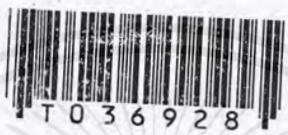
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้งาน GPIB

GPIB APPLICATION



โดย

นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน GPIB

GPIB APPLICATION

โดย

นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ 39014196

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สุรเดช ตรีไตรลักษณะ

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การประยุกต์ใช้งาน GPIB

GPIB APPLICATION

ผู้จัดทำ

นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ รหัส 39014196

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุรเดช ตรีไตรลักษณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน GPIB

GPIB APPLICATION

นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ 39014196

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(อาจารย์ สุรเดช ตรีไตรลักษณะ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และ อบรมเลี้ยงดูจนมีทุกวันนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ สุรเดช ตรีไตรลักษณะ และ รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำโครงงานนี้ และขอขอบคุณ พี่พงศธร หมายดี พี่วรเทพ ไพบูลย์รัตนากร พี่นนท์ บัณฑิตวงษ์ พี่เกษมสุข เสพศิริสุข คุณสันติ ตั้งสกุล คุณ ไตรรัตน์ ตั้งพิทยาเวทย์ และเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ

(นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน GPIB

นาย ทศพล วงศ์ชัยสุริยะ
อ.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ส่งผลให้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตแพร่หลาย และได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้มากมาย โครงงานนี้จึงได้ประยุกต์การใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อใช้ประโยชน์ทางวิศวกรรมโดยนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัด GPIB (IEEE-488) ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งสามารถทำให้สามารถควบคุมชุดเครื่องมือนี้ในระยะไกลได้ จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับระบบอินเตอร์เน็ต โดยใช้โปรแกรม Web Browser และระบบฐานข้อมูลเข้าช่วย และคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่กับชุดเครื่องมือวัด จะนำข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลมาประมวลผล ควบคุม และรับผลที่ได้ จากชุดเครื่องมือวัดส่งให้ผู้ใช้ต่อไป นอกจากนี้ได้จัดทำเครื่องวัดสัญญาณในระบบบัส GPIB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GPIB APPLICATION

Mr. Todsapol Wongchaisuriya

Mr. Suradeaj Treetriluk Advisor

Educational Year 1999

Abstract

Because of, a progressive of Computer Network Technology, the internet system becomes a very popular and widely uses in many applications.This project applies the advantage of Internet system to control the IEEE-488 (GPIB) instrument . By using Web Browser and database system, we can control a GPIB instrument from the computer which connected to the internet. The computer which interface with GPIB instrument received this command from database and process to control GPIB instrument and receive the reply(data) of instrument return to database and user will received this data from database respectively. This method obtains a convenience to users and increase network efficiency. Furthermore, GPIB Bus Tester is included in this project for measuring the signal in the GPIB Bus System.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 IEEE-488 (GPIB)	3
2.1 โครงสร้างของ IEEE-488	3
2.2 ขีดจำกัดของ IEEE-488	3
2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE-488	4
2.4 ความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ภายใน IEEE-488	5
2.4.1 กลุ่มสัญญาณข้อมูล	5
2.4.2 กลุ่มสัญญาณควบคุมการเชื่อมต่อ (Interface)	5
2.4.3 กลุ่มสัญญาณควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล	6
2.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ IEEE-488 BUS	7
2.6 ขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)	8
2.7 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง	10
2.8 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ	11
2.9 คำสั่งใช้งานของ GPIB	12
2.10 การขอบริการและการตรวจสอบ (Service Request and Polling)	16
2.11 รูปแบบข้อมูล	17
บทที่ 3 เครือข่ายอินเตอร์เน็ต	20
3.1 สถาปัตยกรรมอินเตอร์เน็ต (Internet Architecture)	20
3.2 OSI โมเดล	21
3.3 โครงสร้างชั้นเน็ตเวิร์ค (Network layer structure)	23
3.4 Internet Protocol Standards	24
3.5 Internet IP	25
3.5.1 โครงสร้างแอดเดรส (Address structure)	25
3.5.2 รูปแบบของข้อมูล (Datagrams)	26

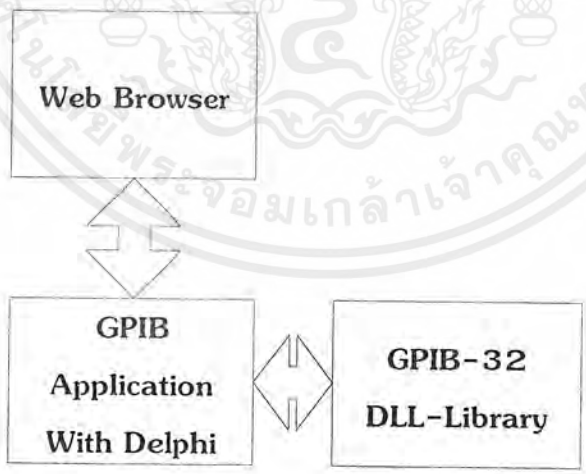
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การแบ่งส่วนย่อยของข้อมูลและการประกอบขึ้นใหม่
(Fragmentation and Reassambly) 27
3.5.4 การเลือกเส้นทาง (Routing) 29
บทที่ 4 การออกแบบและสร้าง 30
4.1 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเครื่องมือวัด 30
4.2 โปรแกรมควบคุม Programmable Power Supply 30
4.3 โปรแกรมควบคุม Programmable Function Generator 31
บทที่ 5 การสร้างวงจร GPIB Bus Tester 33
5.1 หลักการทำงาน 33
5.2 การทำงานของเครื่องตรวจสอบสัญญาณ 34
บทที่ 6 การติดตั้งการ์ด GPIB 36
6.1 ส่วนของการ Install Program Software 36
6.2 ส่วนการ Install New Hardware 38
บทที่ 7 การทดลองและผลการทดลอง 40
7.1 การทดลองสั่งงาน Programmable Power Supply(HM8142) 40
7.2 การทดลองสั่งงาน Programmable Function Generator(HM8130) 41
บทที่ 8 สรุปผลและวิจารณ์ 47
เอกสารอ้างอิง 48
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

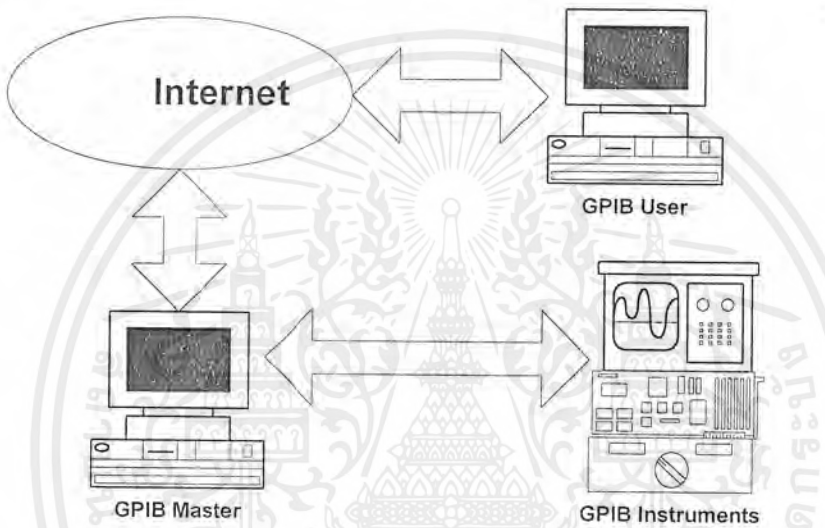
ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันส่งผลให้เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ได้รับความนิยมจากผู้ใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งมีรูปแบบของการประยุกต์ใช้งานมากมาย ในโครงงานนี้จึงได้นำเอาความสามารถ ในการส่งข้อมูลติดต่อกันในระยะไกล ของระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมชุดเครื่องมือวัด GPIB (General Purpose Interface Bus) ซึ่งประกอบด้วย HM8142 Programmable Function Generator, HM8130 Programmable Power Supply และ TDS Digital Real-Time Oscilloscopes โดยในโครงงานนี้ได้เขียนโปรแกรม เพื่อสร้างแบบจำลองหน้าปัดของอุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวข้างต้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยใช้โปรแกรมภาษาเดลไฟล์ (Delphi) ซึ่งเป็นโปรแกรมแบบ visual programming languages ซึ่งสามารถสร้างแอปพลิเคชั่นบนวินโดว์ได้ง่ายและรวดเร็วด้วย Rapid Application Development (RAD) tools ซึ่งจะใช้เดลไฟล์ในการอินเตอร์เฟซกับ dynamic link libraries (DLLs) ของ NI-488 Software เพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์ทั้ง 3 ตัวข้างต้น ซึ่งโครงสร้างของซอร์ฟแวร์ แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของซอร์ฟแวร์โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในการเชื่อมต่อ ระบบควบคุมเครื่องวัดเข้ากับ เครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้นจะใช้ Delphi ในการติดต่อกับ Web browser ซึ่งเป็น software ที่เป็นตัวจัดการกับระบบฐานข้อมูล ที่มีลักษณะแบบ ไคล์เอนท์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Sever) ซึ่งจะใช้โพรโตคอล ICP/IP หรือ Transmission Control Protocol / Internet Protocol เป็นมาตรฐานในการติดต่อของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยภาพรวมของระบบแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ระบบการควบคุม GPIB ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

โดยหลักการทำงานโดยรวมของระบบคือ คอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ (GPIB User) จะทำการส่ง-รับ ข้อมูลกับฐานข้อมูล ซึ่งอยู่ที่เครื่อง Masterและคอมพิวเตอร์ที่เป็นตัวอินเตอร์เฟซ (Interface) กับ ชุดเครื่องมือวัด GPIB และมาประมวลผลสั่งงานชุดเครื่องมือวัด และรับผลตอบสนองที่ได้รับจากเครื่องมือวัด ส่งให้กับให้กับคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ (GPIB User) ต่อไป

นอกจากนี้ผู้จัดทำยังได้สร้าง GPIB BUS TESTER เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ในระบบกับตัวควบคุมทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ อีกด้วยซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

IEEE-488 (GPIB)

2.1 โครงสร้างของ IEEE-488

ในระบบพื้นฐานของ GPIB จะประกอบด้วยอุปกรณ์ คือ ผู้ส่ง (Talker), ผู้รับ (Listener) และ ผู้ควบคุม (Controller)

- Talker ทำหน้าที่ส่งข้อมูล โดยในระบบสามารถมี Talker ได้หลายตัว แต่จะมีเพียงตัวเดียว เท่านั้นที่กำลังทำงานอยู่

- Listener ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูล โดยในระบบเดียวกันสามารถมี Listener ได้หลายตัว เช่นเดียวกัน แต่ Listener สามารถทำงานได้ครั้งละหลาย ๆ ตัวได้

- Controller ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ โดยจะกำหนดให้ Talker ทำการส่งข้อมูล หรือ กำหนดให้ Listener ทำการรับข้อมูล

อุปกรณ์ที่มี GPIB นั้นสามารถแบ่งตามหน้าที่ได้ดังนี้

1. ทำหน้าที่เป็น Talker เท่านั้น เช่น เครื่องมือวัด เป็นต้น

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

3. ทำหน้าที่เป็นทั้ง Talker และ Listener เช่น คอมพิวเตอร์, เครื่องมือวัดที่สามารถ ควบคุมได้จากภายนอก เป็นต้น

4. ทำหน้าที่เป็น Talker Listener และ Controller ในตัวเดียวกัน เช่น คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ ควบคุมระบบ

2.2 ขีดจำกัดของ IEEE-488

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

2. สายเคเบิ้ลที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ จะต้องยาวไม่เกิน 4 เมตร และความยาวรวมของสาย เคเบิ้ลในระบบจะต้องไม่เกิน 20 เมตร

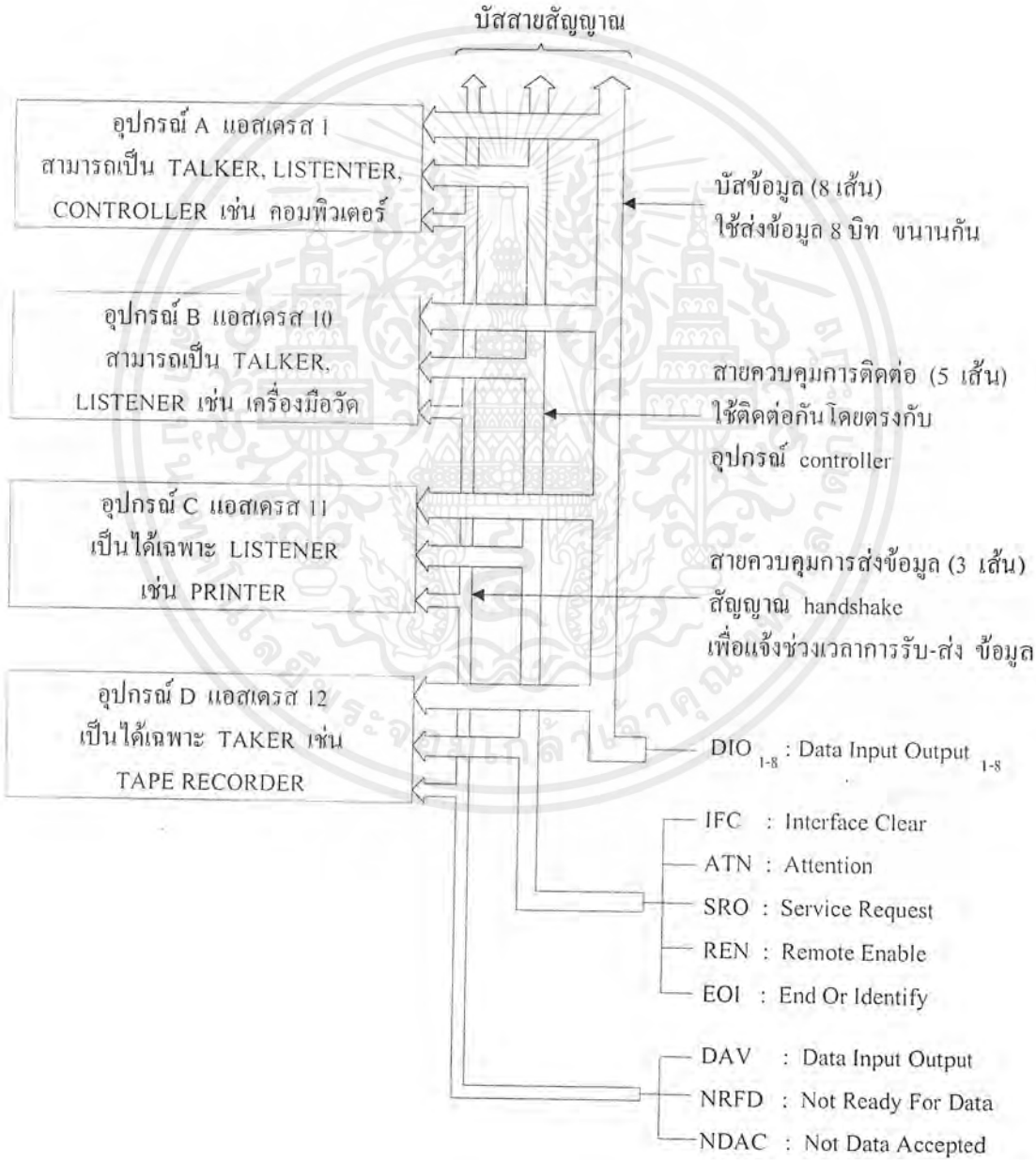
3. ความเร็วในการส่งข้อมูลจะต้องไม่เกิน 1Mb/Sec (1 ล้านไบต์ต่อวินาที)

4. ต้องมีการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์มากกว่าครึ่งหนึ่งของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับ IEEE-488

ลักษณะทางกายภาพ IEEE-488 นั้นคือ เป็นสายสัญญาณแบบ 24 เส้นขนานกัน และ มีขั้วต่ออยู่ทางปลายทั้งสองของสาย เพื่อต่อกับอุปกรณ์หรือต่อกันเพื่อให้สายสัญญาณมีความยาวเพิ่มขึ้น ในจำนวนสายสัญญาณ 24 เส้น มีเพียง 16 เส้นเท่านั้น ที่ทำหน้าที่นำสัญญาณ ส่วนเหลืออีก 8 เส้น ทำหน้าที่กราวนด์ (ground) และ ชีลด์ (shield)



รูปที่ 2.1 แสดงการแบ่งเส้นสายนำสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจำนวนสายที่ใช้นำสัญญาณ 16 เส้นนั้นยังแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามรูปที่ 2.1 คือ

1. บัสข้อมูล (Data Bus) จำนวน 8 สาย คือ

DI01 - DI08

2. สายสัญญาณควบคุม (Control Line) จำนวน 5 สาย คือ

IFC (Interface Clear)

ATN (Attention)

SRQ (Service Enable)

REN (Remote Enable)

EOI (End or Identify)

3. สายแฮนด์เชค (Hand Shake) 3 สาย คือ

DAV (Data Valid)

NRFD (Not Ready For Data)

NDAC (Not Data Accepted)

2.4 ความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ภายใน IEEE-488

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสายสัญญาณต่าง ๆ ใน GPIB ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ในหัวข้อนี้ จะอธิบายความหมายของสัญญาณต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 กลุ่มสัญญาณข้อมูล

1. DI01-DI08 (Data Input/Output) สายสัญญาณทั้ง 8 เส้นนี้ ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของ ข้อมูลในระบบ

2.4.2 กลุ่มสัญญาณควบคุมการเชื่อมต่อ (Interface)

1. IFC (Interface Clear) เป็นสัญญาณรีเซต หรือ เคลียร์ระบบ กำเนิดได้โดยตัวควบคุม (Controller) เท่านั้น เมื่ออุปกรณ์ในบัสได้รับสัญญาณเคลียร์นี้จะกลับคืนสู่สภาวะเริ่มต้นใหม่ ซึ่งเป็น สภาวะแรกเริ่มก่อนการกำหนดฟังก์ชันเหมือนแรกเปิดสวิตซ์

2. ATN (Attention) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุมเช่นเดียวกัน ใช้ในการสั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเตรียมพร้อมเพื่อรอรับคำสั่งต่อไป

3. SRQ (Service Request) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นการบอกแก่ระบบว่าขณะนี้อุปกรณ์ดังกล่าวต้องการติดต่อจากตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. REN (Remote Enable) สัญญาณนี้ เป็นสัญญาณที่ถูกส่งมาจากตัวควบคุมเพียงตัวเดียวเท่านั้น เพื่อใช้สั่งให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เปลี่ยนจากโหมดที่ใช้งานปกติ มาเป็นการควบคุมโดยตัวควบคุม แทน

