO แต่ละตัวจะแตกต่างกันออกไป จากรูปที่ 4.8 จะแสดงไว้เป็นตัวอักษร "D" หมายถึงข้อมูลที่ได้รับจาก LTC 1298 และจะปรากฏอยู่บนขา DIO แต่ละตัวข้อมูลที่ไ้ระหว่างนี้จะถูกนำมาเก็บไว้ในตัวแปรอาร์เรย์ที่สร้างขึ้น

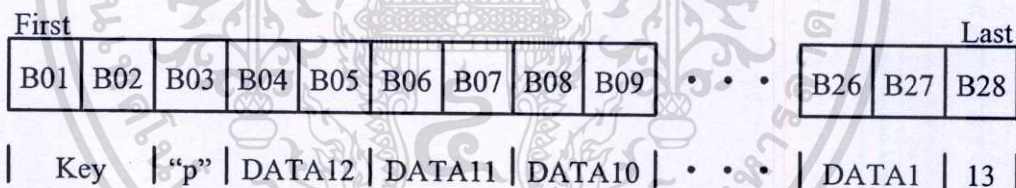
DIO 1	1	1	0	1	X	D	D	D	D	D
DIO 2	1	1	0	1	X	D	D	D	D	D
DIO 3	1	1	0	1	X	D	D	D	D	D
DIO 4	1	1	0	1	X	D	D	D	D	D
DIO 5	1	1	0	1	X	D	D	D	...	D
DIO 6	1	1	0	1	X	D	D	D	...	D
DIO 7	1	1	0	1	X	D	D	D	...	D
DIO 8	1	1	0	1	X	D	D	D	...	D
	CLK00 TX=START									
	CLK01 TX=SGL									
	CLK02 TX=SIGN									
	CLK03 TX=MSBF									
	CLK04 TX=NULL									
	CLK05 RX=B11									
	CLK06 RX=B10									
	CLK07 RX=B09									
	...									
	CLK15 RX=B01									
	CLK16 RX=B00									

รูปที่ 4.8 การอ่านสัญญาณเข้าและกำหนดตัวแปรขึ้นมารองรับข้อมูล



รูปที่ 4.9 ผังงานขั้นตอนในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง

จากรูปที่ 4.9 เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการอ่านข้อมูล MCS-51 จะเขียนคำสั่งที่ใช้ควบคุม ADC ไปยัง LTC 1298 ทั้ง 8 ตัว ในครั้งเดียว เมื่อ LTC 1298 รับคำสั่ง จะทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกที่อ่านได้ทางด้านอินพุตเป็นข้อมูลดิจิตอลเก็บไว้ในไอซี กระบวนการเปลี่ยนสัญญาณนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 8 ตัว ต่อมา MCS-51 อ่านข้อมูลจาก LTC 1298 ทั้ง 8 ตัว เข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่ออ่านข้อมูลแล้ว MCS-51 จะส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำไปยังคอมพิวเตอร์ ตามรูปแบบที่กำหนดไว้



รูปที่ 4.10 รูปแบบการสื่อสารเมื่อทำงานในโหมดการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง

รูปแบบการสื่อสารระหว่าง MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ทาง RS-232 ถูกออกแบบดังรูปที่ 4.10 มีความยาวข้อมูล 28 ไบต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ไบต์ที่ 1, 2      ส่งค่าคีย์ที่สร้างขึ้น โดยจะบอกถึงตำแหน่งที่เหมาะสมของข้อมูลมีค่าตั้งแต่ 0 – 239 ในรูปแบบเลขฐาน 16
- ไบต์ที่ 3        ส่งค่าตัวอักษร “p” เพื่อบอกให้คอมพิวเตอร์รับรู้ว่าชุดข้อมูลที่ส่งไปนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง
- ไบต์ที่ 4 – 27    แบ่งเป็นชุด ชุดละ 2 ไบต์ ซึ่งมี 12 ชุด เป็นชุดข้อมูลที่แสดงค่าที่อ่านได้ของแต่ละบิตข้อมูลจาก ADC ทั้ง 8 ช่อง มีค่า 0 – 255 ในรูปแบบ

เลขฐาน 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

ไบต์ที่ 28      ส่งค่า ASCII เท่ากับ 13 ใช้เป็นไบต์ปิดท้ายข้อมูล

จากรูปแบบการสื่อสารทั้งสอง จะเห็นว่าขนาดความยาวของชุดข้อมูลของทั้งสองรูปแบบมีขนาดความยาวเท่ากันคือ 28 ไบต์ นั่นเป็นเพราะ ADC ที่เลือกใช้มีขนาดความละเอียดที่พอดี เพราะในการแสดงข้อมูลแบบ Character ข้อมูลเลขฐาน 16 จาก 0 ถึง F แต่ละตัวจะเป็นข้อมูลขนาด 4 ไบต์ ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้ ADC ให้พอดี จะต้องเลือกความละเอียดที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 8 บิต และสามารถหารด้วย 4 ลงตัว

#### 4.4 การสร้างสัญญาณสุ่มเพื่อใช้กับการสุ่มแบบ RIS

การสุ่มแบบ RIS (Random Interleaved Sampling) คือการสุ่มเก็บข้อมูลจากจุดต่าง ๆ ของสัญญาณอินพุตมากกว่า 1 รูปคลื่น แล้วนำข้อมูลที่ได้นั้นมาประกอบกันเพื่อแสดงรูปกราฟสัญญาณอินพุตต้นแบบ การใช้เทคนิคนี้เพื่อขยายขอบเขตความสามารถในการอ่านข้อมูลให้ได้ในเวลาที่สูงขึ้น จึงต้องสร้างสัญญาณสุ่มที่มีความสัมพันธ์กับสัญญาณอินพุต ในหัวข้อนี้จะแสดงวิธีการสร้างสัญญาณสุ่มเพื่อใช้กับสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ 50 Hz ดังนี้

ความถี่ที่ต้องการอ่าน ( $f$ ) = 50Hz

จะได้คาบเวลา

$$t = \frac{1}{f}$$

$$t = \frac{1}{50} = 20\text{msec}$$

เลือกความละเอียด  $f_s = 80$  เท่าของความถี่ที่ต้องการอ่าน

ดังนั้นจะได้

$$f_s = 80 \times 50\text{Hz} = 4\text{kHz}$$

$$t_s = \frac{1}{f_s} = 250\mu\text{sec}$$

สร้างชิ้นส่วนของการวัด =  $f_s + 1$

จะได้จำนวนชิ้นส่วนของการวัด =  $80 + 1 = 81$

ความเป็นไปได้ของการอ่านข้อมูล

แบบที่หนึ่ง  $81 \times 1$  คือการเลือกข้อมูลจาก 81 ลูกคลื่น โดยเลือกใช้ 1 ข้อมูลต่อ 1 ลูกคลื่น

คาบเวลาที่ต้องใช้ ในรูปแบบที่หนึ่ง  $81 \times 250\mu\text{sec} = 20.25\text{msec}$

แบบที่สอง  $27 \times 3$  คือการเลือกข้อมูลจาก 27 ลูกคลื่น โดยเลือกใช้ 3 ข้อมูลต่อ 1 ลูกคลื่น

คาบเวลาที่ต้องใช้ ในรูปแบบที่สอง  $27 \times 250\mu\text{sec} = 6.75\text{msec}$

แบบที่สาม  $9 \times 9$  คือการเลือกข้อมูลจาก 9 ลูกคลื่น โดยเลือกใช้ 9 ข้อมูลต่อ 1 ลูกคลื่น

คาบเวลาที่ต้องใช้ ในรูปแบบที่สาม  $9 \times 250\mu\text{sec} = 2.25\text{msec}$

ความสามารถในการสุ่มพิจารณาจากความสามารถในการสื่อสารอนุกรมสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้

ใช้อัตรา Baud Rate 115200 Bit/sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1 Byte = 8 Data Bit + 1 Start Bit + 1 Stop Bit = 10 Bit

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นความเร็วในการส่งต่อ Byte =  $115200/10 = 11520$  Byte/sec

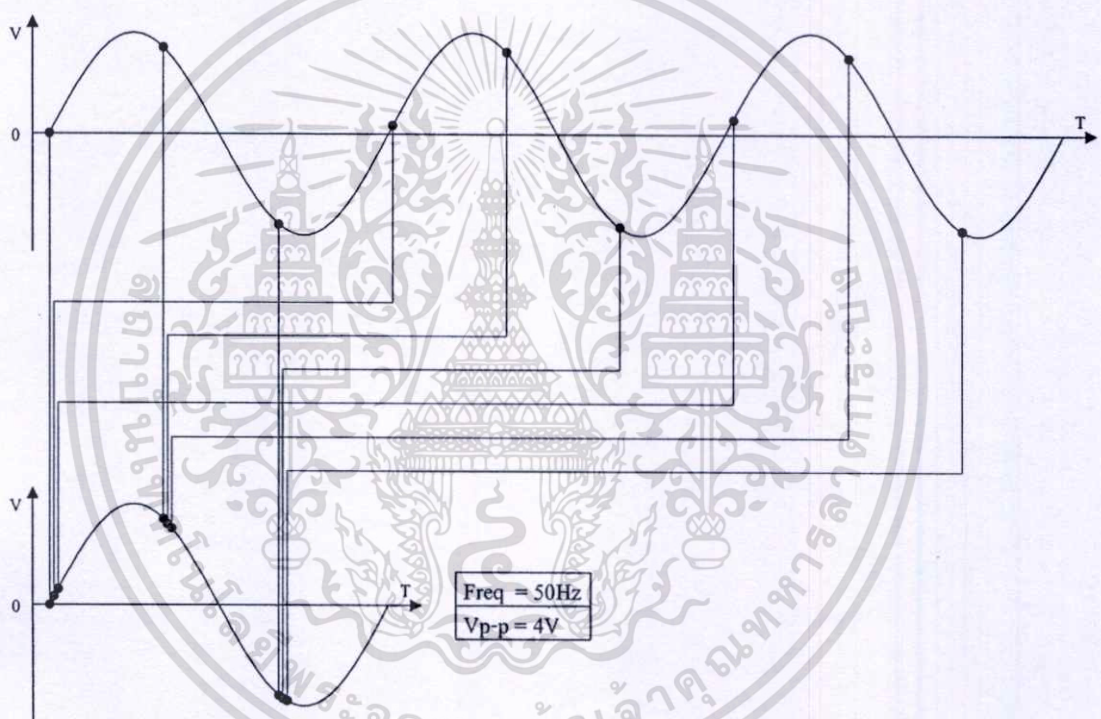
1 ชุดข้อมูลใช้ 28 Byte

ดังนั้นความเร็วในการส่งข้อมูลต่อชุดข้อมูล =  $11520/28 = 411$  ชุด/sec

เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล 1 ชุด =  $1/411 = 2.43$  msec

เวลาที่ใช้ในการสุ่ม 1 ชุดข้อมูลมีค่า = เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล + เวลาที่ใช้ในกระบวนการอ่าน  
 $= 2.43$  msec +  $329$   $\mu$  sec  
 $= 2.76$  msec

ดังนั้นสามารถเลือกรูปแบบในการส่งสัญญาณได้โดยเลือกจากความเป็นไปได้ในรูปแบบที่ใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด คือรูปแบบที่สอง



รูปที่ 4.11 รูปแบบการสุ่มที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

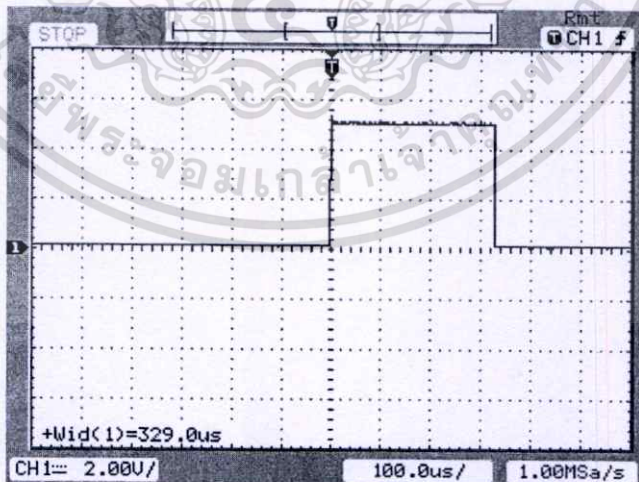
## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

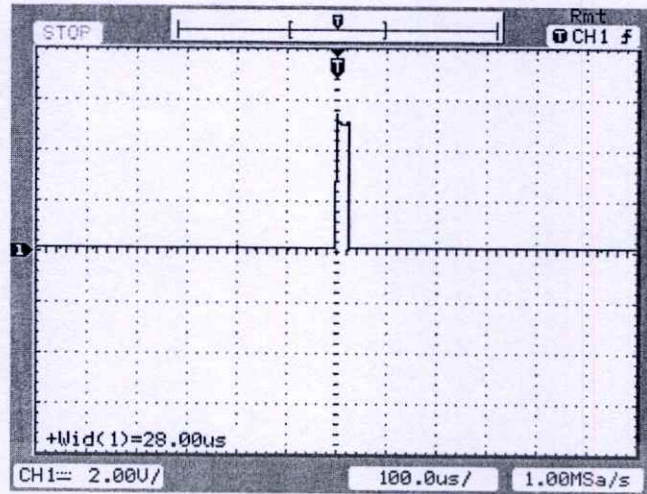
ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องดีกว่า การอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องอย่างไร การทดลองในหัวข้อที่ 5.1 จะเป็นการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องเปรียบเทียบกับวิธีการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง การทดลองในหัวข้อที่ 5.2 จะเป็นการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลที่แตกต่างระหว่างการอ่านข้อมูลทั้งสองแบบที่ความถี่ต่าง ๆ และการทดลองในหัวข้อที่ 5.3 จะเป็นการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของการอ่านข้อมูลด้วยวิธีที่ได้นำเสนอ โดยจะแสดงเป็นค่าความไม่แน่นอนในการวัด

#### 5.1 การวัดช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลของ ADC

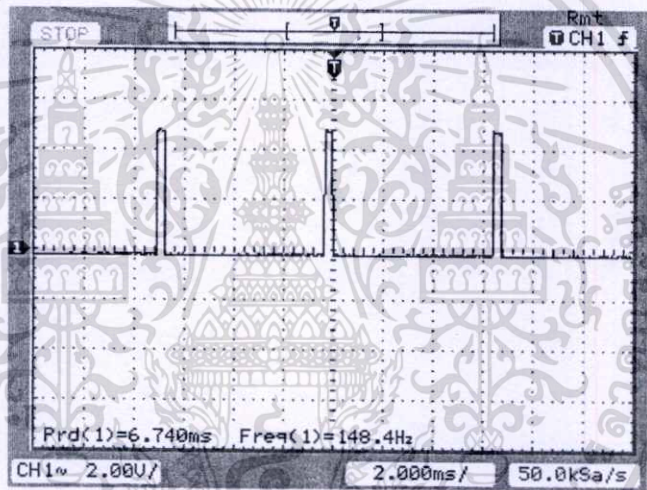
ในการเขียนโปรแกรมสำหรับ MCS-51 ในส่วนของการอ่านข้อมูลจะมีการแทรกคำสั่งเพื่อควบคุมขา 2 ของพอร์ต P3 ( $P3^2$ ) ไว้ 2 จุดด้วยกัน เมื่อการทำงานของ MCS-51 เริ่มเข้าสู่ขบวนการอ่านข้อมูลก็จะให้ทำการกำหนดสถานะของ  $P3^2$  ให้เป็น 1 จากนั้นเมื่อ MCS-51 สิ้นสุดขบวนการอ่านข้อมูลก็จะทำการกำหนดสถานะของ  $P3^2$  ให้เป็น 0 ดังเดิม จากนั้นใช้ออสซิลโลสโคป วัดที่  $P3^2$  จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.4



