สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

Remote control using LabVIEW via Network System

โดย

นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์

ปพ.
ณ352ก
2549

เลขหมู่..............................
เลขทะเบียน 72681
วัน,เดือน,ปี 21 มี.ย. 2550

b 11771226
i..............................

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

Remote control using LabVIEW via Network System

โดย

นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน เลขประจำตัว 46010220

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2549
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW
ผู้จัดทำ นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

Remote control using LabVIEW via Network System

นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน เลขประจำตัว 46010220

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระยะไกลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW

นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน รหัส 46010220
ดร.สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการศึกษาวิธีการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่าย โดยใช้โปรแกรม LabVIEW โดยส่วนของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของ server และ 2) ส่วนของ client

ส่วนของ client จะทำหน้าที่รับคำสั่งต่างๆจากผู้ควบคุมเพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์ส่วน server ซึ่งจะต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม โดยอุปกรณ์ที่นำมาควบคุมคือ พาวเวอร์ซัพพลายและดิจิตอลมัลติมิเตอร์เพื่อทำการวัดค่าความต้านทานแผ่น (sheet resistance) ของฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำโดยเทคนิค van der pauw ด้วยการส่งข้อมูลผ่านการ์ด GPIB หลังจากอุปกรณ์ประมวลผลเสร็จก็จะส่งข้อมูลที่ต้องการกลับให้กับส่วนของ server เพื่อส่งข้อมูลกลับมายังส่วนของ client ผ่านระบบเครือข่าย TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote control using LabVIEW via Network System

Miss Nattavadee Katemhuan ID.46010220

Dr. Sutichai Chaisitsak Advisor

Education Year 2006

Abstract

This project is conducted to study a method of remote control for an instrument over the network using LabVIEW program.The program consists of 2 parts 1)server and 2) client

A client-computer will transfer user's command to a server-computer wich is connected to an instrument.Power supply and digital multimeter are controlled via GPIB card to measure the sheet resistance of a semiconductor thin-film by van der pauw technigue.After analyzing from an instrument, the measured data are sent back via a server-computer to a client-computer over TCP/IP network system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงงานชิ้นนี้จะสำเร็จไม่ได้เลยหากปราศจากความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์ ที่คอยแนะแนวทางและให้คำปรึกษาในการทำโครงงานชิ้นนี้มาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆพี่ๆทุกท่านที่มีส่วนในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับความรู้ที่ต้องใช้ ขอขอบคุณผู้จัดทำเวบไซต์ดีๆเกี่ยวกับการศึกษาซึ่งเป็นแหล่งความรู้ที่ดีเยี่ยมสำหรับโครงงานชิ้นนี้ ที่ลืมมิได้คือผู้ปกครองที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

นางสาวณัฐวดี เกตุเหมือน

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
Abstract	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	
บทที่1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน	1
1.2 ขอบเขตของงานที่ทำ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่2 สถาปัตยกรรมเครือข่าย	2
2.1 โปรโตคอลคืออะไร	2
2.2 โปรโตคอลชนิดต่างๆ	2
2.2.1 แบบอ้างอิง OSI	2
2.2.2 ชุดโปโตรคอล TCP/IP	4
2.2.3 ชุดโปรโตคอล IPX/SPX	5
2.2.4 ชุดโปรโตคอล AppleTalk	6
2.2.5 ชุดโปรโตคอล NetBEUI	6
2.3 หลักการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP	7
2.4 เลเยอร์ต่างๆใชชุดโปรโตคอล TCP/IP	8
2.4.1 อินเตอร์เน็ตเลเยอร์(Internet Layer)	8
2.4.1.1 Internet Protocol (IP)	8
2.4.1.2 Address Resolution Protocol(ARP)	8
2.4.2 โฮสต์ทูโฮสต์เลเยอร์ (Host To Host Layer)	9
2.4.2.1 Transmission Control Protocol(TCP)	9
2.4.2.2 User Datagram Protocol(UDP)	9
2.4.3 แอพพลิเคชั่นเลเยอร์(Application Layer)	10
2.5 หมายเลขไอพี	10
2.6 หมายเลขพอร์ท	10
บทที่3 โปรแกรม LabVIEW	12
3.1 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 Front Panel 12
3.1.2 Block Diagram 13
3.2 หลักการทำงานของโปรแกรม LabVIEW 14
3.3 ประเภทของข้อมูล(Data Type) 15
3.4 การรับส่งข้อมูลผ่านระบบ TCP/IP 16
3.5 การรับส่งข้อมูลผ่านทาง GPIB Bus 18
3.5.1 คุณสมบัติและการใช้งานของ GPIB 18
3.5.1.1 โครงสร้างของ IEE 488 18
3.5.1.2 ขีดจำกัดของ IEE 488 19
3.5.1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE 488 19
3.5.1.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในระบบ IEE-488 BUS 21
3.6 การรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทขนาน 23
บทที่4 การวัดความต้านแผ่นของสารกึ่งตัวนำด้วยเทคนิค van der pauw 25
4.1 เทคนิคการวัดของ van der pauw 25
4.2 คำนิยามสำหรับการวัดสภาพต้านทาน 26
4.3 การวัดสภาพต้านทาน 26
4.4 การคำนวณสภาพต้านทาน 28
บทที่5 ขั้นตอนการทำโครงงาน 29
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานแผ่นสารกึ่งตัวนำ 29
5.2 ขั้นตอนการทดลอง 29
5.2.1 การวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยไม่ใช้โปรแกรมควบคุม 29
5.2.2 การวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยใช้โปรแกรมควบคุมและรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย 30
5.2.3 การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม 30
บทที่6 ผลการทำโครงงาน 31
บทที่7 สรุปผลการทำโครงงาน 36
7.1 ผลการวัดความต้านทานแผ่น ITO 36
7.2 สรุปการทำงานของโปรแกรม 36

อ้างอิง
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่2.1	แบบอ้างอิง OSI	3
รูปที่3.1	แสดงหน้า Front Panel	12
รูปที่3.2	แสดงก) Control Palette ข) Tools Palette	13
รูปที่3.3	แสดงหน้า Block Diagram	13
รูปที่3.4	แสดง ก) Function Palette ข) Tools Palette	14
รูปที่3.5	แสดง ประเภทของข้อมูลในหน้า Front Panel และ Block Diagram	15
รูปที่3.6	แสดง การป้อนข้อมูลผิดประเภท	16
รูปที่3.7	แสดงบล็อกไดอะแกรมของ server	16
รูปที่3.8	แสดงบล็อกไดอะแกรมของ client	16
รูปที่3.9	อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ TCP/IP	17
รูปที่3.10	แสดงขั้วต่อและสายนำสัญญาณของ GPIB	20
รูปที่3.11	แสดงการเชื่อมต่อแบบต่อเนื่องกัน	21
รูปที่3.12	แสดงการเชื่อมต่อแบบกระจาย	22
รูปที่ 3.13	แสดงฟังก์ชั่นของการติดต่อกับพอร์ท GPIB	22
รูปที่3.14	อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านGPIB	22
รูปที่3.15	แสดงรูปพอร์ทขนาน	23
รูปที่3.14	แสดงฟังก์ชั่นของการติดต่อกับพอร์ทขนาน	24
รูปที่3.12	อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ทขนาน	24
รูปที่4.1	การวัดความต้านทาน โดยเทคนิค van der pauw	25
รูปที่4.2	รูปทรงแบบต่างๆ ของเทคนิค van der pauw	27
รูปที่5.1	แสดงการเซ็ตอุปกรณ์ต่างๆเพื่อวัดค่าความต้านทานแผ่นสารกึ่งตัวนำผ่านระบบเครือข่าย	30
รูปที่6.1	แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรม	31
รูปที่6.2	แสดงหน้า front panel ส่วนของ server และ client ในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย	32
รูปที่7.1	แสดงแบบจำลองการทำงานของระบบในการรับส่งข้อมูล	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่2.1	OSI Protocal	4
ตารางที่2.2	เปรียบเทียบแบบอ้างอิง OSI และ TCP/IP	5
ตารางที่2.3	การเปรียบเทียบโปรโตคอล OSI และ IPX /SPX	5
ตารางที่2.4	เปรียบเทียบแบบอ้างอิง OSI และ AppleTalk	6
ตารางที่2.5	เปรียบเทียบระหว่างแบบอ้างอิง OSI และ NetBEUI	7
ตารางที่2.6	แสดงหมายเลขพอร์ทของบางแอพพลิเคชั่น	11
ตารางที่3.1	หน้าที่ของแต่ละพินของ 24-Pin GPIB Bus	20
ตารางที่3.2	หน้าที่ของแต่ละพินของ DB 25	23
ตารางที่6.1	แสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากการวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยไม่ใช้โปรแกรมควบคุม	33
ตารางที่6.2	แสดงค่าต่างๆในหน้า front panel ที่ทำการวัดและคำนวณได้	34
ตารางที่6.3	แสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากการวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยใช้โปรแกรมควบคุม	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ปัจจุบันนี้การสื่อสารแบบไร้พรมแดนที่ใช้ระบบอินเตอร์เน็ตมีใช้กันอย่างแพร่หลายและแทบจะกล่าวได้ว่าอินเตอร์เน็ตเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของทุกคนไม่ว่าจะเป็นนักเรียน นักศึกษา คนทำงานหรือแม้แต่บุคคลทั่วไปต่างก็ต้องใช้อินเตอร์เน็ตในแง่ต่างๆ ซึ่งการเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ในระบบอินเตอร์เน็ตนั้นมีประโยชน์มากมาย เช่น สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถแชร์ทรัพยากรร่วมกัน ซึ่งข้อดีต่างๆเหล่านี้ของระบบอินเตอร์เน็ตนี่เองจึงทำให้มีการควบคุมเครื่องมือต่างๆผ่านระบบอินเตอร์เน็ตขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1.เพื่อศึกษาการเขียนและใช้งานโปรแกรม LabVIEW

2.เพื่อเรียนรู้หลักการเบื้องต้นของระบบ Network

2.เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรม LabVIEW ควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบ TCP/IP ได้

1.2 ขอบเขตของงานที่ทำ

ในการทำโครงงานชิ้นนี้จะเป็นการศึกษาการควบคุมอุปกรณ์ระยะไกลให้สามารถรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย TCP/IP โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งอุปกรณ์ที่นำมาควบคุมคือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์และ พาวเวอร์ซัพพลาย โดยควบคุมผ่าน GPIB Bus และ พอร์ทขนาน เพื่อทำการเขียนโปรแกรมวัดความต้านทานแผ่นของสารกึ่งตัวนำ(ITO) ซึ่งในส่วนของโปรแกรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ client และส่วนของ server โดยในการทดสอบการควบคุมผ่านเครือข่ายนั้นทำได้โดยการนำผลการทดลองวัดแบบผ่านเครือข่ายและไม่ผ่านเครือข่ายมาเปรียบเทียบกันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการควบคุมอุปกรณ์และรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย

1.3ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้เรียนรู้วิธีการใช้งานโปรแกรม LabVIEW

2.ได้เรียนรู้เกี่ยวกับระบบ Network

3.สามารถควบคุมอุปกรณ์ผ่านระบบ TCP/IP โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ส่งข้อมูลผ่านทาง GPIB Bus ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
สถาปัตยกรรมเครือข่าย

2.1โปรโตคอลคืออะไร

การพัฒนามาตรฐานเพื่อให้คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้นมีมาตรฐานคือ โปรโตคอล(Protocal) ดังนั้นโปรโตคอลคือ กฎ ขั้นตอน และรูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องใดๆที่เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย

โปรโตคอลของเครือข่ายบางทีอาจเรียกว่า"สถาปัตยกรรมเครือข่าย(Network architecture)" เนื่องจากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ปัจจุบันเป็นระบบที่ซับซ้อนมากทำให้ยาก ต่อการออกแบบโดยคนๆเดียว หรือคนกลุ่มเดียว เพื่อให้การพัฒนาระบบ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและง่ายขึ้น จึงมีการแบ่งโปรโตรคอลออกเป็นชั้นๆหรือเลเยอร์(layer) การทำงานในแต่ละเลเยอร์จะไม่ซ้ำซ้อนกัน ซึ่งเลเยอร์ที่อยู่ต่ำกว่าจะทำหน้าที่ให้บริการ(service) กับชั้นที่อยู่สูงกว่า โดยเลเยอร์ที่อยู่สูงกว่าไม่จำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดว่าเลเยอร์ที่อยู่ต่ำกว่ามีวีให้บริการอย่างไร เพียงแค่รู้ว่ามีบริการอะไรบ้าง และแต่ละบริการคืออะไรก็เพียงพอ ซึ่งแนวความคิดนี้จะเรียกว่า "เทคโนโลยีเลเยอร์ (Layer Technology)" ชุดโปรโตคอลที่จะกล่าวถึงมีแบบอ้างอิง OSI, ชุดโปรโตคอล TCP/IP, ที่ใช้ในอินเตอร์เน็ต, ชุดโปรโตคอล IPX/SPX ที่ใช้กับระบบปฏิบัติการเครือข่ายของบริษัทโนเวลล์, ชุดโปรโตคอล AppleTalk ของบริษัทแมคอินทอช

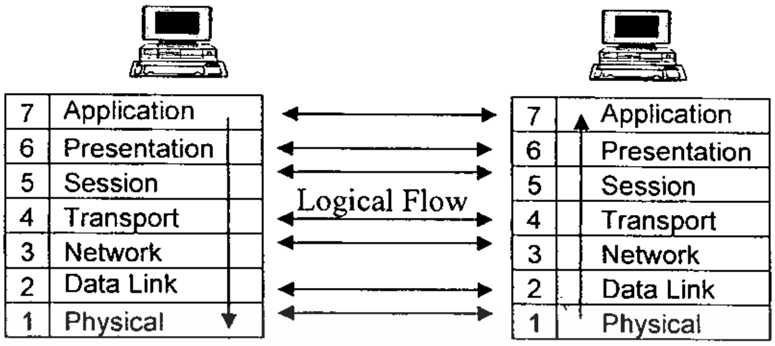
และเนื่องจากในโครงงานชิ้นนี้เป็นการนำชุดโปรโตคอล TCP/IP มาใช้ในการสื่อสารข้อมูลและในการเขียนโปรแกรมก็นำฟังก์ชั่นโปรโตคอล TCP/IP มาใช้ จึงขอกล่าวเฉพาะรายละเอียดของชุดโปรโตคอล TCP/IP ส่วนชุดโปรโตคอลอื่นๆจะขอกล่าวอย่างคร่าวๆดังต่อไปนี้

2.2 โปรโตคอลชนิดต่างๆ

2.2.1 แบบอ้างอิง OSI

แบบอ้างอิงนี้จะแบ่งขั้นตอนการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ออกเป็น 7 ขั้นตอน หรือเลเยอร์ การแบ่งขั้นตอนต่างๆเหล่านี้จะยึดหักเหมือนกับการสื่อสารทั่วไป เช่น การรับส่งจดหมายทางไปรษณีย์ จะมีขั้นตอนคร่าวๆคือ การสื่อสารด้วยจดหมายนั้น ขั้นตอนของผู้ส่งกับขั้นตอนของผู้รับนั้นจะคล้ายๆกันเพียงแต่ลำดับเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นในทางตรงข้ามเท่านั้น การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ก็จะเป็นไปในลักษณะคล้ายๆกันกล่าวคือ จะแบ่งการทำงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการข้อความที่ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.1 แบบอ้างอิง OSI

การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องใดๆในเครือข่ายจะมีขั้นตอนการสื่อสารดังแสดงในรูปที่ 2.1 การสื่อสารจะเริ่มจากการที่ผู้ใช้มีข้อมูลที่ต้องการส่งไปยังผู้ใช้อีกคนหนึ่งที่ใช้คอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง ข้อมูลนั้นก็ส่งผ่านไปยังเลเยอร์ที่ 7 ในเลเยอร์นี้ข้อมูลก็จะถูกดัดแปลงและใส่ข้อมูลบางอย่างเพิ่มเติม แล้วจะถูกส่งต่อไปยังเลเยอร์ที่ต่ำกว่า จะทำอย่างนี้เรื่อยๆจนถึงเลเยอร์ที่อยู่ต่ำสุด ข้อมูลก็จะถูกแปลงเป็นสัญญาณเพื่อส่งผ่านสายสัญญาณ หรือสื่อกลางที่เชื่อมกันระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่องนี้ จนถึงเครื่องรับ ส่วนกระบวนการในการรับข้อมูลของเครื่องรับนั้นก็จะทำในทางตรงกันข้ามกับเครื่องส่งข้อมูล กล่าวคือ จะเริ่มกระบวนการรับข้อมูลจากเลเยอร์ 1 ก่อน และส่งต่อไปเรื่อยๆ จนถึงเลเยอร์ 7 และส่งต่อให้แอพพลิเคชั่นของผู้ใช้ต่อไป

การทำงานในแต่ละเลเยอร์จะเป็นไปในรูปแบบที่ว่าแต่ละเลเยอร์จะคอยให้บริการ(Service) ให้กับเลเยอร์ที่อยู่สูงกว่าและติดกัน โดยเลเยอร์ที่ใช้บริการจะไม่สนใจรายละเอียดว่าเลเยอร์ที่ให้บริการจะมีวิธีการทำงานอย่างไร เพียงแค่รู้ว่าข้อมูลนั้นจะถูกส่งถึงปลายทางก็พอ

การจัดเรียงโปรโตคอลเป็นชั้นๆ หรือเลเยอร์นี้ก็เพื่อจำลองการไหลของข้อมูลจากเครื่องส่งถึงเครื่องรับ แต่ละชั้นจะส่งข้อมูลต่อไปยังชั้นที่อยู่ติดกัน เช่น ถ้าเป็นการส่งข้อมูล ข้อมูลต่อถูกส่งต่อไปยังชั้นที่อยู่ต่ำกว่าถัดลงไป แต่ถ้าเป็นการรับข้อมูล ข้อมูลต่อถูกส่งต่อจากข้างล่างขึ้นข้างบน แต่ละชั้นจะมีจุดเชื่อมต่อกับชั้นที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อให้การติดต่อสื่อสารสำเร็จได้ การติดต่อสื่อสารของแต่ละชั้นจะเป็นแบบเพียร์ทูเพียร์(Peer-to-Peer) หมายความว่าโปรโตคอลชั้นที่อยู่ฝั่งส่งจะติดต่อกับกับโปรโตคอลชั้นเดียวกันที่อยู่ฝั่งรับ ข้อมูลที่อยู่ในชั้นนี้จะมีความหมายเฉพาะกับโปรโตคอลที่อยู่ระดับเดียวกันของฝั่งตรงข้ามเท่านั้น

ถึงแม้ว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังโปรโตคอลชั้นที่อยู่ติดกัน แต่ละชั้นคิดว่าเป็นเหมือนกับการส่งข้อมูลไปยังชั้นเดียวกันที่อยู่อีกฟากหนึ่ง เพื่อให้การสื่อสารแบบนี้เกิดขึ้นได้ แต่ละชั้นจะทำการเพิ่มข้อมูลบางอย่างไว้กับข้อมูลบางอย่างที่ได้รับเข้ามาจากชั้นที่อยู่บน ข้อมูลส่วนที่เพิ่มมาเรียกว่า "ข้อมูลส่วนหัว (Header)" ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะเข้าใจและนำไปใช้เฉพาะโปรโตคอลที่อยู่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันของอีกฝ่ายเท่านั้น ทางฝั่งผู้ส่งข้อมูลส่วนหัวจะถูกเพิ่ม ส่วนทางผู้รับข้อมูลส่วนหัวจะถูกนำออก

ชุดโปรโตคอล OSI ประกอบด้วยโปรโตคอลมาตรฐานหลายโปรโตคอล โปรโตคอลเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการนานาชาติเพื่อพัฒนาโปรโตคอลและมาตรฐานอื่นๆ เพื่อเอื้ออำนวยให้อุปกรณ์เครือข่ายที่ผลิตจากบริษัทต่างๆ สามารถทำงานร่วมกันได้ ข้อกำหนดของมาตรฐาน OSI ถูกจัดทำโดย 2 องค์กร คือ ISO และ ITU-T

ตารางที่ 2.1 OSI Protocal

OSI Reference Model		OSI Protocal
7	Application	CMIP, DS, FTAM, MHS, VTP
6	Presentation	Presentaion Service/Presentation Protocol
5	Session	Session Service/Session Protocol
4	Transport	TP0,TO1,TP2,TP3,TP4,TP5
3	Network	CONP/CMNS,CLNP/CLNS,IS-IS,ES-IS
2	Data Link	IEEE802.2,IEEE802.3,IEEE802.5,FDDI,X.25
1	Physical	IEEE802.2,IEEE802.3,IEEE802.5,FDDI,X.25 Hardware Hardware Hardware Hardware

2.2.2 ชุดโปโตรคอล TCP/IP

ชุดโปโตรคอล TCP/IP(Tranmission Control Protocol/Internet Protocol) ได้ถูกพัฒนามาแล้วกว่า 20 ปี ซึ่งเริ่มจากการวิจัยที่สนับสนุนโดยกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ก็เพื่อเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ต่างแพลตฟอร์มกันให้สามารถสื่อสารกันผ่านเครือข่ายได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยการแบ่งโปรโตคอลเป็นชั้นและเป็นการแยกกันทำงานของแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้ออกจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้รับส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย ชุดโปรโตคอลนี้จะมีการจัดรูปแบบที่แตกต่างจากแบบอ้างอิง OSI เล็กน้อยการออกแบบชุดโปรโตคอล TCP/IP จะมุ่งเน้นไปที่การเชื่อมต่อระหว่างระบบที่ต่างกันในขณะที่อ้างอิงแบบ OSI จะเน้นไปที่การแบ่งการทำงานของโปรโตคอลออกเป็นชั้นๆ การออกแบบ TCP/IP ยังคงเป็นแบบชั้นๆเหมือนกัน แต่เมื่อถึงตอนทำจริงๆ ก็จะให้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบซึ่งเป็นผลให้ชุดโปรโตคอล OSI เหมาะสำหรับให้อธิบายการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายได้ดีกว่าในขณะที่ชุดโปรโตคอล TCP/IP เป็นที่นิยมมากกว่าในการนำไปใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบแบบอ้างอิง OSI และ TCP/IP

<table>
<tr><th colspan="2">OSI Reference Model</th><th colspan="3">TCP/IP</th></tr>
<tr><td>7</td><td>Application</td><td rowspan="2">Appli cation</td><td colspan="2" rowspan="2">FTP,Telnet,HTTP,SMTP,SNMP,DNS, etc</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Presentation</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Session</td><td rowspan="2">Host-To-Host</td><td rowspan="2">TCP</td><td rowspan="2">UDP</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Transport</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">Network</td><td rowspan="2">Internet</td><td>ICMP,IGMP</td><td rowspan="2">ARP,RARP</td></tr>
<tr><td>IP</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Data Link</td><td rowspan="2">Network Access</td><td colspan="2" rowspan="2">Not Specified</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Physical</td></tr>
</table>

เนื่องจากในโปรเจคนี้เป็นการนำเอาชุดโปรโตคอล TCP/IP มาใช้จึงจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อที่2.3

2.2.3 ชุดโปรโตคอล IPX/SPX

หลักการทำงานของโปรโตคอล IPX จะคล้ายกับโปรโตคอล IP คือ แพ็คเกจที่ส่งออกไปจะไม่ถูกตอบรับจากอีกฝั่ง ส่วนโปรโตคอล SPX ก็จะมีหลักการทำงานคล้ายกับโปรโตคอล TCP ตารางที่ 2.3 เป็นการเปรียบเทียบลำดับชั้นของชุดโปรโตคอล IPX/SPX และแบบอ้างอิง OSI โปรโตคอล IPX และ SPX เปรียบได้กับโปรโตคอลในเลเยอร์ 3 และ 4 ของแบบอ้างอิง OSI

ตารางที่2.3 การเปรียบเทียบโปรโตคอล OSI และ IPX /SPX

<table>
<tr><th colspan="2">OSI Refernce Model</th><th colspan="5">IPX/SPX Protocol</th></tr>
<tr><td>7</td><td>Application</td><td rowspan="3">RIP</td><td rowspan="3">SAP</td><td rowspan="3">NCP</td><td rowspan="3">NLSP</td><td rowspan="5">Misc. Protocol</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Presentation</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Session</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Transport</td><td colspan="3" rowspan="2">IPX</td><td>SPX</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Network</td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>Data Link</td><td colspan="5">Open Data Link Interface</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Physical</td><td colspan="5">Medium Access</td></tr>
</table>

ชุดโปรโตคอล IPX /SPX จะแบ่งออกเป็น 4 ชั้นๆ ได้แก่ Application, Internet, Data Link และ Medium Access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ชุดโปรโตคอล AppleTalk

โปรโตคอล AppleTalk เป็นโปรโตคอลที่ใช้สร้างเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์และจะให้บริการเกี่ยวการแชร์ไฟล์และเครื่องพิมพ์ดังนั้นคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะเป็นได้ทั้งเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนท์ได้ในเวลาเดียวกัน โปรโตคอลในชุด AppleTalk จะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ แอพพลิเคชั่น (Application), ทรานสปอร์ต(Transport), ดาต้าแกรมดีลิเวอรี(Datagram Delivery), และเน็ทเวิร์คแอคเซสส์(Network Access) การทำงานของโปรโตคอลในแต่ละชั้นจะใกล้เคียงกับโปรโตคอลของแบบอ้างอิง OSI มากโดยเฉพาะในชั้นเครือข่ายและชั้นเคลื่อนย้ายข้อมูล ส่วนชั้นกายภาพและชั้นเชื่อมโยงข้อมูลจะถูกรวมให้เป็นเลเยอร์เดียวกัน ส่วนเลเยอร์สูงสุดจะรวมเอาเลเยอร์นำเสนอเข้าไปด้วย ตารางที่2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบอ้างอิง OSI และเลยอร์ของโปรโตคอลแอปเปิ้ลทอร์ค

ตารางที่2.4 เปรียบเทียบแบบอ้างอิง OSI และ AppleTalk

OSI Refernce Model		**Apple Talk Protocol**
7	Application	Application
6	Presentation	
5	Session	Session
4	Transport	Transport
3	Network	Datagram Delivery
2	Data Link	Network Access
1	Physical	

2.2.5 ชุดโปรโตคอล NetBEUI

โปรโตคอล NetBEUI (ย่อมาจาก “NetBIOS Extended User Interface” ส่วน NetBIOS ย่อมาจาก Network Basic Input/Output System) ซึ่งเป็นชุดโปรโตคอลที่พัฒนาโดย IBM และเริ่มใช้เมื่อปี 1985 โปรโตคอลนี้มีขนาดเล็กเมื่อเปรียบกับโปรโตคอลอื่นๆ แต่มีประสิทธิภาพสูง และเหมาะสำหรับเครือข่ายขนาดเล็ก

โปรโตคอล NetBEUI จะเทียบได้กับชั้นเครือข่ายและชั้นเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอ้างอิง OSI ดังแสดงในตารางที่2.5 โปรโตคอลนี้จะสร้างการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่อง แล้วทำให้สองเครื่องนี้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.5 เปรียบเทียบระหว่างแบบอ้างอิง OSI และ NetBEUI

OSI Refernce Model		
7	Application	
6	Presentation	
5	Session	
4	Transport	NetBEUI
3	Network	
2	Data Link	
1	Physical	

2.3 หลักการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP

หลักการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP สรุปได้ดังนี้คือ การสื่อสารจะเริ่มจากแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้ส่งข้อมูลให้กับโปรโตคอลในชั้นแอพพลิเคชั่น หลังจากนั้นชั้นแอพพลิเคชั่นจะเพิ่มข้อมูลส่วนหัวซึ่งจะแระกอบด้วยชื่อของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการสื่อสารด้วยและหมายเลขพอร์ทของเครื่องนั้นข้อมูลก็จะถูกส่งต่อไปยังชั้นเชื่อมต่อโฮสต์ ซึ่งอาจจะใช้โปรโตคอล TCP/IP หรือ UDP ขึ้นอยู่กับแอพพลิเคชั่นที่ใช้เมื่อชั้นนี้ได้รับข้อมูลก็จะแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆซึ่งแต่ละส่วนจะถูกเพิ่มข้อมูลส่วนหัวเข้าไป ข้อมูลส่วนย่อยๆนี้จะเรียกว่า “เซ็กเมนต์ (Segment)”

ข้อมูลส่วนหัวของแต่ละเซ็กเมนต์จะถูกเพิ่มเข้าไปอย่างเหมาะสมหลังจากนั้นแต่ละเซ็กเมนต์ก็จะถูกส่งต่อไปในชั้นอินเตอร์เน็ต เมื่อข้อมูลมาถึงชั้นนี้ก็จะถูกเพิ่มข้อมูลส่วนหัวให้แต่ละเซ็กเมนต์เช่นกัน ข้อมูลที่เพิ่มเข้าไปเช่น หมายเลข IP ประเภทของโปรโตคอลที่ใช้(TCP หรือ UDP) และ Checksum เป็นต้น ถ้าข้อมูลที่ส่งมามีการแบ่งย่อยอีกก็จะมีการเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวกับการแบ่งย่อยนี้เข้าไปด้วย ชุดข้อมูลที่อยู่ในชั้นนี้จะเรียกว่า “แพ็กเก็ต” หลังจากนั้นแต่ละแพ็กเก็ตข้อมูลก็ก็ส่งต่อไปให้ชั้นเข้าใช้เครือข่าย เพื่อทำการส่งข้อมูลไปตามช่องสื่อสารต่อไป เมื่อแพ็กเก็ตเดินทางไปถึงที่หมาย เครื่องปลายทางก็จะทำตามขั้นตอนที่ตรงกันข้ามกับเครื่องส่ง และข้อมูลก็จะถูกส่งผ่านต่อไปให้แอพพลิเคชั่นเพื่อนำข้อมูลไปโพรเซสต่อไป ซึ่งในโปรโตคอล TCP/IP ประกอบด้วยโปรโตคอลย่อยที่ทำงานในเลเยอร์ต่างดังจะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เลเยอร์ต่างๆใชชุดโปรโตคอล TCP/IP

2.4.1 อินเตอร์เน็ตเลเยอร์(Internet Layer)

สำหรับโปโตคอลต่างๆที่อยู่ในเลเยอร์นี้ได้แก่

2.4.1.1 Internet Protocol (IP)

โปรโตคอล IP ทำหน้าที่เสมือนกับที่ทำการไปรษณีย์ กล่าวคือ โปรโตคอล IP จะทำหน้าที่จัดการเกียวกับการส่งแพ็กเก็ตหรือบางทีเรียกว่า "ดาต้าแกรม (Datagram)" คือหน่วยของข้อมูลที่รับมาจากโปรโตคอลที่อยู่เลเยอร์ที่สู'กว่า เช่น TCP และUDP ถ้าโฮสต์ปลายทางอยู่คนละเครือข่ายกับโฮสต์ที่ส่งข้อมูล IP ก็จะรับผิดชอบในการจัดเส้นทาง (Routing) ให้แพ็กเก็ตส่งไปยังเครือข่ายที่โฮสต์นั้นอยู่ซึ่งในการจัดการส่งแพ็กเก็ตข้ามเครือข่ายนั้น IP จะใช้เราท์เตอร์(Router) ในการเชื่อมต่อเครือข่ายเหล่านั้น โดยทั่วไปแล้วอุปกณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างเครือข่ายจะเรียกว่าเราท์เตอร์ แต่บางที่อุปกรณ์เหล่านี้จะเรียกว่า "เกทเวย์(Gateway)" ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนประตูไปยังเครือข่ายอื่นๆ อย่างไรก็ตามทั้งเราท์เตอร์และเกทเวย์เป็นอุปกณ์ที่ทำหน้าที่ในเลเยอร์ 3 เหมือนกัน

