สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องส่งผ่านความถี่กำจัดเนื้องอกในตับ

PDX 500 GENERATOR

โดย

นาย คมศักดิ์ อิสระพันธ์

นาย ธวัชชัย คงเทพ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 62594

วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

.b 11626847

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งผ่านความถี่กำจัดเนื้องอกในตับ

PDX 500 GENERATOR

โดย

นาย คมศักดิ์ อิสระพันธ์ รหัส 46015211

นาย ธวัชชัย คงเทพ รหัส 46015223

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องยิงความถี่กำจัดเนื้องอกในตับ

ผู้จัดทำ นาย คมศักดิ์ อิสระพันธ์

นาย ธวัชชัย คงเทพ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....ผศ.ดร.ศิริศักดิ์ เลิศประเสริฐ.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งผ่านความถี่กำจัดเนื้องอกในตับ

PDX 500 GENERATOR

1.นาย **คมศักดิ์ อิสระพันธ์** รหัส 46015211

2.นาย **ธวัชชัย คงเทพ** รหัส 46015223

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(....อ.นลศาสตร์.....เลิศประสิโร.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งผ่านความถี่ PDX 500 GENERATOR

นายคมศักดิ์ อิสระพันธ์ รหัส 46015211
นายธวัชชัย คงเทพ รหัส 46015223
อาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ อธิบายการใช้โปรแกรม LabVIEW มาควบคุมเครื่อง PDX 500 GENERATOR ผ่านพอร์ต USB โดยผ่านตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกให้เครื่อง PDX 500 GENERATOR ทำงานในฟังก์ชั่นที่กำหนด ฟังก์ชั่นการทำงานที่กำหนดให้ในโปรแกรม LabVIEW จะมีการตั้งเวลาเปิด และเวลาปิด การทำงานตามอุณหภูมิที่กำหนด การทำงานแบบสัญญาณพัลส์ ฟังก์ชั่นควบคุม และฟังก์ชั่นการแสดงผล และฟังก์ชั่นการแสดงผลนี้จะแสดงผลจากค่าที่ได้มาจากเครื่อง PDX 500 GENERATOR และหัวเข็มวัดอุณหภูมิ

สัญญาณไฟฟ้าที่มาจากเครื่อง PDX 500 GENERATOR จะเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 330-380 kHz จ่ายกำลังงานสูงได้ 900 W แต่ในที่นี้จะควบคุมได้แค่ 250 W ซึ่งค่าพลังงานที่ 0-250 W ในทางทฤษฎีจะได้ความร้อนที่ไม่เท่ากัน

ดังนั้นรายงานฉบับนี้จะอธิบายถึงอุณหภูมิค่าต่าง ๆ และค่าพลังงานที่เหมาะสม (ในการทดลองใช้ระยะเวลาในการทดลอง 10 และ 20 วินาที) และการใช้พลังงานที่เหมาะสมเมื่อจ่ายพลังเป็นเวลานาน และสุดท้ายได้นำไปทดลองกับเนื้อเยื่อจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Advanced Energy PDX 500 GENERATOR

Mr.Komsak Isarapunt ID. 46015211

Mr. Tawahchai Kongtap ID. 46015223

Mr. Klpolsar Lertprasert Advisor

Educational Year 2005

Abstract

This report aims at describing the use of LabVIEW program to control PDX 500 GENERATOR via USB port by tranforming digital signal to analog signal so that PDX 500 GENERATOR can function as specified. The functions in the program are: time on and time off; specific temperature working function; Pulse signal function; and display function which will show the result from PDX 500 GENERATOR and a temperature measuring Pin.

The frequency of the electricity signal from PDX 500 GENERATOR is 330-380 kHz. The maximum electric power of the machine is 900 W. However, in this report, the electric power is limited at 250 W. Theoritically, the heat from the electric power at 0-250 W is not equal.

Therefore, this report will discuss each temperature and the suitable electric power (from the 10- and 20- second experiments), and the use of the appropreiate electric power when providing electricity in a long period of time, and finally, in actual experiment with tissues.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในโครงงานชิ้นนี้ และขอขอบคุณรุ่นพี่นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ความช่วยเหลือและกำลังใจจากเพื่อน ๆ ที่ทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย คมศักดิ์ อิสระพันธ์

นาย ธวัชชัย คงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 แนวทางและวัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	**2**
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความถี่	2
2.2 อนาลอก (Analog) และดิจิตอล (Digital)	3
2.3 การตรวจวัดความร้อน	10
2.3.1 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Resistance Temperature Detectors; RTD)	11
2.3.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)	12
2.4 เครื่อง PDX 500 GENERATOR	14
2.5 เครื่อง USB-6008/6009 (NI-DAQmx Base 1.x)	20
2.6 โปรแกรม LabVIEW version 7.1	23
2.6.1 ที่มาของ LabVIEW	25
2.6.2 การทำงานของ LabVIEW	27
2.7.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของ LabVIEW	28
2.7.4 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ VI	29
บทที่ 3 การออกแบบวงจรและประยุกต์ใช้งานโปรแกรม	**36**
3.1 Block Diagram ที่ใช้ควบคุมการทำงาน	36
3.1.1 Block Diagram หลักของโปรแกรม	36
3.1.2 Sub Vis ที่ 1 อนาลอกเอาท์พุท	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Sub Vis ที่ 2 Digital Output 40

3.1.4 Sub Vis ที่3 43

3.2 Front Panel ของเครื่อง PDX 500 GENERATOR 46

3.3 วงจรขับรีเลย์ (Relay) 47

3.4 ผังการทำงาน (Flow Chart) 49

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 55

4.1 การทดลองกล่องสำหรับแยกหัวเข็ม 55

4.2 การทดลองตอนที่ 2 56

4.3 การทดลองตอนที่ 3 57

4.4 การทดลองตอนที่ 4 61

4.5 การทดลองตอนที่ 5 63

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 67

หนังสืออ้างอิง 68

ภาคผนวก 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากคลื่นเสียงมากระทบกับแผ่นไดอะแฟรม	4
รูปที่ 2.2 ความต้านทานที่อยู่ระหว่างไมโครโฟน และ ผู้พูด	5
รูปที่ 2.3 สถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ระยะทางต่าง ๆ ในการสื่อสารแบบอนาลอก	5
รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก	7
รูปที่ 2.5 รูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล	8
รูปที่ 2.6 รูปลักษณะสัญญาณเมื่อมีสัญญาณมาขยาย	8
รูปที่ 2.7 สถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ระยะทางต่าง ๆ ในการสื่อสารแบบดิจิตอล	9
รูปที่ 2.8 แสดงปุ่มกดบนหน้าปัดของเครื่อง PDX 500 GENERATOR	15
รูปที่ 2.9 แสดงพอร์ตเอาท์พุตต่าง ๆ ของเครื่อง PDX 500 GENERATOR	15
รูปที่ 2.10 แสดงขาทางพอร์ตเอาท์พุตของเครื่อง PDX 500 GENERATOR	16
รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของเครื่อง PDX 500 GENERATOR	20
รูปที่ 2.12 แสดง Block Diagram ของ USB-6008/6009	21
รูปที่ 2.13 แสดงรูปร่างภายนอกของ USB-6008/6009	21
รูปที่ 2.14 แสดงช่องสัญญาณต่าง ๆ ของอนาล็อกอินพุท	22
รูปที่ 2.15 แสดงช่องสัญญาณต่างๆ ของดิจิตอลเอาท์พุต และ อินพุต	23
รูปที่ 2.16 แสดงหน้าต่างของ Front Panel และ Block Diagram	24
รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรม LabVIEW ใน Block Diagram	26
รูปที่ 2.18 แสดง Block Diagram การทำงานของโปรแกรม LabVIEW	26
รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม LabVIEW	28
รูปที่ 2.20 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	30
รูปที่ 2.21 แสดง Tool Palette	30
รูปที่ 2.22 แสดง Operate Value Tool	31
รูปที่ 2.23 แสดง Position /Size /Select Tool	31
รูปที่ 2.24 แสดง Edit Text Tool	31
รูปที่ 2.25 แสดง Set Color Tool	32
รูปที่ 2.26 แสดง Object Shortcut Menu Tool	32
รูปที่ 2.27 แสดง Scroll Window Tool	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 แสดง Get Color 33
รูปที่ 2.29 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Block Diagram 34
รูปที่ 2.30 แสดง Tools Palette สำหรับ Block Diagram 34
รูปที่ 2.31 แสดง Front Panel Toolbar 35
รูปที่ 3.1 Block Diagram หลัก 36
รูปที่ 3.2 Block Diagram ควบคุมสัญญาณอนาลอก 37
รูปที่ 3.3 SubVis ภายใน Block Diagram ของA/O 37
รูปที่ 3.4 DAQmxBase Create Task 37
รูปที่ 3.5 DAQmxBase Create Virtual Channel Analog Output 38
รูปที่ 3.6 DAQmxBase Start Task 38
รูปที่ 3.7 Digital U8 1Chan 1Samp 39
รูปที่ 3.8 DAQmxBase Stop Task 39
รูปที่ 3.9 DAQmxBase Clear Task 39
รูปที่ 3.10 SubVis Digital Output 40
รูปที่ 3.11 SubVis ภายใน Digital Output 40
รูปที่ 3.12 DAQmxBase Create Task 40
รูปที่ 3.13 DAQmxBase Create Virtual Channel Digital Output 41
รูปที่ 3.14 DAQmxBase Start Task 41
รูปที่ 3.15 Digital 1D U8 NChannel 1Samp 42
รูปที่ 3.16 DAQmxBase Stop Task 42
รูปที่ 3.17 DAQmxBase Clear Task 42
รูปที่ 3.18 Sub Vis แสดงผล 43
รูปที่ 3.19 ฟังก์ชันการทำงานของ อนาล็อกอินพุท 43
รูปที่ 3.20 DAQmxBase Create Task 43
รูปที่ 3.21 DAQmxBase Create Virtual Channel AI Voltage 44
รูปที่ 3.22 DAQmxBase Start Task 44
รูปที่ 3.23 Counter DBL 1Samp 45
รูปที่ 3.24 DAQmxBase Stop Task 45
รูปที่ 3.25 DAQmxBase Clear Task 45
รูปที่ 3.26 Front Panel ที่เกิดจากโปรแกรม LabVIEW 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.27 รูปวงจรขับรีเลย์ 47
รูปที่ 3.28 แสดงรูปร่างภายใน และ การใช้งานร่วมกันของวงจรขับรีเลย์ 48
รูปที่ 3.29 แผนผังการควบคุมหลัก 49
รูปที่ 3.30 แผนผังการปรับ Power Output 50
รูปที่ 3.31 แผนผังควบคุมเวลาการทำงาน 51
รูปที่ 2.32 แผนผังการเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน 52
รูปที่ 3.33 แผนผังแสดงการปรับระดับพลังงาน 53
รูปที่ 3.34 แผนผังแสดงผลการทำงาน 54
รูปที่ 4.1 วงจรขับรีเลย์ 55
รูปที่ 4.2 รูปการทดลองตอนที่ 4.1 55
รูปที่ 4.3 รูปการทดลองตอนที่ 4.3 58
รูปที่ 4.4 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.3 61
รูปที่ 4.5 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4 63
รูปที่ 4.6 รูปการทดลองตอนที่ 4.5 64
รูปที่ 4.7 รูปการทดลองตอนที่ 4.5 65
รูปที่ 4.8 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.5 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดง ย่านความถี่ ความถี่ และความยาวคลื่น	2
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อย ๆ	13
ตารางที่ 2.3 แสดงขา ชื่อของแต่ละขา และ คุณสมบัติต่าง ๆ	16
ตารางที่ 4.1 แสดงการทำของกล่องแยกหัวเข็ม	56
ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และค่าความถี่ต่าง ๆ	56
ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ในเวลา 10 วินาที	59
ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ในเวลา 20 วินาที	60
ตารางที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ	62
ตารางที่ 4.6 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางรอยแผล	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

กล่าวนำ

การรักษาโรคในปัจจุบันนี้ ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้กันอย่างแพร่หลาย และเทคโนโลยีทางด้านความถี่ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้ เทคโนโลยีทางด้านความถี่มีการพัฒนาจนสามารถทำลายเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์นำข้อดีของความถี่ในด้านนี้มาเป็นส่วนประกอบในการรักษาโรคมะเร็งที่เกิดขึ้นในร่างกายมนุษย์

ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษา และ นำเอาความถี่จากเครื่อง PDX 500 GENERATOR โดยควบคุมการทำงานจากเครื่องคอมพิวเตอร์มาทำการทดสอบทำลายเนื้อเยื่อบริเวณตับของสิ่งมีชีวิตเพื่อนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้กับเนื้อเยื่อของมนุษย์ต่อไปในอนาคต

1.1 แนวทางและวัตถุประสงค์

ศึกษาการทำงานของเครื่อง A/D, D/A ของ NI-DAQ mx0 Base 1.x

ศึกษาการทำงานของเครื่องผลิตความถี่ PDX 500 GENERATOR

ศึกษาการใช้งานโปรแกรม LabVIEW version 7.1

สามารถใช้โปรแกรม LabVIEW version 7.1 ควบคุมเครื่องผลิตความถี่ทำลายเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต

1.2 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 บท ซึ่งอาจแยกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน ได้แก่ การส่งสัญญาณแบบอนาลอก (Analog) และการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล (Digital), ความหมายของเซ็นเซอร์ (Sensor) และทรานสดิวเซอร์ (Transducer), การตรวจวัดความร้อน, คุณสมบัติและส่วนประกอบของเครื่อง PDX 500 GENERATOR, การใช้งานเครื่อง USB-6008/6009 (NI-DAQmx Base 1.x) และโปรแกรม LabVIEW version 7.1

บทที่ 3 การออกแบบวงจรและประยุกต์โปรแกรม LabVIEW เพื่อควบคุมเครื่อง PDX 500 GENERATOR

บทที่ 4 ผลการทดลองการใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคุมเครื่อง PDX 500 GENERATOR

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความถี่

คำจำกัดความของความถี่ (Frequency; f) นั้น คือ จำนวนรอบที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ในระบบ SI มีหน่วยเป็น วินาที$^{-1}$ (S^{-1}) หรือ เฮิรตซ์ (Hz) ซึ่งมีด้วยกันหลายประเภทแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงความถี่ที่ใช้ในงาน Project นี้ นั่นก็คือ ความถี่ RF (Radio Frequency)

ตารางที่ 2.1 แสดง ย่านความถี่ ความถี่ และความยาวคลื่น

ย่านความถี่	ความถี่	ความยาวคลื่น
Very Low Frequency (VLF)	ต่ำกว่า 30 kHz	ยาวกว่า 10 km
Low Frequency(LF)	30-300 kHz	10-1 km
Medium Frequency(MF)	300-3000 kHz	1000-100 m
High Frequency (HF)	3-30 MHz	100-10 m
Very High Frequency (VHF)	30-300 MHz	10-1 m
Ultra High Frequency (UHF)	300-3000 MHz	100-10 cm
Super High Frequency (SHF)	3-30 GHz	10-1 cm
Extremely High Frequency (EHF)	30-300 GHz	10-1 mm
Radio Wave and Microwave	0.3 - 3 THz	0.1 - 1 mm
Far Infrared	0.3 – 22 THz	14 um - 1 mm
Thermal Infrared	22 - 38 THz	1 mm – 3 um
Middle Infrared	38 - 100 THz	3 - 8 um
Near Infrared	100 - 230 THz	1.3 - 3 um
Infrared	230 - 430 THz	0.7 - 1.3 um

ความถี่ RF ของ เครื่อง PDX 500 GENERATOR นี้ เป็นเครื่องที่ผลิตความถี่ตั้งแต่ 325-375 kHz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ Medium Frequency (MF) ซึ่งดูได้จากตารางที่ 1 หรือให้เข้าใจง่าย ๆ ก็ คือ คลื่นวิทยุ FM นั้นเอง แต่ในทางเครื่องมือแพทย์ (Physician handtool) แล้วความถี่ RF ของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDX 500 GENERATOR สามารถผลิตความถี่ RF ได้มากกว่าย่านความถี่ปกติขึ้นไปอีกประมาณ 5-10 MHz เพื่อลดระยะเวลาในการยิงความถี่ RF ลง เพื่อเป็นแนวทางในการลดอัตราความเสี่ยงของผู้ป่วยในอนาคต

2.2 อนาลอกและดิจิตอล

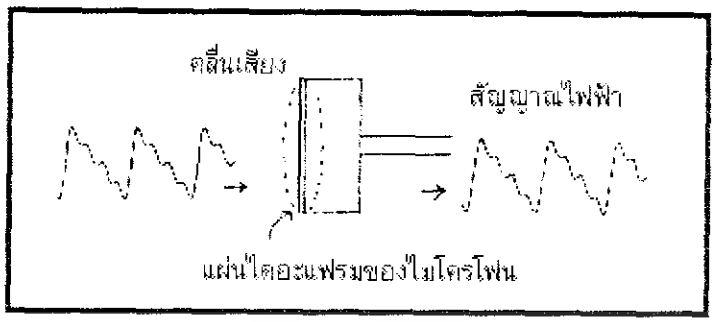
การส่งข้อมูลสัญญาณแบบอนาลอก

เป็นการส่งสัญญาณแบบอนาลอกโดยไม่สนใจในสิ่งที่บรรจุรวมอยู่ในสัญญาณเลย สัญญาณจะแทนข้อมูลอนาลอก (เช่น สัญญาณเสียง) หรือ ข้อมูลดิจิตอล เช่น ข้อมูลไบนารี(Binary) ผ่านโมเด็ม สัญญาณอนาลอกที่ทำการส่งออกไป พลังงานจะอ่อนลง ไปเรื่อย ๆ เมื่อระยะทาง ทางเพิ่มขึ้น ดั้งนั้น ในการส่งสัญญาณอนาลอกไประยะไกลๆ จึงต้องอาศัยเครื่องขยายสัญญาณ หรือแอมปลิไฟเออร์ (Amplifier) เพื่อเพิ่มพลังงานให้กับพลังงานให้กับสัญญาณ แต่ในการใช้เครื่องขยายสัญญาณจะมีการ สร้างสัญญาณรบกวนขึ้น (Noise) รวมกับสัญญาณข้อมูลด้วย ยิ่งระยะทางไกล มากเท่าไหร่ ก็ยิ่งมีสัญญาณรบกวนมากขึ้นเท่านั้น การส่งสัญญาณอนาลอกจึงต้องการวงจรกรองสัญญาณ (Filter) เพื่อกรองเอาสัญญาณ รบกวนออกอีกที่หนึ่ง

การสื่อสารแบบอนาลอก

ปัจจุบันนี้มีการกล่าวถึงการสื่อสารแบบต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารผ่านดาวเทียม การสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง การสื่อสารแบบซูเปอร์ไฮเวย์ การสื่อสารผ่านสายเคเบิลใต้น้ำ การสื่อสารด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ฯลฯ ผู้ฟังที่เป็นประชาชนทั่วไปจะเข้าใจว่าการสื่อสารแบบต่าง ๆ เหล่านี้ก็คือการส่งข้อมูลหรือข้อความผ่านทางเส้นทางต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วซึ่งเป็นความเข้าใจที่ถูกต้องในระดับหนึ่ง แต่ในรายละเอียดนั้นมีความหมายมากกว่านี้ บางคนอาจสงสัยว่าข้อมูลหรือข้อความนั้นสามารถส่งได้อย่างไร โดยเฉพาะการส่งในระยะทางที่ไกลมาก เช่น ข้ามจังหวัด ข้ามประเทศ หรือแม้แต่การส่งข้ามทวีป ก่อนอื่นจะขอยกตัวอย่างการส่งข้อมูลที่เป็นเสียงนั่นคือโทรศัพท์ ขณะที่เราพูดโทรศัพท์นั้น คลื่นเสียงหรือสัญญาณเสียงที่ออกจากปาก จะไปทำให้แผ่นไดอะแฟรมของไมโครโฟน ที่อยู่ในตัวกระบอกโทรศัพท์สั่น (ดูรูปที่ 2.1 ประกอบ) เมื่อแผ่นไดอะแฟรมสั่นจะมีผลทำให้มีสัญญาณไฟฟ้าออกมาจากไมโครโฟน ถ้าเราเอาเครื่องมือชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ดูรูปของสัญญาณ ทั้งสองชนิดจะพบว่ามีลักษณะเหมือนกัน เราเรียกสัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจากไมโครโฟนนี้ว่า เป็นสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเวลาจะมีค่าต่อเนื่องกัน และมีรูปร่างเหมือนสัญญาณต้นฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



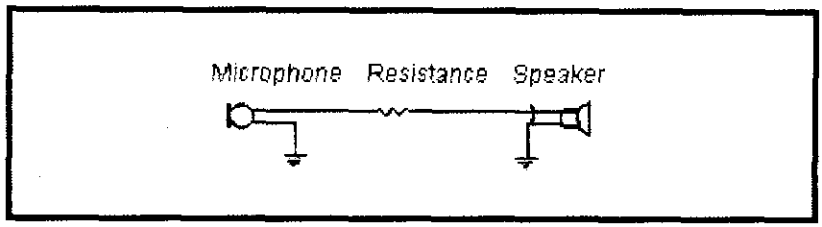
รูปที่ 2.1 สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากคลื่นเสียงมากระทบกับแผ่นไดอะแฟรม