5. EOI (End or Identify) เป็นสัญญาณที่ถูกส่งได้โดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวควบคุม (Controller) หรืออุปกรณ์ที่เป็นตัวส่ง (Talker) ก็ได้ ใช้สำหรับแสดงว่าข่าวสารที่ส่งเป็นชุดนั้นได้เสร็จสิ้นลงแล้ว

DIO1	1	13	DIO5
DIO2	2	14	DIO6
DIO3	3	15	DIO7
DIO4	4	16	DIO8
EOI	5	17	REN
DAV	6	18	GND (TW PAIR W/DAV)
NRFD	7	19	GND (TW PAIR W/NRFD)
NDAC	8	20	GND (TW PAIR W/NDAC)
IFC	9	21	GND (TW PAIR W/IFC)
SRQ	10	22	GND (TW PAIR W/SRQ)
ATN	11	23	GND (TW PAIR W/ATN)
SHIELD	12	24	SIGNAL GROUND

รูปที่ 2.2 ขั้วต่อของ GPIB และการจัดขาของสัญญาณต่าง ๆ

2.4.3 กลุ่มสัญญาณควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล

1. DAV (Data Valid) เมื่อสัญญาณนี้ถูกดึงเป็นลอจิก "Low" โดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่ง (Talker) เป็นการแจ้งแก่ระบบบัสว่า ขณะนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงไปที่สายสัญญาณข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. NRFD (Not Ready For Data) เมื่อสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น "Low" จะเป็นการแสดงว่าในขณะนี้ระบบบัสยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบยังพร้อมไม่หมดทุกตัว ซึ่งสัญญาณเส้นนี้จะไม่เป็น "Hi" จนกว่าอุปกรณ์ทุกตัวให้ลอจิกที่เป็น "Hi" ครบถ้วนแล้ว สัญญาณนี้มีประโยชน์ในกรณีที่อุปกรณ์ในระบบมีความเร็วแตกต่างกัน

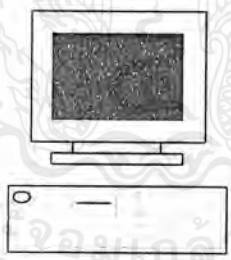
3. NDAC (Not Data Accepted) สัญญาณเส้นนี้เป็นสัญญาณที่ถูกควบคุมโดยอุปกรณ์ที่เป็น ตัวรับ (Listener) โดยสัญญาณนี้จะมีลอจิกเป็น "Low" ในขณะที่อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับกำลังเก็บข้อมูล จากสายข้อมูล (Data Bus) และจะเป็น "Hi" เมื่ออุปกรณ์นั้นได้ทำการอ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว

โดยสัญญาณลอจิกที่ใช้ใน DATA BUS (D1-D8) ของ IEEE-488 มีลักษณะเป็นคอมพลีเมนต์ทั้งหมด คือ "1" เท่ากับ "Low" และ "0" เท่ากับ "Hi" ซึ่งตรงข้ามกับในวงจรที่เราคุ้นเคย

2.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ IEEE-488 BUS

สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ IEEE-488 Bus นั้น มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration)
2. การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration)



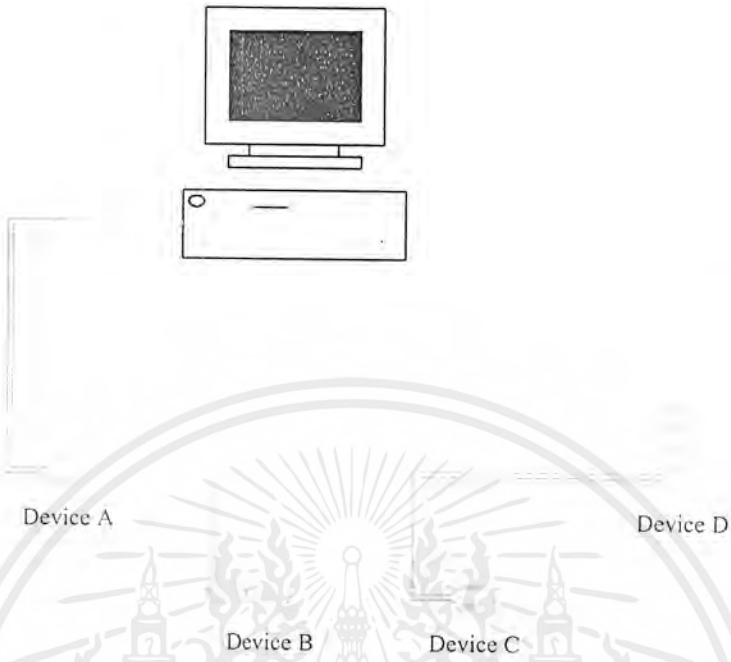
Device A

Device B

Device C

รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อแบบเรียงต่อเนื่องกัน (Daisy Chain Configuration)

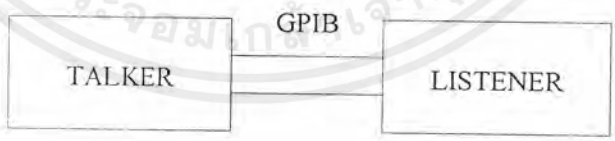
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อแบบกระจาย (Star Configuration)

2.6 ขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)

เมื่อมีการเชื่อต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ ดังนั้น เมื่อระบบจะทำงานจึงต้องมีการตรวจสอบเสียก่อน ซึ่งการตรวจสอบนี้เราเรียกว่าขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)



รูปที่ 2.6 ขบวนการแฮนด์เชค (Handshake Procedure)

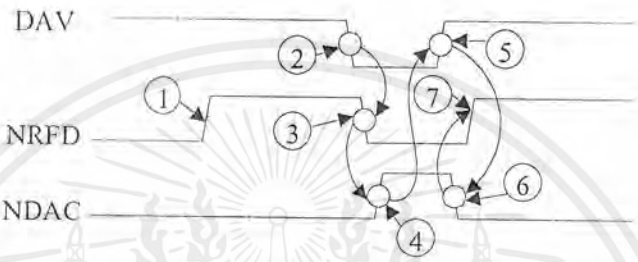
พิจารณาระบบที่ไม่ซับซ้อนนัก โดยกำหนดให้มีตัวส่ง (Talker) และตัวรับ (Listener) อย่างละ 1 ตัว

การที่จะมีการสื่อสารระหว่างตัวส่งและตัวรับจะกระทำได้โดยการที่ตัวส่ง จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกมาเพื่อให้ตัวรับทราบว่ามีข้อมูลเสร็จในสายสัญญาณ และตัวรับก็จะส่งสัญญาณเพื่อให้ ตัวส่งทราบว่าได้ทำการรับข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งสัญญาณในการสื่อสารระหว่างตัวส่งและตัวรับนั้น จะส่งมาทางสายสัญญาณ 3 สาย ซึ่งสายสัญญาณดังกล่าวนั้นเป็นสายสัญญาณในกลุ่มควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล คือ NRFD (Not Ready For Data), DAV (Data Valid) และ NDAC (Not Data Accepted)

DAV เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยตัวส่ง NRFD และ NDAC เป็นสัญญาณที่ถูกส่งโดยตัวรับ โดยตัวรับจะใช้สัญญาณ NDAC เพื่อชี้ให้เห็นว่าพร้อม หรือไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล



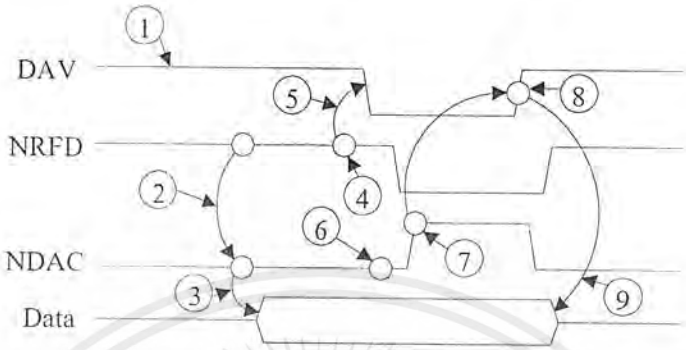
NOTE: The timing shown is relative

รูปที่ 2.7 timing diagram ของขบวนการแฮนด์เชค

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้นเมื่อ ตัวส่งมีข้อมูลที่จะถ่ายทอดลงสายสัญญาณไปยังตัวรับเริ่มด้วย การที่ตัวรับจะทำให้สัญญาณ NRFD เป็น "Hi" (มีค่าเป็น 0) นั่นคือ เป็นการบอกให้ทราบว่าตัวรับ พร้อมที่จะให้ตัวส่งทำการถ่ายข้อมูลลงในสายสัญญาณแล้ว (ในจุดที่ 1) ตัวส่งจะทำการถ่ายข้อมูล ลงในสายสัญญาณ DI01-DI08 หลังจากทำการรอเวลา เพื่อให้ตัวส่งถ่ายข้อมูลแล้วตัวส่งจะทำให้ สัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น "Low" (มีค่าเป็น 1) เพื่อที่จะบอกให้ทราบว่าขณะนี้ได้มีข้อมูลในสาย สัญญาณทั้ง 8 เส้นแล้ว (ในจุดที่ 2) ต่อมาเมื่อผู้รับทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้มีค่าเป็น "Low" เพื่อบอกให้ตัวส่งทราบว่ายังไม่พร้อมที่จะให้ตัวส่งทำการส่งข้อมูลชุดต่อไป และตัวรับพร้อมที่จะเก็บข้อมูลจากสายสัญญาณ (ในจุดที่ 3) หลังจากตัวรับทำการเก็บข้อมูลจาก สายสัญญาณเสร็จแล้ว ตัวรับจะทำให้สัญญาณ NDAC ให้มีสถานะเป็น "Hi" เพื่อบอกให้ทราบว่าได้ ทำการเก็บข้อมูลเสร็จแล้ว (ในจุดที่ 4) เมื่อตัวส่งตรวจพบว่าสัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น "Hi" ก็จะ ทำให้สัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น "Hi" ด้วย เพื่อไม่ให้ตัวรับทำการรับข้อมูลในบัสอีก (ในจุดที่ 5) เมื่อตัวรับทราบว่าสัญญาณ DAV มีลอจิกเป็น "Hi" ก็จะทำให้สัญญาณ NDAC ให้เป็น "Low" ทำให้ ข้อมูลในบัสถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้นก็จะทำให้สัญญาณ NRFD ให้เป็น "Hi" เพื่อบอกให้ทราบ ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดต่อไปแล้วขบวนการแฮนด์เชคจึงเสร็จสิ้นลง และจะเริ่มขึ้นใหม่เมื่อมีสัญญาณ ชุดใหม่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง



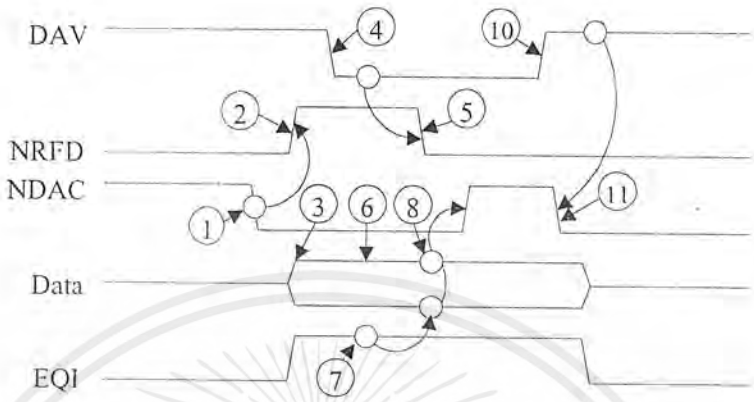
รูปที่ 2.8 timing diagram ของขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่ง

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้นโดยการที่ตัวควบคุม ทำการเซตค่าให้สัญญาณ DAV มีค่าเป็น "Hi" (ในจุดที่ 1) ต่อมาเป็นการตรวจสอบว่าสัญญาณ NDAC และ NRFD มีลอจิกเป็น "Hi" ทั้งคู่หรือไม่ (ในจุดที่ 2) ถ้าทั้งคู่เป็น "Hi" นั่นคือเกิดการผิดปกติ คือ อุปกรณ์นั้นไม่พร้อมที่จะทำงาน จึงทำการออกจากขบวนการแฮนด์เชค

กลับมาดูในจุดที่ 2 หากสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งมีลอจิกเป็น "Low" ตัวควบคุมจะทำการส่ง ข้อมูลลงใน GPIB Bus (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าสัญญาณ NRFD มี ลอจิกเป็น "Hi" (ในจุดที่ 4) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำให้สัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น "Low" เพื่อให้ตัวรับทราบว่ามีข้อมูลอยู่ในบัสข้อมูล (ในจุดที่ 5) ตัวควบคุมจะรอเวลาเพื่อให้ตัวรับทำการเก็บ ข้อมูล เมื่อครบกำหนดเวลาตัวควบคุมจะทำการเชคว่าตัวรับทำงานเกินเวลาที่กำหนด หรือไม่หากเกิน เวลาก็จะทำการตรวจสอบต่อไปว่าสัญญาณ NDAC ทำลอจิกเป็น "Hi" ใช่หรือไม่ก็จะทำการ ตรวจสอบอีกครั้งว่าเกินเวลาหรือไม่ กลับไปดูที่จุดที่ 6 หากสัญญาณ NDAC เป็น "Hi" (ในจุดที่ 7) ตัวควบคุมจะทำการตอบสนองโดยการทำสัญญาณ DAV ให้มีลอจิกเป็น "Hi" เพื่อบอกให้ตัวรับ ทราบว่าให้หยุดการเก็บข้อมูลจากบัส (ในจุดที่ 8) หลังจากนั้นข้อมูลในบัสจะถูกนำออกไป (จุดที่ 9) จึงเป็นการเสร็จสิ้นขบวนการแฮนด์เชค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ



รูปที่ 2.9 timing diagram ของขบวนการแฮนด์เชคของตัวควบคุมซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับ

ขบวนการแฮนด์เชคเริ่มขึ้น หลังจากการที่ตัวควบคุมรับรู้ว่าตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลเมื่อตัวควบคุมทราบว่าตัวส่งจะทำการส่งข้อมูล ตัวควบคุมรับรู้ว่าตัวส่งจะทำให้สัญญาณ NDAC มีลอจิกเป็น "Low" เพื่อบอกให้ทราบว่าตัวควบคุมยังไม่ได้ทำการเก็บข้อมูล (ข้อมูลในที่นี้คือ แอดเดรส หรือ ข้อมูลทั่วไปซึ่งตัวส่งทำการส่งมาในบัสข้อมูล) นั่นคือในจุดที่ 1

ต่อมาตัวควบคุมจะทำการเซตค่าสัญญาณ NRFD ให้เป็น "Hi" เพื่อที่จะให้ตัวส่งทราบว่าขณะนี้ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว (ในจุดที่ 2) เมื่อสัญญาณ NRFD มีค่าเป็น "Hi" และสัญญาณ NDAC มีค่าเป็น "Low" แล้ว ตัวส่งจะทราบทันทีว่าทำการส่งข้อมูลลงมาในบัสข้อมูล ได้แล้ว (ในจุดที่ 3) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการรอเวลาให้ตัวส่งทำการส่งข้อมูลลงในบัสข้อมูลให้เสร็จ โดยจะทำการตรวจสอบไปด้วยว่าเกินเวลาที่กำหนดหรือยัง หากเกินเวลาที่กำหนดก็จะออก จากขบวนการแฮนด์เชค หากไม่เกินกำหนดเวลาจะทำการตรวจสอบเวลาว่าเกินเวลาที่ต้องคอยแล้ว หรือยัง หากยังไม่เกินเวลาก็จะทำการเชคต่อไปจนกระทั่งหมดเวลาหรือจนกว่าสัญญาณ DAV เป็น "Low" หรือไม่หากไม่ก็จะตรวจสอบเวลาว่าเกินเวลาที่ต้องรอแล้วหรือยัง หากยังไม่เกินเวลาก็จะทำ การเช็คต่อไปจนกระทั่งหมดเวลาหรือจนกว่าสัญญาณ DAV จะมีค่าเป็น "Low"

เมื่อสัญญาณ DAV เป็น "Low" แล้วตัวควบคุมจะตอบรับ โดยการทำให้สัญญาณ NRFD มีค่าเป็น "Low" (ในจุดที่ 5) นั่นเป็นการบอกว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะเริ่มเก็บข้อมูล (ในจุดที่ 6) หลังจากนั้นตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบสัญญาณ EOI เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่ตัวส่งทำการส่งลง มานั้นหมดแล้วหรือยัง (ถ้าตัวส่งทำการส่งข้อมูลลงในบัสหมดแล้วจะทำการตั้งค่าสัญญาณ EOI ให้ เป็น "Low") (ในจุดที่ 7) หากสัญญาณ EOI เป็น "Low" ตัวควบคุมจะเซตสถานะว่า ขณะนี้ตัวส่งได้ทำการส่งข้อมูลลงมาในบัสหมดแล้ว หากสัญญาณ EOI เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Hi" ก็ไม่ทำการเซตสถานะ หลังจาก นั้นตัวควบคุมจะทำการเป็นข้อมูลในบัส (ในจุดที่ 8) แล้วทำให้สัญญาณ NDAC มีค่าเป็น "Hi" เพื่อ บอกให้ทราบว่าตัวควบคุมได้ทำการอ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว (ในจุดที่ 9) เมื่อตัวควบคุมทำให้ สัญญาณ NDAC เป็น "Hi" แล้วตัวส่งจะลบข้อมูลในบัสข้อมูล โดยการทำให้สัญญาณ DAV เป็น "Hi" (ในจุดที่ 10) ซึ่งก่อนหน้านี้ตัวควบคุมจะทำการตรวจสอบอยู่แล้วว่าสัญญาณ DAV เป็น "Hi"

2.9 คำสั่งใช้งานของ GPIB

การสั่งการต่าง ๆ เพื่อกำหนดหน้าที่การทำงานและกำหนดฟังก์ชัน เช่น กำหนดช่วงการวัด โหมดการวัด หรืออื่น ๆ แก่เครื่องวัดที่ตกอยู่เหล่านี้นั้น ตัวควบคุมจะเป็นตัวกำหนดการส่งรหัสคำสั่ง ไปที่อุปกรณ์โดยผ่าน DI1-DI6 รหัสคำสั่งนี้จะถูกส่งไปในช่วงที่สายสัญญาณ ATN เป็น LOW

คำสั่งสำหรับกำหนดหน้าที่การงานต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ GPIB มีอยู่ด้วย 128 คำสั่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้ โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มคำสั่ง