โปรโตคอล IP เป็นโปรโตคอลที่ให้บริการแบบคอนเน็กชั่นเลส(Connectionless) ซึ่งทำให้มีความน่าเชื่อถือน้อย เนื่องจากไม่มีการสร้างเชื่อมต่อก่อนที่จะทำการรับส่งข้อมูล

2.4.1.2 Address Resolution Protocol(ARP)

การที่คอมพิวเตอร์ที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันต้องการที่จะสื่อสารกันจำเป็นต้องทราบหมายเลขเน็ตเวิร์คการ์ด หรือแม็กแอดเดรส (MAC Address) ของกันและกัน แพ็กเก็ตอีจะถูกห่อหุ้มด้วยเฟรมในระดับดาต้าลิงก์ ซึ่งแม็กแอดเดรสของเครื่องรับและเครื่องส่งจะถูกใส่ไปด้วย ปัญหาคือไม่ทราบหมายเลขแม็กแอดเดรสของเครื่องรับ

โปรโตคอล ARP จะทำหน้าที่ค้นหาหมายเลขแม็กแอดเดรสของเครื่องที่มีหมายเลขไอพีที่ต้องการ หลักการทำงานของ ARP คือ โฮสต์ที่ต้องการทราบหมายเลขแม็กแอดเดรสของเครื่องที่มีหมายเลขไอพีนั้น จะทำการบรอดคาสต์แพ็กเก็ตไปยังคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกัน ถ้ามีเครื่องที่มีหมายเลขไอพีดังกล่าวเครื่องนั้นก็จะตอบกลับมาพร้อมหมายเลขแม็กแอดเดรสของเครื่องนั้น หลังจาก เครื่องส่งก็สามารถสื่อสารกับเครื่องปลายทางได้โดยตรงโดยใช้แม็กแอดเดรสที่ส่งมาพร้อมกับแพ็กเก็ตตอบกลับ

ส่วนโปรโตคอลที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับโปรโตคอล ARP คือ RARP (ReverseAddress Resolution Protocal) ซึ่งโปรโตคอลนี้จะช่วยโฮสต์ที่รู้หมายเลขแม็กแอดเดรสแต่ไม่รู้หมายเลขไอพี

Internet Control Message Protocol(ICMP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอล ICMP ทำหน้าที่รายงานข้อผิดพลาดต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างที่มีการส่งแพ็กเก็ตในเครือข่าย ICMP ใช้การส่งแบบคอนเน็กชั่นเลส หมายถึงการรับส่งข้อมูลที่ฝ่ายรับและฝ่ายส่งไม่ได้ประสารกันก่อน ดังนั้นโอกาสที่แพ็กเก็ตจะส่งไม่ถึงปลายทางจึงเป็นไปได้สูง

Internet Group Management Protocal(IGMP)

โปรโตคอล IGMP จะทำหน้าที่แจ้งให้เราท์เตอร์ทราบเกี่ยวกับกลุ่มของหมายเลขไอพีที่เป็นมัลติคาสต์(Multicast) ซึ่งข้อมูลนี้จะถูกส่งต่อๆกันไปยังเราท์เตอร์ต่างๆที่อยู่ในเครือข่ายเพื่อให้เครือข่ายสามารถรองรับการรับส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์ได้ การส่งแพ็กเก็ตของ IGMP จะส่งเป็นไอพีดาต้าแกรมซึ่งเป็นการส่งแบบคอนเน็กชั่นเลส

2.4.2 โฮสต์ทูโฮสต์เลเยอร์ (Host To Host Layer)

สำหรับโปรโตคอลต่างๆที่อยู่ในเลเยอร์นี้ได้แก่

2.4.2.1 Transmission Control Protocol(TCP)

โปรโตคอล TCP เป็นโปรโตคอลที่ให้บริการแบบคอนเน็กชั่นโอเรียนเต็ต (Connectio – Oriented) ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ดังนั้นก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลต้องสร้างเซสชั่นเพื่อเชื่อมต่อกับโฮสต์ปลายทางก่อน เซสชั่นเป็นการสรางการสนทนาอย่างเป็นรูปแบบระหว่างทั้งสองโฮสต์เพื่อใช้สำหรับการกู้คืนข้อมูลเมื่อเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการรับส่งข้อมูล จากนั้น TCP จะส่งข้อมูลจนสำเร็จ ซึ่งถ้าข้อมูลมีขนาดใหญ่ก็จะถูกแบ่งย่อยเป็นหลายแพ็กเก็ต โปรโตคอล TCP จะทำหน้าที่ควบคุมการรับส่งแพ็กเก็ตข้อมูลย่อยๆเหล่านี้

2.4.2.2 User Datagram Protocol(UDP)

โปรโตคอล UDP จะให้บริการการส่งข้อมูลแบบคอนเน็กชั่นเลส หรือ บางทีเรียกว่า "ดาต้าแกรม(Datagram)" ซึ่งจะเป็นการให้บริการแบบตรงข้ามกับคอนเน็กชั่นโอเรียนเต็ตของโปรโตคอล TCP/IP การส่งข้อมูลแบบนี้จะเป็นแบบที่เชื่อถือไม่ได้ โดยพยายามจะส่งข้อมูลให้ดีที่สุด ในการรับส่งข้อมูลแต่ละครั้งนั้นจะไม่มีการสร้างเซสชั่นก่อนและไม่มีกลไกการตอบกลับแพ็กเก็ตเหมือนโปรโตคอล TCP/IP เหตุที่ตัดกลไกนี้ออกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลนั่นเอง แต่ข้อเสียคือ แพ็กเก็ตอาจสูญหายระหว่างทางซึ่งทางฝ่ายส่งจะไม่ทราบเลย ดังนั้นโปรโตคอลที่อย่เหนือกว่าต้องรับผิดชอบกี่ยวกับการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลเอง

ถึงแม้ว่าโปรโตคอล UDP จะมีความเชื่อถือน้อยแต่ก็มีข้อดีหลายอย่าง เช่น ถ้าข้อมูลที่ต้องการส่งมีขนาดเล็กมากก็จะเป็นการเสียเวลาถ้าต้องสร้างเซสชั่นการเชื่อมต่ระหว่าง 2 โฮสต์ก่อนส่ง และอีกกรณีหนึ่งคือ การส่งข้อมูลแบบกระจาย หรือบรอดคาสต์(Broadcast) และ มัลติคาสต์ (Multicast) การสร้างเซสชั่นจะเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากเซสชั่นเป็นการเชื่อมต่อระหว่าง 2 โฮสต์เท่านั้น ดังนั้นการบรอดคาสต์และมัลติคาสต์ขะใช้โปรโตคอล UDP เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 แอพพลิเคชั่นเลเยอร์(Application Layer)

การทำงานของโปรโตคอลในชั้นนี้จะเป็นการเข้าใช้ทรัพยากรระยะไกล (Remote Access) และการแชร์การใช้ทรัพยากร (Resource Sharing) โปรโตคอลแอพพลิเคชั่นที่จัดอยู่ในชั้นนี้ได้แก่ HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) ใช้สำหรับการรับส่งไฟล์เวบระหว่างเวบบราวเซอร์และเซิร์ฟเวอร์ สำหรับโปรโตคอลต่างๆที่อยู่ในเลเยอร์นี้ได้แก่

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) ใช้สำหรับการรับส่งอีเมล์ระหว่างเมล์เซิร์ฟเวอร์

POP (Post Office Protocol) ใช้สำหรับดาวน์โหลดอีเมล์จากเมล์เซิร์ฟเวอร์

IMAP (Internet Message Access Protocol) ใช้สำหรับดาวน์โหลดอีเมล์จากเมล์เซิร์ฟเวอร์

FTP (File Transfer Protocol) ใช้สำหรับถ่ายโอนไฟล์ระหว่างโฮสต์

Telnet ใช้สำหรับการล็อกอินเข้าใช้โฮสต์ระยะไกล

2.5 หมายเลขไอพี

หมายเลขพี (IP Addressing) คือเลขที่บอกที่อยู่เฉพาะของโหนดหรือโฮสต์ที่อยู่ในเครือข่ายรวมถึงคอมพิวเตอร์และเราท์เตอร์ที่อยู่บนระบบเครือข่าย หมายเลขนี้จะเป็นที่อยู่ที่อยู่ในเลเยอร์ที่ 3 หรือชั้นเครือข่ายหมายเลขไอพีของแต่ละเครื่องที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันจะต้องไม่ซ้ำกัน อย่างไรก็ตามโฮสต์หนึ่งอาจจะมีหมายเลขไอพีมากกว่าหนึ่งหมายเลขก็ได้ ซึ่งอาจจะมีประโยชน์ในการจัดการวงข่ายเช่น เราท์เตอร์ หรือ เกตเวย์ เป็นต้น

ปัจจุบันโปรโตคอล IP ที่ใช้งานอยู่ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจะเป็นเวอร์ชั่น 4 หรือเรียกสั้นๆว่า "IPv4" ซึ่งในเวอร์ชั่นนี้หมายเลขไอพีจะมีขนาด 32 บิต เนื่องจากเลขฐานสองของ 32 บิต เป็นตัวเลขที่ยาวและยากต่อการจดจำ ดังนั้นเพื่อเป็นการง่ายหมายเลขไอพีจึงนิยมเขียนให้อยู่ในรูปแบบด็อตเดซิมอล (Dotted Decimal Notation) การเขียนให้อยู่ในรูปแบบนี้จะทำได้โดยการจัดกลุ่มเลขฐานสองเป็น 4 กลุ่มๆละ 8 บิต หลังจากนั้นให้แปลงเลขฐานสองของแต่ละกลุ่มให้เป็นเลขฐานสิบ เมื่อแปลงเสร็จแล้วให้เอาเลขทั้งสี่ตัวมารวมกันโดยใช้จุดเป็นตัวเชื่อม เนื่องจากหมายเลขไอพีที่เป็นเลขฐานสิบนี้เป็นการแปลงมาจากเลขฐานสอง 8 บิต ดังนั้นเลขฐานสิบแต่ละตัวจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เพราะฉะนั้นหมายเลขไอพีที่ถูกต้องจะต้องอยู่ระหว่าง 0.0.0.0 ถึง 255.255.255.255

2.6 หมายเลขพอร์ท

คอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP ส่วนใหญ่จะมีแอพพลิเคชั่นหลายตัวที่ใช้โปรโตคอล TCP/IPในการสื่อสารกับเครื่องอื่น ซึ่งโปรโตคอล TCP/IP จะจัดการส่งข้อมูลไปยังแอพพลิเคชั่นที่เหมาะสม เพื่อให้ TCP/IP สามารถรองรับแอพพลิเคชั่นหลายแอพพลิเคชั่นในเครื่องเดียว จึงมีการใช้พอร์ทและซ็อกเก็ต (Port and Socket) เพื่อช่วยในการแยกแอพพลิเคชั่นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.6 แสดงหมายเลขพอร์ทของบางแอพพลิเคชั่น

Port	**Protocol**	**Application**
20	TCP	FTP(Data)
21	TCP	FTP(Control)
23	TCP	Telnet
25	TCP	SMTP(email)
53	TCP/UDP	DNS (Domain Name System)
80	TCP	HTTP (Web server)
110	TCP	POP3 (email)
161	UDP	SNMP (Simple Network Management Protocol)

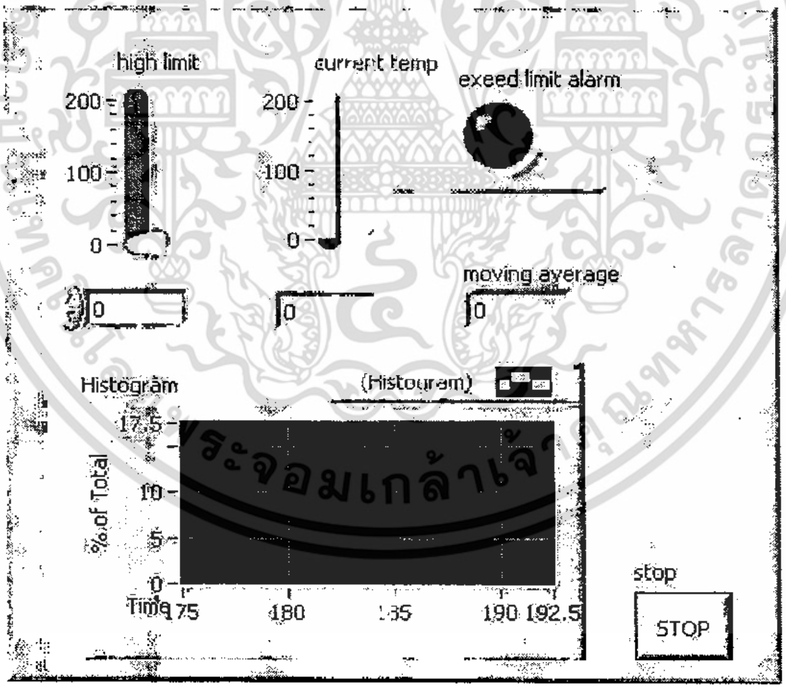
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โปรแกรม LabVIEW กับการรับส่งข้อมูล

LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือเรียกย่อๆว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน

3.1 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม

3.1.1 Front Panel เปรียบเสมือนกับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นได้เองอย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป, ปุ่มหมุน(Dial) และ สวิตซ์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์

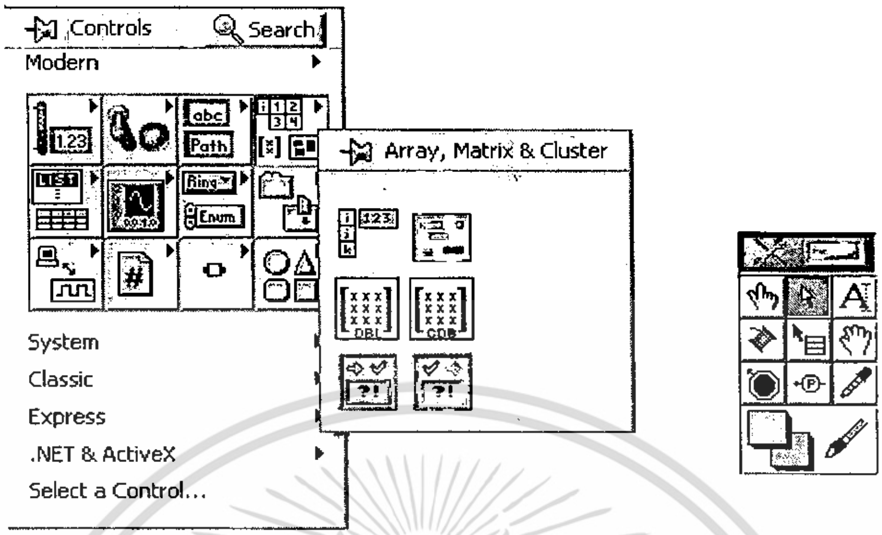


รูปที่3.1 แสดงหน้า Front Panel

ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel จะใช้ Control Palette และ Tools Palette

Control Palette เป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User interface) โดยจะจัดเป็นกลุ่มต่างๆดังรูปที่3.2