ร่างกายมนุษย์สามารถส่งสัญญาณแบบต่อเนื่องหรือแบบอนาลอก ได้หลายวิธี เช่นการพูด เสียงที่พูดออกมานั้นทั้งความถี่และความดังของเสียงจะเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายก็เป็นแบบต่อเนื่อง การรับรู้ก็เช่นกัน เราได้ยินเสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง มองเห็นภาพที่มีความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง มองเห็นภาพที่มีความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องการสัมผัสที่รับรู้ได้จากแรงกดที่ผิวหนังก็เป็นแบบต่อเนื่อง แต่ที่กล่าวมานี้เป็นการรับรู้ในการดำรงชีวิตแบบปกติเท่านั้น ถ้ามีเหตุการณ์บางอย่างที่ผิดปกติเกิดขึ้น การรับรู้จะไม่เป็นแบบต่อเนื่องนั่นคือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก เช่น เสียงปืน เสียงประทัด เสียงระเบิด ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศอย่างรวดเร็ว การรับรู้ของหูจะเป็นแบบฉับพลันอาจทำให้แก้วหูฉีกขาดได้ การมองเห็นฟ้าผ่าหรือแสงแฟลชถ่ายรูปก็ทำให้ตารับรู้ความเข้มแสงอย่างฉับพลัน ทำให้ตาพร่า ที่ยกตัวอย่างเหล่านี้ก็เพื่อให้ผู้อ่านได้นึกภาพของการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องหรือแบบอนาลอก ในขอบเขตปกติ กับการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันว่าเป็นอย่างไร

ขณะที่เราพูดโทรศัพท์จะมีสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นแบบอนาลอกออกมาจากไมโครโฟนที่กระบอกพูด สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปตามสายไฟฟ้าจนมาถึงผู้ฟัง สัญญาณไฟฟ้าจะถูกลำโพงเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณเสียงให้ผู้ฟังได้ยิน และในทำนองเดียวกันเราก็ได้ยินคู่สนทนาพูดด้วย ในแบบเรียนต่าง ๆ กล่าวถึงการสื่อสารในลักษณะเช่นนี้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดว่ามีตัวแปรอื่นใดเข้ามารบกวนการส่งข้อมูลหรือข้อความในระหว่างการสื่อสาร

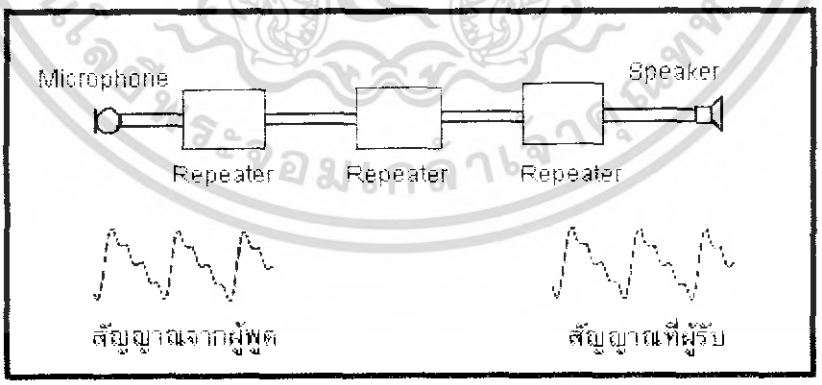
ในสภาพความเป็นจริงสายไฟฟ้าที่เป็นสายทองแดงหรือโลหะผสมอื่นใดจะมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่ ยิ่งสายยาวมากเท่าไรความต้านทานไฟฟ้าก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นเท่านั้น เมื่อเราพูดโทรศัพท์สัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจะถูกความต้านทานของสายไฟฟ้าที่ยาวมากทำให้ขนาดของสัญญาณไฟฟ้าลดลง กว่าจะถึงผู้ฟังปลายสายก็ไม่อาจทำให้ลำโพงทำงานได้ และยิ่งถ้าเป็นการสื่อสารข้ามจังหวัดขนาดของสัญญาณไฟฟ้าก็จะยิ่งน้อยลงอีกและถ้าเป็นการสื่อสารข้ามทวีปจะเป็นเช่นไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ความต้านทานที่อยู่ระหว่างไมโครโฟน และ ผู้พูด

เมื่อเป็นเช่นนี้วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้าจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสื่อสาร ก่อนที่ขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากผู้พูดจะลดลงต่ำเกินไป ก็จะต้องมีการขยายสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงส่งต่อไปอีก ถ้าผู้ฟังหรือผู้รับอยู่ห่างจากผู้พูดมากเท่าไร จำนวนครั้งของการขยายสัญญาณไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น นั่นคือในระบบการสื่อสารต้องมีสถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าอยู่เป็นระยะ ๆ ตามทาง (ดูรูปที่ 2.3 ประกอบ) ในสมัยที่ใช้สายไฟฟ้าอย่างเดียวนั้นสถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า repeater นั้นจะอยู่ค่อนข้างใกล้กัน เพราะความต้านทานไฟฟ้าของสายไฟมีค่ามากต้องมีการขยายบ่อยครั้ง ต่อเมื่อมีการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ การส่งสัญญาณหรือการสื่อสารด้วยวิธีนี้ก็ไม่ต้องใช้สายไฟฟ้าแล้ว แต่ก็ต้องมีการขยายสัญญาณไฟฟ้าอยู่เช่นเดียวกัน เพราะการสูญเสียพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคลื่นวิทยุในอากาศยังมีอยู่ ดังที่เราเห็นมีการติดตั้งสถานีไมโครเวฟของแต่ละจังหวัดเพื่อส่งสัญญาณต่อ ๆ กันไป



รูปที่ 2.3 สถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ระยะทางต่าง ๆ ในการสื่อสารแบบอนาลอก

การนำดาวเทียมมาใช้ในการสื่อสารช่วยให้การรับการส่งสัญญาณไฟฟ้าเป็นไปได้สะดวกขึ้น เพราะรัศมีการทำงานของดาวเทียมนั้นครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าการส่งด้วยวิธีอื่น แต่ก็มิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่าไม่ต้องใช้การขยายสัญญาณไฟฟ้า เราลองพิจารณาการส่งสัญญาณไฟฟ้าจาก สถานีส่งที่ภาคพื้นดินขึ้นไปยังดาวเทียม ขณะที่ส่งนั้นต้องผ่านชั้นบรรยากาศซึ่งทำให้พลังงานของคลื่นลดลง เป็นผลให้ขนาดของสัญญาณไฟฟ้าลดลงไปด้วย ดังนั้นเราจึงต้องมีเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ดาวเทียม เพื่อให้สัญญาณไฟฟ้ามีกำลังสูงพอที่จะส่งกลับลงมายังสถานีรับภาคพื้นดินหรือที่จานรับสัญญาณ เมื่อพิจารณาที่สถานีรับภาคพื้นดิน หรือที่จานรับสัญญาณก็ต้องมีเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าก่อนจะเข้ากระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้ฟังได้เห็นหรือได้ยินข้อความหรือข้อมูลจากสถานีส่ง

ที่กล่าวมาทั้งหมดก็เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงความหมายของสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอกและความจำเป็นที่ต้องมีการขยายสัญญาณไฟฟ้าตามสถานีต่าง ๆ และที่เครื่องรับของผู้ฟังก่อนที่จะเข้าสู่การสื่อสารแบบดิจิตอลเพราะเราจำเป็นต้องเข้าใจการสื่อสารแบบอนาลอกเสียก่อน เนื่องจากว่าสัญญาณแบบอนาลอก เป็นสัญญาณที่เราคุ้นเคยหรือประสบอยู่ตลอดเวลา

การส่งข้อมูลสัญญาณแบบดิจิตอล

การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลจะสนใจทุกสิ่งทุกอย่างมาบรรจุในสัญญาณ เพื่อระยะทางเพิ่มขึ้นมากขึ้น จะทำให้สัญญาณดิจิตอลจางหาย ไปได้ จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทบทวนสัญญาณหรือ รีพีตเตอร์ (Repeater) เพื่อกู้ (Recover) รูปแบบของสัญญาณที่มีลักษณะ เป็น “1” และ” 0” เสียก่อน แล้วจึงส่งสัญญาณใหม่ต่อไป

การสื่อสารแบบดิจิตอล

การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลจะสนใจทุกสิ่งทุกอย่างมาบรรจุในสัญญาณ เพื่อระยะทางเพิ่มขึ้นมากขึ้น จะทำให้สัญญาณดิจิตอลจางหาย ไปได้ จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทบทวนสัญญาณหรือ รีพีตเตอร์ (Repeater) เพื่อกู้ (Recover) รูปแบบของสัญญาณที่มีลักษณะ เป็น “1” และ” 0” เสียก่อน แล้วจึงส่งสัญญาณใหม่ต่อไป

เมื่อการสื่อสารแบบอนาลอก มีปัญหาเกิดขึ้นเช่นนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงคิดค้นการส่งสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอลขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวน ก่อนที่จะเข้าสู่รายละเอียดของการสื่อสารแบบดิจิตอลนั้น ขอยกตัวอย่างการใช้งานสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล ที่ทุกคนคุ้นเคยเพียงแต่ยังนึกไม่ถึงเท่านั้น นั่นก็คือการ copy โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าแผ่นโปรแกรมที่เป็นต้นฉบับนั้นจะเป็นรุ่น F1 F2 F10 หรือ F50 ผลที่ได้นั้นโปรแกรมยังมีลักษณะเหมือนต้นฉบับทุกประการเพราะถ้าไม่เหมือนแม้แต่เพียงข้อมูลเดียว โปรแกรมก็ไม่สามารถทำงานได้ เราอาจกล่าวได้ว่าการ copy โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอลนั้น แผ่นโปรแกรมเป็นรุ่น F1000 จะเหมือนกับรุ่น F1 เสมอ (การถ่ายทอดกรรมพันธุ์ DNA หรือ ทาง chromosome ของสิ่งมีชีวิตนั้นจะคล้ายกับการถ่ายทอดแบบดิจิตอล โอกาสที่จะผิดพลาดมีน้อยมาก แต่ถ้าผิดขึ้นมาจะกลายเป็น

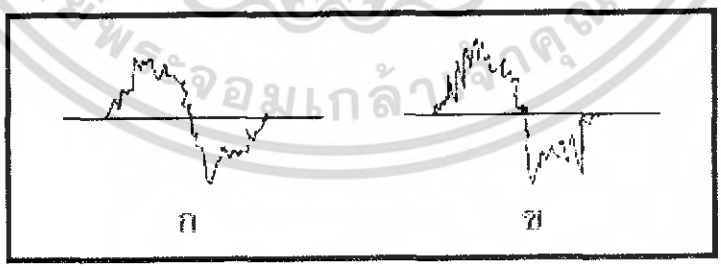
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องใหญ่ นั่นคือเกิดการกลายพันธุ์ (mutation) แล้วผู้เขียนอาจเขียนเรื่องฟิสิกส์กับชีววิทยา หรือคอมพิวเตอร์กับสิ่งมีชีวิต ในอนาคตอันใกล้)

ถึงตอนนี้ท่านผู้อ่านคงเข้าใจแล้วว่าการส่งสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอลนั้น ดีกว่าการส่งสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก อย่างไร และเข้าใจเหตุผลว่าทำไมการสื่อสารจึงเลือกใช้แบบดิจิตอล ต่อไปนี้ทุกท่านคงพร้อมแล้วที่จะเข้าสู่รายละเอียดของการสื่อสารแบบดิจิตอลในเชิงวิชาการ

บางคนอาจจะสงสัยว่าทำไมต้องมีสัญญาณรบกวนด้วย เราจะแยกหรือขจัดออกได้อย่างไร สัญญาณรบกวนนี้เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ เช่น ผลของอุณหภูมิ (thermal noise) วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาเคลวิน สามารถส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น ผลภายในอุปกรณ์เองเช่น ในตัวทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุไอซี (integrated circuit) แม้แต่สายไฟหรือลายทองแดงของแผ่นวงจรไฟฟ้า สามารถผลิตความถี่หรือรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากที่อื่น รวมทั้งคุณภาพของการออกแบบวงจรไฟฟ้าก็มีส่วนทำให้ปริมาณสัญญาณรบกวนมากน้อยต่างกัน โดยสรุปสัญญาณรบกวนมีอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับว่าเราสามารถกรองออกจากสัญญาณไฟฟ้าเดิมได้แค่ไหน ตัวอย่างที่สังเกตได้ชัดเจนคือการรับสัญญาณโทรทัศน์ ถ้าเสาอากาศคุณภาพดีและการติดตั้งหันไปทิศทางที่ถูกต้องภาพที่ได้จะชัดเจน มิฉะนั้นจะได้ภาพที่มีเม็ดสีปะปน เม็ดสีปนอยู่คือสัญญาณรบกวนนั่นเอง ยิ่งผู้รับอยู่ไกลจากสถานีส่งมากเท่าไร ขนาดของสัญญาณที่ต้องการจะลดลงส่วนสัญญาณรบกวนจะเพิ่มขึ้น ในบางท้องที่ไม่อาจรับสัญญาณโทรทัศน์ได้เลย เพราะมีแต่สัญญาณรบกวน

เมื่อเราใช้ออสซิลโลสโคป ดูรูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก จะเป็นดังรูปที่ 2.4



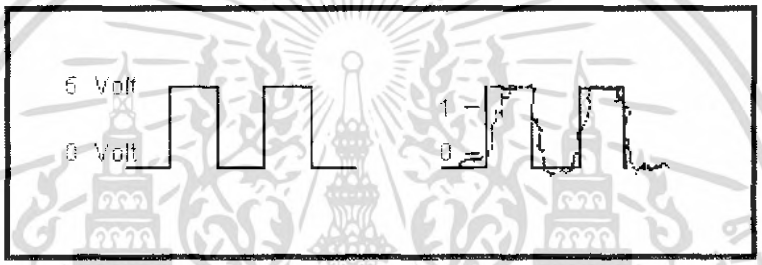
รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาลอก

เมื่อมีการขยายสัญญาณครั้งที่ 1 สัญญาณที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.4 ก
เมื่อมีการขยายสัญญาณครั้งที่ 2 สัญญาณที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.4 ข

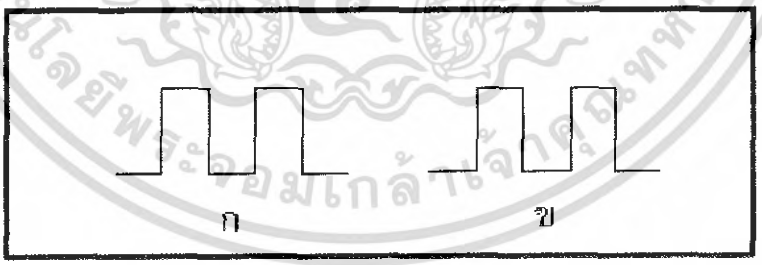
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะเห็นได้ชัดเจนว่าการสื่อสารแบบอนาลอกนั้นมีสัญญาณรบกวนแทรกอยู่มาก ต่อไปจะพิจารณาการสื่อสารแบบดิจิตอล สัญญาณแบบดิจิตอลนั้น จะมีค่าของความต่างศักย์ไฟฟ้าเพียง 2 ค่าเท่านั้น คือ HIGH (อาจใช้เลข 1 หมายถึง 5 โวลต์) และ LOW (อาจใช้เลข 0 หมายถึง 0 โวลต์) แต่ในทางปฏิบัติให้ 0-1.5 โวลต์ เป็น LOW และ 3.5-5 โวลต์ เป็น HIGH เพื่อประโยชน์ในการแยก noise ออกจาก signal เพราะถ้าขนาดของสัญญาณรบกวน (noise) นั้นไม่เกิน 1 โวลต์ เราก็ยังสามารถแยกออกจากสัญญาณเดิม

เมื่อเราใช้ออสซิลโลสโคป ดูรูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล จะเป็นดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 รูปคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล
มีสัญญาณรบกวนแทรก
แต่สามารถแยก 1 และ 0 ได้

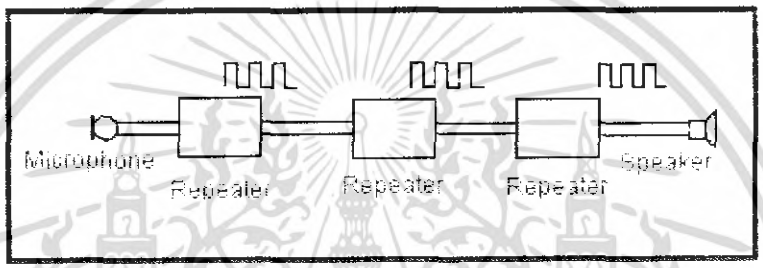


รูปที่ 2.6 รูปลักษณะสัญญาณเมื่อมีสัญญาณมาขยาย

เมื่อมีการขยายสัญญาณครั้งที่ 1 และปรับแต่งสัญญาณที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.6 ก
เมื่อมีการขยายสัญญาณครั้งที่ 2 และปรับแต่งสัญญาณที่ได้จะเป็นดังรูปที่ 2.6 ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายสัญญาณแบบดิจิตอลนั้นต้องรีบทำก่อนที่ขนาดของสัญญาณจะลดลงมากเกินไปจนแยก 1 และ 0 ไม่ได้ หมายความว่าสถานีขยายสัญญาณ repeater มีหน้าที่ขยายและปรับแต่งสัญญาณทำให้ได้รูปของสัญญาณที่เหมือนดั้นฉบับทุกประการ ดังนั้นไม่ว่าการสื่อสารข้อมูลจะไกลเพียงใดสัญญาณที่ได้รับจะเหมือนต้นฉบับเสมอ ทำให้การสื่อสารในโลกปัจจุบันจึงเป็นการสื่อสารแบบดิจิตอลแทบทั้งสิ้น แม้แต่การทำงานของคอมพิวเตอร์ก็เป็นแบบดิจิตอลทำให้เราสามารถส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปได้ทั่วโลก (โดยใช้บริการของ internet)



รูปที่ 2.7 สถานีขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ระยะทางต่าง ๆ ในการสื่อสารแบบดิจิตอล

การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียงที่กล่าวมาในตอนต้นเป็นแบบอนาลอกแล้วเราจะส่งสัญญาณเสียงแบบดิจิตอลได้อย่างไร เรื่องนี้อธิบายไม่ยากก็ใช้วงจรไฟฟ้าที่เรียกว่า ADC (Analog Digital Converter) เปลี่ยนสัญญาณแบบอนาลอกให้กลายเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล ตัวอย่างเช่น การอัดเสียงลง Compact Disc (CD) นั้นใช้ระบบดังที่กล่าวมานี้ การอัดภาพลง Laser disc ก็เช่นเดียวกัน เมื่อข้อมูลทั้งเสียงและภาพกลายเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลแล้ว จะส่งไปไหนหรือทำอะไรต่อก็ง่ายแล้ว เวลาจะเล่นกลับ (playback) ก็ใช้วงจรไฟฟ้าที่เรียกว่า DAC (Digital Analog Converter) จัดการกับข้อมูลที่เป็นดิจิตอล ก็จะได้สัญญาณแบบอนาลอก ที่ร่างกายมนุษย์คุ้นเคย รายละเอียดของวงจรไฟฟ้า ADC (Analog Digital Converter) ที่เปลี่ยนสัญญาณแบบอนาลอกให้กลายเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล และ DAC (Digital Analog Converter)

การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A)

ในปัจจุบันการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิตอลโดยผ่านช่องทางสื่อสารแบบอนาลอกที่เราคุ้นเคยกันได้แก่ การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่าย โทรศัพท์สาธารณะ เครือข่ายโทรศัพท์ถูกออกแบบมาเพื่อทำการสลับสวิตซ์ และส่งสัญญาณอนาลอกซึ่งเป็นย่านความถี่ของเสียง หรือประมาณ 300-400 Herzt อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาลอกย่านความถี่เสียง เราเรียกว่า โมเด็ม (MODEM หรือ Modulator-Demodulator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเทคนิคการแปลงสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาลอกนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. การมอดูเลตเลขทางแอมปลิจูด (Amplitude-Shift keying หรือ ASK)

2. การมอดูเลตเชิงเลขความถี่ (Frequency-Shift Keying หรือ FSKK)

3. การมอดูเลตเลขเชิงทางเฟส (Phase-Shift Keying หรือ PSK)

การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A/D)

ในกรณีถ้าระบบเครือข่ายของเราเป็นแบบดิจิตอล คือสามารถส่งผ่านสัญญาณดิจิตอลสู่ช่องทางสื่อสารดิจิตอลได้โดยตรง เช่น ในระบบเครือข่าย ISDN หรือไปรษณีย์อิเลคทรอนิกส์ (E-Mail or Electronic Mail) เป็นต้น เราสามารถส่งสัญญาณดิจิตอล ที่ออกจากคอมพิวเตอร์สู่เครือข่ายได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านโมเด็ม และในทำนองเดียวกัน เราสามารถส่งสัญญาณอนาลอกผ่านเข้าไปในระบบเครือข่ายดิจิตอลได้ โดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็น สัญญาณดิจิตอลเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำงานตรงกันข้ามกับโมเด็มคือ โคเดก (CODEC หรือ COder/DECoder)

เทคนิคในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การมอดูเลตทางแอมปลิจูดของพัลส์ หรือ PAM (Pulse Amplitude Modulation)

2. การมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ หรือ PCM (Pulse Code Modulation)

2.3 การตรวจวัดความร้อน (Thermal Sensors)

1 สเกลของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature Scale)