รหัสที่ใช้ในระบบ GPIB บัสนั้นใช้ร่วมกัน ทั้งรหัสข้อมูลและรหัสคำสั่ง นั่นคือรหัสเดียวกัน มีความหมายได้ 2 อย่าง คือ เมื่อ ATN เป็น LOW จะหมายถึงรหัสคำสั่ง แต่ ATN เป็น HIGH รหัสนี้ จะแทนข้อมูลที่เป็น ASCII แทน ซึ่งในตารางก็ได้แบ่งความหมายออกเป็น 2 คอลัมน์

ตารางที่ 2.1 แสดงคำสั่งการใช้งานของ GPIB

ASCII — IEEE 488 BUS MESSAGES (COMMANDS AND ADDRESSES) HEX CODES

MSD / LSD	0		1		2		3		4		5		6		7	
	ASCII	MSG	ASCII	MSG	ASCII	MSG¹	ASCII	MSG¹	ASCII	MSG¹	ASCII	MSG¹	ASCII	MSG	ASCII	MSG
0	NUL		DLE		SP	00	0	16	@	00	P	16	`	MEANING DEFINED BY PCG CODE	p	MEANING DEFINED BY PCG CODE
1	SOH	GTL	DC1	LLO	!	01	1	17	A	01	Q	17	a		q	
2	STX		DC2		"	02	2	18	B	02	R	18	b		r	
3	ETX		DC3		#	03	3	19	C	03	S	19	c		s	
4	EOT	SDC	DC4	DCL	$	04	4	20	D	04	T	20	d		t	
5	ENQ	PPC	NAK	PPU	%	05	5	21	E	05	U	21	e		u	
6	ACK		SYN		&	06	6	22	F	06	V	22	f		v	
7	BEL		ETB		'	07	7	23	G	07	W	23	g		w	
8	BS	GET	CAN	SPE	(	08	8	24	H	08	X	24	h		x	
9	HT	TCT	EM	SPD	)	09	9	25	I	09	Y	25	i		y	
A	LF		SUB		*	10	:	26	J	10	Z	26	j		z	
B	VT		ESC		+	11	;	27	K	11	[	27	k		{	
C	FF		FS		,	12	<	28	L	12	\	28	l		|	
D	CR		GS		-	13	=	29	M	13	]	29	m		}	
E	SO		RS		.	14	>	30	N	14	^	30	n		~	
F	SI		US		/	15	?	UNL	O	15	_	UNT	o		DEL	

ADDRESSED COMMAND GROUP | UNIVERSAL COMMAND GROUP | LISTEN ADDRESS GROUP | TALK ADDRESS GROUP | SECONDARY COMMAND GROUP

PRIMARY COMMAND GROUP (PCG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กลุ่มคำสั่งเจาะจงจุดหมาย (addressed command group) เป็นคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งหรือตัวรับที่กำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว คำสั่งนี้ประกอบด้วย

GTL (got to local) สั่งให้อุปกรณ์กลับสู่สภาพการควบคุมปกติด้วยมือ

SDC (selected device clear) สั่งให้อุปกรณ์เคลียร์ตัวเองสู่สภาพเริ่มต้นใหม่

PPC (paralled poll configure) เป็นคำสั่งสำหรับทำการจัดสายสัญญาณของการทำการ จัดสรรสายสัญญาณของการทำกระบวนการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์โดยวิธีขนาน โดยใช้กับกลุ่มคำสั่ง รอง

GET (group excute trigger) ใช้สั่งเริ่มต้นการทำงานของอุปกรณ์ทีละหลายตัว

TCT (take control) เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ตัวส่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม

2. กลุ่มคำสั่งครอบคลุม (universal command group) เป็นคำสั่งที่ส่งไปยังอุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่ในบัส ประกอบด้วย

LLO (local lockout) เป็นการสั่งให้อุปกรณ์ล็อคอยู่ที่สภาวะควบคุมโดยปุ่มปรับที่หน้าปัดตามปกติ

DCL (device clear) สั่งให้อุปกรณ์ทุกตัวกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น

PPU (parallel poll unconfigure) ใช้ยกเลิกกระบวนการตรวจสอบสภาพแบบขนาดทั้งหมด

SPE (serial poll enable) เปลี่ยนโหมดของการตรวจสอบสภาพเป็นแบบอนุกรมในโหมดนี้ จะเป็นการส่งสถานะของเครื่องแทนการส่งข้อมูล

SPD (serial poll disable) ยกเลิกโหมดการตรวจสอบแบบอนุกรม

3. กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวรับ (listener address group) เป็นคำสั่งสำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นตัวรับ ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNT (untalker) สำหรับยกเลิก

4. กลุ่มคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวส่ง (talker address group) สำหรับกำหนดให้อุปกรณ์เป็นตัวส่ง ตามรหัสหมายเลขจาก 0-30 และมีคำสั่ง UNL (unlisten) สำหรับยกเลิกเช่นกัน

คำสั่งกลุ่มที่ 1 ถึง 4 นั้น จัดเป็นกลุ่มคำสั่งหลักที่มีความหมายตายตัวยังมีคำสั่งอีกกลุ่มที่ขึ้นอยู่กับการกำหนดภายหลังนั่นคือ กลุ่มคำสั่งรอง

5. กลุ่มคำสั่งรอง (secondary command group) เป็นคำสั่งที่กำหนดรายละเอียดย่อยของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่ออยู่ในระบบ ให้มีการทำงานอย่างไร ตามจุดประสงค์ใช้งานของเครื่องมือนั้น เช่นเดียวกับการปรับปุ่มต่าง ๆ ด้วยมือนั่นเอง คำสั่งรองนี้จะตามหลังคำสั่งหลัก คือจะใช้หลังจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ถูกกำหนดวางตัวในระบบเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งต่าง ๆ ที่กล่าวไป ซึ่งใช้ในการกำหนดสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ แต่ละสภาวะ ที่กำหนดไปนั้นเป็นอย่างไร และมีจุดประสงค์เพื่ออะไร ดังต่อไปนี้

Device clear / Interface Clear

Device clear ใช้ในการทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในบัสกลับไปสู่สภาวะเริ่มต้น ยังไม่มีการกำหนดฟังก์ชันใด ๆ สภาวะเริ่มต้นนี้จะแตกต่างกันไป แล้วแต่ว่าอุปกรณ์นั้นออกแบบไว้อย่างไร Device clear มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เคลียร์หมดทุกตัวที่ต่ออยู่ (DCL) กับเคลียร์เจาะจงอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่ง (SDC)

แต่ว่าในการเคลียร์อุปกรณ์ให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้นนั้นไม่ได้หมายความว่า Interface function ของ GPIB จะถูกเคลียร์อุปกรณ์ให้ไปอยู่ในสภาวะเริ่มต้นด้วยแต่อย่างใด interface function คือ สภาพการ interface ที่ได้กำหนดไว้ในระบบประกอบด้วยฟังก์ชันต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดง interface function

ฟังก์ชัน	สัญลักษณ์	การกลับสู่จุดเริ่มต้นโดย IFC
source handshake	SH	ได้
acceptor handshake	AH	ได้
talker or enlarge talker	T or TE	ได้
listener or enlarge listener	L or LT	ได้
service request	SR	ไม่ได้
remote / local	RL	ไม่ได้
parallel poll	PP	ไม่ได้
device clear	DC	ได้
device trigger	DT	ได้
controller	C	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote / Local

remote เป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ที่อยู่ในระบบเช่น เครื่องมือวัดให้อยู่ในการควบคุมของอุปกรณ์ตัวอื่นแทน ซึ่งปุ่มปรับต่าง ๆ บนหน้าปัดเครื่องจะไม่มีผลต่อการทำงาน ส่วน Local เป็นการ ควบคุมการทำงานของเครื่องมือวัดด้วยปุ่มปรับบนหน้าปัดตามปกติ

การใช้ remote มีประโยชน์ในแง่ที่ขณะที่ตัวการควบคุมเช่น คอมพิวเตอร์กำลังติดต่ออุปกรณ์ ตัวนั้นอยู่ หากไม่มีการตัดการควบคุมโดยปุ่มปรับบนหน้าปัดออก ถ้ามีใครมาปรับแต่งก็จะทำให้การ ทำงานผิดพลาดไปได้ การทำงานของ GPIB ใน remote and local มี 4 ลักษณะดังนี้

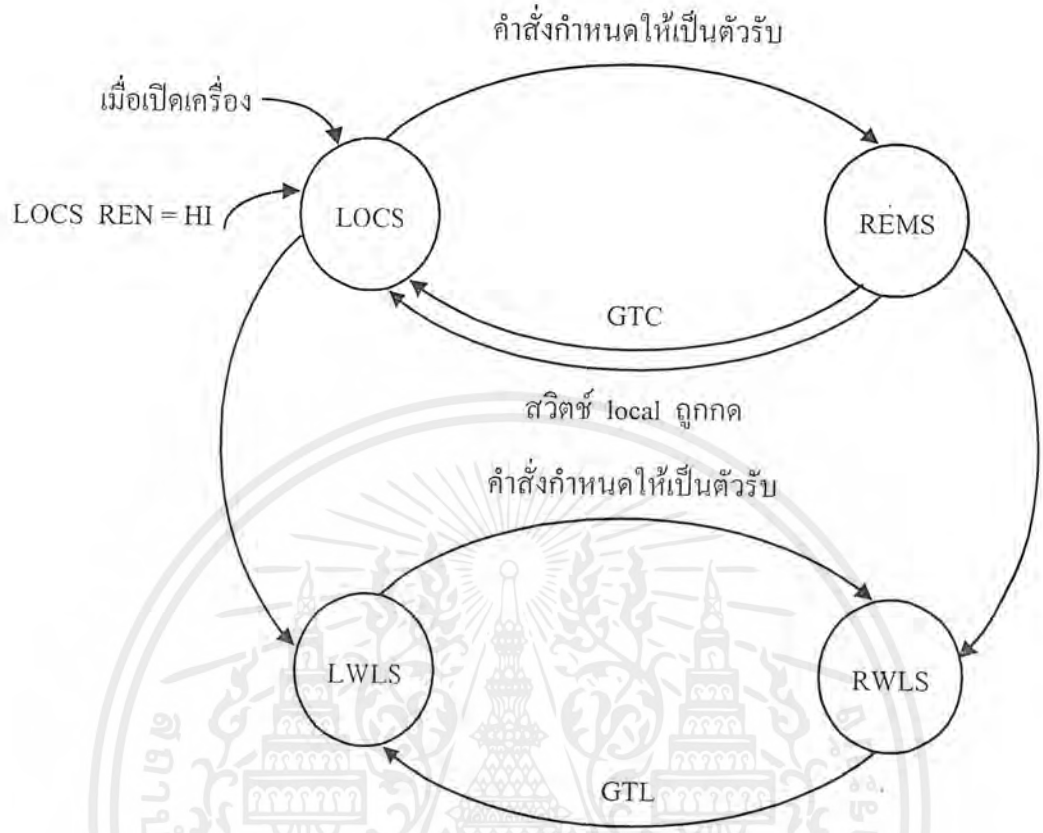
1. LOCS ก็คือ local นั่นเอง เป็นสภาพการควบคุมที่ปุ่มตามปกติ จะอยู่ในสภาพนี้เปิดตอนเครื่องหรือ REN เป็น HIGH หรือเมื่อได้รับคำสั่ง GTL

2. REMS คือ remote หมายถึงการตัดการควบคุมโดยปุ่มหน้าปัดออก จะเกิดขึ้นเมื่อ REN เป็น LOW และจะถูกล็อกไว้ เว้นแต่ว่าสวิตช์ local ที่ตัวอุปกรณ์จะถูกเปลี่ยนไปตำแหน่ง Local

3. RWLS เป็นสภาพ remote ที่ถูกล็อกเอาไว้เช่นกัน แต่ว่าจะตัดการควบคุมตรงสวิตช์ local ที่ตัวอุปกรณ์ออกไป สภาพ remote โดย RWLS จึงมีความสำคัญสูงกว่า REMS อย่างไรก็ตามยังถูกยกเลิกได้ด้วยคำสั่ง LLO

4. LWLS มีสภาพเช่นเดียวกับ local แต่จะแตกต่างกันตรงที่สภาพ local โดย LWLS นี้เมื่อได้รับคำสั่งกำหนดอุปกรณ์ตัวรับจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพแบบล็อกหรือ RWLS ทันทีในการที่จะ มาที่สภาพ LWLS นี้ได้ก็มี 2 กรณีคือ เมื่ออยู่ในสภาพ local ธรรมดา (LOCS) แล้วได้รับคำสั่ง LLO หรืออยู่ใน RWLS แล้วได้รับคำสั่ง GTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดง loop การทำงานของ GPIB ใน remote/local

2.10 การขอบริการและการตรวจสอบ (Service Request and Polling)

เมื่อตัวควบคุมได้รับ SRQ เป็น LOW จะให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลแสดงสถานะการทำงาน ซึ่งมี อยู่ 2 วิธีคือ

1. การตรวจสอบแบบอนุกรม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ATN ถูกดึงเป็น LOW หลังจากได้รับ LOW จากสายสัญญาณ SRQ

1.2 คำสั่ง UNL ถูกสั่งไปยังอุปกรณ์

1.3 ตัวควบคุมจะแจ้งรหัสตัวรับของตน และกำหนดรหัสตัวส่งอุปกรณ์ที่จะตรวจสอบไป ที่บัส

1.4 ตามด้วยคำสั่ง SPE และสาย ATN กลายเป็น HI ซึ่งอุปกรณ์ที่ถูกเรียกจะส่งข้อมูลแสดงสถานะออกมา 1 ไบต์ โดยบิตที่ 7 จะเป็นตัวชี้ว่าอุปกรณ์เส้นเป็นตัวขอบริการ ถ้าใช่จะเป็น LOW ส่วนบิตอื่น ๆ ก็ใช้บอกข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งมิได้กำหนดเฉพาะ

1.5 สาย ATN ถูกดึงเป็น LOW อีกที เพื่อส่งคำสั่งยกเลิกการตรวจสอบคือ SPD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1.6 จากนั้นคำสั่ง UNT ก็ถูกส่งไปยังอุปกรณ์เพื่อยกเลิกการเป็นตัวส่ง ซึ่งถ้าหาก SQR ยังคงเป็น LOW อยู่ ก็จะมีการตรวจสอบไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ต่อไปตามขั้นตอนเดิม

2. การตรวจสอบแบบขนาน สามารถทำได้เร็วกว่าแบบอนุกรมทั้งนี้เพราะสามารถอ่านข้อมูล เพียงไบต์เดียวก็สามารถรู้ได้ทันที ว่าอุปกรณ์ตัวใดเป็นผู้ขอบริการ

2.11 รูปแบบของข้อมูล

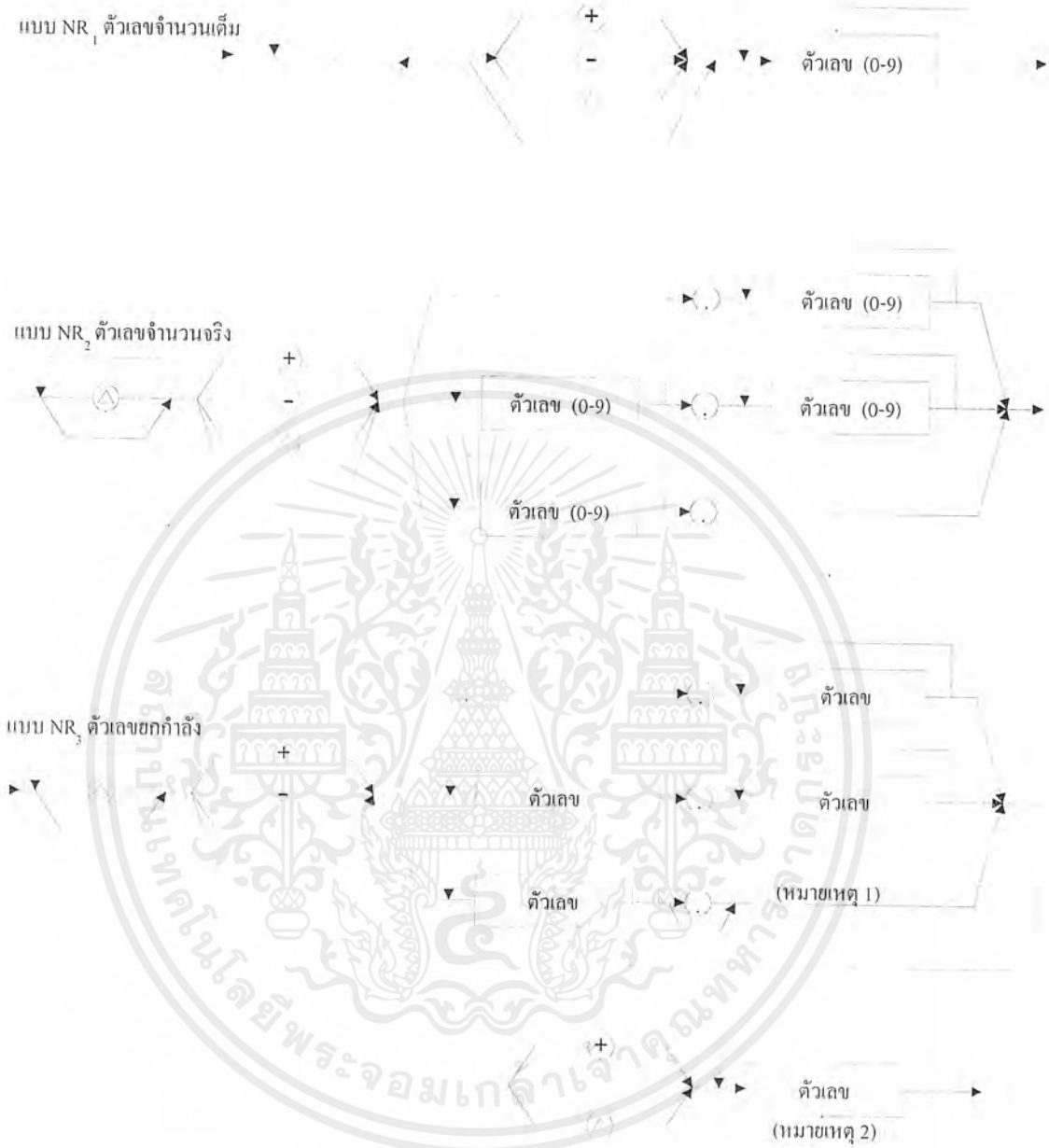
โดยทั่วไปข้อมูลจากอุปกรณ์ (device message) แบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.11 อันได้แก่ส่วนหัว (HR) ซึ่งจะอยู่ส่วนหน้าสุด เป็นตัวบอกชนิดข้อมูล ส่วนประกอบ HR แสดงในรูป ที่ 10 จะเห็นว่าประกอบด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ช่องว่างที่เป็นเว้นวรรค ( ) ปกติจะมี อักษรประมาณ 1-3 ตัว