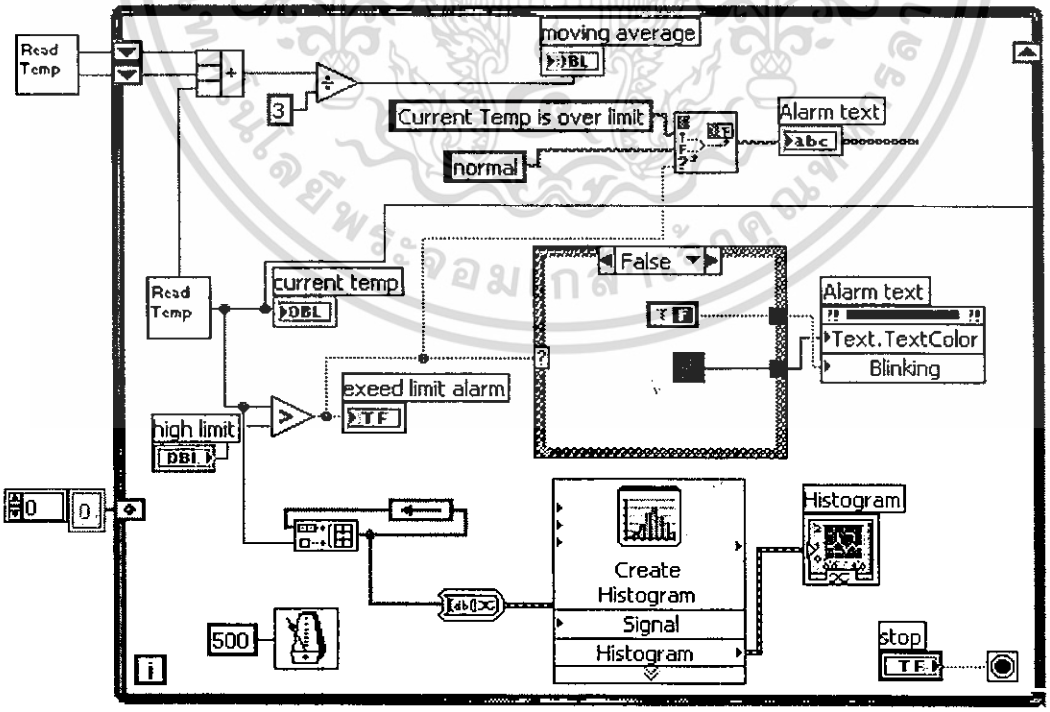
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) ข)

รูปที่ 3.2 แสดงก) Control Palette ข) Tools Palette

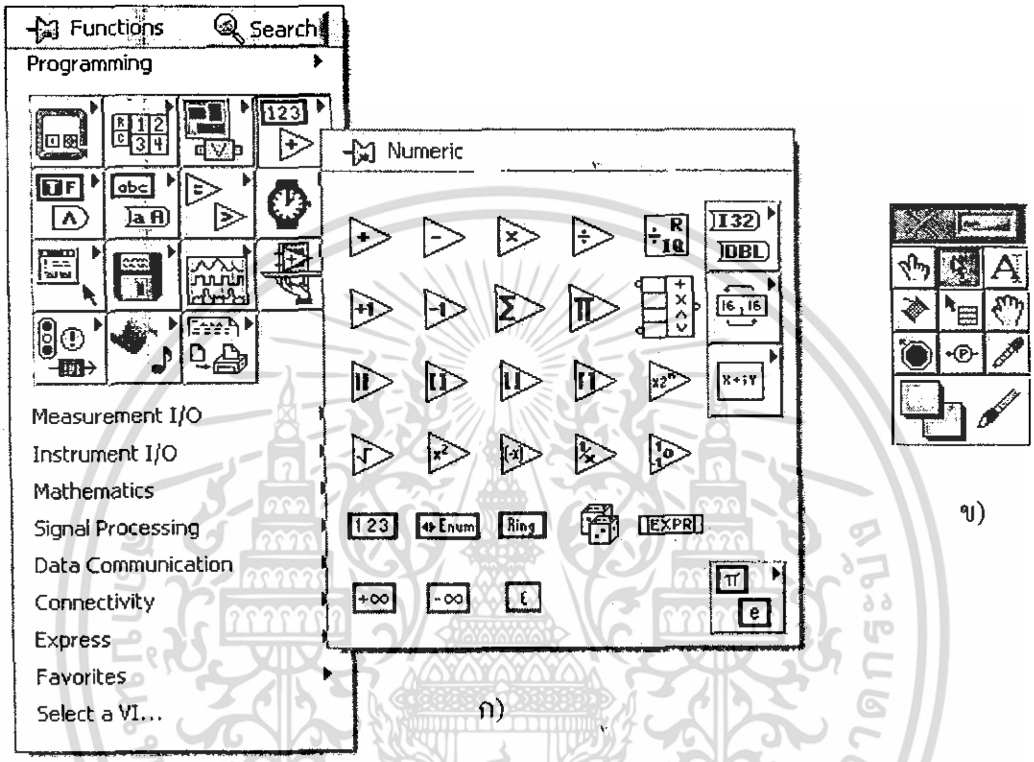
3.1.2 Block Diagram เป็นพื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรมเปรียบเสมือนซอฟแวร์ภายในเครื่องมือวัด โดยLabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยรูปภาพ



รูปที่3.3 แสดงหน้า Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Block Diagram จะใช้ Function Paletteและ Tools Palette ซึ่งจะ Function Paletteมี function และ sub VI ต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้ผู้ใช้เลือกใช้โดย function และ sub VI จะจัดเป็นกลุ่มๆดังรูป



รูปที่3.4 แสดง ก) Function Palette ข) Tools Palette

3.2 หลักการทำงานของโปรแกรม LabVIEW

LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุม ทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามที่ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าว แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1 acqluisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล(input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจจะมาจาก การ์ด DAQ(สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า) การ์ด IMAQ(สำหรับข้อมูลประเภทรูป) หรือ GPIB(สำหรับควบคุมเครื่องมือวัด)

2 หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้ว อาจจะผ่านฟังก์ชั่นในการทำ analysis หรือวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะแสดงผลในรูปที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้

3 Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบในการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM(Digital multimeter) แสดงผลเฉพาะสัญญาณที่วัดได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

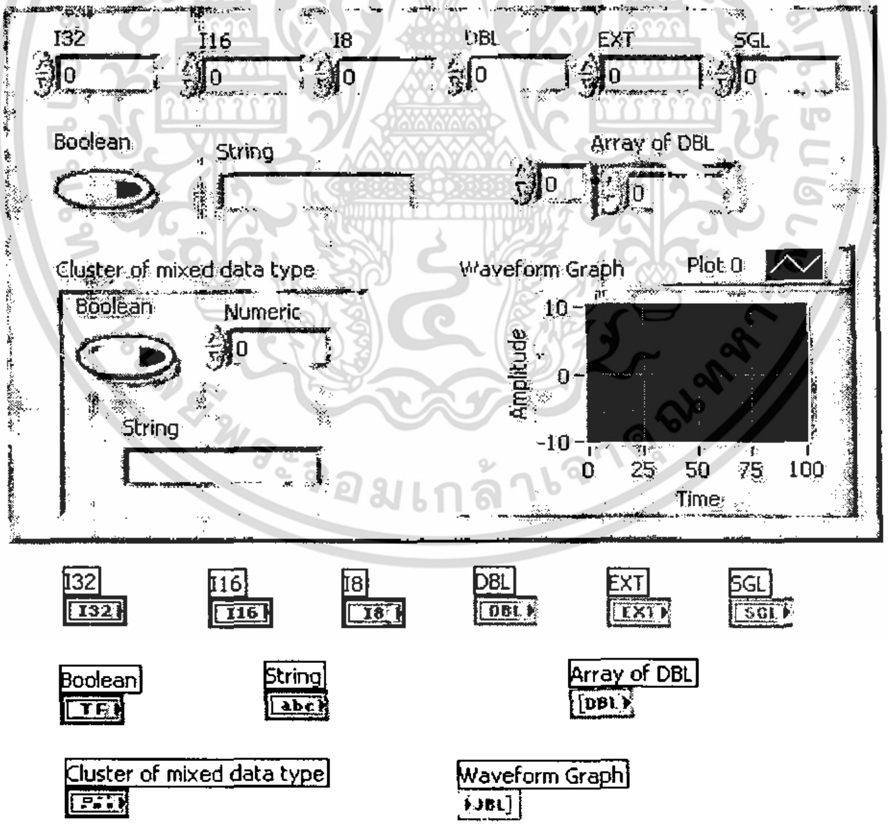
ไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์ทางเวลาหรือ osilloscope แสดงผลของข้อมูลที่สัมพันธ์กับเวลาหรือ spectrum analyzer จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

โปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วย LabVIEW จะทำงานโดยอาศัยหลักการของ Dataflow ซึ่งจะมีหลักการคือ

1. ฟังก์ชันหรือ SubVI จะทำงานเมื่อมีข้อมูล (Input)
2. เมื่อฟังก์ชั่นหรือ SubVI ทำงานเสร็จจะให้ข้อมูล(Output) ไปยังฟังก์หรือ SubVI อื่นๆที่ต้องการข้อมูล
3. ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโดยสาย (Wire)

3.3 ประเภทของข้อมูล(Data Type)

เช่นเดียวกับภาษาโปรแกรมอื่นๆ เช่นภาษา C ที่มีประเภทของข้อมูล ประเภทของข้อมูลใน LabVIEW ที่สำคัญประกอบด้วย Numeric, Boolean, Stringและ Waveform ซึ่งแต่ละรูปแบบของประเภทข้อมูลจะมีการแยกสีให้แตกต่างกัน (Color Code) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่3.5 แสดง ประเภทของข้อมูลในหน้า Front Panel และ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

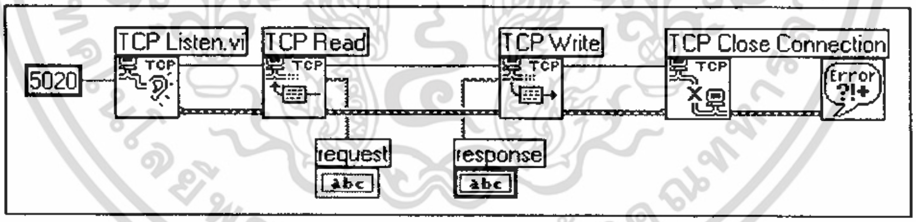
ประเภทของข้อมูลมีความสำคัญในการเขียนโปรแกรมเพราะฟังก์ชั่นหรือ SubVI รับรูปแบบอินพุท และให้เอาท์พุทต่างกันออกไป เช่น ฟังก์ชั่นคูณรับข้อมูลประเภทตัวเลขหรืออาเรย์ของตัวเลข ถ้านำเอาข้อมูลประเภทตัวอักษรมาป้อนที่ด้านอินพุทแล้ว LabVIEW จะแสดงเส้น (Wire) เป็นเส้นประ แปลว่าไม่สามารถรับข้อมูลได้ เป็นต้น

รูปที่3.6 แสดง การป้อนข้อมูลผิดประเภท

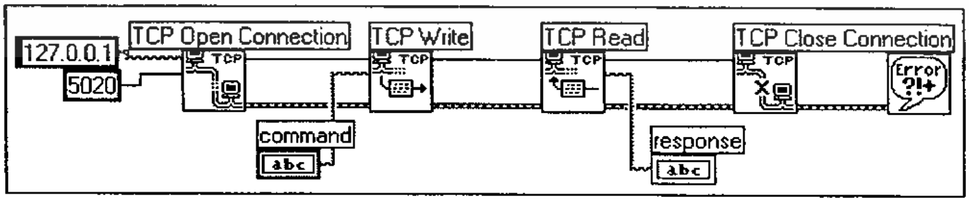
ใน LabVIEW การรับส่งข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตผ่านระบบ TCP/IP นั้นสามารถใช้ได้ทั้งโปรโตคอล TCP และ โปรโตคอล UDP แต่จากบทที่ 2 เราได้ทราบแล้วว่าการใช้ โปรโตคอล TCP มีความน่าเชื่อถือมากกว่าดังนั้นในโครงงานนี้จึงใช้โปรโตคอล TCP ในการรับส่งข้อมูล

3.4 การรับส่งข้อมูลผ่านระบบ TCP/IP

สำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ TCP/IP จะมีหลักการพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ โดยรายละเอียดของโปรแกรมจะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานว่าต้องการส่งข้อมูลแบบใดและดึงข้อมูลมาจากส่วนไหน



รูปที่3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ server

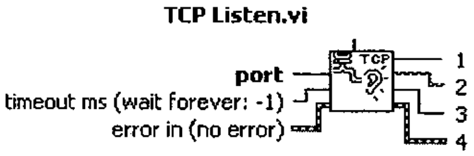


รูปที่3.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ client

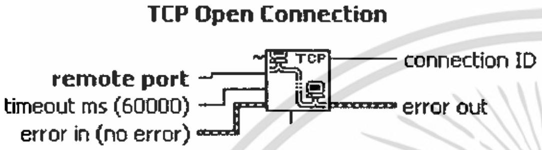
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

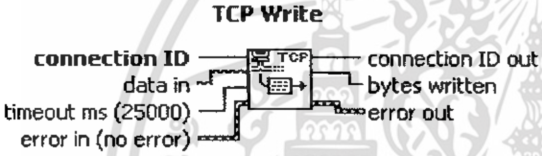
โดยหน้าที่ของฟังก์ชั่นหลักแต่ละฟังก์ชั่นมีหน้าที่ดังนี้



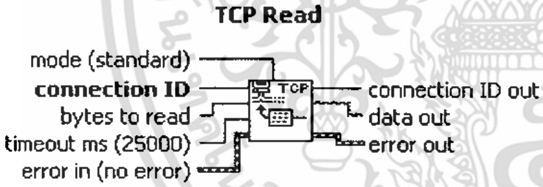
ทำหน้าที่คอยให้บริการการเชื่อมต่อแก่ client ที่ติดต่อเข้ามาและระบุพอร์ทที่ทำการรับส่งข้อมูล



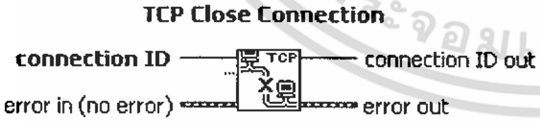
ทำหน้าที่ร้องขอการเชื่อมต่อระว่างsever และ cient



ทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่ติดต่อด้วย



ทำหน้าที่รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ที่ติดต่อด้วย



ทำหน้าที่ปิดการเชื่อมต่อระหว่าง server และ client เมื่อรับส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

รูปที่3.9 อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบ TCP/IP

การใช้ LabVIEW ในการควบคุมเครื่องมือนั้นสามารถทำได้หลายทาง โดยอาจผ่านทางพอร์ทอนุกรม โดยอาจจะใช้ RS 232, RS 485, GPIB ทางพอร์ทขนาน โดยผ่านทางปริ้นเตอร์พอร์ทหรือผ่านทางอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลที่เป็นสาย USB ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของแต่ละงาน

72681

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การรับส่งข้อมูลผ่านทาง GPIB Bus

3.5.1 คุณสมบัติและการใช้งานของ GPIB

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับคอมพิวเตอร์ ได้มีการนำมาตรฐานในการติดต่อ IEEE 488.1-1987 หรือที่นิยมเรียกกันว่า GPIB(General Pupose Interface Bus) ซึ่งมีลักษณะในการติดต่อระหว่างเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควยคุมจากผู้ใช้(User) ลักษณะในการใช้งานจะเกี่ยวกับทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และทางด้านเครื่องกล

GPIB จะมีลักษณะเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยมีพื้นฐานที่สำคัญประกอบด้วย

• การส่งข้อมูลแบบขนานมีขนาด 8 บิต มีความเร็วในการส่ง 1 เมกกะไบต์ต่อวินาที (Mbytes/s)

•การใช้สายสัญญาณ 3 เส้นในการแฮนด์เช็ค และใช้สายสัญญาณ 5 เส้นในการควบคุม (Control)