มีการใช้งาน 2 สเกลด้วยกัน คือ สเกลเคลวิน (K) และสเกลแรงคิล (0 R) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$(1K) = \frac{180}{100}(1^0R) = \frac{9}{5}\ 1^0R \quad \text{.....(1)}$$

ดังนั้น การแปลงสเกล ก็จะกำหนดได้เป็น

$$T(K) = \frac{5}{9}\ T(^0R) \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ $T(K)$ = อุณหภูมิในหน่วย K

$T(^0R)$ = อุณหภูมิในหน่วย ^0R

2 สเกลอุณหภูมิสัมพัทธ์ (Relative to Thermal Energy)

สเกลนี้คือสเกลขององศาเซลเซียส (สัมพันธ์กับองศาเคลวิน) และองศาฟาเรนไฮต์ (สัมพันธ์กับองศาเคลวิน)

$$T(^0C) = T(K) - 273.15 \quad \text{.....(3)}$$

$$T(^0F) = T(R) - 459.6 \quad \text{.....(4)}$$

$$T(^0F) = \frac{9}{5}\ T(^0C) + 32 \quad \text{.....(5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กับพลังงานความร้อน (Relative to Thermal Energy)

$$W_{TH} = \frac{3}{2} kT \quad \text{.....(6)}$$

เมื่อ k = 1.38 x 10 –23 J/K เป็นค่าคงที่ของโบลซ์มาน

การวัดอุณหภูมิ (Measurement of Temperature)

1 วิธีการวัดที่ไม่ใช่วิธีทางไฟฟ้า (Non-Electrical Methods)

วิธีที่ไม่ใช่การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า อาจจะอยู่บนวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงสถานะทางฟิสิกส์

1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี

1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์

2.3.1 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Resistance Temperature Detectors; RTD)

อาร์ทีดี คือ ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า "สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก "(Positive Temperature Coefficient; PTC) นอกจากนี้อาร์ทีดียังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า "เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน " (Resistanee Temperatures)

อาร์ทีดีค้นพบในปีเดียวกับที่ซีแบ็คค้นพบปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดย Sir Humphry Day ซึ่งพบว่า ความต้านทานในโลหะจะมีผลตามค่าความร้อน อีก 50 ปีต่อมา Sir Willium Siemens *ก็นำเอาแพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมมิเตอร์* *และจัดให้เป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบปฐมภูมิที่มีความ* แน่นอนสูง ในความเป็นจริงค่าความต้านทานของอาร์ทีดีแบบแพลทินัม (PRTD) ที่ใช้กันในทุกกวันนี้จะมีการกำหนดสเกลมาตรฐานจากจุดออกซิเจน (-182.960 C) ถึงจุดแอนติโมนี (630.740 C) โดย IPTS

เราพบว่าความนำ (Conductivity); ของโลหะใดๆ จะเป็นฟังก์ชันกับค่าของอุณหภูมิ ในทางกลับกันค่าความต้านทานจำเพาะ (resistivity) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความนำ ก็จะเปลี่ยนแปลงเกือบเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิในย่านอุณหภูมิห้อง เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง และเงิน จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเคลวิน ซึ่งอาจจะแสดงค่าความนำของโลหะใด ๆ ได้เป็น

$$\sigma = -\rho_e \mu_e \quad \text{.....(7)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ρ_e = ความหนาแน่นของประจุอิเล็กตรอนอิสระมีค่าเป็นลบ

μ_e = ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ของอิเล็กตรอน; m/V.s

ชนิดของอาร์ทีดี (Type of RTD)

1 แพลทินัม เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุดเขียนบอกไว้เป็น PT ได้แก่ PT-10, PT-100, PT-1000 ความสามารถในการทำซ้ำสูง แต่ความไวต่ำ ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับนิกเกิลซึ่งมี ความสามารถในการทำซ้ำน้อย แต่มีความไวมากกว่า และราคาถูกกว่า

2 ทองคำและเงิน ธาตุทั้งสองมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ

3 ทังสเตนมีค่าความต้านทานจำเพาะสัมพัทธ์สูง มักใช้กับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูงเพราะ หากใช้ที่อุณหภูมิปกติจะมีความเปราะและยากต่อการใช้งาน

4 นิกเกิล ใช้กับย่านวัดอุณหภูมิสูงๆ มีความเป็นเชิงเส้นต่ำ ทำให้เกิดค่าดริฟต์ (drift) กับเวลา นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทำอาร์ทีดี ได้แก่ เหล็ก เป็นต้น

2.3.2 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)

เทอร์มิสเตอร์ มาจากคำว่า "Thermally sensitive variable resistor" ทำมาจากวัสดุตัวนำที่เหมือนกับเซรามิก อยู่ในรูปของออกไซด์ของแมงกานีส นิกเกิล และโคบอลต์ มีค่าความต้านทานจำเพาะในช่วง 100 ถึง 450,000 โอห์ม-เซนติเมตร ในเบื้องต้นสามารถประยุกต์ใช้งานสองอย่างคือ (1) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิสำหรับระบบการวัดและควบคุม (2) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับกำลังงานไฟฟ้า เพราะอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ จะเป็นฟังก์ชันกับกำลังที่ถูกดูดกลืน โดยอุปกรณ์การวัดกำลังคลื่นความถี่วิยุเป็นตัวอย่างของการใช้งานตามหัวข้อที่ 2

ความต้านทานของสารกึ่งตัวนำกับอุณหภูมิ (Semiconductor Resistance Versus Temperature)

สารกึ่งตัวนำในที่นี้ คือ การที่อิเล็กตรอนสั่นจนถึงช่วงที่ทำให้มีการเพิ่มพลังงานของวาเลนซ์อิเล็กตรอน เมื่อพลังงานนี้มีค่าเท่ากันหรือมากกว่าช่องว่างพลังงาน Δ_{wg} ในขณะนี้อิเล็กตรอนจะเข้ามาอยู่ในแถบการนำและอิสระที่จะนำกระแสได้

ข้อสำคัญคือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของสารกึ่งตัวนำนี้จะมีความไม่เป็นเชิงเส้น

1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ หลักการของเทอร์มิสเตอร์คือค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตามหลักการของสารกึ่งตัวนำนั้น นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานจะลดลง คุณลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่ามี "สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นลบ" (เอ็นทีซี) การเปลี่ยนแปลงนี้จะแปรตามความไม่บริสุทธิ์ในการเจือปน หากเจือปนมากเกินไปสารกึ่งตัวนำจะมีสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเป็นบวก

2 ความไวหรือสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาร์ทีดี จะมีค่าเพิ่มขึ้นหากว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 เวลาตอบสนอง (time response) ผลตอบสนองของเทอร์มิสเตอร์ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุและสภาวะแวดล้อม สำหรับเทอร์มิสเตอร์ที่บรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (ที่มีการสัมผัสความร้อนที่ดี) ผลตอบสนองของเวลาจะมีค่าประมาณ 0.5 วินาที แต่หากเป็นเทอร์มิสเตอร์ตัวเดียวกันที่อยู่ในอากาศ อาจจะใช้เวลาตอบสนองถึง 10 วินาที เทอร์มิสเตอร์แบบจานหรือแบบแท่งขนาดใหญ่อาจจะมีผลตอบสนองต่อเวลาเป็น 10 วินาที หรือมากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการสัมผัสความร้อนที่ดีก็ตาม

ชนิดของเทอร์มิสเตอร์

โดยปกติเทอร์มิสเตอร์จะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิ อันได้แก่

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อย ๆ

ตัวแปร	ค่าโดยสรุป
ย่านของอุณหภูมิที่ทำการวัด	-100° C ถึง 450° C (ไม่ได้วัดโดยตัวเดียวกัน)
ความต้านทานที่ 25° C	0.5 Ω ถึง 100 MΩ
	1 kΩ ถึง 10 MΩ เป็นค่าโดยทั่วไป
B	2000 K ถึง 5500 K
อุณหภูมิสูงสุด	> 125° C
	300° C เป็นค่าปกติในสภาวะคงที่
	600° C เป็นค่าปกติเมื่อไม่สม่ำเสมอ
ค่าคงที่ในการสูญเสีย , δ	1 mW/K ในอากาศนิ่ง
	8 mW/K ในน้ำมัน
เวลาคงที่ความร้อน	1 มิลลิวินาที ถึง 22 วินาที
การสูญเสียกำลังสูงสุด	1 มิลลิวัตต์ ถึง 1 วัตต์

1 ชนิด เอ็นทีซี เทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้ผลิตได้โดยการผสมและเจือปนออกไซด์ของโลหะ เช่น นิกเกิล โคบอลต์ แมงกานีส เหล็ก และทองแดง แล้วอัดให้ติดกันเป็นก้อนแข็ง (sintering dope) กระบวนการนี้ทำให้สำเร็จได้เมื่อมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการผลิต เทอร์มิสเตอร์แบบนี้ใช้สำหรับการวัดและควบคุมอุณหภูมิ

2 ชนิด พีทีซี อยู่ในรูปของสวิตชิ่ง พีทีซี ใช้แบเรียมไททาเนตเป็นฐานและเพิ่มตะกั่วหรือเซอร์โคเนียมไททาเนตลงไปปรับความไวในการสับเปลี่ยนอุณหภูมิที่จะวัด ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีทีซี ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิจริงๆ ขะใช้ซิลิคอนเป็นธาตุตั้งต้นในการเจือปน เทอร์มิสเตอร์แบบนี้มักจะนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันแรงเคลื่อนหรือกระแสเกินค่าปกติในวงจรไฟฟ้า

การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning)

เพราะว่าเทอร์มิสเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานกับอุณหภูมิสูงจึงมีหลายวงจรที่สามารถนำมาใช้งานได้ เช่นวงจรแบ่งแรงเคลื่อน วงจรบริดจ์ เป็นต้น แต่ก็ต้องพิจารณาข้อได้เปรียบของแต่ละแบบเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์มิสเตอร์ทำให้ยากต่อการวัดค่า จึงต้องแน่ใจว่าการสูญเสียกำลังในเทอร์มิสเตอร์จะไม่เกินขีดจำกัด

การประยุกต์ใช้งาน

เช่น การวัดระบบการทำความเย็นของหม้อน้ำในรถยนต์ ในวงจรประกอบด้วยแบตเตอรี่ ตัวต้านทานปรับค่าได้ เทอร์มิสเตอร์ และไมโครแอมป์มิเตอร์

2.4 เครื่อง PDX 500 GENERATOR

คุณสมบัติที่สำคัญ

เครื่อง PDX 500 GENERATOR เป็นเครื่องผลิตความถี่ RF ที่เป็นสัญญาณซายท์ในขณะที่จ่ายพลังงานเต็มที่และมีสัญญาณที่เป็นฮาร์โมนิกทั้งหมด 45 dB ซึ่งมีค่าต่ำกว่าความถี่พื้นฐานทางเอาท์พุต

เครื่อง PDX 500 GENERATOR เหมาะกับการนำไปทำปฏิกิริยาการระเหยเป็นไอแล การตกตะกอนในทางเคมี (Chemical Vapor Deposition) การกัดสลัก (Etching) และการประยุกต์ใช้งานพาสม่าโพลิเมอร์ (Plasma Polymer Applications) เมื่อควบคุมพลังงานได้แน่นอนและมีประสิทธิภาพทางไฟฟ้า

ลักษณะรูปร่างภายนอก

เครื่อง PDX 500 GENERATOR นี้สามารถควบคุมการทำงานได้โดยปุ่มควบคุมบนหน้าปัดด้านหน้าของตัวเครื่องหรือจะควบคุมทางรีโมทก็ได้บนและบนหน้าปัดได้มีปุ่มควบคุมต่าง ๆ ซึ่งมีหน้าที่การทำงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 แสดงปุ่มกดบนหน้าปัดของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

1 STANDBY ON/OFF ทำหน้าที่ เปิดหรือปิด เครื่อง PDX 500 GENERATOR

2 AC POWER CONTROL REMOTE/LOCAL ทำหน้าที่ ให้เลือกว่าจะควบคุมการทำงานบนหน้าปัดเครื่องหรือจะควบคุมการทำงานโดยรีโมท

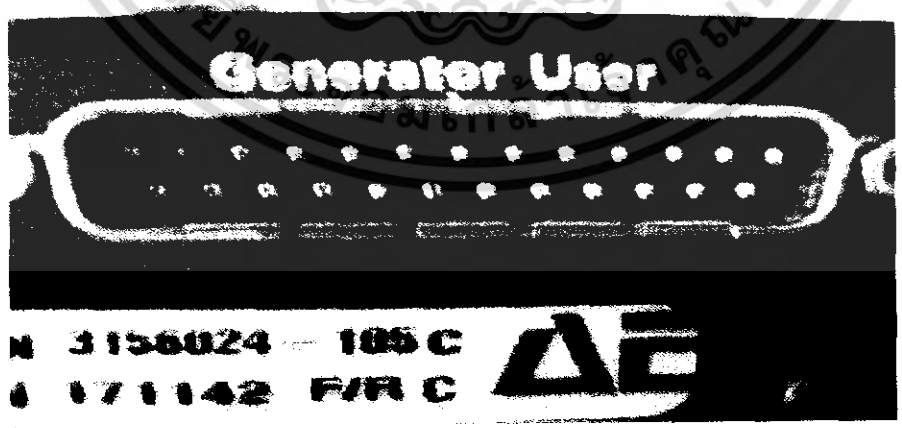
3 AC POWER CONTROL RF ON/OFF ทำหน้าที่ เปิดหรือปิด การทำงาน (ความถี่ RF) ของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

4 REGULATION Rotary Switch ทำหน้าที่ เลือกวิธีการทำงานของความถี่ RF ระหว่าง Load Power กับ Forward Power

5 SETPOINT Knob ทำหน้าที่ เซทค่าความถี่ RF ทางด้านเอาท์พุต

6 DISPLAY SELECT Rotary Switch ทำหน้าที่ เลือกรูปแบบการแสดงผลบนหน้าปัดตัวเลข ซึ่งมี Setpoint, Forward/Load Power, Reflected Power or Frequency

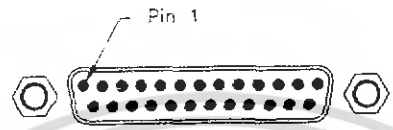
7 TAP SELECT Rotary Switch ทำหน้าที่ สวิตช์เปลี่ยนตำแหน่งหมายเลข 1-7 ซึ่งสวิตช์นี้ไม่สามารถควบคุมด้วยรีโมทได้



รูปที่ 2.9 แสดงพอร์ตเอาท์พุตต่าง ๆ ของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะมีปุ่มควบคุม (อินพุต) แล้วเครื่อง PDX 500 GENERATOR นี้ ยังมีพอร์ต (เอาท์พุต) ที่อยู่ด้านหลังตัวเครื่องไว้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งพอร์ตที่ว่านี้มีลักษณะคล้ายกับพอร์ตที่เชื่อมต่อระหว่างซีพียูกับมอนิเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่มีขนาดใหญ่กว่าและภายในพอร์ตนั้นจะขาเล็ก ๆ จำนวน 25 ขา ซึ่งแต่ละ ขาจะมีหน้าที่การทำงานดังตารางต่อไปนี้



รูปที่ 2.10 แสดงขาทางพอร์ตเอาท์พุตของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

ตารางที่ 2.3 แสดงขา ชื่อของแต่ละขา และ คุณสมบัติต่าง ๆ

Pin	Name	Description
1	SETPOINT STATUS RETURN.D.	Digital Output.connected to pin 14.eferenced to pin 14.
2	REFL PWR MONITOR.A.	Analog Output.0-10 V dc signal,in conjunction with pin 15 moniters.0-250 W.Its output impedance is 10 Ω. Referenced to pin 15.
3	FWD/LOAD PWR MONITOR.A.	Analog Output.0-10 V dc signal.in conjunction with pin 16 moniters,0-900 W. Its output impedance is 10 Ω. Referenced to pin 15.
4	RF PWR ON.D.	Digital Output.RF power is enabled when a minimum of 5 mA current flow is provided from pin 4-17.The maximum allowed current is 15 mA.
5	SETPOINT.A.	Analog Output.0-10 V dc signal.in conjunction with pin 18 controls.0-900 W Its Its output impedance is 300 k Ω .frequency response is 80 Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

		Referenced to pin 18.
6	24 VOLT DC.	Output.This supply voltage output is a source of unregulated voltage 22-30 V dc in series with a 75 Ω .Referenced to ground (pin 19).
7	RF STATUS RETURN.D.	Digital Output.Referenced to pin 20.
8	ARC.D.	Output.This signal is an open drain output.It sinks a maximum current of 15 mA.The maximum allowed voltage is 35 V dc.After the signal goes low (low=0-1.5 V).Referenced to pin 21.
9	FAULT RETURN.D.	Digital Output.Referenced to pin 22.
10	INTERLOCK.D.	Digital Input.This signal delivers the 15 V dc necessary to establish the interlock function.This signal must be connected to pin 23 with less than 100 Ω to satisfy the interlock requirement.
11	REGULATION.D.	This pin is internally configured so that the PDX regulates on load power during remote operation.
12	Unassigned.	
13	Unassigned.	
14	SETPOINT STATUS.D.	Digital Output.A low impedance between pin 1 and pin 14.The maximum sink current is limited to 12 mA.The maximum differential voltage between pin 14 and pin 1 is 45 V dc.The minimum differential voltage is -0.5 V dc.The maximum common mode voltage between pin 14 and pin 1 to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62594

		chassis ground is 50 V.
15	REFL PWR MONITOR REF.A.	Output.Referenced for pin 2.Its output impedance is 10 Ω.
16	FWD/LOAD PWR MONITOR REF.A.	Output.Referenced for pin 3.Its output impedance is 10 Ω.
17	RF PWR ON RETURN.D.	Digital Input.Return for pin 4.
18	SETPOINT REF.A.	Input.Referenced for pin 5.
19	24 VOLT RETURN.	This reference signal is a dedicated ground, that return in the internal system ground, then to chassis ground.Pin 6 referenced to this pin.
20	RF STATUS.D.	Digital Output.A low impedance between pin 7 and pin 20.The minimum sink current is limited to 12 mA.The minimum differential voltage between pin 20 and pin 7 is 45 V dc;the maximum common mode voltage between pin 20 and pin 7 to chassis ground is 50 V.
21	CHASSIS GROUND.	This reference signal is a dedicated ground, that return in the internal system ground, then to chassis ground.
22	FAULT.D.	Digital Output.A low impedance between pin 9 and pin 22 indicated that a fault has occurred due to an overtemperature fault, common exciter fault, or a line fault.
23	INTERLOCK RETURN.D.	Return for pin 10
24	Unassigned.	
25	Unassigned.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดในทางปฏิบัติในภาควิศวกรรม

รายละเอียดทางด้านไฟฟ้า

RF Output Power	8-500 W, accuracy is 1% of setpoint or 2 W.
Reflected Power	250 maximum.
Regulation	Forward or load power regulation modes.
Harmanics	At 900 W at 350 kHz, 45 dB.
Frequency Range	325-375 kHz.
Output Voltage for 50-Ω Output	300 V maximum.
Output Voltage for Output A	850 V maximum.
Output Current	6.0 A maximum.
Load Impedance	10-50 Ω.
Input Voltage	200-230 V ac, 50/60 Hz, single phase.
Input Current	10 Arms maximum at 200 V ac input.
Line Input Connection	6 ft., 3-wire, 14 AWG with Hubbell connectors.
Internal Power Dissipation	250 W maximum.