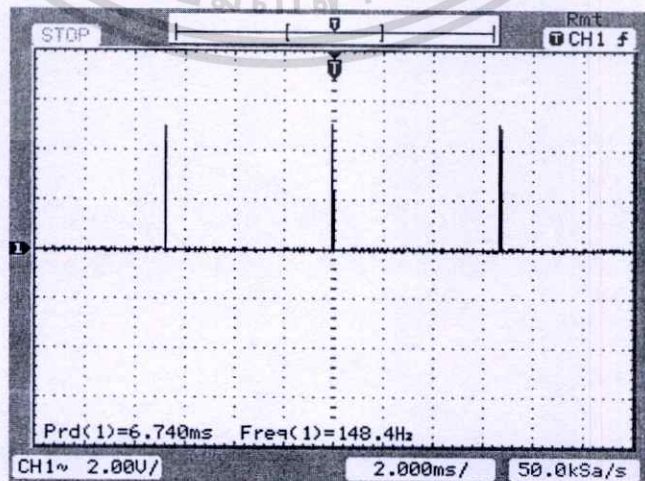
รูปที่ 5.1 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง



รูปที่ 5.2 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง



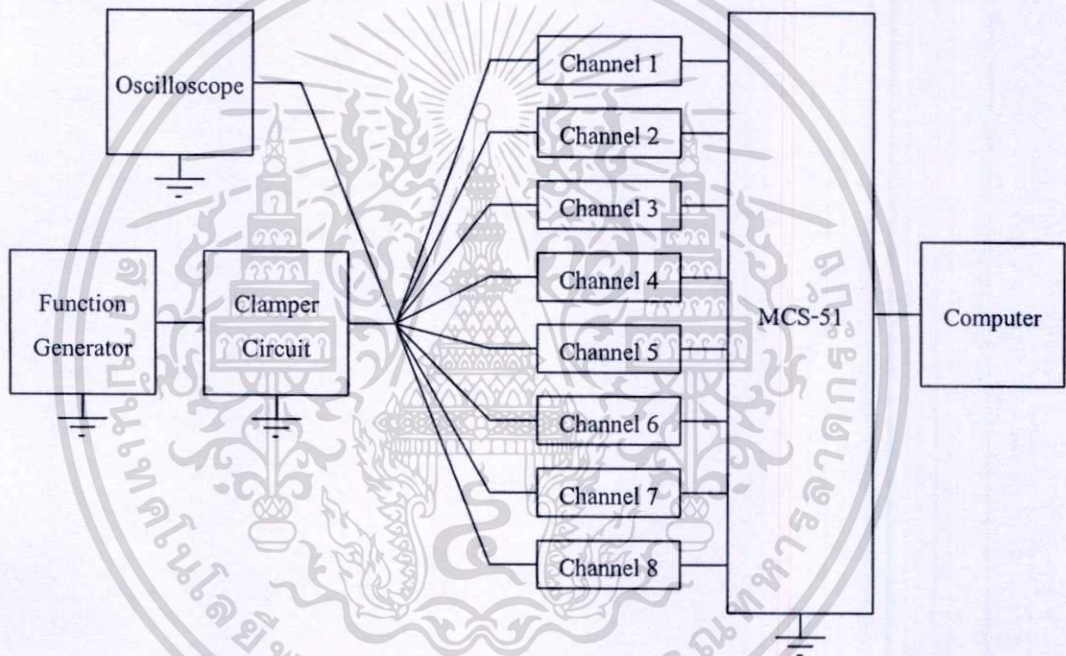
รูปที่ 5.3 ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องแบบต่อเนื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
**รูปที่ 5.4** ช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องแบบต่อเนื่อง  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.1 และ 5.2 จะตั้งค่าออสซิลโลสโคปไว้ที่  $100 \mu\text{sec}$  ต่อส่วน เพื่อให้ออสซิลโลสโคปสามารถอ่านค่าความกว้างสัญญาณในช่วงที่  $P3^{\wedge}2$  มีสถานะเป็น 1 ได้ จะเห็นว่าช่วงเวลาที่ใช้ในการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง ใช้เวลามากกว่าการอ่านข้อมูลในรูปแบบขนาน 8 ช่องที่ได้นำเสนอ  $301 \mu\text{sec}$  ซึ่งมากกว่ากับ  $11.75$  เท่าของการอ่านข้อมูลในรูปแบบที่นำเสนอ ส่วนรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะตั้งค่าออสซิลโลสโคปไว้ที่  $2 \text{ msec}$  ต่อส่วน เพื่อให้ออสซิลโลสโคปสามารถอ่านค่าคาบเวลาที่ใช้ใน 1 รอบของกระบวนการอ่านทั้งหมด ซึ่งจะรวมถึงเวลาที่ใช้กับการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ด้วย

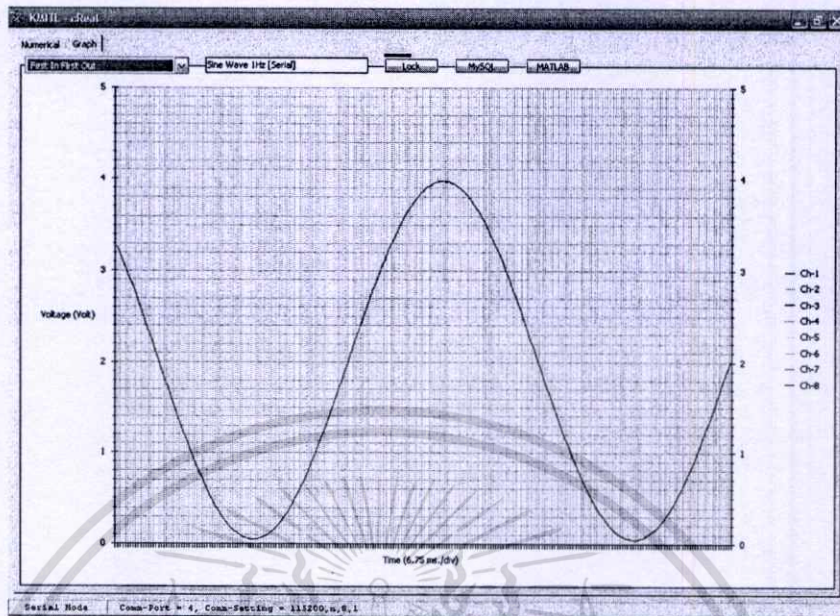
## 5.2 การเปรียบเทียบการแสดงผลด้วยรูปภาพของการอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ



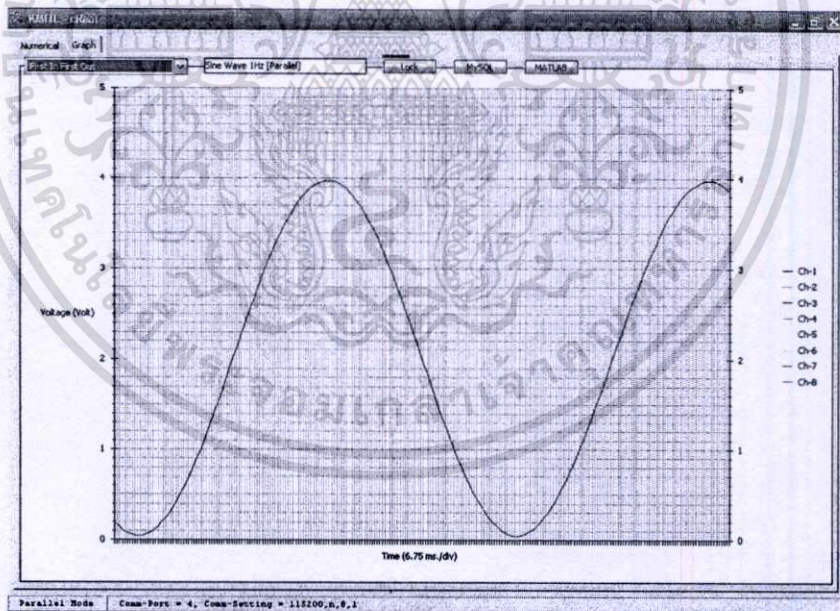
รูปที่ 5.5 โดอะแกรมการเชื่อมต่อของการอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ

การทดลองจะทำโดยใช้สัญญาณจากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ 1 ช่องเป็นอินพุตให้กับชุดคาน่าแอกควิซิชัน สัญญาณอินพุตจากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์จะถูกยกระดับแรงดันขึ้น  $2$  โวลต์ มีอัตราขยายเท่ากับ  $1$  โดย Clamper Circuit จากนั้นให้ ADC ช่องต่าง ๆ ทั้ง  $8$  ช่องต่อรวมกันเพื่อวัดสัญญาณ ณ จุดเดียวกัน ต่อสายสัญญาณ RS-232 ระหว่าง MCS-51 กับคอมพิวเตอร์เรียกใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อแสดงผลการอ่านข้อมูล ทำการป้อนสัญญาณอินพุตด้วยค่าความถี่ต่าง ๆ จากนั้นทำการเก็บผลการทดลองที่หน้าจอและเก็บผลการทดลองลงฐานข้อมูล

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 1\text{Hz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.6 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 Hz

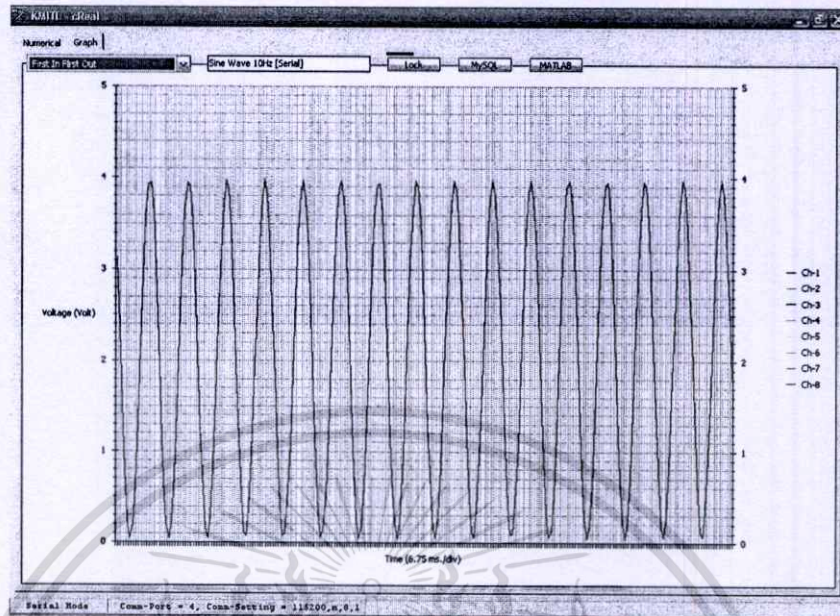


รูปที่ 5.7 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 Hz

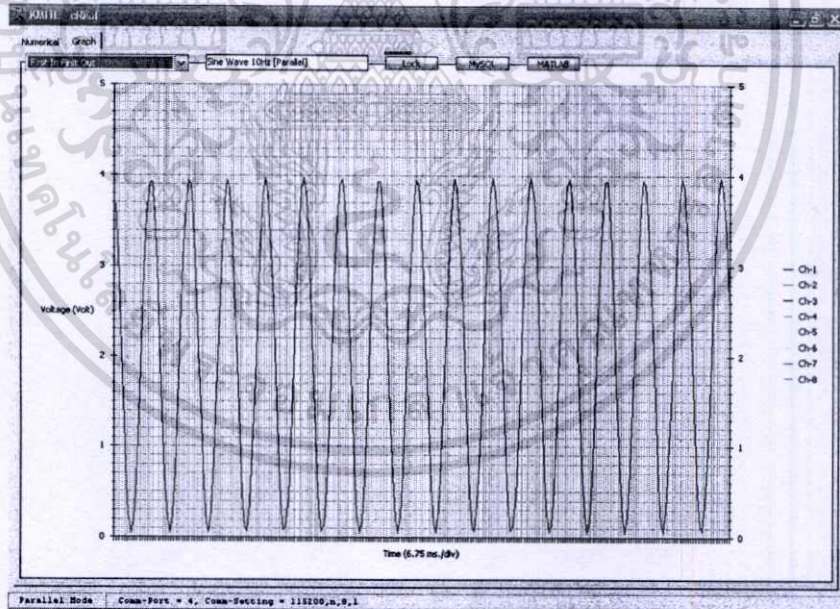
จากการทดลอง จะแสดงให้เห็นว่าการอ่านข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบให้ผลไม่แตกต่างกัน ในช่วงความถี่ 1 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 10\text{Hz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.8 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 Hz

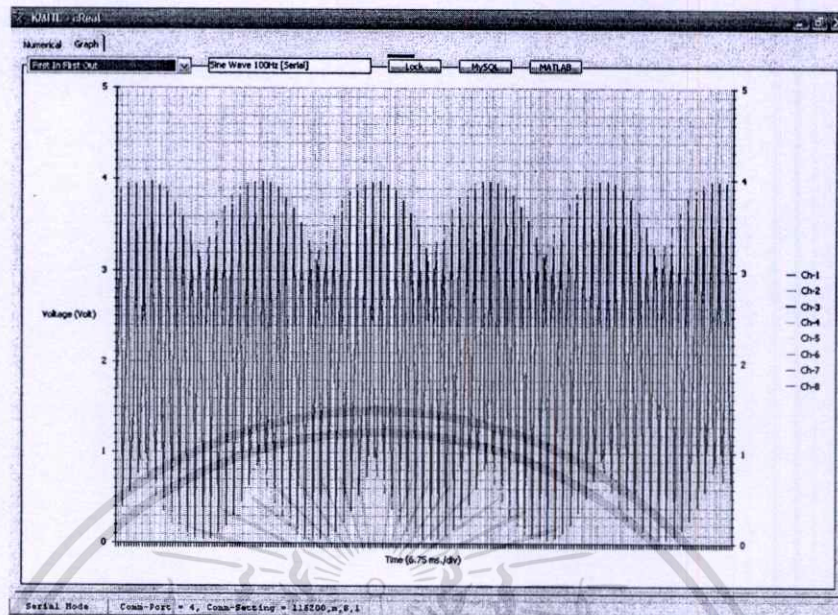


รูปที่ 5.9 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 Hz

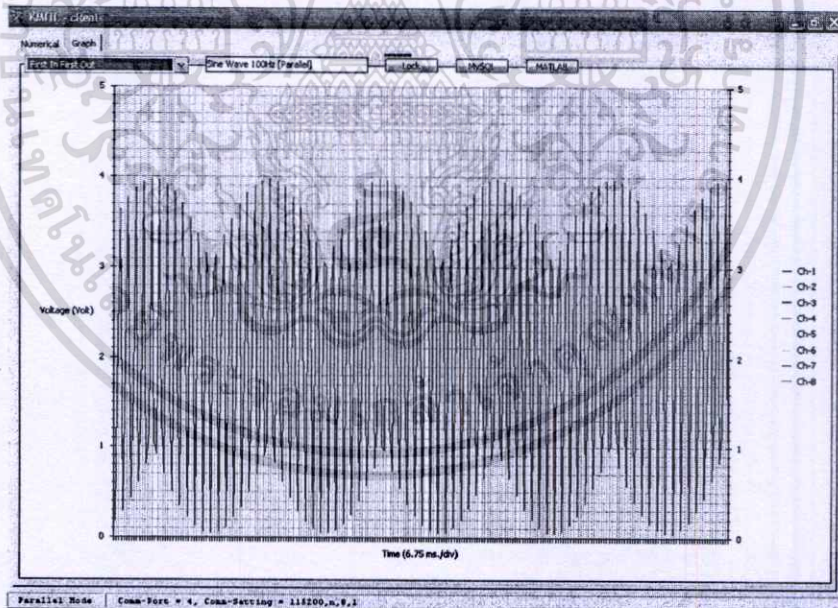
จากผลการทดลอง จะแสดงให้เห็นว่าการอ่านข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบให้ผลไม่แตกต่างกันในช่วงความถี่ 10 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 100\text{Hz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.10 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz

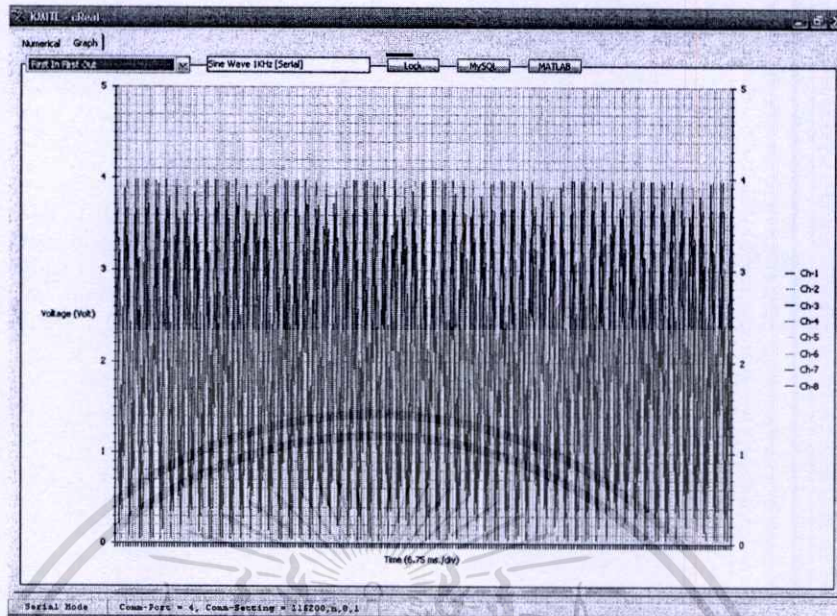


รูปที่ 5.11 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 100 Hz

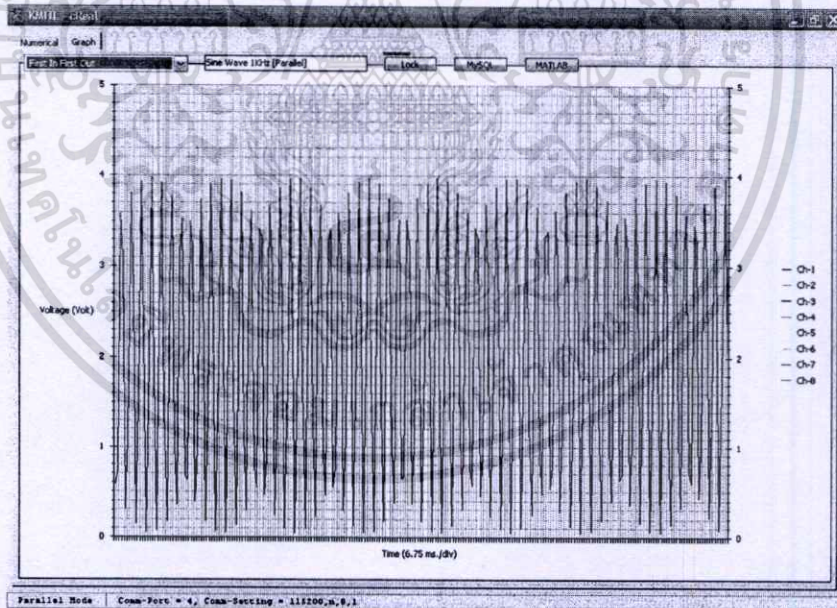
จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเราไม่สามารถแสดงผลกราฟได้อย่างถูกต้องในช่วงความถี่ 100 Hz โดยสัญญาณที่อ่านได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องจะแสดงให้เห็นถึงการเหลื่อมกันของการอ่านข้อมูลทั้ง 8 ช่อง ในขณะที่การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องยังคงแสดงผลกราฟที่ซ้อนทับกันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 1\text{kHz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



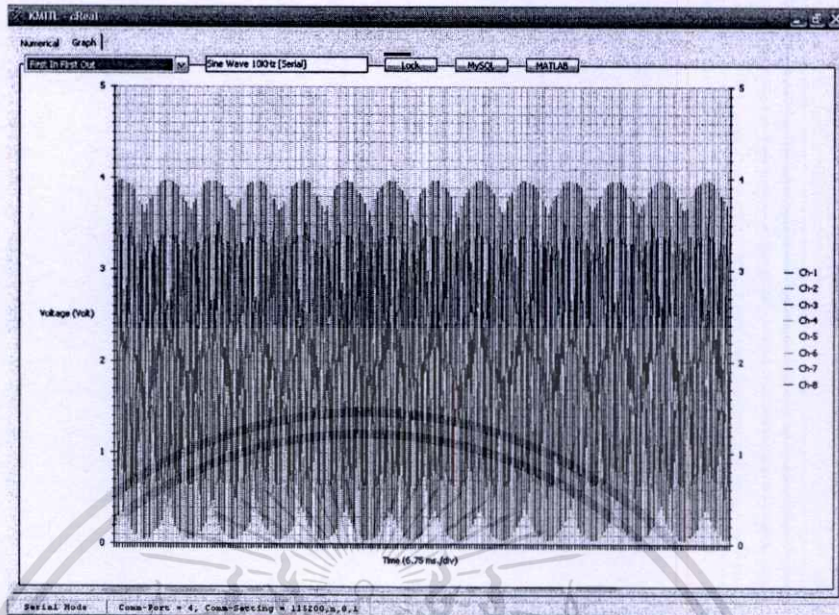
รูปที่ 5.12 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 kHz



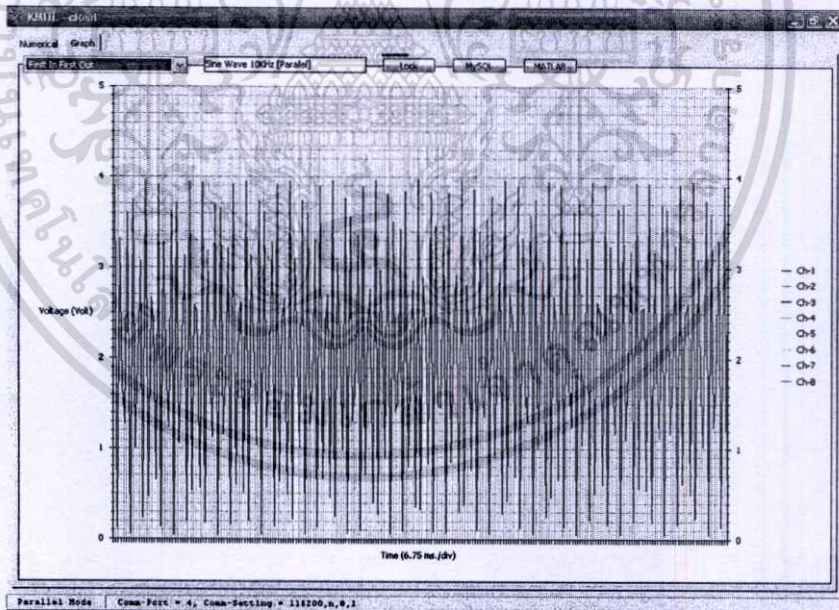
รูปที่ 5.13 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1 kHz

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเราไม่สามารถแสดงผลกราฟได้อย่างถูกต้องในช่วงความถี่ 1 kHz โดยสัญญาณที่อ่านได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องจะแสดงให้เห็นถึงการเหลื่อมกันของการอ่านข้อมูลทั้ง 8 ช่อง ในขณะที่การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องยังคงแสดงเอกสารนี้ไปเอกสารนี้อาจเป็นส่วนหนึ่งของการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เส้นกราฟที่ซ้อนทับกันอยู่  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 10\text{kHz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



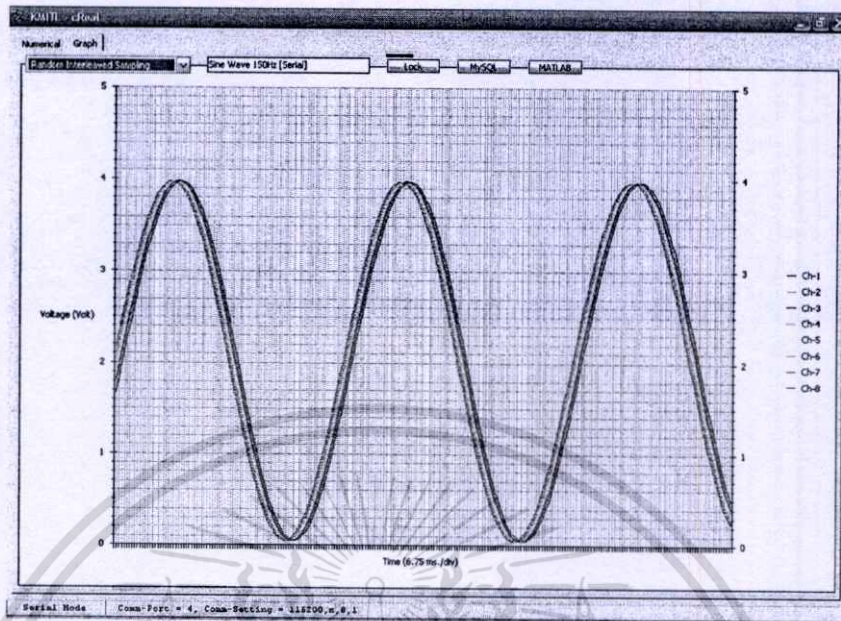
รูปที่ 5.14 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 kHz



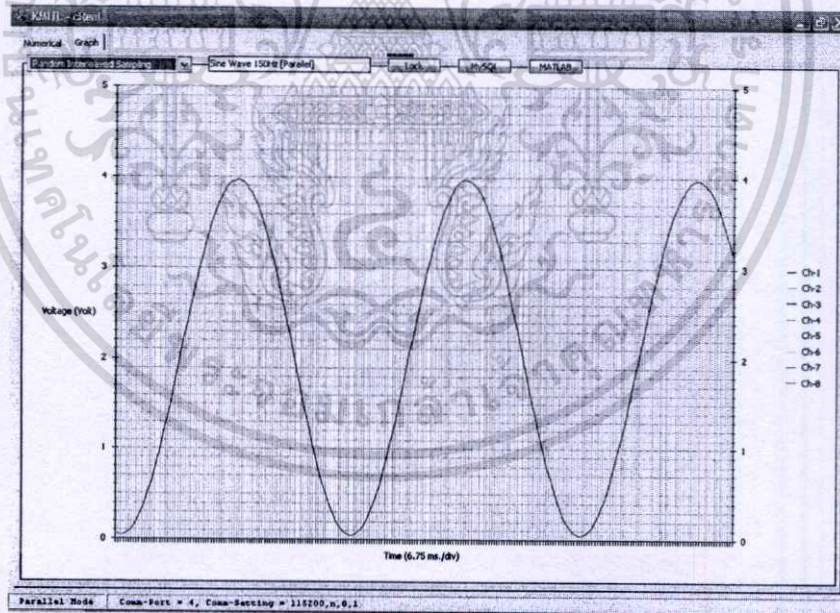
รูปที่ 5.15 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10 kHz

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเราไม่สามารถแสดงผลกราฟได้อย่างถูกต้องในช่วงความถี่ 10 kHz โดยสัญญาณที่อ่านได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องจะแสดงให้เห็นถึงการเหลื่อมกันของการอ่านข้อมูลทั้ง 8 ช่อง ในขณะที่การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องยังคงแสดงเอกสารนี้เป็น เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เส้นกราฟที่ซ้อนทับกันอยู่ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 150\text{Hz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.16 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz

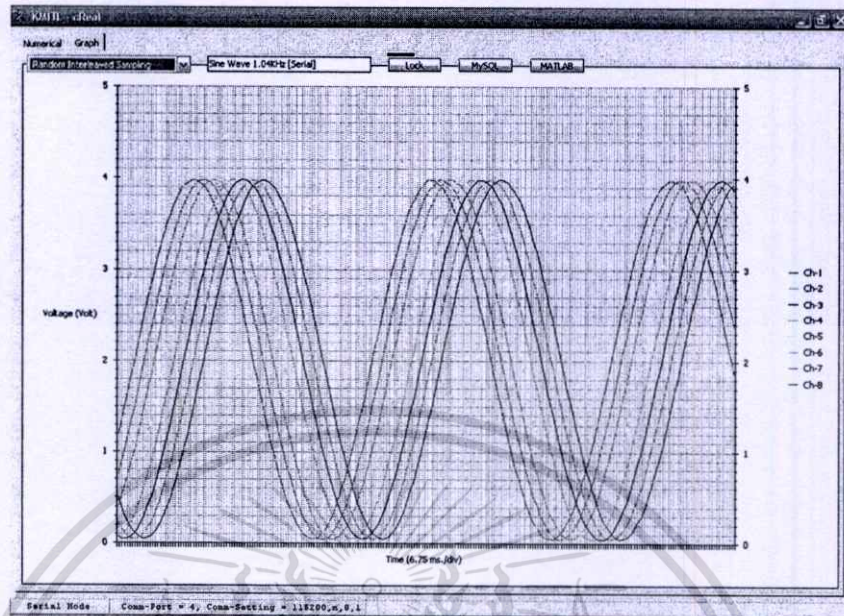


รูปที่ 5.17 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz

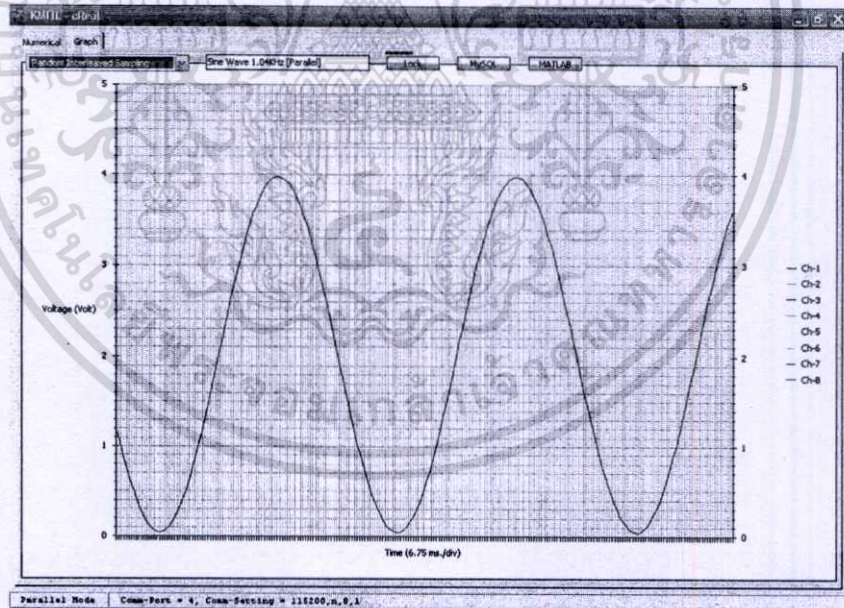
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เราสามารถทำให้การแสดงผลที่เป็นไปไม่ได้ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 100 Hz ขึ้นไป กลับมาแสดงผลได้อย่างถูกต้องอีกครั้งที่ความถี่ 150 Hz ด้วยการใช้วิธีการสุ่มแบบ RIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 1.04\text{kHz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.18 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1.04 kHz



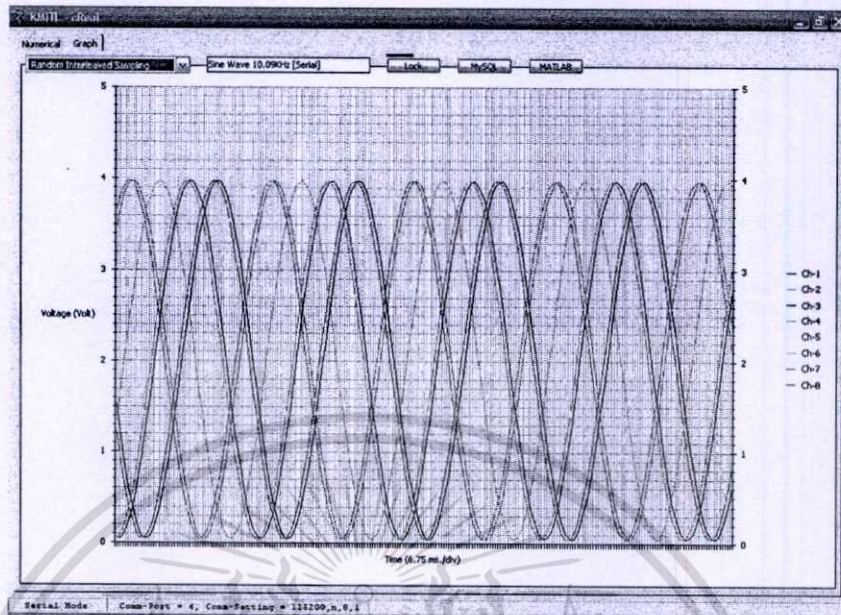
รูปที่ 5.19 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 1.04 kHz