รูปที่ 2.11 รูปแบบของข้อมูล

รูปที่ 2.12 รูปแบบของ HR

ส่วนที่ 2 คือ เนื้อหาข้อมูล (NR) ซึ่งใช้แสดงค่าตัวเลข มีอยู่ 3 แบบ คือ NR1, NR2 และ NR3 ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ส่วนท้ายของ NR ยังอาจมีตัวอักษรแสดงหน่วยตามมา

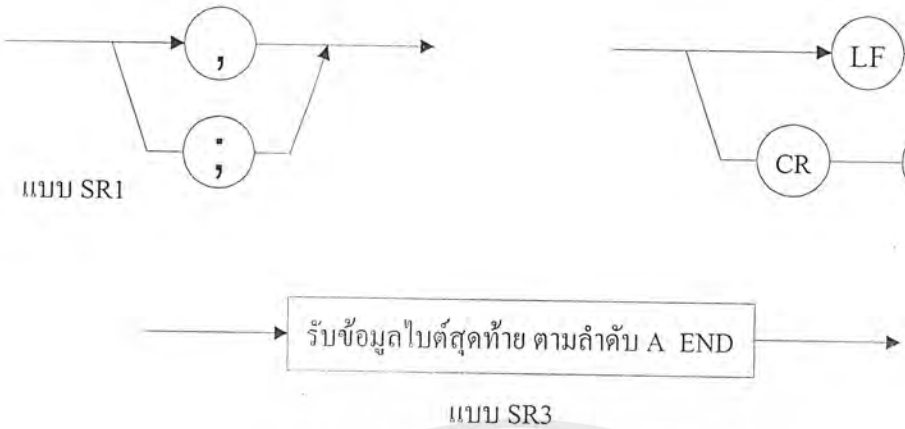
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36928



รูปที่ 2.13 แสดงเนื้อหาข้อมูล

ส่วนที่ 3 คือ สัญญาณแบ่งข้อมูลแต่ละชุด (SR) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดน SR1 ใช้แสดงการ ต่อเนื่องของข้อมูล (ข้อมูลยังมีต่อ) SR2 และ SR3 แสดงการสิ้นสุดของข้อมูล แต่ SR3 เป็นการ บอกการเสร็จสิ้นข้อมูลทั้งหมดจากการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณแบ่งข้อมูลแต่ละชุด

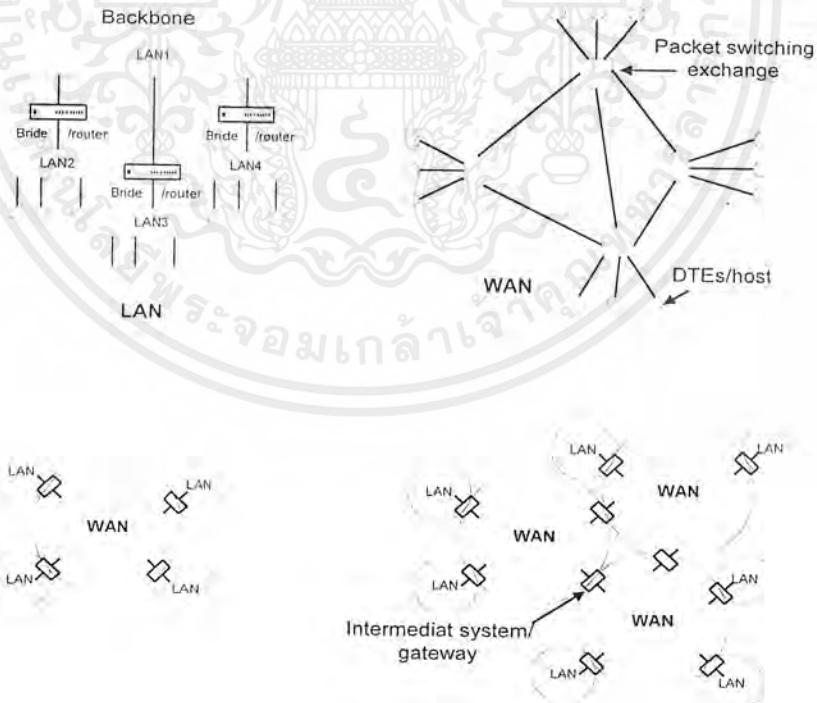
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครือข่ายอินเตอร์เนต

Internet คือ การที่เครือข่าย 2 หรือมากกว่า เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน และทำงานเสมือนเป็นเครือข่ายเดียวกัน โดย network ที่เป็นส่วนประกอบของ internet คือ Subnetwork (Subnet) ซึ่งอาจจะเป็นเครือข่าย Local area network (LAN) หรือ Wide area network (WAN) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ 2 เครือข่าย เข้าด้วยกันก็คือ intermediate system (IS) หรือ internetworking unit (IWU) การเชื่อมโยงระหว่างระบบที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องมีมาตรฐานในการติดต่อกัน ซึ่งเรียกเป็นศัพท์เฉพาะว่า โพรโตคอล (Protocol)

3.1 สถาปัตยกรรม อินเตอร์เน็ต (Internet Architectures)

สถาปัตยกรรมพื้นฐานของ Internet แสดงดังรูปที่ 3.1



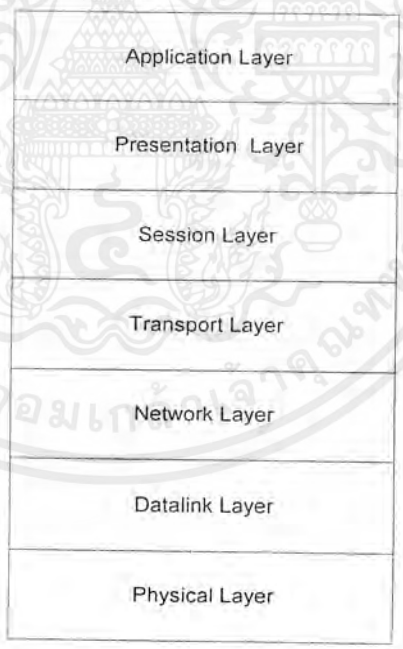
รูปที่ 3.1 แสดงสถาปัตยกรรมของ Internet (a) Single LAN and WAN (b) Interconnected LAN/WAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป (a) แสดงตัวอย่าง 2 ตัวอย่างของเครือข่ายเดี่ยว (Single network) ซึ่งอย่างแรกเป็น site-wide LAN ซึ่งประกอบขึ้นมาจากชุดของ LANs ซึ่งถูกต่อเข้ากับเครือข่ายหลัก (backbone) ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ต่อ LAN เข้ากับเครือข่ายหลัก ถ้า LAN ทุกเครือข่ายมีระบบเดียวกันก็จะใช้ bridge ถ้าเป็น LAN ที่แตกต่างกันก็จะใช้ router ตัวอย่างที่ 2 เป็นตัวอย่างของ WAN เดี่ยว ๆ ในรูป (b) แสดงถึงเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วย network ทั้ง 2 ชนิด ข้างต้น

3.2 OSI โมเดล

องค์กรมาตรฐานสากล ISO (International Organization for Standardization) ได้กำหนดมาตรฐานของเครือข่าย โดยจัดแบ่งกิจกรรมของเครือข่าย ออกเป็นงานย่อย ๆ และกำหนดโมเดลแบ่งเป็นชั้น ๆ ตามลำดับเรียกว่ามาตรฐาน OSI (Open System Interconnection) โดยที่จะแบ่งกิจกรรมที่ซับซ้อนในเครือข่าย ออกเป็นงานย่อย ๆ ก็จะช่วยในการออกแบบ และการใช้งานเครือข่าย รวมถึงการเชื่อมโยงกัน เป็นไปได้ด้วยความสะดวก และมีวิธีการทำงานอยู่ในกรอบเดียวกัน ดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งการทำงานของเครือข่ายออกเป็น OSI model

ในแต่ละชั้นของ OSI model จะมีการติดต่อสื่อสารกันเป็นชั้น ๆ ตามลำดับลงมาเช่น Application Layer ก็จะติดต่อสื่อสารกับ Presentation Layer ตามลำดับไปจนถึงชั้นแรกสุดคือ Physical Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Layer เป็นชั้นบนสุดของ โมเดลเป็นส่วนที่จะทำให้การติดต่อระหว่างเครือข่ายกับผู้ใช้ เป็นไปได้ตามต้องการ ตัวอย่างแอปพลิเคชั่นของเครือข่าย เช่น ระบบ e-mail, การโอนถ่ายข้อมูล (File Transfer), การขอเข้าใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายเป็นต้น

Presentation Layer มีการกำหนดหน้าที่ไม่ชัดเจนนักและมีการนำไปใช้ไม่มาก ซึ่งหน้าที่หลักก็คือ เป็นส่วนที่จัดรูปแบบและนำเสนอข้อมูล ให้เป็นไปตามต้องการ รวมไปถึงการจัดแปลงข้อมูล ในรูปมาตรฐาน ASCII หรือ EBCDIC, การลดขนาดข้อมูล (data compression) การเข้ารหัสหรือถอดรหัสของข้อมูล แต่ส่วนใหญ่แล้ว แอปพลิเคชั่นจะจัดการแทนได้

Session Layer เป็นชั้นที่จัดการในเรื่อง "การติดต่อแต่ละครั้ง" หรือ session ให้ระบบคอมพิวเตอร์ทั้งสองฝั่ง โดยทำหน้าที่ตั้งแต่เริ่มการติดต่อ ดูแลในการส่งผ่านข้อมูล ในการติดต่อครั้งนั้น ๆ เป็นไปได้โดยไม่มีปัญหา จนถึงเลิกการติดต่อเมื่อเสร็จงาน

Transport Layer ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณ และรายละเอียดวิธีการรับส่งข้อมูล ให้เป็นไปตามกำหนดที่ตั้งไว้ และจัดการให้การเชื่อมโยงเครือข่ายเป็นไปด้วยความราบรื่น Transport Layer จะเป็นชั้นสุดท้าย ที่จัดการเรื่องเส้นทางในการส่งข้อมูล และจัดการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งส่วนของ TCP (Transmission Control Protocol) ในโพรโตคอล TCP/IP ทำงานที่ระดับนี้

Network Layer ทำหน้าที่ควบคุมวิธีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครือข่ายให้ถูกต้อง และเป็นไปตามเส้นทางที่กำหนด โดยจะจัดการส่งผ่าน packet ข้อมูล ผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปยังเครือข่ายย่อยได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังจัดการดูแลเส้นทางในการส่งข้อมูล (Routing table) และกั้นหรือกรอง packet ข้อมูลที่ส่งไปยังเครือข่ายเดียวกันไม่ให้ข้ามไปยังเครือข่ายอื่น ซึ่งจะช่วยลดปริมาณข้อมูลที่จะวิ่งบนเครือข่ายได้ส่วนหนึ่ง โพรโตคอล IP, TCP/IP และ IPx เป็นโพรโตคอลที่ทำงานอยู่ใน layer นี้

Data link Layer ทำหน้าที่เรียกใช้หรือกำหนดช่องทาง ในการส่งข้อมูลที่ถูกต้อง เช่น Ethernet, Tokenring หรือ FDDI เป็นต้น รวมถึงการลำดับและอัตราการรับส่งข้อมูลหรือ flow control และสถานที่ ที่จะส่งข้อมูลไป (address) ทั้งนี้ Data link layer จะเป็นชั้นแรกที่จัดการแปลงข้อมูลจาก bit ให้เป็น packet โดยจะมีการเพิ่มข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในกรณีที่ส่งข้อมูลออกไป หรือในกรณีที่อ่านข้อมูลที่เข้ามา ก็จะตรวจสอบผ่าน checksum เพื่อดูว่าข้อมูลที่ได้รับมาถูกต้องครบถ้วน และถ้าได้รับ packet ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องก็จะไม่เอาข้อมูลนั้นไปใช้งาน และจะบอกให้ต้นทางส่งข้อมูลเดิมมาใหม่

Physical Layer รับผิดชอบดูแลในรายละเอียดในการส่งข้อมูลในด้าน hardware เช่น การควบคุม Network Interface Card การส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณแบบต่าง ๆ การเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายแบบต่าง ๆ โดยใช้ Physical Layer จะจัดสร้างสัญญาณทางไฟฟ้า, สัญญาณเสียง หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่จำเป็นในการสื่อสารโดยตรง เนื่องจาก Network Layer เป็นชั้นที่โพรโตคอล IP, TCP/IP ทำงานอยู่จะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

3.3 โครงสร้างชั้น เน็ทเวิร์ค(Network layer structure)

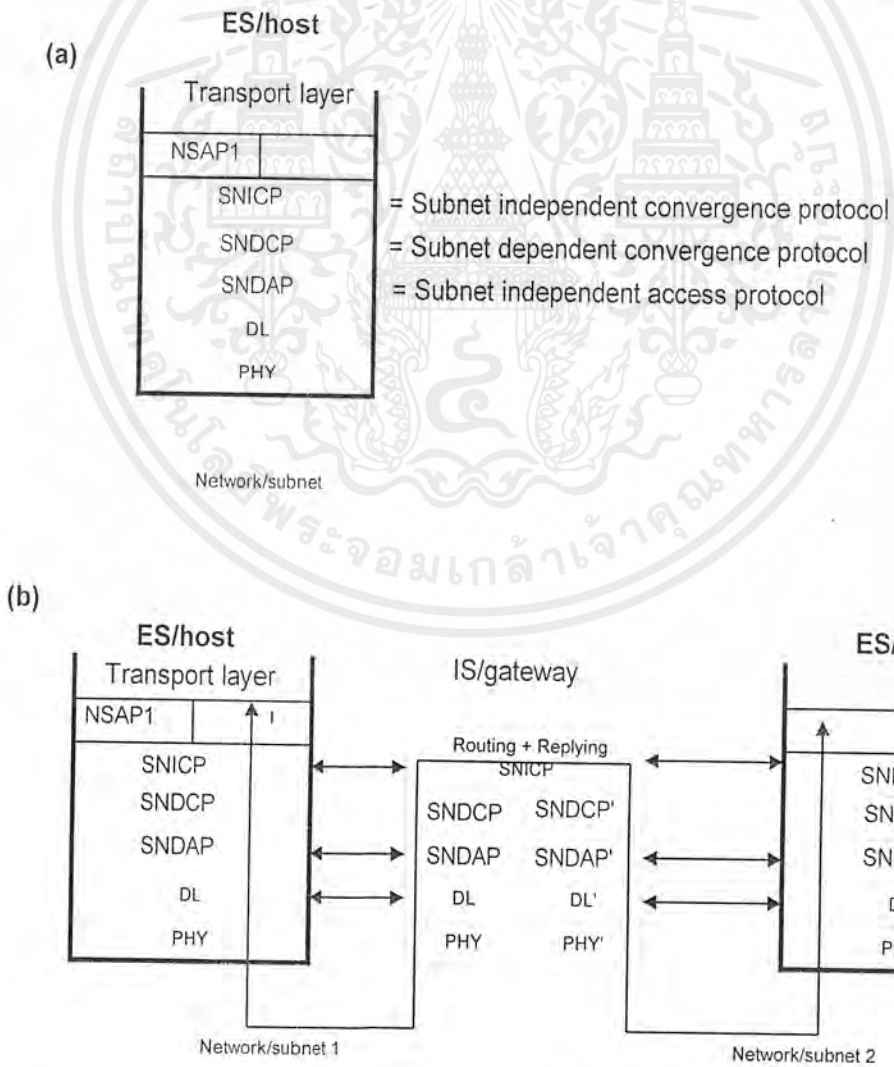
หน้าที่ของ Network Layer ในแต่ละ End System (ES) จะเป็นตัวจัดการการติดต่อแบบ end-to-end ของการบริการ internetwide ไปยังผู้ใช้บริการ (NS-User)

โดย ISO ได้จัด network layer เป็น 3 (sublayer) protocol ซึ่งจะทำงานร่วมกัน เพื่อให้บริการใน network layer ได้แก่

Subnetwork independent convergence protocol (SNICP)

Subnetwork dependent convergence protocol (SNDCP)

Subnetwork dependent access protocol (SNDAP) โดยที่ โครงสร้างแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Network layer structure (a) Sublayer Protocol ; (b) IS structure

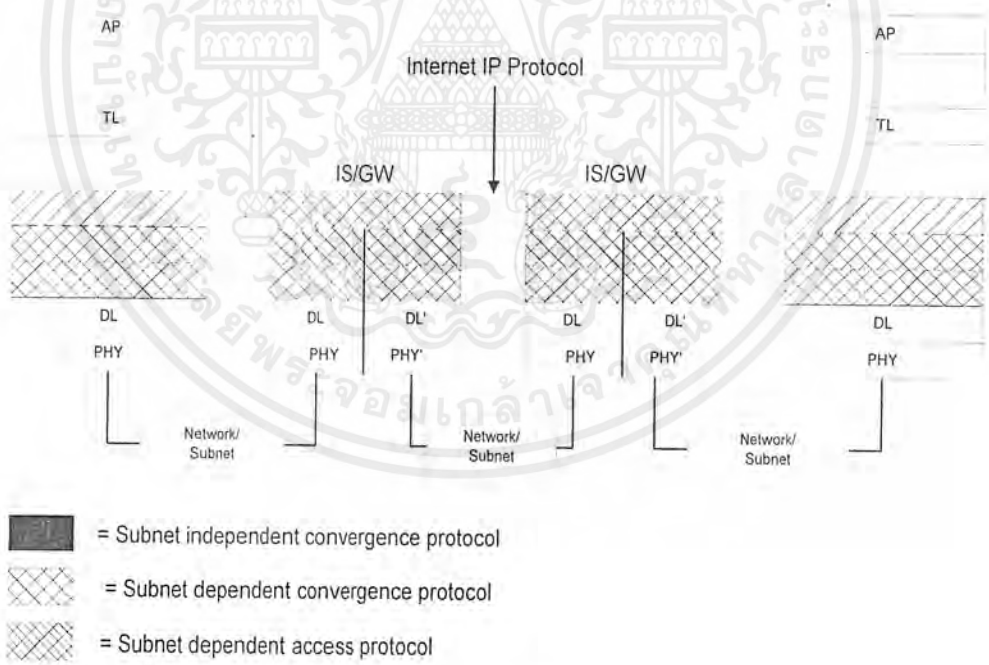
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ SNICP จะเป็นตัวสนับสนุนจัดการให้ผู้ใช้บริการ (NS-user) สามารถ interface กับ Internet ซึ่งมันจะมีหน้าที่ เป็นตัวประสานฟังก์ชันต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเลือกเส้นทางและถ่ายทอดข้อมูลของผู้ใช้ข้าม Internet ซึ่งการทำงานของมันไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของ เครือข่ายย่อย (subnet)