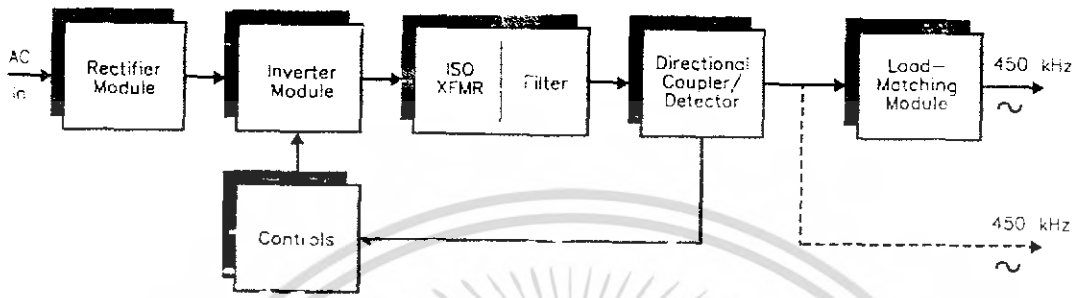
รายละเอียดทางด้านฟิสิกส์

Size	8.9 cm (H), 48.3 cm (W), 50.8 cm (D)
Weight	30 lb (13.6 kg)
User Connector	25-pin, male, subminiature-D
RF Output Connector	Type N
Load-matching Output Connector	Type N
Input Connector	Hubbell 2621

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรมพร้อมหลักการทำงานอย่างง่ายของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

แผนผังการทำงานของเครื่อง PDX 500 GENERATOR



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

ประกอบด้วยภาคเรคติไฟเออร์ (Rectifier) เป็นตัวป้อนแรงดัน dc ให้กับวงจรในภาคอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในภาคอินเวอร์เตอร์จะประกอบด้วยวงจรสวิตซ์ชิ่ง (Switching) และสวิตซ์ชิ่งนี้จะเป็นตัวสร้างความถี่ให้กับภาค ISO XFMR และภาค ISO XFMR จะกำหนดย่านความถี่มาตรฐานผ่านฟิลเตอร์แล้วฟิลเตอร์จะส่งสัญญาณไปให้ภาคกำหนดทิศทางของสัญญาณที่มีกำลังงานสูง ๆ และจะมีสัญญาณส่วนหนึ่งกลับไปที่ภาคควบคุม (Control) เพื่อนำไปควบคุมภาคอินเวอร์เตอร์ สัญญาณอีกส่วนจะถูกส่งมายังภาคโหลด (Load-Matching) เพื่อนำเอาท์พุตไปใช้งานในความถี่ 450 kHz

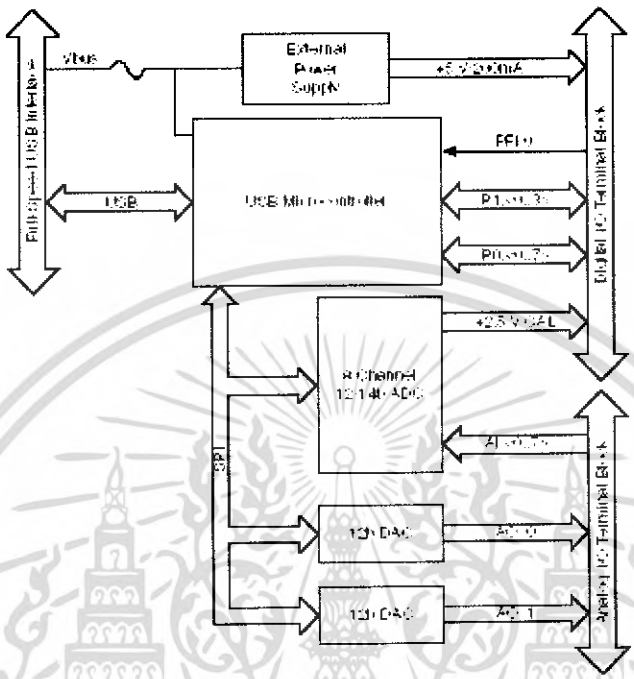
2.6 เครื่อง USB-6008/6009 (NI-DAQmx Base 1.x)

การนำสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์นั้นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ Hardware คือ USB-6008/6009 ซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้สะดวก สำหรับ USB-6008/6009 ต้องใช้ Software คือ NI-DAQmx Base 1.x

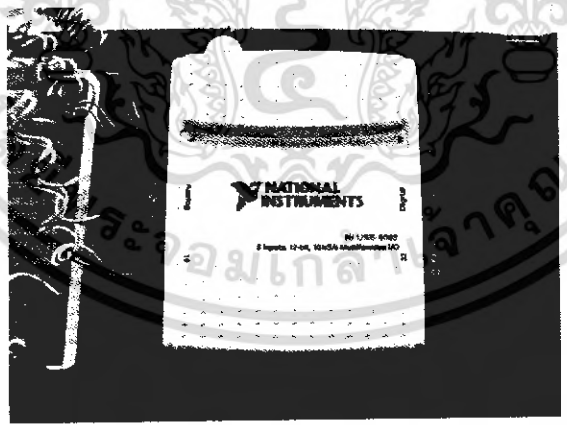
โดยที่ตัว USB-6008/6009 นั้นต่อเข้ากับ Port USB ได้โดยตรง เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และระบบสัญญาณภายนอก ทั้งการนำสัญญาณเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ USB-6008/6009 นั้นสามารถรับสัญญาณเข้า Input ได้ทั้งอนาล็อกและดิจิตอลสัญญาณเอาท์พุทก็เช่นกัน สามารถรับได้ทั้งอนาล็อกและดิจิตอลโดยที่สัญญาณอนาล็อกอินพุทมีทั้งหมด 8 channel คือ AI0-AI7 อนาล็อกเอาท์พุทมี 2 channel คือ AO0-AO1 Port ดิจิตอลสามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทมีทั้งหมด 12 channel คือ P1.0-P1.3 และ P0.0-P0.7

NI-DAQmx Base I.x Driver Software เป็นซอฟแวร์ระดับสูงที่ใช้ในการทำงานร่วม USB-6008/6009 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เตรียมการเขียนข้อมูลเข้าสู่ช่องทางเข้าแบบอนาล็อก AI0-AI7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

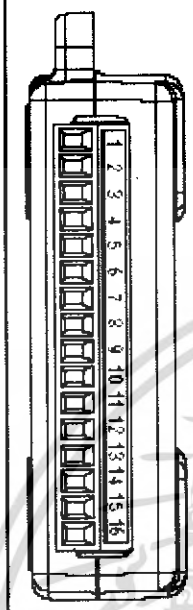


รูปที่ 2.12 แสดง Block Diagram ของ USB-6008/6009



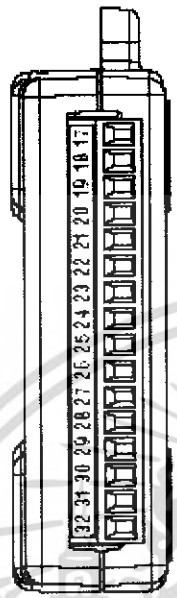
รูปที่ 2.13 แสดงรูปร่างภายนอกของ USB-6008/6009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module	Terminal	Signal: Single-Ended Mode	Signal: Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI+0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0−
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1−
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2−
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3−
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

รูปที่ 2.14 แสดงช่องสัญญาณต่าง ๆ ของอนาล็อกอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	P1.4
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

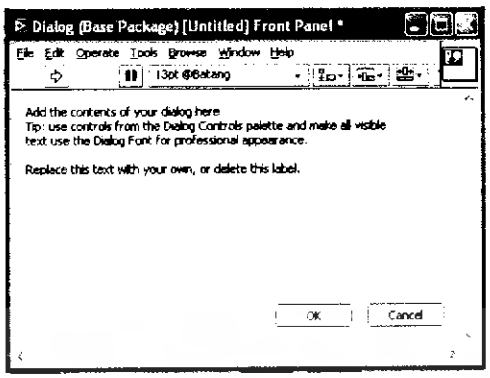
รูปที่ 2.15 แสดงช่องสัญญาณต่างๆ ของดิจิตอลเอาท์พุต และ อินพุต

หลังจากการที่ทำการต่อ Hardware เข้ามาสู่คอมพิวเตอร์ที่เหลือก็ทำการเขียนโปรแกรมภาพ LabVIEW ภายในส่วนของ Block Diagram ต่อไป

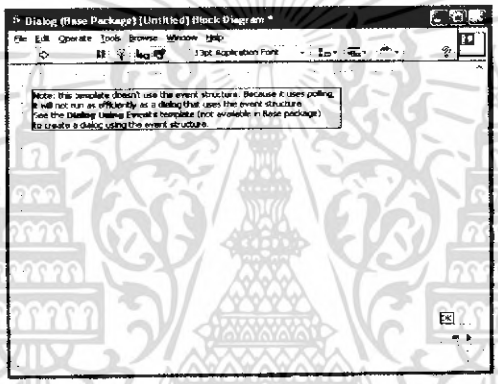
2.7 โปรแกรม LabVIEW version 7.1

LabVIEW คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application) ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับ Visual Basic, Visual C++ แต่จะเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้รูปในการพัฒนา (Graphical-based Programming) ซึ่งจะแตกต่างจากแนวคิด Text based Programming เช่น Text-based จะทำงานจากบนลงล่าง แต่ LabVIEW จะทำงานแบบ Dataflow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ 2.16 แสดงหน้าต่างของ Front Panel และ Block Diagram

(a) Front Panel

(b) Block Diagram

LabVIEW สามารถเขียนเป็นสมการต่างๆ ที่ซับซ้อนได้เหมือน Text-Based เช่น ภาษา C โดยใช้ Formula Node และ LabVIEW การทำงานจะเน้นทางการติดต่อกับเครื่องมือหรือ ทรานดิวเซอร์ที่ใช้สัญญาณทางกายภาพต่างๆ และนอกจากนั้นสามารถนำประโยชน์จาก Computer Technology และ Network Technology มาประยุกต์ใช้งาน เช่น เก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล (Database) หรือส่งผ่านข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต ทำให้ในหลายอุตสาหกรรมได้นำเอา LabVIEW มาประยุกต์ใช้งานกับงานควบคุมและออโตเมชั่น (Automation)

ระยะแรกผู้ใช้อาจจะไม่คุ้นเคยกับโปรแกรมแบบรูปภาพ (Graphical-based) แต่เมื่อคุ้นเคยกับการพัฒนา Application แบบรูปภาพแล้วจะรู้สึกด้วยตนเองว่าเป็นการพัฒนา Application ที่เร็วและสนุก ถึงแม้ว่าการเขียนโปรแกรมโดยใช้ LabVIEW จะเข้าใจง่าย อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LabVIEW ต้องมีการเรียนรู้ถึงวิธีการเขียนเช่นเดียวกับภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมอื่นๆจึงจะสามารถพัฒนา Application ได้เร็วและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นพื้นฐานการเขียนโปรแกรม LabVIEW จึงเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าไม่รู้พื้นฐานที่ดีตั้งแต่ตอนแรกจะทำให้เสียเวลามาก

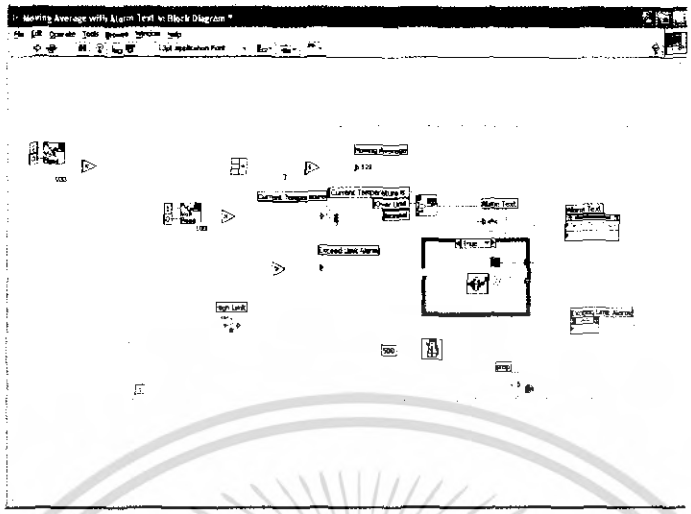
LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมและนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น

- ทดสอบอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และทดสอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในคอมพิวเตอร์
- ควบคุมการเคลื่อนไหวของเซอร์โว(servo) และ Stepper motor
- ควบคุมกระบวนการทำไอศกรีม
- ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซไฮโดรเจนบน Space Shuttle
- จำลองระบบกำลังต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ หาคุณภาพของระบบกำลังนั้น

2.7.1 ที่มาของ LabVIEW

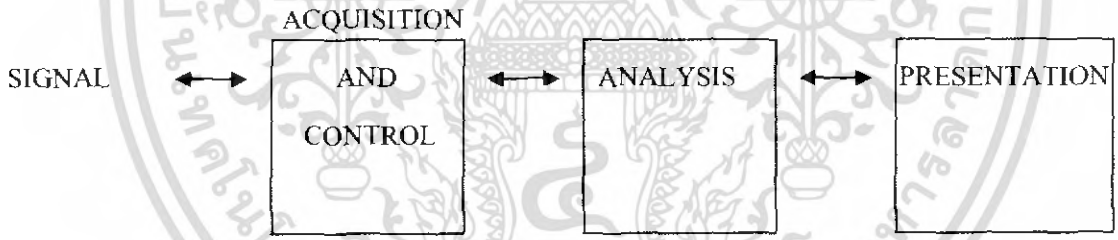
LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ LabVIEW จะเรียกว่า Virtual Instrument หรือเรียกย่อๆ ว่า VI ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดเสมือน LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนได้กับสิ่งที่ผู้ใช้เห็นและควบคุมการทำงานผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออสซิลโลสโคป,ปุ่มหมุน และ สวิตช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ พื้นที่ส่วนที่เขียนโปรแกรมจะเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนกับ Hardware ภายในเครื่องมือวัด โดย LabVIEW จะเขียนโปรแกรมโดยอาศัยรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรม LabVIEW ใน Block Diagram

LabVIEW อาศัยการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบรูปแบบโปรแกรมตามที่ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ใหญ่ๆ คือ



รูปที่ 2.18 แสดง Block Diagram การทำงานของโปรแกรม LabVIEW

1. Acquistion ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจจะมาจาก การ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า), การ์ด IMAQ (สำหรับข้อมูลประเภทรูป) หรือ GPIB (สำหรับควบคุมเครื่องมือวัด)
2. หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการทำ Analysis หรือวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในรูปที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้
3. Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะสัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์กับเวลา หรือ Oscilloscope แสดงผลของข้อมูลที่สัมพันธ์กับเวลา หรือ Spectrum Analyzer จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

2.7.2 การทำงานของ LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW เรียกว่า "Virtual Instrument (Vis)" เพราะว่ามันมีรูปร่างและการทำงานลียนแบบเครื่องมือจริงๆ ซึ่ง VI สามารถแยกได้ 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. Front Panel
2. Block Diagram
3. Icon and Connector

Front Panel

Front Panel เป็นการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้กับ VI สาเหตุที่ได้ชื่อว่า VI (Vitual Instrument) นั่นเพราะว่าที่หน้าจอนั้นจะเป็นการเลียนแบบรูปของเครื่องมือนั้นๆ ขึ้นมาจริงๆโดย Front Panel นั้นอาจจะประกอบด้วย ลูกบิด ปุ่มกดต่างๆ กราฟและตัวควบคุมต่างๆ (ที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นมา) และตัวแสดงผล (ทางด้านเอาท์พุท) เราสามารถใส่ค่าอินพุทต่างๆ โดยการใช้เมาส์ (Mouse) และ คีย์บอร์ด (keyboard) และเราสามารถสร้างภาพการแสดงผลได้ทางหน้าจอรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานและหน้าต่าง Control ที่ใช้ในการเลือกวัตถุต่างๆขึ้นมาแสดงบนหน้าจอ

Block Diagram

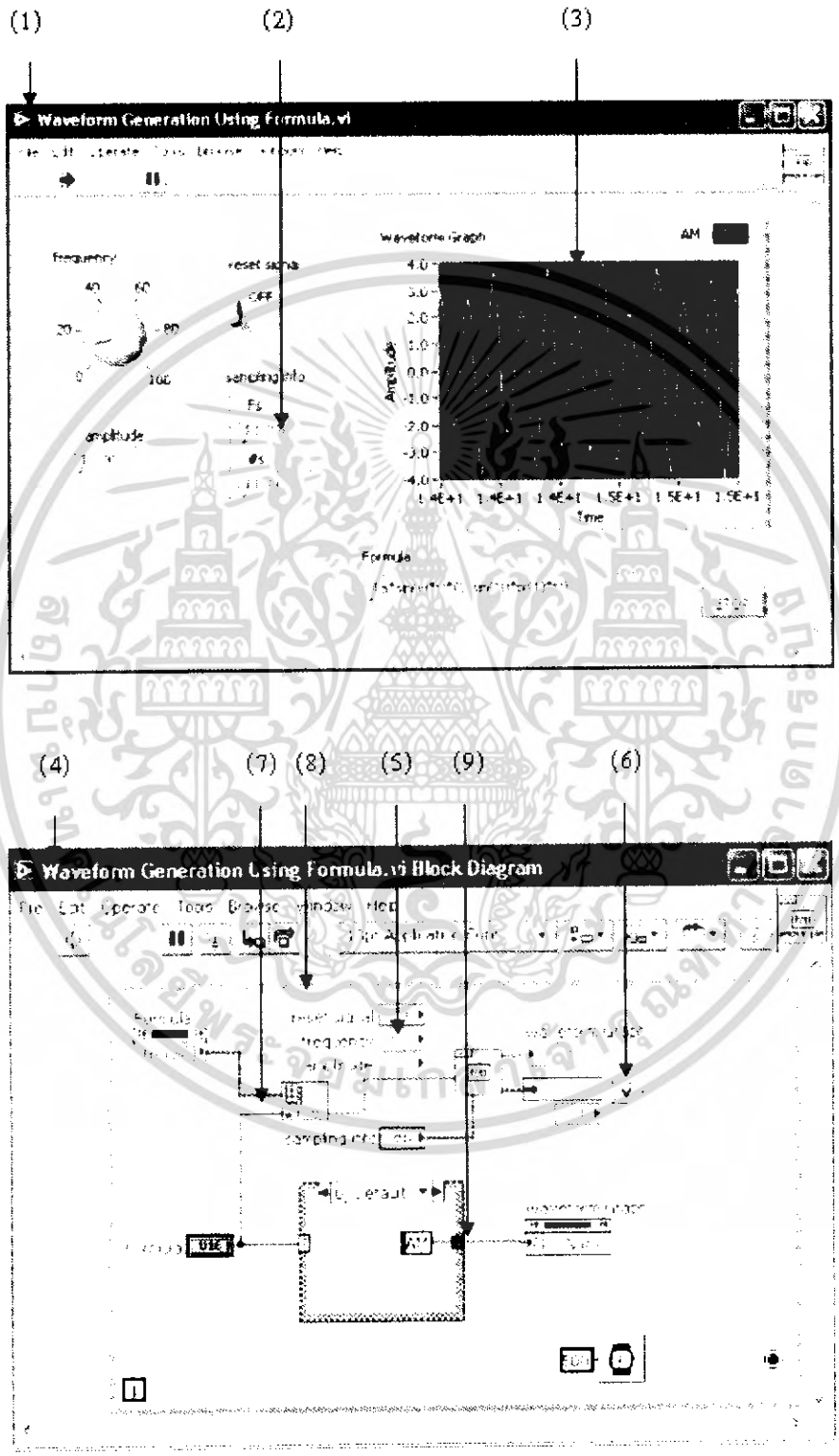
Block Diagram หรือ VIs Source Code ซึ่ง Block Diagram นั้นแม้ว่ามันจะเป็นเพียงรูปภาพแต่มันก็คือ โปรแกรมที่สามารถปฏิบัติงานให้สำเร็จได้จริงๆ ส่วนประกอบของ Block Diagram คือ Icon โครงสร้างภายในของ Function ตัวแทนของ Lower-Level VIs และโปรแกรมควบคุม โครงสร้างของ Block Diagram เราใช้ต่อสาย Icon เข้าด้วยกันเพื่อแสดงการไหลของข้อมูลใน Block Diagram รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน และหน้าต่าง Function ที่ใช้ในการเลือกวัตถุต่างๆ ขึ้นมาแสดงบนหน้าจอ

Icon and Connector

Icon and Connector ของ VI จะยอมให้ VIs อื่นผ่านข้อมูลต่างๆ มายัง VI ซึ่ง Icon จะเป็นตัวที่จะแสดงให้เห็น VI ใน Block Diagram ของ VI โดย VIs ต่างๆ นั้นจะมีความสำคัญเป็นไปตามลำดับและแล้วแต่ว่าจะนำมาต่อใช้งานในแบบใดซึ่งสามารถนำรูปแบบ VIs ต่างๆมาใช้งานได้เหมือนกับการนำโปรแกรมสำรองที่อยู่ภายในโปรแกรมอื่นมาใช้งาน หรือการนำโปรแกรมสำรองอื่นๆ ที่อยู่ภายในซึ่งเป็นโปรแกรมระดับเดียวกันออกมาใช้งาน VI ที่ใช้งานภายใน VI อื่นๆ ก็เปรียบเสมือนกับ Subroutine ซึ่งเรียกว่า Sub VI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของ LabVIEW



รูปที่ 2.19 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของโปรแกรม LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายจากรูป (ตามหมายเลข)

1. Front Panel คือส่วนที่จะติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ซึ่งส่วนนี้จะประกอบด้วย Control หรือ Input (รับข้อมูลจากผู้ใช้) และ Indicator หรือ Output (แสดงผลให้ผู้ใช้เห็น)

2. Control คือสิ่งที่ผู้ใช้งานจะป้อนค่าหรือเปลี่ยนค่าได้ ซึ่งก็คือ Input เข้าสู่ระบบในรูป Numeric Control (ตัวรับข้อมูลแบบตัวเลข)

3. Indicator เป็นสิ่งที่โปรแกรมแสดงออกมาให้ผู้ใช้งานเห็น ซึ่งก็คือ Output ที่ออกมาจากระบบหรือ Application ที่เราพัฒนา ในรูปเป็นตัวอย่างของ Numeric Indicator (ตัวแสดงผลแบบตัวอักษร)

4. Block Diagram คือส่วนที่ผู้พัฒนาใช้ในการเขียนโปรแกรม หรือส่วนของ Source Code

5. Terminal จะมีสองแบบ คือ จุดกำเนิด (Source) หรือ (Output Terminal) และจุดรับ (Sink) หรือ (Input Terminal)

6. Icons คือ ส่วนที่มีการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งเมื่อโปรแกรมทำงาน เช่น ฟังก์ชันซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่มีอยู่แล้วใน LabVIEW ได้แก่ Add, Substract หรือ Sub Vis ซึ่งจะหมายถึง VI ที่เรียกจาก VI หนึ่ง