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เราสามารถทำให้การแสดงผลที่เป็นไปไม่ได้ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 100 Hz ขึ้นไป กลับมาแสดงผลได้อย่างถูกต้องอีกครั้งที่ความถี่ 1.04 kHz ด้วยการใช้วิธีการ

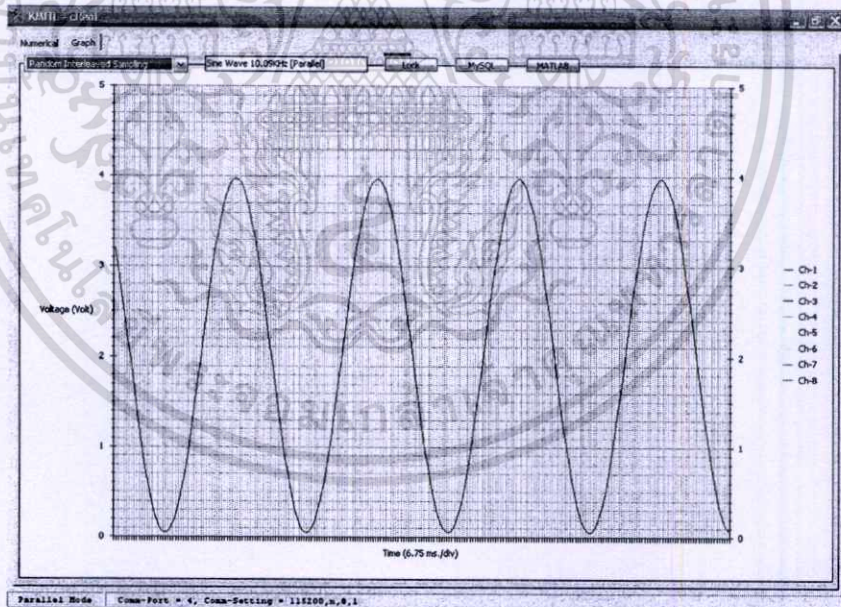
กลุ่มแบบ RIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตั้งค่าฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ให้มีค่า  $f = 10.09\text{kHz}$   $V_{p-p} = 4\text{V}$



รูปที่ 5.20 ผลการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10.09 kHz



รูปที่ 5.21 ผลการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องที่ความถี่เท่ากับ 10.09 kHz

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เราสามารถทำให้การแสดงผลที่เป็นไปไม่ได้ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 100 Hz ขึ้นไป กลับมาแสดงผลได้อย่างถูกต้องอีกครั้งที่ความถี่ 10.09 kHz ด้วยการใช่วิธีการสุ่มแบบ RIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

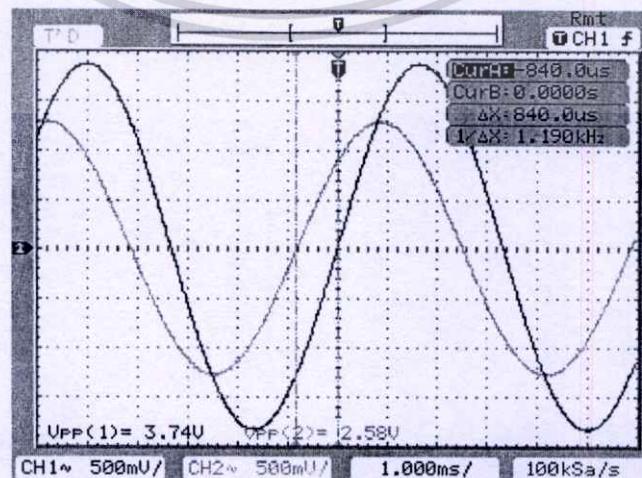
### 5.3 การหาค่าความไม่แน่นอนในการวัดจากผลของการอ่านข้อมูลในแต่ละรูปแบบ

ทำการประเมินความไม่แน่นอนประเมินความไม่แน่นอนระบบการอ่านข้อมูลในความถี่เท่ากับ 0 Hz โดยป้อนระดับแรงดันคงที่ 1 โวลต์และ 2 โวลต์ ทำการอ่านข้อมูลด้วยวิธีการทั้ง 2 รูปแบบ ที่ช่องรับสัญญาณที่ 1

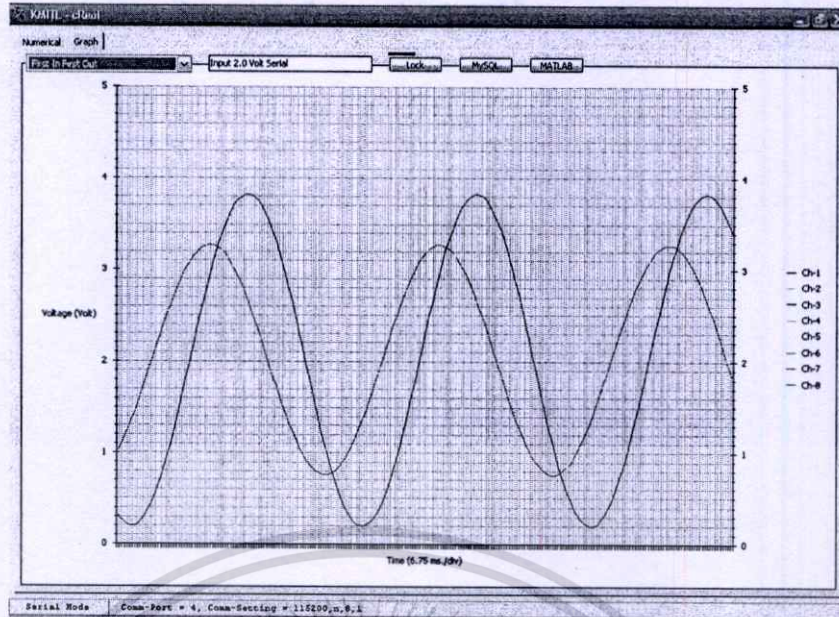
ตารางที่ 5.1 ผลการประเมินความไม่แน่นอนที่ความถี่เท่ากับ 0 Hz

แรงดันอ้างอิง	ช่องที่หนึ่ง 1 โวลต์		ช่องที่หนึ่ง 2 โวลต์	
	ทั่วไป	ที่นำเสนอ	ทั่วไป	ที่นำเสนอ
การอ่านครั้งที่ 1	1.0037	1.0049	2.0027	2.0027
การอ่านครั้งที่ 2	1.0049	1.0037	2.0039	2.0027
การอ่านครั้งที่ 3	1.0037	1.0037	2.0039	2.0039
การอ่านครั้งที่ 4	1.0049	1.0049	2.0039	2.0039
การอ่านครั้งที่ 5	1.0049	1.0049	2.0027	2.0039
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	1.004420	1.004421	1.004422	1.004423
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.000588	0.000589	0.000590	0.000591
ความไม่แน่นอนในการวัดที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %	0.001209	0.001210	0.001211	0.001212

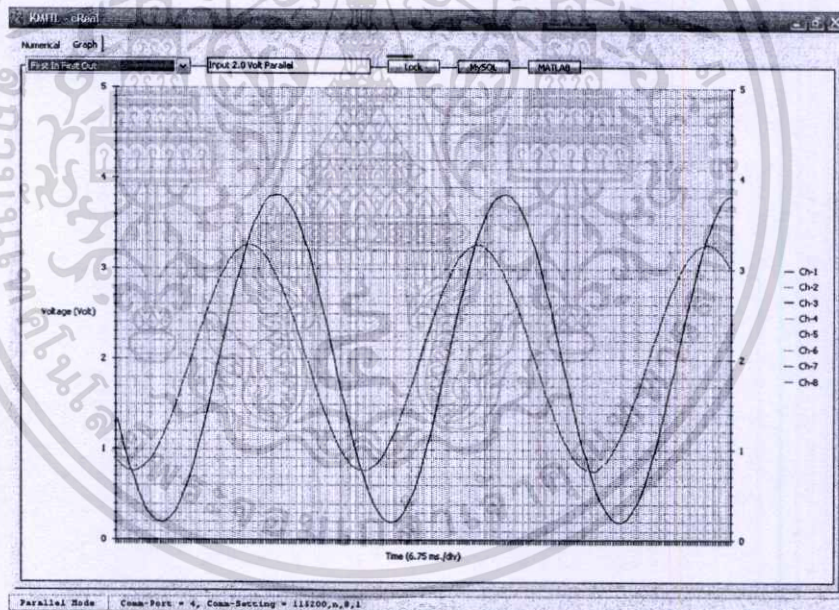
ทำการประเมินความไม่แน่นอนการอ่านข้อมูลที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz โดยป้อนสัญญาณอินพุตตามรูปที่ 5.22 ทำการอ่านข้อมูลด้วยวิธีการทั้ง 2 รูปแบบที่ช่องรับสัญญาณที่ 1 และ 8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก **รูปที่ 5.22 สัญญาณที่วัดได้จากวงจร RC** ารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

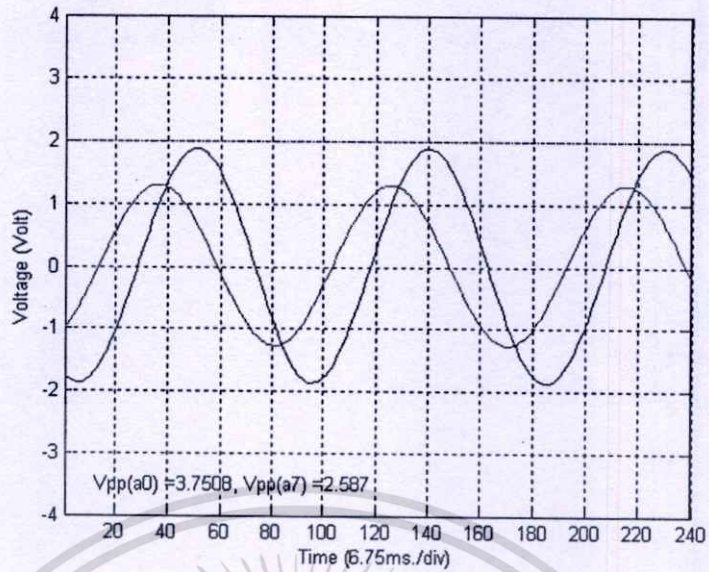


รูปที่ 5.23 ผลการอ่านข้อมูลที่ได้จากวงจร RC แบบอนุกรม 8 ช่อง

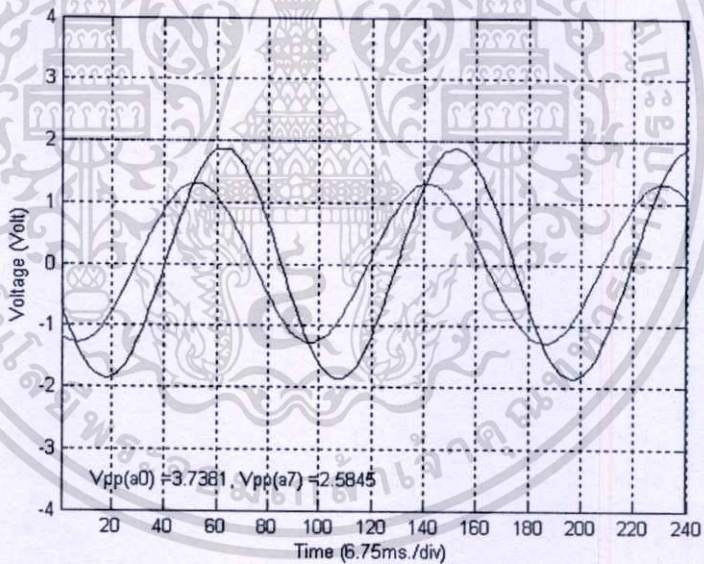


รูปที่ 5.24 ผลการอ่านข้อมูลที่ได้จากวงจร RC แบบขนาน 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวงจร RC ด้วย MATLAB แบบอนุกรม 8 ช่อง



รูปที่ 5.26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากวงจร RC ด้วย MATLAB แบบขนาน 8 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการประเมินความไม่แน่นอนที่ความถี่เท่ากับ 150 Hz

แรงดันอ้างอิง	ช่องที่หนึ่ง 1.87 โวลต์		ช่องที่แปด 0.91 โวลต์	
	ทั่วไป	ที่นำเสนอ	ทั่วไป	ที่นำเสนอ
รูปแบบการอ่านข้อมูล				
การอ่านครั้งที่ 1	1.8858	1.8705	0.75882	0.92017
การอ่านครั้งที่ 2	1.8754	1.8705	0.68252	0.85913
การอ่านครั้งที่ 3	1.8754	1.8756	0.63551	0.95574
การอ่านครั้งที่ 4	1.8754	1.87	0.72191	0.85913
การอ่านครั้งที่ 5	1.8858	1.8705	0.63551	0.95574
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	1.88196	1.87142	0.686854	0.909982
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.003135	0.002099	0.048372	0.043505
ความไม่แน่นอนของการวัดที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %	0.006450	0.004318	0.099510	0.089497

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กำหนดให้

$$U_{r1} = \text{ค่าความไม่แน่นอนที่ความถี่ 0 Hz ช่องที่หนึ่ง 1 โวลต์}$$

$$U_{r2} = \text{ค่าความไม่แน่นอนที่ความถี่ 0 Hz ช่องที่หนึ่ง 2 โวลต์}$$

$$U_{r3} = \text{ค่าความไม่แน่นอนที่ความถี่ 150 Hz ช่องที่หนึ่ง 1.87 โวลต์}$$

$$U_{r4} = \text{ค่าความไม่แน่นอนที่ความถี่ 150 Hz ช่องที่แปด 0.91 โวลต์}$$

ทำการคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนรวมจาก

$$U_{r,total} = \sqrt{(U_{r1})^2 + (U_{r2})^2 + (U_{r3})^2 + (U_{r4})^2} \quad 5.1$$

จะได้ค่าความไม่แน่นอนรวมของการอ่านข้อมูลรูปแบบทั่วไปเท่ากับ

$$U_{r1} = 0.001209$$

$$U_{r2} = 0.001211$$

$$U_{r3} = 0.006450$$

$$U_{r4} = 0.099510$$

$$U_{r,total} = \sqrt{0.001209^2 + 0.001211^2 + 0.00645^2 + 0.09951^2} = \pm 0.099733 \text{ โวลต์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้ค่าความไม่แน่นอนรวมของการอ่านข้อมูลที่น่าเสนอเท่ากับ

$$U_{r1} = 0.001210$$

$$U_{r2} = 0.001212$$

$$U_{r3} = 0.004318$$

$$U_{r4} = 0.089497$$

$$U_{r,total} = \sqrt{0.001210^2 + 0.001212^2 + 0.004318^2 + 0.089497^2} = \pm 0.089617 \text{ โวลต์}$$

โดยทั่วไประดับแรงดันที่ใช้ในการประเมินควมมีค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันสูงสุดของย่านวัดรวมอยู่ด้วย และในขั้นตอนการทดลองต่างๆ ตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ มีการทำงานอยู่ในย่าน 0 – 4 โวลต์ จึงมีการกำหนดระดับแรงดันที่ใช้ในการประเมินคือ 2 โวลต์รวมอยู่ด้วย

จากผลการทดลองทำการประเมินความไม่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าผลของค่าผิดพลาดที่ช่องรับสัญญาณที่ 8 จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องจะมีค่าความผิดพลาดมากกว่าจากการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่อง โดยผลการคำนวณแสดงถึงค่าความไม่แน่นอนที่ใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่าการอ่านข้อมูลในรูปแบบที่น่าเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ช่วยลดค่าความผิดพลาดของการอ่านข้อมูลและลดตัวเลขความไม่แน่นอนในการวัด โดยเฉพาะการอ่านข้อมูลที่ความถี่สูงกว่า 100 Hz ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากเฟสที่ล่าช้า (Phase Lag) ของการอ่านข้อมูลได้

## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ แสดงให้เห็นว่าการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องดีกว่าการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง โดยสามารถแสดงให้เห็นถึงผลของข้อมูลที่อ่านเข้ามาในระยะเวลาเดียวกันได้อย่างถูกต้อง จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.1 แสดงให้เห็นถึงความเร็วในการอ่านข้อมูลที่มีมากกว่าของการอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องถึง 301  $\mu\text{sec}$  ซึ่งมากเท่ากับ 11.75 เท่าของการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่อง จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าในช่วงความถี่ตั้งแต่ 100 Hz สัญญาณที่อ่านได้จากการอ่านข้อมูลแบบอนุกรม 8 ช่องจะแสดงให้เห็นถึงการเหลื่อมกันของการอ่านข้อมูลทั้ง 8 ช่อง ในขณะที่การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องยังคงแสดงเส้นกราฟที่ซ้อนทับกันอยู่ และเราสามารถเพิ่มขยายความสามารถการอ่านสัญญาณในย่านความถี่ที่สูงกว่า 100 Hz ด้วยการใช้วิธีการสุ่มแบบ RIS จากรูปที่ 5.10 และ 5.11 แสดงให้เห็นว่าเราไม่สามารถแสดงผลกราฟได้อย่างถูกต้องในช่วงความถี่ 100 Hz แต่จากรูปที่ 5.16 และ 5.17 การแสดงผลกลับมาแสดงผลได้อย่างถูกต้องอีกครั้งที่ความถี่ 150 Hz การแสดงผลที่ถูกต้องนี้เป็นไปได้ด้วยการสัมพันธ์กันของความถี่ของสัญญาณที่อ่านกับความถี่ที่ใช้ในการสุ่ม จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.3 แสดงให้เห็นว่า การอ่านข้อมูลแบบขนาน 8 ช่องช่วยลดค่าความผิดพลาดของการอ่านข้อมูลและลดตัวเลขความไม่แน่นอนในการวัดได้ โดยปัญหาที่พบระหว่างการวิจัยบางส่วนที่สำคัญและแนวทางการแก้ไขมีดังนี้

การนำหลักการที่นำเสนอไปใช้กับ MCS-51 เพียงอย่างเดียวคือ การอ่านข้อมูลจาก ADC เข้ามาแล้วมีความต้องการให้มีการประมวลผลและจัดการการแสดงผลด้วย MCS-51 เลขนั้นเป็นไปได้ เพราะขนาดของหน่วยความจำชนิด RAM ที่มีอยู่ภายใน MCS-51 มีขนาดเล็ก ซึ่งไม่เพียงพอต่อการสร้าง Array ของข้อมูลที่จะใช้พักข้อมูลที่อ่านเข้ามาทั้ง 8 ช่อง ก่อนการประมวลผล แก้ไข โดยการย้ายส่วนพักข้อมูลและส่วนประมวลผลมาไว้ในคอมพิวเตอร์

การสร้างสัญญาณสุ่มจากฝั่งคอมพิวเตอร์เป็นไปได้ เพราะ Windows XP เป็นระบบปฏิบัติการแบบ Multitasking ช่วงเวลาในการประมวลผลคำสั่งจึงถูกควบคุมด้วยระบบปฏิบัติการอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งการสร้างสัญญาณสุ่มถึงแม้จะใกล้เคียงเวลาเดียวกันแต่ไม่มีความคงที่ แก้ไขโดยการสร้างสัญญาณสุ่มด้วยการสร้างการอินเทอร์รัพท์ที่ MCS-51

การใช้เทคนิค RIS กับ MCS-51 ที่สมบูรณ์เป็นไปได้เพราะการอ่านข้อมูลที่ต้องการเป็นไปได้ด้วยการควบคุมการอ่านข้อมูลด้วยการสร้างการอินเทอร์รัพท์ ทั้งนี้คาบเวลาที่ใช้ในการอินเทอร์รัพท์ ถูกควบคุมด้วยความถี่ที่คงที่และตัวแปรขนาด 16 บิต การควบคุมความถี่ ของการอินเทอร์รัพท์จึงมีขอบเขตและความละเอียดที่จำกัด แก้ไขโดยปรับความถี่สัญญาณอินพุตเพื่อให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ MCS-51 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประยุกต์ใช้งาน เราสามารถนำตัวอ่านข้อมูล 8 ช่องสัญญาณ ไปใช้กับอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆที่มีความต้องการจุดวัดหลายจุด เช่น เครื่องมือที่ใช้ในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีจุดวัดมากกว่า 24 จุด ในการอ่านสัญญาณหากมีการนำวิธีการอ่านข้อมูลแบบขนานไปใช้ก็จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่อง เพิ่มความถูกต้อง และลดค่าความผิดพลาดอันเกิดจากการเหลื่อมกันของการอ่านสัญญาณได้



รูปที่ 6.1 การต่อใช้งาน EEG Probe กับผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. “เรียนรู้และปฏิบัติการ ระบบดาต้าเอกควิซัน” บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.
- [2] ทศยา ปุคคะนันท์. 2547. “วงจรอัลกอริธึม ADC ชนิดเข้ารหัสแบบเกรย์โดยใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] บุรินทร์ ไตรชินชนโชติ. 2543. “เทคนิคและวิธีการในงานสอบเทียบเครื่องมือวัด” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [4] สุวัฒน์ ศรีวิทยารักษ์. ระพีพรรณ พิริยะกุล, มนตรี พิริยะกุล, ทวี รื่นจินดา, รอม หิรัญพฤษ และชูศรี พันธุ์ทอง. 2540. “สถิติเบื้องต้น Introduction to Statistics (ST103)” สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- [5] Alessandro Ferrero and Simona Salicone. 2006. “Measurement Uncertainty Part 8 in a series of tutorials in instrumentation and measurement” IEEE Instrumentation & Measurement Magazine.
- [6] Emilio Ghiani, Nicola Locci and Carlo Muscas. 2004. “Auto-Evaluation of the Uncertainty in Virtual Instruments” IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol. 53, No.3.
- [7] Kim Fowler. 2006. “Data Processing in Measurement Instrumentation Part 9 in a series of tutorials in instrumentation and measurement” IEEE Instrumentation & Measurement Magazine.
- [8] LTC 1286/LTC 1298, Micropower Sampling 12-Bit A/D Converters In SO-8 Packages, Linear Technology.
- [9] Salvatore Nuccio and Ciro Spataro. 2002. “Approaches to Evaluate the Virtual Instrumentation Measurement Uncertainties” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 51, No. 6.
- [10] S. Intajag and S. Samaimak “8-Channel Reading of Analog to Digital Converter” SICE-ICASE International Joint Conference 2006 Oct. 18-21, 2006 in Bexco, Busan, Korea.



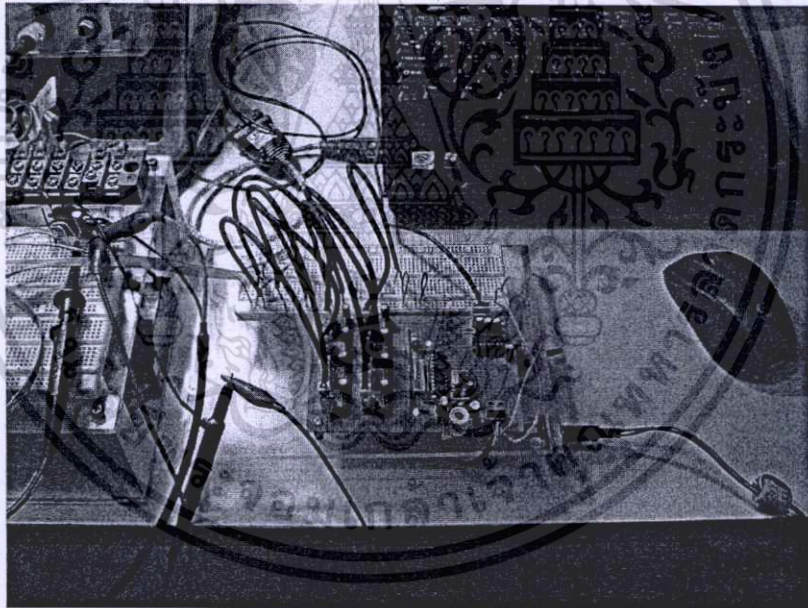
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

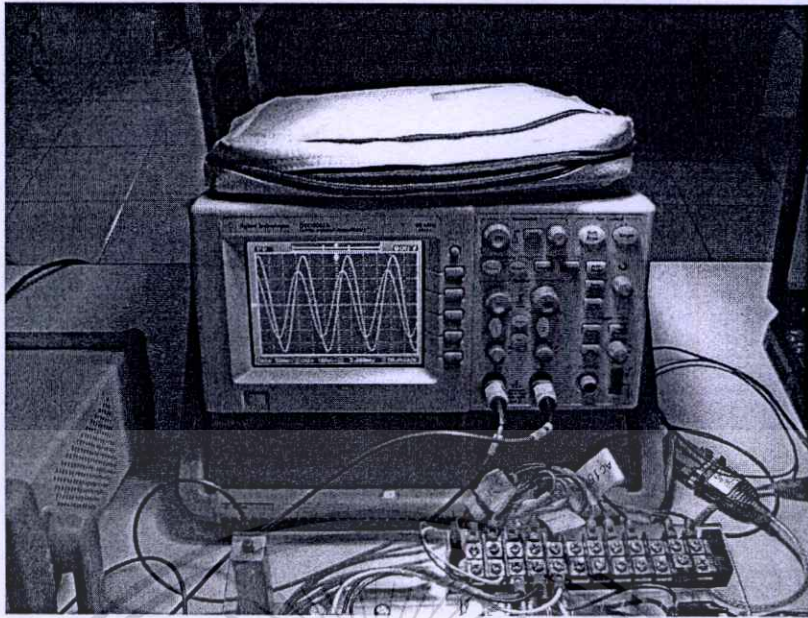


รูปที่ ก.1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัย

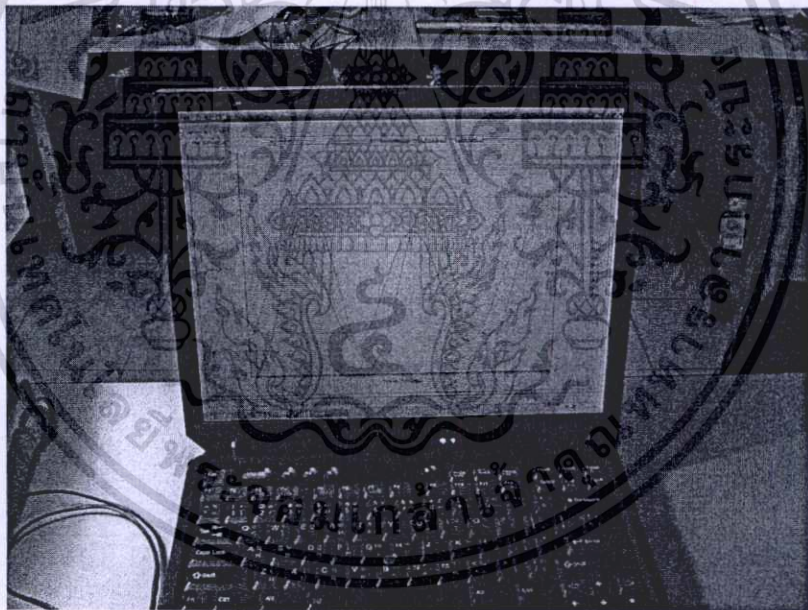


รูปที่ ก.2 แสดงวงจร ADC ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 แสดงสัญญาณที่วัดได้ด้วยออสซิลโลสโคป



รูปที่ ก.4 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากวงจร ADC ด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 # HeidiSQL Dump
2 #
3 # -----
4 # Host: 127.0.0.1
5 # Database: dbcreal
6 # Server version: 5.0.67-community-nt
7 # Server OS: Win32
8 # Target compatibility: Same as source (5.0.67)
9 # Target max_allowed_packet: 1048576
10 # HeidiSQL version: x.y
11 # Date/time: 2008-12-29 14:22:56
12 # -----
13
14 /*!40014 SET @OLD FOREIGN KEY CHECKS=@@FOREIGN KEY CHECKS, FOREIGN_KEY_CHECKS=0;*/
15
16
17 #
18 # Database structure for database 'dbcreal'
19 #
20
21 CREATE DATABASE /*!32312 IF NOT EXISTS*/ `dbcreal` /*!40100 DEFAULT CHARACTER SET tis620
22
23 USE `dbcreal`;
24
25
26 #
27 # Table structure for table 'tbrec'
28 #
29
30 CREATE TABLE /*!32312 IF NOT EXISTS*/ `tbrec` (
31   `id` varchar(50) NOT NULL,
32   `ix` tinyint(3) unsigned NOT NULL default '0',
33   `mode` tinyint(1) unsigned NOT NULL default '0',
34   `a7` double(14,8) unsigned default NULL,
35   `a6` double(14,8) unsigned default NULL,
36   `a5` double(14,8) unsigned default NULL,
37   `a4` double(14,8) unsigned default NULL,
38   `a3` double(14,8) unsigned default NULL,
39   `a2` double(14,8) unsigned default NULL,
40   `a1` double(14,8) unsigned default NULL,
41   `a0` double(14,8) unsigned default NULL,
42   PRIMARY KEY (`id`,`ix`)
43 ) ENGINE=MEMORY DEFAULT CHARSET=tis620;
44
45
46
47 #
48 # Dumping data for table 'tbrec'
49 #
50
51 # No data found.
52
53 /*!40014 SET FOREIGN KEY CHECKS=@OLD FOREIGN KEY CHECKS;*/
54

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1  % INITIAL
2  % -----
3  echo off all; % clear;
4
5  % CONNECT DATABASE
6  % -----
7  mysql('closeall'); % Close Before Open
8  mysql('open', 'localhost', 'root', '2917');
9  mysql('use', 'dbcreal');
10 mConnected = mysql('status'); % Return 0 = Open, 1 = Close
11
12 % START
13 % -----
14 logo = strcat(' KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG');
15 calcdat = strcat(' [ UPDATE=', date, ' ]');
16 clc; fprintf('logo'); fprintf('calcdat');
17
18 pid = ' "creal_last" ';
19 pcmdstr1 = strcat('SELECT COUNT(id) FROM dbcreal.tbrec WHERE id = ', pid, ' ORDER BY id,
20 pcmdstr2 = strcat('SELECT id, ix, mode, a7, a6, a5, a4, a3, a2, a1, a0 FROM dbcreal.tbrec
21 [dcnt] = mysql( pcmdstr1 );
22 [id, ix, mode, a7, a6, a5, a4, a3, a2, a1, a0] = mysql( pcmdstr2 );
23
24 % DISCONNECT DATABASE
25 % -----
26 fprintf('\n');
27 mysql('close');
28 mConnected = mysql('status'); % Return 0 = Open, 1 = Close
29
30 % RESULT
31 % -----
32 x = 1: 1: dcnt;
33 dmin = 5; dmax = 0;
34 for i = 1: 1: dcnt
35     if dmin > a0(i)
36         dmin = a0(i);
37     end
38     if dmax < a0(i)
39         dmax = a0(i);
40     end
41 end
42 refline = ((dmax + dmin) / 2);
43
44 figure(1); title('8-CHANNEL DATA READING BY SERIAL ADC FOR MCS-51');
45 plot(x, refline, '-k', x, a7, x, a6, x, a5, x, a4, x, a3, x, a2, x, a1, x, a0);
46 grid on;
47 axis([1 dcnt 0 5]); xlabel('Time (6.75ms./div)'); ylabel('Voltage (Volt)');
48

