เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร

DATA LOGGER FOR TELECOMMUNICATION SYSTEM

โดย

นาย ธีรพร เลิศชัยพัทธ์

นาย บุญยงค์ ทวีแก้ว

เลขเรียกหนังสือ ปพ ว1324 2542

เลขทะเบียน 041708

วัน เดือน ปี 21 ม.ค. 43

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

041708

เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร

DATA LOGGER FOR TELECOMMUNICATION SYSTEM

โดย

นาย ธีรพร เลิศชัยพัทธ์

นาย บุญยงค์ ทวีแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

ผศ. นิภา ลีลารุจิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร**

DATA LOGGER FOR TELECOMMUNICATION SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นาย ธีรพร เลิศชัยพัทธ์ 40013053

2. นาย บุญยงค์ ทวีแก้ว 40013058

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ณรงค์ เหมกรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิภา ลีลารุจิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร
DATA LOGGER FOR TELECOMMUNICATION SYSTEM

โดย นาย ธีรพร เลิศชัยพัทธ์ 40013053
นาย บุญยงค์ ทวีแก้ว 40013058

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ณรงค์ เหมกรณ์
ผศ. นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอ เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร ทำหน้าที่บันทึกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตที่มีความต่อเนื่องพร้อมกันได้ 4 ช่องสัญญาณ และยังสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนอีก 1 ช่องสัญญาณโดยใช้ ไอซี MAX1249 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิต ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้จะเป็นโปรแกรมเดลไฟ (DELPHI) ซึ่งจะช่วยในการติดต่อรับ-ส่งข้อมูล แสดงรูปสัญญาณที่รับเข้ามาพร้อมทั้งสามารถบันทึกและพิมพ์รูปสัญญาณออกทางเครื่องพิมพ์ได้ตามต้องการ เพื่อนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อไป

ABSTRACT

This project is the data logger for telecommunication system. It can be used to records analog signal 4 channels and 1 channel for rain gauge. An input signal is converted from analog signal to digital signal by using IC MAX 1249 , 10-bit resolution. It used MCS-51 microcontroller for control and interface into personal computer by serial communication. Software used Delphi for received and transmitted data , displaying signal, stores data and prints out to the printer for the sake of analysed signal and used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 หลักการของเครื่องบันทึกข้อมูล	2
2.2 ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	3
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.4 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	20
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์	24
3.2 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองป้อนสัญญาณไฟตรงเข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์	44
4.2 การทดลองป้อนสัญญาณ Sine wave เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์	50
4.3 การทดลองวัดปริมาณน้ำฝนโดยการป้อนพัลส์เข้าเครื่องดาตาล็อกเกอร์	53
4.4 การทดลองรับความแรงของสัญญาณดาวเทียม	56
4.5 การทดลองเปรียบเทียบสัญญาณ L-Band ที่รับจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ ในห้องปฏิบัติการกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ที่สร้างขึ้น	58
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	59
ภาคผนวก ก. ข้อมูลของความแรงสัญญาณดาวเทียมในย่าน KU-Band และย่าน L-Band ที่ได้ทำการบันทึกไว้	
ภาคผนวก ข. โปรแกรมของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	
ภาคผนวก ค. วงจรลบสัญญาณ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรควบคุม	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกข้อมูล 2
รูปที่ 2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจร ADC ที่ใช้การประมาณค่าต่อเนื่อง 4
รูปที่ 2.3 แสดงการจัดวางขาของ 8051 6
รูปที่ 2.4 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป 8
รูปที่ 2.5 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป 9
รูปที่ 2.6 ผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051 9
รูปที่ 2.7 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051 11
รูปที่ 2.8 แสดง 128 ไบต์ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม 12
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งบิตใน SFR 13
รูปที่ 2.10 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างตัวส่งกับตัวรับ 21
รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของเฟรม 21
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรลบสัญญาณ (Subtractor) 24
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC 25
รูปที่ 3.3 โครงสร้างไอซี MAX1249 25
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อไอซี MAX1249 ร่วมกับ MCS-31 29
รูปที่ 3.5 แสดงผังการทำงานของไอซี MAX1249 30
รูปที่ 3.6 วงจรส่วน RS-232/TTL Conversion Unit 30
รูปที่ 3.7 แสดงโฟว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 31
รูปที่ 3.8 แสดงการส่งค่าสัญญาณดิจิตอลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 32
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างที่ได้ออกแบบขึ้น 33
รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างการทำงานของเมนูต่าง ๆ 34
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างของช่องที่ 1 36
รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่างของช่วงเวลาสุ่มตัวอย่าง 36
รูปที่ 3.13 แสดงการ โฟว์ชาร์ตของการเชื่อมต่อ 37
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างของข้อมูลที่รับเข้ามา 38
รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างวิธีการใช้งาน 39
รูปที่ 3.16 แสดงหน้าต่างอะเบาต์ 39
รูปที่ 3.17 ไดอะล็อก New Database Alias 40
รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อฐานข้อมูล 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 แสดงการสร้างตาราง 41
รูปที่ 3.20 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่จะบันทึก 41
รูปที่ 3.21 แสดงหน้าต่าง Save Table As 42
รูปที่ 3.22 แสดงแผนภูมิทีดีบีชาร์ต 43
รูปที่ 3.23 แสดงการเซ็ตเพื่อเชื่อมต่อระหว่างฐานข้อมูลกับกราฟ 43
รูปที่ 4.1 แสดงการป้อนแหล่งจ่ายไฟตรง 44
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลและกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ 45
รูปที่ 4.3 แสดงการเลือกช่องสัญญาณ 45
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างเพื่อเซ็ตค่าต่าง ๆ 46
รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างเซ็ตช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่างข้อมูล 46
รูปที่ 4.6 แสดงการเซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ 47
รูปที่ 4.7 แสดงการใช้พอร์ต Com 1 47
รูปที่ 4.8 แสดงการเชื่อมต่อ 48
รูปที่ 4.9 แสดงการหยุดรับข้อมูล 48
รูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลในฐานข้อมูล 49
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟและทดลองใช้ Zoom in 49
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟที่ได้บันทึกไว้ของ ช่องที่ 1 และช่องที่ 4 ตามลำดับ 50
รูปที่ 4.13 แสดงการป้อนสัญญาณ Sine wave 50
รูปที่ 4.14 แสดงการสร้างกราฟใหม่ 51
รูปที่ 4.15 แสดงกราฟของสัญญาณที่รับเข้ามา 52
รูปที่ 4.16 แสดงข้อมูลที่บันทึกไว้ 52
รูปที่ 4.17 แสดงการป้อนพัลส์เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ 53
รูปที่ 4.18 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลและกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ 53
รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ 54
รูปที่ 4.20 แสดงการเปิดดูข้อมูล โดยคลิกที่ Show data 55
รูปที่ 4.21 แสดงข้อมูลที่กำลังรับอยู่ 55
รูปที่ 4.22 แสดงการต่อสายเพื่อรับความแรงของสัญญาณดาวเทียม 56
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ 56
รูปที่ 4.24 แสดงรูปกราฟของสัญญาณที่รับได้ 57
รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่รับจากเครื่องใน
ห้องปฏิบัติการเครื่องที่สร้างขึ้น 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล 4

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3 7

ตารางที่ 2.3 แสดงสัญญาณของ 8051 ที่ใช้ระหว่างการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 10

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าภายในรีจิสเตอร์หลังจากการรีเซ็ต 16

ตารางที่ 2.5 สถานะของสัญญาณกับแรงดันมาตรฐานของ RS 232 23

ตารางที่ 3.1 แสดงขาการใช้งานของไอซี MAX1249 26

ตารางที่ 3.2 การเขียนข้อมูลให้กับไอซี MAX1249 27

ตารางที่ 3.3 การเลือกแชนแนลในโหมด Single-Ended 28

ตารางที่ 3.4 การเลือกแชนแนลในโหมด Differential 28

ตารางที่ 3.5 แสดงการเขียนข้อมูลควบคุมการทำงานของไอซี MAX1249 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โลกในยุคปัจจุบันนี้ ระบบการสื่อสารโทรคมนาคมนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างยิ่งทั้งในแง่ที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระแสโลกาภิวัฒน์ที่มีการเปิดกว้างมากขึ้น และเป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะการสื่อสารโทรคมนาคมมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของคนเราในปัจจุบัน ซึ่งให้ทั้งความบันเทิง ข่าวสาร และยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญชิ้นหนึ่งสำหรับการประกอบธุรกิจทั้งหลายซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความต้องการด้านสื่อสารโทรคมนาคมจะมีสูงขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง

สาเหตุที่ระบบสื่อสารโทรคมนาคมมีความสามารถสูงขึ้นอย่างมากและพัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่วนหนึ่งเป็นเพราะทุกประเทศตระหนักถึงความสำคัญของโครงสร้างพื้นฐานนี้ ความต้องการของตลาดจึงเติบโตอย่างรวดเร็ว และเป็นแรงดึงดูดให้มีผู้เข้าร่วมพัฒนาเป็นจำนวนมาก เหตุผลหลักอีกประการหนึ่งเป็นเพราะแนวคิดและหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าสื่อสารมีรูปแบบที่ชัดเจนสามารถทำการวิจัยและพัฒนาให้มีความสามารถสูงขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้การติดต่อสื่อสารกันทำได้อย่างรวดเร็วแม่นยำ และทันต่อเหตุการณ์ ซึ่งระบบของการสื่อสารที่ดีนั้นข้อมูลข่าวสารทั้งทางด้านรับและด้านส่งจะต้องถูกต้องไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นในการสื่อสารกันแต่ละครั้งเราจะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลข่าวสารนั้น ๆ ว่าถูกต้องหรือไม่ การตรวจวัดระดับสัญญาณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณ สำหรับการสื่อสารผ่านดาวเทียมจะพบว่าสภาวะแวดล้อมมีผลกระทบต่อการลดทอนของสัญญาณดาวเทียม ตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในบรรยากาศ อุณหภูมิ ความเร็วลม เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการวัดและจัดเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมดังกล่าว

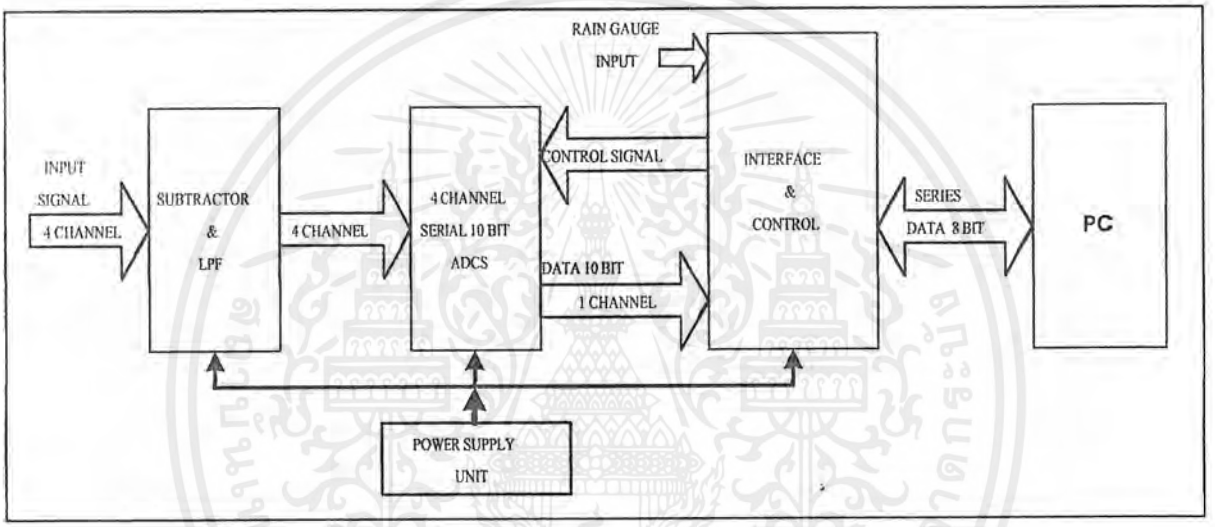
โครงงานนี้เราจะทำการศึกษาตรวจวัดระดับสัญญาณต่าง ๆ เพื่อนำระดับสัญญาณไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Analog Signal) เหล่านี้มาบันทึกเก็บไว้ โดยนำผลที่ได้มาทำการตรวจสอบหรือนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณดาวเทียมต่อไป ซึ่งในปัจจุบันนี้เครื่องที่ใช้ในการบันทึกสัญญาณเพื่อนำมาวิเคราะห์นั้น ยังเป็นเครื่องบันทึกสัญญาณด้วยกระดาษอยู่ เป็นผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรมาก ดังนั้นจึงได้นำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและราคาที่ไม่แพงมาก เข้ามาช่วยในการแสดงรูปร่างของสัญญาณ บันทึกระดับสัญญาณ แทนเครื่องบันทึกสัญญาณแบบกระดาษ โดยใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) ซึ่งมีความสามารถทางด้านกราฟิก (Graphic) สูงและใช้ซอฟต์แวร์เดลไฟ (Delphi) มาช่วยในการประมวลผลการทำงานต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากตัวโปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการออกแบบแอพลิเคชั่น (Applications) ต่างๆ ได้ดี จึงสะดวกที่จะเขียนโปรแกรมเพื่อใช้เครื่องพิวเตอร์ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจจับสัญญาณมาทำการประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

เครื่องบันทึกข้อมูลสำหรับระบบสื่อสาร ทำหน้าที่บันทึกสัญญาณอินพุตที่มีความต่อเนื่องพร้อมกันได้ 4 ช่องสัญญาณ และยังสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนอีก 1 ช่องสัญญาณ โดยใช้ไอซี MAX1249 ขนาด 10 บิต เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการส่งข้อมูลและอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องบันทึกข้อมูล

เมื่อพิจารณาดูบล็อกไดอะแกรมของระบบการทำงาน จะเห็นได้ว่าเครื่องบันทึกข้อมูลมีส่วนประกอบทั้งหมด 4 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ

1.ส่วนกรองความถี่ต่ำผ่านและส่วนของวงจรลบสัญญาณ (Lowpass Filter and Substractor)

2. ส่วนของการมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณ (Multiplexer)และการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter)

3 . ส่วนอินเตอร์เฟสและคอนโทรล (Interfacing and Control)

4 . คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ส่วนกรองความถี่ต่ำผ่านและส่วนการลบสัญญาณ

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา โดยสัญญาณที่รับเข้ามาส่วนใหญ่จะมีสัญญาณรบกวน (noise) ปนอยู่ด้วย ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกไป โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และในส่วนของวงจรลบสัญญาณ (Subtracter) เนื่องด้วยสัญญาณที่เรานำมาใช้งานนั้นเป็นผลต่างของสัญญาณสองสัญญาณ คือระดับ Low และระดับ High เราจึงต้องทำการหาผลต่างของสัญญาณก่อนโดยใช้วงจรลบสัญญาณ

2.1.2 ส่วนของการมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณและการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

วงจรเอดีซี (ADC) ที่ใช้ในโครงงานนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MAX1249 ขนาด 10 บิต ทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้หลักการประมาณค่าแบบต่อเนื่อง (Successive Approximation) พร้อมด้วยส่วนของมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณอินพุตที่มี 4 แชนเนล(Channel) ซึ่งมีความคล่องตัวในการใช้งาน ในส่วนเอาต์พุตที่ได้จะเป็นแบบอนุกรม ทำให้ประหยัดพอร์ตของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.3 ส่วนอินเตอร์เฟสและคอนโทรล

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมจัดการระบบ ซึ่งใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8031 ในตระกูล MCS-51 เป็นหัวใจหลักในการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นตัวควบคุมกระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล การสวิทช์เพื่อเลือกสัญญาณแต่ละแชนเนล การเชื่อมต่อชุดเอดีซีเข้ากับคอมพิวเตอร์ ในส่วนของการติดต่อส่งผ่านข้อมูลจะใช้การสื่อสารแบบอนุกรม โดยจะใช้ไอซี MAX-232 เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณข้อมูลดิจิตอล (Digital data) ไปเป็นระดับสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ตามมาตรฐาน RS-232

2.1.4 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ในส่วนนี้จะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ติดต่อกับฮาร์ดแวร์ โดยเลือกใช้โปรแกรมเดลไฟ (Delphi) เวอร์ชัน 4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานบนวินโดวส์ (windows 95&windows 98) เป็นโปรแกรมขนาด 32 บิต โดยภาษาพื้นฐานที่ใช้คือ ภาษา ปาสคาล (Object Pascal) ในการเขียนซอร์สโค้ด(Source Code)เนื่องจากตัวโปรแกรมมีความยืดหยุ่นในการออกแบบแอปพลิเคชั่น (Applications) ต่างๆ โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจจับสัญญาณมาแสดงผล และบันทึกจัดเก็บไว้เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter)

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกที่เป็นแรงดันไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เราเรียกวงจรดังกล่าวย่อ ๆ ว่า เอดีซี (ADC) วงจรเอดีซีนั้น มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น

- Dual Slope Type
- Successive Approximation Register Type (SAR)
- Flash Type
- Tracking Type

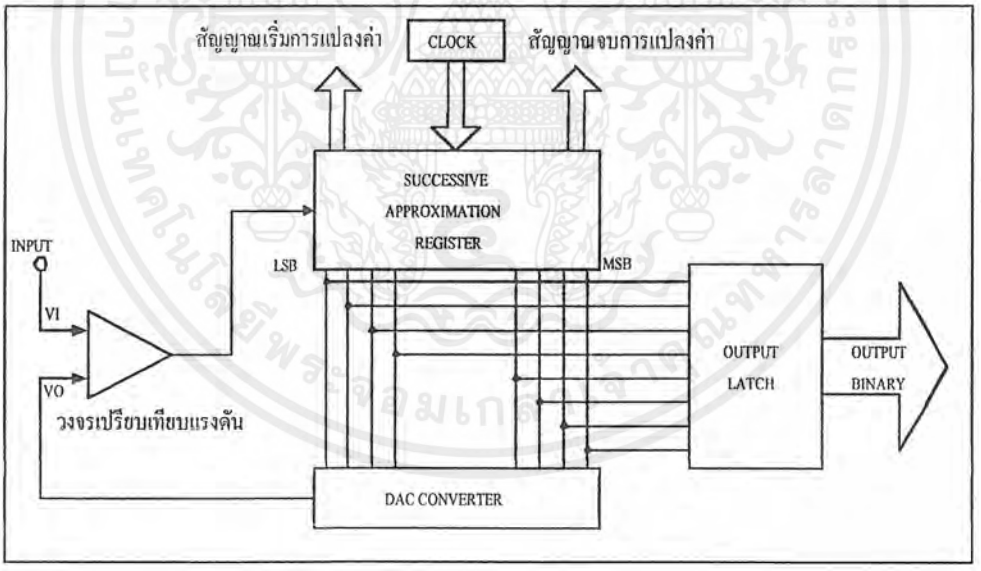
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นมีมากมายหลายแบบหากแบ่งตามความเร็วที่ใช้ในการแปลงสัญญาณนั้นมี 3 วิธีด้วยกัน ดังแสดงคุณสมบัติของแต่ละวิธีในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

วิธี	ความเร็ว	ช่วงเวลาการแปลงสัญญาณใน 1รอบ
รวบรวมค่า (integrating)	ช้า	มิลลิวินาที
ประมาณค่าต่อเนื่อง (successive approximation)	เร็ว	ไมโครวินาที
แฟลช (flash)	เร็วมาก	นาโนวินาที

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลในโครงงานนี้ใช้วิธีประมาณค่าแบบต่อเนื่อง (successive approximation) ซึ่งประกอบด้วย วงจรดีเอซี (DAC :Digital to Analog Converter) วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรรีจิสเตอร์เก็บค่าที่ได้ หลังจากการประมาณค่าสัญญาณอินพุตที่รับเข้ามา (Sar: Successive Approximation Register) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจร ADC ที่ใช้การประมาณค่าต่อเนื่อง

การทำงานของวงจร

การแปลงค่าในแต่ละรอบจะเริ่มขึ้นเมื่อวงจรได้รับสัญญาณอินพุต วงจรรีจิสเตอร์ส่งค่าดิจิตอลที่ได้ประมาณค่าแล้วออกไปยังวงจรดีเอซี (ADC) เพื่อทำการแปลงค่าเป็นสัญญาณอนาล็อก Vo ส่งกลับมาเปรียบเทียบกับค่า Vi จากอินพุต ว่าค่าใดมากกว่ากัน เพื่อนำไปปรับค่าสัญญาณดิจิตอลแต่ละบิตให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับรีจิสเตอร์ให้ถูกต้องตามค่าที่ป้อนเข้ามาทางอินพุต โดยการเปรียบเทียบเริ่มจากบิตสูงไปบิตต่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น ต้องการแปลงสัญญาณ Vi = 26.5 โวลต์ ซึ่งใช้เอดีซี(ADC) ขนาด 6 บิต สมมติว่าบิตต่ำสุดสมนัยกับ 1โวลต์ ดังนั้นเลข 100000 จะสมนัยกับ 32 โวลต์ ซึ่งเทียบแล้วจะมากกว่าค่า Vi ดังนั้น MSB = 0 ให้บิตที่มีนัยสำคัญรองลงมาเป็น "1" จะได้เลข 010000 ซึ่งสมนัยกับ 16 โวลต์ มีค่าน้อยกว่า Vi จึงให้คงบิตนี้เป็น 1 ไว้และให้บิตรองลงมาเป็น "1" ด้วย ได้เลข 011000 สมนัยกับ 24 โวลต์ และนำ 24 โวลต์ มาเทียบกับ Vi มีค่าน้อยกว่า Vi ดังนั้นให้คงบิตนี้เป็น 1 ไว้ การเปรียบเทียบก็เป็นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกบิต เมื่อครบทุกบิตแล้ววงจร SAR จะส่งสัญญาณสิ้นสุดกระบวนการแปลงค่าออกไป และได้สัญญาณดิจิตอลที่เอาต์พุตสัมพันธ์กับค่า Vi ทางด้านอินพุต

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51 Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็น CPU ในตระกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทลถูกผลิตขึ้นมา ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานด้านระบบการควบคุมต่าง ๆ ในลักษณะที่เรียกว่า Single Chip Microcontroller ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้ใช้ CPU เบอร์นี้เป็นตัวควบคุมการรับและส่งข้อมูลของหน่วยความจำโดยอาศัยหน่วยความจำภายนอกและพอร์ตอินพุต เอาต์พุตเพื่อให้ทำงานได้ตามต้องการ

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก (External Data Memory)โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- มีหน่วยความจำภายในตัว (On-Chip Program Memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จะไม่มีความจำในส่วนนี้
- มีหน่วยความจำภายในตัว (On-Chip Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
- มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว
- การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์

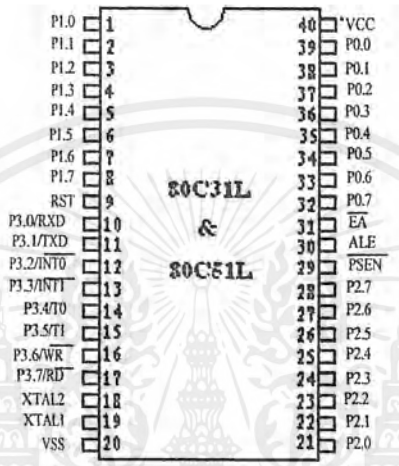
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลที่มีความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว

2.3.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการจัดวางขาของ 8051

สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

- ขา 1-8 เป็นพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา P1.0 – P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.0 และ P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

- ขา 9 เป็นขารีเซ็ต(RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชชีนไซเคิลในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังคงทำงานอยู่

- ขา 10-17 เป็นพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ขา P3.0 – P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้เป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

- ขา 18,19 เป็น XTAL2 และ XTAL2 ตามลำดับ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์และแอมปลิไฟเออร์(Inverting Oscillator Amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

- ขา 20 VSS เป็นขากราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD (Serial input port)
P3.1	TXD (Serial output port)
P3.2	INT0 (External interrupt 0)
P3.3	INT1 (External interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1 (Timer 1 external input)
P3.6	WR (External data memory write strobe)
P3.7	RD (External data memory read strobe)

- ขา 21-28 เป็นพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ขา P2.0 – P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้เป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8 – A15)

- ขา 29 PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

- ขา 30 ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (Latch) ค่าตำแหน่งในแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

- ขา 31 EA/VPP (External Access Enable/VPP) เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอก โดยถ้ามีเป็นสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0 – FFFH (0 – 1FFF ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 32 – 39 ขาพอร์ต 0 (Prot 0) มี 8 ขา ได้แก่ขา P0.0 - P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดแอรดเดรสไบต์ต่ำ (A0 – A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 - D7)

- ขา 40 Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์

2.3.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

ลักษณะการจัดการกับหน่วยความจำในระบบของ CPU 8031 จะมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ลักษณะ ตามชนิดของข้อมูลที่เก็บดังนี้

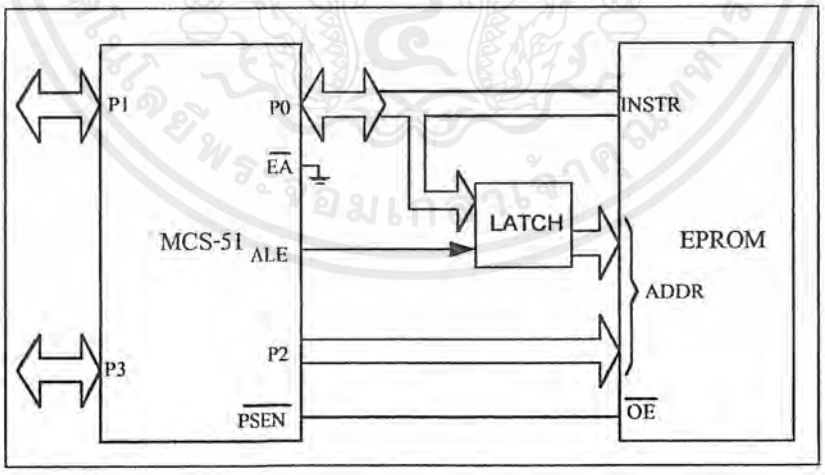
1.) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

2.) หน่วยความจำของข้อมูล (Data Memory)

ส่วนหน่วยความจำโปรแกรม หมายถึง หน่วยความจำที่อ่านได้เพียงอย่างเดียว (ROM) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่บรรจุโปรแกรมที่ต้องการให้ CPU ทำงาน

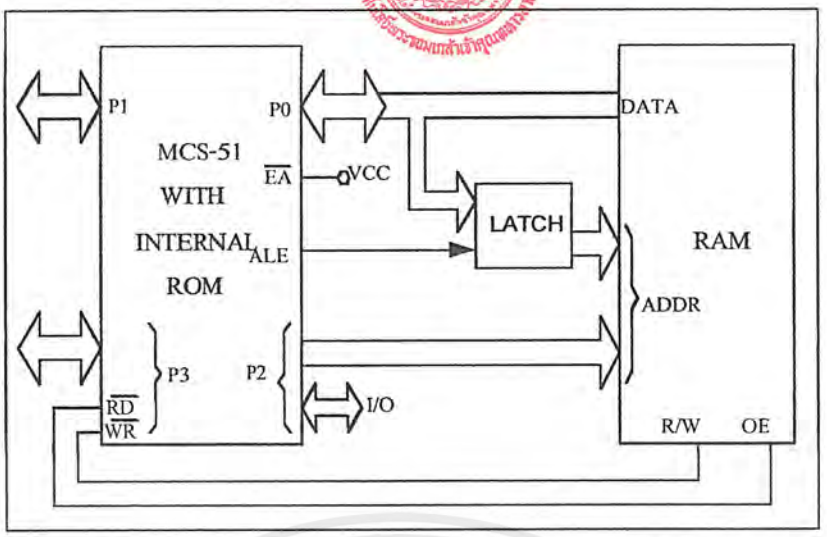
ส่วนหน่วยความจำข้อมูล หมายถึง ส่วนที่เป็น RAM ซึ่งเราสามารถอ่านหรือเขียนเป็นข้อมูลเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาแต่ไม่สามารถประมวลผลโปรแกรมบนหน่วยความจำนี้ได้

โดยหน่วยความจำทั้ง 2 โปรแกรมนี้ ถูกแยกออกจากกันด้วยคำสั่งทาง Software และลักษณะการติดต่อกับ Hardware ด้วย คือจะมีคำสั่งเฉพาะสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำชนิดใดชนิดหนึ่ง และจัดสัญญาณสโตรบในการติดต่อกับหน่วยความจำแต่ละชนิดแยกจากกันด้วย ดังรูปที่ 2.4 และ รูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกชิป

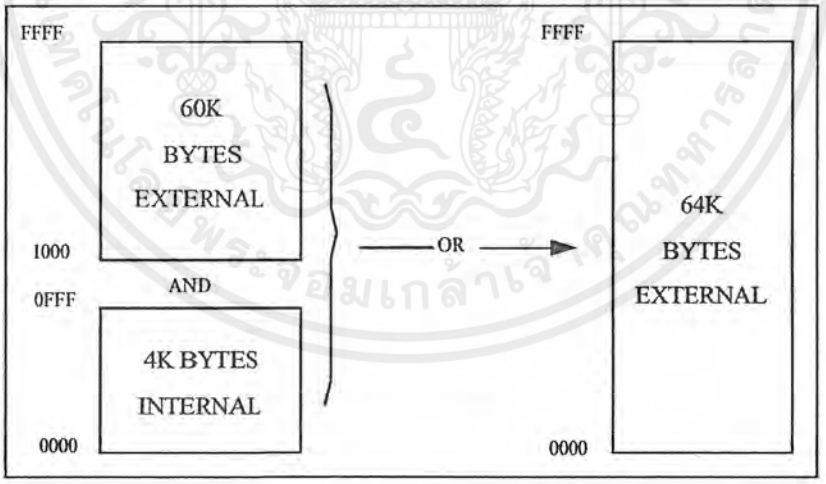
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

1.หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นมา โดยอาจประกอบอยู่ภายในตัวไอซีหรือเป็นไอซีหน่วยความจำประเภทอีพรอม ซึ่งในกรณีหลังนั้นจำเป็นจะต้องใช้พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตทำหน้าที่แอดเดรสบัสและดาตาบัส เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับหน่วยความจำไอซีมาตรฐานได้



รูปที่ 2.6 ผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051

การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเข้ากับ 8051

เนื่องจากระบบบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นลักษณะการใช้มัลติเพล็กซ์จากพอร์ตเดียวกัน กล่าวคือ ในระยะเวลาเริ่มต้น เส้นสัญญาณเหล่านี้ของพอร์ตจะใช้ในการส่งค่าแอดเดรสของตำแหน่งที่ต้องการติดต่อด้วย ในช่วงเวลาต่อมาจึงจะเปลี่ยนไปเป็นสภาวะ High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Impedance เพื่อใช้งานในสถานะของบัสข้อมูล แต่เนื่องจากว่าอีพรอม (EPROM) ที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้นไม่ใช้การมัลติเพล็กซ์ และมีขาสัญญาณบัสแอดเดรสและบัสข้อมูลแยกจากกันโดยชัดเจน ดังนั้นการเชื่อมต่ออีพรอมเพื่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีวงจรประเภทแลตช์ประกอบขึ้นเพิ่มเติมเพื่อทำการค้างค่าของแอดเดรสที่ส่งออกมาจาก 8051 ในช่วงเวลาให้กับขาสัญญาณแอดเดรสของอีพรอมต่อไป