7. Wires คือ เส้นทางของข้อมูลที่ส่งผ่านจุดกำเนิดข้อมูล (Source) ไปจุดรับข้อมูล /จุดสิ้นสุด (Sink)

8. Structures คือ ส่วนที่ควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม เช่น For Loop

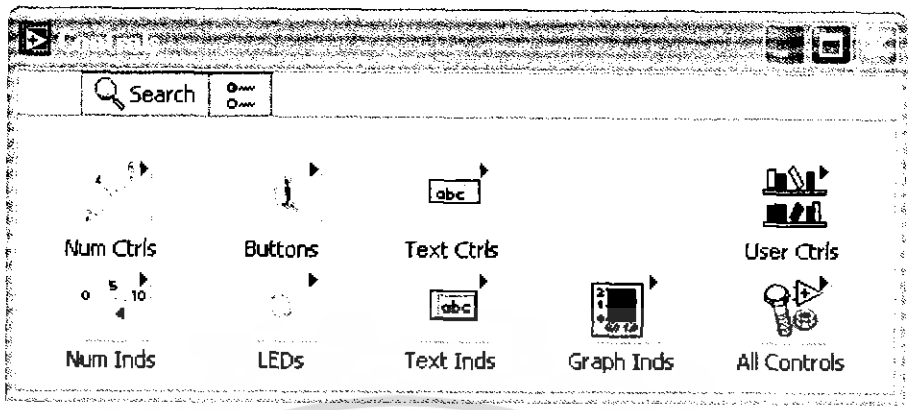
9. Nodes คือ จุดเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลกับ SubVI, Function หรือ Structure

2.7.4 เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ VI

เครื่องมือที่ใช้ออกแบบ Front Panel

เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel จะใช้ Control Palette และ Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

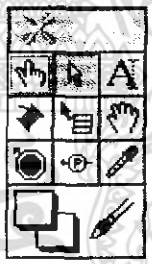
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยจะจัดเป็นกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มของตัวเลข (Numeric) ซึ่งภายในกลุ่มจะมี Control และ Indicator ต่างๆ ที่เกี่ยวกับตัวเลข

Tools Palette คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะใช้ทั้งการออกแบบ Front Panel และ Block Diagram ในส่วนนี้จะกล่าวถึง Tools Palette สำหรับออกแบบ Front Panel

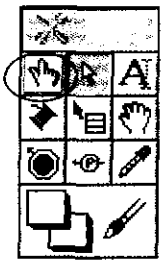


รูปที่ 2.21 แสดง Tool Palette

Tools ที่ใช้บ่อยๆ ในการออกแบบ Front Panel

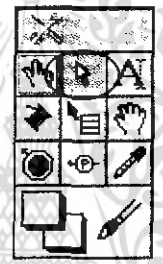
1. Operate Value Tool ใช้เปลี่ยนแปลงค่าของ Controls หรือ Indicators โดยการ Click Operating Tool แล้วเลื่อนไปที่ค่าของ Control หรือ Indicator ที่เราต้องการเปลี่ยนแปลงค่า แล้ว Click เพื่อเปลี่ยนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



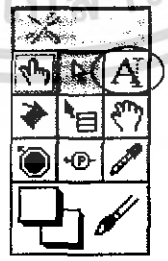
รูปที่ 2.22 แสดง Operate Value Tool

2. Position /Size /Select Tool ใช้สำหรับเลือก (Select) หรือจัดวางตำแหน่ง (Position) ใหม่ หรือการปรับขนาด (Size) ของ Control หรือ Indicator



รูปที่ 2.23 แสดง Position /Size /Select Tool

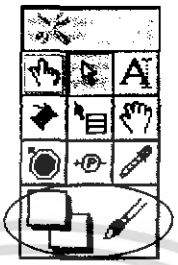
3. Edit Text Tool ใช้ในการแก้ไขข้อความที่เป็นตัวอักษรหรือเพิ่มข้อความลงบน Front Panel



รูปที่ 2.24 แสดง Edit Text Tool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Set Color Tool ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสีของสิ่งที่เราต้องการเปลี่ยนสี ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีทั้งสีด้านบน (Foreground) ของสิ่งใดๆ และสีพื้น (Background) ถ้าสิ่งนั้นมี Background



รูปที่ 2.25 แสดง Set Color Tool

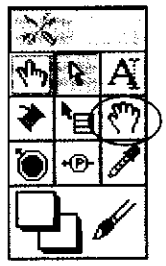
Tool อื่นๆที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel มีดังต่อไปนี้

Object Shortcut Menu Tool ใช้สำหรับแสดงและเลือก Menu ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ บน Front Panel และ Block Diagram ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะคลิกขวาแทนการเลือก Tools นี้

รูปที่ 2.26 แสดง Object Shortcut Menu Tool

Scroll Window Tool ใช้สำหรับการเลื่อน (Scroll Window) ทั้ง Front Panel และ Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดง Scroll Window Tool

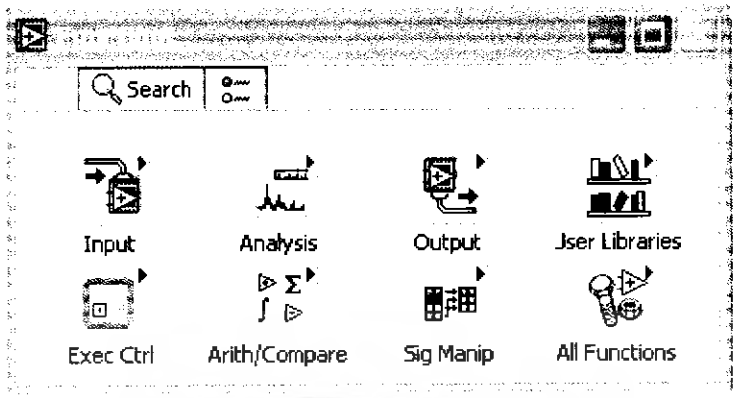
Get Color เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคัดลอก (Copy) สีที่เราเลือกจากวัตถุหนึ่งเพื่อที่จะนำไปใช้ในการเปลี่ยนสีของอีกวัตถุหนึ่งให้สีเหมือนกับวัตถุที่เรา Copy สีมา โดยใช้ Color Tool

รูปที่ 2.28 แสดง Get Color

เครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมบน Block Diagram

LabVIEW ใช้ Functions Palette ซึ่งจะมี Function และ SubVI ต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้ผู้เลือกใช้ โดย Function และ SubVI จัดเป็นกลุ่มๆ เช่น Numeric Function จะมี Function ต่างๆ เกี่ยวกับตัวเลข เช่น บวก ลบ คูณ หาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Block Diagram

Tools Palette สำหรับ Block Diagram

รูปที่ 2.30 แสดง Tools Palette สำหรับ Block Diagram

(1) Operator Tool ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าหรือเลือกค่าคงที่ใน Block Diagram

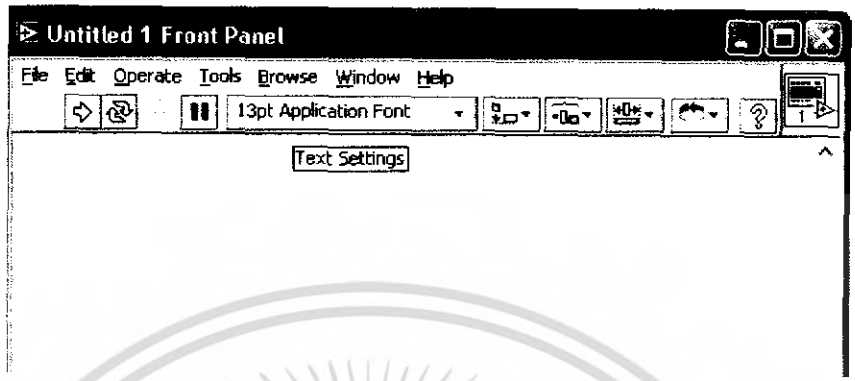
(2) Position/Size/Select ใช้ในการเลือก /เคลื่อนย้าย /จัดขนาดของสิ่งที่สร้างขึ้นบน Block Diagram

(3) Edit Tect Tool ใช้ในการแก้ไขข้อความที่เป็นตัวอักษร หรือเพิ่มข้อความลงบน Front Panel

(4) Wiring Tool ใช้ในการโยงสาย (Wiring) ระหว่าง Terminal หรือ Node ซึ่งสายที่โยงนี้จะเป็นทางเดินของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Front Panel Toolbar



รูปที่ 2.31 แสดง Front Panel Toolbar

โปรแกรมสามารถ Run ได้เมื่อ Click ปุ่มนี้บน Toolbar

โปรแกรมกำลัง Run อยู่

โปรแกรมสามารถ Run แบบต่อเนื่อง (Continuous) เมื่อ Click ปุ่มนี้

กำลัง Run อย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง Click ปุ่ม Stop

เมื่อโปรแกรมกำลัง Run อยู่สามารถหยุดการทำงานโปรแกรมโดยการ Click ปุ่ม Stop

หยุดชั่วคราว เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งสามารถ Run ต่อไปได้เมื่อ Click ปุ่มหรือ กดปุ่ม อีกครั้ง

เลือกหรือแก้ไขรูปแบบตัวอักษรที่ต้องการ

จัดแนวของสิ่งต่างๆ (Objects)

จัดระยะทางระหว่างสิ่งต่างๆ (Objects)

ปรับขนาดสิ่งต่างๆ ที่อยู่บน Front Panel หลายๆ สิ่งที่ซ้อนกัน

จัดลำดับ Objects ที่วางซ้อนกัน

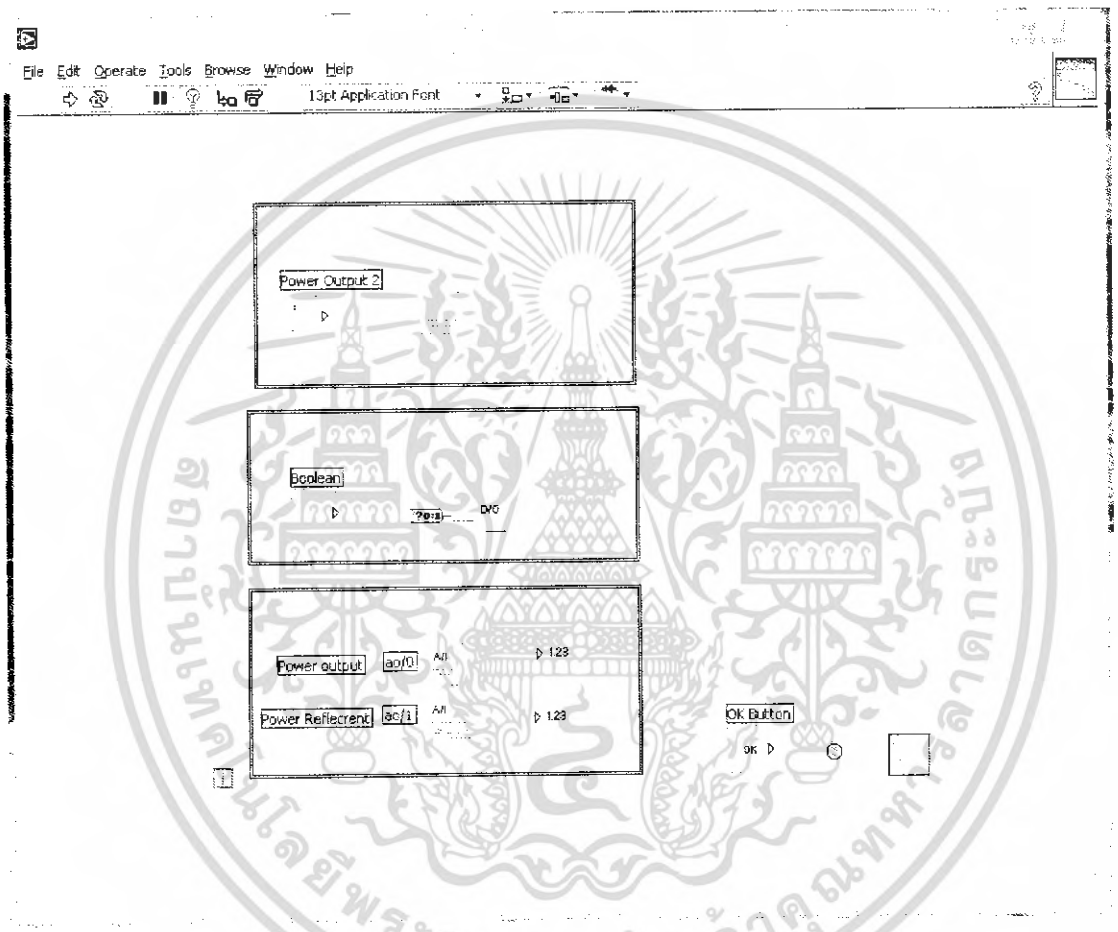
แสดง Context Help

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจรและประยุกต์ใช้งาน

4.1 Block Diagram ที่ใช้ควบคุมการทำงาน



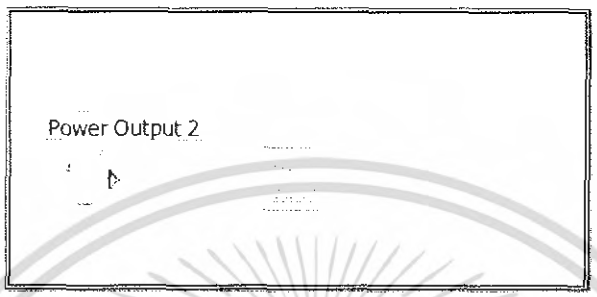
รูปที่ 3.1 Block Diagram หลัก

เป็น Block Diagram หลักของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ USB-6008/6009 ในฟังก์ชันการทำงานต่าง ประกอบด้วย อนาลอกเอาท์พุท อนาลอกอินพุต ดิจิตอลอินพุทและดิจิตอลเอาท์พุท เรายังสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมให้เครื่อง USB-6008/6009 ทำงานทุกฟังก์ชั่นพร้อมกันได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด จาก Block Diagram หลักจะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นต่าง ๆ และได้ทำการย่อโปรแกรมให้ง่ายต่อการพัฒนาและแก้ไข โดยการยุบโปรแกรมที่มีหลายฟังก์ชั่นประกอบอยู่ ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

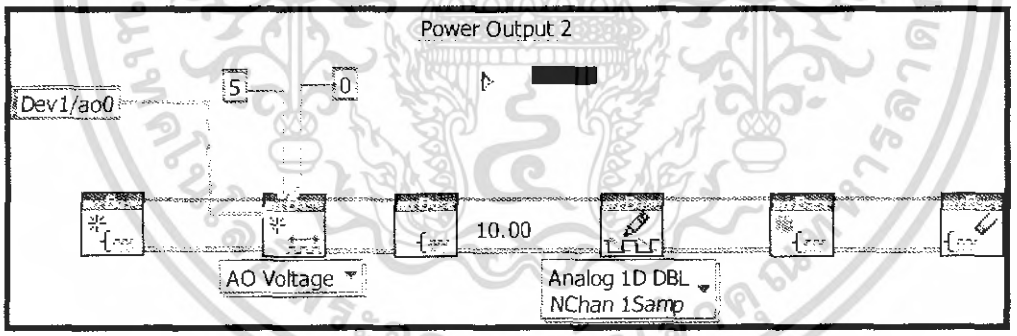
เหลือแค่ SubVIsหลักๆแค่เพียง 4 บล็อกและทำการอธิบายการทำงานของแต่ละ SubVIs และฟังก์ชั่นที่นำมาประกอบดังนี้

Sub Vis ที่ 1 อนาลอกเอาท์พุท



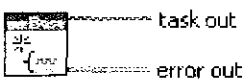
รูปที่ 3.2 Block Diagram ควบคุมสัญญาณอนาลอก

เป็นSubVIs ที่ใช้ควบคุมระดับกำลังงานของเครื่องกำเนิดความถี่*RF PDX 500* โดยผ่านทางพอร์ตอนาลอกเอาท์พุทของเครื่อง USB-6008/6009 Sub Vis นี้สามารถแยกออก เป็น Block Diagram ย่อยๆหรือ SubVis ได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 SubVis ภายใน Block Diagram ของA/O

และเราสามารถแยกการทำงานเป็นฟังก์ชั่นดังนี้

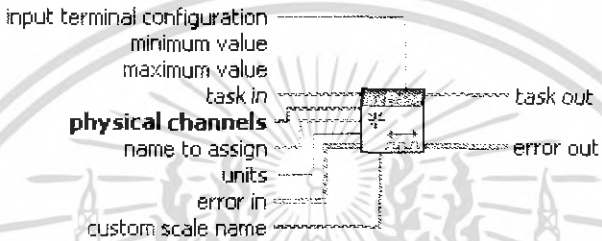


รูปที่ 3.4 DAQmxBase Create Task

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ USB-6008/6009 เพื่อสามารถให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับ USB-6008/6009 การเรียกใช้ฟังก์ชันนี้ไม่จำเป็นต้องเซทค่าใดๆ เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดพารามิเตอร์ต่างที่จำเป็นเอาไว้แล้ว ฟังก์ชั่นนี้จะมีขาจำเป็นในการใช้งานอยู่ 2 ขา

task out	เป็นขาที่ใช้สำหรับให้ฟังก์ชั่นอื่นเป็นตัวอ้างอิงในการส่งข้อมูลให้อุปกรณ์ที่ต้องควบคุม
eror out	ใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้



รูปที่ 3.5 DAQmxBase Create Virtual Channel Analog Output

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้เพื่อกำหนดให้ตัวอุปกรณ์ USB-6008/6009 ทำงานอยู่ในจ่ายสัญญาณอนาลอก ขาที่จำเป็นต่อการใช้งาน

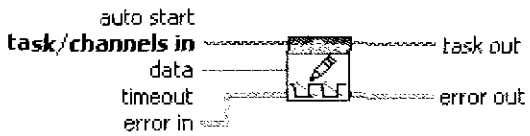
task in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
physical channels	เป็นขากำหนด channels ของเอาท์พุทเช่น Dev1/ao0
maximum value	เป็นขาที่กำหนดค่าแรงดันสูงสุดที่จะจ่ายออกทางเอาท์พุท
minimum value	เป็นขาที่กำหนดค่าแรงดันต่ำสุดที่จะจ่ายออกทางเอาท์พุท
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.6 DAQmxBase Start Task

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้เพื่อให้อุปกรณ์ USB-6008/6009 เริ่มทำงาน ขาที่ใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Digital U8 1Chan 1Samp

เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ควบคุมแรงดันของขาอนาลอกเอาท์พุทของอุปกรณ์ USB-6008/6009 ขาที่จำเป็นต่อการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
data	เป็นขาที่ใช้ควบคุมระดับแรงดันเอาท์พุท โดยต่อกับปุ่มปรับ
timeout	เป็นขาที่กำหนดเวลาในการเช็คค่า error หลังทำการปรับ
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.8 DAQmxBase Stop Task

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้งานหลังจากทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ USB-6008/6009 จะทำการกระโดดไปยังฟังก์ชั่น DAQmxBase Start Task ขาที่จำเป็นในการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

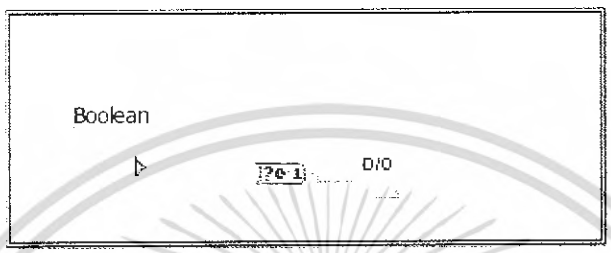
รูปที่ 3.9 DAQmxBase Clear Task

เป็นฟังก์ชั่นเรียกใช้สำหรับเคลียร์ค่าต่างที่ทำการเซ็ตค่าไว้ในตอนต้นเมื่อทำการหยุดโปรแกรมขาที่จำเป็นในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

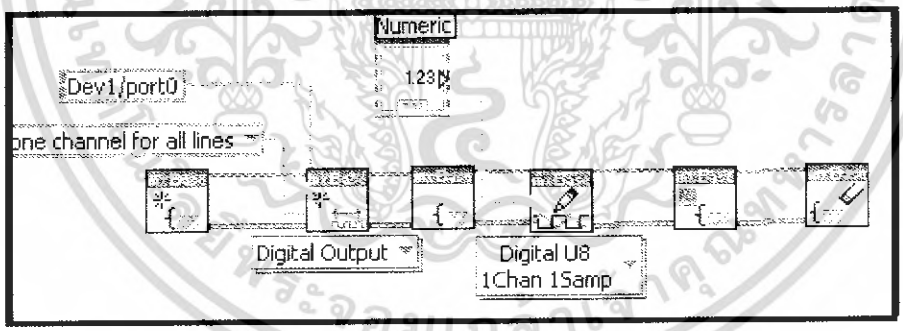
task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

Sub Vis ที่ 2 Digital Output



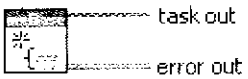
รูปที่ 3.10 SubVis Digital Output

Sub Vis ที่2 นี้จะเป็นการกำหนดให้อุปกรณ์ USB-6008/6009 ทำงานเป็นดิจิตอล เอาท์พุท เพื่อไปควบคุมการปิดเปิดเครื่องกำเนิดความถี่ RF ให้ผ่านคอมพิวเตอร์ได้ สามารถแยกออกเป็นฟังก์ชั่นย่อยได้ดังนี้



รูปที่ 3.11 SubVis ภายใน Digital Output

การทำงานของแต่ละฟังก์ชั่นดังนี้



รูปที่ 3.12 DAQmxBase Create Task

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ USB-6008/6009 เพื่อสามารถให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับ USB-6008/6009 การเรียกใช้ฟังก์ชั่นนี้ไม่จำเป็นต้องเซทค่าใด ๆ เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดพารามิเตอร์ต่างที่จำเป็นเอาไว้แล้ว ฟังก์ชั่นนี้จะมีขาจำเป็นในการใช้งานอยู่ 2 ขา

task out	เป็นขาที่ใช้สำหรับให้ฟังก์ชั่นอื่นเป็นตัวอ้างอิงในการส่งข้อมูลให้อุปกรณ์ที่ต้องควบคุม
eror out	ใช้สำหรับ ส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.13 DAQmxBase Create Virtual Channel Digital Output