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 //Include External File
2 //-----
3 #include <stdio.h>
4 #include "IMM-CPU-AT89LP4052.H"
5 #include "IMM-Func.H"
6 #include "IMM-RS232.H"
7 #include "IMM-WDT.H"
8
9
10 //Promote Function
11 //-----
12 void ADCSerialRead(void);
13 void ADCSerialSend(void);
14 void ADCParallelRead(void);
15 void ADCParallelSend(void);
16
17
18 //Pin Configuration
19 //-----
20 sbit CLK = P3^4;
21 sbit CS = P3^5;
22 sfr DIO = 0x90; //P1 = 0x90
23 sbit D7 = P1^7;
24 sbit D6 = P1^6;
25 sbit D5 = P1^5;
26 sbit D4 = P1^4;
27 sbit D3 = P1^3;
28 sbit D2 = P1^2;
29 sbit D1 = P1^1;
30 sbit D0 = P1^0;
31 sbit ACT = P3^2;
32 sbit MD = P3^3;
33
34
35 //Global Constant And Variable
36 //-----
37 #define dt 1
38
39 unsigned char ikey;
40 unsigned int a[8];
41 unsigned char d[12];
42 unsigned char tbf;
43
44
45 //Interrupt Service
46 //-----
47 void Timer0_Service() interrupt 1
48 {
49     TH0 = 0x0D;
50     TL0 = 0x80;
51
52     if (tbf < 1) {
53         tbf++;
54     } else {
55         tbf = 0;
56
57         ACT = 1;
58         if (MD == 0) {
59             ADCParallelRead();
60         } else {
61             ADCSerialRead();
62         }
63         ACT = 0;
64
65         if (MD == 0) {
66             ADCParallelSend();
67         } else {
68             ADCSerialSend();
69         }
70
71         if (ikey < 239) {
72             ikey++;
73         } else {
74             ikey = 0;
75         }
76     }
77 }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

78
79
80 //Function main()
81 //-----
82 int main(void){
83     unsigned char i = 0;
84     unsigned int j = 0;
85
86 //Initial All Hardware
87 // PxM1 PxM0 MODE
88 // 0 0 BI
89 // 0 1 I/P
90 // 1 0 O/P
91 // 1 1 O/P [OC]
92
93     P1M1 = 0x00;
94     P1M0 = 0x00;
95     P3M1 = 0x00;
96     P3M0 = 0x00;
97
98     P3 = 0xFF;
99
100    RS232_Init();
101    printf("\n\r");
102
103 // WDT_Init(); //Watch Dog Timer
104
105
106 //Configuration Interrupt Timer-0
107     TH0 = 0x00;
108     TL0 = 0x00;
109     TMOD = 0xF0; //TMOD: Timer-0, Mode 1, 16-Bit
110     TMOD |= 0x01;
111     TR0 = 1; //TR0: Timer-0 Run
112
113 //Enable Interrupt [Reg-IE]
114     EA = 1;
115     ES = 0;
116     ET0 = 1;
117     ET1 = 0;
118     EX0 = 0;
119     EX1 = 0;
120
121     while(1); //Infinity Loop
122
123
124 /*
125 //Test Usage Time For ADC Read
126     for (j = 0; j < 2500; j++) {
127         if (MD == 0) {
128             ACT = 1;
129             ADCParallelRead();
130             ACT = 0;
131             ADCParallelSend(i);
132         } else {
133             ACT = 1;
134             ADCSerialRead();
135             ACT = 0;
136             ADCSerialSend(i);
137         }
138         i++;
139     }
140 */
141     return 0;
142 } // End void main()
143
144
145 //-----
146
147
148 //ADC Serial-Read
149 //-----
150 void ADCSerialRead(void)
151 {
152     unsigned char i = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

154 //CH-0  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

155 //-----
156 //Make Sure All Pin Go High
157     CS = 1;
158     CLK = 1;
159     D0 = 1;
160
161 //Start
162     CS = 0;
163
164 //CLK-00 START
165     CLK = 0;
166     D0 = 1;
167     CLK = 1;
168
169 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
170     CLK = 0;
171     D0 = 1;
172     CLK = 1;
173
174 //CLK-02 SIGN = CH-0
175     CLK = 0;
176     D0 = 0;
177     CLK = 1;
178
179 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
180     CLK = 0;
181     D0 = 1;
182     CLK = 1;
183
184 //Data Pin Go High
185     D0 = 1;
186
187 //CLK-04 TO CLK-16
188     CLK = 0;
189     for (i = 0; i < 13; i++) {
190         Delay(dt);
191         a[0] <<= 1;
192         a[0] |= D0;
193         CLK = 1;
194         CLK = 0;
195     }
196
197 //CH-1
198 //-----
199 //Make Sure All Pin Go High
200     CS = 1;
201     CLK = 1;
202     D1 = 1;
203
204 //Start
205     CS = 0;
206
207 //CLK-00 START
208     CLK = 0;
209     D1 = 1;
210     CLK = 1;
211
212 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
213     CLK = 0;
214     D1 = 1;
215     CLK = 1;
216
217 //CLK-02 SIGN = CH-0
218     CLK = 0;
219     D1 = 0;
220     CLK = 1;
221
222 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
223     CLK = 0;
224     D1 = 1;
225     CLK = 1;
226
227 //Data Pin Go High
228     D1 = 1;
229
230 //CLK-04 TO CLK-16
231     CLK = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

232     for (i = 0; i < 13; i++) {
233         Delay(dt);
234         a[1] <<= 1;
235         a[1] |= D1;
236         CLK = 1;
237         CLK = 0;
238     }
239
240 //CH-2
241 //-----
242 //Make Sure All Pin Go High
243     CS = 1;
244     CLK = 1;
245     D2 = 1;
246
247 //Start
248     CS = 0;
249
250 //CLK-00 START
251     CLK = 0;
252     D2 = 1;
253     CLK = 1;
254
255 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
256     CLK = 0;
257     D2 = 1;
258     CLK = 1;
259
260 //CLK-02 SIGN = CH-0
261     CLK = 0;
262     D2 = 0;
263     CLK = 1;
264
265 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
266     CLK = 0;
267     D2 = 1;
268     CLK = 1;
269
270 //Data Pin Go High
271     D2 = 1;
272
273 //CLK-04 TO CLK-16
274     CLK = 0;
275     for (i = 0; i < 13; i++) {
276         Delay(dt);
277         a[2] <<= 1;
278         a[2] |= D2;
279         CLK = 1;
280         CLK = 0;
281     }
282
283 //CH-3
284 //-----
285 //Make Sure All Pin Go High
286     CS = 1;
287     CLK = 1;
288     D3 = 1;
289
290 //Start
291     CS = 0;
292
293 //CLK-00 START
294     CLK = 0;
295     D3 = 1;
296     CLK = 1;
297
298 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
299     CLK = 0;
300     D3 = 1;
301     CLK = 1;
302
303 //CLK-02 SIGN = CH-0
304     CLK = 0;
305     D3 = 0;
306     CLK = 1;
307
308 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First

```

```

309     CLK = 0;
310     D3 = 1;
311     CLK = 1;
312
313 //Data Pin Go High
314     D3 = 1;
315
316 //CLK-04 TO CLK-16
317     CLK = 0;
318     for (i = 0; i < 13; i++) {
319         Delay(dt);
320         a[3] <<= 1;
321         a[3] |= D3;
322         CLK = 1;
323         CLK = 0;
324     }
325
326 //CH-4
327 //-----
328 //Make Sure All Pin Go High
329     CS = 1;
330     CLK = 1;
331     D4 = 1;
332
333 //Start
334     CS = 0;
335
336 //CLK-00 START
337     CLK = 0;
338     D4 = 1;
339     CLK = 1;
340
341 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
342     CLK = 0;
343     D4 = 1;
344     CLK = 1;
345
346 //CLK-02 SIGN = CH-0
347     CLK = 0;
348     D4 = 0;
349     CLK = 1;
350
351 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
352     CLK = 0;
353     D4 = 1;
354     CLK = 1;
355
356 //Data Pin Go High
357     D4 = 1;
358
359 //CLK-04 TO CLK-16
360     CLK = 0;
361     for (i = 0; i < 13; i++) {
362         Delay(dt);
363         a[4] <<= 1;
364         a[4] |= D4;
365         CLK = 1;
366         CLK = 0;
367     }
368
369 //CH-5
370 //-----
371 //Make Sure All Pin Go High
372     CS = 1;
373     CLK = 1;
374     D5 = 1;
375
376 //Start
377     CS = 0;
378
379 //CLK-00 START
380     CLK = 0;
381     D5 = 1;
382     CLK = 1;
383

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

386     D5 = 1;
387     CLK = 1;
388
389 //CLK-02 SIGN = CH-0
390     CLK = 0;
391     D5 = 0;
392     CLK = 1;
393
394 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
395     CLK = 0;
396     D5 = 1;
397     CLK = 1;
398
399 //Data Pin Go High
400     D5 = 1;
401
402 //CLK-04 TO CLK-16
403     CLK = 0;
404     for (i = 0; i < 13; i++) {
405         Delay(dt);
406         a[5] <<= 1;
407         a[5] |= D5;
408         CLK = 1;
409         CLK = 0;
410     }
411
412 //CH-6
413 //-----
414 //Make Sure All Pin Go High
415     CS = 1;
416     CLK = 1;
417     D6 = 1;
418
419 //Start
420     CS = 0;
421
422 //CLK-00 START
423     CLK = 0;
424     D6 = 1;
425     CLK = 1;
426
427 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
428     CLK = 0;
429     D6 = 1;
430     CLK = 1;
431
432 //CLK-02 SIGN = CH-0
433     CLK = 0;
434     D6 = 0;
435     CLK = 1;
436
437 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
438     CLK = 0;
439     D6 = 1;
440     CLK = 1;
441
442 //Data Pin Go High
443     D6 = 1;
444
445 //CLK-04 TO CLK-16
446     CLK = 0;
447     for (i = 0; i < 13; i++) {
448         Delay(dt);
449         a[6] <<= 1;
450         a[6] |= D6;
451         CLK = 1;
452         CLK = 0;
453     }
454
455 //CH-7
456 //-----
457 //Make Sure All Pin Go High
458     CS = 1;
459     CLK = 1;
460     D7 = 1;
461
462 //Start

```

```

463     CS = 0;
464
465 //CLK-00 START
466     CLK = 0;
467     D7 = 1;
468     CLK = 1;
469
470 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
471     CLK = 0;
472     D7 = 1;
473     CLK = 1;
474
475 //CLK-02 SIGN = CH-0
476     CLK = 0;
477     D7 = 0;
478     CLK = 1;
479
480 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
481     CLK = 0;
482     D7 = 1;
483     CLK = 1;
484
485 //Data Pin Go High
486     D7 = 1;
487
488 //CLK-04 TO CLK-16
489     CLK = 0;
490     for (i = 0; i < 13; i++) {
491         Delay(dt);
492         a[7] <<= 1;
493         a[7] |= D7;
494         CLK = 1;
495         CLK = 0;
496     }
497
498     for (i = 0; i < 8; i++) {
499         a[i] &= 0xFF;
500     }
501 }
502
503
504 void ADCSerialSend(void)
505 {
506     printf("%02bXs", ikey);
507     printf("%03X", a[7]);
508     printf("%03X", a[6]);
509     printf("%03X", a[5]);
510     printf("%03X", a[4]);
511     printf("%03X", a[3]);
512     printf("%03X", a[2]);
513     printf("%03X", a[1]);
514     printf("%03X", a[0]);
515     printf("\r");
516 }
517
518
519 //ADC Parallel-Read
520 //-----
521 void ADCParallelRead(void)
522 {
523 //Make Sure All Pin Go High
524     CS = 1;
525     CLK = 1;
526     DIO = 0xFF;
527
528 //Start
529     CS = 0;
530
531 //CLK-00 START
532     CLK = 0;
533     DIO = 0xFF;
534     CLK = 1;
535
536 //CLK-01 SGL = Single Ended Mux Mode
537     CLK = 0;

```

เอกสารนี้เป็น DIO 0xFF; วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

540
541 //CLK-02 SIGN = CH-0
542     CLK = 0;
543     DIO = 0x00;
544     CLK = 1;
545
546 //CLK-03 MSBF/LSBF = MSB First
547     CLK = 0;
548     DIO = 0xFF;
549     CLK = 1;
550
551 //Data Pin Go High
552     DIO = 0xFF;
553
554 //CLK-04 NULL
555     CLK = 0;
556     Delay(dt);
557
558     CLK = 1;
559
560 //CLK-05 DATA BIT-11
561     CLK = 0;
562     Delay(dt);
563     d[11] = DIO;
564     CLK = 1;
565
566 //CLK-06 DATA BIT-10
567     CLK = 0;
568     Delay(dt);
569     d[10] = DIO;
570     CLK = 1;
571
572 //CLK-07 DATA BIT-09
573     CLK = 0;
574     Delay(dt);
575     d[9] = DIO;
576     CLK = 1;
577
578 //CLK-08 DATA BIT-08
579     CLK = 0;
580     Delay(dt);
581     d[8] = DIO;
582     CLK = 1;
583
584 //CLK-09 DATA BIT-07
585     CLK = 0;
586     Delay(dt);
587     d[7] = DIO;
588     CLK = 1;
589
590 //CLK-10 DATA BIT-06
591     CLK = 0;
592     Delay(dt);
593     d[6] = DIO;
594     CLK = 1;
595
596 //CLK-11 DATA BIT-05
597     CLK = 0;
598     Delay(dt);
599     d[5] = DIO;
600     CLK = 1;
601
602 //CLK-12 DATA BIT-04
603     CLK = 0;
604     Delay(dt);
605     d[4] = DIO;
606     CLK = 1;
607
608 //CLK-13 DATA BIT-03
609     CLK = 0;
610     Delay(dt);
611     d[3] = DIO;
612     CLK = 1;
613
614 //CLK-14 DATA BIT-02
615     CLK = 0;
616     Delay(dt);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

617     d[2] = DIO;
618     CLK = 1;
619
620 //CLK-15 DATA BIT-01
621     CLK = 0;
622     Delay(dt);
623     d[1] = DIO;
624     CLK = 1;
625
626 //CLK-16 DATA BIT-00
627     CLK = 0;
628     Delay(dt);
629     d[0] = DIO;
630     CLK = 1;
631 }
632
633
634 void ADCParallelSend(void)
635 {
636     printf("%02bXp", ikey);
637     printf("%02bX", d[11]);
638     printf("%02bX", d[10]);
639     printf("%02bX", d[9]);
640     printf("%02bX", d[8]);
641     printf("%02bX", d[7]);
642     printf("%02bX", d[6]);
643     printf("%02bX", d[5]);
644     printf("%02bX", d[4]);
645     printf("%02bX", d[3]);
646     printf("%02bX", d[2]);
647     printf("%02bX", d[1]);
648     printf("%02bX", d[0]);
649     printf("\r");
650 }
651
652

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

## โปรแกรม Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 Option Explicit
2 'Data
3 -----
4 Private fiKey As Long
5 Private fMode As String
6 Private fD(11) As Long
7 Private fA(7) As Long
8 Private fV(7) As Double
9 Private fVMean(7) As Double
10 Private fVMin(7) As Double
11 Private fVMax(7) As Double
12 Private fVDiff(7) As Double
13
14 'Matlab
15 -----
16 Private Matlab As Object
17 Private fResult As String
18
19 'RS-232
20 -----
21 Private fDbuff As String
22 Private fDIn As String
23 Private fDCnt As Integer
24
25 'Final Buffer
26 -----
27 Const fBuffSize = 240
28 Private fFIFOBuff(7, (fBuffSize - 1)) As Double
29 Private fIKeyBuff(7, (fBuffSize - 1)) As Double
30
31 'Properties
32 -----
33 Private fFrmWidth As Long
34 Private fFrmHeight As Long
35
36 Private fLock As Boolean
37
38
39
40 Private Sub btnLock_Click()
41 If fLock = False Then
42     fLock = True
43     lblLock.BackColor = &HFF& 'Color = Red
44 Else
45     fLock = False
46     lblLock.BackColor = &H80000005 'Color = Button Face
47 End If
48
49 cmbMode.SetFocus
50
51 End Sub
52
53
54 Private Sub btnMySQL_Click()
55 If fLock = False Then Call btnLock_Click
56
57 If MySQL.Cnt.State = adStateClosed Then
58     If MySQL.ConnectServer = False Then
59         stb.Panels(2).Text = " Can't Connect MySQL-Server"
60     End If
61 End If
62
63 If MySQL.Cnt.State = adStateOpen Then
64     Dim lCmdStr As String
65     Dim lId As String
66     Dim lMode As String
67     Dim lIx As String
68     Dim lA(7) As String
69
70     Dim bIx As Integer
71     Dim bJx As Integer
72
73     lId = MySQL.DBNullString("creal_last")
74     lMode = MySQL.DBNullString(cmbMode.ListIndex)
75
76     If MySQL.ExeCmd("DELETE FROM dbcreal.tbrec WHERE lid = " & lId & ";" ) = True Then
77         For bIx = 0 To 239