SNDAP จะเป็นตัวโพรโตคอลที่ติดต่อกับเครือข่ายย่อย (subnet) ที่มีลักษณะเฉพาะใน Internet เช่น X.25 packet layer protocol สำหรับเครือข่าย X.25 ซึ่งใช้บ่อยใน LAN เพราะว่าการบริการและการทำงานของ SNDAP แตกต่างจาก network แบบอื่น ๆ sublayer ที่อยู่ตรงกลางคือ SNDCP จะเป็นตัวจัดการระหว่าง SNICP และ SNDAP

3.4 Internet protocol standards

อินเตอร์เน็ตโพรโตคอลซึ่งถูกใช้ในอินเตอร์เน็ตมี โพรโตคอลก็คือ TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol) ซึ่งรวมถึง transport และ application โพรโตคอล ซึ่งทั้งหมดของ TCP/IP จะกำหนด ให้เหมาะกับการใช้ในเชิงสาธารณะ ซึ่งรูปแบบโดยทั่วไปแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 Internetwide IP schematic

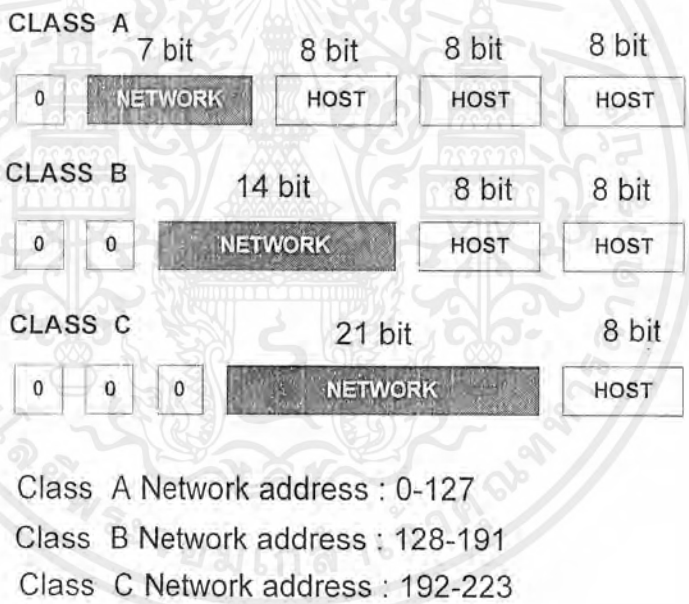
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IP เป็น internetwide protocol ซึ่งทำให้สอง transport protocol ที่ต่างสถานที่และต่าง ESs / hosts กันสามารถแลกเปลี่ยนหน่วยข้อมูล (NSDUS) กันได้ ซึ่งหมายถึงว่า หลาย ๆ network / subnet และ ISs / gateways ที่แตกต่างกันสามารถ ติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสมบูรณ์

3.5 Internet IP

3.5.1 โครงสร้างแอดเดร(Address structure)

ในศัพท์ของ ISO เมื่อ 2 network ติดต่อกันด้วย host/ES ที่ต่อกับอินเตอร์เน็ต network เหล่านี้ ติดต่อกันได้โดยใช้ network service access point (NSAP) address และ subnet point of attachment (SNPA) สำหรับใน TCP/IP ก็จะมี IP address และ NPA address ตามลำดับ โดย NPA address จะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของ network/subnet ขณะที่ IP address



รูปที่ 3.5 โครงสร้างของ Address ที่ใช้ใน class ต่าง ๆ ของเครือข่ายทั้งหมดความยาว 32 bit

IP address นี้มีการจัดแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ระดับ (class) แต่ที่ใช้งานทั่วไปจะมีเพียง 3 ระดับคือ Class A, Class B และ Class C ซึ่งจะแบ่งตามขนาดความใหญ่ของเครือข่าย ถ้าเครือข่ายใดมีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่มาก จะมีหมายเลขอยู่ใน Class A และลดหลั่นกันมาใน Class B และ Class C ตามลำดับ

จากรูปจะเห็นว่าหมายเลข IP ของ Class A มีตัวแรกเป็น 0 และหมายเลขของเครือข่าย (network number) ขนาด 7 bit และมีหมายเลขเครื่องคอมพิวเตอร์ (Host number) ขนาด 24 bit ทำให้ในหนึ่งเครือข่ายของ Class A สามารถมีคอมพิวเตอร์เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายได้ถึง 2^{24} =16 ล้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

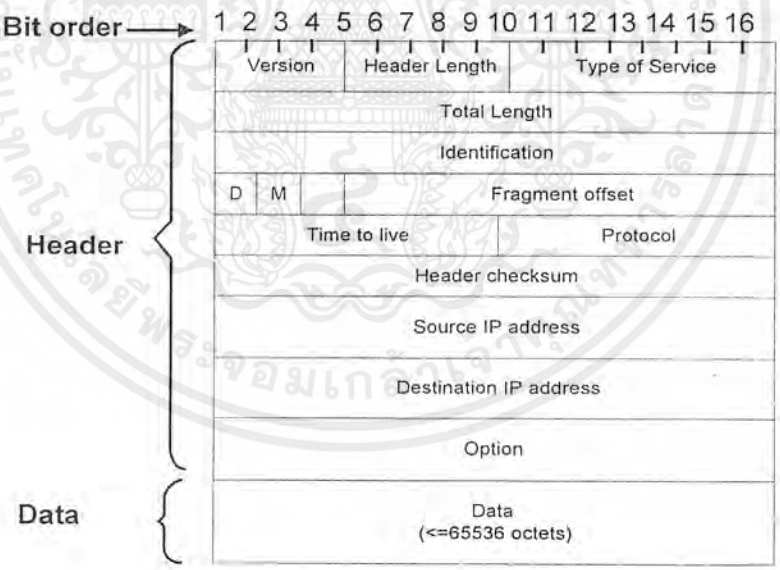
เครื่อง แต่ใน Class A นี้ จะมีหมายเลขเครือข่ายได้ 128 ตัวเท่านั้นทั่วโลก ซึ่งก็คือจะมีเครือข่ายใหญ่แบบนี้เพียง 128 เครือข่ายเท่านั้น

สำหรับ Class B จะมีหมายเลขเครือข่ายแบบ 14 bit และหมายเลขเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ 16 bit (ส่วนอีก 2 bit ที่เหลือบังคับว่าต้องขึ้นต้นด้วย 10_2) ดังนั้นจึงสามารถมีคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อในเครือข่าย Class B แต่ละเครือข่ายได้ถึง 2^{16} = กว่า 65,000 เครื่อง และสุดท้ายคือ Class C ซึ่งมีหมายเลขคอมพิวเตอร์แบบ 8 bit และมีหมายเลขเครือข่ายแบบ 21 bit ส่วน 3 bit แรกบังคับว่าต้องเป็น 110_2 ดังนั้นในแต่ละเครือข่าย Class C จะมีจำนวนเครื่องต่อเชื่อมได้เพียงไม่เกิน 254 เครื่องในแต่ละเครือข่าย (2^8=256 แต่หมายเลข 0 และ 255 จะไม่ถูกใช้งาน จึงเหลือเพียง 254)

จะเห็นได้ว่าเมื่อเครือข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ต่ออยู่ในอินเตอร์เน็ตมีหมายเลข IP address ให้ใช้อ้างอิงได้ไม่ซ้ำกัน และมีความหมายให้ทราบถึงขนาดเครือข่ายแล้ว การติดต่อส่งผ่านข้อมูล จึงกระทำได้ไม่สับสน

3.5.2 รูปแบบของ ข้อมูล(Datagrams)

รูปแบบของ IP data unit ก็คือ datagrams ซึ่งโครงสร้างของ datagrams เป็นดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 Internet datagrams format and contents

หน่วยข้อมูล IP (IP datagrams) แต่ละหน่วยจะประกอบด้วย ส่วนของข้อมูลที่รับมาจากส่วนของงาน TCP หรือ UDP และส่วนของข้อมูลนำทาง (Header) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

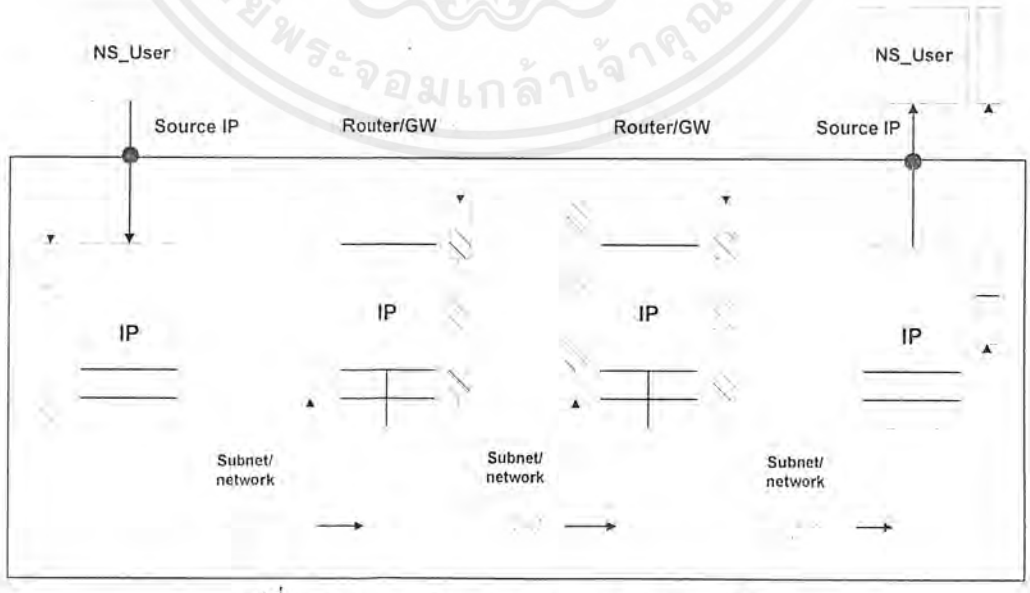
- Version หมายเลขรุ่นของข้อกำหนด IP
- Header Length ความยาวของข้อมูลนำทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Type of service วิธีการจัดการกับข้อมูล
- Total Length ความยาวของหน่วยข้อมูล
- Identification, Flags และ Fragment offset รายละเอียดที่เกี่ยวกับการแบ่งย่อยข้อมูล ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูล
- Time to live เวลาสูงสุดที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งกำหนดมาจากต้นทาง เวลานี้จะลดลงเรื่อย ๆ ในระหว่างทาง ถ้าลดลงไปถึงศูนย์ หน่วยข้อมูลนั้นจะถูกกำจัดไป
- Protocol ชนิดของข้อมูลเป็น UDP หรือ TCP
- Header Checksum ค่าตรวจสอบข้อมูลนำทาง
- IP address หมายเลข internetwide IP (NSAP) ของเครื่องต้นทางและปลายทาง
- Option ข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัย บันทึกเส้นทางเดินของข้อมูล และเวลาที่ข้อมูลเดินทางมาถึง เป็นต้น

3.5.3 การแบ่งส่วนย่อยของข้อมูล และการประกอบขึ้นใหม่ (Fragmentation and Reassembly)

ขนาดข้อมูลของผู้ใช้ซึ่งอ้างอิงกับ NSDU มีความจุได้ถึง 64k หรือ 65,536 bytes แต่ขนาดของหน่วยข้อมูล (packet size) ที่สามารถติดต่อกันในระบบที่ต่างกัน สามารถมีได้ตั้งแต่ 128 byte สำหรับระบบ X.25 packet switching จนถึง 8000 byte สำหรับบาง LAN ดังนั้นกระบวนการ Fragmentation และ Reassembly จึงถูกนำมาใช้เพื่อ ทำให้ขนาดของข้อมูลเล็กลง และสามารถส่งไปในระบบได้ และเมื่อถึงปลายทาง IP ก็จะทำการประกอบข้อมูล (reassembly) ขึ้นมาใหม่ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังผู้ใช้ปลายทาง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 internet fragmentation and reassembly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันดับแรก IP ใน Host ต้นทางจะแยกข้อมูลของผู้ใช้ (NS -User), NSDU เป็น Datagram ซึ่งมี Address กำกับเป็นเฉพาะส่วน ๆ ไปซึ่งจะถูกออกคำสั่งโดย Network ที่มันติดต่ออยู่ด้วยและส่ง Datagram ไปยัง IP ใน Gateway ตัวแรก โดยที่ IP ใน Gateway จะไม่ Reassemble NSDU แต่จะปรับปรุงในขอบเขตที่เหมาะสม และส่ง Datagram ที่ได้รับตรงไปยัง Network ที่สอง (ถ้า Network ที่สองสามารถรองรับขนาด Datagram นี้) หรือทำการ Fragment datagram ให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกทำซ้ำที่ Gateway ตัวต่อไป โดยในรูปที่ 3.7 Network หลังสุดสามารถรองรับขนาดของ Packet ได้มากกว่า Packet ที่มันได้รับข้อมูลจึงถูกส่งได้โดยตรง โดยที่จะมีการปรับปรุงในบางส่วน Header ของ Datagram เท่านั้น จากนั้น IP ใน Host ปลายทางจะทำการประกอบข้อมูล (Reassemble) ที่มันได้รับขึ้นมาใหม่ และส่งผลที่ได้รับก็คือ NSDU ไปยังผู้ใช้ (NS-user)

ในการคิดค่าเวลาสูงสุดที่ Host ต้นทางกำหนดให้ Gateway รอ Datagram (NSDU) ระหว่างแต่ละการ Assembly ซึ่งก็คือ time-to-live ซึ่งจะถูกนำติดไปที่ส่วน Header ของ Datagram ซึ่งจะถูกตั้งค่าโดย IP ใน Host ต้นทาง ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆในแต่ละขั้นตอนของการ Process datagram ถ้า Datagram ถูก Fragment ค่าปัจจุบันจะถูกนำไปใส่ในส่วน Header ของ Datagram ตัวใหม่ ถ้ามันถึงค่า 0 ที่จุดใด ๆ ระหว่างการ Process ใน Gateway (หรือ Host) การ Reassembly ก็จะล้มเหลวและทุกๆการ Fragment ที่เกี่ยวกับ NSDU ก็จะถูกตัดทิ้ง

ค่า Time-to-live ในแต่ละ Datagram จะเป็นจำนวนเท่าของ 1 วินาที โดยที่จำนวนของมันจะถูกลดลงโดยแต่ละ IP ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าเวลาจริงในการส่งถ่ายข้อมูลของ Network ที่ติดต่อด้วย

3.5.4 Routing

ในแต่ละ Network (หรือ subnet) ใน Internet จะมีชนิดของ PA address ที่แตกต่างกัน ซึ่ง ระบบ (system)-host หรือ gateway ที่ถูกต่อเข้ากับ network จะสามารถส่ง datagram ไปยังระบบอื่นได้โดยตรงเฉพาะ network ที่เหมือนกันเท่านั้น ในการเลือกเส้นทาง (routing) ให้ datagram ข้ามไปยังหลาย ๆ network IP ในแต่ละ internetwork gateway ต้องรู้ PA address ของ host ปลายทาง

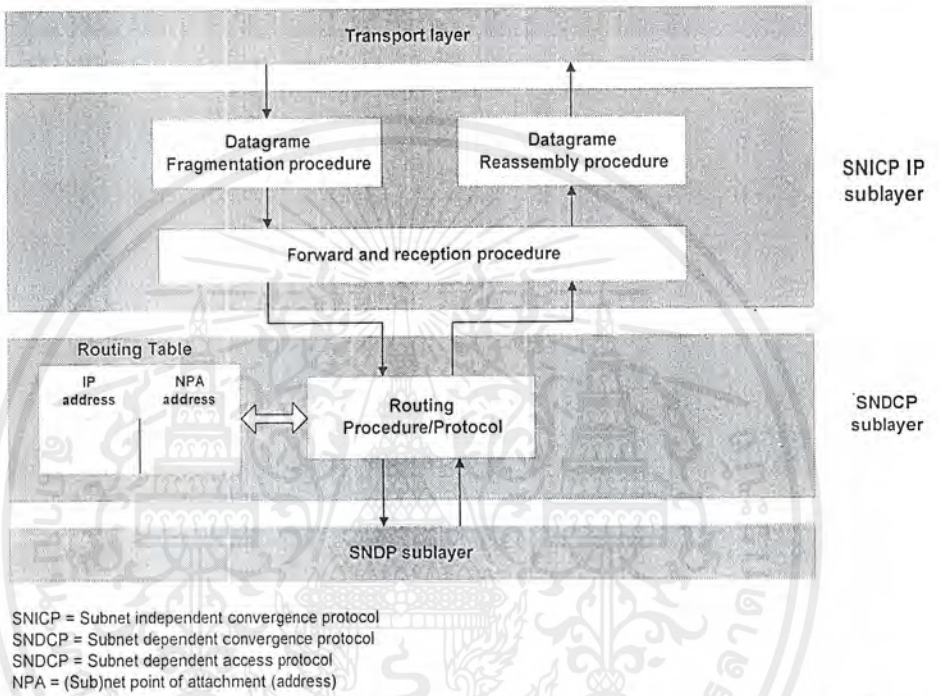
ซึ่งมี 2 วิธีการพื้นฐานที่ถูกใช้ในการหาเส้นทางภายใน Internet คือ centralized และ distributed ด้วยวิธีการ centralized routing ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกเส้นทาง ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละ gateway จะถูก download จาก site ส่วนกลางโดยใช้ข้อมูล network และ special network management โดย network management จะพยายามตรวจสอบ network และ host ที่ถูกเพิ่มเข้าและถอดออก และข้อบกพร่องที่จะถูกวินิจฉัยและตรวจซ่อม

ด้วยวิธีการ Distributed routing ทุก ๆ host และ gateway จะร่วมกันในการแบ่งปัน วิธีการในการรับประกันว่า ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางในแต่ละ system, host และ gateway จะถูกทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทันสมัย และสอดคล้องกัน ข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางจะถูกจดจำไว้โดยแต่ละระบบ ในรูปของ routing table ซึ่งจะมี NPA address ไว้ใช้ในการส่งแต่ละ datagram ซึ่ง Internet จะใช้วิธีการแบบนี้