สัญญาณ EA (External Access) ใช้ในการกำหนดเลือกว่า จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง ซึ่งหากเป็นระดับลอจิกต่ำจะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำภายนอก และกรณีตรงข้ามก็จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำภายในตัวไอซีเอง สิ่งที่ควรสังเกต คือเมื่อมีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายใน และมีการใช้งานแอดเดรสที่อยู่ในช่วงที่สูงกว่าค่าสูงสุดของหน่วยความจำข้อมูลภายในกรณี เช่นนี้ 8051 จะทำการอ่านค่าแอดเดรสที่สูงกว่ามาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอัตโนมัติ ส่วนสัญญาณอื่นๆ ของ 8051 ที่ใช้ระหว่างการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงสัญญาณของ 8051 ที่ใช้ระหว่างการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

สัญญาณ	คำจำกัดความ	ขาสัญญาณ	หน้าที่
EA	External Access	31	เลือกประเภทหน่วยความจำภายในหรือภายนอก
ALE	Address Enable	30	สัญญาณเอาต์พุตสำหรับการแลตช์ข้อมูลแอดเดรสจากบัส
P2.0 – P2.3	Port 2	21 - 28	เป็นข้อมูลแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำ
P0.0 – P0.7	Port 0	39 - 32	มัลติเพล็กซ์สัญญาณบัสแอสเดรสและบัสข้อมูล
PSEN	Program Store Enable	29	สัญญาณระบุการอ่านให้กับหน่วยความจำ EPROM

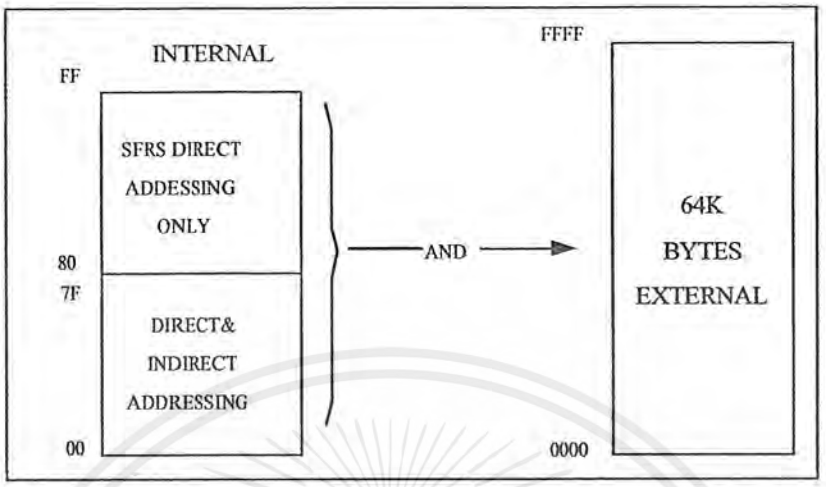
การใช้งาน 8051 แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในนั้น จำเป็นจะต้องเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นไอซีอีพรอมและจะต้องกำหนดให้เริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H เสมอ ทั้งนี้เพราะเมื่อมีการรีเซ็ตหรือเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับระบบ 8051 จะได้เริ่มต้นการทำงานตามคำสั่งนี้ทันที

2. หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 มีไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ภายในสูญหาย สำหรับพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็น 2 ลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำภายใน ซึ่งเป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีเอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำเอาไอซีอีพรอมมาต่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051

- หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายใน 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง ซึ่งจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาหน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก บริเวณนี้มีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H - 7FH ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งมีการจำแนกออกเป็น 3 ส่วนตามการใช้งาน คือ

บริเวณแอดเดรส 00H-1FH แบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมด 4 กลุ่ม โดยพื้นที่ในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7

บริเวณแอดเดรส 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ พื้นที่บริเวณนี้เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งมีความพิเศษแตกต่างไปจากหน่วยความจำอื่น ๆ เนื่องจากผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำในบริเวณนี้ได้ในลักษณะไบต์ข้อมูลหรือในลักษณะบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากมองในลักษณะบิตข้อมูลแล้วจะมีพื้นที่ตัวแปรบิตให้ใช้ได้มากถึง 128 บิต

บริเวณแอดเดรส 30H -7FH เป็นบริเวณที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้ในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป เป็นพื้นที่ตั้งแต่บริเวณแอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ จำนวน 20 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Byte	(MSB)							(LSB)	
7FH 30H	Scratch Pad Area								
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78	
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70	
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68	
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60	
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58	
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50	
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48	
28H	47	46	45	44	43	42	41	40	
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38	
26H	37	36	35	34	33	32	31	30	
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28	
24H	27	26	25	24	23	22	21	20	
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18	
22H	17	16	15	14	13	12	11	10	
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08	
20H	07	06	05	04	03	02	01	00	
1FH 18H	R0-R7								รีจีสเตอร์ แบงค์ 3
17H 10H	R0-R7								รีจีสเตอร์ แบงค์ 2
0FH 08H	R0-R7								รีจีสเตอร์ แบงค์ 1
07H 00H	R0-R7								รีจีสเตอร์ แบงค์ 0

รูปที่ 2.8 แสดง 128 ไบต์ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม

- หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ในกรณีที่มีความต้องการหน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราวหรือตัวแปรของโปรแกรมมากเกินกว่าขนาดของหน่วยความจำข้อมูลภายใน ซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์ เท่านั้นบางครั้งการใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกยังเหมาะสมกับงานประยุกต์บางอย่างที่จำเป็น ต้องมีการเก็บสำรองข้อมูลบางอย่างไว้ไม่ให้สูญหายแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟฟ้าแก่ระบบก็สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีหน่วยความจำแรม พร้อมแบตเตอรีสำรองประเภทลิเที่ยมหรือนิเกลแคดเมี่ยมเป็นตัวเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้แทน อย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุของการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้งานจะเป็นอย่างไรจะมีผลทำให้พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของ 8051 ถูกนำไปใช้เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทนดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้วงจรประกอบอื่น ๆ เพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 8051 แทน

การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกเข้ากับระบบของไมโครคอรโทรลเลอร์ 8051 จะมีวิธีการเหมือนกับการเชื่อมต่อหน่วยความจำอีพรอม โดยมีหลักการทำงานตามที่กล่าวมาคือ จะมีไอซีแลตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่ค้างค่าแอดเดรส ให้กับอินพุตของหน่วยความจำแรมส่วนขา RD , WR ก็จะทำการต่อโดยตรงกับ 8051และถ้าต้องการต่อแรมหลายๆ ตัวก็ใช้การถอดรหัสแอดเดรสแบบเดียวกับการต่ออีพรอม

Direct Byte Address	(MSB) Bit Address (LSB)								Special Function Register Symbol
	WDT	T32	SERR	IZC	P3HZ	P2HZ	P1HZ	ALF	
0F8H	FF	FE	FD	FC	FB	FA	F9	F8	IOCON
0F0H	F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	B
0E0H	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0	ACC
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	F1	P	
0D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	PSW
0CDH	Not Bit Addressable								TH2
0CCH	Not Bit Addressable								TL2
0CBH	Not Bit Addressable								RCAP2H
0CAH	Not Bit Addressable								RCAP2L
	TF2	EXF2	Rclk	Tclk	Exen2	TR2	C/T2	CP/RL2	
0C8H	CF	CE	CD	CC	CB	CA	C9	C8	T2CON
	PCT		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0	
0B8H	BF	-	BD	BC	BB	BA	B9	B8	IP
0B0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P3
	EA		ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
0A8H	AF	-	AD	AC	AB	AA	A9	A8	IE
0A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	Not Bit Addressable								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	Not Bit Addressable								TH1
8CH	Not Bit Addressable								TH0
8BH	Not Bit Addressable								TL1
8AH	Not Bit Addressable								TL0
89H	Not Bit Addressable								TMOD
	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0	
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	Not Bit Addressable								PCON
83H	Not Bit Addressable								DPH
82H	Not Bit Addressable								DPL
81H	Not Bit Addressable								SP
80H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งบิตใน SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของพอร์ตทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH ดังแสดงในรูปที่ 2.9 การใช้งานในรีจิสเตอร์พิเศษเหล่านี้ สามารถระบุชื่อหรืออ้างถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์ได้ ได้แก่

- แอกคิวมูเลเตอร์รีจิสเตอร์ (Accumulator)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายใน CPU และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์แอคคิวมูเลเตอร์นี้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับแอคคิวมูเลเตอร์ทั่ว ๆ ไป

- รีจิสเตอร์ B (Registor B)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้การคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่ว ๆ ไปได้

- โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

- สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ของบริเวณสแต็กสำหรับเก็บข้อมูลของแอคคิวมูเลเตอร์รีจิสเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการจ่ายไฟฟ้า หรือมีการรีเซ็ตเกิดขึ้น ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสรหัสภายในเนื้อที่บริเวณ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

- ตัวชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่ารีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และรีจิสเตอร์ DPL เพื่อเก็บค่าของแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องใช้ภายในโปรแกรมหรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

- โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่าง ๆรวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงค์ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

- รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port Register)

รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต โดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ในลักษณะของการอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใด ๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ตทั้ง 4 นี้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้ พอร์ต P0 และพอร์ต P2 ยังสามารถที่จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแสเดรสในช่วง 8 บิตล่างของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาต่อมาจึงนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสในการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ต P3 นอกเหนือจะนำไปใช้เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้วยังนำไปใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับการอินเตอร์รัปต์ได้อีกด้วย

- รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและการส่งข้อมูลซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด และแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

- รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำงานใน 3 ลักษณะ ได้แก่ การควบคุมการทำงานของโพรเซสเซอร์ (บิต IDL และ P) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GRO) และบิต (GR1)

บิต PD (Power Down) เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโพรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วย ความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power Failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อน และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายเป็นปกติจึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle Mode) เป็นการกำหนดโพรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซ็ตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงเพื่อห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโพรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรมและวงจรจับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

- รีจิสเตอร์ IP , IE, TMOD,SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัปต์ต่าง ๆ ของ 8051

การรีเซ็ต (Reset)

การรีเซ็ต สามารถมองเป็นการอินเตอร์รัปต์สูงสุด เพราะโปรแกรมไม่สามารถสกัดกั้นได้การอินเตอร์รัปต์ชนิดนี้บ่อยครั้งเราเรียกว่า Nonmaskable เนื่องจากไม่มีบิตตัวใดที่สามารถหยุดมันได้ ซึ่งไม่เหมือนกับการอินเตอร์รัปต์แบบอื่น PC จะไม่เก็บค่าโปรแกรมครั้งหลังสุด รีเซ็ตเป็นคำสั่งที่สมบูรณ์ในการกระโดดไปที่ 0000H และเริ่มทำงานที่จุดนี้

เมื่อลอจิก 1 ใช้ที่ขา RST 8051 จะอยู่ในสภาวะรีเซ็ต หลังจากขา RST เป็น 0 รีจิสเตอร์ภายในจะมีค่าดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าภายในรีจิสเตอร์หลังจากการรีเซ็ต

REGISTER	VALUE HEX
PC	0000
DPTR	0000
A	00
B	00
SP	07
SPW	00
P0-3	FF
IP	XXX00000 B
IE	0XX00000 B
TCON	00
TMOD	00
TH0	00
TL0	00
TH1	00
TL1	00
SCON	00
SUBF	XX
PCON	0XXXXXXX B

2.3.5 พอร์ตอินพุต / เอาต์พุตของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ตที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมด 4 พอร์ต เรียกชื่อตามลำดับว่า P0 , P1 , P2 และ P3 และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยว ๆ หรือของกลุ่มสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ต 0 , 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตได้โดยพอร์ต 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอดเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอดเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ต 2 สำหรับพอร์ต 3 นอกเหนือจากการนำไปใช้เป็นพอร์ตปกติสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณขอการอินเตอร์รัปต์ต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงการสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านและการเขียนเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและการเขียนเพื่อทำหน้าที่กวบคุมการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างการทำงานของพอร์ต 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ตทั้งหมดของ 8051 จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า QUASI-BIDIRECTIONAL PORT ยกเว้นพอร์ต 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่พูลอัพ (Pull-Up) สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมี ฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้สามารถแลตช์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาต์พุตของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิสซ์เพิ่มเติมขึ้นเพื่อควบคุมให้เอาต์พุตนี้ต่อกับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอดเดรสหรือบัสข้อมูล สำหรับบัฟเฟอร์จำนวน 2 ตัวของทุกบิตในพอร์ตนั้นมีการทำงานโดยแยกอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลที่ค้างไว้เท่านั้น ส่วนตัวที่อยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อมีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต จะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ตนั้นก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานที่ทำหน้าที่พูลอัพ ภายในซึ่งมีผลทำให้บิตนั้น ๆ ของพอร์ต 1 , 2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้น แม้ว่ามีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับบิตอื่น แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ พูลอัพภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตเหล่านั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลทำให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพิแดนซ์สูงแทน

การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ตข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอปซึ่งจะทำหน้าที่ค้างสภาวะเหล่านี้ไว้และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตเหล่านั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็นหนึ่งออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานของแต่ละบิต ของพอร์ต 1 , 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกด้วยตัวต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานของแต่ละบิตภายในพอร์ต 0 นั้น จะมีผลที่แตกต่างกันออกไป โดยขาสัญญาณจะมีสภาวะเป็นอิมพิแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานอยู่ภายในเชื่อมอยู่นั่นเอง ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 เป็นการเอาต์พุตข้อมูล จำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอกพูลอัพ สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

ความสามารถอีกประการหนึ่งที่เกี่ยวกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของ 8051 เป็นวิธีการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตซึ่งมีได้สองวิธี คือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ และการอ่านค่าลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ต วิธีการอ่านค่าสัญญาณทั้ง 2 แบบจะช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.3.6 อินพุต/เอาต์พุตข้อมูลอนุกรม

คอมพิวเตอร์ต้องสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในระบบมัลติโพรเซสเซอร์สมัยใหม่การติดต่อที่มีประสิทธิภาพทางหนึ่งคือการส่ง และการรับบิตข้อมูลและอนุกรม 8051 มีวงจรติดต่อข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอนุกรมโดยรีจิสเตอร์ SBUF เก็บข้อมูล SCON ควบคุมการสื่อสาร PCON ควบคุมอัตราข้อมูล และขา RXD และ TXD ต่อกับเครือข่ายข้อมูลอนุกรม

SBUF มีอยู่ 2 รีจิสเตอร์ อันหนึ่งใช้เขียนและเก็บข้อมูลที่จะส่งออกของ 8051 ผ่าน TXD อีกตัวใช้อ่าน และเก็บข้อมูลที่ได้รับจากภายนอกผ่าน RXD รีจิสเตอร์ ทั้ง 2 นี้ มีแอดเดรส 99 H

มีโหมดที่โปรแกรมได้ทั้งหมด 4 โหมด สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งเลือกโดยบิต SMX ใน SCON ส่วนอัตราบอด กำหนดโดยโหมดที่ใช้

กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ 8051

การส่งข้อมูลออกทางพอร์ตอนุกรมของ 8051 จะเริ่มต้นขึ้น ภายหลังเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนี้จะถูกจัดการด้วยวิธีการทางด้านฮาร์ดแวร์ในการเลื่อนบิตและส่งสัญญาณออกไปภายนอกโดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลเหล่านี้ได้ส่งออกครบถ้วนแล้ว จึงทำการกำหนดค่าของแฟล็ก TI ให้เป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้รีจิสเตอร์ SBUF ว่าง และพร้อมที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปแล้ว ในกรณีที่ผู้ใช้เขียนข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ SBUF โดยไม่รอให้แฟล็ก TI มีค่าเป็น 1 ก่อนจะมีผลทำให้ข้อมูลที่ส่งออกไปผิดพลาดได้

สำหรับการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมจะต้องเริ่มต้นโดยการกำหนดค่าบิต REN (Receiver Enable) ให้มีค่าเป็น 1 ก่อน หลังจากนั้นเมื่อมีบิตของข้อมูลถูกส่งเข้ามาจากภายนอกระบบฮาร์ดแวร์ของ 8051 จึงจะทำการเลื่อนบิตเหล่านี้เข้ามาโดยอัตโนมัติ และเมื่อบิตสุดท้ายถูกเลื่อนเข้ามาเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกย้ายมาเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ SBUF และทำการกำหนดให้แฟล็ก RI ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งมีผลทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์โปรแกรมขึ้น

โหมดการส่งข้อมูลอนุกรม

ผู้ออกแบบ 8051 ได้รวบรวมโหมดในการส่งข้อมูลอนุกรมไว้ 4 โหมด ทำให้การสื่อสารข้อมูลสามารถทำได้หลายทางและมีอัตราบอดหลายขนาด โหมดจะถูกเลือกโดยโปรแกรมเมอร์โดยการเซตบิตโหมด SM0 และ SM1 ใน SCON อัตราบอดจะคงที่ในโหมด 0 และสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อใช้ไทม์เมอร์ 1 และบิตที่เปลี่ยนอัตราบอดอนุกรม (SMOD) ซึ่งอยู่ใน PCON สำหรับโหมด 1, 2 , 3

- ข้อมูลอนุกรมในโหมด 0 โหมดการเลื่อนรีจิสเตอร์

การเซตบิต SM0 และ SM1 ใน SCON เป็น 00H ทำให้ SBUF ทำการรับหรือการส่งข้อมูล 8 บิต โดยใช้ขา RXD ทั้ง 2 หน้าที่ขา TXD จะต่อกับแหล่งกำเนิดพัลส์ภายใน ซึ่งจะทำให้พัลส์ที่เลื่อนแก่วงจรภายนอก ความถี่ที่เลื่อนหรืออัตราบอดจะคงที่ (เท่ากับความถี่ออสซิสเลเตอร์ / 12) อัตราขนาดนี้จะใช้เป็นไทม์เมอร์เมื่อโครงสร้างเป็นไทม์เมอร์ สัญญาณนาฬิกาที่เลื่อน TXD เป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็น 0 ในสภาวะ S3 , S4 , S5 ของแมชชีนไซเคิล และเป็น 1 สำหรับสภาวะ S6 , S1 , S2 ของการส่งข้อมูลรีจิสเตอร์ที่เลื่อนข้อมูลโหมด 0 เมื่อข้อมูลส่งออกมาทาง RXD ข้อมูลที่เปลี่ยนขอบขาลงของ S6P2 หรือ 1 พัลส์นาฬิกา หลังจากขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาที่เลื่อน TRX ออก ผู้ออกแบบระบบต้องออกแบบวงจรภายนอก ซึ่งรับข้อมูลที่ส่งออกมาเพื่อให้ข้อมูลที่รับเชื่อถือได้

ข้อมูลที่รับเข้ามาทางขา RXD ควรจะพร้อมกับสัญญาณนาฬิกาที่เลื่อนที่เกิดที่ TXD ข้อมูลถูกสุ่มที่ขอบขาลงของ S5P2 และเลื่อนไปยัง SBUF ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาที่เลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 0 ไม่ได้ตั้งใจให้ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ แต่จะเป็นวิธีที่จะได้ข้อมูลอนุกรมที่ความเร็วสูง โดยใช้ลอจิกดิสครีท (Discrete logic) เพื่อให้ได้อัตราข้อมูลสูง อัตราบอดที่ใช้ในโหมด 0 จะสูงกว่ามาตรฐานมาก เช่น คริสตอล 6MHz ได้อัตราเลื่อน 500 KHz

- ข้อมูลอนุกรม 1 - UART มาตราฐาน

เมื่อ SM0 และ SM1 เซตเป็น 01b SBUF จะเป็นตัวรับและตัวส่ง 10 บิต โดยจะรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน ขา RXD จะรับข้อมูลทั้งหมด และขา TXD จะส่งข้อมูลทั้งหมด อัตราบอดกำหนดได้ด้วย f_{buad} (2^{smod} * ความถี่ออสซิลเลเตอร์)/ 64 ข้อมูลที่ส่งเป็นบิตเริ่มต้น 1 บิต ข้อมูล 8 บิต สตอปบิต แฟล็กอินเตอร์รัปต์ TI จะเซตทันทีที่ 10 บิตถูกส่งแล้ว ระยะของแต่ละบิตคือ ส่วนกลับของความถี่ของอัตราบอด แต่ละบิตจะเป็น 1 หรือ 0 ตลอดช่วง

ข้อมูลที่รับจะมีลำดับเหมือนเดิมการรับจะถูกทริกที่ขอบขาลงของบิตเริ่มต้น และต่อไปเรื่อยๆ ถ้าบิตสิ้นสุดเป็น 0 ครึ่งหนึ่งของบิตเริ่มต้น นี่เป็นการวัดที่มีการรบกวนน้อยถ้าวงจรรับถูกทริกโดยสัญญาณรบกวนบนสายส่ง การตรวจสอบสภาวะ 0 หลังจากครึ่งบิตจะเป็นการจำกัดการรับข้อมูลที่ผิดพลาด

บิตข้อมูลที่เลื่อนเข้าตัวรับที่โปรแกรมอัตราบอดไว้และ เวิร์ดข้อมูลจะถูกส่งไปยัง SBUF ถ้าเงื่อนไขตามนี้เป็นจริง RI = 0 , SM = 0 หรือบิตสิ้นสุด = 0 , RI = 1เป็นการบอกว่าโปรแกรมได้อ่านไบต์ข้อมูลมาก่อนและพร้อมรับข้อมูลต่อไป โดยปกติบิตสิ้นสุด จะทำให้ส่งข้อมูลไปยัง SBUF ได้สมบูรณ์ที่สภาวะ SM2 โดยที่ SM2=0 ทำให้สามารถรับไบต์และสต็อปบิต ซึ่งเป็นข้อจำกัดในโหมดนี้ แต่มีประโยชน์มากในโหมด 2 และ 3 ถ้า SM2 = 1 ทำให้รับเฉพาะ สตอปบิตที่ถูกต้องเท่านั้น และป้องกันการรบกวน

ใน 10 บิตนี้ ที่ตำแหน่งสุดท้ายของการรับ เป็นการชี้ว่าข้อมูลที่รับมาก่อนยังไม่ถูกโปรแกรมอ่าน หรือถ้าเงื่อนไขอื่นไม่จริง ข้อมูลใหม่จะไม่ถูกโหลดและจะสูญหายไป

อัตราบอดโหมด 1 ไทม์เมอร์ 1 ถูกใช้สร้างบอด ในโหมด 1 โดยใช้โอเวอร์โฟล์แฟล็กของไทม์เมอร์ เพื่อกำหนดความถี่อัตราบอด ถ้าไทม์เมอร์ 1 ใช้ในโหมดเป็นไทม์เมอร์ 8 บิต ออโตรีโหลด (Autoreload) จะสร้างอัตราบอดได้

$$f_{baud} = (2^{SMOD} * \text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์}) / (32*12*(256- TH1))$$

SMOD เป็นบิตที่ควบคุมใน PCON และอาจเป็น 0 หรือ 1 ถ้าไทม์เมอร์ 1 ไม่ได้ทำงานในโหมด 2 อัตราบอดจะเป็น

$$f_{baud} = (2^{SMOD} * \text{Timer 1 overflow flag}) /32$$

และไทม์เมอร์ 1 สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาภายในหรือเป็นเคาน์เตอร์ซึ่งรับพัลส์นาฬิกาจากภายนอก ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่เลือกจะช่วยสร้างอัตราบอด ทั้งแบบมาตราฐานและไม่มาตราฐานถ้าต้องการอัตราบอดมาตราฐาน คริสตอล 11.0592 เมกกะเฮิร์ต ควรใช้ ซึ่งจะใช้อัตรามาตราฐาน 9600 bps และ TH1 จะมีค่าดังนี้

$$TH1=256-((2 *11.0592*10)/(32*12*9600)) = 0FDh = 253.0000d$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลอนุกรมโหมด 2 โหมด มัลติโปรเซสเซอร์

โหมด 2 คล้ายกับโหมด 1 เว้นแต่ว่ามีการส่ง 11บิต คือ Start bit 1 บิต ,ข้อมูล 9 บิตสต๊อป บิต 1 บิตดังรูป บิตข้อมูลที่ 9 ได้จาก TB8 ใน SCON ระหว่างการส่งและการเก็บในบิต RB8 ของ SCON เมื่อรับข้อมูลทั้งบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุดจะทิ้งไป

ในกรณีโหมด 0 อัตราบอดจะมากกว่ามาตราฐานมาก อัตราข้อมูลที่สูงนี้เป็นที่ต้องการในการประยุกต์หลายๆมัลติโพรเซสเซอร์ข้อมูลสามารถรวบรวมได้อย่างรวดเร็วจากเครือข่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สื่อสารถ้าใช้อัตราบอดสูง

เงื่อนไขการเซต RI ในโหมด 1 RI ต้องเป็น 0 ก่อนที่จะรับบิตสุดท้าย และ SM2 ต้องเป็น 0 หรือข้อมูลบิตที่ 9 ต้องเป็น 1 การเซต RI ขึ้นกับสภาวะของ SM2 ในการรับ 8051 และสภาวะ 9 ซึ่งทำให้มัลติโปรเซสเซอร์ เป็นไปได้โดยให้ตัวรับถูกอินเตอร์รัปต์โดยข้อมูลบางตัว ในขณะที่ตัวรับอื่นๆ ไม่สนใจข้อมูลนี้ เฉพาะ 8051 เท่านั้นที่ SM2 เซตเป็น 0 จะถูกอินเตอร์รัป ต์ โดยข้อมูลที่รับซึ่งข้อมูลบิตที่ 9 เซตเป็น 1 จะไม่ถูกอินเตอร์รัปต์โดยข้อมูล พร้อมกับข้อมูลบิต 9 เป็น 0 ตัวรับทั้งหมดจะถูกอินเตอร์รัปต์โดยข้อมูล และข้อมูลบิตที่ 9 เซตเป็น 1 ซึ่งสภาวะของ SM2 จะไม่ขัดขวางการรับข้อมูล

2.4 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port Communication)

จุดประสงค์หลักของการใช้ซีเรียลพอร์ต คือ การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะการสื่อสารระยะไกลด้วยโมเด็มและโครงข่ายโทรศัพท์สาธารณะ แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น เมาส์ เป็นต้น

การเชื่อมต่อแบบพาราเรลพอร์ตจะมีความเร็วและการอินเตอร์เฟสที่ง่ายแต่ว่าจำนวนขาของพอร์ตนั้นมีถึง 25 ขา (อาจจะใช้ไม่หมดทุกขา) และความยาวสายเคเบิลสูงสุดได้เพียง 5 เมตร ถึงอย่างไรก็ตามมันก็ให้ความเร็วสูงสุดประมาณ 100 Kbit/sec จึงเหมาะกับการส่งสำหรับเครื่องพรินเตอร์ส่วนพอร์ต PS/2 นั้นก็สามารถส่งข้อมูลได้ทิศทางเดียว ในทางตรงกันข้ามเรามาส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทางและซีเรียลพอร์ต โดยใช้จำนวนขาแค่ 9 ขา (อาจจะใช้ไม่หมดทุกขา) เพราะว่าสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้สำหรับซีเรียลพอร์ตได้ถูกออกแบบมาสำหรับการส่งข้อมูลระยะทางไกลกว่าแบบพาราเรลพอร์ตที่ใช้แบบ TTL โวลต์เตจและก็การใช้โมเด็มทำให้ซีเรียลพอร์ตสามารถใช้กับการติดต่อระยะทางไกลมากขึ้น

การส่งข้อมูลแบบซีเรียลจะส่งข้อมูลแบบเป็นกลุ่มของบิต โดยจะส่งทีละบิตบนหนึ่งเส้นสายสัญญาณ ข้อมูลบนสายสัญญาณจะเปลี่ยนไปตามเวลาในการส่งสัญญาณแต่ละค่าของสัญญาณไม่เหมือนกับแบบพาราเรลซึ่งจะส่งพร้อมกันทั้งหมดในกลุ่มของสายสัญญาณหลายเส้นในเวลาเดียวกัน การส่งข้อมูลเราต้องพิจารณาถึงความหมายของคำต่อไปนี้

Transmitter : ตัวส่ง

Receiver : ตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmission Medium : ซึ่งจะเป็นเส้นทางในการใช้ส่งข้อมูลจาก Transmitter ไปยัง Receiver ซึ่งสิ่งสำคัญที่จะมีผลต่อการพิจารณาตัวกลางการส่งข้อมูลดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของตัวกลาง ซึ่งโดยทั่วไปจะมีที่ใช้บ่อยอยู่ดังนี้

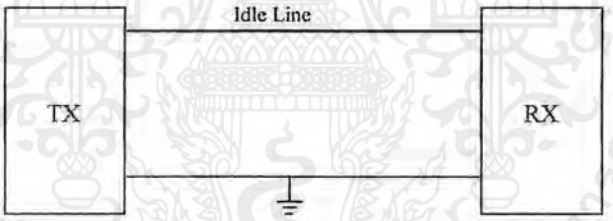
- Directline เส้นสัญญาณประเภทนี้ก็คือการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กันโดยตรง หรือไม่ก็เชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่นโดยตรง

-Dial-Upline เป็นลักษณะทางกายภาพของการเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสาธารณะโดยผ่านโมเด็ม สำหรับแบบ Directline จะเป็นการเชื่อมต่อทางไฟฟ้ากันโดยตรงแต่ในแบบ Dial-Upline จะต้องมีการเปลี่ยนลักษณะสัญญาณก่อนผ่านไปในตัวกลาง

2. การสื่อสารแบบ ซิงโครนัส(Synchronous Mode) กับแบบอะซิงโครนัส (Asynchonous Mode)

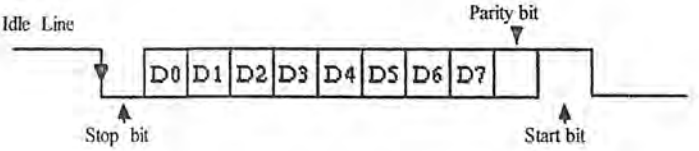
- ซิงโครนัส (Synchronous) จะเป็นการส่งข้อมูลที่ใช้สัญญาณนาฬิกาตัวเดียวกันจะทำให้ตัวรับรับข้อมูลเหมือนกับข้อมูลตัวส่งแต่ในความเป็นจริงในการส่งระยะทางไกลเราไม่สามารถทำให้สัญญาณนาฬิกาทั้งตัวรับและตัวส่งเท่ากันได้ เพราะมีการเลื่อนเฟส (Phase Shift) สัญญาณ ดังนั้นเราจึงใช้อีกวิธี คือ แบบ อะซิงโครนัส

- อะซิงโครนัส (Asynchronous) จะเป็นการส่งข้อมูลที่ใช้สัญญาณนาฬิกา ตัวส่งตัวรับเป็นคนละตัวกัน แต่ทำให้มีค่าใกล้เคียงกันและสร้างเฟรม (Frame) ของข้อมูลมาเป็นตัวบอกให้ตัวรับทราบส่วนต่างๆ ของข้อมูล