เป็นฟังก์ชั่นที่กำหนดให้ขาของอุปกรณ์ USB-6008/6009 ทำงานเป็น ดิจิตอลเอาท์พุท ขาที่จำเป็นต่อการใช้งานมีดังนี้

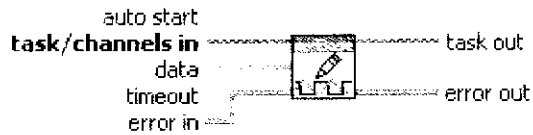
task in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
lines	เป็นขากำหนด channels ของเอาท์พุทเช่น Dev1/port0
line grouping	เป็นขาที่กำหนดให้ใช้ เอาท์พุท เดี่ยวหรือ กลุ่ม
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.14 DAQmxBase Start Task

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้เพื่อให้อุปกรณ์ USB-6008/6009 เริ่มทำงาน ขาที่ใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 Digital 1D U8 NChan 1Samp

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้เพื่อกำหนดสัญญาณของ ดิจิตอลเอาท์พุท ขาที่จำเป็นในการใช้งานมีดังนี้

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
data	เป็นขาที่ใช้สำหรับป้อนข้อมูลให้ออกไปยังเอาท์พุท
timeout	เป็นขาที่กำหนดเวลาในการเช็คค่า error หลังทำการปรับ
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.16 DAQmxBase Stop Task

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้งานหลังจากทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ USB-6008/6009 จะทำการกระโดดไปยังฟังก์ชั่น DAQmxBase Start Task ขาที่จำเป็นในการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.17 DAQmxBase Clear Task

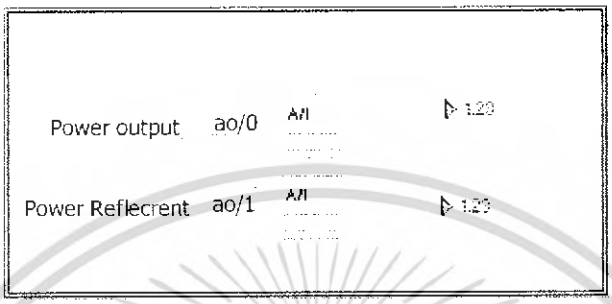
เป็นฟังก์ชั่นเรียกใช้สำหรับเคลียร์ค่าต่างที่ทำการเซทค่าไว้ในตอนต้นเมื่อทำการหยุดโปรแกรมขาที่จำเป็นในการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

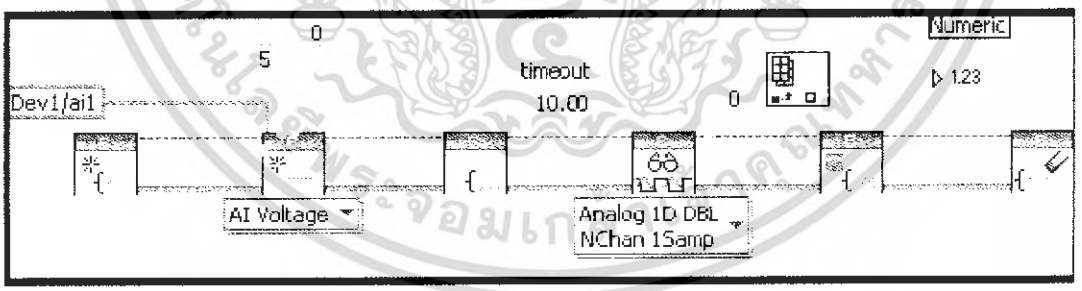
error out เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชันนี้

Sub Vis ที่ 3



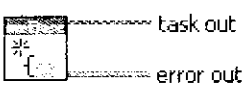
รูปที่ 3.18 Sub Vis แสดงผล

Sub Vis แสดงผลจะเป็นตัวรับขอมูลจากเครื่องกำเนิดความถี่ PDX 500 จะรับสัญญาณอนาลอกที่บอกสถานะของ กำลังที่ส่งออกไปยังโหลด และกำลังที่ย้อนกลับมาหาเครื่องกำเนิดความถี่ PDX จะแปลงอนาลอกโดย A/D USB-6008/60091 แล้วจะส่งสัญญาณดิจิตอลที่ได้มาให้กับตัวโปรแกรมทำการประมวลผลและแสดงค่าที่ได้ออกมาเป็นตัวเลข ตามค่าจริงที่ได้จากเครื่องกำเนิดความถี่ จากSub Vis สามารถแสดงเป็นฟังก์ชั่นการทำงานย่อยดังนี้



รูปที่ 3.19 ฟังก์ชั่นการทำงานของ อนาลอกอินพุท

การทำงานของแต่ละฟังก์ชั่นดังต่อไปนี้



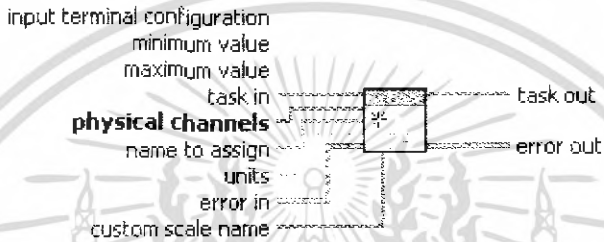
รูปที่ 3.20 DAQmxBase Create Task

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ USB-6008/6009 เพื่อสามารถให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับ USB-6008/6009 การเรียกใช้ฟังก์ชั่นนี้ไม่จำเป็นต้องเซทค่าใด ๆ เนื่องจากทางบริษัทผู้ผลิตได้กำหนดพารามิเตอร์ต่างที่จำเป็นเอาไว้แล้ว ฟังก์ชั่นนี้จะมีขาจำเป็นในการใช้งานอยู่ 2 ขา

task out เป็นขาที่ใช้สำหรับให้ฟังก์ชั่นอื่นเป็นตัวอ้างอิงในการส่งข้อมูลให้อุปกรณ์ที่ต้องควบคุม

eror out ใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้



รูปที่ 3.21 DAQmxBasc Create Virtual Channcl AI Voltage

task in เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBasc Create Task

physical channels เป็นขากำหนด channels ของอินพุทเช่น Dev1/ai0

maximum value เป็นขาที่กำหนดค่าแรงดันสูงสุดที่จะรับทางอินพุท

minimum value เป็นขาที่กำหนดค่าแรงดันต่ำสุดที่จะรับทางอินพุท

task out เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป

error out เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.22 DAQmxBase Start Task

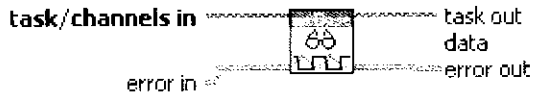
เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้เพื่อให้อุปกรณ์ USB-6008/6009 เริ่มทำงาน ขาที่ใช้งาน

task/channels in เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task

task out เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป

error out เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 Counter DBL 1Samp

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้สำหรับรับสัญญาณอนาลอกจากอุปกรณ์ USB-6008/6009 เข้ามาแสดงผมบนจอคอมพิวเตอร์โดยจะทำส่งสัญญาณไปยังตัวแสดงผลแบบตัวเลข ขาที่จำเป็นต่อการใช้งานมีดังนี้

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
timeout	เป็นขาที่กำหนดเวลาในการเช็คค่า error หลังจากได้รับข้อมูล
data	เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกไปแสดงผลยังตัวแสดงผล
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.24 DAQmxBase Stop Task

เป็นฟังก์ชั่นที่เรียกใช้งานหลังจากทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ USB-6008/6009 จะทำการกระโดดไปยังฟังก์ชั่น DAQmxBase Start Task ขาที่จำเป็นในการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
task out	เป็นขาส่งผ่านสัญญาณอ้างอิงไปให้ฟังก์ชั่นต่อไป
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

รูปที่ 3.25 DAQmxBase Clear Task

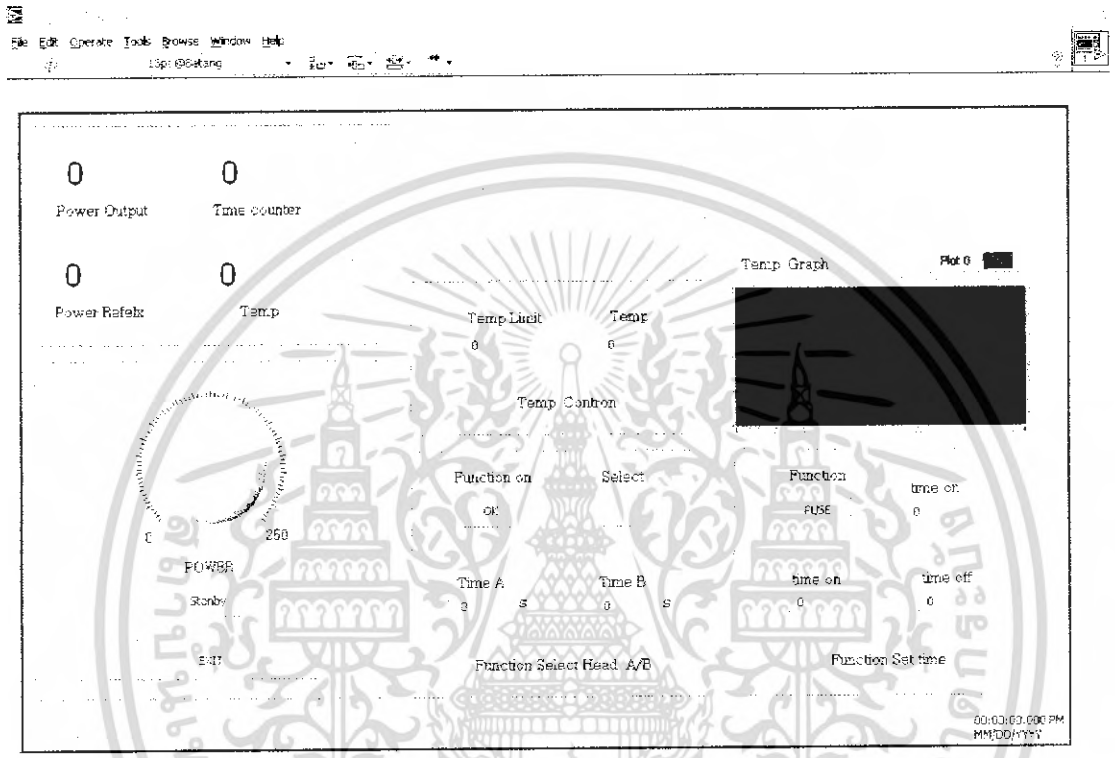
เป็นฟังก์ชั่นเรียกใช้สำหรับเคลียร์ค่าต่างที่ทำการเซทค่าไว้ในตอนต้นเมื่อทำการหยุดโปรแกรมขาที่จำเป็นในการใช้งาน

task/channels in	เป็นขาที่อ้างอิงสัญญาณมาจาก DAQmxBase Create Task
error out	เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณเมื่อเกิดการผิดพลาดของฟังก์ชั่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Front Panel ของเครื่อง PDX 500 GENERATOR

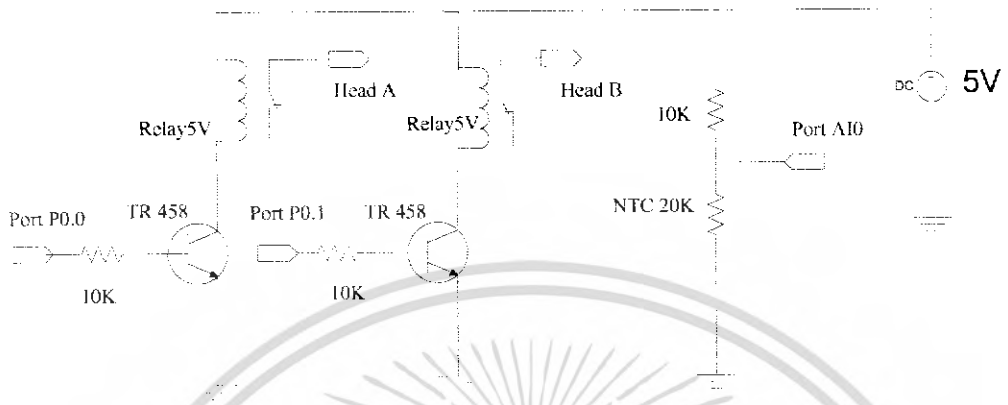
เป็นการจำลอง Front Panel ของตัวเครื่อง PDX 500 GENERATOR ซึ่งถูกสร้างขึ้นบนโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 3.26 Front Panel ที่เกิดจากโปรแกรม LabVIEW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรขับรีเลย์ (Relay)



รูปที่ 3.27 รูปวงจรขับรีเลย์

หลักการทำงานของวงจรขับรีเลย์

เริ่มจากจะมีแรงดันคร่อมรีเลย์ และ Q1 (458) รีเลย์ 1 จะอยู่ในสภาวะ NC คือ NC จะต่อคอมมอน และเมื่อมีสัญญาณอินพุทจากพอร์ต AO0 ทำให้ Q1 (458) ON จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ 1 ทำให้รีเลย์ต่อขา NO เข้ากับคอมมอน และการทำงานของ Q2 และรีเลย์ 2 จะเหมือนกันกับ Q1 และรีเลย์ 1 แต่จะต่างกันที่ Q2 และรีเลย์ 2 จะรับสัญญาณอินพุทจาก AO1

ในส่วนของตัววัดอุณหภูมิจะใช้ NTC ในการวัด โดยจะต่อวงจรอุณหภูมิกับความต้านทาน 10 KΩ NTC ในอุณหภูมิ 25 ^{0}C จะมีความต้านทานเท่ากับ 10 KΩ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมความต้าน 10 KΩ และ NTC จะทำให้มีแรงดันตกคร่อมความต้านทาน 10 KΩ เท่ากับ 25 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น NTC จะมีความต้านทานลดลงและจะทำให้แรงดันตกคร่อมความต้าน 10 KΩ มากขึ้น

ดังนั้นจึงนำเอาค่าแรงดันที่ได้ไปแสดงเป็นอุณหภูมิ

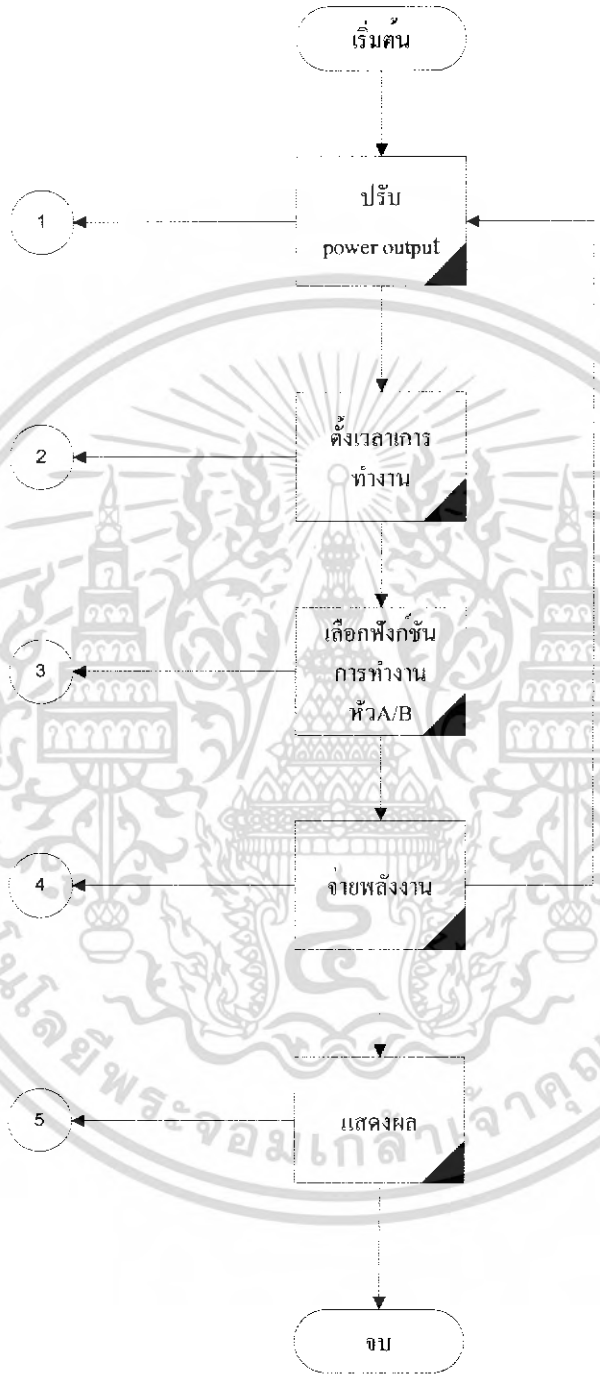
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 แสดงรูปโครงสร้างภายใน และ การใช้งานร่วมกันของวงจรขับรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนผังการทำงาน (Flow Chart)

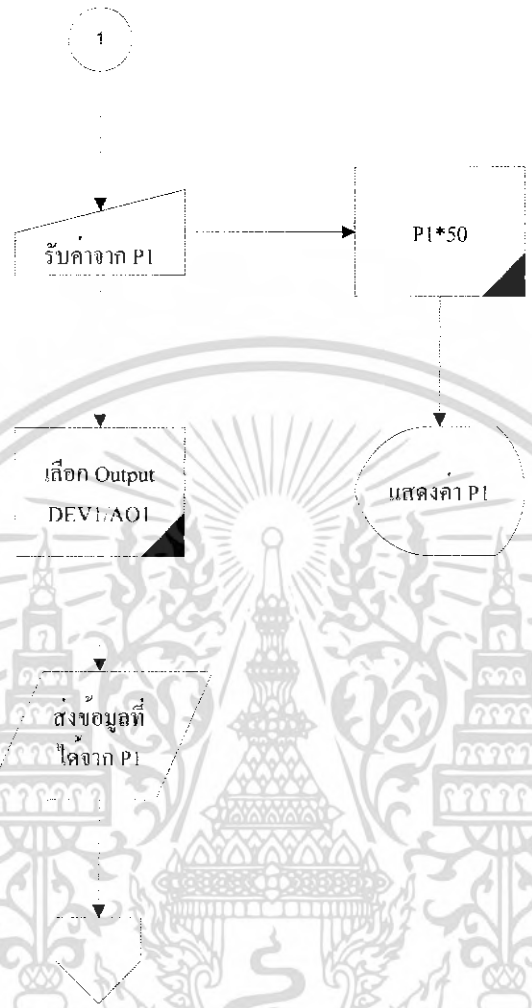
เป็นแผนผังการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.29 แผนผังการควบคุมหลัก

เมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม โปรแกรมจะเริ่มเช็คค่าต่าง ๆ เริ่มโดยระดับพลังงานเอาท์พุต การตั้งเวลา ฟังก์ชั่นต่าง ๆ เมื่อสั่งให้เครื่อง PDX 500 GENERATOR ทำงาน ก็จะมีการรับค่าต่าง ๆ มาแสดงผล

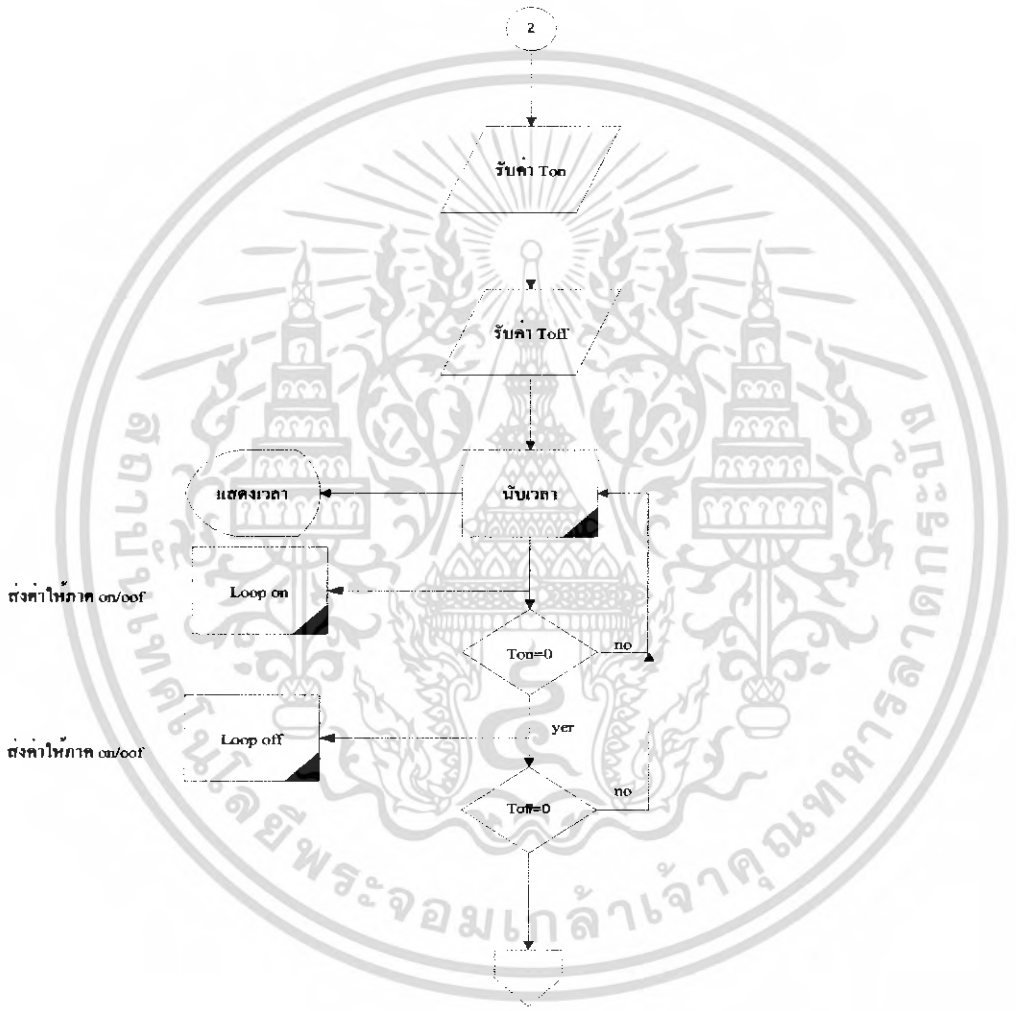
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 แผนผังการปรับ Power Output