และได้มีการพัฒนาเป็น IEEE 488.2-1992 โดยใช้กติกาการติดต่อแบบบัส มีการเซ็ตชนิดของข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล เนื่องจากความสามารถของอุปกรณ์ GPIB ที่สามารถเชื่อมต่อกันเป็นระบบในเครื่องมือวัดหรือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เราสามารถนำความสามรถเหล่านี้มาประยุกต์ใช้งานได้ เช่น การเขียนโปรแกรมด้วย Delphi หรือ ด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่สามารถควบคุมและปรับค่าต่างๆของตัวควบคุมซึ่งจะอยู่ในส่วนแสดงผล และรับค่าจาก User แล้วส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเครื่องมือนั้น เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องมือนั้นๆได้

3.5.1.1 โครงสร้างของ IEE 488

ในระบบพื้นฐานของ GPIB จะประกอบด้วยอุปกรณ์คือ ผู้ส่ง(Talker), ผู้รับ(Listener), และผู้ควบคุม(Controller)

-Talker ทำหน้าที่ส่งข้อมูล โดยในระบบสามารถมี Talker ได้หลายตัว แต่จะมีเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่ทำงานอยู่

-Listener ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูล โดยในระบบเดียวกันสามารถมี Listener ได้หลายตัวเช่นเดียวกันแต่ Listener สามารถทำงานครั้งละหลายๆตัวได้

-Controller ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในระบบ โดยจะกำหนดให้ Talker ทำการส่งข้อมูลหรือกำหนดให้ Listener ทำการรับข้อมูล

อุปกรณ์ที่มี GPIB นั้นสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้ดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็น Talker เท่านั้น เช่น เครื่องมือวัด เป็นต้น
2. ทำหน้าที่เป็น Listener เท่านั้น เช่น เครื่องพิมพ์(Printer), เครื่องบันทึก(Recorder) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำหน้าที่เป็นทั้ง Talker และ Listener เช่น คอมพิวเตอร์, เครื่องมือวัดที่สามารถควบคุมได้จากภายนอก เป็นต้น
4. ทำหน้าที่เป็นทั้ง Talker, Listener และ Controller ในตัวเดียวกัน เช่น คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบ

3.5.1.2 ขีดจำกัดของ IEE 488

1. จำนวนอุปกรณ์ในระบบ(Talker, Listener และ Controller) ที่ต่อกับสายสัญญาณ 1 เส้น จะต้องไม่เกิน 15 เครื่อง

2. สายเคเบิลที่ต่อระหว่างอุปกรณ์จะต้องยาวไม่เกิน 4 เมตร และความยาวรวมของสายเคเบิลในระบบจะต้องไม่เกิน 20 เมตร

3. ความเร็วในการส่งข้อมูลจะต้องไม่เกิน 1 Mb/s (1 ล้านไบต์ต่อวินาที)

4. ต้องมีการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์มากกว่าครึ่งหนึ่งของระบบ

3.5.1.3 รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE 488

ลักษณะทางกายภาพ IEEE 488 คือ เป็นสายสัญญาณแบบ 24 เส้นขนานกัน และมีขั้วต่ออยู่ทางปลายทั้งสองของสาย เพื่อต่อกับอุปกรณ์หรือต่อกันเพื่อให้สายสัญญาณมีความยาวเพิ่มขึ้น ในจำนวนสายสัญญาณ 24 เส้น มีเพียง 16 เส้นเท่านั้นที่ทำหน้าที่นำสัญญาณ ส่วนที่เหลืออีก 8 เส้น ทำหน้าที่กราวนด์(ground) และ ชีลด์(shield)

โดยจำนวนสายที่ใช้นำสัญญาณ 16 เส้นนั้นยังแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามรูปที่ 3.10 คือ

• บัสข้อมูล(Dta Bus) จำนวน 8 สายคือ DIO1-DIO8

• สายสัญญาณควบคุม(Control line) จำนวน 5 สายคือ

IFC (Interface Clear)

ATN (Attention)

SRQ (Service Enable)

REN (Remote Enable)

EOI (Emd or Identify)

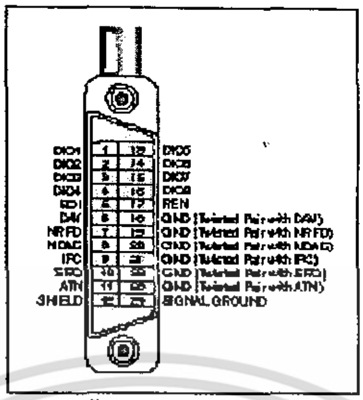
• สายแฮนด์เชค (Hand Shake) 3 สาย คือ

DAV (Data Valid)

NRFD (Not Read For Data)

NDAC (Not Data Accepted)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.10 แสดงขั้วต่อและสายนำสัญญาณของ GPIB

ตารางที่3.1 หน้าที่ของแต่ละพินของ 24-Pin GPIB Bus

Pin #	Signal Names	Signal Description	Pin #	Signal Names	Signal Description
1	DIO1	Data Input/Output Bit 1	13	DIO5	Data Input/Output Bit 5
2	DIO2	Data Input/Output Bit 2	14	DIO6	Data Input/Output Bit 6
3	DIO3	Data Input/Output Bit 3	15	DIO7	Data Input/Output Bit 7
4	DIO4	Data Input/Output Bit 4	16	DIO8	Data Input/Output Bit 8
5	EIO	End-Or-Identify	17	REN	Remote Enable
6	DAV	Data Valid	18	Shield	Ground (DAV)
7	NRFD	Not Ready For Data	19	Shield	Ground (NRFD)
8	NDAC	Not Data Accepted	20	Shield	Ground (NDAC)
9	IFC	Interface Clear	21	Shield	Ground (IFC)
10	SRQ	Service Request	22	Shield	Ground (SRQ)
11	ATN	Attention	23	Shield	Ground (ATN)
12	Shield	Chassis Ground	24	Single GND	Single Ground

- กลุ่มสัญญาณข้อมูล

DIO1-DIO8 (Data Input/Output) สายสัญญาณทั้ง 8 เส้นนี้ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของข้อมูลในระบบ

1. กลุ่มสัญญาณควบคุมการเชื่อมต่อ(Interface)

1.1. IFC (Interface Clear) เป็นสัญญาณรีเซ็ตหรือเคลียร์ระบบ กำเนิดได้โดยตัวควบคุม (Control) เท่านั้น เมื่ออุปกรณ์บัสได้รับสัญญาณเคลียร์นี้จะกลับคืนสู่สภาวะเริ่มต้นใหม่ ซึ่งเป็นสภาวะแรกเริ่มก่อนการกำหนดฟังก์ชันเหมือนแรกเปิดสวิตช์

1.2. ATN(Attention) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุมเช่นเดียวกัน ใช้ในการสั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อมเพื่อรอรับคำสั่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. SRQ(Service Request) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต่างๆเพื่อเป็นการบอกแก่ระบบว่าขณะนี้อุปกรณ์ดังกล่าวต้องการติดต่อจากตัวควบคุม

1.4. REN(Remove Enable) สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ถูกส่งมาจากตัวควบคุมเพียงตัวเดียวเท่านั้น เพื่อใช้สั่งให้อุปกรณ์ต่างๆเปลี่ยนจากโหมดที่ใช้งานปกติมาเป็นการควบคุมโดยตัวควบคุมแทน

1.5.EOI(End or Indentify) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งได้โดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งก็ได้ ใช้สำหรับแสดงว่าข่าวสารที่ส่งเป็นชุดนั้นได้เสร็จสิ้นลงแล้ว

2 กลุ่มสัญญาณควบคุมการรับส่งข้อมูล

2.1. DAV(Data Valid) เมื่อสัญญาณนี้ถูกดึงเป็นลอจิก "Low" โดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่ง เป็นการแจ้งแกระบบบัสว่าขณะนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงไปที่สายสัญญาณเรียบร้อยแล้ว

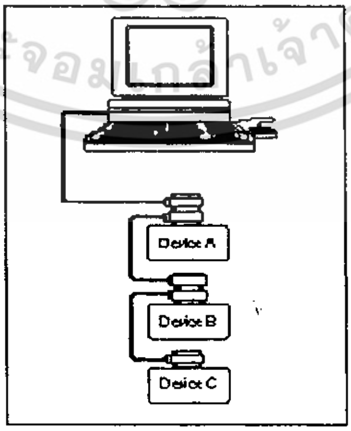
2.2. NRFD(Nor Ready For Data) เมื่อสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น "Low" จะเป็นการแสดงว่าในขณะนี้ระบบบัสยังพร้อมไม้หมดทุกตัว ซึ่งสัญญาณนี้จะไม่เป็น "Hi" จนกว่าอุปกรณ์ทุกตัวให้ลอจิกเป็น "Hi" ครบถ้วนแล้ว สัญญาณนี้มีประโยชน์ในกรณีที่อุปกรณ์ในระบบมีความเร็วต่างกัน

2.3. NDAC(Not Data Acceepted) สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ถูกควบคุมโดยอุปกรณีที่เป็นตัวรับ โดยสัญญาณนี้จะมีลอจิกเป็น "Low" ในขณะที่อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับกำลังเก็บข้อมูลจากสายข้อมูล และจะเป็น "Hi" เมื่ออุปกรณ์นั้นได้ทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

3.5.1.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในระบบ IEE-488 BUS

สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆในระบบ IEE-488 BUS นั้นมีอยู่ 2 วิธี คือ

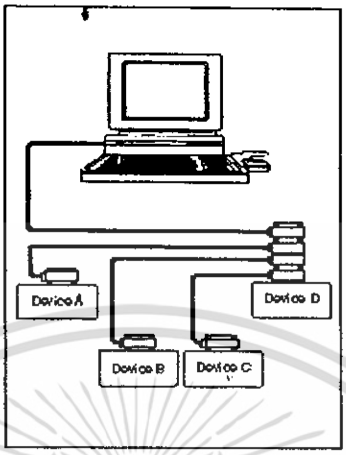
1.การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration)



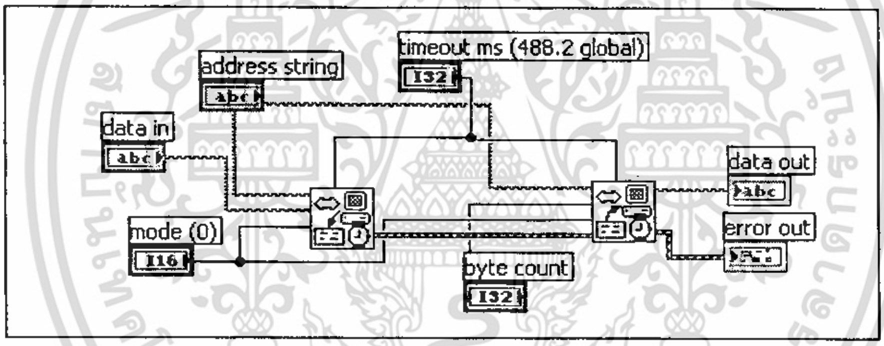
รูปที่3.11 แสดงการเชื่อมต่อแบบต่อเนื่องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration)

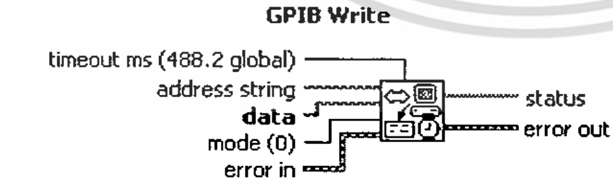


รูปที่3.12แสดงการเชื่อมต่อแบบกระจาย

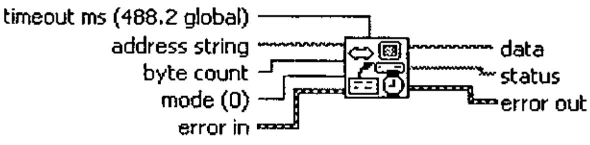


รูปที่ 3.13 แสดงฟังก์ชั่นของการติดต่อกับพอร์ท GPIB

โดยหน้าที่ของแต่ละฟังก์ชั่นอธิบายได้ดังนี้



ทำหน้าที่ส่งคำสั่งให้กับอุปกรณ์



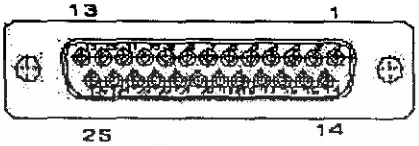
ทำหน้าที่อ่านข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์

รูปที่3.14 อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านGPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทขนาน

ในการทดลองได้ทำการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ทขนานซึ่งใช้พอร์ทปริ๊นเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.13



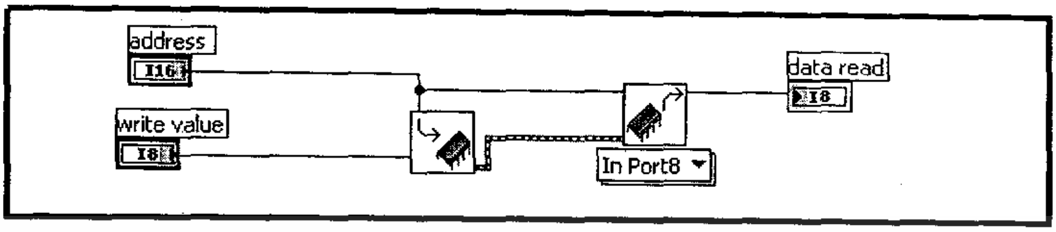
รูปที่3.15 แสดงรูปพอร์ทขนาน

ตารางที่3.2 หน้าที่ของแต่ละพินของ DB 25

D-sub	Signal	Function	Source	Register	Register Bit #	Inverted at Connector?	Pin: Centronics
1	nStrobe	Strobe D0-D7	PC[1]	Control	0	Yes	1
2	D0	Data Bit 0	PC[2]	Data	0	No	2
3	D1	Data Bit 1	PC[2]	Data	1	No	3
4	D2	Data Bit 2	PC[2]	Data	2	No	4
5	D3	Data Bit 3	PC[2]	Data	3	No	5
6	D4	Data Bit 4	PC[2]	Data	4	No	6
7	D5	Data Bit 5	PC[2]	Data	5	No	7
8	D6	Data Bit 6	PC[2]	Data	6	No	8
9	D7	Data Bit 7	PC[2]	Data	7	No	9
10	nAck	Acknowledge	Printer	Status	6	No	10
11	Busy	Printer busy	Printer	Status	7	Yes	11
12	PaperEnd	Paper end, Empty	Printer	Status	5	No	12
13	Select	Printer selected (online)	Printer	Status	4	No	13
14	nAutoLF	Generate automatic line feeds	PC[1]	Control	1	Yes	14
15	nError (nFault)	Error	Printer	Status	3	No	32
16	nInit	Initialize Printer	PC[1]	Control	2	No	31
17	nSelectIN	Select printer (Place online)	PC[1]	Control	3	Yes	36
18	Gnd	Ground Return for nStrobe, D0					19,20
19	Gnd	Ground Return for D1, D2					21,22
20	Gnd	Ground Return for D3, D4					23,24
21	Gnd	Ground Return for D5, D6					25,26
22	Gnd	Ground Return for D7, nAck					27,28
23	Gnd	Ground Return for nSelectIn					33
24	Gnd	Ground Return for Busy					29
25	Gnd	Ground Return for Init					30
	Chassis	Chassis Ground					17
	NC	No connection					15,18,34
	NC	Signal Ground					16
	NC	+V5	Printer				35

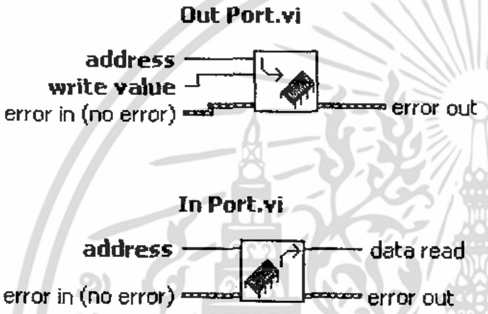
[1]Setting this bit high allows it to be used as an input [2]Some Data ports are bidirectional

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงฟังก์ชั่นของการติดต่อกับพอร์ทขนาน