รูปที่ 2.10 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างตัวส่งกับตัวรับ

จากรูป 2.10 ระหว่างตัวรับและตัวส่งจะมีสายสองเส้นเชื่อมต่อกัน โดยเส้นหนึ่งจะเป็นไอเดิลไลน์ (IdleLine) จะเป็นสายที่มีสัญญาณไฮ (High) เมื่อพร้อมจะรับข้อมูล ส่วนอีกเส้นหนึ่งจะเป็นกราวน์ (ground)



รูปที่ 2.11 แสดงองค์ประกอบของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.11 องค์ประกอบของเฟรม ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (Start bit) เป็นส่วนที่บอกให้ตัวรับทราบว่าพร้อมส่งข้อมูล ซึ่งหลังจากบิตเริ่มต้น จะเป็นข้อมูล (data) ที่ต้องการส่ง และส่วนต่อไปเป็นพาริตี้บิต (Parity bit) เป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบ และส่วนสุดท้ายเป็นบิตสิ้นสุด (Stop bit) เป็นส่วนทำให้ตัวรับทราบว่าสิ้นสุดเฟรมแล้ว โดยบิตสิ้นสุดจะมีความยาวเป็น 1 , 1.5 , 2 บิต

การส่งข้อมูลเริ่มจาก บิตเริ่มต้น ที่มีค่าเป็น Low เป็นการแจ้งให้ตัวรับทราบว่าจะมีการส่งข้อมูลให้ตัวรับเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูล โดยเริ่มเซ็ตสัญญาณนาฬิกา ให้ใกล้เคียงกับตัวส่งแล้วจึงเริ่มส่งข้อมูลในบิตต่อไป ในความเป็นจริงการส่งบิตแรกที่เข้ามาจะมีสัญญาณนาฬิกาเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมาก แต่ในบิตต่อๆ ไปจะเกิดการเลื่อนเฟส เนื่องจากตัวรับอาจใช้สัญญาณนาฬิกา ใกล้เคียงที่ช้ากว่าหรือเร็วกว่า แต่ไม่เกินขอบเขตของข้อมูลแต่ละบิตจนไปถึงค่าๆ หนึ่งการเลื่อน (Shift) จะเกินขอบเขตที่รับข้อมูลได้ถูกต้อง ก็จะทำการหยุดส่งข้อมูล แล้วเริ่มส่งข้อมูลใหม่ ซึ่งเราเรียกวิธีนี้ว่า "รีซิงโครไนซ์" (Resynchronize)

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในแบบ อะซิงโครนัส เรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receive Transmit) เช่น z80 , 8250 , 8251 , 8450 เป็นต้น

3. ทิศทางการส่งข้อมูล Simplex , Half-Duplex , Full-Duplex

การสื่อสารข้อมูล ข้อมูลจะถูกส่งไปมาระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางการอินเตอร์เฟส ซึ่งประกอบไปด้วย สัญญาณไฟฟ้า สายเคเบิลที่เป็นตัวนำสัญญาณไฟฟ้าและคอนเน็คเตอร์ ข้อมูลจะถูกส่งด้วยการเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดัน การสื่อสารข้อมูลจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อ อุปกรณ์ต่างๆเป็นไปตามข้อกำหนดของ Phisical Layer Protocol ซึ่งมีดังต่อไปนี้

- คุณสมบัติทางกล ได้มีการกำหนดรายละเอียดของขนาดคอนเน็คเตอร์ , จำนวนขา , ฟังก์ชั่นการทำงานของขาต่างๆ และเส้นผ่านศูนย์กลางของขาต่างๆ ตำแหน่งของคอนเน็คเตอร์และคุณสมบัติของสายเคเบิล

- คุณสมบัติทางสัญญาณไฟฟ้า มีการกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนข้อมูลและวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการกำหนดอัตราเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูล ระดับกระแสและระดับแรงดันในการแทนลอจิกต่าง ๆ และคุณสมบัติของวงจรรับส่ง สัญญาณที่ขาทุกขาของคอนเน็คเตอร์ RS 232 จะเป็นสภาวะจะเป็นสภาวะใดสภาวะหนึ่งต่อไปนี้

Mark / Space

On / Off

Logic 0 or Logic 1

ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของสัญญาณคู่ต่างๆ กับแรงดันที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 สถานะของสัญญาณกับแรงดันมาตรฐานของ RS 232

VOLTAGE RANGE	LOGIC	MEANING	TTY	SYNONYMS
+3V TO +25V	0	ON	SPACE	ACTIVE, "ASSERTED"
-25V TO -3V	1	OFF	MARK	INACTIVE, "DISASSERTED"

ในการแทนลอจิกหนึ่งหรือสถานะ Mark ตัวขับสัญญาณไดร์เวอร์ต้องจ่ายแรงดันระหว่าง -5 ถึง -15 โวลต์ ส่วนในลอจิก 0 หรือ Space ตัวขับสัญญาณต้องจ่ายแรงดัน +5 ถึง +15 โวลต์

ตัวเก็บประจุ ที่ต่อขนานกับอุปกรณ์รับปลายทางมีค่าไม่เกิน 2500 pF (ความยาวน้อยกว่า 50 ฟุต) และ แรงดันขณะเปิดวงจรหรือไม่มีโหลดจะต้องไม่เกิน 25 โวลต์ วงจรรับสัญญาณต้องสามารถทนต่อการลัดวงจรที่เกิดขึ้นได้ (จากการไม่ตั้งใจ) โดยไม่ทำความเสียหายกับอุปกรณ์ของตัวมันเองหรือที่เกี่ยวข้อง

- รายละเอียดตามหน้าที่ของสัญญาณ สัญญาณต่างๆที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสมักถูกกำหนดชื่อจากลักษณะการทำงาน โดยดูทิศทางของการส่งของข้อมูลว่าส่งจากตัวส่งหรือตัวรับ และความสัมพันธ์ของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

โครงงานชิ้นนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดแทนเครื่องบันทึกสัญญาณด้วยกระดาษที่มีอยู่เดิม ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรมากจึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้น โดยใช้ไอซี MAX1249 ขนาด 10 บิต เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิต ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและอินเตอร์เฟสกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม และใช้โปรแกรมเดลไฟ (Delphi) ซึ่งจะช่วยในการติดต่อรับ-ส่งข้อมูล แสดงรูปสัญญาณที่รับเข้ามาพร้อมทั้งสามารถบันทึก เพื่อนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์และใช้งานต่อไป จากโครงงานนี้ในการคำนวณและการสร้างโครงงานจะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ อยู่ 2 ส่วนดังนี้ คือ

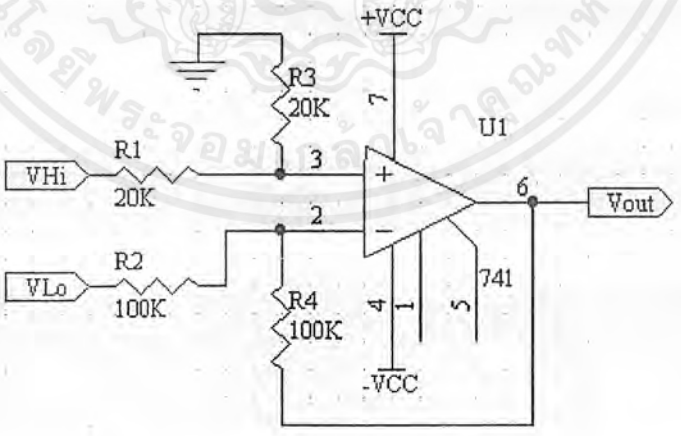
- ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)
- ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software)

3.1 หลักการออกแบบฮาร์ดแวร์ (Hardwere)

ส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบ จะนำมาใช้เป็นส่วนเชื่อมต่อ (Interfacing) สัญญาณที่ตรวจจับเข้ามากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะประกอบด้วย

3.1.1 ส่วนของวงจรลบสัญญาณ (Subtractor)

เนื่องด้วยสัญญาณที่นำมาใช้งานนั้นเป็นผลต่างของสัญญาณสองสัญญาณ คือ ระดับสูง(High Level) และระดับต่ำ (Low Level) จึงต้องทำการหาผลต่างของสัญญาณทั้งสองนี้ก่อน เพื่อให้ได้ส่วนของสัญญาณจริง ๆ โดยใช้วงจรลบสัญญาณดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรลบสัญญาณ (Subtractor)

จากรูปที่ 3.1 เราสามารถหาสัญญาณที่ขาเอาต์พุตได้ดังนี้

$$Vout = \{ (R3/R1+R2)*(R2+R4/R2) \}*VHi - (R4/R2)*VLo$$

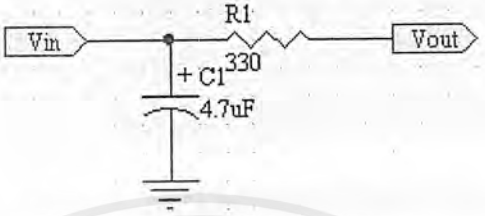
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้ R1 = R3 , R2 = R4

จะได้ Vout = VHi - VLo

3.1.2 ส่วนของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

โครงงานนี้เราใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC ซึ่งมีความถี่คัทออฟที่ 100 เฮิรตซ์ ดังรูป



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC

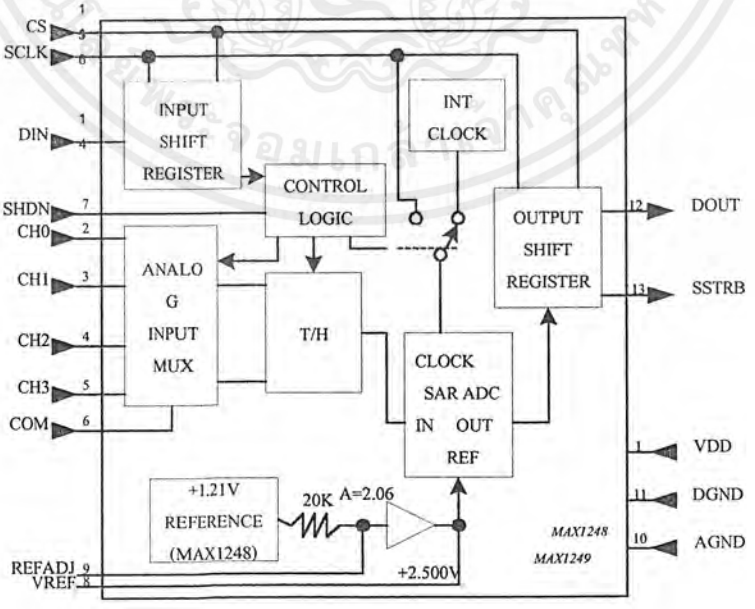
จากรูปเราสามารถหาความถี่ของสัญญาณที่เอาต์พุต ได้ดังนี้

$$f_o = 1/2\pi RC$$

เมื่อ $R = 330\ \Omega$ $C = 4.7\ uF$ จะได้ $f_o = 100\ Hz$

3.1.3 ส่วนของการมัลติเพล็กซ์และการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ส่วนนี้ทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณอินพุต ที่มีความต่อเนื่องของสัญญาณพร้อมกันได้ 4 ช่องสัญญาณและทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรมขนาด 10 บิต โดยใช้ไอซี MAX1249 ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างไอซี MAX1249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของไอซี MAX1249

ไอซี MAX1249 เป็นไอซีทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 16 ขา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ทำงานที่แรงดันไฟเลี้ยง 2.7-5.25 โวลต์
- การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบอนุกรม ขนาด 10 บิต
- 4 แชนแนล (Single-Ended Input) หรือ 2 แชนแนล (Differential Inputs)
- ความเร็วในการทำงาน 7.5 ไมโครวินาที เมื่อใช้สัญญาณ Clock ความถี่ 2.0 MHz
- มีสัญญาณ Clock จากภายในและภายนอก

ตารางที่ 3.1 แสดงขาการใช้งานของไอซี MAX1249

ขา (PIN)	ชื่อขาไอซี (NAME)	หน้าที่การทำงาน (FUNCTION)
1	VDD	แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (+5 โวลต์)
2-5	CH0-CH3	อินพุตของสัญญาณอนาล็อกของ Channel #1- Channel#4
6	COM	ขา Common ของสัญญาณอนาล็อก
7	SHDN	โหมด Shut Down จะมี 3 สถานะ คือ ลอจิก "0" จะหยุดการทำงาน ลอจิก "1" จะใช้สัญญาณ Clock ภายใน และปล่อยลอยไว้จะใช้สัญญาณ Clock จากภายนอก
8	VREF	สัญญาณอ้างอิงในการเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล
9	REFADJ	อินพุตอ้างอิง Buffer Amplifier ภายในไอซี ถ้าไม่ต้อง การใช้จะต่อเข้ากับขา VDD
10	AGND	กราวด์อ้างอิงของสัญญาณอนาล็อก
11	DGND	กราวด์อ้างอิงของสัญญาณดิจิตอล
12	DOUT	สัญญาณเอาต์พุตแบบอนุกรม
13	SSTRB	สัญญาณบอกสถานะการแปลงสัญญาณ โดยจะส่ง "0" ออกมาเมื่อทำการแปลงสัญญาณอยู่ และส่ง "1" ออกมาเมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จ
14	DIN	สัญญาณควบคุมการแปลงสัญญาณแบบอนุกรม
15	CS	ควบคุมการทำงานของไอซี จะทำงานที่ลอจิก "0"
16	SCLK	สัญญาณ Clock ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูลให้กับไอซี MAX1249

ไอซี MAX1249 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุตจำนวน 8 บิต เพื่อกำหนดการทำงานโดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับไอซี MAX1249 นี้ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงาน คือเป็นลอจิก "0"ก่อน และจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณ Clock โดยข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี MAX1249 มีดังนี้

ตารางที่ 3.2 การเขียนข้อมูลให้กับไอซี MAX1249 (Control-Byte Format)

BIT 7 (MSB)	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 (LSB)
START	SEL2	SEL1	SEL0	UNI/BIP	SGL/DIF	PD1	PD0

บิต (BIT)	ชื่อบิต(NAME)	การเขียนข้อมูล (Description)
7(MSB)	START	เป็นบิตเริ่มต้นการทำงาน โดยควบคุมให้บิตนี้มีลอจิกเป็น "1"
6 5 4	SEL2 SEL1 SEL0	3 บิตนี้เป็นบิตควบคุมการเลือก แชนแนลดูการควบคุมบิต ได้จากตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4
3	UNI/BIP	"1" = Unipolar , "0" = Bipolar
2	SGL/DIF	"1" เลือกให้อินพุตเป็น 4 แชนแนล(Single-Ended Input) "0" เลือกให้อินพุตเป็น 2 แชนแนล(Differential Inputs)
1 0	PD1 PD0	เลือกสัญญาณ Clock และเลือกโหมด Power-down PD1 PD0 โหมดการทำงาน (Mode) 0 0 Full power down 0 1 Fast power down (MAX1248 เท่านั้น) 1 0 เลือกสัญญาณ Clock จากภายใน 1 1 เลือกสัญญาณ Clock จากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การเลือกแชนแนลในโหมด Single-Ended (SGL/DIF = 1)

SEL2	SEL1	SEL0	CH0	CH1	CH2	CH3	COM
0	0	1	+				-
1	0	1		+			-
0	1	0			+		-
1	1	0				+	-

ตารางที่ 3.4 การเลือกแชนแนลในโหมด Differential (SGL/DIF = 0)

SEL2	SEL1	SEL0	CH0	CH1	CH2	CH3
0	0	1	+	-		
0	1	0			+	-
1	0	1	-	+		
1	1	0			-	+

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากไอซี MAX1249 จะส่งให้ซีพียู (CPU) ประมวลผล ซึ่งมีค่าความละเอียดของการแปลงสัญญาณสูง เช่น ถ้าย่านอินพุต เริ่มต้นจาก 0-5 โวลต์ ตัวแปลงสัญญาณมีความแตกต่างทางรหัสเอาต์พุต 1024 ระดับ ดังนั้นค่าความละเอียดเท่ากับ

$$5\ \text{Volt}/1024 = 4.88\ \text{mVolt}$$

เนื่องจากไอซี MAX1249 ใช้หลักการของการประมาณค่าโดยลำดับ (Successive Approximation) ง่ายในการนำมาเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลต่างๆ ส่วนรายละเอียด (Specification) ในเรื่องความผิดพลาดบิต (bit error) จะอยู่ประมาณ $\pm$1/2 LSB และ $\pm$1 LSB

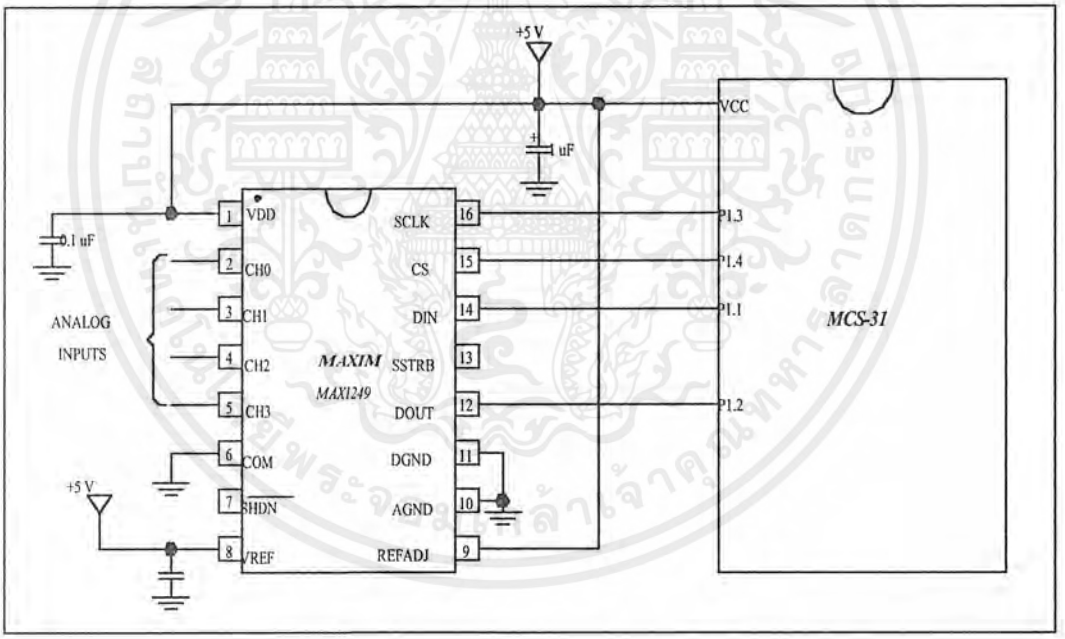
ส่วนการเลือกช่องสัญญาณและการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลของไอซี MAX1249 ทำได้โดยเขียนโปรแกรม Assembly ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน ซึ่งการเขียนข้อมูลให้กับไอซี MAX1249 นั้น จะต้องใช้สัญญาณข้อมูลอินพุตจำนวน 8 บิตด้วยกัน ป้อนเข้าที่ขา DIN ของไอซี การเลือกแชนแนล(Channel) และควบคุมการทำงานของไอซี MAX1249 สามารถทำการเขียนข้อมูลตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 ดังแสดงใน ตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงการเขียนข้อมูลควบคุมการทำงานของไอซี MAX1249

ช่องสัญญาณอินพุต	Control-Byte Format							
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ช่องที่ 1	1	0	0	1	1	1	1	1
ช่องที่ 2	1	1	0	1	1	1	1	1
ช่องที่ 3	1	0	1	0	1	1	1	1
ช่องที่ 4	1	1	1	0	1	1	1	1

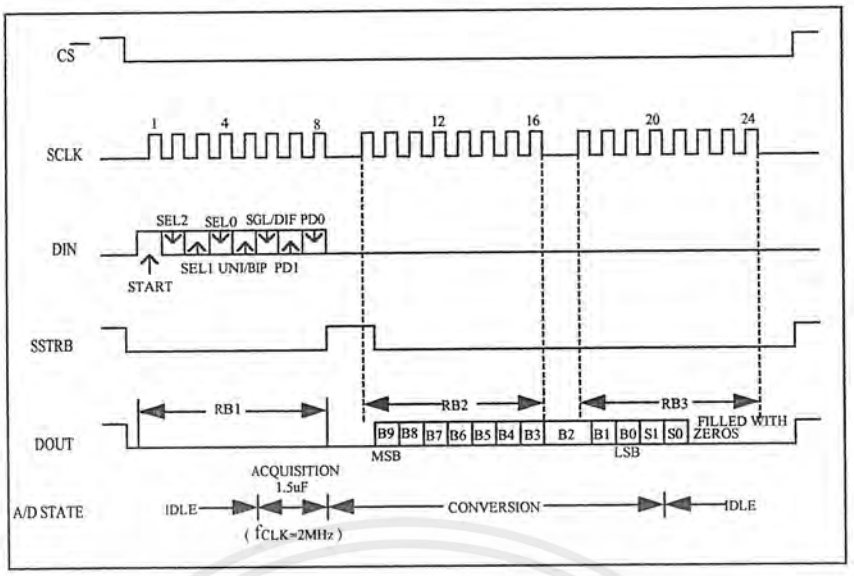
สำหรับการต่อใช้งานสัญญาณอนาล็อกที่มีแรงดัน 0-5 โวลต์ จะต่อเข้าที่ขา AIN ซึ่งรับมาจากสัญญาณเอาต์พุตของวงจรลบสัญญาณ (Subtractor) ส่วน +Vref จะใช้ไฟ +5 โวลต์ เป็นระดับสัญญาณอ้างอิง ขา SCLK ขา CS และขา DIN จะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อไอซี MAX1249 ร่วมกับ MCS-31

การนำไอซี MAX1249 ไปใช้งานซึ่งมีผังการทำงานของสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



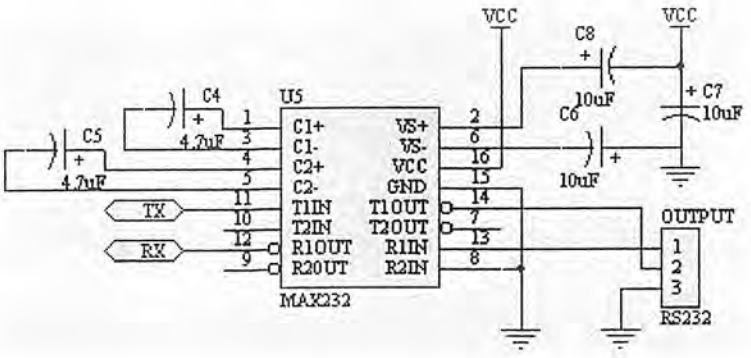
รูปที่ 3.5 แสดงผังการทำงานของไอซี MAX1249

3.1.4 ส่วนการเชื่อมต่อและควบคุม (Interfacing & Control)

ส่วนนี้เป็นหัวใจหลักของการควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ (Hardware) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8031 ซึ่งมีความคล่องตัวในการใช้งาน มีพอร์ต (port) ให้ใช้ได้ในตัว 4 พอร์ต มีตัวจับเวลา (Timer) พร้อมกับมีรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษให้ใช้งานอีกหลายตัว ทำให้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง โดยหน้าที่หลักมีดังนี้ คือ

1. ควบคุมการเลือกสัญญาณอินพุตแต่ละแชนเนลในส่วนของการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ
2. ควบคุมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลของไอซี MAX1249
3. ควบคุมการเชื่อมโยงติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างชุดตรวจจับสัญญาณกับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นไปอย่างถูกต้องและเชื่อถือได้

ส่วนของการติดต่อส่งผ่านข้อมูลจะใช้การสื่อสารแบบอนุกรม โดยจะใช้ไอซี MAX-232 เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณดิจิตอลดาต้า (Digital data) ไปเป็นระดับสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ตามมาตรฐาน RS-232 ซึ่งการต่อใช้งานดังแสดงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรส่วน RS-232/TTL Conversion Unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงโฟว์ชาร์ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

การทำงานของวงจร (แสดงในภาคผนวก) เริ่มต้นจากการป้อนสัญญาณอนาล็อกที่มีแรงดันในช่วง 0-5 โวลต์ เข้าที่ช่องสัญญาณอินพุตได้พร้อมกันถึง 4 ช่องด้วยกัน ช่วงแรกจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรลบสัญญาณ (Low pass filter and Subtractor) เพื่อให้ได้สัญญาณในช่วงความถี่ที่ต้องการผ่านและตัดสัญญาณรบกวนทิ้งไป ส่วนวงจรลบสัญญาณจะทำหน้าที่ลบสัญญาณระดับสูง (High Level) และระดับต่ำ (Low Level) เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณช่วงที่เปลี่ยนแปลงหรือผลต่างของสัญญาณทั้งสองไปใช้ในการแสดงผล ซึ่งสัญญาณที่ป้อนเข้ามาทั้ง 4 ช่องสัญญาณนั้นจะถูกต่อเข้ากับขาอินพุต 1 ถึงอินพุต 4 ในส่วนมัลติเพล็กซ์ช่องสัญญาณ (Multiplexer) ของไอซี MAX1249 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม เริ่มต้นด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสถานะ " 0 " เข้าที่ขา CS และสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock) ป้อนให้กับขา SCLK ของไอซี MAX1249 เพื่อให้ไอซีเริ่มการทำงาน จากนั้นจะทำการเขียนข้อมูลขนาด 8 บิต ให้กับไอซี (Control-Byte Format) ดังตารางที่ 3.2, ตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4 โดยทำการป้อนเข้าที่ขา DIN เพื่อให้ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานตามต้องการ ดังแสดงตามผังเวลาในรูปที่ 3.5 ซึ่งการแปลงแต่ละครั้งจะใช้เวลาสูงสุดประมาณ 7.5 uS จากนั้นข้อมูลดิจิตอลที่ถูกแปลงออกมาก็จะถูกป้อนให้กับไอซี 8031 ทางพอร์ต 1.2 เพื่อนำข้อมูลไปพักไว้ในรีจิสเตอร์ เนื่องจากการแปลงแต่ละครั้งจะได้สัญญาณเอาต์พุตขนาด 10 บิต ส่วนรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาด 8 บิตเท่านั้น ดังนั้นการรับสัญญาณดิจิตอลของการแปลงเข้ามาจะต้องใช้รีจิสเตอร์ถึง 2 ตัวด้วยกัน โดยให้สัญญาณดิจิตอล 8 บิตต่ำช่วงแรกจะถูกนำมาพักไว้ในรีจิสเตอร์ R3 ส่วน 2 บิตหลังที่เหลือจะนำมาพักไว้ในรีจิสเตอร์ R2 ดังแสดงในรูปที่ 3.8

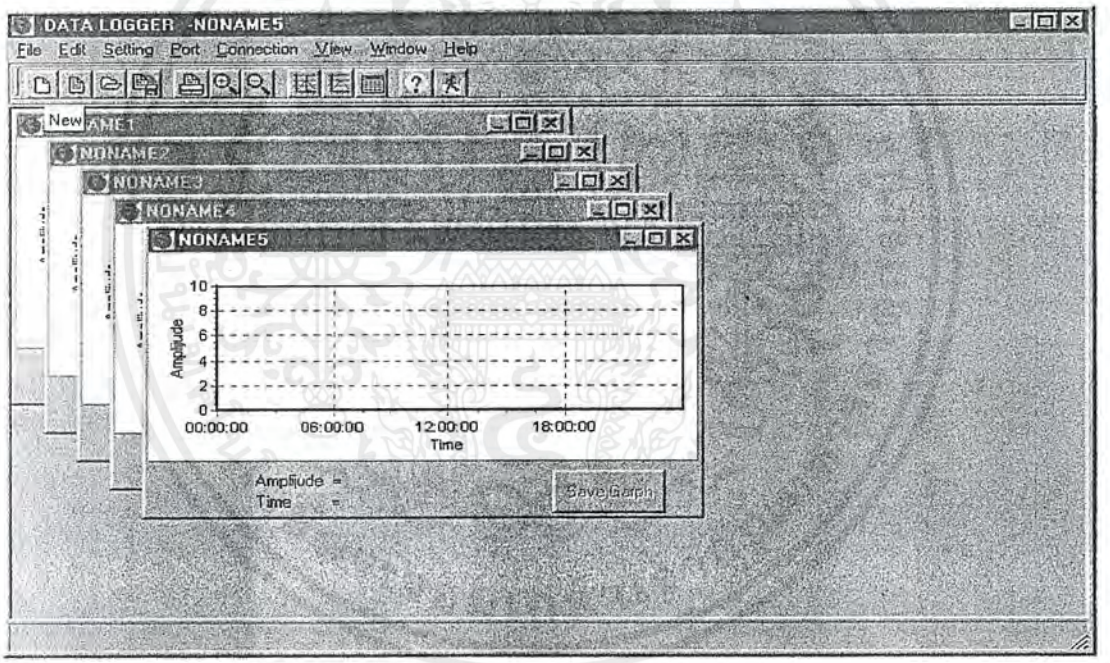
รูปที่ 3.8 แสดงการส่งค่าสัญญาณดิจิตอลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

ข้อมูลทั้งสองชุดนี้จะถูกส่งผ่านให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมซึ่งเราจะใช้ไอซี MAX 232 เป็นตัวเปลี่ยนระดับสัญญาณข้อมูลดิจิตอลไปเป็นระดับสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ตามมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์ (Soft ware)