เมื่อปรับระดับพลังงาน P1 ค่าจาก P1 จะส่งไปยังตัวแปลงสัญญาณแล้วส่งค่าไปยังเครื่อง PDX 500 GENERATOR ที่อัตราส่วน 1:50 คือ 1 V=50 W

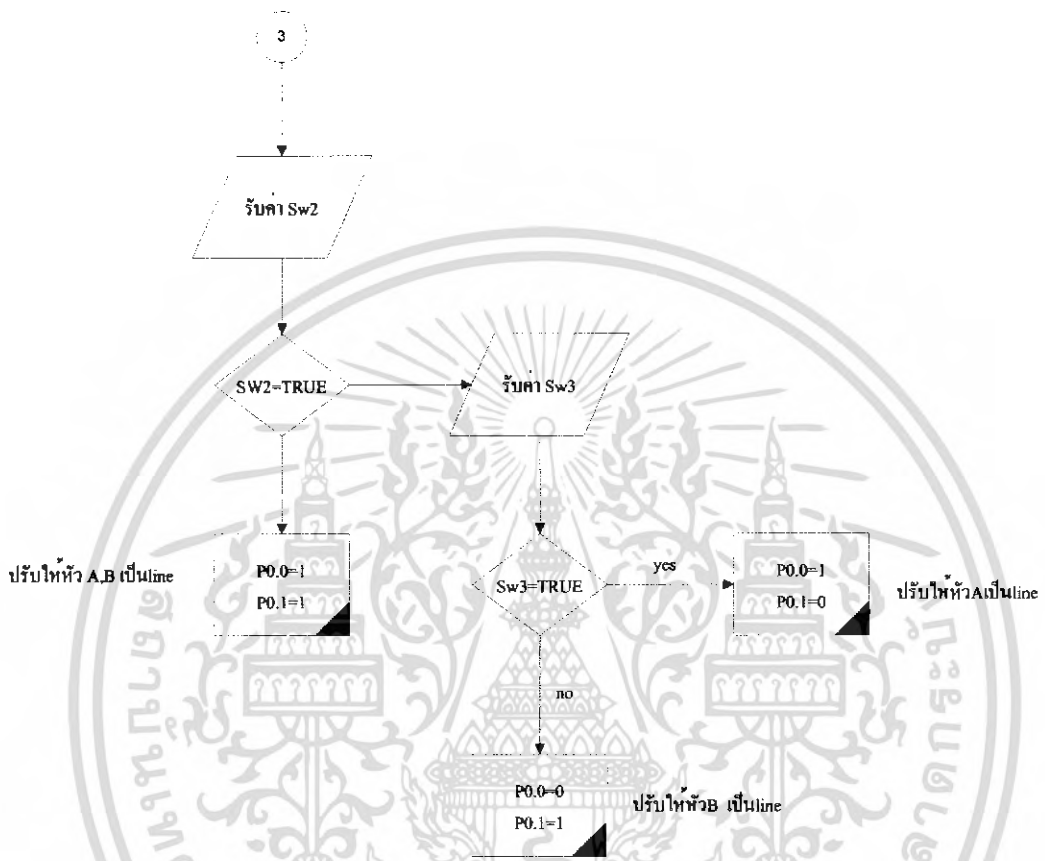
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 แผนผังควบคุมเวลาการทำงาน

เมื่อป้อนค่า Ton และ Toff โปรแกรมจะเริ่มนับค่า Ton ก่อนและจะสั่งให้เครื่อง PDX 500 GENERATOR จ่ายพลังงานเมื่อ Ton หมดจะเริ่มนับ Toff จะส่งให้เครื่อง PDX 500 GENERATOR หยุดจ่ายพลังงาน เมื่อ Toff หมดจะเริ่มนับ Ton ใหม่อีกครั้ง

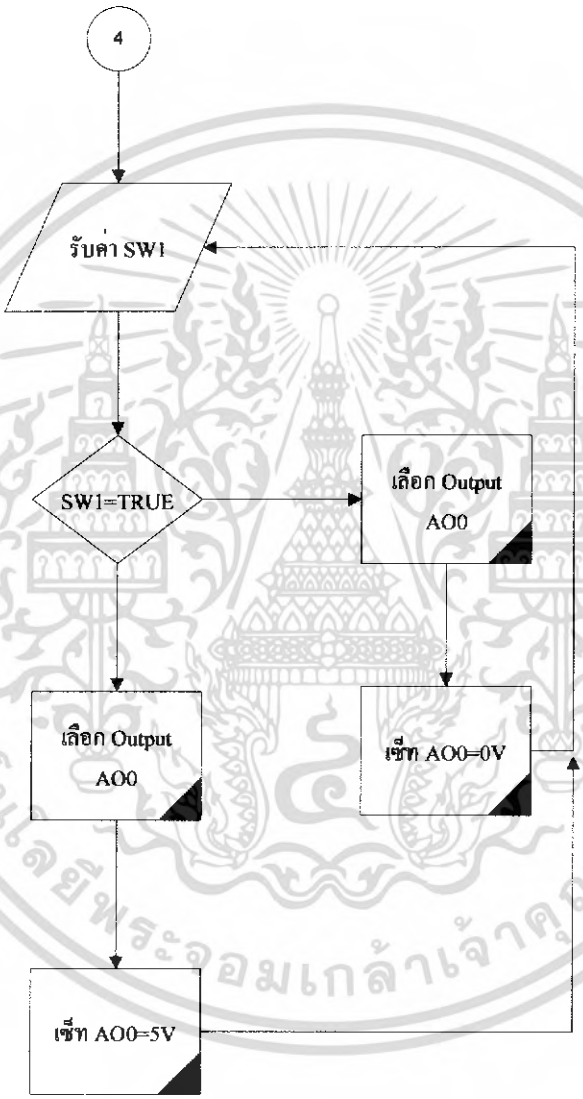
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 แผนผังการเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน

เมื่อ SW2 ถูกกด จะส่งค่า 11 ให้หัวเข็มทั้ง 2 หัว เป็นสาย Line แต่ถ้าไม่กดจะไม่เช็ค SW3 ถ้า SW3 ถูกกดจะส่งค่า 10 ให้พอร์ตดิจิตอลเอาท์พุต ถ้า SW ไม่ถูกกดจะส่งค่า 01 ให้พอร์ตดิจิตอลเอาท์พุต

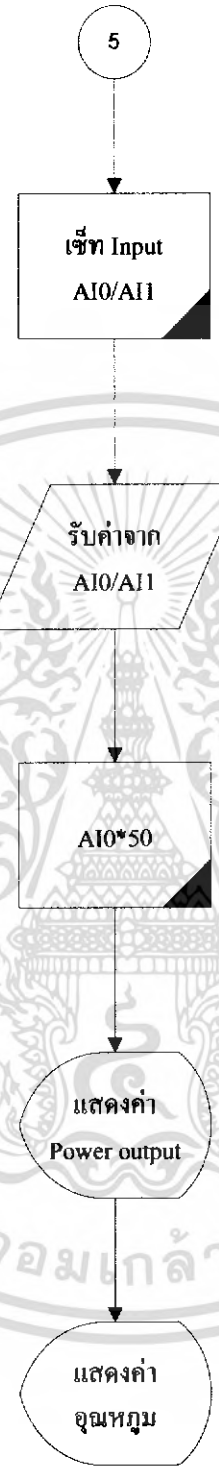
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 แผนผังแสดงการปรับระดับพลังงาน

เมื่อ SW1 ถูกกดจะส่งให้เครื่อง PDX 500 GENERATOR ทำงาน ถ้าไม่กด SW2 เครื่อง PDX 500 GENERATOR ก็จะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 แผนผังแสดงผลการทำงาน

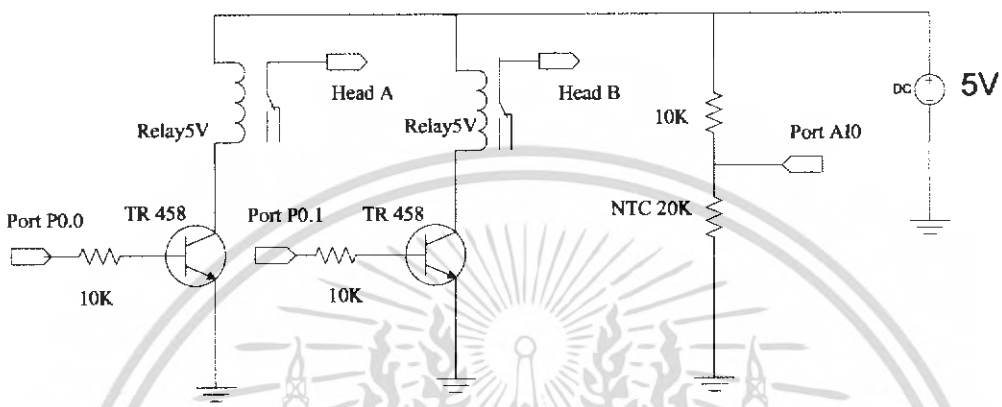
เริ่มเซ็ตให้พอร์ต AI0 และ AI1 เป็นอินพุต รับค่าสัญญาณจาก AI0 และ AI1 นำค่าที่ได้คูณ 50 แล้วทำการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองกล่องสำกรับแยกหัวเข็ม



รูปที่ 4.1วงจรขับรีเลย์

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดโปรแกรมLabVIEW ควบคุม Port P0
2. ป้อนค่า 00,01,10,11 ให้Port P0
3. วัดขั้ว A และ B แล้วบันทึกผลการทดลอง

รูปที่ 4.2 รูปการทดลองตอนที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงการทำของกล่องแยกหัวเข็ม

Port0	หัวA	หัว B
00	GROND	GROND
01	GROND	LINE
10	LIND	GROND
11	LINE	LINE

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงว่ากล่องตัดต่อหัวเข็มใช้งานได้

4.2 การทดลองตอนที่ 2

การทดลองหาค่าอุณหภูมิของค่าความถี่ต่าง ๆ ที่พลังงาน 100 W เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และค่าความถี่ต่างๆ

ผลการทดลองที่ 2

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และค่าความถี่ต่าง ๆ

ครั้งที่	330KHz	340KHz	350KHz	360KHz	370KH	380KHz
1	47.3	47	47.5	47.6	48	48.5
2	47.5	47.5	47.5	47.3	48.5	48.7
3	47	47.3	47.3	47.8	48	48
4	47.5	47.2	47.5	47.8	48	48.3
5	47.3	47.5	47.3	47.5	48	48.5
ค่าเฉลี่ย	47.32	47.3	47.42	47.6	48.1	48.4

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ใช้ค่าพลังงานเดิมค่าอุณหภูมิที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นเลือกใช้ค่าความถี่เพียงค่าใดค่าหนึ่งก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองตอนที่ 3

การทดลองนี้เป็นการทดลองหาค่าอุณหภูมิของการจ่ายพลังงานค่าต่าง ๆ และได้ทำการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมไปใช้กับเนื้อเยื่อตับจริง และในการหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นเราจะทำการจ่ายพลังงานแบบสัญญาณพัลส์ Ton และ Toff จะมีค่าเท่ากัน คือ 10 วินาที กับ 20 วินาที แล้วจะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน

ขั้นตอนการทดลอง

1 ป้อน Ton และ Toff ให้กับโปรแกรมเริ่มจาก 10 วินาที กับ 20 วินาที ตามลำดับ

2 นำหัวเข็มมาต่อเข้ากับสายเครื่อง PDX 500 GENERATOR

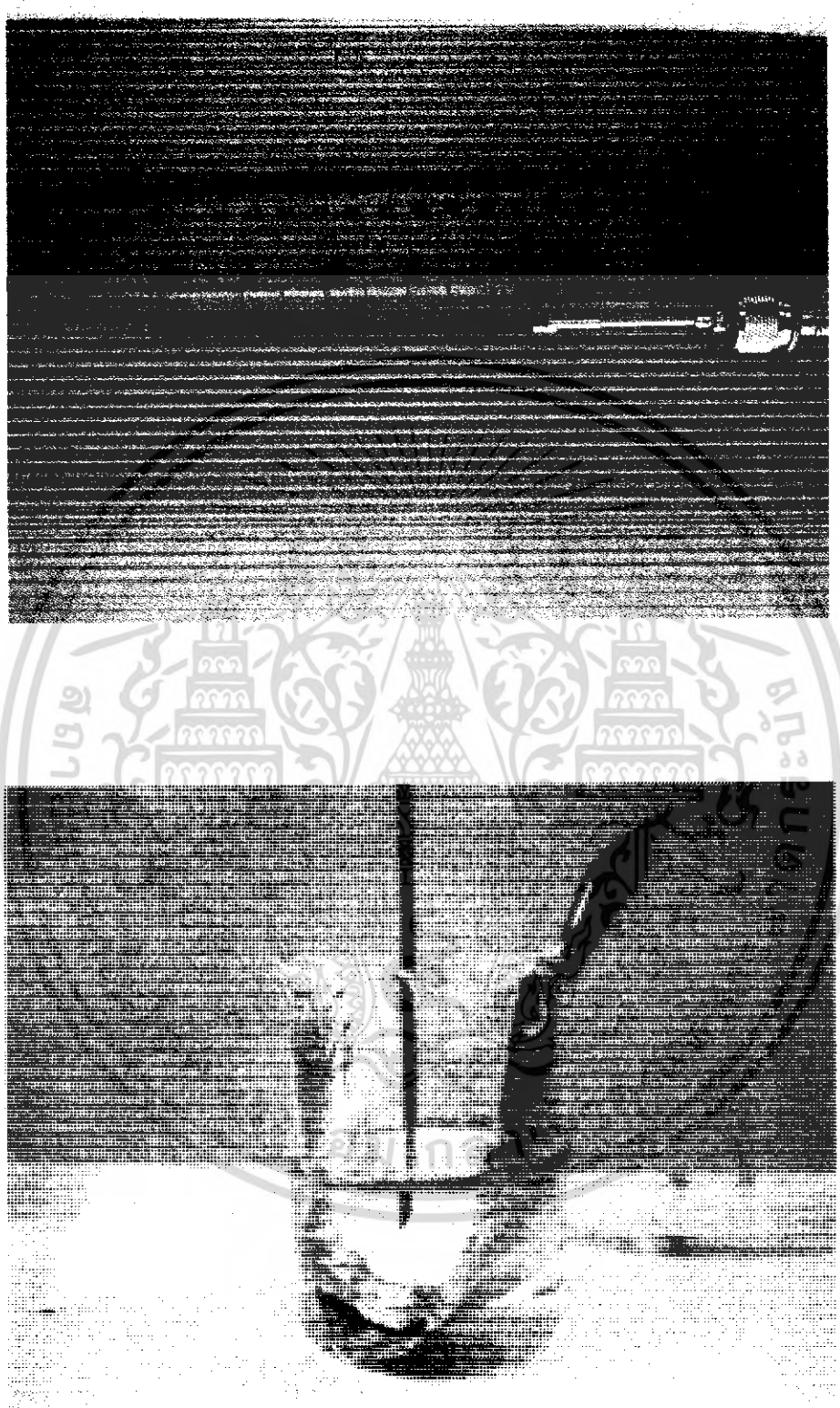
3 นำหัวเข็มไปจุ่มในอ่างน้ำเกลือที่เตรียมไว้ลึกประมาณ 1 นิ้ว

4 ทำการต่อสายกราวด์เข้ากับตัวนำที่อยู่ก้นอ่าง

5 ทำการ Run โปรแกรมแล้วทำการบันทึกผลที่ได้จำนวน 20 ครั้ง ด้วยกัน จะเริ่มต้นจ่ายพลังงาน 50 W ,60 W ,70 W ,80 W ,90 W ,100 W ,120 W ,140 W ,160 W ,180 W ,200 W จนครบ

6 นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อหาจุดที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 รูปการทดลองตอนที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 3

ตารางที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ในเวลา 10 วินาที

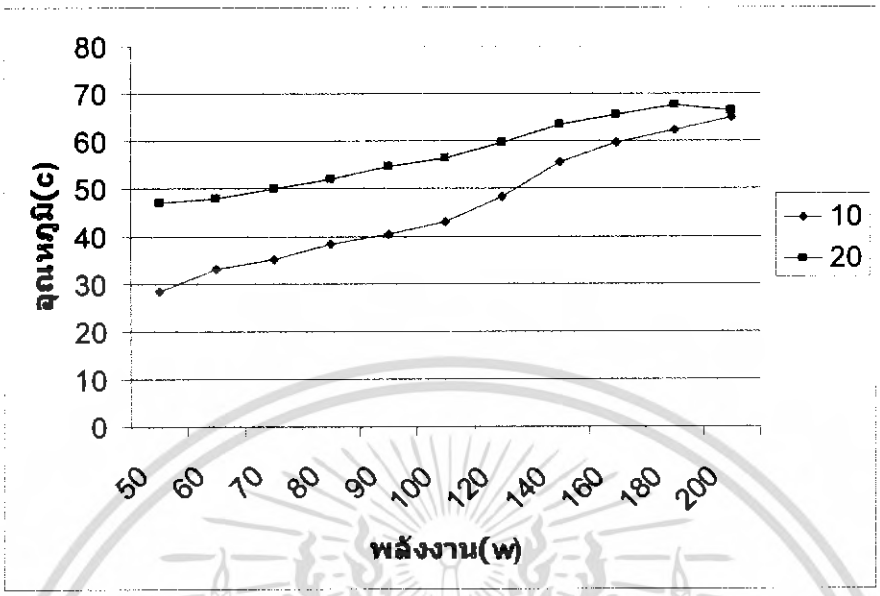
ครั้งที่	พลังงานไฟฟ้า (W)										
(^{0}C)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
1	26.7	32.2	34.2	37.8	39.5	42.2	50.2	51.2	59.6	61.2	66
2	27.7	32.1	35.1	37.8	39.4	42.1	43.1	51.3	60.4	62.5	65.4
3	27.9	32.4	35	37.9	40.2	41.8	47.2	50.7	66.4	62.5	65.3
4	27.5	32	34.9	38.1	39.8	42.8	46.1	51.8	60	61.8	66.2
5	27.2	31.9	35.2	37.5	40.3	42.7	48.2	51.6	59.2	62.8	64.2
6	28.2	32.6	35.1	38.4	39.3	43.1	49.3	52	59.4	64.2	62.7
7	28	32.5	35.4	38.4	39.4	43.2	48.8	51.8	60.4	60.1	63.4
8	27.8	32.5	35.1	38.6	39.6	42.1	49.2	52.4	59.7	59.9	65.3
9	29.5	33.1	35.5	38.7	40.8	43.3	49.2	52.4	59.8	62.4	63.8
10	29.2	33.3	35.4	38.5	41	43.5	49.8	52.6	60.2	62.5	63
11	29.3	33.2	35.5	38.9	40.6	43.2	50.6	53.1	59.4	62.2	65.2
12	29.2	33.4	34.7	38.8	40.7	43.2	48.5	53.4	58.7	62.4	65.1
13	29.9	33.6	34.9	38.9	40.2	42.9	48.8	54.5	59.4	63.7	65.3
14	29.8	33.6	35.4	38.3	41.1	44.2	47.9	53.4	60.4	62.2	65.8
15	28.2	33.5	34.8	38.4	40.5	43.5	48.7	54.6	58.7	62.3	65.4
16	29.9	33.7	35.5	38.5	40.6	43.7	48.6	53.7	59.4	62.3	65.9
17	27	33.9	35.7	39.1	41.6	44.1	47.8	53.8	57.8	63.9	66.2
18	27.3	34.1	35.8	38.8	41.1	42.4	46.7	54.6	58.6	62.2	66
19	28.2	33.8	35.6	39	41.8	43.6	47.6	54.9	58.9	62.2	65.1
20	29	34.2	35.8	38.9	41.4	43.4	49.2	55.2	59.8	62.3	65.2
เฉลี่ย	28.4	33.1	35.2	38.5	40.5	43.1	48.3	55.6	59.8	62.3	65.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ในเวลา 20 วินาที