โดยหน้าที่ของแต่ละฟังก์ชั่นอธิบายได้ดังนี้



ทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้กับพอร์ท

ทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากพอร์ท

รูปที่3.17 อธิบายการทำงานของฟังก์ชั่นต่างๆในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ทขนาน

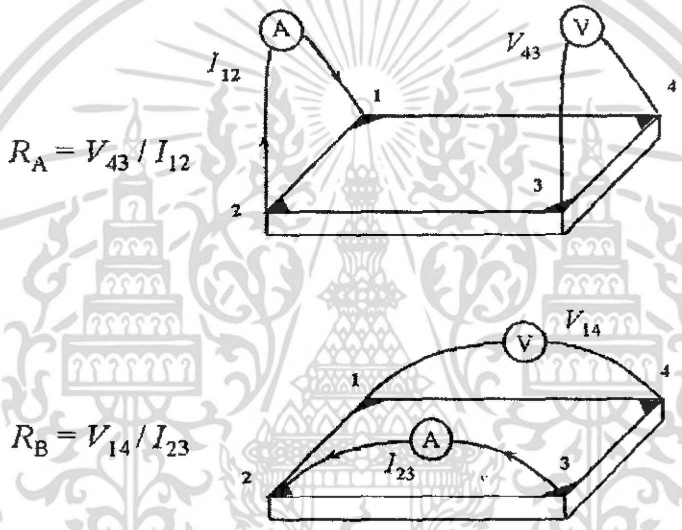
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การวัดความต้านแผ่นของสารกึ่งตัวนำด้วยเทคนิค van der pauw

4.1 เทคนิคการวัดของ van der pauw

การวัดความต้านทาน โดยแท่งสารกึ่งตัวนำนี้เป็นแผ่นบาง ขั้วสัมผัสของแต่ละมุมต้องเป็นขั้วสัมผัสแบบโอห์มมิค ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การวัดความต้านทานโดยเทคนิค van der pauw

จุดประสงค์ในการวัดความต้านทาน เพื่อจะได้คำนวณหาค่าความต้านทานแผ่น (sheet resistance , R_s) เพื่อนำไปใช้ในการหาแรงดันฮอลล์ในปรากฏการณ์ฮอลล์(Hall effect) ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดโดยเทคนิคของ van der pauw นี้จะหาค่าความต้านทานใน 2 ลักษณะ คือ R_A และ R_B ดังในรูปที่ 4.1 ซึ่ง R_A และ R_B นี้มีความสัมพันธ์กับ sheet resistance (R_s) ที่อยู่ในสมการ van der pauw ดังสมการที่1 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า R_s ได้

$$\exp\left(\frac{-\pi R_A}{R_s}\right) + \exp\left(\frac{-\pi R_B}{R_s}\right) = 1 \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสภาพต้านทานคำนวณได้จาก

$$\rho = R_s d \qquad (2)$$

ความต้านทาน 2 ลักษณะนี้ได้มาจาก การให้กระแสไฟตรงที่ขั้วสัมผัส 1 ออกจากขั้วสัมผัส 2 แล้ววัดแรงดัน V_{43} จากขั้วสัมผัส 4 กับ 3 ส่วนลักษณะที่สองให้กระแสไฟตรงที่ขั้วสัมผัส 2 ออกจากขั้วสัมผัส 3 แล้ววัดแรงดัน V_{14} จากขั้วสัมผัส 1 ถึงขั้วสัมผัส 4 R_A และ R_B คำนวณได้จากสมการ

$$R_A = \frac{V_{43}}{I_{21}} \quad \text{และ} \quad R_B = \frac{V_{14}}{I_{23}} \qquad (3)$$

4.2 คำนิยามสำหรับการวัดสภาพต้านทาน

ขั้วสัมผัสทั้ง 4 มุมจะเป็นขั้วสัมผัสแบบโอห์มมิค และเป็น 1, 2, 3 และ 4 (ทวนเข็มนาฬิกา) ดังแสดงในรูป 2.5a ซึ่งจะช่วยให้ผลกระทบของความร้อนทางไฟฟ้า (thermoelectric) น้อยลง และขั้วสัมผัสทั้ง 4 จุดนี้ควรเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน

คำนิยามของตัวแปรต่างๆ

ρ = สภาพต้านทานไฟฟ้าของแผ่นกึ่งตัวนำ (Ω.cm)

d = ความหนาของแท่งสารกึ่งตัวนำ (cm)

I_{12} = กระแสไฟตรงบวก ที่จ่ายเข้าไปในขั้วสัมผัส 1 และออกจากขั้วสัมผัส 2 สำหรับ I_{23}, I_{34}, I_{41}, I_{21}, I_{14}, I_{43}, I_{32} ทำนองเดียวกัน (amperes,A)

V_{12} = วัดแรงดันระหว่างขั้วสัมผัส1 และ 2 ($V_1 - V_2$) โดยปราศจากสนามแม่เหล็ก(B = 0) สำหรับ V_{23}, V_{34}, V_{41}, V_{21}, V_{14}, V_{43}, V_{32} ทำนองเดียวกัน (volt,V)

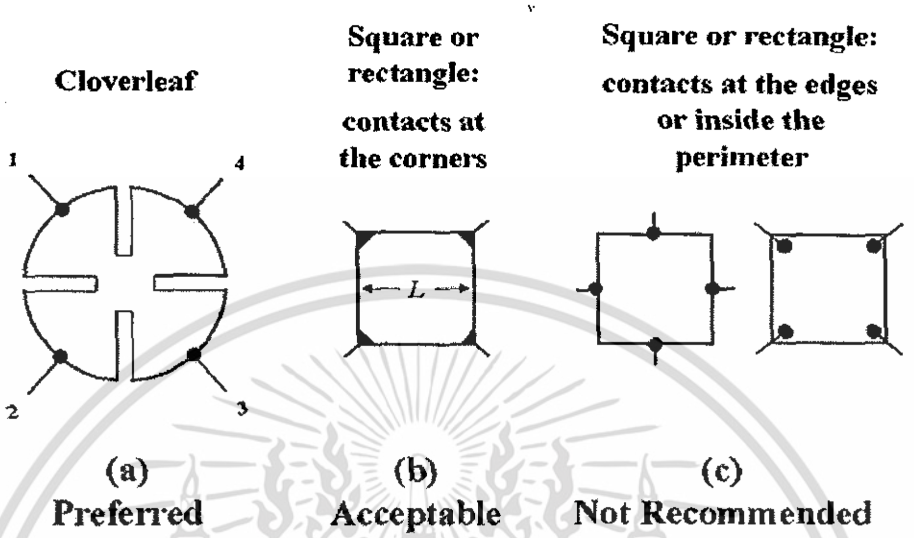
4.3 การวัดสภาพต้านทาน

รูปทรงของแท่งสารกึ่งตัวนำในรูปที่ 5 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่สร้างขึ้นมา โดยเป็นแท่งสารกึ่งตัวนำที่เป็นแท่งบาง ซึ่ง D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วสัมผัส และ d คือความหนาของแท่งสารกึ่งตัวนำ ที่ต้องมีขนาดน้อยกว่าระยะทางระหว่างขั้วสัมผัส (L)

อุปกรณ์สำหรับทำการวัด ได้แก่

- แหล่งจ่ายกระแส 10 μA - 100 mA
- โวลท์มิเตอร์ที่มีอินพุทอิมพีแดนซ์สูง 1μV - 1V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รูปทรงแบบต่างๆ ของเทคนิค van der pauw

ก่อนที่จะทำการวัดควรตรวจสอบขั้วสัมผัสว่าต้องเป็นแบบโอห์มมิค และแท่งสารกึ่งตัวนำต้องมีลักษณะที่สม่ำเสมอ (uniform)

- ติดตั้งแหล่งจ่ายกระแสไฟ ซึ่งสามารถกำหนดกระแสได้ โดยวัดความต้านทาน (R) ระหว่างขั้วสัมผัสที่ตรงข้ามกัน (1, 3 หรือ 2, 4) แล้วคำนวณตามสมการ

$$I < (200\,R)^{-0.5} \qquad (3)$$

- จ่ายกระแส I_{21} แล้ววัดแรงดัน V_{34}
- กลับขั้วเป็น I_{12} แล้ววัด V_{43}
- ทำซ้ำที่เหลืออีก 6 ค่า (V_{41}, V_{14}, V_{12}, V_{21}, V_{23}, V_{32})

ผลของการวัดแรงดันทั้ง 8 ค่านั้น จะได้ค่าความต้านทานมา 8 ค่า โดยค่าความต้านทานทั้งหมดต้องเป็นบวก

$$R_{21,34} = \frac{V_{34}}{I_{21}} \quad , \quad R_{12,43} = \frac{V_{43}}{I_{12}}$$

$$R_{32,41} = \frac{V_{41}}{I_{32}} \quad , \quad R_{23,14} = \frac{V_{14}}{I_{23}}$$

$$R_{43,12} = \frac{V_{12}}{I_{43}} \quad , \quad R_{34,21} = \frac{V_{21}}{I_{34}} \qquad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{14,23} = \frac{V_{23}}{I_{14}} \quad , \quad R_{41,32} = \frac{V_{32}}{I_{41}}$$

- ความสอดคล้องของการวัดกระแสที่ตรงข้ามกัน

$$R_{21,34} = R_{12,43} \quad , \quad R_{43,12} = R_{34,21}$$
$$R_{32,41} = R_{23,14} \quad , \quad R_{14,23} = R_{41,32} \qquad (5)$$

- ทฤษฎีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

$$R_{21,34} + R_{12,43} = R_{43,12} + R_{34,21}$$
$$R_{32,41} + R_{23,14} = R_{14,23} + R_{41,32} \qquad (6)$$

4.4 การคำนวณสภาพต้านทาน

- ความต้านทานแผ่น (sheet resistance , R_s) สามารถคำนวณได้จากความต้านทาน 2 ลักษณะนี้

$$R_A = (R_{21,34} + R_{12,43} + R_{43,12} + R_{34,21}) / 4$$
$$R_B = (R_{32,41} + R_{23,14} + R_{14,23} + R_{41,32}) / 4 \qquad (7)$$

<u>การแก้สมการของ van der Pauw</u>

การแก้สมการของ van der Pauw (สมการที่ 1) เพื่อหาค่า sheet resistance (R_s) ที่ได้จากการวัดความต้านทานในสองลักษณะ R_A และ R_B

$$\exp\left(\frac{-\pi R_A}{R_s}\right) + \exp\left(\frac{-\pi R_B}{R_s}\right) = 1$$

ค่า error จะต้องไม่เกิน $\delta = 0.0005$ หรือ 0.05%

คำนวณค่าเริ่มต้นของ Z_i คือ $Z_0 = \dfrac{2\ln(2)}{\pi(R_A + R_B)}$

คำนวณค่าที่ th ของ $Y_i = \dfrac{1}{\exp(\pi Z_{i-1} R_A)} + \dfrac{1}{\exp(\pi Z_{i-1} R_B)}$

คำนวณค่าที่ th ของ Z_i โดย

$$Z_i = Z_{i-1} - \frac{\left[(1 - Y_i)/\pi\right]}{\left[R_A / \exp(\pi Z_{i-1} R_A)\right] + \left[R_B / \exp(\pi Z_{i-1} R_B)\right]}$$

เมื่อ $\dfrac{(Z_i - Z_{i-1})}{Z_i}$ น้อยกว่า δ ให้หยุดแล้วคำนวณ sheet resistance , $R_s = \dfrac{1}{Z_i}$ แล้วคำนวณหาค่าสภาพต้านทาน $\rho = R_s d$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
ขั้นตอนการทำโครงงาน

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานแผ่นสารกึ่งตัวนำ

- แผ่นสารกึ่งตัวนำ ITO (Indium Tin Oxide)
- บอร์ดควบคุม relay สำหรับเปลี่ยนขั้วสัมผัสที่ต้องการวัด
- พาวเวอร์ซัพพลาย
- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
- โปรแกรม LabVIEW สำหรับควบคุมและรับข้อมูลจากเครื่องมือวัดและพาวเวอร์ซัพพลาย
- คอมพิวเตอร์ที่มีการติดตั้งการ์ด GPIB
- สายวัดต่างๆ

5.2 ขั้นตอนการทดลอง

5.2.1 การวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยไม่ใช้โปรแกรมควบคุม

1. ติดตั้งแหล่งจ่ายกระแสไฟ ซึ่งสามารถกำหนดกระแสได้ โดยวัดความต้านทาน (R) ระหว่างขั้วสัมผัสที่ตรงข้ามกัน (1, 3 หรือ 2, 4) แล้วคำนวณตามสมการ

$$I < (200\,R)^{-0.5}$$

2. จ่ายกระแส I_{21} แล้ววัดแรงดัน V_{34}
3. กลับขั้วเป็น I_{12} แล้ววัด V_{43}
4. ทำซ้ำที่เหลืออีก 6 ค่า (V_{41}, V_{14}, V_{12}, V_{21}, V_{23}, V_{32})

ผลของการวัดแรงดันทั้ง 8 ค่านั้น จะได้ค่าความต้านทานมา 8 ค่า โดยค่าความต้านทานทั้งหมดต้องเป็นบวก

$$R_{21,34} = \frac{V_{34}}{I_{21}} \quad , \quad R_{12,43} = \frac{V_{43}}{I_{12}}$$

$$R_{32,41} = \frac{V_{41}}{I_{32}} \quad , \quad R_{23,14} = \frac{V_{14}}{I_{23}}$$

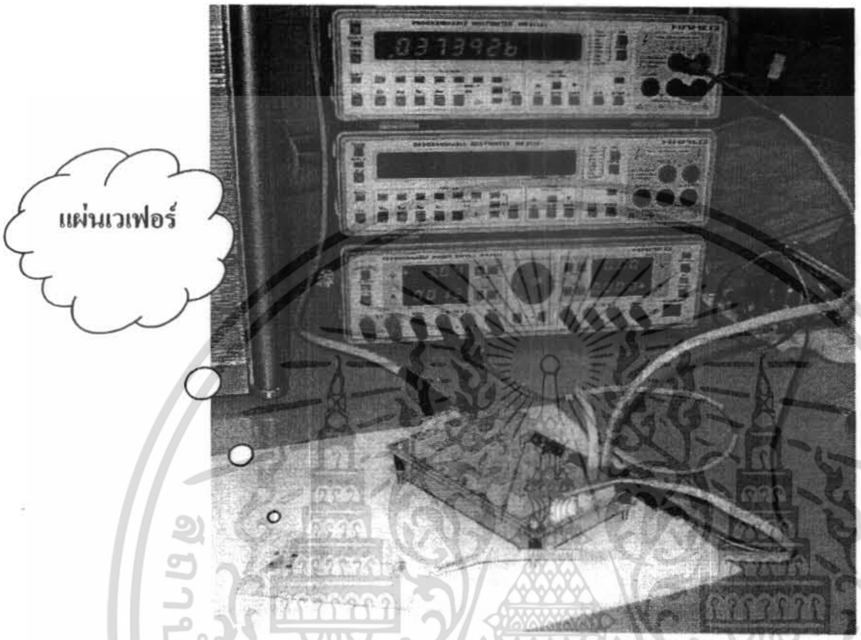
$$R_{43,12} = \frac{V_{12}}{I_{43}} \quad , \quad R_{34,21} = \frac{V_{21}}{I_{34}}$$

$$R_{14,23} = \frac{V_{23}}{I_{14}} \quad , \quad R_{41,32} = \frac{V_{32}}{I_{41}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยใช้โปรแกรมควบคุมและรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

1. ติดตั้งดิจิตอลมัลติมิเตอร์ละพาวเวอร์ซัพพลายเข้ากับบอร์ดวัดความต้านทาน
2. เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงการเซ็ตอุปกรณ์ต่างๆเพื่อวัดค่าความต้านทานแผ่นสารกึ่งตัวนำผ่านระบบเครือข่าย