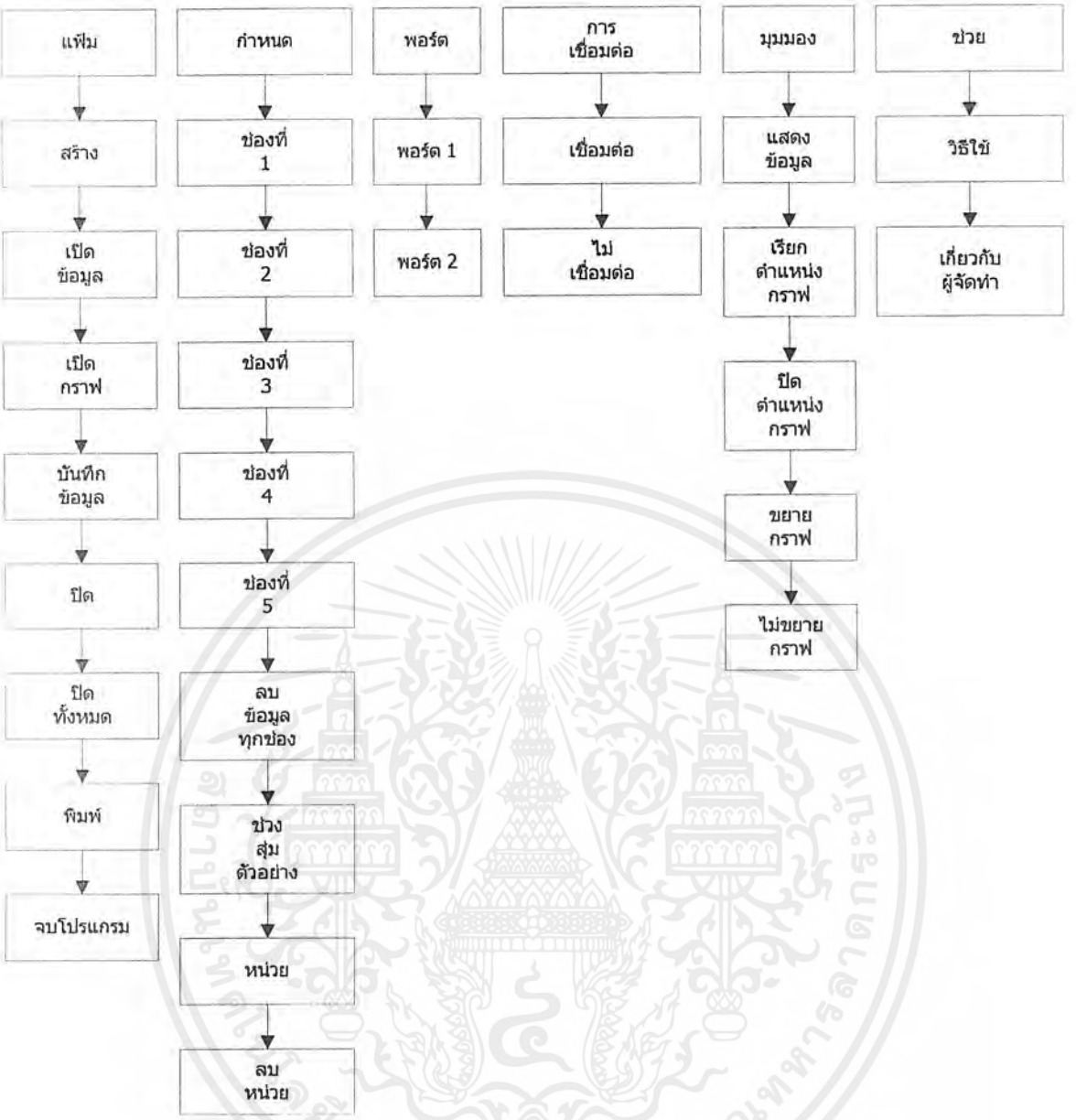
ในส่วนของซอฟร์แวร์ที่ใช้รับข้อมูลจากส่วนของฮาร์ดแวร์มาแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ในลักษณะของกราฟและทำการเก็บข้อมูลไว้ในฮาร์ดดิสก์จะใช้ Delphi ในการเขียนโปรแกรม และโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้นนี้ประกอบด้วยหน้าต่างหลักหรือตัวแม่จะใช้ควบคุมการทำงานทุกอย่างของโปรแกรม เช่น การเรียกกราฟ การบันทึก การเชื่อมต่อกับส่วนของฮาร์ดแวร์ เป็นต้น และหน้าต่างรองหรือตัวลูก จะใช้เซ็ตค่าต่าง ๆ ในการรับข้อมูล เช่น การเซ็ตช่วงเวลาในการแสดงผลของกราฟ เวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมาแสดงผล เป็นต้น ในการเรียกใช้หน้าต่างลูกจะไม่สามารถเปิดใช้งานพร้อมกันได้จะแสดงหน้าต่างใดหน้าต่างหนึ่งเท่านั้น แต่กราฟแสดงผลจะต้องสามารถเปิดใช้งานพร้อมกันได้มากกว่าหนึ่งกราฟ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงกราฟมากกว่าหนึ่งกราฟจะใช้ แอปพลิเคชั่นหลายวินโดว์ หรือ MDI (Multiple Decument Interface) จะประกอบด้วย หน้าต่างหลัก (Main Form) และหน้าต่างรอง (Child window) ทำงานอยู่ภายในหน้าต่างหลักและสามารถเรียกใช้งานมากกว่าหนึ่งหน้าต่าง ในโครงงานนี้จึงออกแบบหน้าต่างเป็นแบบ MDI ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างที่ได้ออกแบบขึ้น

จากรูปที่ 3.9 เป็นหน้าต่างที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมจะประกอบด้วยเมนูหลักและเมนูย่อย ๆ หลายเมนูซึ่งมีโครงสร้างภายในดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างการทำงานของเมนูต่าง ๆ

จากรูปที่ 3.10 มีรายละเอียดของแต่ละเมนูดังนี้

1. แฟ้ม (File) แบ่งออกเป็นเมนูย่อย ๆ ดังนี้

- สร้าง (new)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับเรียกกราฟใหม่มาใช้งานและสามารถเรียกใช้ได้หลายกราฟพร้อม ๆ กัน ตามจำนวนช่องสัญญาณที่จะรับเพื่อใช้แสดงลักษณะรูปของสัญญาณ

- เปิดข้อมูล (Open data)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับเปิดดูข้อมูลของสัญญาณทั้งหมดที่ได้ทำการบันทึกไว้ในแต่ละครั้งซึ่งจะอยู่ในรูปของเท็กไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปิดกราฟ (Open garph)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับเปิดดูรูปของสัญญาณแต่ละช่องที่บันทึกไว้แล้ว

- บันทึกข้อมูล (Save Data)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับบันทึกค่าของสัญญาณ รายละเอียดต่าง ๆ ทั้งหมดที่รับเข้ามาในรูปของเท็กไฟล์ ชื่อ xx-xx-xxxx-x.txt ประกอบด้วย วัน – เดือน – ปี ปัจจุบันและตามด้วยครั้งที่ที่ทำการบันทึกในแต่ละวัน ซึ่งครั้งที่บันทึกจะขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อ (Connect) ตัวอย่างเช่น ถ้าวันที่ 15 – 03 - 2000 ทำการเชื่อมต่อ 2 ครั้ง เท็กไฟล์จะถูกสร้างขึ้นเป็น 15 – 03 – 2000-1.txt และ 15 – 03 – 2000.2.txt ตามลำดับ แต่ถ้าในวันเดียวกันมีการปิดโปรแกรมและเปิดใหม่เมื่อทำการเชื่อมต่อ ชื่อของเท็กไฟล์จะทับชื่อเดิม คือ 15 – 03 – 2000-1.txt ดังนั้นจะต้องทำการย้ายไฟล์ก่อนที่จะมีการเชื่อมต่อ

- บันทึกกราฟ (Save Garph)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับบันทึกรูปของสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณที่จะบันทึก เมนูนี้จะอยู่ในแต่ละกราฟ

- ปิด (Close)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับปิดหน้าต่างของกราฟที่ แอคทีฟอยู่เท่านั้น

- ปิดทั้งหมด (Close All)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับปิดหน้าต่างของกราฟทั้งหมด

- ออกจากโปรแกรม (Exit)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับปิดโปรแกรม

2. กำหนด (Setting) เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดค่าต่าง ๆ ในการรับข้อมูลแบ่งออกเป็นเมนูย่อย ๆ ดังนี้

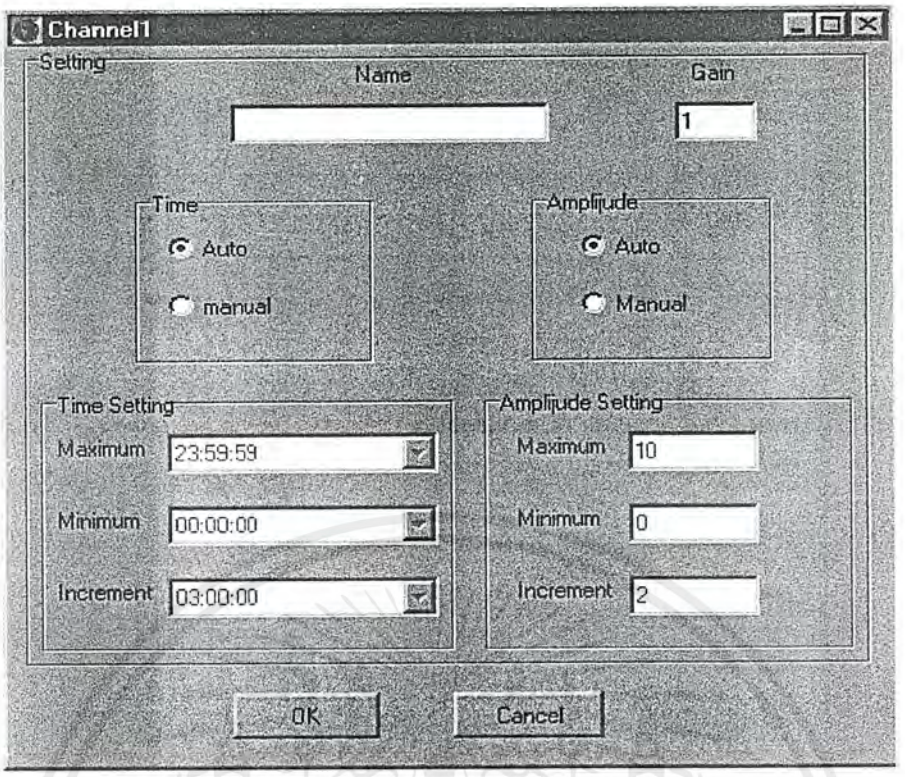
- ช่องที่ 1 , 2 , 3 , 4 (Channel 1 , 2 , 3 , 4)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดให้กราฟที่แอคทีฟอยู่เป็นช่องที่ถูกเลือกโดยอัตโนมัติ เมื่อทำการคลิกที่ช่องใดช่องหนึ่ง จะปรากฏหน้าต่างเพื่อกำหนด ชื่อ อัตราขยาย ช่วงเวลาและช่วงขนาดของสัญญาณที่จะแสดงบนกราฟ ตัวอย่างหน้าต่างของ ช่องที่ 1 ดังรูปที่ 3.11

- ช่องที่ 5 (Channel 5)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดให้กราฟที่แอคทีฟอยู่เป็นช่องที่ 5 ในช่องสัญญาณนี้มีไว้สำหรับวัดปริมาณน้ำฝนเท่านั้น หน้าต่างเพื่อใช้กำหนดค่าต่าง ๆ จะเหมือนกับช่องอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงหน้าต่างของช่องที่ 1

- ลบการกำหนดช่อง (Clear Channel)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับลบข้อมูลทั้งหมดของทุกช่องที่ได้กำหนดไว้เพื่อทำการกำหนดค่าใหม่

- ช่วงสุ่มตัวอย่าง (Sample interval)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่จะรับ เมื่อคลิกที่เมนูนี้จะปรากฏหน้าต่างให้ทำการกำหนดค่าที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แสดงหน้าต่างของช่วงเวลาสุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วย (Unit)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดหน่วยที่จะใช้รับข้อมูลซึ่งจะมีอยู่ 2 หน่วยคือ Volt และ mV

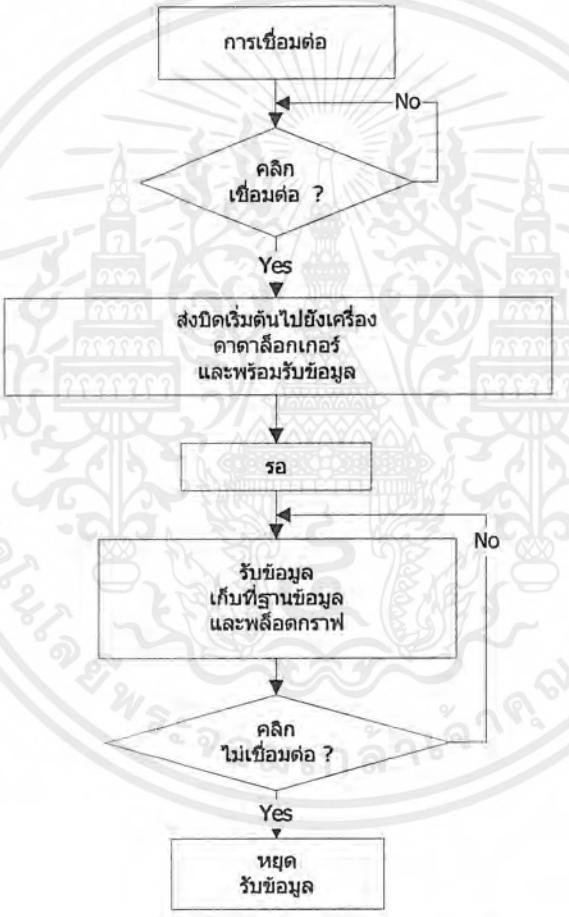
- ลบหน่วย (Clear unit)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับลบหน่วยที่จะใช้รับ

3. พอร์ต (Port) เป็นเมนูที่ใช้สำหรับกำหนดพอร์ตของคอมพิวเตอร์ที่เป็นพอร์ตอนุกรมที่ใช้รับข้อมูล ประกอบด้วย

- พอร์ต 1 (Com1)
- พอร์ต 2 (Com2)

4. การเชื่อมต่อ (Connection) จะมีผังการทำงานดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการโฟว์ชาร์ตของการเชื่อมต่อ

- เชื่อมต่อ (Connect)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับคลิกเปิดพอร์ตเพื่อรับข้อมูล

- ไม่เชื่อมต่อ (Disconnect)

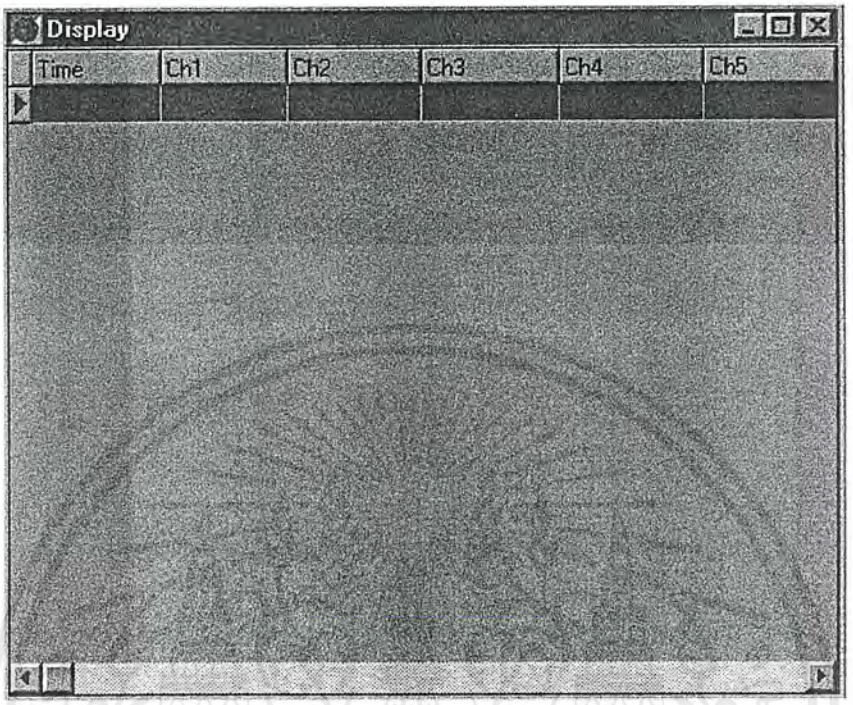
เป็นเมนูที่ใช้สำหรับคลิกปิดพอร์ตเพื่อหยุดรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มุมมอง (View)

- แสดงข้อมูล (Show data)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับแสดงข้อมูลที่รับเข้ามาแต่ละช่อง ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างของข้อมูลที่รับเข้ามา

- เรียกตำแหน่งกราฟ (Cursor on)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับเรียกตำแหน่งเพื่อจะแสดงผลตัวเลขของกราฟใดกราฟหนึ่ง

- ปิดตำแหน่งกราฟ (Cursor off)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับปิดตำแหน่งที่จะแสดงผลของกราฟ

- ขยาย (Zoom in)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับขยายกราฟให้สามารถดูรูปสัญญาณได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยการคลิกที่ Zoom in แล้วลากเมาส์มาคลิกที่กราฟ

- ไม่ขยาย (Zoom out)

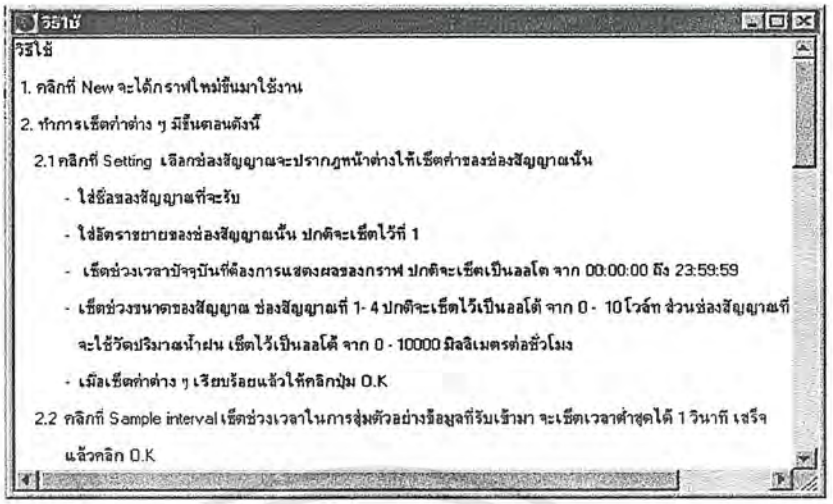
เป็นเมนูที่ใช้สำหรับทำให้กราฟมีขนาดปกติโดยคลิกที่ Zoom out แล้วลากเมาส์มาคลิกที่กราฟ

6.ช่วย (Help)

- วิธีใช้ (User)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับแสดงวิธีการใช้งานเมื่อทำการคลิกที่ User จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.15

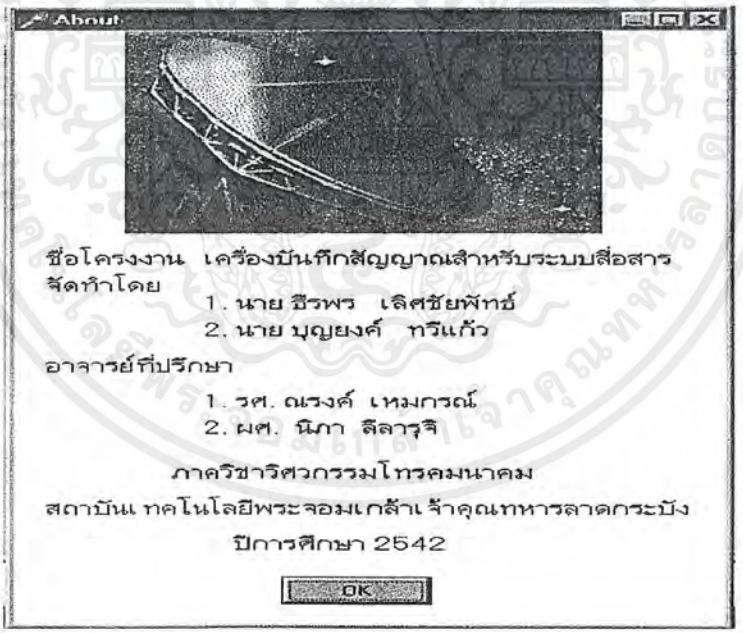
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างวิธีการใช้งาน

- เกี่ยวกับ (About)

เป็นเมนูที่ใช้สำหรับแสดงรายละเอียดของผู้จัดทำ และอาจารย์ที่ปรึกษาดังแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงหน้าต่างอะเบาต์

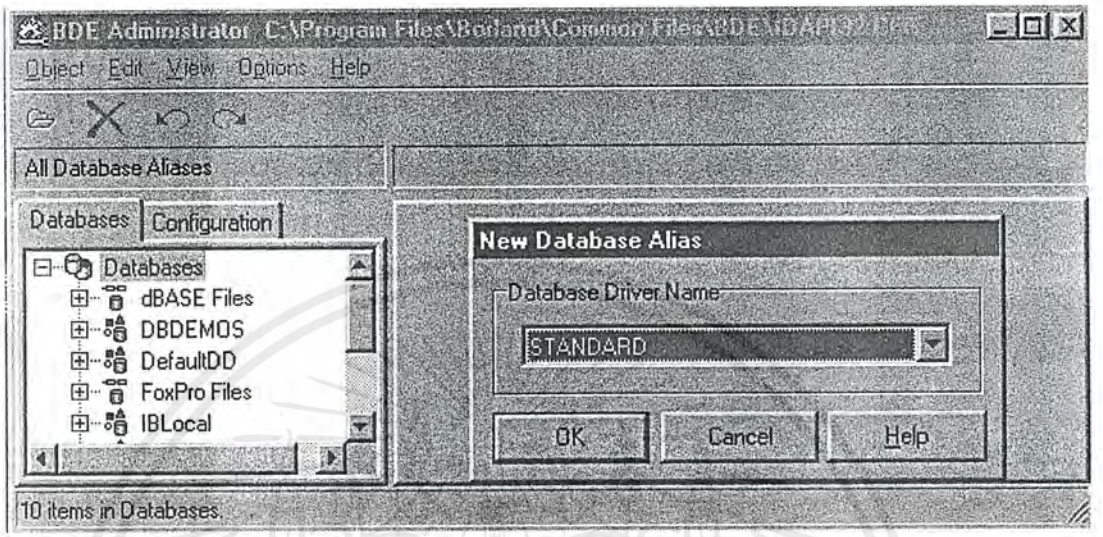
การสร้างการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

Delphi จะทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลผ่าน BDE ซึ่งในการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลที่เราต้องการ เราจำเป็นจะต้องสร้าง Alias สำหรับเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูลนั้น ตัวอย่างการสร้าง Alias ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

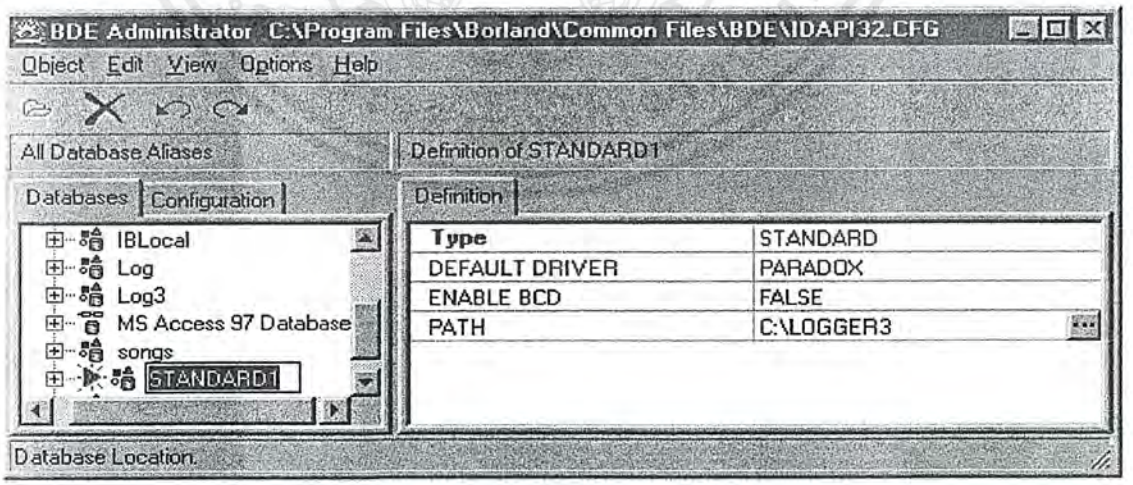
Log 3 เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล Paradox ซึ่งอยู่ในไดเรคทอรี C:\Logger 3 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เรียกโปรแกรม BDE Administator
2. เลือกเมนู Oject new จะปรากฏไดอะล็อก New Database Alias แล้วคลิก OK ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ไดอะล็อก New Database Alias

3. เลือก Driver เป็น STANDARD คลิก OK.
4. พิมพ์ชื่อใหม่เป็น LOGGER 3 แทนชื่อ STANDARD1 และในหัวข้อ PATH ให้ใส่ C:\Logger 3 ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

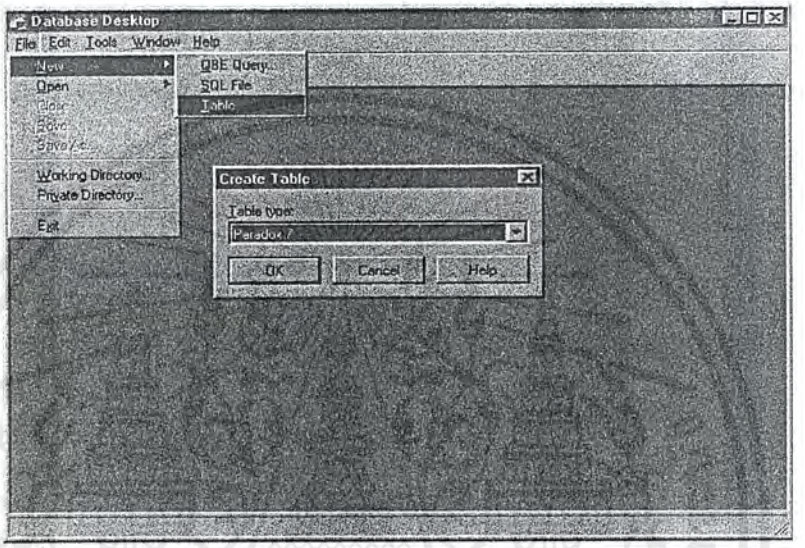
5. เลือก Object<Apply เพื่อยืนยันการสร้าง Alias แล้วคลิก OK เราจะได้ Alias สำหรับเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล Paradox ที่อยู่ในโฟลเดอร์ C:\Logger 3

การสร้างตารางโดยใช้ Database Desktop

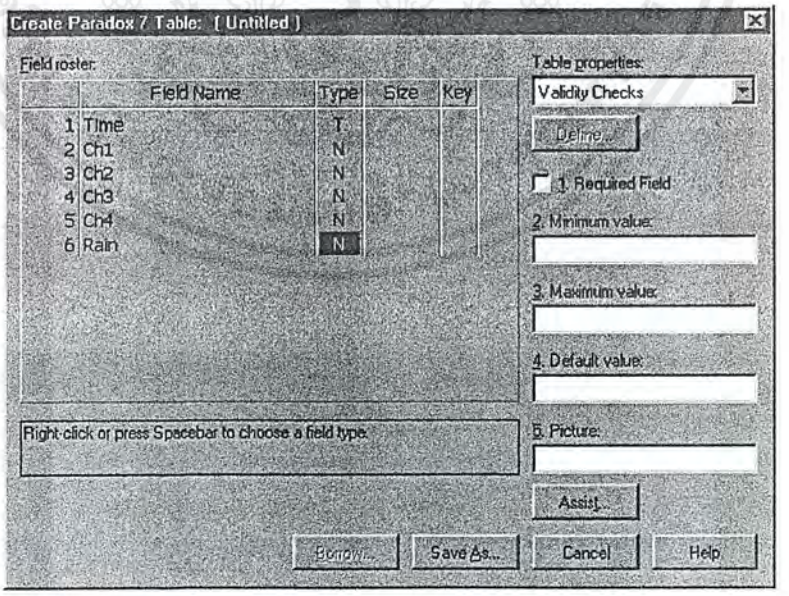
Database Desktop เป็นโปรแกรมสำหรับจัดการด้านโครงสร้างของฐานข้อมูล เช่น การสร้างตาราง ตัวอย่างการสร้างตาราง Personl สำหรับจัดเก็บชื่อ ที่อยู่และรายละเอียดต่างๆ มีขั้นตอนดังนี้

1. เรียกโปรแกรม Database Desktop

2. เลือกเมนู File>New>Table จะปรากฏไดอะล็อก Table,Paradox7 แล้วคลิกOK.ดังรูป 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงการสร้างตาราง

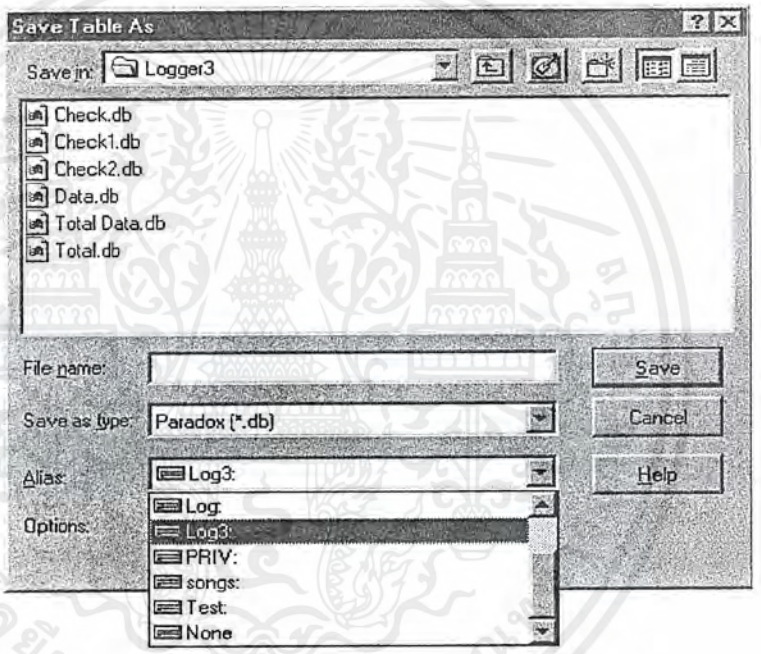


รูปที่ 3.20 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่จะบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏไดอะล็อก ดังรูปที่ 3.20 ป้อน Time , Ch1 , Ch2 , Ch3 , Ch4 และ Rain ลงใน Field Name ป้อนชนิดของข้อมูล

- ในคอลัมน์ Type จะเป็นประเภทของข้อมูล N คือ Numer , A คือ Alpha และยังมีตัวแปรอื่นอีก เช่น Time, Graphic, Byte
- ในคอลัมน์ Size จะเป็นขนาดของข้อมูล แต่ข้อมูลประเภท Number ไม่ต้องระบุขนาดขนาดของข้อมูล
- เมื่อป้อนเสร็จ Click ปุ่ม Save As จะปรากฏไดอะล็อกดังรูปที่ 3.21
- ป้อน Personal เป็นชื่อของตาราง ในช่อง File Name
- เลือก Alias เป็น LOGER 3 ที่ได้สร้างไว้แล้ว สำหรับใช้จัดเก็บตารางที่กำลังสร้างนี้แล้วทำการ Save จะได้ฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูล

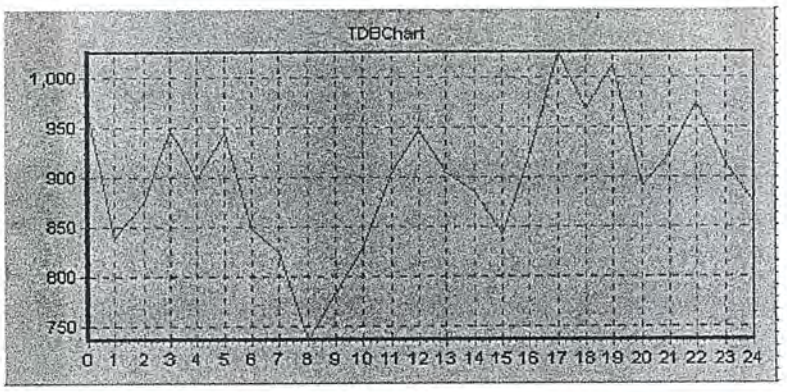


รูปที่ 3.21 แสดงหน้าต่าง Save Table As

การออกแบบกราฟแสดงผล

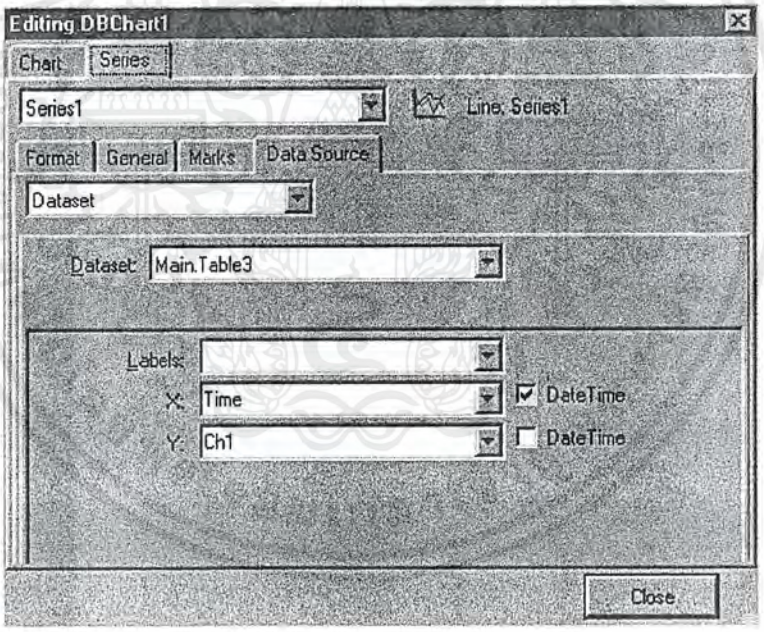
ใน Delphi จะมีเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการเกี่ยวกับการแสดงผลข้อมูล คือ ทีดีบีชาร์ต (TDBChart) ซึ่งในทีดีบีชาร์ตที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้และชนิดของกราฟที่จะนำเอามาแสดงผลได้หลายชนิด แต่ในโครงงานนี้จะเลือกใช้กราฟเส้นดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงแผนภูมิทีดีบีชาร์ต

ในการนำข้อมูลมาแสดงผลที่กราฟจะนำมาจากฐานข้อมูลที่มีการติดต่อถึงกันโดยตรงผ่าน Object Component Ttable และ Tdatasource โดยใช้ Ttable เป็นตัวชี้ฐานตำแหน่งฐานข้อมูลซึ่งอาศัย Tdatasource เป็นตัวส่งผ่านข้อมูลมายังทีดีบีชาร์ตอีกทีหนึ่ง ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงการเซ็ตเพื่อเชื่อมต่อระหว่างฐานข้อมูลกับกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองเครื่องดาต้าล็อกเกอร์จะแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ

4.1 การทดลองป้อนสัญญาณไฟตรงเข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

4.2 การทดลองป้อนสัญญาณ Sine wave เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

4.3 การทดลองวัดปริมาณน้ำฝนโดยการป้อนพัลส์เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

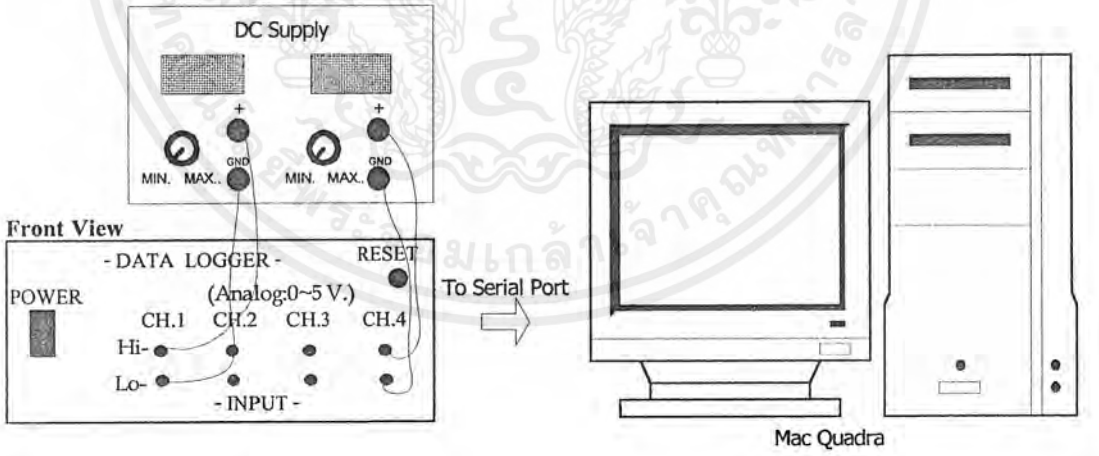
4.4 การทดลองรับความแรงของสัญญาณดาวเทียม ในย่าน KU-Band ได้แก่ สัญญาณ Cross Polarization และ สัญญาณ Co Polarization นอกจากนี้ยังมีย่าน L-Band เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ช่องที่ 1 , 2 , 3 ตามลำดับ

4.5 ทดลองเปรียบเทียบสัญญาณ L-Band ที่รับจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ในห้องปฏิบัติการกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ที่สร้างขึ้น

4.1 การทดลองป้อนสัญญาณไฟตรงเข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

การทดลองป้อนสัญญาณไฟตรงเข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์และส่งไปยังโปรแกรมรับข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

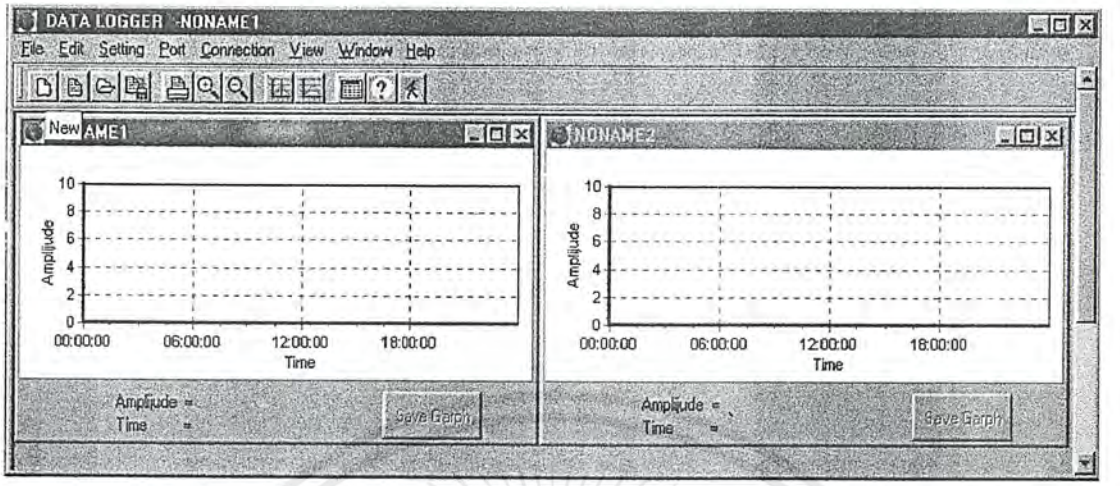
1. ต่อสายดังรูปที่ 4.1 โดยป้อนแหล่งจ่ายไฟตรงขนาดแรงดัน 5 โวลต์ เข้าที่ช่องที่ 1 และแรงดัน 2.52 โวลต์ ป้อนเข้าช่องที่ 4 ของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์



รูปที่ 4.1 แสดงการป้อนแหล่งจ่ายไฟตรง

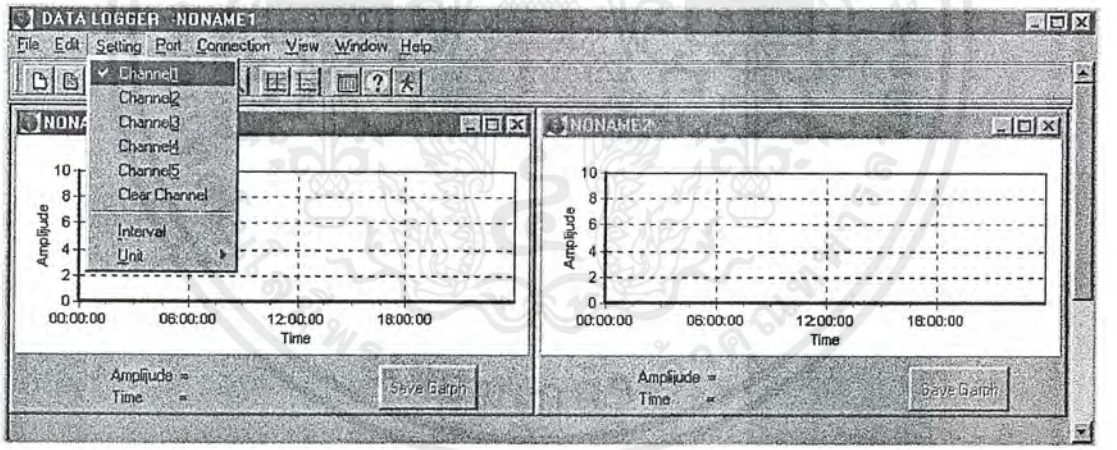
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดโปรแกรมรับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์และทำการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ 2 กราฟ โดยคลิกที่ New ดังรูปที่ 4.2



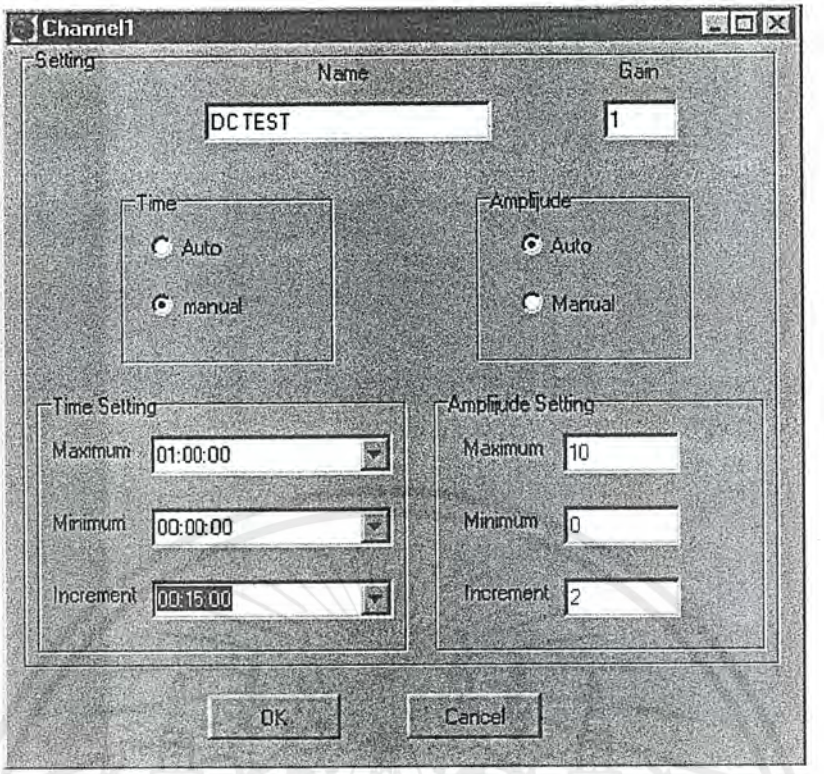
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลและกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่

3. เซ็ตค่าของกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ให้เป็นช่องที่ 1 โดยคลิกที่เมนู Channel1 ดังรูปที่ 4.3 จะปรากฏหน้าต่างเพื่อเซ็ตค่าต่าง ๆ ของ Channel1 ดังรูปที่ 4.4 เสร็จแล้วคลิก OK



รูปที่ 4.3 แสดงการเลือกช่องสัญญาณ

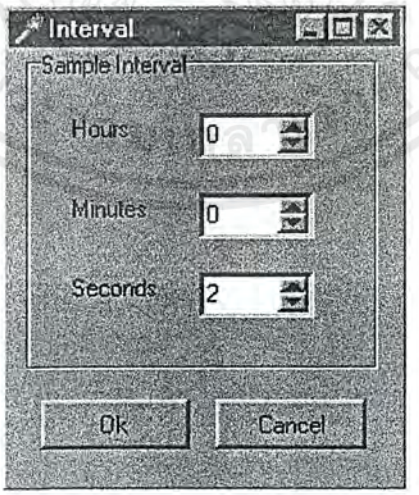
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างเพื่อเซ็ตค่าต่าง ๆ

4. เซ็ตค่าเหมือนข้อ 3 ของ ช่องที่ 4 โดยคลิกที่เมนู Channel4

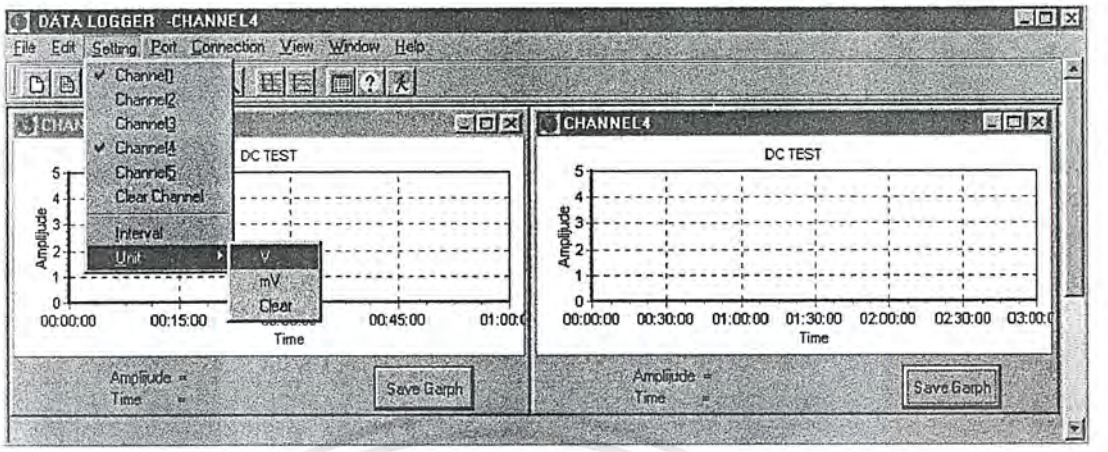
5. เซ็ตช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่รับเข้ามาโดยนคลิกที่เมนู Sample interval จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 4.5 ในการทดลองนี้เซ็ตเป็น 2 วินาที แล้วคลิก OK



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างเซ็ตช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่างข้อมูล

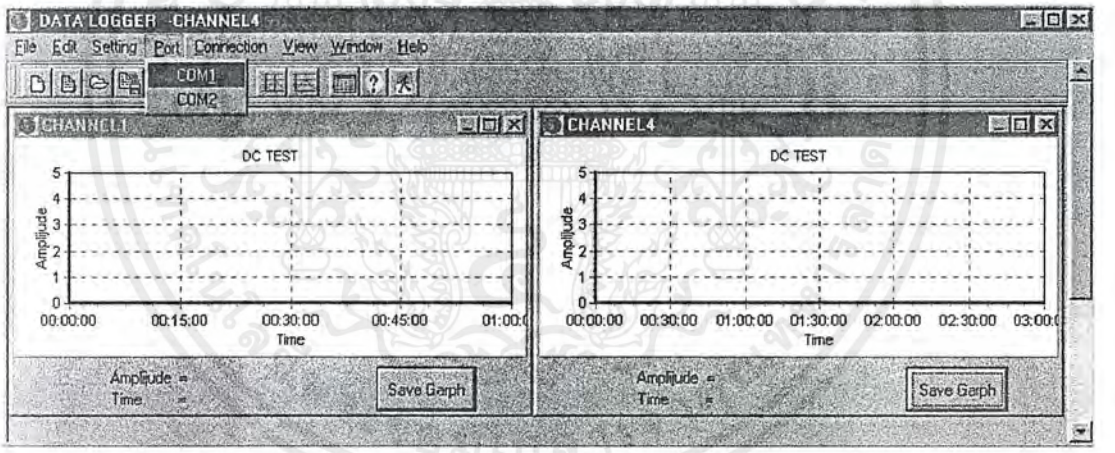
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการเซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ ในการทดลองใช้ Volt ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการเซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ

7. ทำการเลือกพอร์ตสื่อสารของคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ติดต่อกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ ในการทดลองเลือก Com 1 ดังรูปที่ 4.7

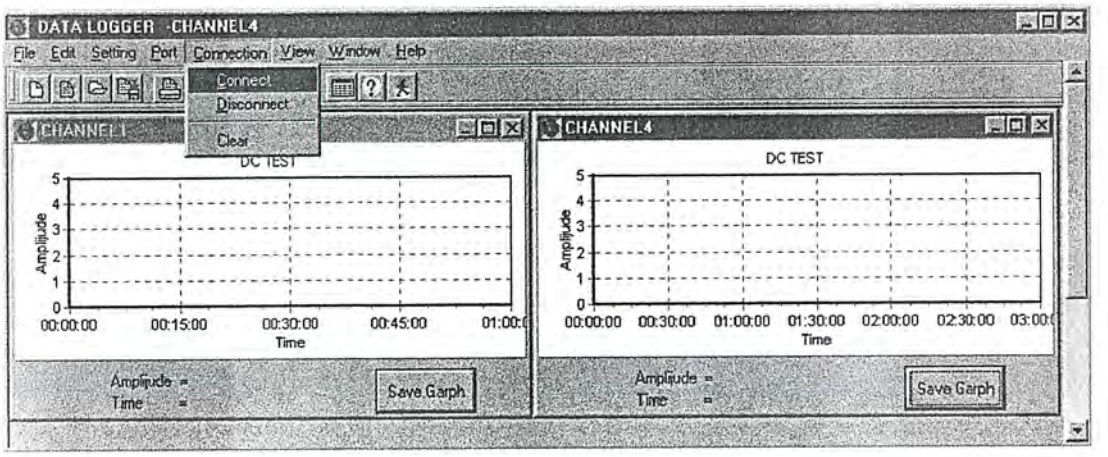


รูปที่ 4.7 แสดงการใช้พอร์ต Com 1

8. ทำการเชื่อมต่อ (Connect) เพื่อเริ่มต้นรับข้อมูล ดังรูปที่ 4.8

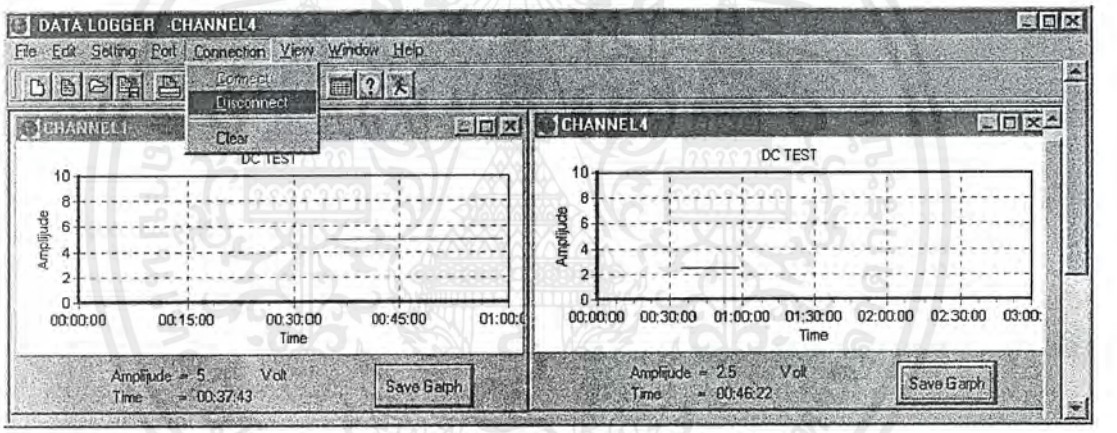
9. หลังจากทำการเชื่อมต่อข้อมูลจะรับเข้ามาเก็บที่ฐานข้อมูล และนำไปพล็อตกราฟที่ได้ทำการเซ็ตค่าไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงการเชื่อมต่อ

10. ทำการหยุดรับข้อมูลโดยคลิกที่ Disconnect ดังรูปที่ 4.9

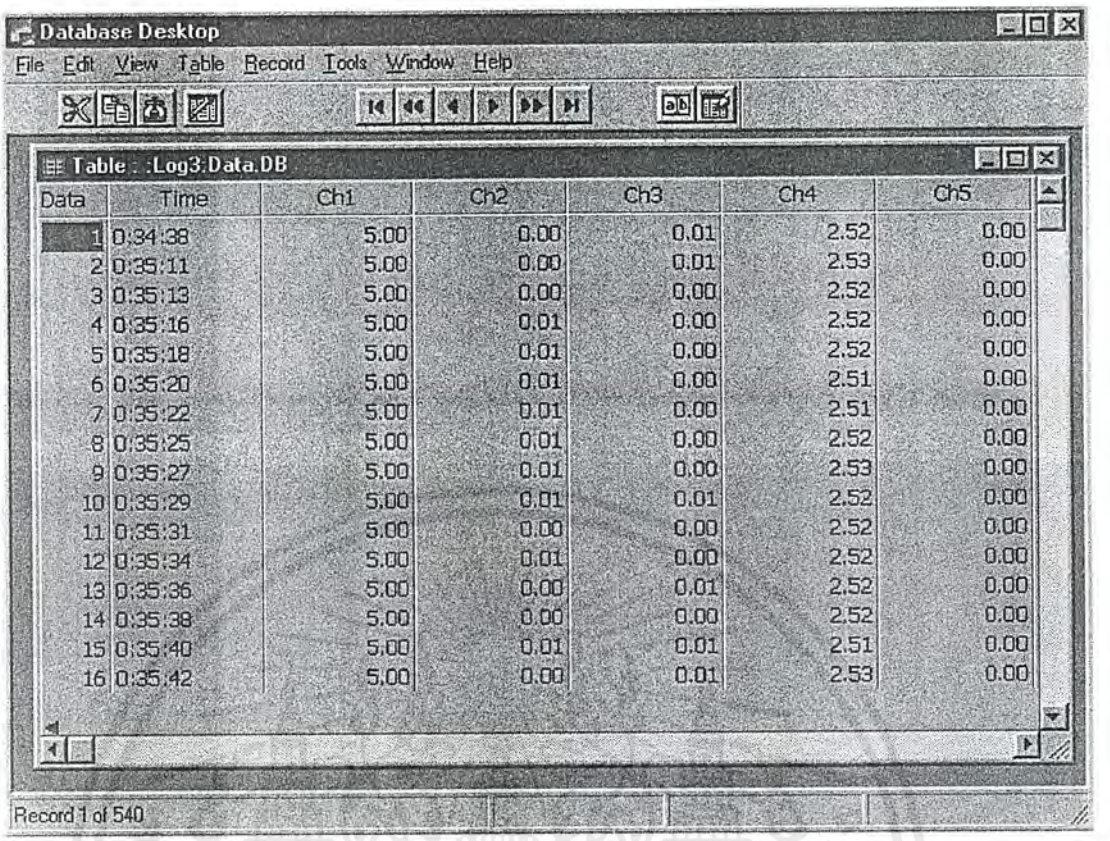


รูปที่ 4.9 แสดงการหยุดรับข้อมูล

ผลการทดลอง

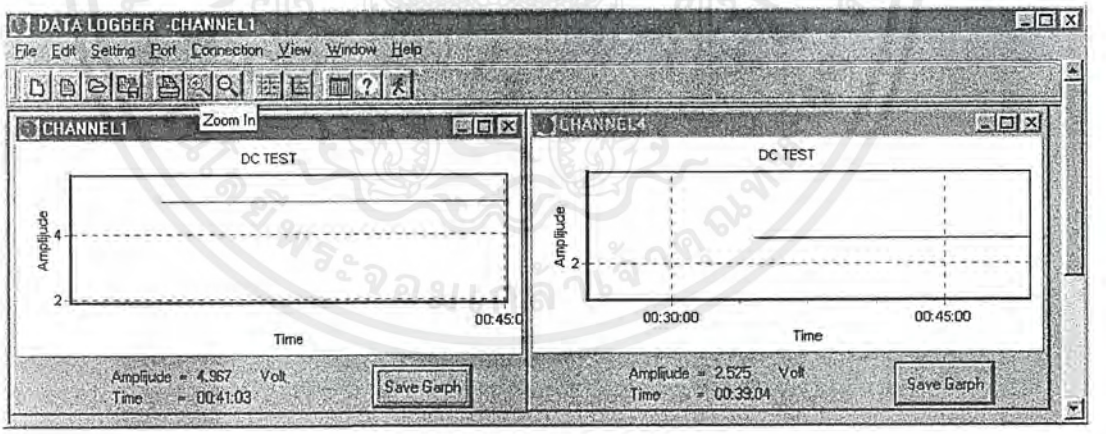
- ข้อมูลที่รับเข้ามาเก็บที่ฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.10
- ข้อมูลจากฐานข้อมูลจะถูกดึงไปพล็อตกราฟและทดลองใช้ Zoom in ดังรูปที่ 4.11
- ทดลองเปิดกราฟที่ได้บันทึกไว้ดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



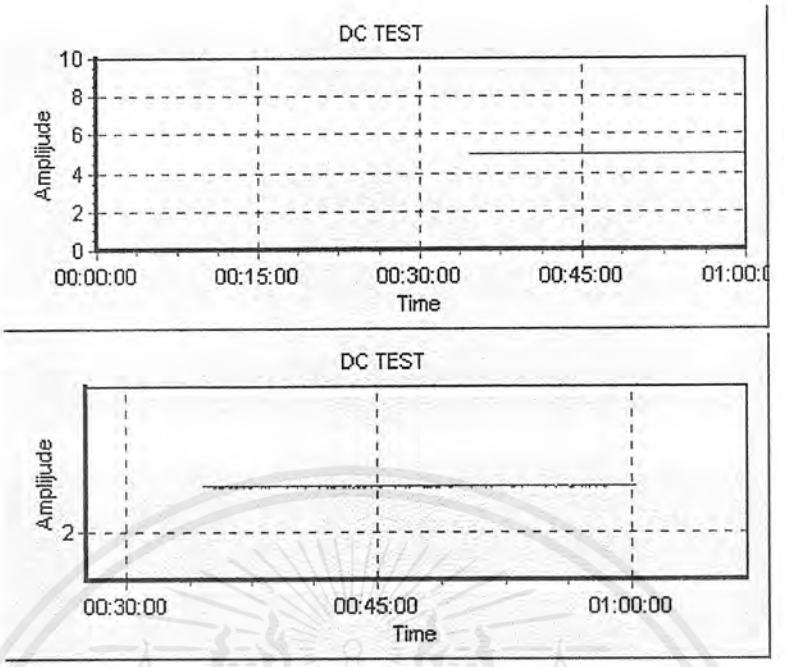
Data	Time	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
1	0:34:38	5.00	0.00	0.01	2.52	0.00
2	0:35:11	5.00	0.00	0.01	2.53	0.00
3	0:35:13	5.00	0.00	0.00	2.52	0.00
4	0:35:16	5.00	0.01	0.00	2.52	0.00
5	0:35:18	5.00	0.01	0.00	2.52	0.00
6	0:35:20	5.00	0.01	0.00	2.51	0.00
7	0:35:22	5.00	0.01	0.00	2.51	0.00
8	0:35:25	5.00	0.01	0.00	2.52	0.00
9	0:35:27	5.00	0.01	0.00	2.53	0.00
10	0:35:29	5.00	0.01	0.01	2.52	0.00
11	0:35:31	5.00	0.00	0.00	2.52	0.00
12	0:35:34	5.00	0.01	0.00	2.52	0.00
13	0:35:36	5.00	0.00	0.01	2.52	0.00
14	0:35:38	5.00	0.00	0.00	2.52	0.00
15	0:35:40	5.00	0.01	0.01	2.51	0.00
16	0:35:42	5.00	0.00	0.01	2.53	0.00

รูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลในฐานข้อมูล



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟและทดลองใช้ Zoom in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

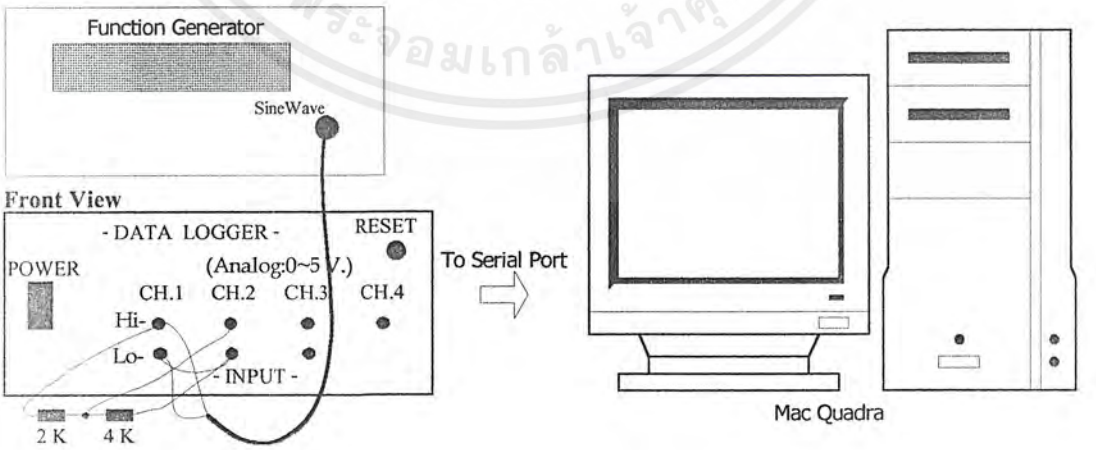


รูปที่ 4.12 แสดงกราฟที่ได้บันทึกไว้ของ ช่องที่ 1 และช่องที่ 4 ตามลำดับ

4.2 การทดลองป้อนสัญญาณ Sine wave เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

การทดลองป้อนสัญญาณ Sine wave เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์และส่งไปยังโปรแกรมรับข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