ครั้งที่	พลังงานไฟฟ้า (W)										
(^{0}C)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
1	47	47.9	49	51	54	56	59	62.3	65	66.5	68
2	47.8	48	48.9	51	54.2	56	59.2	62.6	65.2	67	68
3	47.8	48.2	49	51.5	54.5	55.8	59.5	62.8	65	67	68.2
4	47.8	47.5	49	52	54.9	56	59.8	63	65.5	67.8	68.5
5	47.9	48	49.2	52	54.9	56	60	63	65	67	69
6	47.7	47.8	49.5	52.1	54.5	56	60	63	65.5	67.8	69
7	47.7	48	49.5	52.2	54.8	56	60	63	65.5	68	70
8	47.8	48	49.9	52.2	54.5	56.5	59.8	63.2	66	68	70
9	47.1	48.2	50.1	52.2	54.9	56.2	60	63.4	65.5	68	70
10	47	48.2	51	52	54.9	56.5	60	63.6	66	68	70
11	47	48.5	50	52	54.8	56.2	60.2	63.8	66	67.9	70
12	46.7	48.5	50.9	52.2	54	57	60	64	66	68.1	70
13	46.5	48.5	51	52.5	55	57.1	60	64	66	68	70
14	46.5	48.2	51	52.5	55	57	60	64	66	68	70
15	46	48.5	51	52.5	54.5	56.8	60	63.8	66	68	70
16	47	48.5	51	52.5	54.8	57	60	64	66	68	70.2
17	46.5	48	51	52.5	55	57	60	64.2	66	67.9	70.2
18	46.5	48	50	52.5	55	56.8	60	64	66	68	70.3
19	46.2	48.5	50.2	52.6	55	57	60.2	63.8	65.5	68	70.2
20	46.5	47.8	50	52.5	54.6	57	60	64	66.2	68	70.5
เฉลี่ย	47.1	48.1	50.1	52.1	54.7	56.5	59.9	63.5	65.7	67.8	66.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.3

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจ่ายพลังแบบต่อเนื่อง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที จะมีค่าค่อนข้างจะคงที่ และเมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามค่าพลังงานจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น

4.4 การทดลองตอนที่ 4

เป็นการหาค่าอุณหภูมิของพลังงานในแต่ละค่า เมื่อทำการจ่ายพลังงานค่าเดียวเป็นเวลานานเพื่อหาอุณหภูมิที่เวลาสมดุล

ขั้นตอนการทดลอง

1 ป้อนเวลา Ton ให้โปรแกรมเท่ากับ 10 นาที

2 ทำการเซ็ตค่าพลังงานที่จ่ายให้กับโหลดเท่ากับ 50 W ,60 W ,70 W ,80 W ,90 W ,100 W ,120 W 140 W ,160 W ,180 W ,200 W ตามลำดับ

3 นำเข็มและกราวด์ต่อเหมือนกับการทดลองที่ 1

4 ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้แล้วเริ่มทดลองใหม่จนครบ 10 ครั้ง

5 นำค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพลังงานที่ได้แต่ละค่ามาพล็อตกราฟ

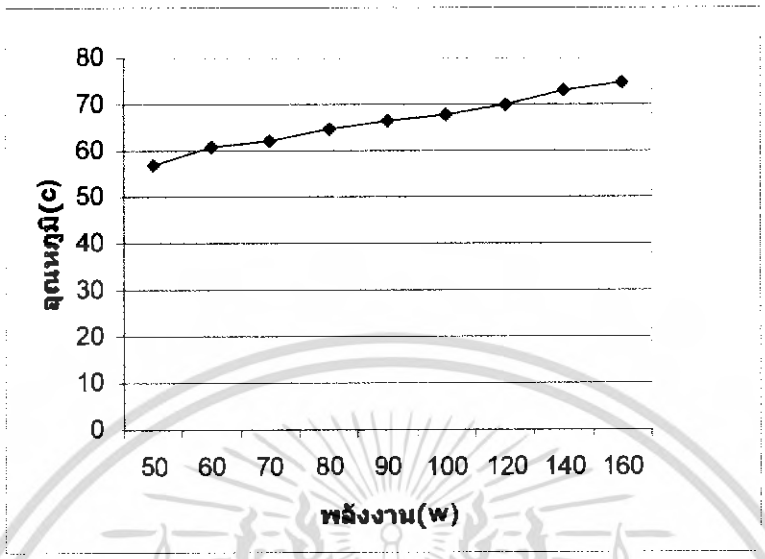
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4

ตารางที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิ และอุณหภูมิเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ

ครั้งที่	พลังงานไฟฟ้า (W)										
(^{0}C)	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
1	57	60	61	65	66.5	68	69	73	75	76	77
2	58	60	62	65	66.5	68	69.9	72.8	75	76.8	77
3	57	60	62	65	66	68	69	73	75	76.8	77.2
4	57	62	62	65	66.5	68	69.9	73	75	77	77.2
5	57	60	62	65	66.5	67.8	69.9	72.8	75	77	77
6	57	62	62	65	66	68.2	69.9	72.8	75	76.8	77
7	57	60	62	65	66	68	69.9	72.8	75	76.8	77
8	57	62	63	65	66.5	68	69.9	73	75	76.8	77
9	57	62	63	65	66.5	68	69.9	72.8	75	77	77
10	57	62	63	65	66.5	68	69.9	73	75	76.8	77
เฉลี่ย	57.1	61	62.2	65	66.4	68	69.9	72.9	75	76.8	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจ่ายพลังแบบต่อเนื่อง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที จะมีค่าค่อนข้างจะคงที่ และเมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามค่าพลังงานจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น

4.5 การทดลองตอนที่ 5

เป็นการนำค่าอุณหภูมิที่ทำการวิเคราะห์จากการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 มาทดลองกับเนื้อเยื่อตับจริงและจากการวิเคราะห์ค่าพลังงานตั้งแต่ 50-100 W เป็นพลังงานที่เหมาะสม

ขั้นตอนการทดลอง

1 เตรียมตับที่จะใช้ในการทดลองในที่นี้ คือตับหมู

2 นำตับหมูไปใส่ในอ่างที่มีตะแกรง และตัวนำอยู่ที่ก้นอ่างแล้วใส่น้ำเกลือลงในอ่าง

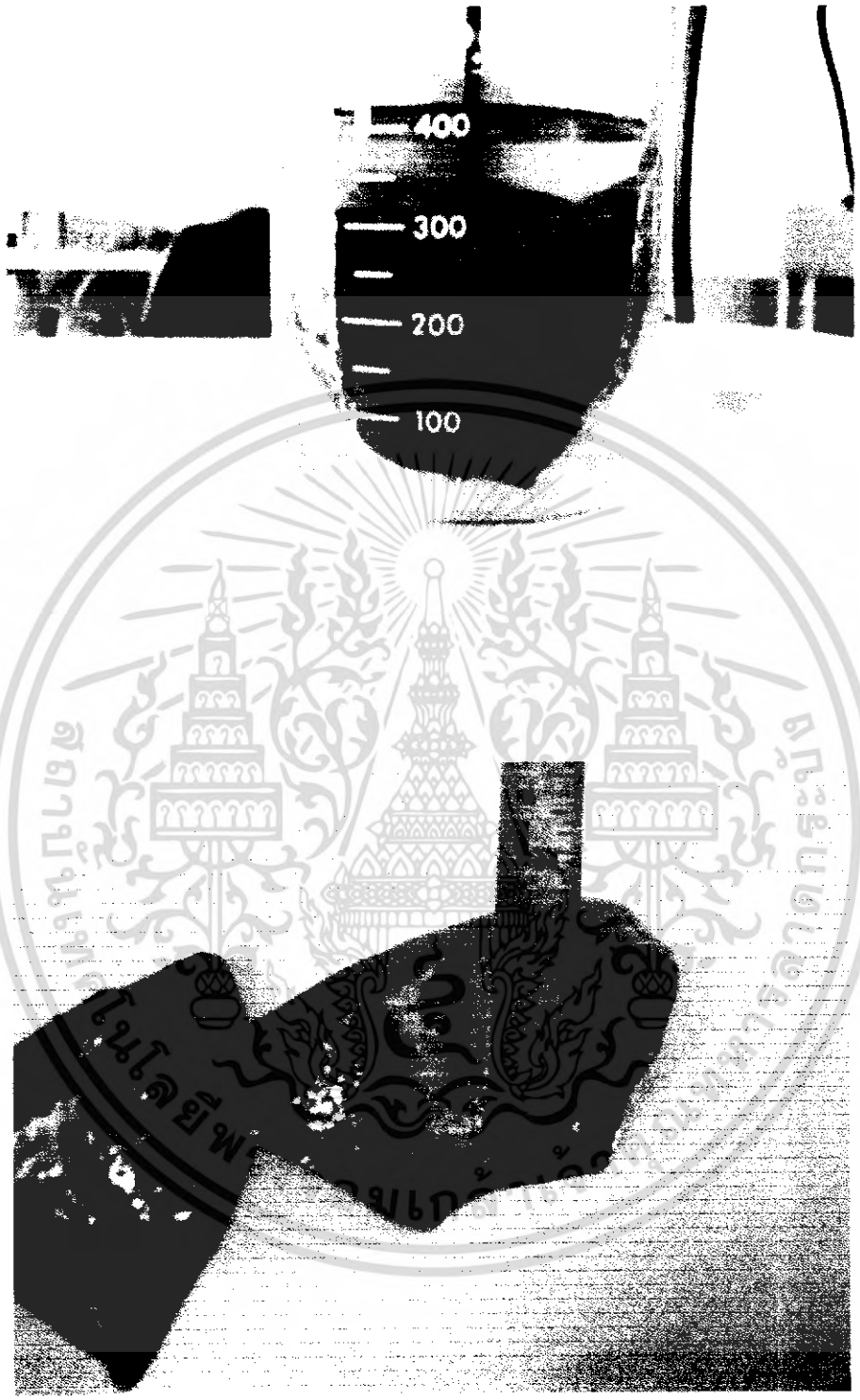
3 นำเข็มทดลองไปเสียบไว้บริเวณตับลึก 1 นิ้ว

4 ทำการป้อนพลังงานตั้งแต่ 50 W ,60 W ,70 W ,80 W ,90 W ,100 W ,120 W ,140 W ,160 W , 180 W ,200 W ตามลำดับ

5 เริ่มจับเวลาแล้วทำการบันทึกค่า เวลาที่กำหนดคือ 1 ,2 ,3 ,4 , 5 นาที ตามลำดับ

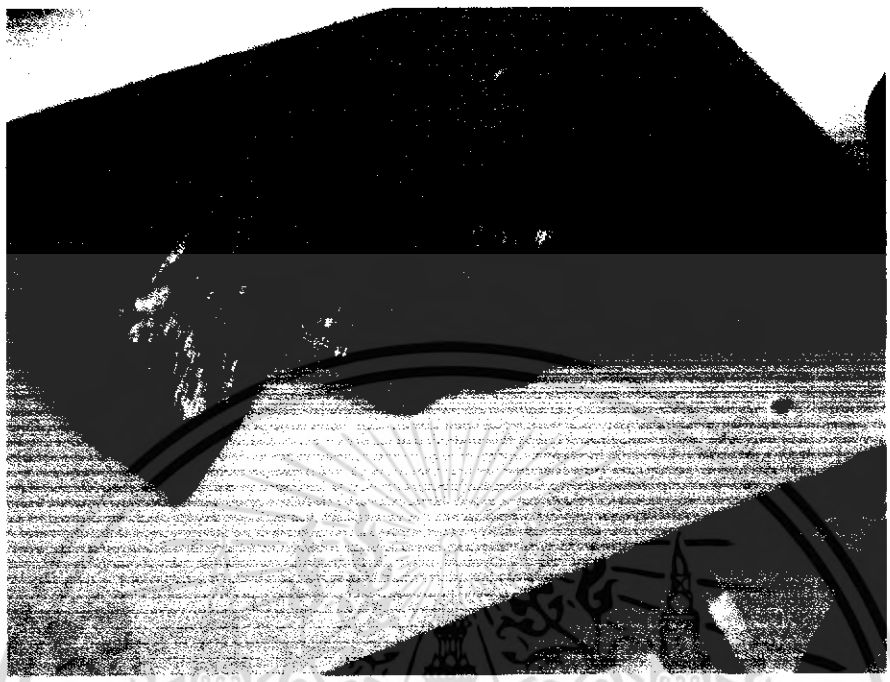
6 นำตับที่จ่ายพลังงานมาผ่าแล้ววัดรอยแผลที่ไหม้ (ซ.ม.) แล้วทำการบันทึกค่าแล้วนำมาพล็อตกราฟเพื่อทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 รูปการทดลองตอนที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



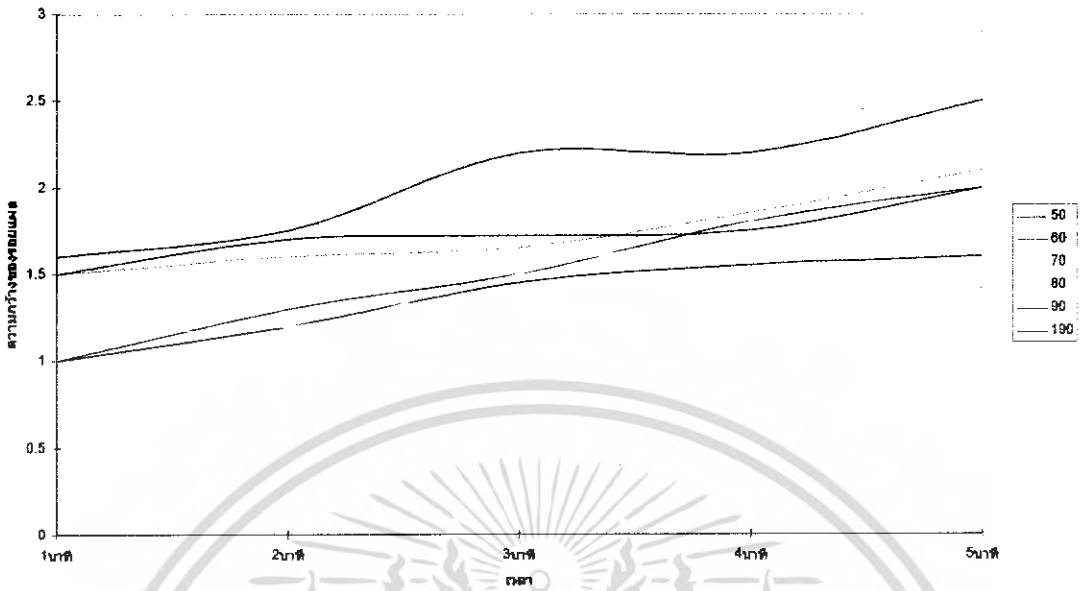
รูปที่ 4.7 แสดงรูปการทดลองตอนที่ 4.5

ผลการทดลองที่ 5

ตารางที่ 4.6 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางรอยแผล

W / นาที	50	60	70	80	90	100
1	1	1	1.2	1.5	1.5	1.6
2	1.2	1.3	1.2	1.6	1.7	1.75
3	1.45	1.5	1.5	1.65	1.72	2.2
4	1.55	1.8	1.8	1.85	1.75	2.2
5	1.6	2	2.2	2.1	2	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 รูปกราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.5

สรุปผลการทดลอง

การที่เลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจะมีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยแผล จะต้องใช้อุณหภูมิต่ำและจ่ายพลังงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานเผื่อที่จะได้รอยแผลขนาดใหญ่ แต่ถ้าใช้ค่าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้รอยแผลเกิดการไหม้เกรียมและเส้นผ่านศูนย์ของรอยแผลจะไม่ขยายออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับค่าพลังงานที่ป้อนให้กับโหลด ความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นจะมาจากกระแสที่ไหลผ่านโหลด และ เป็นการป้อนความถี่สูงให้กับโหลดโดยตรง จึงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงจุดคงที่และลดลงจนถึงค่าปกติได้รวดเร็วและความถี่ที่ใช้จะเป็นความถี่ค่าเดียวกันทั้งหมดเพราะความถี่ค่าต่าง ๆ จะให้ค่าระดับอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเมื่อใช้ระดับพลังงานค่าเดียวกัน (การทดลองตอนที่ 2)

ในการจ่ายพลังงาน เมื่อเราเริ่มจ่ายพลังงานไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งค่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนเมื่อเราจ่ายพลังงานต่อเนื่องจนถึงช่วงเวลาหนึ่ง ค่าอุณหภูมิที่ได้ก็จะเริ่มคงที่ จากการทดลองตอนที่ 3 จะเห็นได้ว่า เมื่อจ่ายพลังงานที่ค่า 100 W เป็นระยะเวลา 10 วินาที ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นจะมีค่าเท่า 42.2 ^{0}C (ครั้งที่ 1) แต่เมื่อจ่ายพลังงานไปเป็นระยะเวลาหนึ่งค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มมีค่าคงที่ คือ มีค่าเท่ากับ 43.5-44.2 ^{0}C (ครั้งที่ 10-20) ในการวัดค่าอุณหภูมินั้นจะไม่ได้ค่าเที่ยงตรงมากนักเนื่องจากใช้ตัวอุปกรณ์ NTC เป็นตัววัดอุณหภูมิ เนื่องจากค่าความต้านทานของมันจะไม่เปลี่ยนเป็นเส้นตรง

ดังนั้นในการทดลอง เราจะทำการจ่ายพลังงานต่อเนื่องไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้อุณหภูมิเริ่มคงที่ จากนั้นทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กับ อุณหภูมิ (การทดลองตอนที่ 4) จากการทดลองตอนที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และเมื่อนำค่าพลังงาน กับ อุณหภูมิที่ได้มาพล็อตกราฟจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นตามค่าพลังงานจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้น

จากการทดลองในตอนที่ 3 และการทดลองในตอนที่ 4 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานจะเห็นได้ว่าค่าพลังงานตั้งแต่ 50-100 W เป็นพลังงานที่เหมาะสมที่สุด เพราะว่าค่าพลังงานในช่วงนี้ จะมีค่าอุณหภูมิที่ค่อนข้างจะคงที่มากที่สุดเมื่อจ่ายพลังงานไประยะเวลาหนึ่ง และ อุณหภูมิก็จะไม่สูงมากนักเพราะถ้าอุณหภูมิสูงมากจนเกินไปอาจทำให้เนื้อเยื่อไหม้เกรียม และจะไม่ขยายรัศมีของการไหม้อีก

จากการทดลองในตอนที่ 5 จะเป็นการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับเนื้อเยื่อจริง (50-100 W) และจากการทดลองจะเห็นได้ว่า ระดับพลังงาน และระยะเวลาจะมีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางรอยแผลด้วย ดังนั้น ควรกำหนดเวลาในการส่งผ่านความถี่ เพื่อที่เส้นผ่านศูนย์กลางรอยแผลที่ได้จะเป็นผลจากระดับพลังงานเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1 เจริญ เพชรมุณี, "เรียนลัด LabVIEW Software for Measurement and Automation" , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

2 รศ.ดร. สุริภณ สมควรพาณิชย์ และ ผศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง, "สนามและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า" , ครั้งที่ 2

มิถุนายน 2548

แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

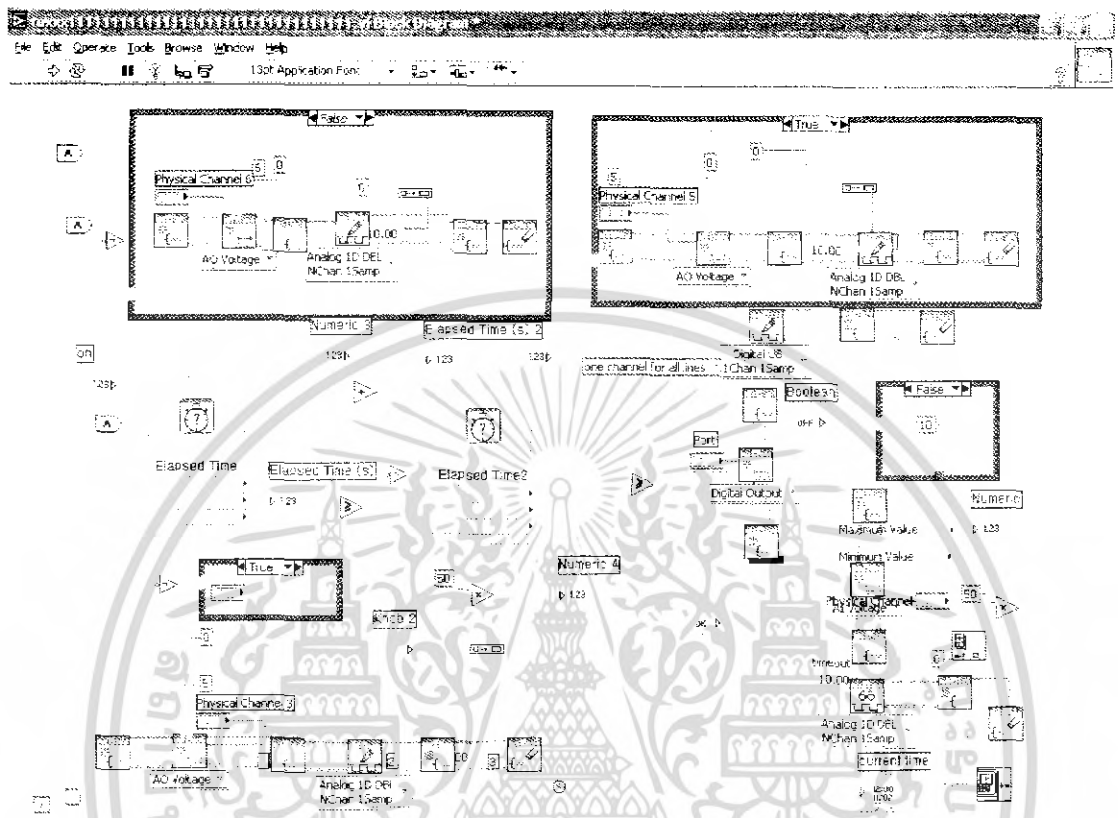
3 คู่มือเครื่อง PDX 500 GENERATOR

4 คู่มือเครื่อง USB-6008/6009 (NI-DAQmx Base 1.x)

5 เว็บไซต์ www.google.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้