3. รันโปรแกรมส่วนของ server เพื่อรอการควบคุมผ่านระบบเครือข่าย
4. รันโปรแกรมส่วนของ client เพื่อทำการกำหนดค่าต่างๆให้กับเครื่องมือวัดและพาวเวอร์ซัพพลาย
5. ทำการจ่ายกระแสแล้ววัดแรงดันเพื่อคำนวณหาค่าความต้านทานแผ่นเช่นเดียวกับการวัดแบบไม่ใช้โปรแกรม
6. ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆที่ได้รับมาไว้ในส่วนของ client

5.2.3 การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม

ทำได้โดยการนำค่าต่างๆที่วัดได้ในการวัดแบบไม่ใช้โปรแกรมควบคุมและแบบใช้โปรแกรมควบคุมมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบค่าที่ใช้โปรแกรมควบคุมว่าค่าที่ได้ผิดเพี้ยนไปหรือไม่ หากไม่ผิดเพี้ยนก็สามารถนำโปรแกรมนี้ไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

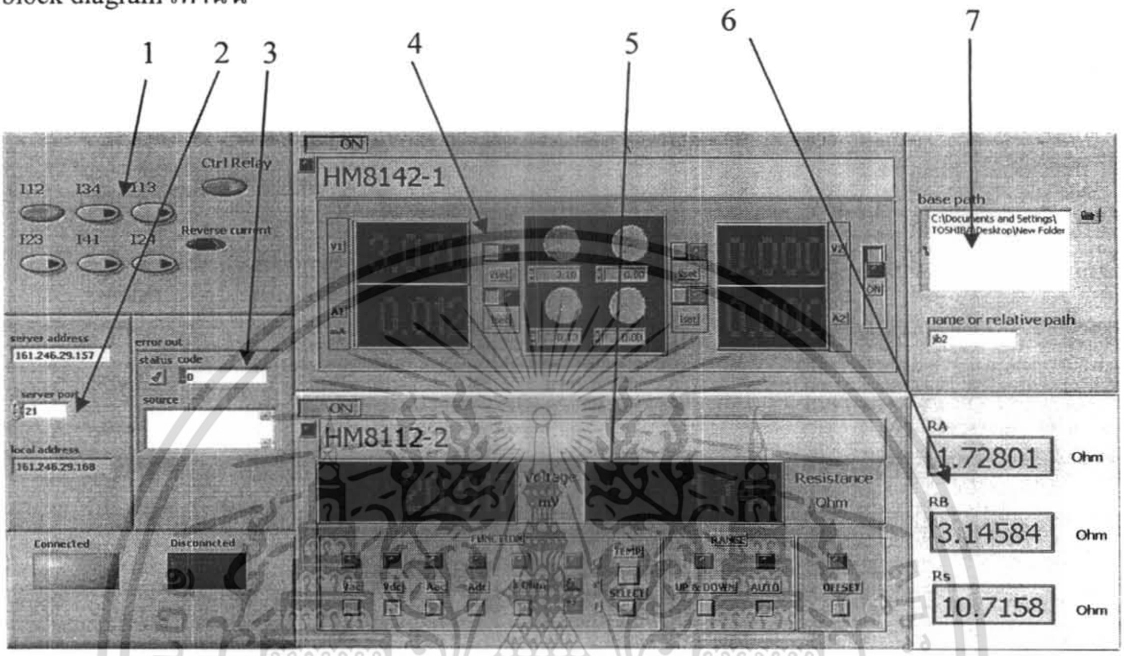
ผลการทดลอง

การทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่6.1

รูปที่6.1 แสดงโฟล์วชาร์ทการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรันโปรแกรมแล้วจะได้หน้า front panel ในส่วน server และส่วนของ client แสดงดังรูปที่ 6.2 ซึ่งทั้ง server และ client จะมีหน้าตาของ front panel ที่เหมือนกัน จะแตกต่างกันเพียง block diagram เท่านั้น



รูปที่6.2 แสดงหน้า front pane ส่วนของ severและ client ในการรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

อธิบายส่วนต่างๆของโปรแกรม(ตามหมายเลข)

1 แสดงส่วนของขั้วสัมผัสที่ทำการวัดซึ่งควบคุมโดย relay

2 แสดงส่วนข้อมูลในการติดต่อระหว่าง server และ client ผ่านเครือข่าย

3 แสดงส่วนของ error ต่างๆ

4 ส่วนแสดงเอาท์พุทต่างๆของพาวเวอร์ซัพพลาย

5 ส่วนแสดงเอาท์พุทต่างๆของดิจิตอลมัลติมิเตอร์

6 ส่วนแสดงค่าต่างๆที่คำนวณได้

7 ส่วนแสดงไฟล์ที่ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6.1 แสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากการวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยไม่ใช้โปรแกรมควบคุม

จ่ายกระแส (I)				วัดแรงดัน (V)						
I(21)	=	1.20E-02	A	V(34)	=	2.101E-02	V	R(21,34) =	1.750917	Ω
I(12)	=	1.20E-02	A	V(43)	=	2.104E-02	V	R(12,43) =	1.753333	Ω
I(32)	=	1.20E-02	A	V(41)	=	3.811E-02	V	R(32,41) =	3.175833	Ω
I(23)	=	1.20E-02	A	V(14)	=	3.770E-02	V	R(23,14) =	3.141417	Ω
I(43)	=	1.20E-02	A	V(12)	=	2.046E-02	V	R(43,12) =	1.705167	Ω
I(34)	=	1.20E-02	A	V(21)	=	2.051E-02	V	R(34,21) =	1.709083	Ω
I(14)	=	1.20E-02	A	V(23)	=	3.765E-02	V	R(14,23) =	3.1375	Ω
I(41)	=	1.20E-02	A	V(32)	=	3.763E-02	V	R(41,32) =	3.13575	Ω

R(A) = 1.729625

R(B) = 3.147625

ค่า error ต้องไม่เกิน 0.0005 หรือ 0.05%

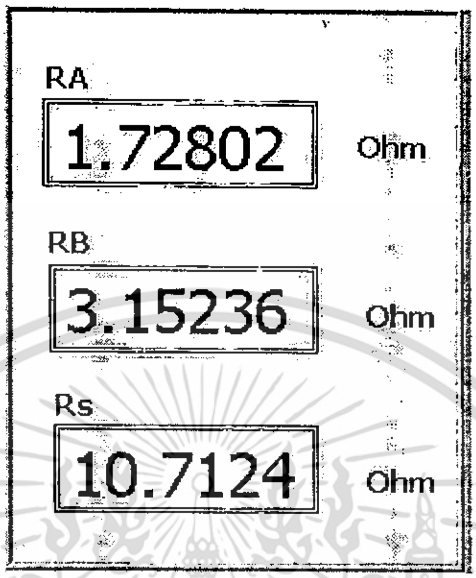
Z0	=	**0.090475**	Y1	=	1.020375
Z1	=	**0.093242**	Y2	=	**1.00022**
Z2	=	**0.093272**	Y3	=	1
Z3	=	**0.093272**	Y4	=	1

ค่า error = 0

Rs = 10.7213 sheet resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6.2 แสดงค่าต่างๆในหน้า front panel ที่ทำการวัดและคำนวณได้



และในการรันโปรแกรมเพื่อวัดค่าความต้านทานแผ่นนั้นโปรแกรมจะทำการวัดค่า voltage และ current ที่จ่ายเพื่อทำการคำนวณค่า R_A, R_B และ R_S แล้วบันทึกค่า R_A, R_B และ R_S ไว้ในรูปของ text file แสดงดังตารางที่ 6.3 ซึ่งสามารถเปิดได้ด้วยโปรแกรม notepad หรือ excel โดยจะเห็นว่าช่วงแรกในการทำการบันทึกข้อมูลนั้นค่าของ R_A, R_B และ R_S จะยังมีค่าเป็นศูนย์เนื่องมาจากช่วงเวลาแรกต้องรอการติดต่อกันระหว่าง server และ client ก่อนจึงจะทำการรับส่งข้อมูลได้ ทั้งนี้ช่วงเวลาดังกล่าวก็ขึ้นอยู่กับ traffic ของเครือข่าย ณ เวลานั้นๆด้วย แต่ก็ใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีเท่านั้น เมื่อ server และ client ติดต่อกันเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลต่างๆก็จะถูกส่งมาและสามารถบันทึกค่าต่างๆได้อย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6.3 แสดงค่าต่างๆที่วัดได้จากการวัดความต้านทานแผ่น ITO โดยใช้โปรแกรมควบคุม

R_A	R_B	R_S
RA	RB	Rs
0.000000	0.000000	0.000000
NaN	NaN	0.000000
NaN	NaN	0.000000
NaN	NaN	0.000000
NaN	NaN	0.000000
NaN	NaN	0.000000
NaN	NaN	0.000000
1.741583	NaN	0.000000
1.741583	NaN	0.000000
1.625792	NaN	0.000000
1.625792	NaN	0.000000
1.630806	NaN	0.000000
1.630806	NaN	0.000000
1.630806	3.071333	0.000000
1.630806	3.071333	10.302921
1.630806	3.087875	0.000000
1.630806	3.087875	10.333403
1.645500	3.087875	0.000000
1.645500	3.087875	10.375217
1.645500	3.087875	10.375217
1.654233	3.087875	0.000000
1.654233	3.087875	10.400003
1.654233	3.087875	10.400003
1.660778	3.087875	0.000000
1.660778	3.087875	10.418544
1.660778	3.090833	10.424021
1.660778	3.090833	10.424021
1.660778	3.092313	10.426759
1.660778	3.092313	10.426759
1.671643	3.092313	0.000000
1.671643	3.092313	10.457498
1.671643	3.092313	10.457498
1.671643	3.092313	10.457498
1.671643	3.092313	10.457498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่7
สรุปผลการทำโครงงาน

7.1 ผลการวัดความต้านทานแผ่น ITO

จากผลการวัดในบทที่ 6 จะเห็นได้ว่า ค่าของ sheet resistance ของแผ่น ITO จากการวัดแบบใช้โปรแกรมควบคุมและไม่ใช้โปรแกรมควบคุมนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมีผลต่างเพียงแค่

$$10.7213 - 10.7124 = 0.089\ \Omega$$

ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จะได้

$$\frac{10.7213 - 10.7124}{10.7213} \times 100 = 0.021\ \%$$

จะเห็นว่าค่าความต้านแผ่นของแผ่นสารกึ่งตัวนำมาทำการวัดโดยการใช้โปรแกรมและไม่ใช้โปรแกรมควบคุมนั้นมีค่าต่างกันน้อยมาก ค่าต่างกันเพียง 4.56% ซึ่งพิจารณาในแง่ของตัวเลขนั้นมีความคลาดเคลื่อนเพียง 0.089 Ω เท่านั้นซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นในการทำโครงงานนี้สามารถนำไปใช้งานได้ ทั้งนี้ในการรับส่งข้อมูลจะมีความล่าช้าอยู่บ้าง ซึ่งหากจะนำไปประยุกต์ใช้งานในโรงงานหรืองานใหญ่ๆสำหรับการควบคุมเครื่องมือนั้นต้องใช้ โปรแกรม LabVIEW RT ซึ่งต้องใช้โมดูลเพิ่มทำให้สามารถรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้

7.2 สรุปการทำงานของโปรแกรม

รูปที่ 7.1 แสดงแบบจำลองการทำงานของระบบในการรับส่งข้อมูล

1. Client ส่งข้อมูลคำสั่งต่างๆให้แก่ Server ผ่านระบบเครือข่าย
2. Server รับคำสั่งต่างๆจาก Client และส่งให้กับเครื่องมือผ่าน GPIB Bus
3. เมื่อเครื่องมือประมวนผลเสร็จก็ส่งค่าต่างๆให้แก่ Server ผ่าน GPIB Bus
4. Server ส่งค่าต่างๆที่ได้จากเครื่องมือให้แก่ Client ผ่านระบบเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง

1. เจริญ เพชรมุณี, “เรียนลัด LabVIEW” , ซีเอ็ดยูเคชั่น,2547

2. ธงชัย จันทร์งาม, “การปลูกผลึกและการวิเคราะห์ดีบุกออกไซด์ (Growth and Characterization of Tin Oxide Thin Films) ,ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

3. John Essick, “Advanced LabVIEW Labs” , Prentice-Hall, 1997

4. http://203.16.29.165/e-book/LabVIEW

5. www.electoday.com/electronics

6. http://Labview\gpib\GPIB Instrument Control Tutorial - Tutorial - Development Library - National Instruments.html

7. http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2761

8.http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/eLabs/NetworkInstrumentation/TCPIP/LabViewTCPIP01.htm

9.http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/elessonshtml/Network/Network3NoteTCPIPinLV.html

10. http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2710

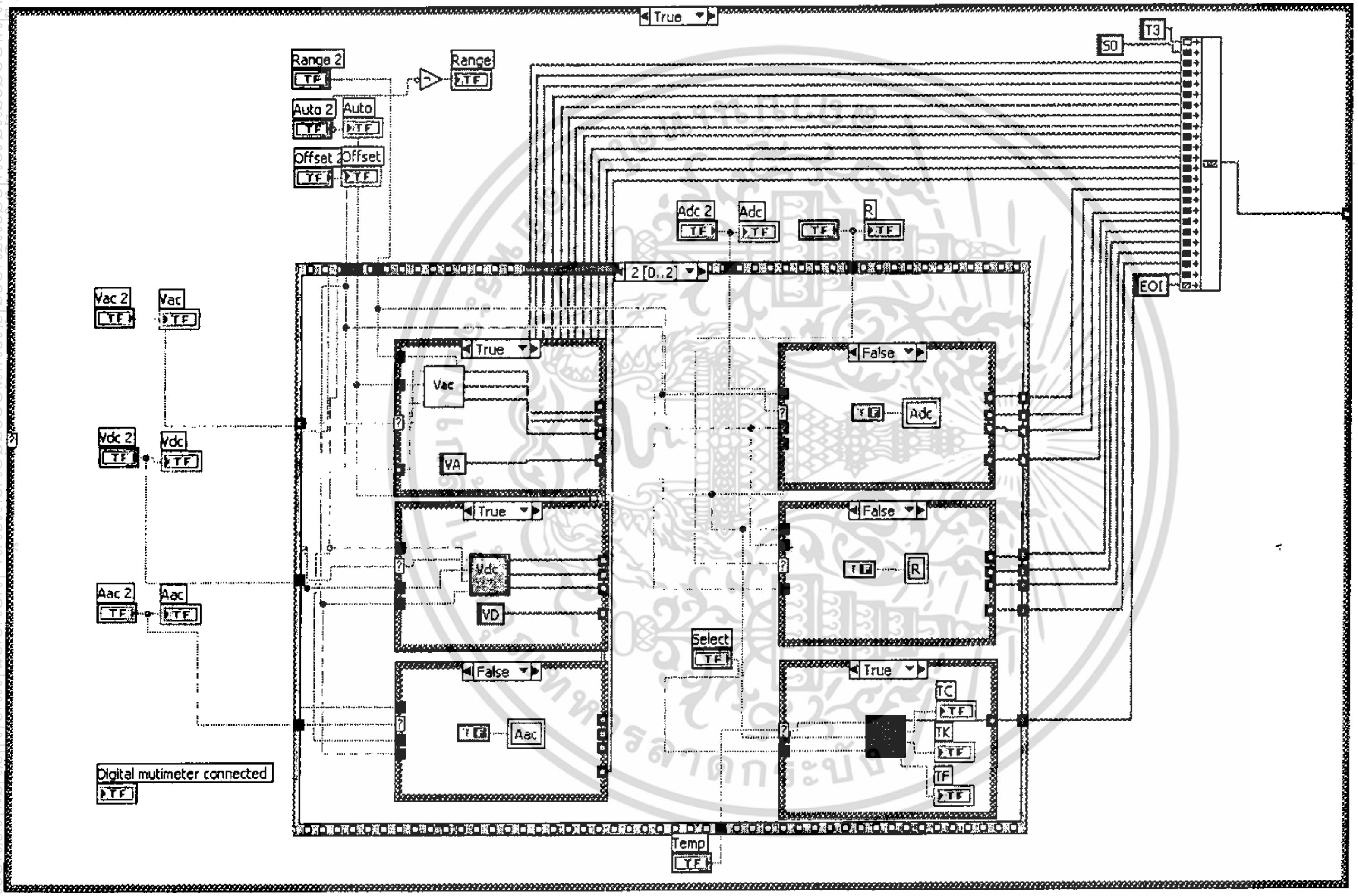
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