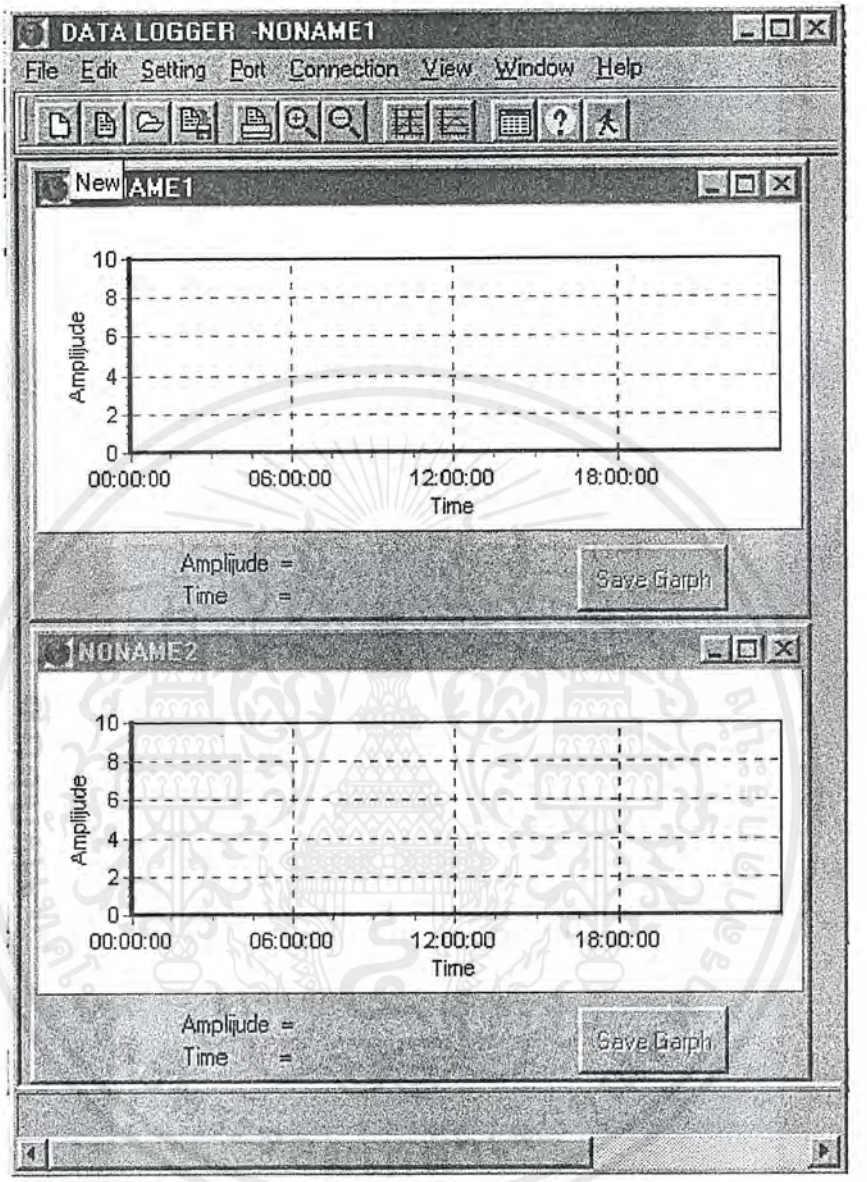
1. ต่อสายดังรูปที่ 4.13 โดยป้อนแหล่งกำเนิดสัญญาณ Sine wave ขนาดแรงดัน 3.5 Vp-p ความถี่ 0.5 เฮิร์ต ป้อนเข้าช่องที่ 1 และต่อคร่อมความต้านทาน 2 กิโลโอห์มเพื่อลดแรงดันเพื่อป้อนเข้าช่องที่ 2 ทำการยกระดับสัญญาณขึ้นไปให้อยู่บนซีกบวกทั้งหมดโดยการกดที่ Off Set ที่เครื่องกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 4.13 แสดงการป้อนสัญญาณ Sine wave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดโปรแกรมรับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์และทำการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ 2 กราฟ โดยคลิกที่ New ดังรูปที่ 4.14



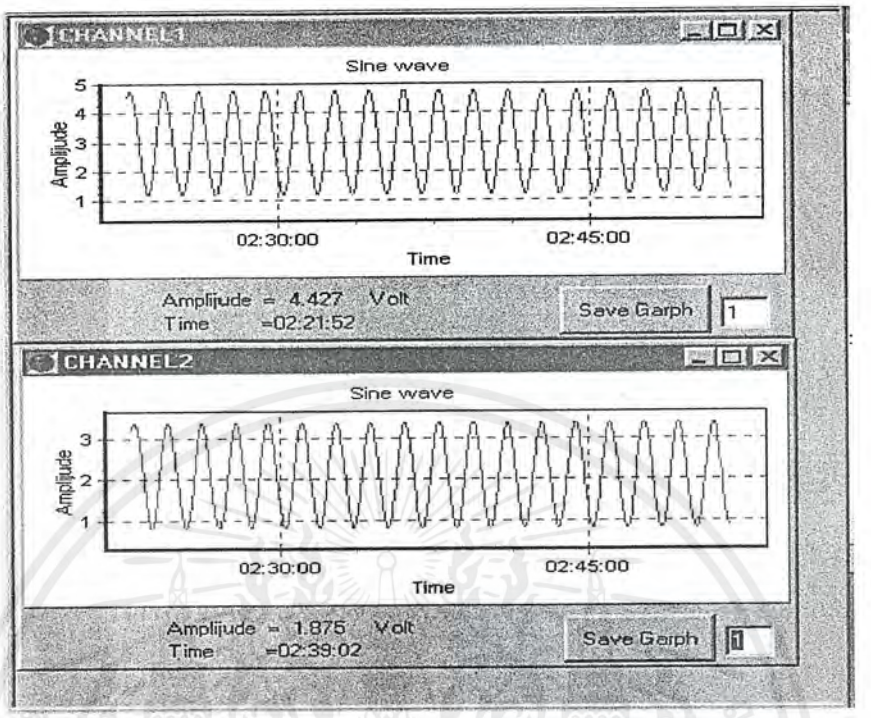
รูปที่ 4.14 แสดงการสร้างกราฟใหม่

3. เซ็ตค่าของกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ให้เป็น ช่องที่ 1 และ ช่องที่ 2
4. เซ็ตช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่รับเข้ามา ในการทดลองจะเซ็ตเป็น 1 วินาที
5. เซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ ในการทดลองใช้ Volt
6. ทำการเชื่อมต่อ (Connect) เพื่อเริ่มต้นรับข้อมูล
7. หยุดรับข้อมูลโดยคลิกที่ Disconnect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

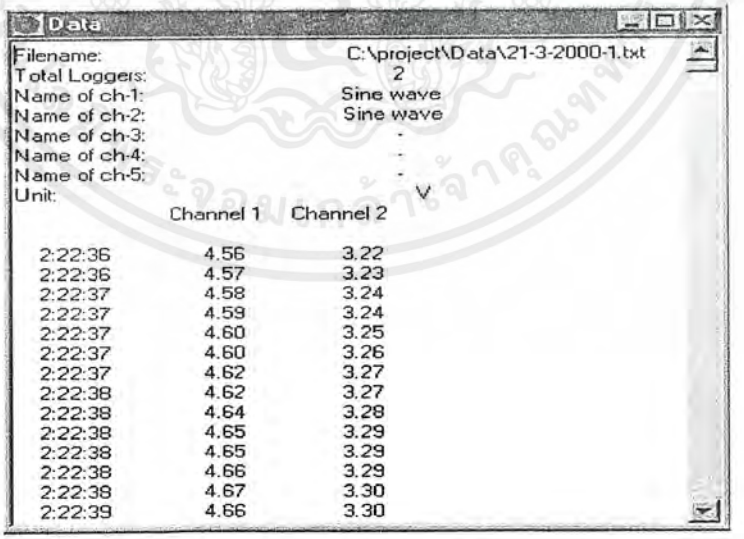
ผลการทดลอง

- สัญญาณที่รับเข้ามาแสดงดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟของสัญญาณที่รับเข้ามา

- ทดลองเปิดข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ ดังรูปที่ 4.16



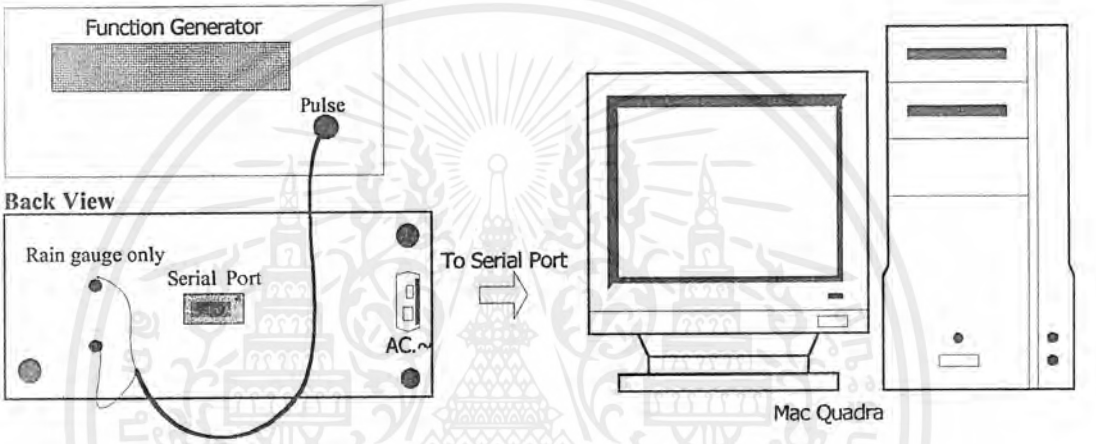
รูปที่ 4.16 แสดงข้อมูลที่บันทึกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

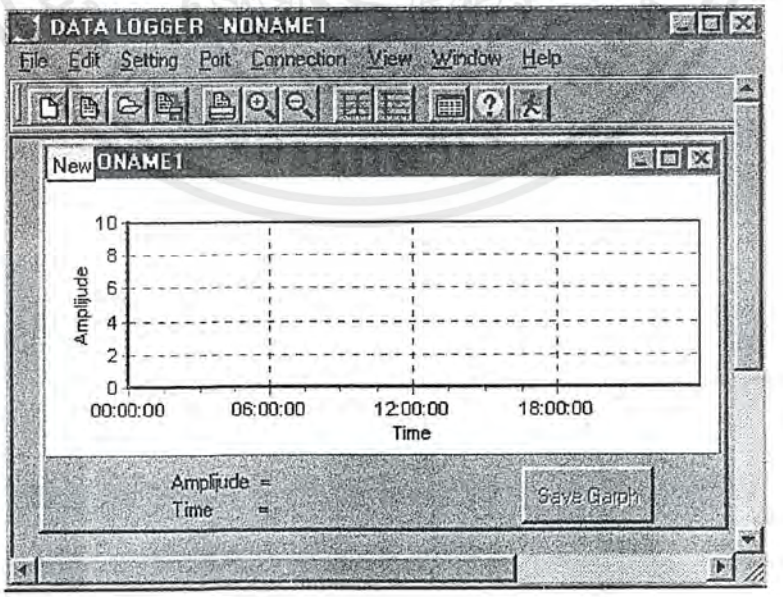
4.3 การทดลองวัดปริมาณน้ำฝนโดยการป้อนพัลส์เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์

การทดลองวัดปริมาณน้ำฝนโดยทำการป้อนสัญญาณพัลส์จากฟังก์ชั่นเจนเนอเรเตอร์ ความถี่ 0.5 เฮิร์ต เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์เพื่อทำการนับพัลส์ เนื่องจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณพัลส์ เมื่อมีปริมาณน้ำฝนน้อยพัลส์ที่ได้จากเครื่องวัดจะกว้างซึ่งมีความถี่ต่ำและถ้าหากมีปริมาณน้ำฝนมากขึ้น พัลส์ที่ได้ก็จะแคบลงซึ่งมีความถี่สูงขึ้น โดยเฉลี่ยใน 1 วินาที จำนวนพัลส์ที่ได้จากเอาต์พุตของเครื่องวัดประมาณ 0.5-5 ลูก ซึ่งเมื่อทำการทดลองจะมีขั้นตอนดังนี้

1. ต่อสายดังรูปที่ 4.17 โดยป้อนพัลส์จากเครื่องฟังก์ชั่นเจเนอร์เรเตอร์ เข้าที่ด้านหลังของเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ช่องที่ 5 จึงทำการเปิดโปรแกรมรับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์และทำการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ 1 กราฟ โดยคลิกที่ New ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.17 แสดงการป้อนพัลส์เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์



รูปที่ 4.18 แสดงหน้าต่างรับข้อมูลและกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซ็ตค่าของกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ให้เป็น ช่องที่ 5

3. เซ็ตช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่รับเข้ามา ในการทดลองจะเซ็ตเป็น 10 วินาที

4. เซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ ในการทดลองใช้ Volt

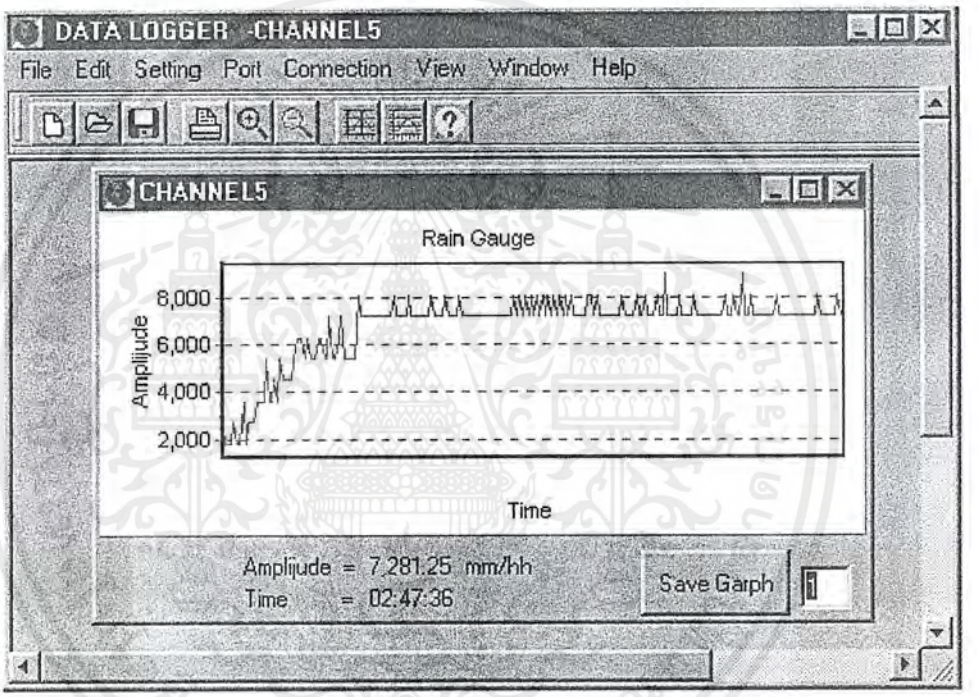
5. ทำการเชื่อมต่อ (Connect) เพื่อเริ่มต้นรับข้อมูล

6. ปรับความถี่จาก 0.5 เฮิร์ตเป็น 1 เฮิร์ต , 1.5 เฮิร์ต และ 2 เฮิร์ต

7. ทำการหยุดรับข้อมูลโดยคลิกที่ Disconnect

ผลการทดลอง

- สัญญาณที่รับเข้ามาแสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณน้ำฝนที่วัดได้

จากการทดลองวัดปริมาณน้ำฝน โดยป้อนพัลส์จากเครื่องฟังก์ชั่นเจเนอร์เรเตอร์ ซึ่งได้รูปสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.19 สามารถหาได้จากสูตรของอัตราการตกของปริมาณน้ำฝน

อัตราการตกของฝน = (n*V*hr)/t (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)

เมื่อ

n = จำนวนพัลส์ทั้งหมดในช่วงเวลาแซมเปิลไทม์ (ลูก)

V = ปริมาตรของกรวยวัดน้ำฝน (มิลลิเมตร)

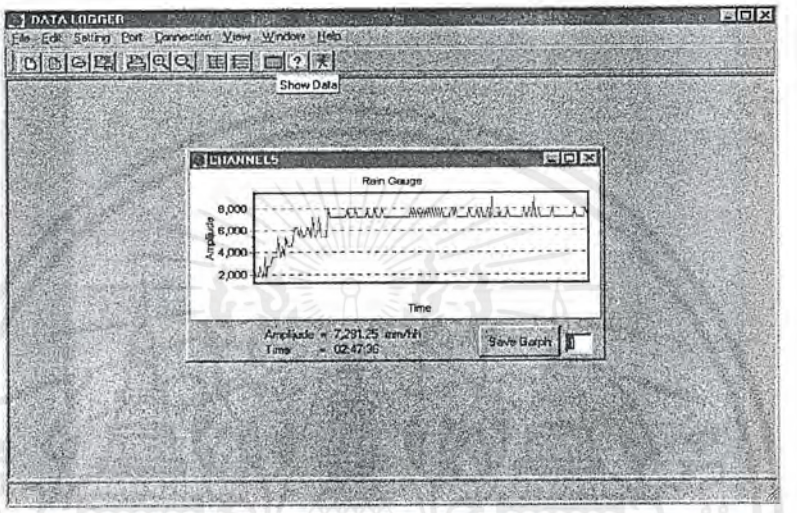
t = ค่าแซมเปิลอินเทอร์วอล ที่กำหนดไว้ (วินาที)

hr = ค่าเวลาใน 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3600 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการทดลองใช้สัญญาณพัลส์ความถี่ 0.5 เฮิร์ต นั่นก็หมายความว่า มีจำนวนพัลส์ 0.5 ลูกใน 1 วินาที ค่าแซมเปิลอินเทอร์วอล (t) กำหนดไว้เป็น 10 วินาที ทำให้ได้จำนวนพัลส์ทั้งหมดในช่วงเวลาแซมเปิลไทม์ (n) เป็น 5 ลูก และในการทดลองเซ็ตปริมาตรของกรวยวัดน้ำฝน (g) เป็น 1 จากสูตรข้างต้น จะได้อัตราการตกของฝนเท่ากับ 1800 มิลลิเมตร/ชั่วโมง และเมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 1 เฮิร์ต 1.5 เฮิร์ต และ 2 เฮิร์ต จะได้อัตราการตกของฝนเท่ากับ 3600 , 5400 , 7200 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ

- ทดลองเปิดดูข้อมูลโดยคลิกที่ Show data ดังรูปที่ 4.20 และแสดงข้อมูลดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.20 แสดงการเปิดดูข้อมูลโดยคลิกที่ Show data

Time	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
20:28:22	0	0	0	0	3600
20:28:32	0	0	0	0	3600
20:28:42	0	0	0	0	4320
20:28:52	0	0	0	0	3600
20:29:03	0	0	0	0	3600
20:29:13	0	0	0	0	3600
20:29:23	0	0	0	0	3600
20:29:33	0	0	0	0	3600
20:29:44	0	0	0	0	3600
20:29:54	0	0	0	0	3600
20:30:04	0	0	0	0	3600
20:30:14	0	0	0	0	3600
20:30:25	0	0	0	0	3600
20:30:35	0	0	0	0	3600
20:30:45	0	0	0	0	3600

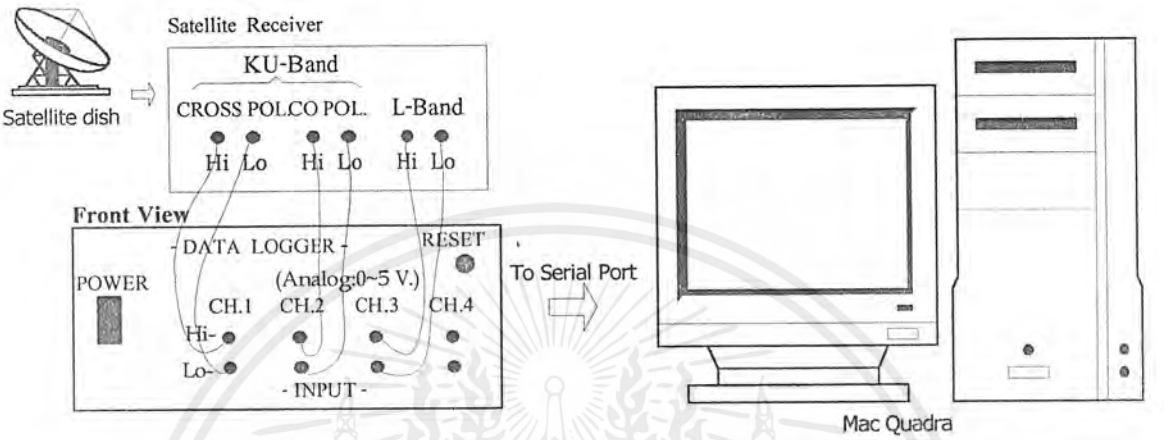
รูปที่ 4.21 แสดงข้อมูลที่กำลังรับอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองรับความแรงของสัญญาณดาวเทียม

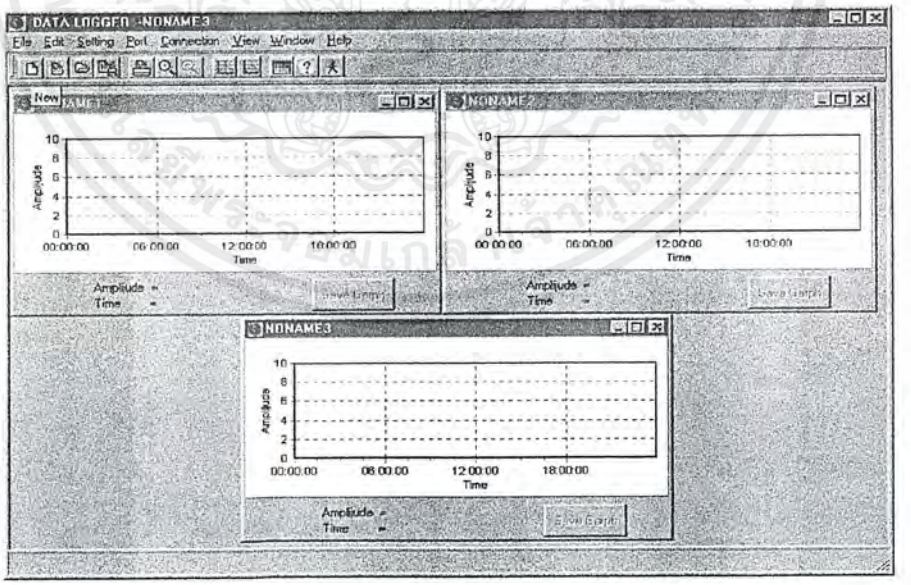
จากการทดลองรับความแรงของสัญญาณดาวเทียมในย่าน KU-Band ได้แก่ สัญญาณ Cross Polarization และ สัญญาณ Co Polarization รวมทั้งย่าน L-Band เข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ช่องที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ มีขั้นการทดลองดังนี้

1. ทำการต่อสายดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แสดงการต่อสายเพื่อรับความแรงของสัญญาณดาวเทียม

2. เปิดโปรแกรมรับข้อมูลที่คอมพิวเตอร์และทำการสร้างกราฟขึ้นมาใหม่ 3 กราฟ โดยคลิกที่ New ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 แสดงกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเซ็ตค่าของกราฟที่สร้างขึ้นมาใหม่ให้เป็น ช่องที่ 1 เพื่อรับสัญญาณ Cross Polarization ช่องที่ 2 รับสัญญาณ Co Polarization ช่องที่ 3 เพื่อรับสัญญาณย่าน L-Band ตามลำดับ

4. เซ็ตช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่รับเข้ามา ในการทดลองจะเซ็ตเป็น 1 วินาที

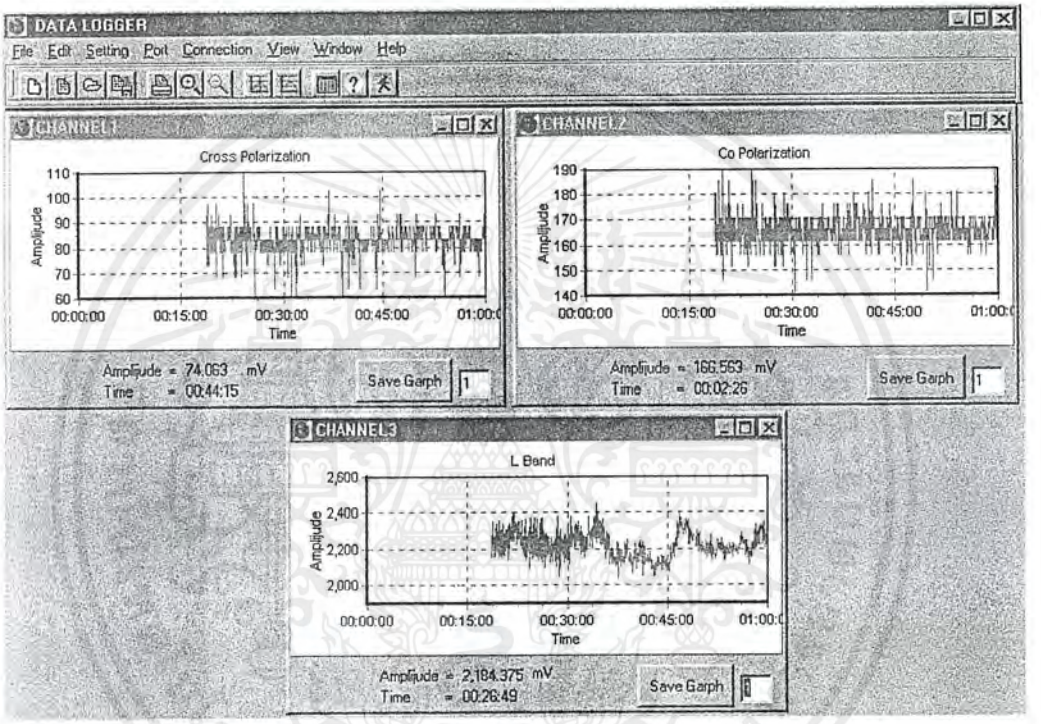
5. เซ็ตหน่วยที่ใช้ในการรับ ในการทดลองใช้ mV

6. ทำการเชื่อมต่อ (Connect) เพื่อเริ่มต้นรับข้อมูล

7. ทำการหยุดรับข้อมูลโดยคลิกที่ Disconnect

ผลการทดลอง

- สัญญาณที่รับเข้ามาแสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงรูปกราฟของสัญญาณที่รับได้

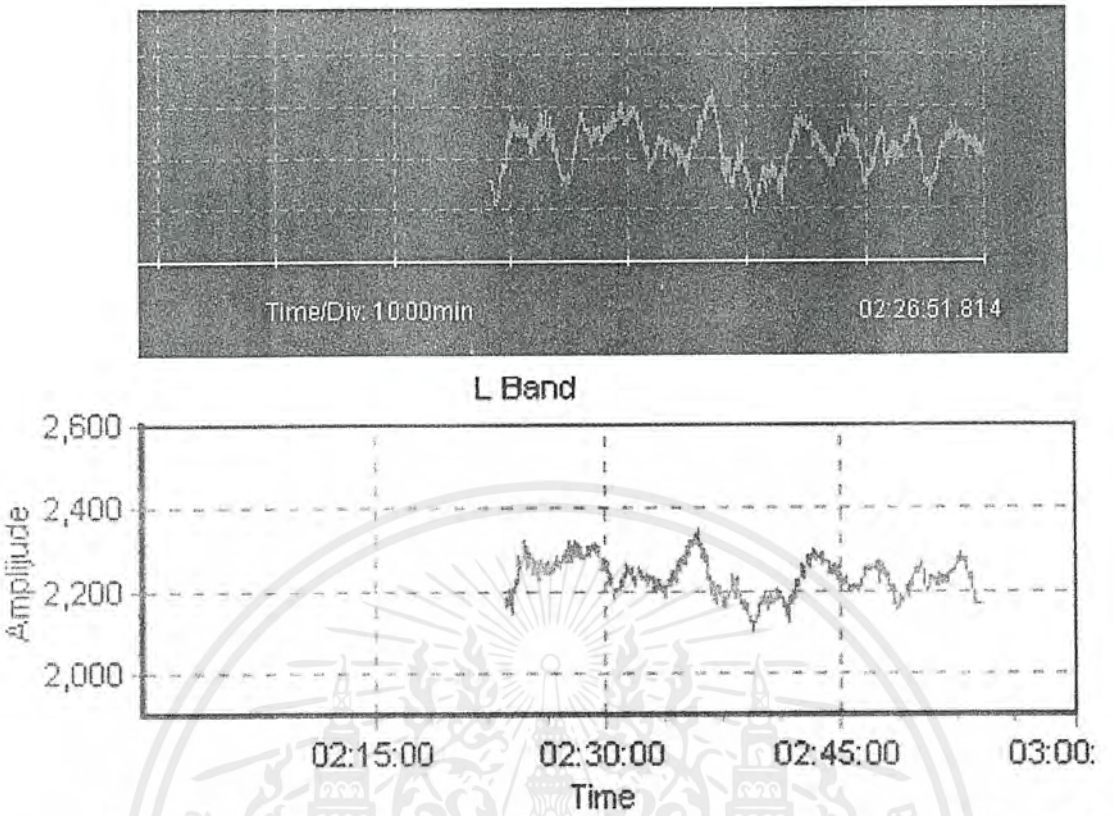
- ทดลองเปิดข้อมูลที่บันทึกไว้ เนื่องจากข้อมูลมีมากจะแสดงไว้ที่ภาคผนวก ก.