```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

78         lIx = MySQL.DBNullString(bIx)
79     For bJx = 0 To 7
80         lA(bJx) = MySQL.DBNullString(fFIFOBuff(bJx, bIx))
81     Next bJx
82
83     lCmdStr = "INSERT INTO dbcreal.tbrec (id, ix, mode, a7, a6, a5, a4, a3, a2,
84     & "VALUES (" & lId & ", " & lIx & ", " & lMode & ", " & lA(7) & ", " & lA(6)
85     & ", " & lA(5) & ", " & lA(4) & ", " & lA(3) & ", " & lA(2) & ", " & lA(1) &
86
87     Call MySQL.ExeCmd(lCmdStr)
88     Next bIx
89 End If
90
91 lId = MySQL.DBNullString(txtId.Text)
92 txtId.Text = MySQL.DBString(lId)
93 lMode = MySQL.DBNullString(cmbMode.ListIndex)
94
95 If MySQL.ExeCmd("DELETE FROM dbcreal.tbrec WHERE id = " & lId & "; ") = True Then
96     For bIx = 0 To 239
97         lIx = MySQL.DBNullString(bIx)
98         For bJx = 0 To 7
99             lA(bJx) = MySQL.DBNullString(fFIFOBuff(bJx, bIx))
100         Next bJx
101
102         lCmdStr = "INSERT INTO dbcreal.tbrec (id, ix, mode, a7, a6, a5, a4, a3, a2,
103         & "VALUES (" & lId & ", " & lIx & ", " & lMode & ", " & lA(7) & ", " & lA(6)
104         & ", " & lA(5) & ", " & lA(4) & ", " & lA(3) & ", " & lA(2) & ", " & lA(1) &
105
106         Call MySQL.ExeCmd(lCmdStr)
107     Next bIx
108 End If
109 End If
110
111 End Sub
112
113 Private Sub btnMatlab_Click()
114     'Call btnMySQL_Click
115
116     Set Matlab = CreateObject("Matlab.Application")
117     fResult = Matlab.Execute("creal")
118
119 End Sub
120
121
122 Private Sub btnSaveConfig_Click()
123     Dim lIx As Integer
124
125     For lIx = 0 To 7
126         MEnv.cfgM(lIx) = Round(Val(txtM(lIx).Text), 8)
127         MEnv.cfgB(lIx) = Round(Val(txtB(lIx).Text), 8)
128         txtM(lIx).Text = Format(MEnv.cfgM(lIx), "0.00000000")
129         txtB(lIx).Text = Format(MEnv.cfgB(lIx), "0.00000000")
130     Next lIx
131
132     Call MEnv.SetEnvironment
133
134 End Sub
135
136
137 Private Sub txtM_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
138     If KeyAscii = 13 Then
139         KeyAscii = 0
140         Call btnSaveConfig_Click
141     End If
142 End Sub
143
144 End Sub
145
146 Private Sub txtB_KeyPress(Index As Integer, KeyAscii As Integer)
147     If KeyAscii = 13 Then
148         KeyAscii = 0
149         Call btnSaveConfig_Click
150     End If
151 End Sub
152
153 End Sub

```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

155 Private Sub Form_Initialize()
156 Call VBNetStyle.GetVBNetStyle
157
158 End Sub
159
160
161
162 Private Sub Form_Load()
163 MEnv.Clear
164 MEnv.GetEnvironment
165
166 Dim lIx As Integer
167 Dim lJx As Integer
168
169 For lIx = 0 To (fBuffSize - 1)
170     chtV.Row = lIx + 1
171     chtV.RowLabel = ""
172     For lJx = 0 To 7
173         chtV.Column = lJx + 1
174         chtV.Data = 0
175
176         fFIFOBuff(lJx, lIx) = 0
177         fIKeyBuff(lJx, lIx) = 0
178     Next lJx
179 Next lIx
180
181 For lIx = 0 To 7
182     txtM(lIx).Text = Format(MEnv.cfgM(lIx), "0.00000000")
183     txtB(lIx).Text = Format(MEnv.cfgB(lIx), "0.00000000")
184 Next lIx
185
186 With cmbMode
187     .AddItem " First In First Out"
188     .AddItem " iKey Index"
189     .AddItem " Random Interleaved Sampling"
190     .ListIndex = 0
191 End With
192
193 tabMain.Tab = 1
194
195 On Error Resume Next
196 MSComm.CommPort = MEnv.cfgCommPort
197 MSComm.Settings = MEnv.cfgCommSetting
198 MSComm.PortOpen = True
199 If Err.Number <> 0 Then
200     stb.Panels(2).Text = " Comm-Port Not Ready..."
201 Else
202     stb.Panels(2).Text = " Comm-Port = " & MSComm.CommPort
203     & ", Comm-Setting = " & MSComm.Settings
204 End If
205 Err.Clear
206
207 DoEvents: tmrRefreshDisplay.Enabled = True
208
209 End Sub
210
211
212 Private Sub Form_Resize()
213 On Error Resume Next
214 fFrmWidth = frmCReal.ScaleWidth
215 fFrmHeight = frmCReal.ScaleHeight
216
217 tabMain.Width = fFrmWidth - 200
218 tabMain.Height = fFrmHeight - 500
219 chtV.Width = fFrmWidth - 400
220 chtV.Height = fFrmHeight - 1200
221 Err.Clear
222
223 End Sub
224
225
226 Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
227 '
228 End Sub
229
230
231 Private Sub tmrRefreshDisplay_Timer()