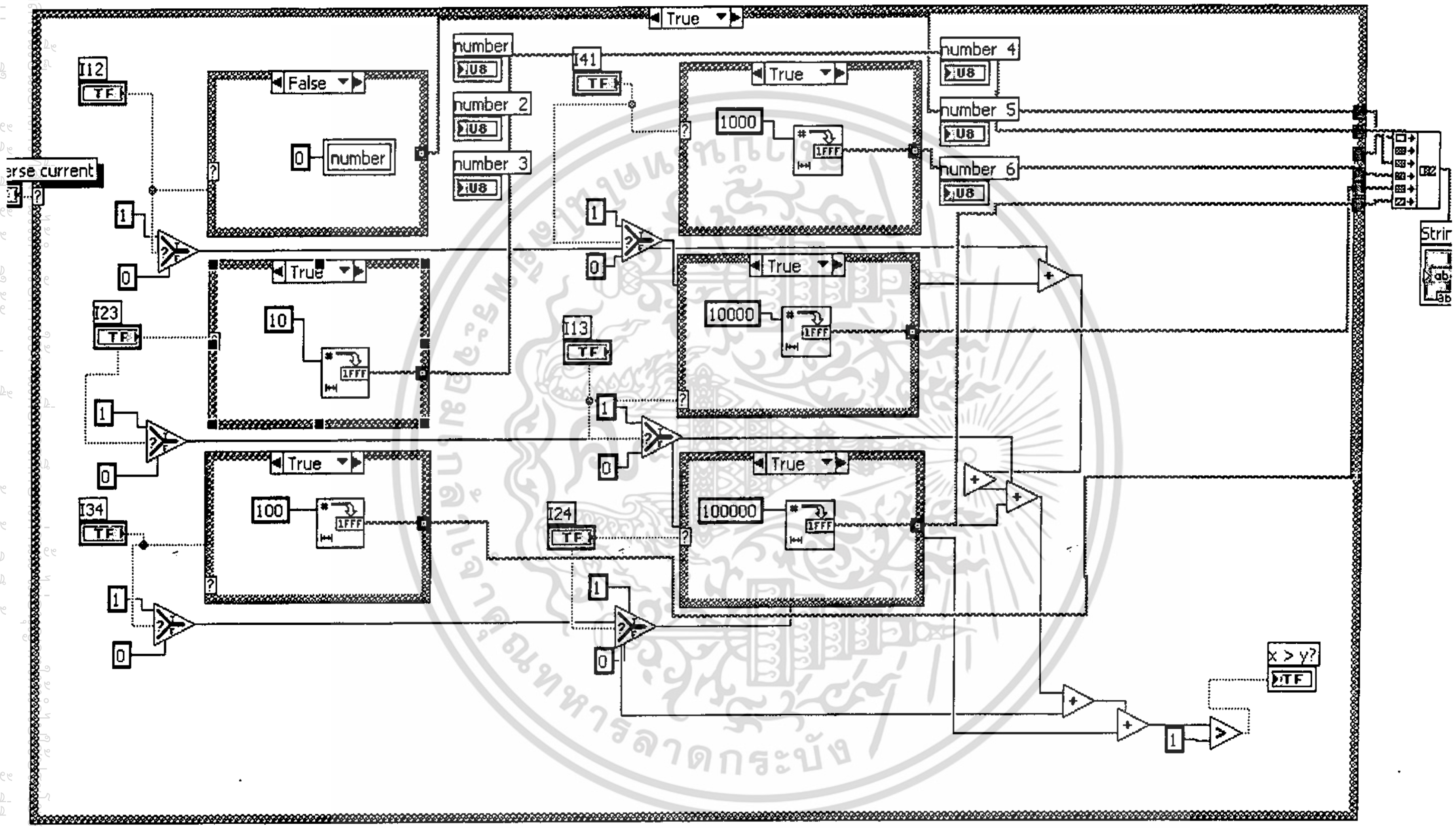
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนควบคุมดิจิตอลมัลติมิเตอร์



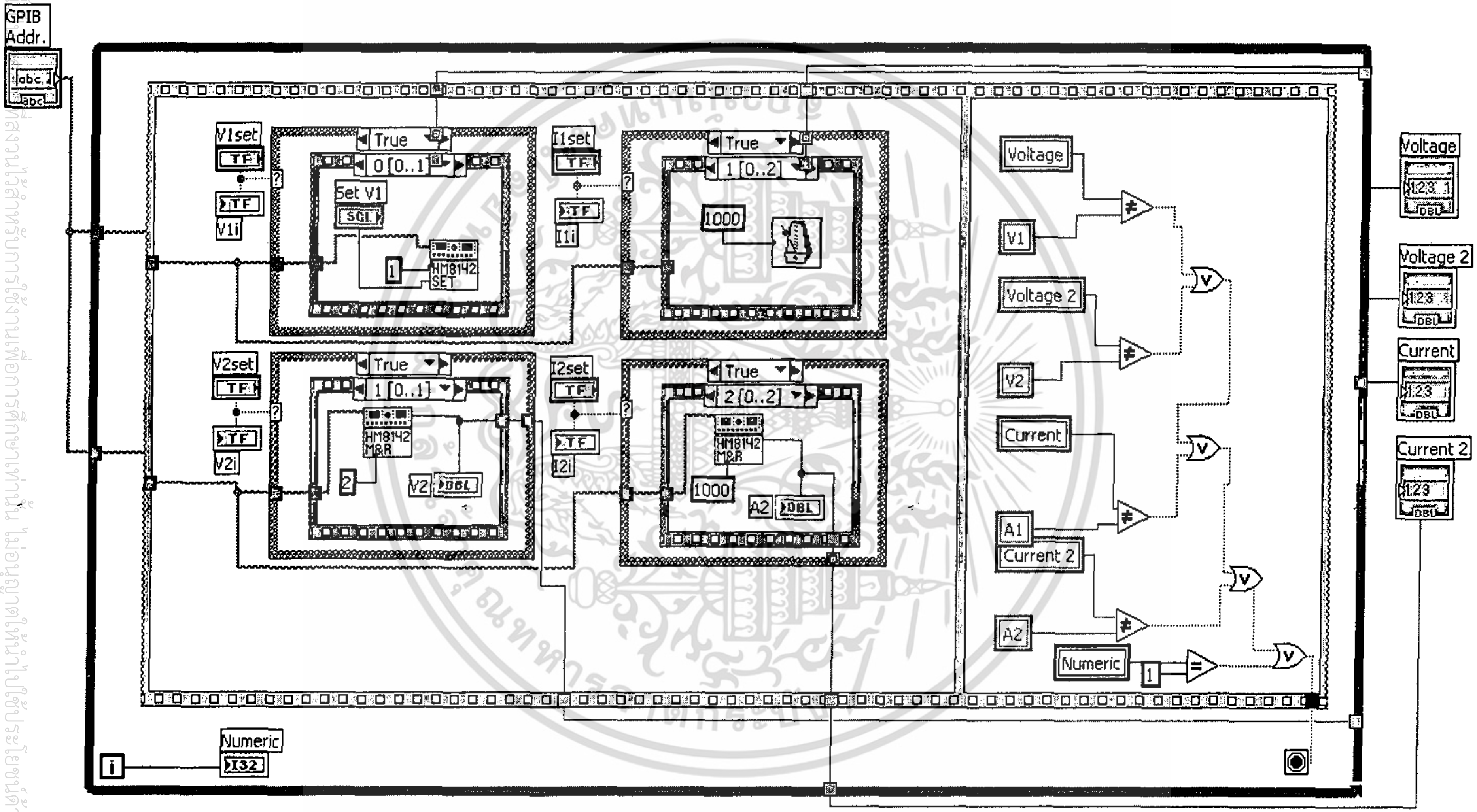
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของรีเลย์



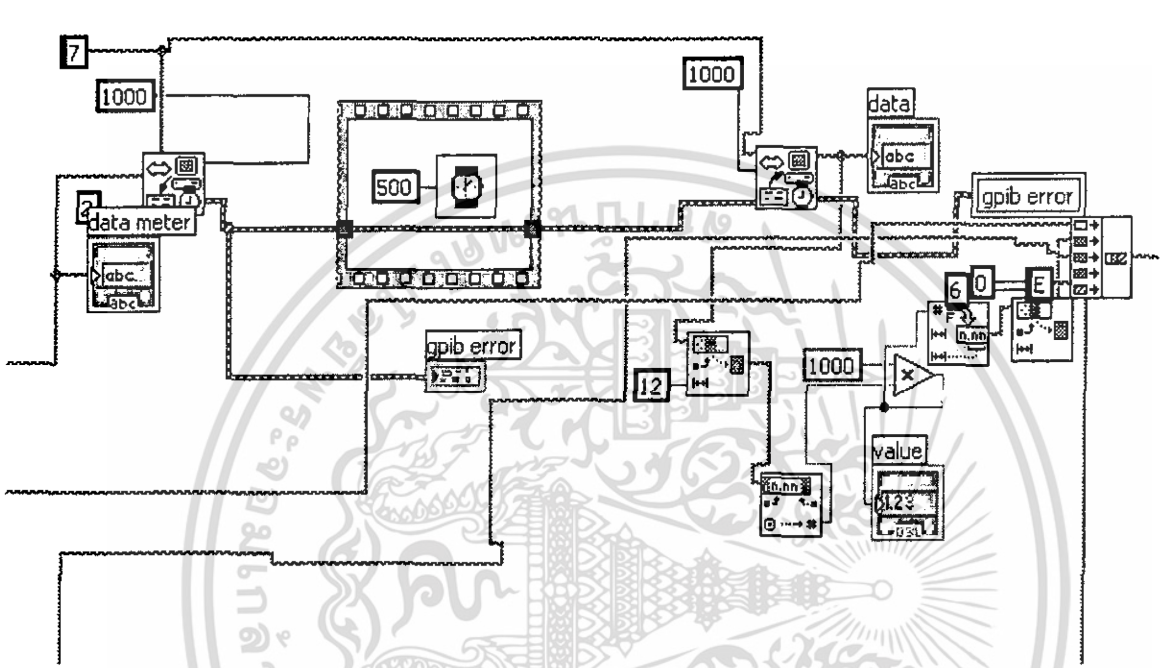
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลาย

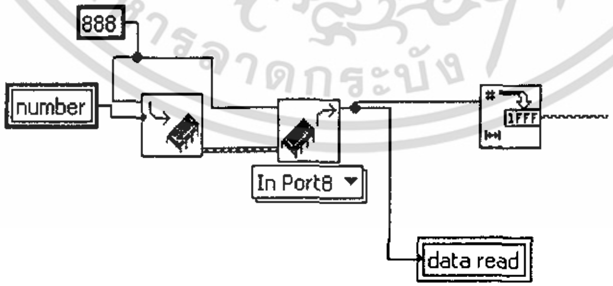


เอกสารนี้ ... ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนการรับส่งข้อมูลผ่านการ์ด GPIB

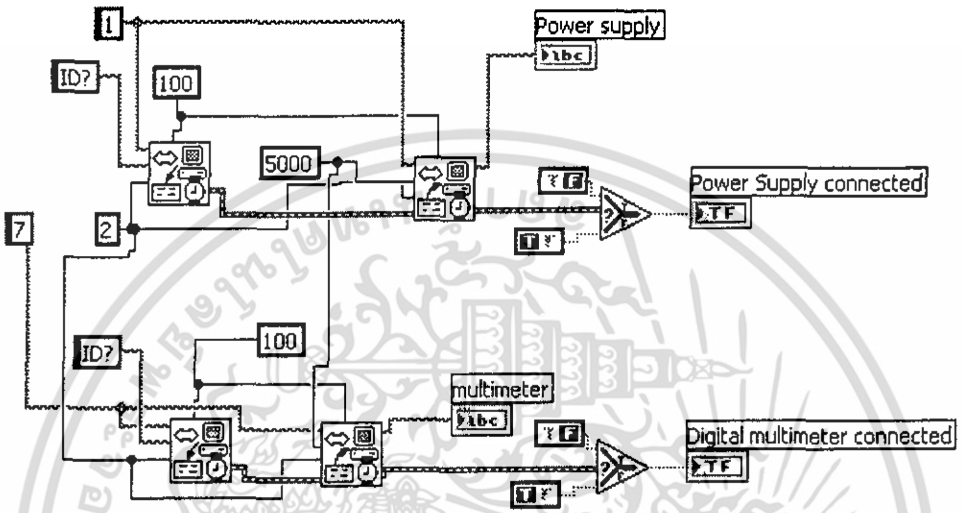


โปรแกรมส่วนการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทขนาน



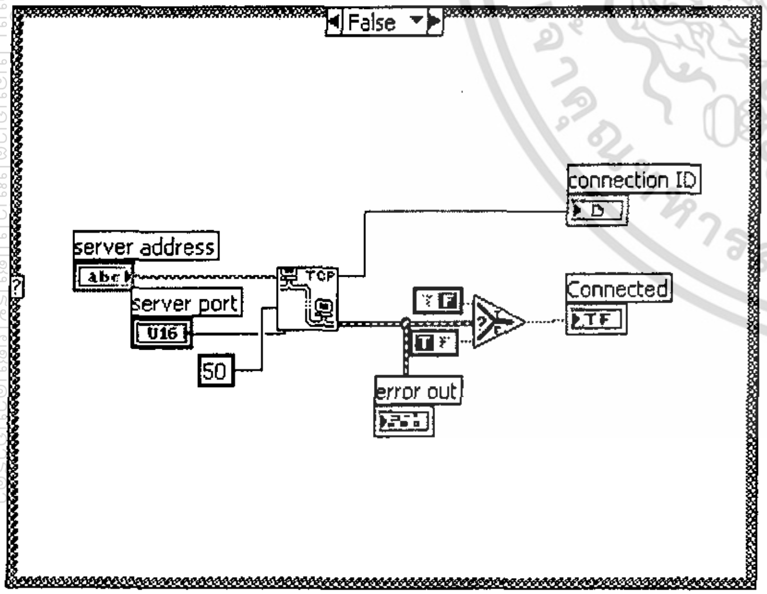
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โปรแกรมส่วนการตรวจสอบสถานะของเครื่องมือ</u>

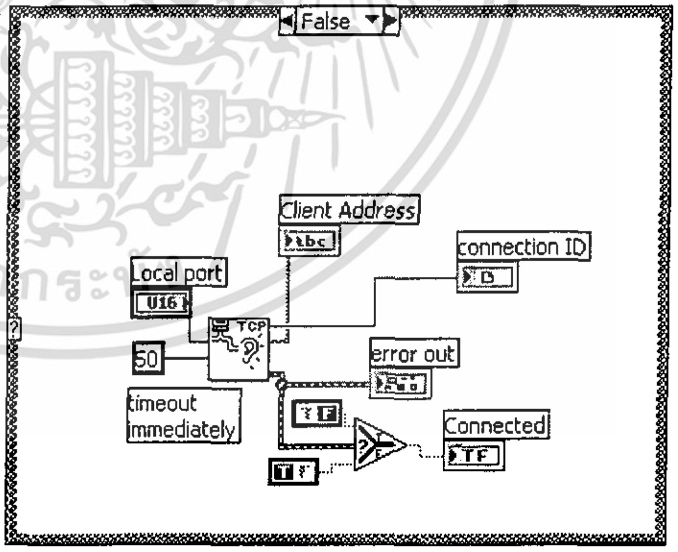


<u>โปรแกรมส่วนการเชื่อมต่อระหว่าง server และ client</u>

Client



Server



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้