4.5 การทดลองเปรียบเทียบสัญญาณ L-Band ที่รับจากเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ในห้องปฏิบัติการกับเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ที่สร้างขึ้น

1.ทำการทดลองรับสัญญาณดาวเทียมใหม่อีกครั้งเหมือนข้อที่ 4.4 ในการทดลองจะเลือกรับย่าน L-Band

2.นำสัญญาณที่รับได้มาทดลองเปรียบเทียบกับสัญญาณที่รับจากเครื่องในห้องปฏิบัติการจะได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ L-Band ที่รับจากเครื่องในห้องปฏิบัติการเครื่องที่สร้างขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณดังรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าสัญญาณที่บันทึกจากเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องบันทึกในห้องปฏิบัติการมีลักษณะคล้ายกันมากสาเหตุที่ลักษณะของสัญญาณไม่เหมือนกันทีเดียวเนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและช่วงเวลาที่แสดงผลของสัญญาณไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการทดลองใช้งานเครื่องดาต้าล็อกเกอร์โดยนำมาอินเตอร์เฟสกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม เมื่อทำการป้อนสัญญาณต่างๆ เข้าช่องสัญญาณที่ 1-4 จากผลการทดลองปรากฏว่าจะได้กราฟจากการบันทึกสัญญาณมีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณเดิมมาก ระดับแรงดันของสัญญาณที่แสดงบนเครื่องคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องตรงตามสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามา ซึ่งบางครั้งระดับแรงดันของสัญญาณที่ได้อาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับแรงดันอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่หรือเกิดจากค่าความผิดพลาดของไอซี A/D Converter

ในส่วนโปรแกรมเคลไฟที่ได้ออกแบบมาใช้ในการรับข้อมูลมาแสดงผลที่กราฟและนำไปบันทึกเก็บไว้สามารถทำงานได้ดีเป็นที่น่าพอใจและโปรแกรมอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เช่น ไม่รับข้อมูลติดต่อกับฐานข้อมูลไม่ได้ ก็ได้ทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว แต่จะมีปัญหาตรงที่ว่าเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างไม่มีเสถียรภาพเท่าไรนัก อันเนื่องมาจากการรับข้อมูลจะใช้ไทมเมอร์ซึ่งเป็นคอมโพแนนท์ของเคลไฟที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลทำงานไม่สม่ำเสมอ เมื่อใช้งานติดต่อกันหลาย ๆ ชั่วโมงได้ ทำให้เวลาในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมีการเลื่อนไปบ้างจากค่าที่เซ็ตไว้แต่ไม่มาก ซึ่งจากการนำเครื่องไปใช้งานสามารถสรุปคุณสมบัติและขีดความสามารถของเครื่อง ได้ดังนี้

1. รับสัญญาณแรงดันอินพุตได้ตั้งแต่ 0-5 โวลต์
2. มีช่องสัญญาณ 4 อินพุตสำหรับอินพุตสัญญาณอนาล็อก
3. มีช่องสัญญาณ 1 อินพุตสำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน
4. ความละเอียดของระดับสัญญาณประมาณ 4.88 มิลลิโวลต์
5. ส่งข้อมูลที่อัตรา Baud เท่ากับ 9600 Kbps

5.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

เนื่องจากสัญญาณแรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าเครื่องดาต้าล็อกเกอร์ถูกจำกัดอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ และสัญญาณต้องมีแรงดันเป็นบวกเท่านั้น ดังนั้นจึงควรปรับปรุงให้สามารถรับสัญญาณที่มีแรงดันสูงขึ้นมากกว่านี้และสามารถรับสัญญาณได้ทั้งซีกบวกและซีกลบ เช่น สามารถรับสัญญาณอินพุตได้ในช่วง –10 โวลต์ถึง +10 โวลต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลของความแรงสัญญาณดาวเทียมในย่าน KU-Band และย่าน L-Band ที่ได้ทำการบันทึกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename:	C:\project\Data\22-3-2000-1.txt
Total Loggers:	3
Name of ch-1:	Cross Polarization
Name of ch-2:	Co Polarization
Name of ch-3:	L Band
Name of ch-4:	-
Name of ch-5:	-
Unit:	mV

	Channel 1	Channel 2	Channel 3
0:18:42	78.13	166.02	2167.97
0:18:42	83.01	166.02	2158.20
0:18:43	73.24	170.90	2167.97
0:18:44	83.01	161.13	2172.85
0:18:45	83.01	170.90	2202.15
0:18:46	78.13	166.02	2241.21
0:18:47	83.01	166.02	2250.98
0:18:48	87.89	166.02	2270.51
0:18:49	92.77	166.02	2250.98
0:18:50	83.01	170.90	2270.51
0:18:51	78.13	175.78	2275.39
0:18:52	83.01	166.02	2270.51
0:18:53	73.24	166.02	2246.09
0:18:54	87.89	166.02	2211.91
0:18:55	97.66	166.02	2255.86
0:18:56	83.01	161.13	2338.87
0:18:57	83.01	180.66	2348.63
0:18:58	83.01	156.25	2309.57
0:18:59	83.01	161.13	2275.39
0:19:00	87.89	166.02	2255.86
0:19:01	78.13	170.90	2236.33
0:19:02	87.89	166.02	2163.09
0:19:03	83.01	161.13	2158.20
0:19:05	78.13	161.13	2197.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:19:06	87.89	156.25	2241.21
0:19:07	83.01	161.13	2265.63
0:19:08	83.01	166.02	2241.21
0:19:09	73.24	166.02	2255.86
0:19:10	83.01	161.13	2260.74
0:19:11	83.01	166.02	2241.21
0:19:12	87.89	166.02	2270.51
0:19:13	83.01	166.02	2280.27
0:19:14	83.01	161.13	2241.21
0:19:15	87.89	166.02	2182.62
0:19:16	83.01	166.02	2172.85
0:19:17	83.01	170.90	2163.09
0:19:18	78.13	185.55	2177.73
0:19:19	78.13	166.02	2231.45
0:19:21	83.01	166.02	2260.74
0:19:22	87.89	170.90	2260.74
0:19:23	78.13	161.13	2299.80
0:19:24	83.01	161.13	2333.98
0:19:25	83.01	161.13	2314.45
0:19:26	92.77	161.13	2270.51
0:19:27	83.01	166.02	2221.68
0:19:28	78.13	166.02	2192.38
0:19:30	83.01	170.90	2236.33
0:19:31	87.89	161.13	2299.80
0:19:32	83.01	161.13	2319.34
0:19:33	78.13	161.13	2309.57
0:19:34	92.77	166.02	2275.39
0:19:35	87.89	156.25	2299.80
0:19:36	83.01	161.13	2246.09
0:19:38	87.89	161.13	2207.03
0:19:39	83.01	161.13	2216.80
0:19:40	78.13	156.25	2187.50
0:19:41	78.13	156.25	2211.91
0:19:42	78.13	161.13	2236.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:19:43	83.01	161.13	2265.63
0:19:44	83.01	166.02	2299.80
0:19:45	83.01	170.90	2294.92
0:19:47	83.01	161.13	2270.51
0:19:48	78.13	146.48	2275.39
0:19:49	83.01	161.13	2260.74
0:19:50	83.01	156.25	2216.80
0:19:51	87.89	166.02	2177.73
0:19:52	83.01	161.13	2158.20
0:19:53	83.01	170.90	2236.33
0:19:55	83.01	166.02	2299.80
0:19:56	87.89	195.31	2358.40
0:19:57	87.89	170.90	2353.52
0:19:58	83.01	170.90	2338.87
0:19:59	83.01	166.02	2275.39
0:20:00	83.01	166.02	2221.68
0:20:02	78.13	161.13	2197.27
0:20:03	83.01	166.02	2172.85
0:20:04	83.01	161.13	2202.15
0:20:05	87.89	161.13	2236.33
0:20:06	78.13	161.13	2226.56
0:20:07	87.89	166.02	2211.91
0:20:08	83.01	161.13	2211.91
0:20:10	87.89	161.13	2275.39
0:20:11	97.66	175.78	2304.69
0:20:12	83.01	166.02	2265.63
0:20:13	87.89	166.02	2275.39
0:20:14	68.36	166.02	2231.45
0:20:15	83.01	161.13	2231.45
0:20:17	83.01	166.02	2231.45
0:20:18	83.01	161.13	2207.03
0:20:19	83.01	166.02	2207.03
0:20:20	83.01	161.13	2158.20
0:20:21	83.01	161.13	2153.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:20:23	83.01	161.13	2187.50
0:20:24	87.89	166.02	2187.50
0:20:25	83.01	170.90	2172.85
0:20:26	83.01	161.13	2216.80
0:20:28	83.01	166.02	2260.74
0:20:29	83.01	156.25	2324.22
0:20:30	83.01	156.25	2338.87
0:20:31	83.01	166.02	2319.34
0:20:33	83.01	161.13	2260.74
0:20:34	92.77	175.78	2197.27
0:20:35	83.01	166.02	2163.09
0:20:37	83.01	166.02	2167.97
0:20:38	83.01	161.13	2202.15
0:20:39	87.89	175.78	2207.03
0:20:40	83.01	166.02	2187.50
0:20:42	83.01	161.13	2231.45
0:20:43	83.01	161.13	2255.86
0:20:44	83.01	166.02	2236.33
0:20:46	87.89	161.13	2202.15
0:20:47	83.01	166.02	2246.09
0:20:48	83.01	161.13	2260.74
0:20:50	78.13	161.13	2309.57
0:20:51	83.01	166.02	2275.39
0:20:52	78.13	161.13	2241.21
0:20:54	78.13	185.55	2192.38
0:20:55	78.13	166.02	2250.98
0:20:56	87.89	166.02	2280.27
0:20:58	78.13	161.13	2260.74
0:20:59	87.89	161.13	2275.39
0:21:00	87.89	170.90	2304.69
0:21:02	83.01	170.90	2294.92
0:21:03	83.01	170.90	2250.98
0:21:04	83.01	166.02	2246.09
0:21:06	83.01	166.02	2216.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:21:07	83.01	161.13	2207.03
0:21:08	87.89	166.02	2226.56
0:21:10	83.01	151.37	2241.21
0:21:11	83.01	161.13	2187.50
0:21:12	83.01	170.90	2148.44
0:21:14	87.89	170.90	2143.55
0:21:15	87.89	161.13	2167.97
0:21:16	68.36	170.90	2226.56
0:21:18	87.89	170.90	2270.51
0:21:19	83.01	161.13	2319.34
0:21:21	83.01	161.13	2343.75
0:21:22	83.01	161.13	2280.27
0:21:24	87.89	166.02	2216.80
0:21:25	83.01	170.90	2207.03
0:21:26	78.13	161.13	2241.21
0:21:28	83.01	166.02	2265.63
0:21:29	83.01	161.13	2265.63
0:21:31	83.01	161.13	2250.98
0:21:32	83.01	166.02	2275.39
0:21:34	83.01	166.02	2314.45
0:21:35	78.13	166.02	2324.22
0:21:37	78.13	170.90	2299.80
0:21:38	83.01	170.90	2270.51
0:21:39	83.01	161.13	2270.51
0:21:41	83.01	166.02	2299.80
0:21:42	83.01	161.13	2290.04
0:21:44	83.01	170.90	2246.09
0:21:45	83.01	166.02	2241.21
0:21:47	83.01	166.02	2265.63
0:21:48	83.01	170.90	2299.80
0:21:50	83.01	161.13	2304.69
0:21:51	83.01	166.02	2324.22
0:21:53	83.01	166.02	2377.93
0:21:54	83.01	166.02	2382.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:21:56	83.01	161.13	2392.58
0:21:57	87.89	161.13	2392.58
0:21:59	87.89	161.13	2299.80
0:22:00	83.01	166.02	2246.09
0:22:02	87.89	161.13	2319.34
0:22:03	87.89	161.13	2309.57
0:22:05	83.01	161.13	2275.39
0:22:06	87.89	161.13	2314.45
0:22:07	83.01	166.02	2348.63
0:22:09	87.89	175.78	2333.98
0:22:11	83.01	166.02	2348.63
0:22:12	87.89	161.13	2329.10
0:22:14	83.01	166.02	2324.22
0:22:15	83.01	161.13	2343.75
0:22:17	83.01	161.13	2329.10
0:22:18	87.89	166.02	2299.80
0:22:20	78.13	170.90	2299.80
0:22:21	92.77	166.02	2324.22
0:22:23	83.01	161.13	2314.45
0:22:24	83.01	161.13	2260.74
0:22:26	83.01	166.02	2231.45
0:22:27	78.13	170.90	2260.74
0:22:29	83.01	156.25	2333.98
0:22:31	83.01	161.13	2333.98
0:22:32	83.01	166.02	2348.63
0:22:34	83.01	166.02	2343.75
0:22:35	83.01	161.13	2290.04
0:22:37	83.01	170.90	2255.86
0:22:38	83.01	166.02	2285.16
0:22:40	83.01	166.02	2343.75
0:22:42	83.01	166.02	2299.80
0:22:43	83.01	166.02	2299.80
0:22:45	83.01	161.13	2348.63
0:22:46	73.24	161.13	2343.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:22:48	87.89	166.02	2314.45
0:22:50	83.01	170.90	2290.04
0:22:51	68.36	175.78	2260.74
0:22:53	87.89	166.02	2250.98
0:22:54	78.13	170.90	2270.51
0:22:56	83.01	170.90	2280.27
0:22:58	87.89	175.78	2294.92
0:22:59	68.36	166.02	2294.92
0:23:01	83.01	161.13	2275.39
0:23:02	83.01	166.02	2221.68
0:23:04	83.01	166.02	2207.03
0:23:06	73.24	166.02	2246.09
0:23:07	78.13	166.02	2280.27
0:23:09	87.89	156.25	2358.40
0:23:11	83.01	161.13	2285.16
0:23:12	83.01	166.02	2250.98
0:23:14	78.13	166.02	2231.45
0:23:15	83.01	166.02	2187.50
0:23:17	83.01	170.90	2187.50
0:23:19	83.01	170.90	2221.68
0:23:20	87.89	166.02	2246.09
0:23:22	83.01	166.02	2241.21
0:23:24	83.01	161.13	2265.63
0:23:25	83.01	161.13	2265.63
0:23:27	83.01	166.02	2265.63
0:23:29	83.01	156.25	2304.69
0:23:30	78.13	170.90	2304.69
0:23:32	83.01	166.02	2324.22
0:23:34	87.89	156.25	2324.22
0:23:35	83.01	156.25	2187.50
0:23:37	83.01	166.02	2167.97
0:23:39	78.13	170.90	2148.44
0:23:40	87.89	151.37	2148.44
0:23:42	83.01	151.37	2221.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:23:44	83.01	166.02	2338.87
0:23:46	83.01	161.13	2368.16
0:23:47	68.36	161.13	2250.98
0:23:49	83.01	161.13	2138.67
0:23:51	83.01	170.90	2163.09
0:23:53	83.01	166.02	2265.63
0:23:54	87.89	161.13	2255.86
0:23:56	87.89	161.13	2265.63
0:23:58	78.13	170.90	2265.63
0:23:59	83.01	156.25	2216.80
0:24:01	83.01	161.13	2226.56
0:24:03	83.01	166.02	2207.03
0:24:05	78.13	166.02	2192.38
0:24:07	87.89	166.02	2221.68
0:24:09	112.30	190.43	2250.98
0:24:10	83.01	166.02	2260.74
0:24:12	87.89	166.02	2294.92
0:24:14	87.89	161.13	2211.91
0:24:16	83.01	161.13	2104.49
0:24:17	83.01	161.13	2089.84
0:24:19	83.01	166.02	2202.15
0:24:21	83.01	166.02	2260.74
0:24:23	83.01	166.02	2285.16
0:24:25	97.66	185.55	2373.05
0:24:26	83.01	180.66	2314.45
0:24:28	83.01	166.02	2221.68
0:24:30	73.24	166.02	2211.91
0:24:32	83.01	161.13	2177.73
0:24:33	87.89	170.90	2221.68
0:24:35	83.01	166.02	2280.27
0:24:37	87.89	166.02	2294.92
0:24:39	83.01	170.90	2231.45
0:24:41	78.13	161.13	2163.09
0:24:43	83.01	161.13	2148.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:24:44	73.24	156.25	2187.50
0:24:46	83.01	166.02	2280.27
0:24:48	83.01	166.02	2314.45
0:24:50	97.66	185.55	2333.98
0:24:52	83.01	166.02	2260.74
0:24:53	83.01	170.90	2197.27
0:24:55	87.89	166.02	2153.32
0:24:57	83.01	166.02	2197.27
0:24:59	83.01	175.78	2309.57
0:25:01	87.89	166.02	2373.05
0:25:03	78.13	161.13	2280.27
0:25:04	83.01	161.13	2226.56
0:25:06	83.01	161.13	2167.97
0:25:08	78.13	166.02	2167.97
0:25:10	87.89	161.13	2246.09
0:25:12	83.01	161.13	2314.45
0:25:14	87.89	161.13	2309.57
0:25:16	83.01	161.13	2211.91
0:25:18	83.01	161.13	2163.09
0:25:19	83.01	161.13	2216.80
0:25:21	83.01	161.13	2265.63
0:25:23	83.01	156.25	2304.69
0:25:25	83.01	166.02	2368.16
0:25:27	83.01	166.02	2299.80
0:25:29	83.01	161.13	2211.91
0:25:31	78.13	166.02	2172.85
0:25:33	83.01	161.13	2153.32
0:25:35	83.01	166.02	2202.15
0:25:36	83.01	166.02	2260.74
0:25:38	97.66	175.78	2250.98
0:25:40	83.01	161.13	2216.80
0:25:42	83.01	170.90	2211.91
0:25:44	87.89	161.13	2138.67
0:25:46	87.89	166.02	2182.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:25:48	83.01	161.13	2207.03
0:25:50	58.59	166.02	2309.57
0:25:52	78.13	166.02	2343.75
0:25:54	78.13	161.13	2285.16
0:25:56	78.13	166.02	2192.38
0:25:58	83.01	156.25	2148.44
0:25:59	83.01	166.02	2148.44
0:26:01	83.01	170.90	2226.56
0:26:03	83.01	170.90	2358.40
0:26:05	78.13	161.13	2368.16
0:26:08	78.13	161.13	2260.74
0:26:10	83.01	161.13	2172.85
0:26:12	87.89	170.90	2167.97
0:26:14	83.01	161.13	2128.91
0:26:16	83.01	161.13	2207.03
0:26:18	83.01	166.02	2353.52
0:26:19	83.01	161.13	2373.05
0:26:21	83.01	161.13	2236.33
0:26:23	87.89	161.13	2177.73
0:26:25	83.01	161.13	2158.20
0:26:27	83.01	166.02	2260.74
0:26:30	83.01	166.02	2299.80
0:26:32	87.89	170.90	2265.63
0:26:34	83.01	161.13	2197.27
0:26:36	83.01	161.13	2148.44
0:26:37	83.01	161.13	2094.73
0:26:39	83.01	166.02	2143.55
0:26:41	78.13	170.90	2226.56
0:26:43	78.13	161.13	2241.21
0:26:45	83.01	161.13	2285.16
0:26:48	78.13	156.25	2241.21
0:26:50	78.13	156.25	2231.45
0:26:51	78.13	170.90	2216.80
0:26:53	83.01	170.90	2153.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:26:55	83.01	161.13	2250.98
0:26:57	78.13	166.02	2270.51
0:26:59	78.13	166.02	2216.80
0:27:01	83.01	166.02	2265.63
0:27:03	78.13	170.90	2231.45
0:27:05	83.01	166.02	2167.97
0:27:07	83.01	161.13	2167.97
0:27:08	78.13	166.02	2226.56
0:27:10	78.13	161.13	2250.98
0:27:12	83.01	166.02	2265.63
0:27:14	78.13	161.13	2226.56
0:27:16	83.01	166.02	2241.21
0:27:18	83.01	161.13	2202.15
0:27:20	78.13	166.02	2153.32
0:27:22	83.01	151.37	2143.55
0:27:24	83.01	170.90	2128.91
0:27:26	83.01	161.13	2221.68
0:27:28	83.01	180.66	2202.15
0:27:30	83.01	170.90	2207.03
0:27:32	78.13	170.90	2260.74
0:27:34	83.01	161.13	2221.68
0:27:36	83.01	151.37	2182.62
0:27:38	83.01	170.90	2158.20
0:27:40	73.24	170.90	2207.03
0:27:43	78.13	161.13	2211.91
0:27:45	83.01	166.02	2153.32
0:27:47	83.01	166.02	2148.44
0:27:49	78.13	170.90	2128.91
0:27:51	83.01	166.02	2231.45
0:27:53	83.01	166.02	2236.33
0:27:55	78.13	156.25	2192.38
0:27:58	78.13	161.13	2187.50
0:28:00	78.13	161.13	2202.15
0:28:02	83.01	166.02	2202.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:28:04	78.13	170.90	2187.50
0:28:06	87.89	170.90	2182.62
0:28:08	78.13	161.13	2133.79
0:28:10	83.01	161.13	2158.20
0:28:13	83.01	161.13	2216.80
0:28:15	78.13	170.90	2207.03
0:28:17	78.13	161.13	2304.69
0:28:19	83.01	156.25	2187.50
0:28:21	83.01	166.02	2104.49
0:28:24	78.13	166.02	2167.97
0:28:26	83.01	156.25	2197.27
0:28:28	78.13	170.90	2221.68
0:28:30	78.13	166.02	2319.34
0:28:32	83.01	161.13	2382.81
0:28:35	78.13	166.02	2236.33
0:28:37	78.13	170.90	2216.80
0:28:39	78.13	161.13	2055.66
0:28:41	63.48	166.02	2104.49
0:28:43	73.24	161.13	2114.26
0:28:46	78.13	151.37	2148.44
0:28:48	83.01	180.66	2275.39
0:28:50	83.01	161.13	2246.09
0:28:52	87.89	161.13	2197.27
0:28:54	78.13	161.13	2099.61
0:28:57	78.13	166.02	2260.74
0:28:59	78.13	161.13	2304.69
0:29:01	87.89	166.02	2280.27
0:29:03	78.13	170.90	2236.33
0:29:06	78.13	161.13	2192.38
0:29:08	87.89	166.02	2221.68
0:29:10	78.13	170.90	2187.50
0:29:13	78.13	161.13	2207.03
0:29:15	83.01	175.78	2192.38
0:29:17	83.01	161.13	2177.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:29:19	78.13	161.13	2172.85
0:29:22	78.13	166.02	2172.85
0:29:24	83.01	161.13	2236.33
0:29:26	78.13	170.90	2270.51
0:29:28	83.01	175.78	2236.33
0:29:31	73.24	166.02	2124.02
0:29:33	83.01	166.02	2163.09
0:29:35	78.13	170.90	2211.91
0:29:38	78.13	166.02	2182.62
0:29:40	78.13	170.90	2260.74
0:29:42	83.01	170.90	2280.27
0:29:44	83.01	156.25	2148.44
0:29:47	87.89	170.90	2192.38
0:29:49	83.01	166.02	2143.55
0:29:51	83.01	161.13	2138.67
0:29:54	78.13	161.13	2216.80
0:29:56	83.01	166.02	2260.74
0:29:58	78.13	166.02	2202.15
0:30:01	78.13	161.13	2158.20
0:30:03	87.89	166.02	2226.56
0:30:05	78.13	161.13	2226.56
0:30:08	78.13	166.02	2343.75
0:30:10	83.01	166.02	2314.45
0:30:12	83.01	156.25	2246.09
0:30:15	83.01	166.02	2119.14
0:30:17	87.89	166.02	2119.14
0:30:20	83.01	141.60	2133.79
0:30:22	83.01	166.02	2231.45
0:30:24	83.01	166.02	2324.22
0:30:27	87.89	161.13	2377.93
0:30:29	68.36	170.90	2290.04
0:30:31	83.01	161.13	2211.91
0:30:34	83.01	161.13	2221.68
0:30:36	83.01	166.02	2309.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:30:38	78.13	161.13	2324.22
0:30:41	87.89	166.02	2319.34
0:30:43	83.01	166.02	2211.91
0:30:46	83.01	166.02	2246.09
0:30:48	83.01	161.13	2285.16
0:30:50	78.13	161.13	2280.27
0:30:53	83.01	166.02	2250.98
0:30:55	78.13	161.13	2255.86
0:30:58	83.01	161.13	2236.33
0:31:00	78.13	170.90	2207.03
0:31:02	78.13	166.02	2299.80
0:31:05	83.01	161.13	2275.39
0:31:07	58.59	161.13	2319.34
0:31:10	78.13	170.90	2255.86
0:31:12	83.01	166.02	2216.80
0:31:15	87.89	161.13	2270.51
0:31:17	83.01	161.13	2294.92
0:31:19	78.13	166.02	2333.98
0:31:22	83.01	166.02	2324.22
0:31:24	83.01	166.02	2299.80
0:31:27	83.01	156.25	2246.09
0:31:29	83.01	161.13	2250.98
0:31:32	78.13	161.13	2260.74
0:31:34	83.01	156.25	2241.21
0:31:36	73.24	166.02	2285.16
0:31:39	83.01	166.02	2324.22
0:31:41	78.13	161.13	2348.63
0:31:44	83.01	170.90	2304.69
0:31:47	78.13	161.13	2260.74
0:31:49	83.01	170.90	2221.68
0:31:52	83.01	166.02	2265.63
0:31:55	83.01	161.13	2275.39
0:31:57	48.83	166.02	2319.34
0:32:00	83.01	166.02	2246.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:32:03	87.89	146.48	2207.03
0:32:05	83.01	170.90	2172.85
0:32:08	83.01	161.13	2202.15
0:32:10	83.01	170.90	2250.98
0:32:13	83.01	166.02	2294.92
0:32:15	83.01	166.02	2294.92
0:32:18	83.01	161.13	2265.63
0:32:20	83.01	161.13	2182.62
0:32:23	87.89	161.13	2197.27
0:32:26	83.01	161.13	2226.56
0:32:28	87.89	166.02	2270.51
0:32:31	83.01	166.02	2255.86
0:32:33	83.01	161.13	2197.27
0:32:36	78.13	166.02	2153.32
0:32:39	92.77	170.90	2221.68
0:32:41	78.13	166.02	2250.98
0:32:44	73.24	166.02	2231.45
0:32:46	83.01	161.13	2265.63
0:32:49	83.01	170.90	2221.68
0:32:52	83.01	146.48	2187.50
0:32:54	83.01	166.02	2231.45
0:32:57	78.13	170.90	2250.98
0:33:00	83.01	161.13	2275.39
0:33:03	83.01	166.02	2265.63
0:33:06	73.24	166.02	2309.57
0:33:09	83.01	161.13	2377.93
0:33:11	73.24	166.02	2373.05
0:33:14	83.01	166.02	2280.27
0:33:18	83.01	161.13	2294.92
0:33:21	87.89	161.13	2236.33
0:33:23	83.01	166.02	2231.45
0:33:26	87.89	166.02	2216.80
0:33:29	83.01	166.02	2290.04
0:33:32	87.89	161.13	2304.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:33:34	83.01	161.13	2260.74
0:33:37	87.89	161.13	2280.27
0:33:40	78.13	156.25	2319.34
0:33:42	87.89	161.13	2280.27
0:33:45	87.89	161.13	2255.86
0:33:48	83.01	166.02	2207.03
0:33:50	83.01	166.02	2255.86
0:33:53	87.89	170.90	2270.51
0:33:55	83.01	166.02	2314.45
0:33:58	87.89	161.13	2333.98
0:34:01	87.89	156.25	2373.05
0:34:03	83.01	166.02	2368.16
0:34:06	83.01	166.02	2377.93
0:34:09	83.01	161.13	2329.10
0:34:11	78.13	170.90	2324.22
0:34:14	87.89	161.13	2275.39
0:34:17	78.13	170.90	2236.33
0:34:19	78.13	166.02	2290.04
0:34:22	78.13	166.02	2421.88
0:34:24	83.01	166.02	2451.17
0:34:27	83.01	161.13	2353.52
0:34:30	83.01	166.02	2260.74
0:34:33	83.01	161.13	2255.86
0:34:35	87.89	175.78	2343.75
0:34:38	83.01	161.13	2304.69
0:34:41	83.01	166.02	2285.16
0:34:43	78.13	166.02	2358.40
0:34:46	83.01	161.13	2255.86
0:34:49	83.01	161.13	2285.16
0:34:51	83.01	166.02	2348.63
0:34:54	83.01	161.13	2333.98
0:34:57	83.01	161.13	2333.98
0:35:00	87.89	161.13	2231.45
0:35:02	87.89	166.02	2231.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:35:05	83.01	161.13	2343.75
0:35:08	83.01	161.13	2260.74
0:35:10	83.01	166.02	2221.68
0:35:13	87.89	170.90	2280.27
0:35:16	83.01	161.13	2226.56
0:35:19	83.01	166.02	2280.27
0:35:21	78.13	166.02	2363.28
0:35:24	87.89	170.90	2250.98
0:35:27	83.01	166.02	2314.45
0:35:30	83.01	166.02	2260.74
0:35:32	83.01	166.02	2221.68
0:35:35	83.01	166.02	2202.15
0:35:38	78.13	166.02	2211.91
0:35:41	83.01	166.02	2260.74
0:35:44	73.24	161.13	2202.15
0:35:46	83.01	161.13	2148.44
0:35:49	87.89	166.02	2294.92
0:35:52	83.01	166.02	2285.16
0:35:55	78.13	166.02	2260.74
0:35:57	83.01	161.13	2182.62
0:36:00	78.13	170.90	2226.56
0:36:03	87.89	170.90	2197.27
0:36:06	83.01	166.02	2221.68
0:36:09	87.89	175.78	2280.27
0:36:11	83.01	166.02	2270.51
0:36:14	87.89	166.02	2187.50
0:36:17	83.01	161.13	2119.14
0:36:20	83.01	166.02	2138.67
0:36:23	83.01	170.90	2163.09
0:36:26	78.13	170.90	2163.09
0:36:28	83.01	161.13	2187.50
0:36:31	83.01	175.78	2202.15
0:36:34	92.77	175.78	2163.09
0:36:37	83.01	170.90	2158.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:36:40	87.89	170.90	2119.14
0:36:43	102.54	175.78	2119.14
0:36:45	83.01	161.13	2207.03
0:36:48	83.01	156.25	2192.38
0:36:51	78.13	170.90	2128.91
0:36:54	83.01	161.13	2133.79
0:36:57	83.01	161.13	2128.91
0:37:00	83.01	161.13	2124.02
0:37:03	83.01	161.13	2153.32
0:37:05	83.01	156.25	2143.55
0:37:08	83.01	161.13	2128.91
0:37:11	87.89	161.13	2104.49
0:37:14	83.01	166.02	2104.49
0:37:17	83.01	161.13	2158.20
0:37:20	87.89	161.13	2124.02
0:37:23	83.01	161.13	2128.91
0:37:26	83.01	161.13	2236.33
0:37:28	87.89	170.90	2163.09
0:37:31	83.01	161.13	2167.97
0:37:34	78.13	166.02	2041.02
0:37:37	83.01	161.13	2075.20
0:37:40	83.01	161.13	2207.03
0:37:43	83.01	166.02	2226.56
0:37:46	92.77	161.13	2167.97
0:37:49	83.01	166.02	2153.32
0:37:52	83.01	166.02	2133.79
0:37:55	87.89	161.13	2138.67
0:37:58	87.89	166.02	2104.49
0:38:01	78.13	170.90	2197.27
0:38:03	78.13	161.13	2148.44
0:38:06	83.01	161.13	2158.20
0:38:09	83.01	175.78	2128.91
0:38:12	87.89	170.90	2182.62
0:38:15	83.01	156.25	2192.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:38:18	83.01	166.02	2128.91
0:38:21	83.01	161.13	2143.55
0:38:24	87.89	170.90	2119.14
0:38:28	83.01	175.78	2153.32
0:38:31	83.01	170.90	2124.02
0:38:34	87.89	170.90	2177.73
0:38:37	78.13	161.13	2163.09
0:38:40	83.01	166.02	2226.56
0:38:43	78.13	161.13	2167.97
0:38:46	78.13	166.02	2148.44
0:38:49	78.13	161.13	2177.73
0:38:52	68.36	161.13	2197.27
0:38:55	78.13	161.13	2250.98
0:38:59	83.01	161.13	2187.50
0:39:02	58.59	180.66	2172.85
0:39:05	83.01	161.13	2148.44
0:39:08	83.01	175.78	2143.55
0:39:11	83.01	175.78	2124.02
0:39:14	83.01	161.13	2138.67
0:39:17	78.13	166.02	2177.73
0:39:20	78.13	175.78	2148.44
0:39:23	83.01	161.13	2128.91
0:39:26	83.01	170.90	2148.44
0:39:29	83.01	170.90	2163.09
0:39:32	87.89	170.90	2114.26
0:39:35	83.01	170.90	2119.14
0:39:38	78.13	175.78	2158.20
0:39:41	83.01	166.02	2114.26
0:39:44	78.13	166.02	2070.31
0:39:47	78.13	161.13	2109.38
0:39:50	78.13	170.90	2119.14
0:39:53	83.01	161.13	2192.38
0:39:56	92.77	166.02	2163.09
0:39:59	63.48	170.90	2109.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:40:03	87.89	166.02	2148.44
0:40:06	83.01	166.02	2138.67
0:40:09	83.01	166.02	2192.38
0:40:12	83.01	161.13	2231.45
0:40:15	83.01	170.90	2177.73
0:40:18	83.01	170.90	2089.84
0:40:21	78.13	161.13	2138.67
0:40:24	83.01	166.02	2163.09
0:40:27	83.01	175.78	2133.79
0:40:30	87.89	166.02	2124.02
0:40:33	73.24	175.78	2138.67
0:40:36	78.13	170.90	2177.73
0:40:39	83.01	166.02	2163.09
0:40:42	83.01	166.02	2124.02
0:40:45	83.01	166.02	2124.02
0:40:48	73.24	161.13	2226.56
0:40:51	83.01	156.25	2241.21
0:40:54	87.89	170.90	2187.50
0:40:57	78.13	166.02	2167.97
0:41:01	87.89	166.02	2138.67
0:41:04	83.01	161.13	2119.14
0:41:07	83.01	161.13	2158.20
0:41:10	87.89	175.78	2221.68
0:41:13	83.01	166.02	2236.33
0:41:16	87.89	161.13	2158.20
0:41:19	87.89	180.66	2138.67
0:41:22	83.01	166.02	2050.78
0:41:25	83.01	166.02	2167.97
0:41:28	83.01	166.02	2211.91
0:41:31	78.13	161.13	2192.38
0:41:34	83.01	156.25	2138.67
0:41:38	63.48	161.13	2148.44
0:41:41	78.13	161.13	2124.02
0:41:44	83.01	185.55	2138.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:41:47	83.01	166.02	2167.97
0:41:50	83.01	180.66	2148.44
0:41:53	83.01	170.90	2133.79
0:41:56	83.01	166.02	2128.91
0:41:59	83.01	170.90	2124.02
0:42:03	78.13	166.02	2138.67
0:42:06	83.01	166.02	2148.44
0:42:09	78.13	166.02	2124.02
0:42:12	83.01	161.13	2128.91
0:42:15	83.01	161.13	2182.62
0:42:18	78.13	161.13	2153.32
0:42:21	83.01	161.13	2128.91
0:42:25	83.01	166.02	2124.02
0:42:28	83.01	166.02	2114.26
0:42:31	83.01	161.13	2084.96
0:42:34	78.13	156.25	2089.84
0:42:37	83.01	166.02	2119.14
0:42:40	83.01	166.02	2133.79
0:42:44	83.01	156.25	2055.66
0:42:47	83.01	166.02	2104.49
0:42:50	78.13	170.90	2104.49
0:42:53	83.01	166.02	2099.61
0:42:56	83.01	161.13	2055.66
0:42:59	83.01	166.02	2089.84
0:43:03	83.01	166.02	2119.14
0:43:06	83.01	166.02	2114.26
0:43:09	83.01	161.13	2094.73
0:43:12	83.01	175.78	2084.96
0:43:15	83.01	166.02	2124.02
0:43:19	87.89	166.02	2094.73
0:43:22	83.01	161.13	2114.26
0:43:25	78.13	166.02	2094.73
0:43:28	83.01	166.02	2158.20
0:43:31	83.01	161.13	2138.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:43:35	83.01	161.13	2104.49
0:43:38	83.01	166.02	2133.79
0:43:41	87.89	166.02	2133.79
0:43:44	83.01	161.13	2104.49
0:43:48	78.13	161.13	2099.61
0:43:51	83.01	170.90	2119.14
0:43:54	83.01	166.02	2084.96
0:43:57	78.13	170.90	2089.84
0:44:01	63.48	166.02	2163.09
0:44:04	83.01	161.13	2138.67
0:44:07	83.01	161.13	2089.84
0:44:10	78.13	161.13	2084.96
0:44:14	83.01	161.13	2158.20
0:44:17	83.01	175.78	2148.44
0:44:20	92.77	170.90	2114.26
0:44:23	78.13	166.02	2153.32
0:44:27	87.89	170.90	2153.32
0:44:30	83.01	166.02	2099.61
0:44:33	87.89	166.02	2099.61
0:44:37	83.01	161.13	2133.79
0:44:40	102.54	166.02	2138.67
0:44:43	87.89	156.25	2138.67
0:44:46	83.01	166.02	2104.49
0:44:50	78.13	161.13	2075.20
0:44:53	83.01	166.02	2114.26
0:44:56	83.01	161.13	2119.14
0:45:00	83.01	161.13	2114.26
0:45:03	78.13	166.02	2094.73
0:45:06	78.13	166.02	2075.20
0:45:10	78.13	166.02	2075.20
0:45:13	83.01	161.13	2075.20
0:45:16	78.13	161.13	2187.50
0:45:20	83.01	166.02	2211.91
0:45:23	83.01	161.13	2172.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:45:26	83.01	170.90	2119.14
0:45:30	83.01	166.02	2163.09
0:45:33	83.01	161.13	2177.73
0:45:36	83.01	166.02	2167.97
0:45:40	78.13	161.13	2182.62
0:45:43	83.01	161.13	2231.45
0:45:46	83.01	161.13	2197.27
0:45:50	87.89	161.13	2158.20
0:45:53	83.01	151.37	2226.56
0:45:56	83.01	170.90	2226.56
0:46:00	83.01	166.02	2221.68
0:46:03	83.01	161.13	2216.80
0:46:07	78.13	161.13	2221.68
0:46:10	83.01	170.90	2231.45
0:46:13	83.01	166.02	2294.92
0:46:17	83.01	166.02	2348.63
0:46:20	83.01	170.90	2211.91
0:46:23	87.89	166.02	2231.45
0:46:27	83.01	166.02	2290.04
0:46:30	78.13	161.13	2333.98
0:46:34	83.01	161.13	2333.98
0:46:37	83.01	161.13	2285.16
0:46:41	83.01	166.02	2280.27
0:46:44	83.01	151.37	2324.22
0:46:47	83.01	161.13	2402.34
0:46:51	87.89	166.02	2348.63
0:46:54	83.01	166.02	2324.22
0:46:58	83.01	161.13	2353.52
0:47:01	83.01	166.02	2338.87
0:47:05	92.77	166.02	2343.75
0:47:08	83.01	161.13	2324.22
0:47:11	83.01	166.02	2280.27
0:47:15	83.01	170.90	2294.92
0:47:18	83.01	161.13	2299.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:47:22	83.01	151.37	2324.22
0:47:25	83.01	161.13	2299.80
0:47:29	92.77	166.02	2333.98
0:47:32	83.01	185.55	2319.34
0:47:36	83.01	175.78	2280.27
0:47:39	92.77	166.02	2348.63
0:47:43	78.13	166.02	2368.16
0:47:46	78.13	170.90	2343.75
0:47:50	83.01	161.13	2338.87
0:47:53	87.89	170.90	2324.22
0:47:57	83.01	156.25	2358.40
0:48:00	83.01	161.13	2348.63
0:48:04	83.01	166.02	2319.34
0:48:07	83.01	166.02	2231.45
0:48:11	83.01	170.90	2231.45
0:48:14	87.89	170.90	2280.27
0:48:18	83.01	166.02	2309.57
0:48:21	87.89	166.02	2265.63
0:48:25	83.01	166.02	2290.04
0:48:28	87.89	170.90	2309.57
0:48:32	83.01	170.90	2265.63
0:48:35	83.01	161.13	2270.51
0:48:39	83.01	166.02	2241.21
0:48:42	83.01	161.13	2265.63
0:48:46	78.13	161.13	2270.51
0:48:49	83.01	161.13	2246.09
0:48:53	83.01	166.02	2270.51
0:48:56	87.89	161.13	2270.51
0:49:00	83.01	156.25	2270.51
0:49:04	83.01	166.02	2270.51
0:49:07	83.01	161.13	2260.74
0:49:11	78.13	166.02	2255.86
0:49:14	83.01	161.13	2211.91
0:49:18	83.01	161.13	2216.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:49:21	78.13	180.66	2241.21
0:49:25	83.01	166.02	2299.80
0:49:29	83.01	141.60	2270.51
0:49:32	87.89	166.02	2260.74
0:49:36	83.01	161.13	2280.27
0:49:39	68.36	166.02	2182.62
0:49:43	83.01	161.13	2226.56
0:49:47	78.13	170.90	2285.16
0:49:50	87.89	151.37	2231.45
0:49:54	92.77	170.90	2187.50
0:49:57	83.01	166.02	2216.80
0:50:01	87.89	166.02	2221.68
0:50:05	83.01	166.02	2236.33
0:50:08	83.01	166.02	2216.80
0:50:12	83.01	166.02	2187.50
0:50:16	87.89	170.90	2202.15
0:50:20	83.01	161.13	2216.80
0:50:24	83.01	166.02	2182.62
0:50:28	87.89	146.48	2187.50
0:50:31	83.01	161.13	2202.15
0:50:35	83.01	166.02	2163.09
0:50:39	87.89	166.02	2187.50
0:50:43	87.89	170.90	2216.80
0:50:47	78.13	166.02	2246.09
0:50:50	83.01	166.02	2167.97
0:50:54	87.89	170.90	2172.85
0:50:58	87.89	166.02	2148.44
0:51:01	87.89	161.13	2231.45
0:51:05	87.89	166.02	2226.56
0:51:09	83.01	166.02	2167.97
0:51:13	83.01	170.90	2197.27
0:51:16	83.01	156.25	2226.56
0:51:20	78.13	170.90	2177.73
0:51:24	87.89	166.02	2202.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:51:28	83.01	161.13	2280.27
0:51:32	83.01	170.90	2163.09
0:51:36	83.01	161.13	2158.20
0:51:41	83.01	170.90	2221.68
0:51:45	83.01	175.78	2138.67
0:51:48	83.01	161.13	2133.79
0:51:52	83.01	161.13	2207.03
0:51:56	83.01	166.02	2182.62
0:52:01	87.89	170.90	2138.67
0:52:04	83.01	166.02	2167.97
0:52:08	83.01	166.02	2163.09
0:52:12	83.01	161.13	2153.32
0:52:15	83.01	161.13	2187.50
0:52:19	87.89	166.02	2163.09
0:52:23	83.01	170.90	2250.98
0:52:27	83.01	170.90	2231.45
0:52:30	83.01	166.02	2250.98
0:52:34	83.01	161.13	2226.56
0:52:38	92.77	166.02	2197.27
0:52:42	83.01	161.13	2231.45
0:52:45	78.13	166.02	2216.80
0:52:49	83.01	170.90	2231.45
0:52:53	78.13	170.90	2192.38
0:52:57	78.13	161.13	2211.91
0:53:00	87.89	161.13	2260.74
0:53:04	83.01	161.13	2246.09
0:53:08	83.01	161.13	2187.50
0:53:11	83.01	170.90	2231.45
0:53:15	83.01	166.02	2231.45
0:53:19	87.89	180.66	2202.15
0:53:23	83.01	161.13	2133.79
0:53:26	83.01	161.13	2202.15
0:53:30	83.01	170.90	2211.91
0:53:34	83.01	161.13	2143.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:53:38	83.01	166.02	2148.44
0:53:41	73.24	166.02	2197.27
0:53:45	83.01	166.02	2221.68
0:53:49	83.01	166.02	2163.09
0:53:53	83.01	161.13	2182.62
0:53:56	58.59	180.66	2182.62
0:54:00	83.01	161.13	2172.85
0:54:04	83.01	161.13	2202.15
0:54:08	83.01	161.13	2226.56
0:54:11	83.01	161.13	2197.27
0:54:15	83.01	166.02	2167.97
0:54:19	78.13	166.02	2177.73
0:54:23	83.01	161.13	2211.91
0:54:27	83.01	161.13	2163.09
0:54:30	78.13	166.02	2211.91
0:54:34	83.01	166.02	2211.91
0:54:38	83.01	161.13	2182.62
0:54:42	83.01	166.02	2158.20
0:54:45	83.01	166.02	2226.56
0:54:49	87.89	170.90	2207.03
0:54:53	83.01	161.13	2177.73
0:54:57	78.13	170.90	2207.03
0:55:01	83.01	166.02	2221.68
0:55:04	87.89	166.02	2202.15
0:55:08	83.01	161.13	2187.50
0:55:12	87.89	166.02	2197.27
0:55:16	87.89	166.02	2177.73
0:55:20	78.13	161.13	2192.38
0:55:24	87.89	166.02	2211.91
0:55:27	73.24	166.02	2192.38
0:55:31	83.01	161.13	2172.85
0:55:35	83.01	156.25	2192.38
0:55:39	87.89	161.13	2187.50
0:55:43	87.89	166.02	2221.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:55:47	87.89	170.90	2211.91
0:55:51	83.01	161.13	2202.15
0:55:54	83.01	156.25	2246.09
0:55:58	87.89	166.02	2236.33
0:56:02	83.01	166.02	2250.98
0:56:06	83.01	166.02	2285.16
0:56:10	92.77	166.02	2241.21
0:56:14	87.89	170.90	2236.33
0:56:18	68.36	170.90	2255.86
0:56:21	78.13	161.13	2241.21
0:56:25	78.13	161.13	2231.45
0:56:29	83.01	166.02	2236.33
0:56:33	78.13	166.02	2226.56
0:56:37	83.01	161.13	2241.21
0:56:41	83.01	170.90	2241.21
0:56:45	87.89	166.02	2207.03
0:56:49	78.13	166.02	2163.09
0:56:53	83.01	161.13	2182.62
0:56:57	83.01	161.13	2241.21
0:57:01	87.89	166.02	2177.73
0:57:04	78.13	161.13	2177.73
0:57:08	83.01	166.02	2202.15
0:57:12	83.01	166.02	2172.85
0:57:16	87.89	161.13	2109.38
0:57:20	83.01	161.13	2182.62
0:57:24	83.01	166.02	2187.50
0:57:28	83.01	166.02	2177.73
0:57:32	83.01	156.25	2158.20
0:57:36	87.89	166.02	2158.20
0:57:40	78.13	170.90	2226.56
0:57:44	87.89	166.02	2202.15
0:57:48	78.13	170.90	2236.33
0:57:52	78.13	161.13	2226.56
0:57:56	83.01	166.02	2207.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0:58:00	83.01	166.02	2216.80
0:58:04	83.01	170.90	2192.38
0:58:08	83.01	161.13	2270.51
0:58:12	83.01	166.02	2338.87
0:58:16	78.13	161.13	2207.03
0:58:20	83.01	156.25	2250.98
0:58:23	78.13	166.02	2211.91
0:58:27	83.01	161.13	2255.86
0:58:31	78.13	161.13	2285.16
0:58:36	83.01	161.13	2304.69
0:58:39	78.13	161.13	2231.45
0:58:43	83.01	166.02	2226.56
0:58:48	83.01	170.90	2221.68
0:58:52	83.01	166.02	2246.09
0:58:56	83.01	166.02	2319.34
0:59:00	68.36	166.02	2299.80
0:59:04	83.01	166.02	2329.10
0:59:08	73.24	166.02	2319.34
0:59:12	83.01	166.02	2250.98
0:59:16	83.01	161.13	2226.56
0:59:20	83.01	161.13	2270.51
0:59:24	78.13	161.13	2348.63
0:59:28	83.01	170.90	2270.51
0:59:32	83.01	166.02	2207.03
0:59:36	83.01	166.02	2255.86
0:59:40	83.01	200.20	2299.80
0:59:44	92.77	166.02	2260.74
0:59:48	92.77	166.02	2231.45
0:59:52	83.01	161.13	2241.21
0:59:56	83.01	161.13	2280.27
1:00:00	78.13	166.02	2285.16
1:00:05	78.13	156.25	2211.91
1:00:09	83.01	170.90	2211.91
1:00:14	78.13	166.02	2246.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:00:19	83.01	156.25	2250.98
1:00:23	78.13	166.02	2250.98
1:00:26	83.01	166.02	2304.69
1:00:30	68.36	161.13	2275.39
1:00:34	83.01	166.02	2260.74
1:00:38	78.13	180.66	2241.21
1:00:43	78.13	161.13	2246.09
1:00:46	83.01	161.13	2299.80
1:00:51	83.01	161.13	2265.63
1:00:55	83.01	166.02	2236.33
1:01:00	83.01	166.02	2348.63
1:01:04	78.13	166.02	2280.27
1:01:09	83.01	161.13	2246.09
1:01:13	97.66	175.78	2304.69
1:01:17	87.89	161.13	2290.04
1:01:21	83.01	161.13	2255.86
1:01:26	78.13	170.90	2250.98
1:01:30	83.01	161.13	2280.27
1:01:34	83.01	166.02	2236.33
1:01:39	78.13	170.90	2216.80
1:01:43	83.01	166.02	2275.39
1:01:47	83.01	161.13	2221.68
1:01:52	68.36	166.02	2207.03
1:01:56	78.13	166.02	2250.98
1:02:00	83.01	166.02	2250.98
1:02:05	83.01	166.02	2246.09
1:02:10	83.01	161.13	2241.21
1:02:14	83.01	166.02	2319.34
1:02:19	83.01	166.02	2246.09
1:02:24	83.01	156.25	2260.74
1:02:28	83.01	170.90	2260.74
1:02:32	83.01	161.13	2285.16
1:02:36	73.24	166.02	2255.86
1:02:41	83.01	161.13	2231.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1:02:46	83.01	161.13	2207.03
1:02:50	83.01	161.13	2294.92
1:02:54	87.89	161.13	2304.69
1:02:58	83.01	170.90	2216.80
1:03:03	78.13	166.02	2167.97
1:03:07	83.01	161.13	2241.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************START  PROGRAM*****************************
                ORG   0000H
                LCALL DELAY
;***********MCS-51  CHECK  DATA  TO  START******************
                MOV   SP,#30H     ;STAGE POINTER ADDRESS
     MAIN:      MOV   PCON,#00H   ;SMOD=0
                MOV   SCON,#50H   ;MODE1 (8 BIT UART AND RECEIVE DATA)
                MOV   TMOD,#25H   ;TIMER1 MODE 2 ,COUNTER 0  MODE 1
                MOV   TH1,#0FDH   ;9600 BAUD RATE
                SETB  TR1         ;START TIMER 1
     WAIT:      JNB   RI,WAIT
                CLR   RI
                MOV   A,SBUF
                CJNE  A,#41H,WAIT
                LCALL DELAY
;***************MICRO  SEND  DATA*************************
                MOV   PCON,#00H   ;SMOD=0
                MOV   SCON,#40H   ;MODE 1 (8 BIT UART)
                MOV   TMOD,#25H   ;TIMER 1 MODE 2 (8 BIT AUTO-RELOAD)
                MOV   TH1,#0FDH   ;9600 BAUD RATE
                SETB  TR1         ;START TIMER 1
                MOV   SBUF,#0FFH
     WAIT1:     JNB   TI,WAIT1
                CLR   TI
                SETB  TR0
                SETB  TR1
                MOV   SBUF,#003H
     WAIT2:     JNB   TI,WAIT2
                CLR   TI
                LCALL  DELAY
;**********RECEIVE & SEND IN CHANNEL 1*********************
                MOV   A,#09FH
                LCALL ADC         ;READ DATA FROM A/D TO MICRO
                SETB  TR1
                MOV   SBUF,R3     ;SEND DATA 8 BIT LOWER TO PC
     WAIT3:     JNB   TI,WAIT3
                CLR   TI
                MOV   SBUF,R2     ;SEND DATA 2 BIT UPPER TO PC
     WAIT4:     JNB   TI,WAIT4
                CLR   TI
                LCALL DELAY
;**********RECEIVE & SEND IN CHANNEL 2*********************
MOV   A,#0DFH
                LCALL ADC         ;READ DATA FROM A/D TO MICRO
                SETB  TR1
                MOV   SBUF,R3     ;SEND DATA 8 BIT LOWER TO PC
      WAIT5:    JNB   TI,WAIT5
                CLR   TI
                MOV   SBUF,R2     ;SEND DATA 2 BIT UPPER TO PC
      WAIT6:    JNB   TI,WAIT6
                CLR   TI
                LCALL DELAY
;**********RECEIVE & SEND IN CHANNEL 3*********************
                MOV   A,#0AFH
                LCALL ADC         ;READ DATA FROM A/D TO MICRO
                SETB  TR1
                MOV   SBUF,R3     ;SEND DATA 8 BIT LOWER TO PC
      WAIT7:    JNB   TI,WAIT7
                CLR   TI
                MOV   SBUF,R2     ;SEND DATA 2 BIT UPPER TO PC
```

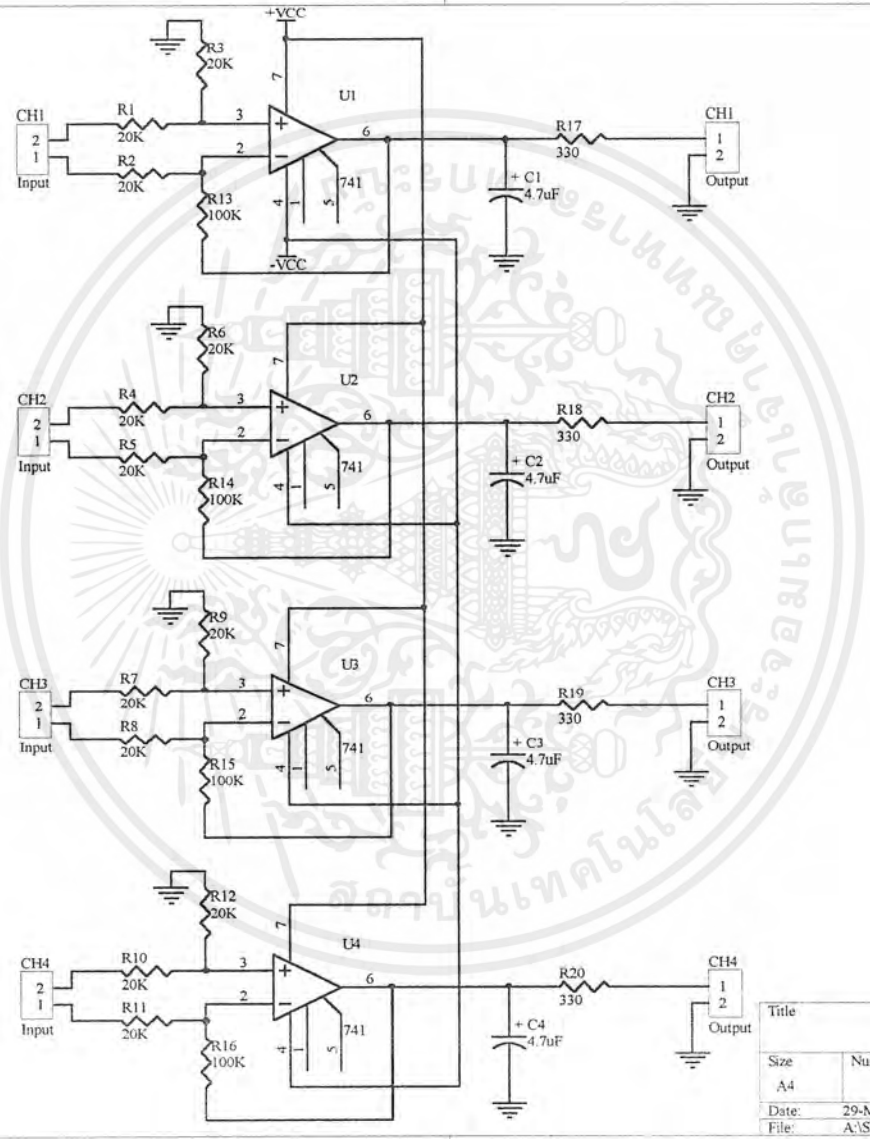
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT8:    JNB   TI,WAIT8
          CLR   TI
          LCALL DELAY
;**********RECEIVE & SEND IN CHANNEL 4**********************
          MOV   A,#0EFH
          LCALL ADC         ;READ DATA FROM A/D TO MICRO
          SETB  TR1
          MOV   SBUF,R3     ;SEND DATA 8 BIT LOWER TO PC
WAIT9:    JNB   TI,WAIT9
          CLR   TI
          MOV   SBUF,R2     ;SEND DATA 2 BIT UPPER TO PC
WAIT10:   JNB   TI,WAIT10
          CLR   TI
          LCALL DELAY
;**********RECEIVE & SEND IN CHANNEL 5**********************
          MOV   SBUF,TL0
WAIT11:   JNB   TI,WAIT11
          CLR   TI
          MOV   SBUF,#00H   ;RAIN GAUGE TO PC
WAIT12:   JNB   TI,WAIT12
          CLR   TI
          MOV   TH0,#00H
          MOV   TL0,#00H
          LCALL DELAY
          LJMP  MAIN
;************START TO A/D CONVERTER************************
ADC:      SETB  P1.4
          CLR   P1.4
          MOV   R4,#08H
LOOP1:    RLC   A
          CLR   P1.3
          MOV   P1.1,C
          SETB  P1.3
          DJNZ  R4,LOOP1
          CLR   A
          MOV   P1,#04H     ;SET PORT 1 BIT 2 FOR INPUT
          CALL  CLK
LOOP2:    MOV   R0,#02H
READ1:    CALL  CLK
      MOV   C,P1.2
          RLC   A
          DJNZ  R0,READ1
          MOV   R2,A        ;STORE 2 BIT MSBS IN R2
          MOV   R0,#08H
          CLR   A
READ2:    CALL  CLK
          MOV   C,P1.2
          RLC   A
          DJNZ  R0,READ2
          MOV   R3,A        ;STORE 8 BIT LSBS IN R3
          SETB  P1.4        ;CS GOES HIGH
          RET
CLK:      CLR   P1.3        ;CLOCK CONTROL A/D
          SETB  P1.3
          RET
DELAY:    MOV   R1,#30H
DELAY1:   DJNZ  R1,DELAY1
          NOP
          RET
          END
```