```

สารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

232 Call UpdateMSChart
233
234 End Sub
235
236
237 Private Sub MSComm_OnComm()
238 If fLock = False And MSComm.CommEvent = 2 Then
239     fDIn = MSComm.Input
240     If Asc(fDIn) = 13 Then
241         If fDCnt = 27 Then
242             Call StoreInBuffer
243             Call DataCalc
244         End If
245         fDbuff = ""
246         fDCnt = 0
247     Else
248         If fDCnt < 27 Then
249             fDbuff = fDbuff & fDIn
250             fDCnt = fDCnt + 1
251         End If
252     End If
253 End If
254
255 End Sub
256
257
258 Public Sub StoreInBuffer()
259 Dim lIx As Long
260
261 fiKey = Val("&H" & Mid(fDbuff, 1, 2))
262 fMode = Mid(fDbuff, 3, 1)
263 If fMode = "p" Then
264     'Run On Parallel Mode...
265     stb.Panels(1).Text = "Parallel Mode"
266     For lIx = 0 To 11
267         'LSB - MSB
268         fD(lIx) = Val("&H" & Mid(fDbuff, ((lIx * 2) + 4), 2))
269         'MSB - LSB
270         fD(11 - lIx) = Val("&H" & Mid(fDbuff, ((lIx * 2) + 4), 2))
271     Next lIx
272     Call ConvertDataToAnalog
273 Else
274     'Run On Serial Mode...
275     stb.Panels(1).Text = "Serial Mode"
276     For lIx = 0 To 7
277         'LSB - MSB
278         fA(lIx) = Val("&H" & Mid(fDbuff, ((lIx * 3) + 4), 3))
279         'MSB - LSB
280         fA(7 - lIx) = Val("&H" & Mid(fDbuff, ((lIx * 3) + 4), 3))
281     Next lIx
282 End If
283
284 End Sub
285
286
287
288
289
290 Public Sub ConvertDataToAnalog()
291 Dim lAIX As Long
292 Dim lDIX As Long
293 Dim lBuff As Long
294
295 For lAIX = 0 To 7
296     fA(lAIX) = 0
297     For lDIX = 0 To 11
298         If (fD(lDIX) And (2 ^ lAIX)) > 0 Then
299             fA(lAIX) = fA(lAIX) + (2 ^ lDIX)
300         End If
301     Next lDIX
302 Next lAIX
303
304 End Sub
305
306

```

307 Public Sub DataCalc() สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
308 Dim lIx As Long

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

309 Dim lJx As Long
310
311 For lIx = 0 To 7
312     fV(lIx) = Round((MEnv.cfgM(lIx) * fA(lIx)) + MEnv.cfgB(lIx), 4)
313     ' If fV(lIx) < 0 Then fV(lIx) = 0
314     ' If fV(lIx) > 5 Then fV(lIx) = 5
315
316     fIKeyBuff(lIx, fiKey) = fV(lIx)
317
318     fVMean(lIx) = 0
319     fVMin(lIx) = 5 '<- Maximum Voltage
320     fVMax(lIx) = 0 '<- Minimum Voltage
321     fVDiff(lIx) = 0
322
323     For lJx = 0 To (fBuffSize - 2)
324         fFIFOBuff(lIx, lJx) = fFIFOBuff(lIx, lJx + 1)
325         fVMean(lIx) = fVMean(lIx) + fFIFOBuff(lIx, lJx)
326         If fVMin(lIx) > fFIFOBuff(lIx, lJx) Then fVMin(lIx) = fFIFOBuff(lIx, lJx)
327         If fVMax(lIx) < fFIFOBuff(lIx, lJx) Then fVMax(lIx) = fFIFOBuff(lIx, lJx)
328     Next lJx
329     fFIFOBuff(lIx, (fBuffSize - 1)) = fV(lIx)
330     fVMean(lIx) = fVMean(lIx) + fFIFOBuff(lIx, (fBuffSize - 1))
331     If fVMin(lIx) > fFIFOBuff(lIx, (fBuffSize - 1)) Then fVMin(lIx) = fFIFOBuff(lIx, (fB
332     If fVMax(lIx) < fFIFOBuff(lIx, (fBuffSize - 1)) Then fVMax(lIx) = fFIFOBuff(lIx, (fB
333
334     fVMean(lIx) = fVMean(lIx) / fBuffSize
335     fVDiff(lIx) = fVMax(lIx) - fVMin(lIx)
336
337     lblFA(lIx).Caption = Format(fA(lIx), "0 ")
338     lblV(lIx).Caption = Format(fV(lIx), "0.0000 ")
339     lblVMean(lIx).Caption = Format(fVMean(lIx), "0.0000 ")
340     lblVMin(lIx).Caption = Format(fVMin(lIx), "0.0000 ")
341     lblVMax(lIx).Caption = Format(fVMax(lIx), "0.0000 ")
342     lblVDiff(lIx).Caption = Format(fVDiff(lIx), "0.0000 ")
343 Next lIx
344
345 End Sub
346
347
348 Public Sub UpdateMSChart()
349 Dim lRow As Integer
350
351 Select Case cmbMode.ListIndex
352     Case 0 'FIFO
353         With chtV
354             For lRow = 0 To (fBuffSize - 1)
355                 .Row = lRow + 1
356                 .Column = 1: .Data = fFIFOBuff(0, lRow)
357                 .Column = 2: .Data = fFIFOBuff(1, lRow)
358                 .Column = 3: .Data = fFIFOBuff(2, lRow)
359                 .Column = 4: .Data = fFIFOBuff(3, lRow)
360                 .Column = 5: .Data = fFIFOBuff(4, lRow)
361                 .Column = 6: .Data = fFIFOBuff(5, lRow)
362                 .Column = 7: .Data = fFIFOBuff(6, lRow)
363                 .Column = 8: .Data = fFIFOBuff(7, lRow)
364             Next lRow
365         End With
366
367     Case 1 'iKey
368         With chtV
369             For lRow = 0 To (fBuffSize - 1)
370                 .Row = lRow + 1
371                 .Column = 1: .Data = fIKeyBuff(0, lRow)
372                 .Column = 2: .Data = fIKeyBuff(1, lRow)
373                 .Column = 3: .Data = fIKeyBuff(2, lRow)
374                 .Column = 4: .Data = fIKeyBuff(3, lRow)
375                 .Column = 5: .Data = fIKeyBuff(4, lRow)
376                 .Column = 6: .Data = fIKeyBuff(5, lRow)
377                 .Column = 7: .Data = fIKeyBuff(6, lRow)
378                 .Column = 8: .Data = fIKeyBuff(7, lRow)
379             Next lRow
380         End With
381
382     Case 2 'Random Interleaved Sampling
383         With chtV
384             For lRow = 0 To (fBuffSize - 1)
385                 .Row = lRow + 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารราชการของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

386         .Column = 1: .Data = fFIFOBuff(0, lRow)
387         .Column = 2: .Data = fFIFOBuff(1, lRow)
388         .Column = 3: .Data = fFIFOBuff(2, lRow)
389         .Column = 4: .Data = fFIFOBuff(3, lRow)
390         .Column = 5: .Data = fFIFOBuff(4, lRow)
391         .Column = 6: .Data = fFIFOBuff(5, lRow)
392         .Column = 7: .Data = fFIFOBuff(6, lRow)
393         .Column = 8: .Data = fFIFOBuff(7, lRow)
394     Next lRow
395     End With
396
397     Case Else
398         'Do nothing
399
400 End Select
401
402 End Sub
403
404
405

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Final Program &amp; Digest Book



# SICE-ICCAS 2006

SICE - ICASE International Joint Conference 2006



October 19 - 21, 2006

BEXCO(Busan Exhibition & Convention Center), Busan, KOREA



The Society of Instrument and Control Engineers (SICE), Japan (<http://www.sice.or.jp>)



The Institute of Control, Automation and Systems Engineers (ICASE), Korea (<http://www.icas.or.kr>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวนเวสทรวบการเซงานเพอการศกษาเท่านั้น ไมออนุญาตเนาเบเซบระเขยนต การศก  
ไมวากรณีใดๆทั้งล้น อิกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

## 8-Channel Reading of Analog to Digital Converter

S. Intajag and S. Samaimak

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520,  
THAILAND. (Tel: +66 2326 7347 Ext. 102; E-mail: meanakorn@gmail.com)

**Abstract:** In data acquisition, the method to read data has an effect to the access time and more importance with the accuracy and precision of the data. In this paper, 8-channel reading is proposed by using LTC1298, which is a chip to convert analog to digital signal. In our scheme, the eight chips are employed to construct the 8-channel of analog to digital conversion. Our scheme can read all 8 channels at the same time.

**Keywords:** Data Acquisition, Serial ADC, and Serial to Parallel.

### 1. INTRODUCTION

Recently, integrate circuit (IC) have been used for converting from analog to digital signal as known in the name of analog to digital converter (ADC). Almost, ADC is serial interface that causes of some problems when have to connect with several ports in the same times; especially, the times to convert and feed into microprocessor unit (MPU). These problems increase with the number of ports.

In this paper, we propose method to read data from ADC with 8 channels to decrease the problems of the serial interface; particularly, the signal lagging in each channel. Parallel reading from 8 channels of serial bus [1] interface is not complex and easy to fabricate. We design both of hardware and software. The hardware uses 8 chips, number LTC1298 [2], to construct the circuit and the software using C language (KEIL compiler) to demonstrate the reading mechanism. In the experimentations, the 8-channel interface is compared with common ADC in the cases of times to conversion and the times to feed data into MPU.

### 2. HARDWARE

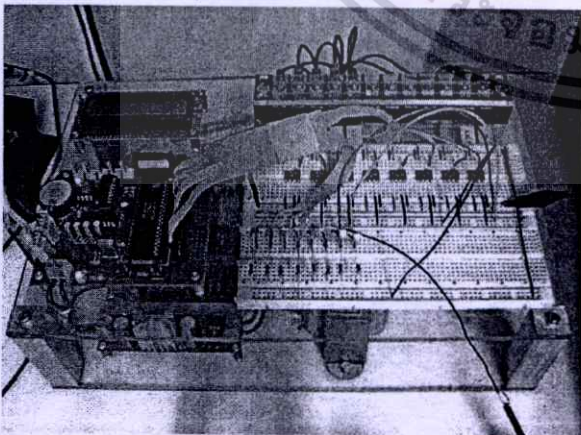


Fig. 1. Prototype of the 8-channel of ADC

Hardware of the proposed method consists of two parts that are ADC part and microprocessor part as seen in Fig. 1.

LTC1298 is micro power operating with 12-bit, successive approximation sampling ADC. It consumes current only 250uA when it converts data and automatically power down to 1nA whenever it is not performing conversions. LTC1298 is packaged in 8-pin SO packages and operated on 5V to 9V of supplies. This 12-bit switched-capacitor, successive approximation ADCs includes sample-and-holds. The LTC1298 offers a software selectable 2-channel multiplexer (MUX).

On-chip serial ports allow data transferring efficiently in a wide range of microprocessors and microcontrollers over the three wires. These are coupled with micro power consumption to make possible remote location and to facilitate transmitting data thought isolation barriers.

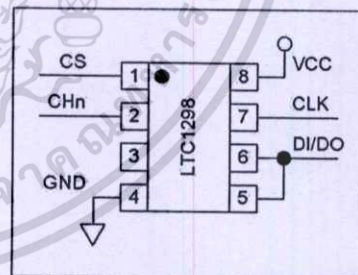


Fig. 2 LTC1298.

From Fig. 2, pin 1 is chip selector (CS), pin 7 is clock signal (CLK) and pin 6 is Data-In (DI) signal. DI will be generated on MCS-51 and the pin 5 Data-Out (DO) port is read with the same MCS-51. DI and DO are called DI/DO pin.

In circuit design (Fig. 3) of ADC with 8 channels, DI/DO signal pins of the eight chips are declared to send and receive with microprocessor MCS-51. From Fig. 4, all 8 channels of the DI/DO pin of each LTC1298 chip are connected to port 0 (PP-0) of MCS-51, which is transferred by byte; instead separate connection, which transfers by bit. The CS pins of each

channel are connected into port 2.1 of MCS-51 and taking CLK pins from each LTC1298 to connect with port 2.0 of MCS-51

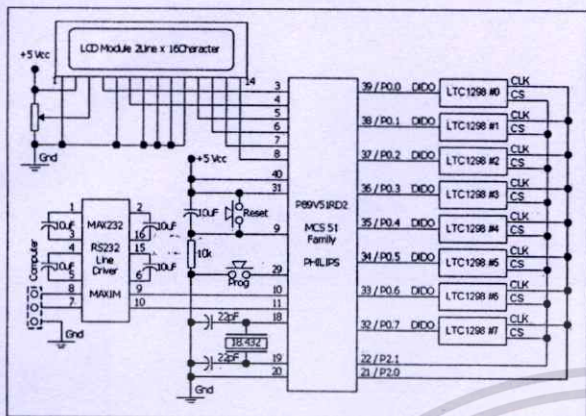


Fig. 3 Circuit

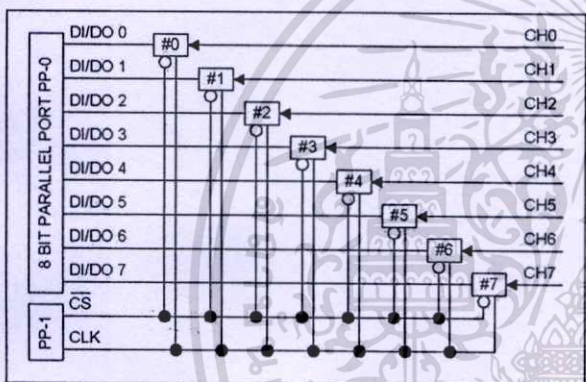


Fig. 4 Circuit and pin connection

### 3. SOFTWARE

Software of the proposed method is composed with C language by using KEIL compiler as seen in Fig. 5.



Fig. 5 KEIL C compiler.

The LTC1298 clock data are signaled into the DI and feeding on the rising edge of the clock signal. The input data words are defined in Fig. 6.

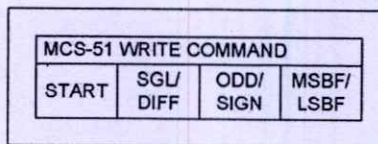


Fig. 6 Input data word for LTC1298.

For the signal start bit, the first “logical one” clocked into the DI pin after CS goes low. The start bit initiates data transfer. LTC1298 will ignore all leading zeros, which precede this logical one. After the start bit is received, the remaining bits of the input word will be clocked in. Further inputs on the DI pin are then ignored until the next CS cycle.

MUX ADDRESS	CH #		GND
	SGL/DIFF	ODD/SIGN	
1	0	+	-
1	1	+	-
0	0	+	-
0	1	-	+

Fig. 7 channel selection of LTC1298.

For multiplexer address, bits of the input word following by the START bit are assigned to MUX configuration to request conversion. For a given channel selection, the converter will measure voltage between the two channels that indicate by the + and - signs (as seen in Fig. 7) in the selected row of the following tables. In single-ended mode, all input channels are measured with respect to GND.

For MSB First/LSB First (MSBF) from Fig. 8, the output data of LTC1298 are programmed for MSB first sequence by using the MSBF bit. When the MSBF bit is a logical one, the data will appear on the DO line in MSB first format, and the logical zeros will be filled indefinitely following the last data bit. When the MSBF bit is a logical zero, LSB first data will follow the normal MSB first data on the DO line.

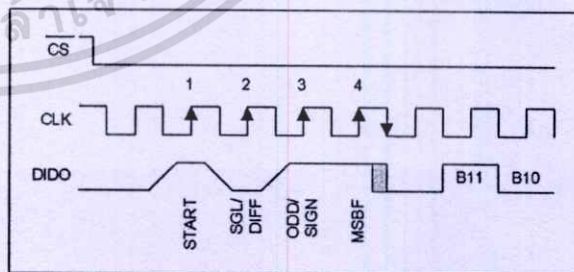


Fig. 8 LTC1298 operation with DIN and DOUT.

LTC1298 can be operated with DI and DO that tied together. This eliminates one of the lines require to communicate to the microprocessor. Data are transmitted in the back and forth directions on a single wire. The processor pin is connected to this data line, it should be configurable as either an input or an output.

The LTC1298 will take control of the data line and drive it low on the 4th falling CLK edge after the start bit is received (see Fig. 8). Therefore the processor port must be switched to an input before this happens to avoid some conflicts.

Generally, programming design to read data ADC from eight LTC1298 chips will get from each channel in sequential mode. In Fig. 9, the sequential mode is illustrated, which MCS-51 will write command to LTC1298 chips by ordering from CH-0 to CH-7 respectively. Therefore, LTC1298 in each channel of the second step will convert analog to digital signal by ordering too. The reading signal of each channel consists of four steps; then, for 8 channels this reading method will execute 32 steps, which causes of time consuming.

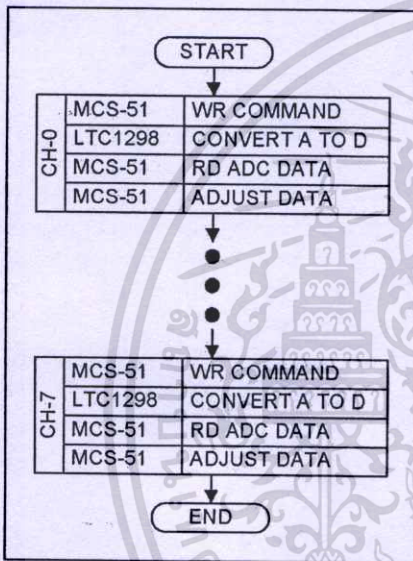


Fig. 9 Flowchart of 8-Channel reading of ADC.

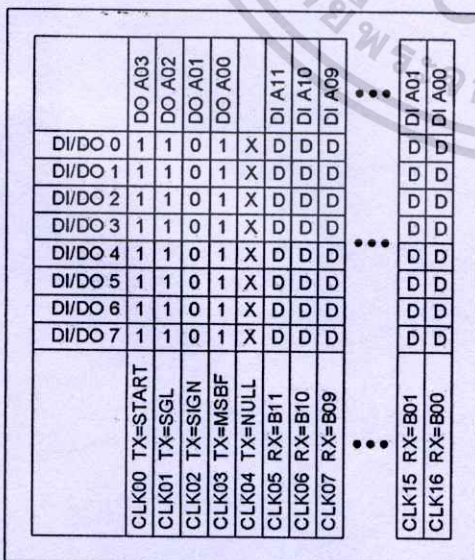


Fig. 10 Schematic of 8-channel reading process.

In our reading method, the reading process is developed to reduce the times. The proposed scheme will read data in parallel mode as seen in Fig. 10.

Initially of the reading process, the variables are defined to store analog-to-digital-converter data configuration and prompt for fast transfer to eight LTC1298 chips [DO\_A03 = START, DO\_A02 = SGL, DO\_A01 = SIGN, DO\_A00 = MSBF] as seen from Fig. 10.

From Fig. 10, sending schedule information from configuration variables DO\_A03, DO\_A02, DO\_A01, DO\_A00 uses parallel port (PP-0). Control signal, CS, and CLK use parallel port (PP-1). MCS-51 sends configuration data on CLK00 - CLK03 and CLK04 is signal to start reading ADC data. Eight chips will convert signal analog to digital at the same time. Consequently, reading data and storage in received buffer variable DI\_A11 - DI\_A00 at CLK05 - CLK16 are operated. With the times only 17 clocks, our method can read eight channels of the analog to digital converter and storage in the created variable.

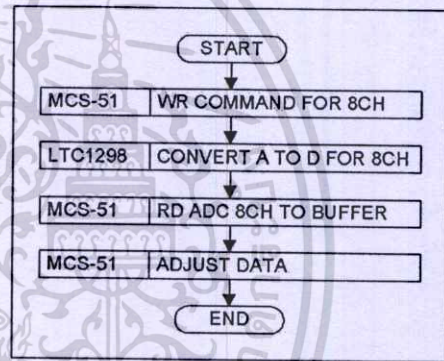


Fig. 11 Data flow of 8-channel reading process of ADC.

Our algorithm for reading ADC data from eight LTC1298 chips was proposed. It sends and receives a byte of data in each time by given ports, DI/DO, which are connected to PP-0. In this algorithm, data can be transferred more than the bit stream of serial interface. Fig. 11 illustrates the data flowing in 8-channel reading process, which employs 4 executable instructions to read 8 channels.

#### 4. EXPERIMENTAL RESULTS

In this section, our method is tested to compare the time consuming in the reading process. The equipments, which are used in the experimentations, see Fig. 12.

In experimentation, MCS-51 is set up the start and stop bits to be a signal for measuring the time consuming of reading process. The start bit is defined in logic 1 before the reading process, and the stop bit is given in logic 0 after finished the reading process.

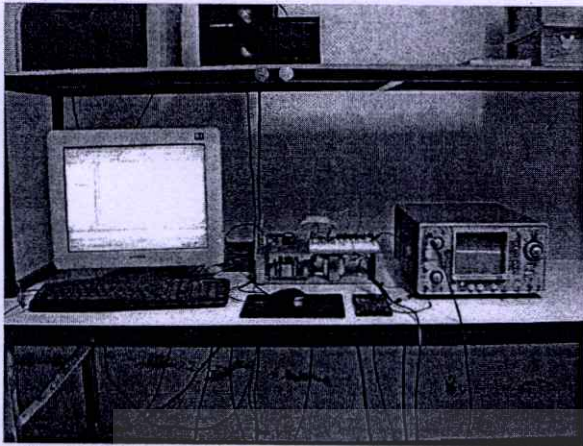


Fig. 12 Equipments are employed in experimentation.

The reading process using for comparison consists of [IN PROCESS], [WR COMMAND], [CONVERT A TO D], [READ TO BUFFER] and [ADJUST DATA]. In the measurement of reading process, oscilloscope is used for capture the signals as defined in Fig. 13 and 14.

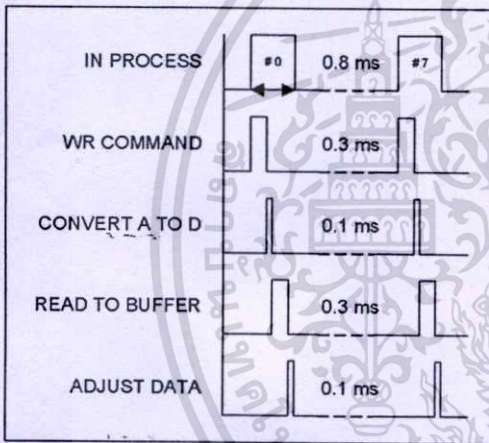


Fig. 13 Timing of 8-Channel reading with serial bus.

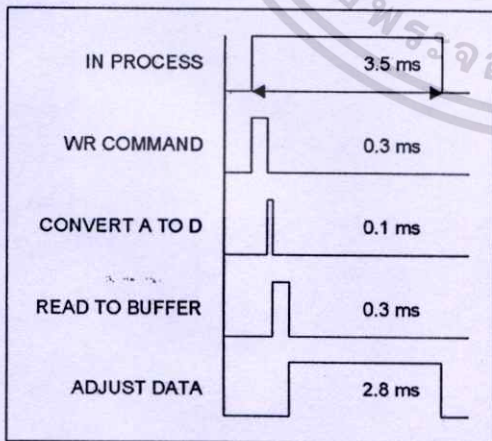


Fig. 14 Timing diagram of proposed method.

The instruction [CONVERT A TO D] is executed 8 times in the conventional reading process, which uses

serial interface as shown in Fig 13. As the same instruction, our method executes only one time.

For instruction [IN PROCESS], the conventional method executes 8 times using 0.8 ms for each time signal, then the total time consuming in this step equals to 6.4 ms. However, the proposed scheme executes only one cycle using the times 3.5 ms.

For the other instructions, the proposed method employs time cycles that faster than the conventional method 1/8-cycle as seen in Fig. 13 and 14; but, except in [ADJUST DATA]. In the instruction [ADJUST DATA], the proposed scheme executes longer than the conventional method.

Fig. 15 illustrates the signals in channel 1 (Ch1) for the instruction [IN PROCESS], and channel 2 (Ch2) displays the signals of instruction [CONVERT A TO D]

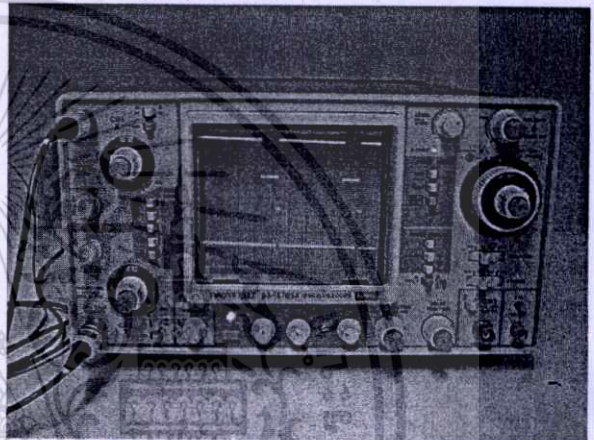


Fig. 15 Display on Ch1 in process and Ch2 on ADC.

From the experimentation, the reading process of our scheme has some advantages when implements on IC that communicates by serial mode and uses the [WR COMMAND] instruction with a lot of data. The other benefit will occurs when MPU executes faster than ADC IC.

### 5. CONCLUSIONS

The proposed method uses the access times less than the conventional method, which provides with serial interface. The access time equals the time for reading 1 channel; however, our method can read 8-channel simultaneously. On the other hand, the proposed method may be solving the problem of phase lag that causes of accuracy and precision of an instrument.

### REFERENCES

- [1] D. Miyazaki, M. Furuta, S. Kawakito, "A 75mW 10bit 120M Sample parallel pipeline ADC," *Proceedings of the 29<sup>th</sup>, Solid-State Circuits Conference, 2003. ESSCIRC '03. European*, pp. 719-722, 16-18 Sept. 2003.
- [2] LTC1286/LTC1298, *Micropower Sampling 12-Bit A/D Converters In SO-8 Packages*, Linear Technology.

## ประวัติผู้เขียน

นายสัญญา สมัยมาก เกิดเมื่อวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ.2517 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้