ขั้นตอนการ Routing ที่เกี่ยวกับ IP ขั้นตอนแรกจะอ่าน IP address (NSAP) ปลายทางจากภายใน datagram และใช้มันในการหาการตอบสนอง PA address ของ host หรือ gateway จาก



routing table ในส่วนที่เพิ่มเติมชุดของ routing protocol จะถูกใช้เพิ่มและรักษาส่วนที่อยู่ในแต่ละ routing table ในแบบของ distributed ซึ่งรูปแบบทั่วไปที่ถูกใช้ภายใน host IP แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 รูปแบบทั่วไปของการเลือกเส้นทางภายใน Host

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและสร้าง

4.1 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมเครื่องมือวัด

ในโครงงานนี้ได้เขียนโปรแกรมเป็นแบบจำลองของทั้ง2เครื่องเพื่อง่ายและสะดวกต่อการใช้งานตัวโปรแกรมควบคุมเครื่องมือวัด โปรแกรมที่อยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวควบคุมชุดเครื่องมือวัด GPIB และรับข้อมูลมาประมวลผลและสั่งงานชุดเครื่องมือวัด พร้อมรับค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ส่งกลับไปยังMornitor เช่นในกรณีของเพาเวอร์ซับพลาย

4.2โปรแกรมควบคุม Programmable Power Supply

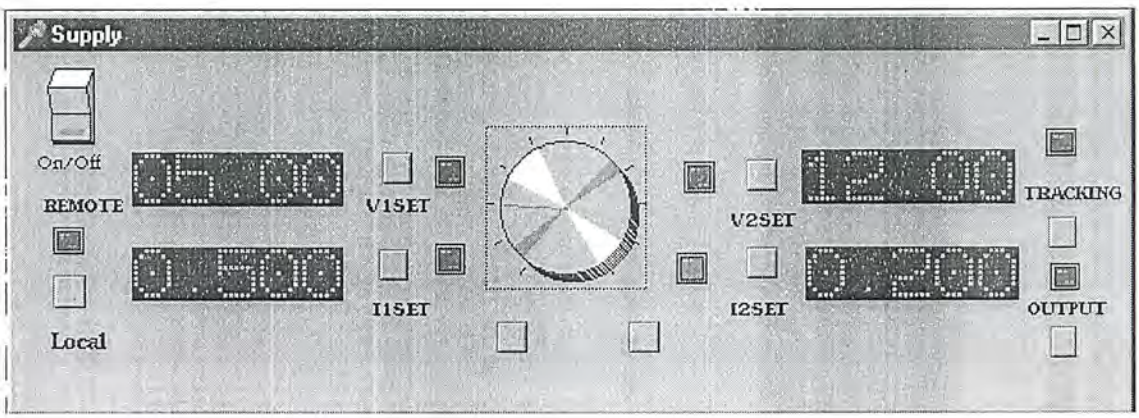
โปรมแกรมในส่วนของ Programmable Power Supply คือโปรแกรม PSupply ซึ่งเป็นส่วนตัวโปรแกรมที่ผู้ใช้ เป็นโปรแกรมที่อยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นตัวอินเตอร์เฟซ กับ Power Supply HM 8142

โปรแกรม PSupply มีหน้าที่การทำงานคือ รับค่าจากฟังค์ชั่นจากผู้ใช้ และนำค่าที่ได้ส่งไปให้กับ Mornitor โดยค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของตัว Power Supply ประกอบด้วย

1. ค่าแรงดัน V1
2. ค่าแรงดัน V2
3. ค่ากระแส I1
4. ค่ากระแส I2
5. สถานะทาง Output ของเครื่อง (On / Off)
6. สถานะเคลียร์ (ถ้าอยู่ในสถานะเคลียร์จะ Set ทุกค่าคือ V1 , V2, I1, และ I2 มีค่าเท่ากับศูนย์

ในการอินเตอร์เฟซ กับ ตัว power supply นั้น เนื่องจากตัว บอร์ดของ GPIB จะมี คำสั่งเฉพาะของบอร์ดที่สนับสนุน เฉพาะภาษา C และ BASIC ดังนั้นจึงต้องมีการเรียกใช้ ไลบรารี่ของ GPIB 32 แล้ว นำมาแปลงเป็นฟังก์ชั่นในรูปTObject ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษา Delphi การทำงานของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดง GUI ของ Programmable Power Supply

โปรแกรมส่วนนี้จะมีหน้าที่ รับค่าจาก User มาสั่งงานตัว power Supply พร้อมทั้งนำค่าจากเครื่อง มาแสดงทุกๆ 1 วินาที เพื่อให้การทำงานของpower supply มีการตอบสนองทันต่อข้อมูลใหม่ๆจากผู้ใช้

4.3 โปรแกรมควบคุม Programmable Function Generator

ตัวโปรแกรม PGen หน้าที่การทำงาน คือ รับค่าและฟังชั่นก์จาก User และนำค่าต่างๆจากเครื่องกลับมา แสดงผลทาง Mornitor โดยค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปลง Programmable Function Generator HM 8130

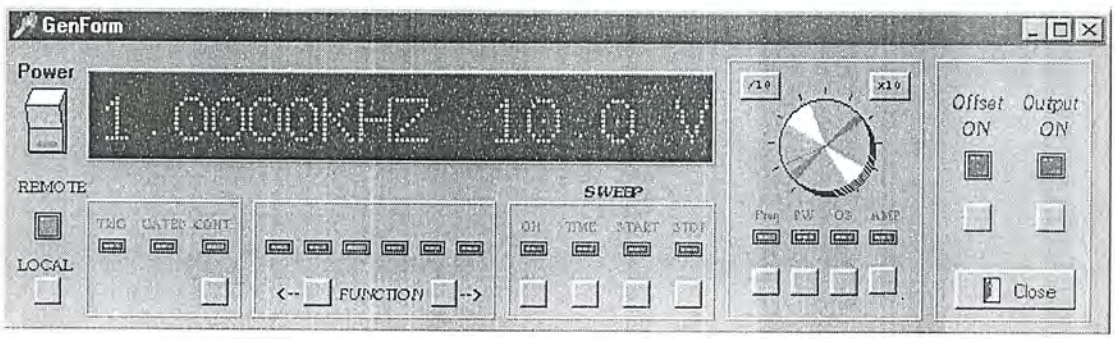
โปรแกรมในส่วนของ Programmable Function Generator ประกอบด้วยโปรแกรม PGen ซึ่งเป็นโปรแกรมที่อยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เป็นตัวอินเตอร์เฟซกับ Function Generator HM 8130 มีหน้าที่การทำงาน คือ รับค่าและฟังชั่นก์จากผู้ใช้และนำค่าที่ได้ส่งไปยัง Mornitor โดยค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงของ Function Generator ประกอบด้วย

1. Freq: ค่าความถี่ของสัญญาณ
2. Amp: ค่าแอมปลิจูด
3. Signal: ชนิดของสัญญาณ
4. Output: สถานะทาง Output กำหนดให้มีสองค่าคือศูนย์และหนึ่ง

   0 = Output on

   1 = Output off
5. Status: สถานะเคลียร์ (ถ้าอยู่ในสถานะเคลียร์จะ เซตให้มีค่าความถี่ 1 KHZ ค่าแอมปริจูด 10 V สัญญาณชนิด Sine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดง GUI ของ Programmable Function Generator

ส่วนโปรแกรมนี้ควบคุมได้ ทางเดียว คือจาก Graphic User Interface เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสร้าง GPIB BUS TESTER

บทนี้เสนอเครื่องตรวจสอบสัญญาณบนระบบบัสตามมาตราฐาน IEEE 488 (GPIB) ซึ่งเป็นระบบบัสที่ใช้กันในวงการอุตสาหกรรม เพื่อทำการตรวจสอบความผิดพลาดในการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ในระบบกับตัวควบคุมทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ซึ่งการตรวจสอบโดย ซอฟแวร์อย่างเดียวไม่สามารถทำได้ ทำให้ทราบถึงข้อผิดพลาด

5.1 หลักการทำงาน

ในขบวนการแฮนด์ เช็คสำหรับสัญญาณที่ใช้ในการหน่วงเวลา เพื่อทำการตรวจสอบคือสัญญาณ NRFD (Not Ready For Data) เนื่องจากตัวควบคุมระบบจะทำการรอให้อุปกรณ์ในระบบตัวส่งสัญญาณ NRFD ที่มีลอจิกเป็น low ซึ่งเป็นสัญญาณที่แจ้งให้แกตัวควบคุมทราบว่า อุปกรณ์ทุกตัวในระบบพร้อมที่จะทำการติดต่อกับตัวควบคุมระบบแล้ว แต่ถ้ามีอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งไม่ทำให้สัญญาณนี้มีลอจิกเป็น low ตัวควบคุมระบบก็จะหยุดรอ จึงได้อาศัยเงื่อนไขนี้ในการออกแบบเครื่องรับสัญญาณนี้

หลักการทำงานของเครื่องตรวจสอบสัญญาณจะเริ่มพิจารณาถึงขบวนการแฮนด์เช็คที่จะทำให้ตัวควบคุมและอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัสสามารถติดต่อกันได้ โดยสามารถพิจารณาจาก บทที่ 2

ตัวที่แอคทีฟ (หรือ source) ที่ส่งข้อมูลไบต์แรกจะตรวจสอบสัญญาณ NRFD ก่อน ถ้าระดับลอจิกเป็นจริง (ลอจิกจริง = 0) ตัวรับหนึ่งตัวหรือมากกว่ายังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล และตัวส่งจะต้องรอจนกว่าอุปกรณ์ทั้งหมดบนบัสจะเรียบร้อย (จนกระทั่ง NRFD เป็นเท็จ จุดที่ 1 ในรูปที่ 4) หลังจากนั้นตัวส่งจะส่งสัญญาณ DAV เพื่อที่จะจัดการส่งข้อมูลไบต์แรกลงบนบัสข้อมูล (จุดที่ 2) หลังจากการตรวจจับสัญญาณขอบขาลงของ DAV ตัวรับจะส่งสัญญาณ NRFD (จุดที่ 3) ทันทีเพื่อที่ข้อมูลไบต์ใหม่จะไม่ถูกส่งโดยตัวส่งลงบนบัสข้อมูล (จุดที่ 4) เนื่องจากเป็นการต่อแบบ wired-or สัญญาณขอบขาขึ้นของ DAC จึงถูกกำหนดด้วยอุปกรณ์ที่ช้าที่สุดบนบัส ตอนนี้ตัวส่งรู้เพียงว่าตัวรับทั้งหมดได้รับข้อมูล 1 ไบต์ถูกต้องแล้ว และจะส่งสัญญาณ DAV (จุดที่ 5) หลังจากนั้นตัวรับจะส่งสัญญาณให้ NDAC มีลอจิกเป็นจริง (จุดที่ 6) เพื่อที่ข้อมูลไบต์ใหม่สามารถที่จะส่งต่อไปได้ ในสถานะที่แล้วอุปกรณ์ที่ช้าที่สุดจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการติดต่อ และถ้าอุปกรณ์ตัวหนึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในการแฮนด์เช็ค ระบบจะถูกขัดขวาง เช่น ถ้ามีอุปกรณ์ตัวหนึ่งมีสัญญาณ NDAC (จุดที่ 4) ปัญหานี้สามารถจะหลีกเลี่ยงได้โดยการกำหนดค่า Time out ที่เหมาะสม โดยโปรแกรมกำหนดคุณสมบัติของบอร์ดควบคุม หลังจากการกำหนด Time out แล้ว ตัวควบคุมจะยกเลิกการทำงานกับ I/O โดยอัตโนมัติ และแสดงเงื่อนไขการเกิดความผิดพลาด

จะเห็นได้ชัดเจนจากขบวนการแฮนด์เช็คว่าตัวส่งที่แอคทีฟมักจะต้องรอสำหรับสัญญาณ NRFD หรือ NDAC ที่จะเปลี่ยนเป็นเท็จก่อนที่มันจะเปลี่ยนสถานะของสัญญาณ DAV (จุดที่ 1,2 หรือ 5) การส่งข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของอุปกรณ์ที่ช้าที่สุดบนบัส ดังนั้นโดยการต่อกับตัวรับแอคทีฟ (หรือตัวรับ เช่น เครื่องตรวจสอบสัญญาณ) สามารถที่จะทำให้ระบบทำงานด้วยอัตราเร็วที่ต่ำมากๆเพื่อที่จะสามารถแสดงสถานะของบัสได้อย่างเหมาะสม เป็น real time ดังนั้นระบบจะต้องถูกกำหนดด้วย Time out มากๆ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงเงื่อนไขการผิดพลาดที่ถูกจัดการโดยตัวควบคุมระบบ ดังนั้นฟังก์ชัน serial polling จะต้องไม่ทำงาน

5.2 การทำงานของเครื่องตรวจสอบสัญญาณ

สามารถที่จะแยกวงจรออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย IC1 (74LS240 Octal tri-state inverting buffer) IC10 และ IC11 (74LS248, 7 Segment decoder driver) DS1 DS2 (7 Segment common cathode display) ถูกออกแบบเพื่อแสดงสัญญาณในระบบเลขฐาน 16 โดยแสดงสถานะของบัสข้อมูล (DI01-DI08) และแสดงในระบบเลขฐาน 2 ด้วย LED 8 ตัว ที่ต่อกับเอาท์พุทของ IC1 LED แต่ละตัวจะ ON เมื่อบัสข้อมูลมีลอจิกเป็นจริง การแสดงแบบเลขฐาน 16 จะบันทึกการดีโค้ดข้อมูลที่รวดเร็ว ขณะที่การแสดงแบบเลขฐาน 2 มีประโยชน์ในกรณีที่ short circuit ลง ground (หรือไปยัง +5 V) บนบัสข้อมูล ในกรณีนี้ LED มักจะ ON (หรือ OFF) ดังนั้นจึงเป็นสัญญาณบอกเงื่อนไขฟังก์ชันที่ผิดพลาด

ส่วนที่ 2 ของวงจรประกอบด้วย IC2 (74LS224, Octal tri-state noninverting buffer) IC7, IC8 และ IC9 (NE555, timer) และถูกกำหนดให้แสดงสถานะของการแฮนด์เช็คและการจัดการด้วย LED 8 ตัว สัญญาณ NRFD NDAC และ IFC (Interface Clear) จะมีความเร็วสูงมากจนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็น ดังนั้นสัญญาณเหล่านี้จะถูกส่งไปทริก Monostable multivibrators ทั้ง 3 ตัวซึ่งมีเอาท์พุทพัลซ์ที่ยาวกว่า (ประมาณ 0.2 วินาที) และถูกแสดงออกมาให้เห็น

ส่วนสุดท้าย คือส่วนที่ 3 ประกอบด้วย IC3 (74HCT08, Duad 2 input AND), IC4 (74LS00, Quad 2 input NAND peripheral driver) และ IC6 (74HCT, Dual positive edge triggered D flip-flop) เป็นวงจรซีเควนเชียลที่สามารถจะจัดการลำดับการแฮนด์เช็คของตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC5A (74HCT14, Hex schmitt trigger NOT) ตัวต้านทาน 3.3 โอห์ม ตัวต้านทานปรับค่าได้ 100กิโลโอห์มและตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด ซึ่งประกอบเป็น oscillaor ที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจร

เมื่อสวิทช์ถูกเปิด วงจรแฮนด์เช็คจะแอคทีฟอยู่และไม่ขึ้นกับสัญญาณ ATN (attention) ที่ป้อนมาจากตัวควบคุมระบบ ในกรณีนี้การทำงานของบัสถูกทำให้ช้าลงยังความถี่ที่กำหนดโดย oscillator ที่กล่าวถึงในข้างต้นและสถานะของบัสข้อมูลและบัสควบคุมจะถูกแสดงให้เห็นได้โดยง่ายทั้งโหมดคำสั่งและโหมดข้อมูล

ในทางตรงกันข้าม ถ้าสวิทช์ 1 ถูกปิด open output collector ของ IC4A และ IC4B ก็จะไม่มีสัญญาณเครื่องตรวจสอบสัญญาณก็จะไม่ควบคุมการแฮนด์เช็ค และความเร็วของบัสก็จะไม่ถูกกำหนดด้วยเครื่องตรวจสอบสัญญาณเหมือนกับว่าไม่ได้ถูกต่อเข้ากับบัส

Interface driver SN75452 ใช้เป็นบัฟเฟอร์ให้กับสัญญาณ NDAC และ NRFD (IC4) เพราะว่า sink current ที่มากที่สุดที่กำหนดมาตรฐาน (48 mA) สูงเกินกว่าเอาท์พุทปกติของ TTL หรือ HC-MOS ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้อุปกรณ์เฉพาะ (GPIB Transciever เช่น SN75161 MC3446) เพราะมีค่าค่อนข้างสูง

บัฟเฟอร์ของ 74LS240 และ 74LS244 (IC1 IC2) มีวงจร equivalent input circuit ที่ใช้เป็นโหลดได้เหมือนกับวงจรอินพุทของ GPIB

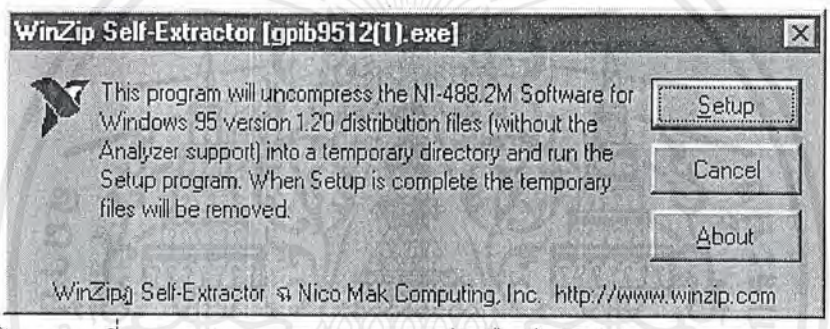
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การติดตั้งการ์ด GPIB

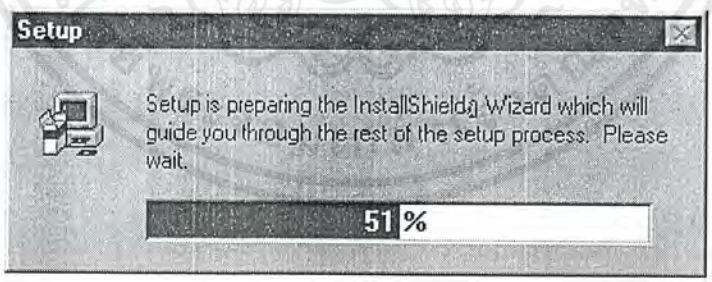
Project ในส่วนนี้จะใช้การ์ดของ National ซึ่งเป็นรุ่น GPIB-PCII/A การเซตการ์ดรุ่นนี้จำเป็นที่จะต้องไม่เสียบการ์ดกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ของทาง National และการเซตการ์ด GPIB มีขั้นตอนดังนี้