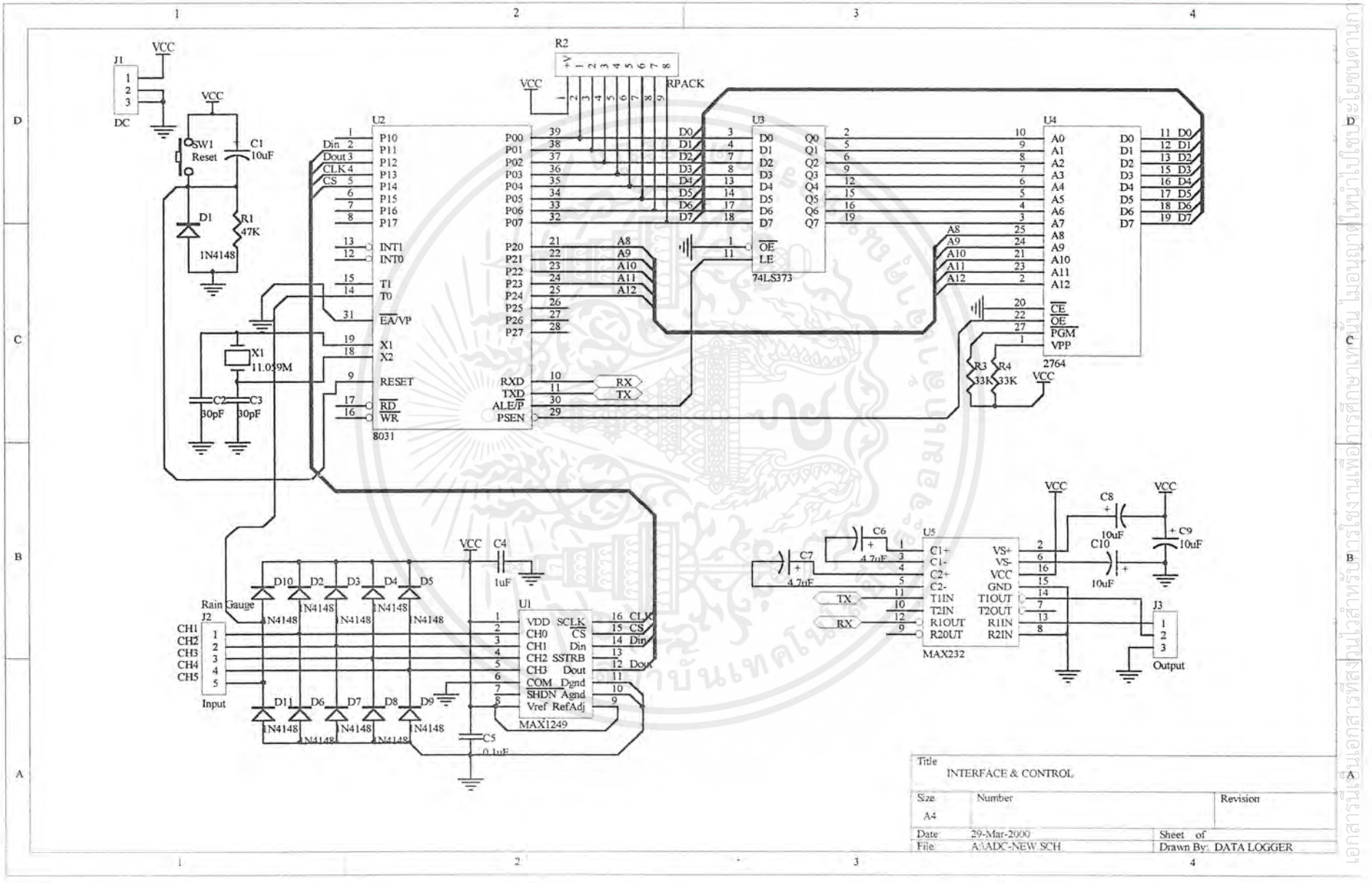
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
วงจรลบสัญญาณ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title			
Size A4	Number		Revision
Date:	29-Mar-2000	Sheet of	
File:	A:\SUBTRACT.SCH	Drawn By:	


J1
DC
VCC
SW1
Reset
C1
10uF
D1
1N4148
R1
47K
X1
11.059M
C2
30pF
C3
30pF
U2
8031
P10
P11
P12
P13
P14
P15
P16
P17
Din
Dout
CLK
CS
INT1
INT0
T1
T0
EA/VP
X1
X2
RESET
RD
WR
P00
P01
P02
P03
P04
P05
P06
P07
P20
P21
P22
P23
P24
P25
P26
P27
RXD
TXD
ALE/P
PSEN
RX
TX
R2
RPACK
U3
74LS373
OE
LE
U4
2764
CE
OE
PGM
VPP
R3
33K
R4
33K
C4
1uF
U1
MAX1249
VDD
SCLK
CH0
CS
CH1
Din
CH2
SSTRB
CH3
Dout
COM
Dgnd
SHDN
Agnd
Vref
RefAdj
C5
0.1uF
Rain Gauge
J2
Input
CH1
CH2
CH3
CH4
CH5
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
1N4148
U5
MAX232
C1+
C1-
C2+
C2-
T1IN
T2IN
R1OUT
R2OUT
VS+
VS-
GND
T1OUT
T2OUT
R1IN
R2IN
C6
4.7uF
C7
4.7uF
C8
10uF
C9
10uF
C10
10uF
J3
Output
Title
INTERFACE & CONTROL
Size
A4
Number
Revision
Date
29-Mar-2000
Sheet of
File
A:\ADC-NEW.SCH
Drawn By: DATA LOGGER

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมและให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับโครงงานชิ้นนี้ซึ่งทำให้โครงงานชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อันได้แก่

1. รศ. ณรงค์ เหมกรณ์
2. ผศ. นิภา ลีลารุจิ
3. นาย ไชยา อุ่นอารมณ์
4. นาย สมพร สะหะวิริยะ
5. นาย เศรษฐกร กาเมือง
6. นาย อดิศร์ เดชารัตน์
7. นาย ฑิฆัมพร บุญชัก
8. นางสาว ขจิตพรรณ มกระธัช
9. นาย ชัยวัฒน์ สมบูรณ์ลาภ

ผู้จัดทำหวังว่าอย่างยิ่งว่า ปริญญานิพนธ์เล่มนี้คงเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและอยากจะนำไปพัฒนาและปรับปรุงให้โครงงานนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น หากปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำกราบขออภัยไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

นาย ธีรพร เลิศชัยพัทธ์
นาย บุญยงค์ ทวีแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กนก กุสุมาลย์นุกูล และ ไกรวุฒิ มันเสถียรสิน. คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย Delphi 4 , กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย,422 หน้า.

[2] ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด . ไมโครโปรเซสเซอร์ 2 , พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพ , 2539 .

[3] ธนัท ชัยยุทธ และ กณพ แก้วพิชัย . ดิจิตอลพื้นฐาน , กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2534 , 492หน้า .

[4] นุกูล กระจาย. การเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูลด้วยเทอร์โบปาสคาล , กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2535.

[5] สมยศ จุณณะปิยะ . การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ , พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ , 2541 .

[6] Charles Calvert . Delphi Programming . Indianapolis : SAMS Publishing , 1995 .

[7] Nell Rubenking . Delphi Programming Problem Solver . Indianapolis : IDG Books Worldwide Publishing , 1996 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้