1. ส่วนของการ Install Program Software

1.1 เลือก Start -> Setting -> Control Panel

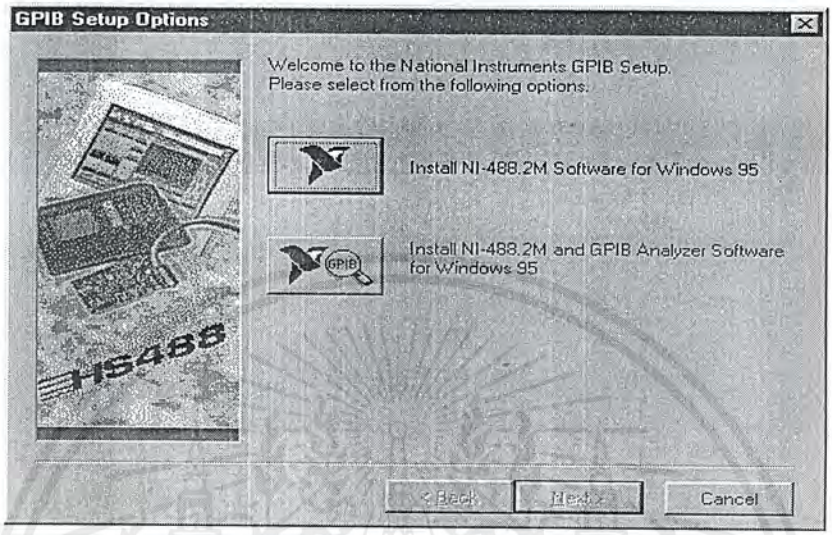


1.2 แล้ว Click ที่ Add/Remove Programs แล้วเลือกไฟล์ Install Program ของ GPIB จะได้ดังรูปที่ 1

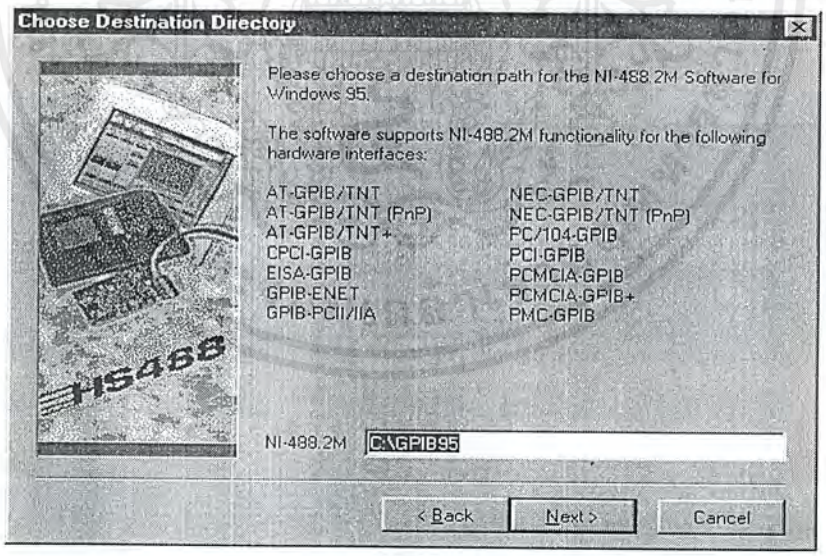


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ให้เลือก Setup โปรแกรมจะทำการ Setup ดังรูป



1.4 เมื่อ Setup เสร็จแล้วจะปรากฏหน้าต่าง GPIB Setup Option ดังรูปให้เลือก Install NI-488.2M Software for Windows 95 แล้ว Click Next



1.5 หลังจากนั้นจะปรากฏหน้าต่าง Choose Destination Directory ให้ Click Next

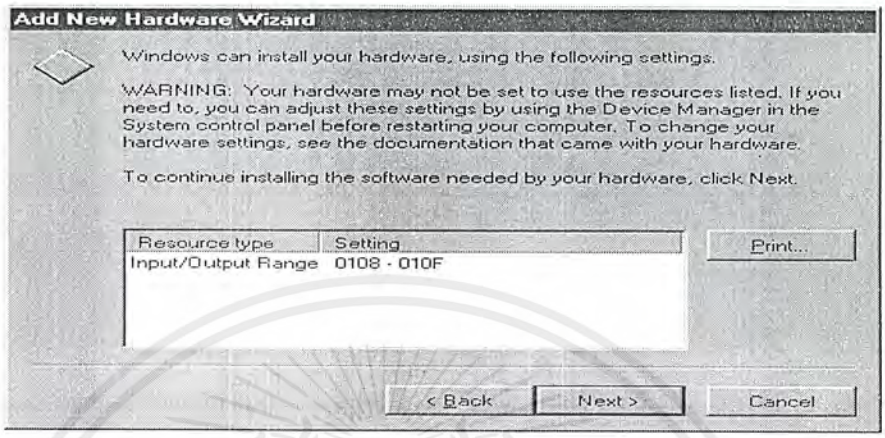
1.6 โปรแกรมจะทำการ Setup ให้เสร็จแล้ว Click Next จนจบ

1.7 ให้ทำการ Restart

Note: ในขั้นตอนการ Install Program นั้นเราจะไม่เสียบการ์ด GPIB ที่เครื่อง Computer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 คอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบระบบ Hardware ของเครื่องเราและจะให้รายละเอียดดังรูป แล้วเอารายละเอียดไปเซตกับการ์ดของเรา



2.6 ให้ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ของเรา

2.7 ให้ทำการเซตการ์ด GPIB ตามข้อมูลที่ได้ในข้อ 2.5

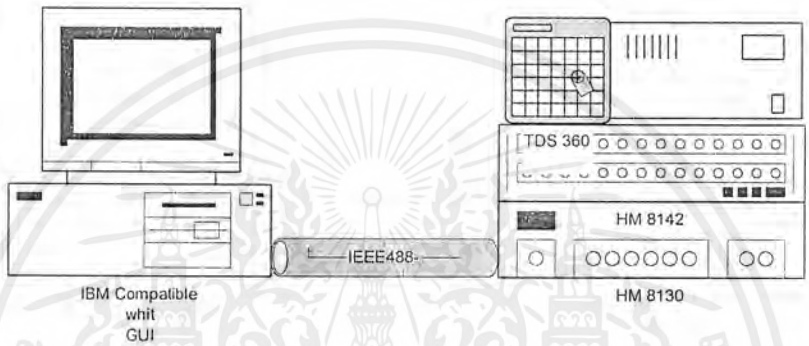
2.8 เสียบการ์ด GPIB ที่เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองบทนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบว่า สามารถควบคุมชุดเครื่องมือวัด GPIB ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสำหรับระบบที่ใช้ในการทดลองจะเป็นดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แสดงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

โดยการทดลองจะเป็นการทดสอบการทำงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับ Programmable Power Supply

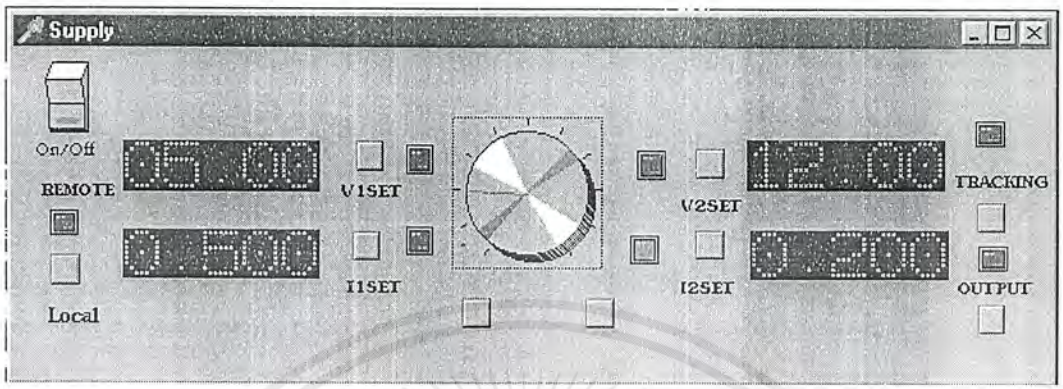
7.1 การทดลองสั่งงาน Programmable Power Supply (HM8142)

ในการทดลอง Programmable Power Supply นี้จะเป็นการทดล่องว่า ค่าแรงดัน และค่ากระแสที่ตั้งไว้โดยคอมพิวเตอร์

การทดลองตั้งค่าแรงดัน V1 และ V2, I1 และ I2 โดย user

การตั้งค่าแรงดันที่ Graphic User Interface ซึ่งสะดวกมากต่อ User เพราะมีลักษณะเหมือนกลับใช้โดยตรงจากเครื่องนั้นเอง พร้อมมีค่า Status ป้อนกลับจาก ตัว Hardware เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 แสดง Graphic User Interface ของ Programmable Power Supply

จากการทดลองจะทดลองป้อนค่า V1=05.00 V และ V2=12.00 V, I1=0.500A และ I2=0.200 A ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8.2 เป็นโปรแกรมในส่วนของผู้ใช้ (Graphic User Interface)

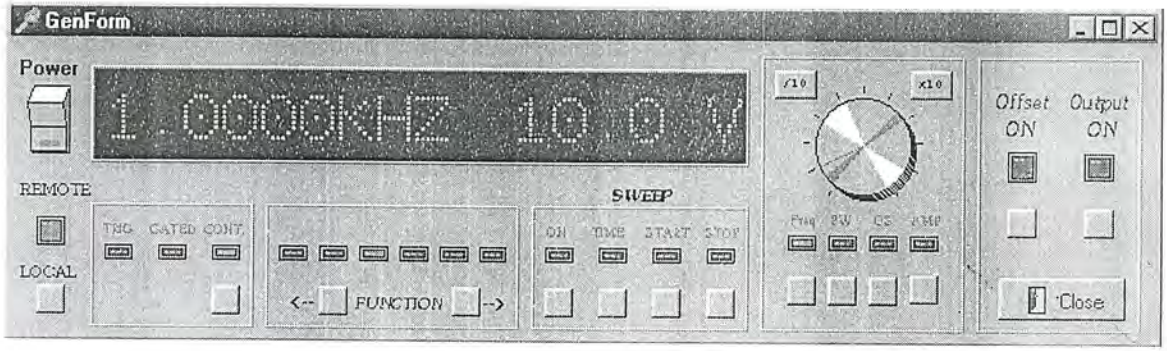
ข้อดีของโปรแกรมนี้ คือ ผู้ใช้จะทราบความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ทำการทดลอง และหากมี ความผิดพลาดเกิดขึ้น ผู้ใช้จะทราบได้โดยทันที

7.2 การทดลองสั่งงาน Programmable Function Generator (HM8130)

ในการทดลอง Programmable Function Generator นี้จะเป็นการทดลองว่า ค่าแรงดัน และค่าความถี่ที่ตั้งไว้โดยคอมพิวเตอร์

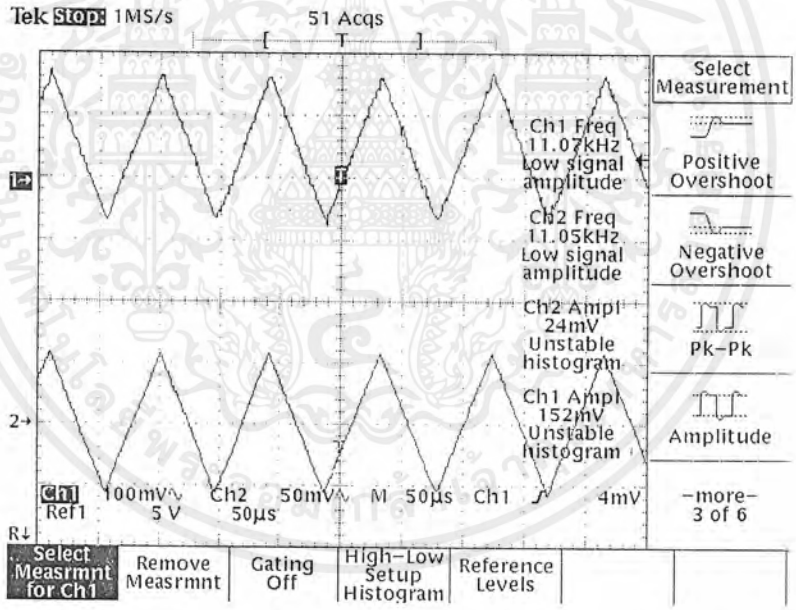
ผลการทดลองที่ได้พบว่าสามารถควบคุมได้ตามต้องการจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



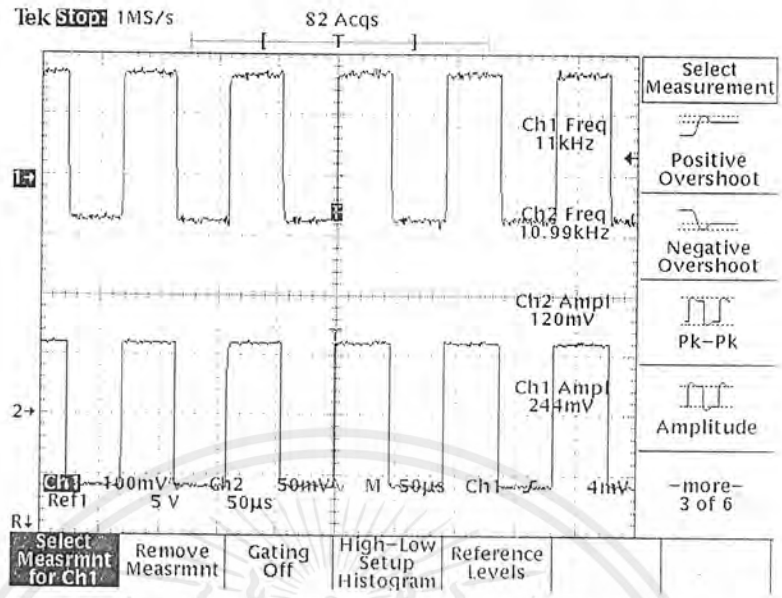
รูปที่ 7.3 แสดง Graphic User Interface ของ Programmable Function Generator

กราฟ แสดงผลการทดลอง

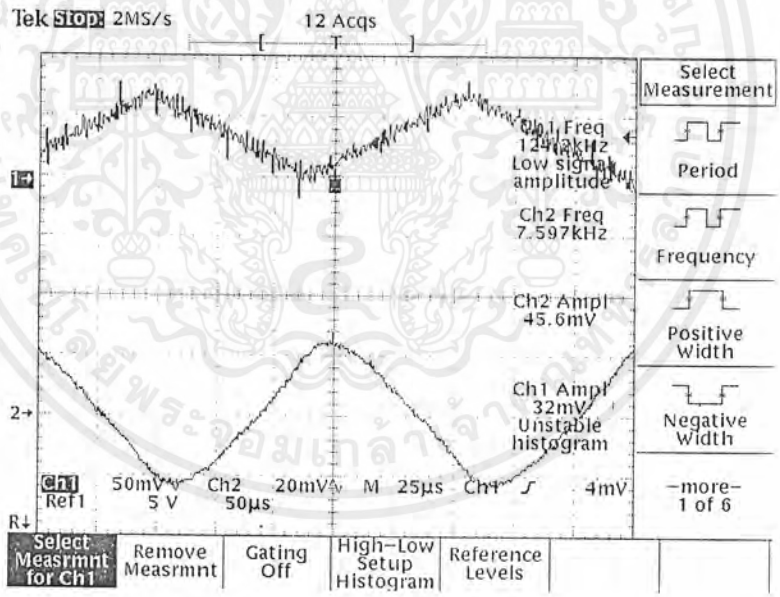


รูปที่ 7.4 Noninverting with triangle Input wave form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

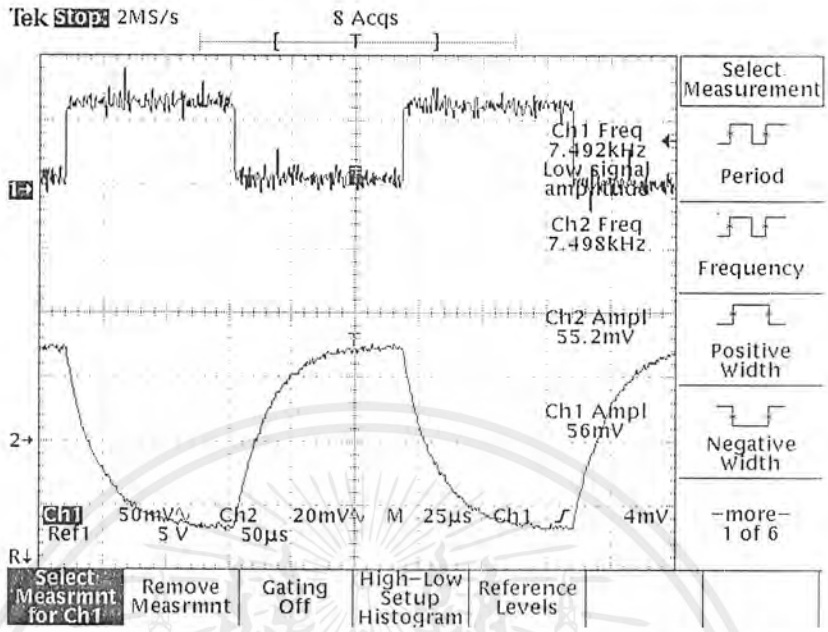


รูปที่ 7.5 Noninverting Amplifier with square wave form

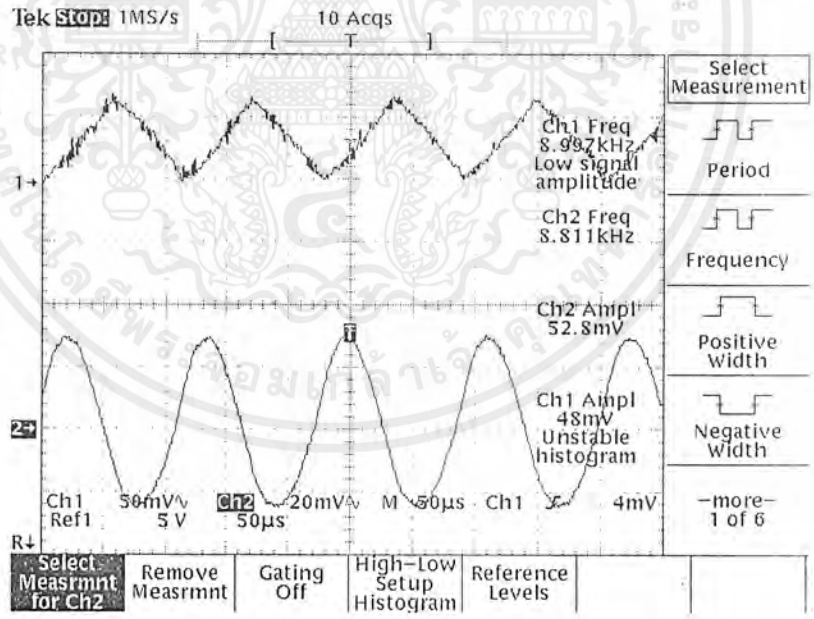


รูปที่ 7.6 Inverting Amplifier with triangle wave form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

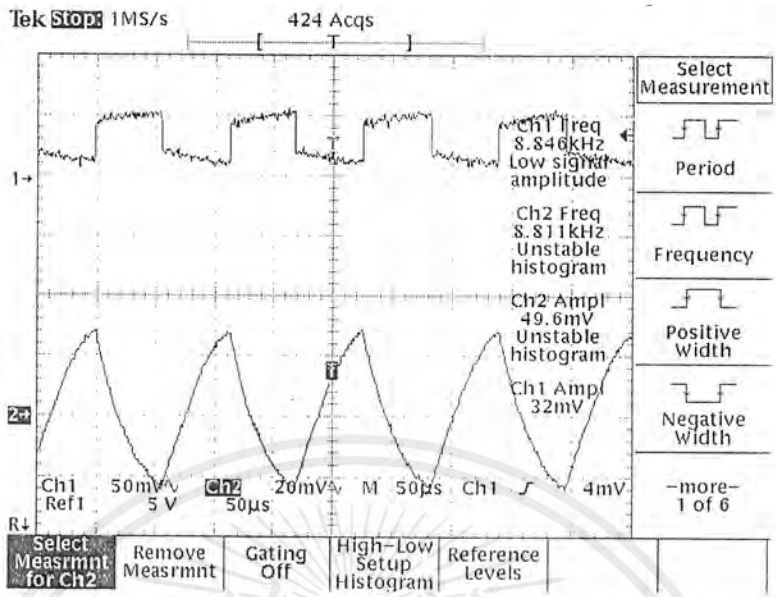


รูปที่ 7.7 Inverting Amplifier with square wave form



รูปที่ 7.8 Differentiator with triangle wave form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.9 Differentiator with square wave form

ส่วนผลการทดลองของวงจร GPIB BUS Tester ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองของวงจร GPIB BUS Tester ได้ผลการทดลองดังนี้

ยกตัวอย่าง การใช้งาน Power Supply

เมื่อเปิดโปรแกรม ได้ผลดังนี้

7-segmentsหลักสิบ อ่านค่าได้ 4 7-segmentsหลักหน่วย อ่านค่าได้ 8

DAV	NRFD	NDAC	EOI	IFC	SRQ	ATN	REN
ดับ	ดับ	ติด	ดับ	ดับ	ดับ	ติด	ดับ

เมื่อทดลองสั่งงาน ด้วยคำสั่งต่างๆจากโปรแกรม ได้ผลคือ

เมื่อเปิด switch จะอ่านค่าจาก 7-segment ได้เป็น sequence

0,0	0,10	3,15	2,0	4,8	5,5	3,2	3,10	3,0	2,14
3,0	5,6	0,13	4,0	3,15	2,8	7,3	7,4	6,1	2,0
0,0									

เมื่อ Set Voltage จะอ่านค่าจาก 7-segment ได้เป็น sequence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0,0	0,10	3,15	2,0	4,8	5,5	3,1	3,10	2,14	3,0
5,6	0,13	4,0	3,15	2,8	7,3	7,4	5,5	3,2	2,0
0,0									

เมื่อ Set Current จะอ่านค่าจาก 7-segment ได้เป็น sequence

0,0	0,10	3,15	2,0	4,8	4,9	3,1	3,10	2,0	3,0
2,14	3,0	4,1	0,13	4,0	2,8	7,3	7,4	6,1	2,0
0,0									

เมื่อปรับ ปุ่ม หมุน จะอ่านค่าจาก 7-segment ได้เป็น sequent

0,0	0,10	3,15	2,0	4,15	5,0	3,0	2,0	5,3	5,1
3,0	2,0	2,12	5,2	3,0	2,8	5,2	4,9	3,2	2,0
0,0									

นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองอื่นๆ อีกมากมาย

จากการทดลองทั้งหมดจะทราบถึง ว่าDATA ที่รับส่งอยู่ในสายนั้น มี Header เป็น

0,0	0,10	3,15	2,0	4,8

และมี ส่วนสัญลักษณ์ เป็น

2,0

เมื่อต่อ GPIB BUS Tester แล้วระบบจะรับส่งข้อมูลช้าลง ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สามารถอ่านค่าได้ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สรุปผลและวิจารณ์

จากผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม พบว่าสามารถทำการควบคุม Programmable Power Supply, Programmable Function Generator ผ่านทาง GPIB Bus (IEEE488) ได้เป็นอย่างดี

และจากผลการทดสอบนำเครื่อง GPIB BUS Tester มาทำสอบได้ผลของข้อมูลที่มีอยู่ในสาย ได้ตามต้องการ ทำให้ทราบว่า ทั้ง Software และ Hardware ทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน ทั้งนี้ควรมีการพัฒนาต่อให้สามารถใช้งานร่วมกันทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

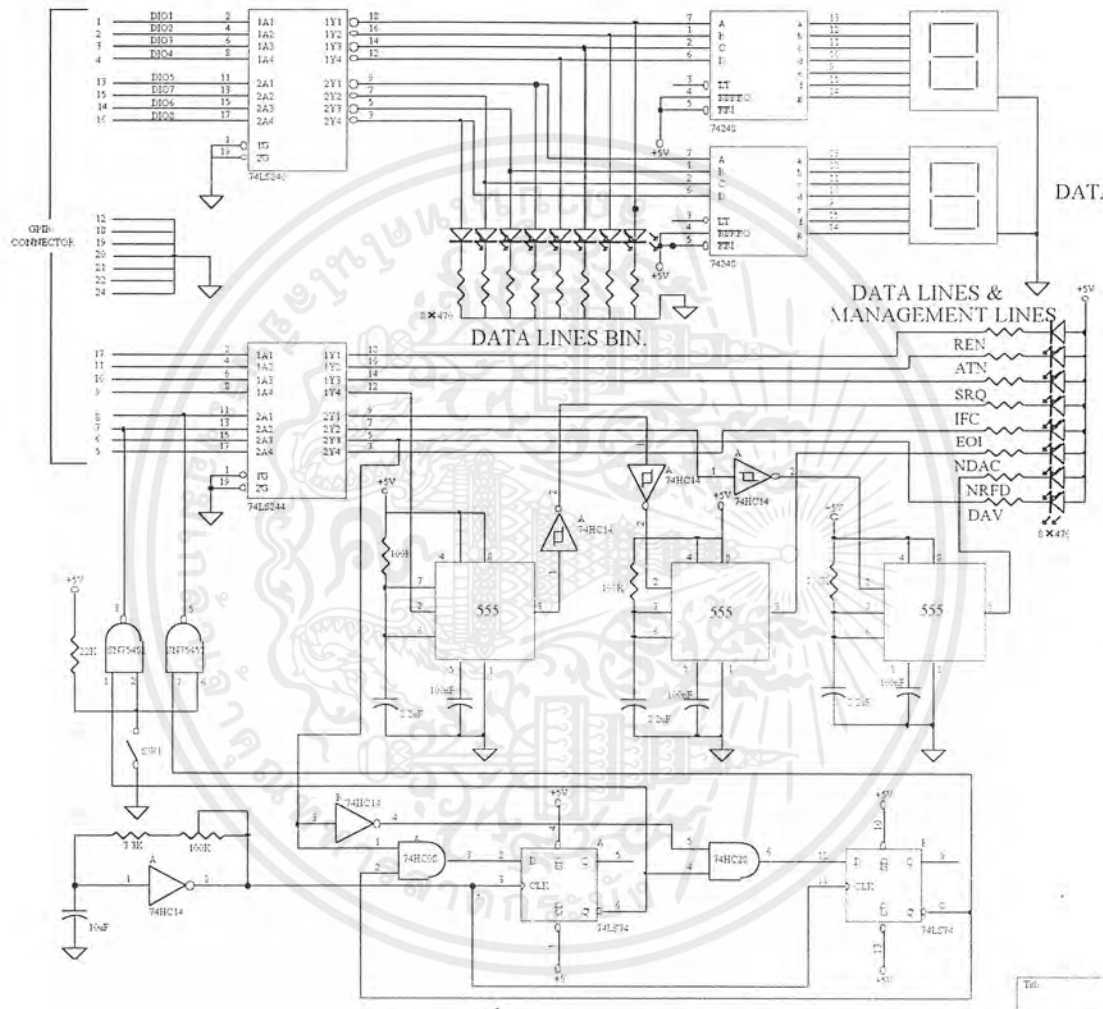
หนังสืออ้างอิง

1. NI-488.2M Function Reference Manual for Win32, National Instrument Corporation, 1996
2. NI-488.2M Function Reference Manual for Windows95 and Windows NT, National Instrument Corporation, 1996
3. Todd Miller, David Powell, Etal, USING DELPHI3, Que Corperation, 1997
4. L.Rantanen, "Using NI-488.2M Software with 32-bit Delphi Application," APPlication Note 085, National Instrument.
5. V. Alexander Newman, " Special Edition Using Java" ,Que Corpoation, 1996
6. กนก เจนจิระพงศ์เวช, GPIB(IEEE 488) บัสอินเตอร์เฟสมาตรฐานและการใช้ ตอน 1 เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ปีที่ 13 ฉบับที่ 78 (1 พฤษภาคม 2530) หน้า 214 – 217
7. กนก เจนจิระพงศ์เวช, GPIB(IEEE 488) บัสอินเตอร์เฟสมาตรฐานและการใช้ ตอน 2เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ปีที่ 13 ฉบับที่ 80 (1 สิงหาคม 2530) หน้า 196 - 201
8. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, สร้าง Web Page แบบมืออาชีพด้วย HTML ,บริษัท เคทีพี แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด, 2541

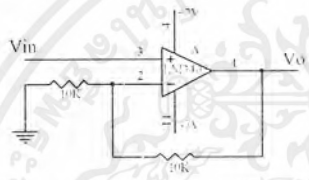
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

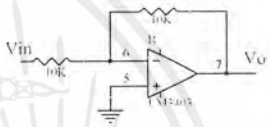
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



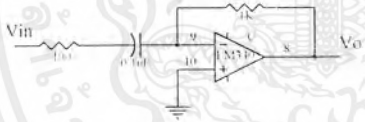
วงจรเครื่องตรวจสอบสัญญาณ GPIB



วงจร Noninverting Amplifier



วงจรInverting Amplifier



วงจร Differentiator

วงจรที่ใช้ทดลอง

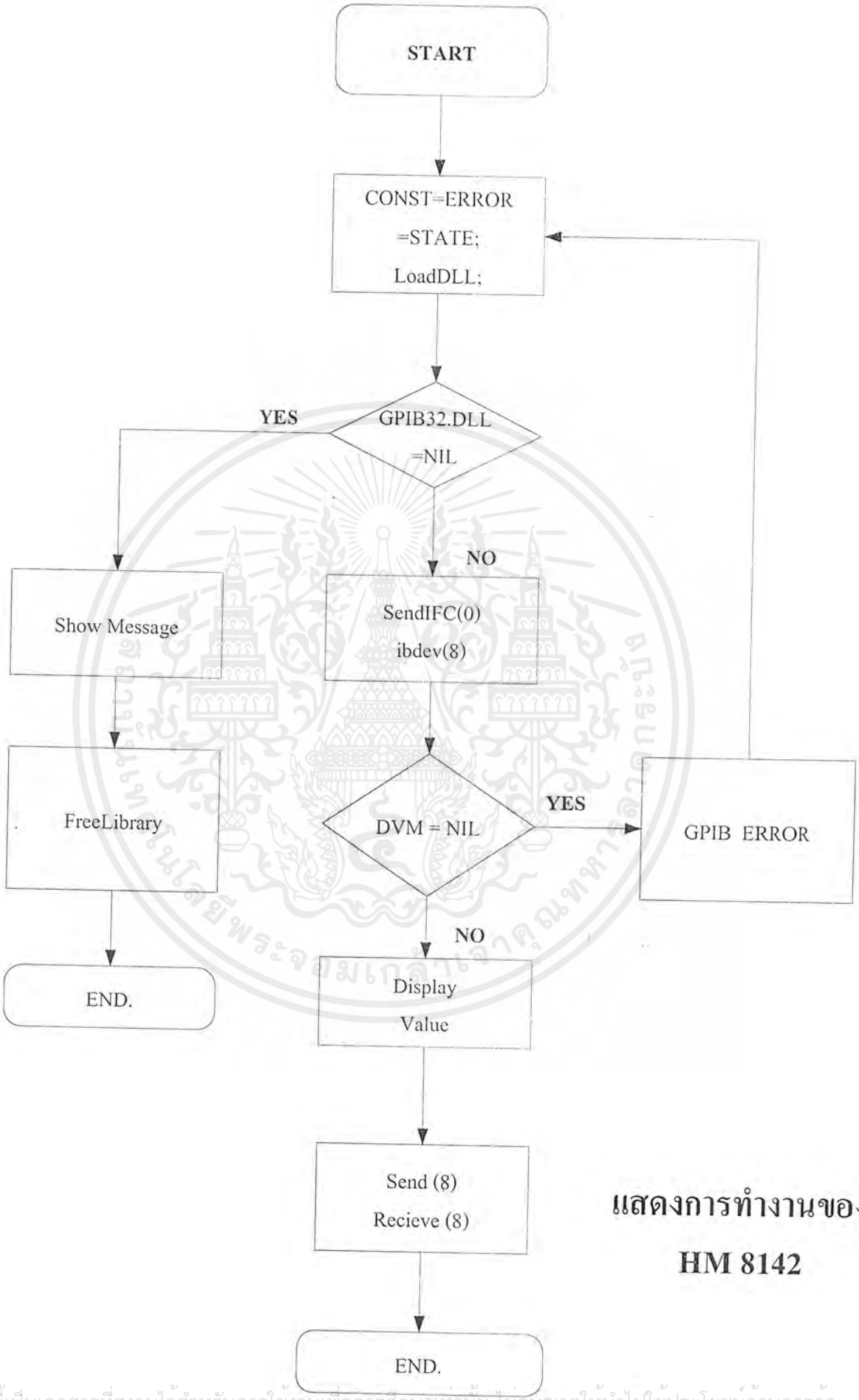
Title

Size Number Revision

Date: 30-Mar-2000 Sheet of

File: E:\OPAM.SCH Drawn By:

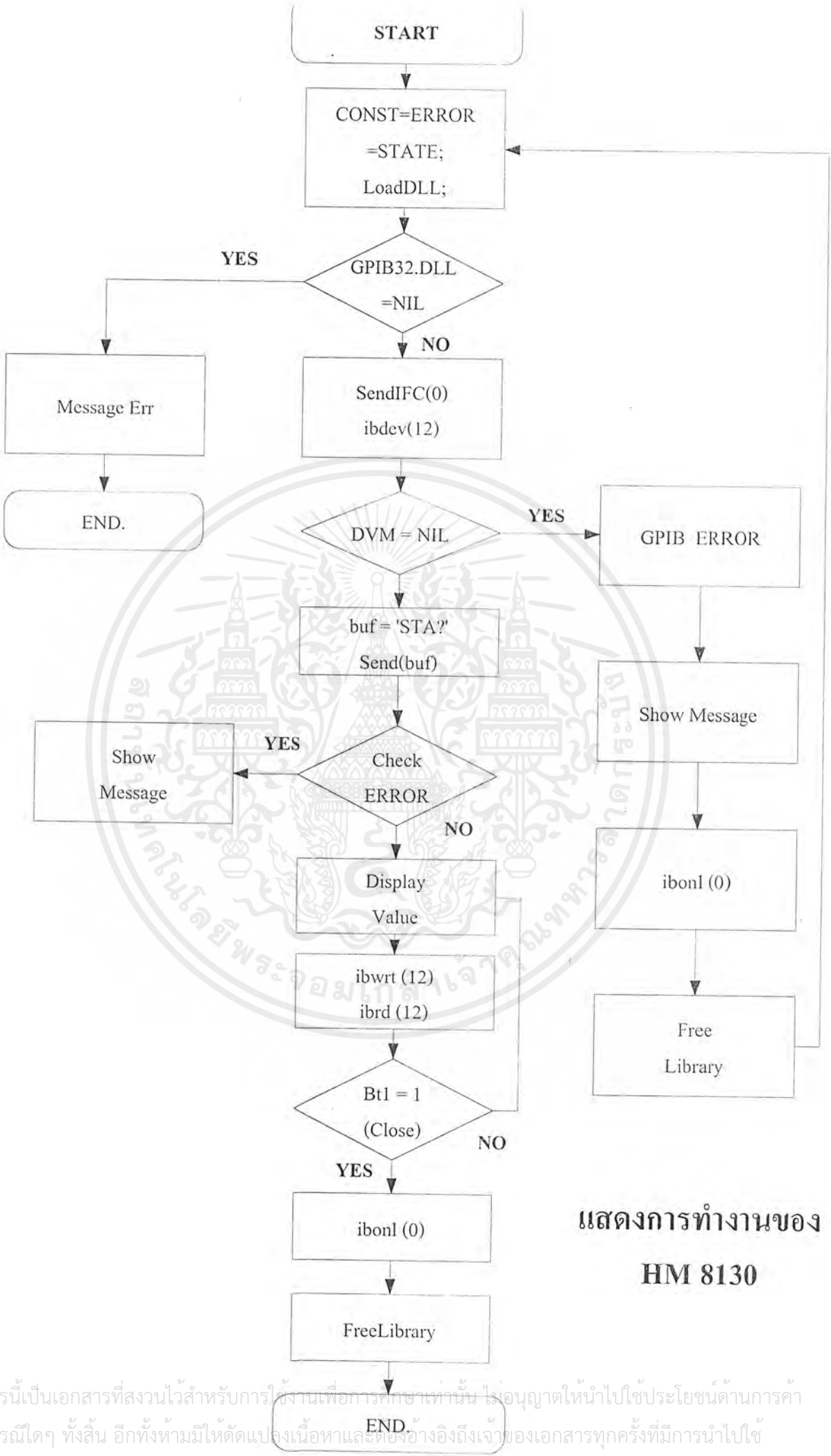
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



แสดงการทำงานของ

HM 8142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการทำงานของ

HM 8130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้