สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

DEVELOPMENT OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING MICROPROCESSOR INTERFACE TRAINING SET

T060915

คมเพ็ชร หิรัญพานิช

KOMPETCH HIRUNPANIT

วพ.
ค151ก
2548

เลขหมู่...
เลขทะเบียน 60915
วัน,เดือน,ปี - 6 ก.ค. 2549

b. 11533523
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1855-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING MICROPROCESSOR INTERFACE TRAINING SET

KOMPETCH HIRUNPANIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1855-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOI OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP
นักศึกษา	นายคมเพ็ชร หิรัญญพานิช
รหัสประจำตัว	43064610
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP และ หาคุณภาพ จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จำนวน 10 คน ซึ่งจากกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวได้มาจากวิธีการเลือกแบบเจาะจง การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้คือ กำหนดหัวข้อใบงานการทดลอง ออกแบบ และ สร้างชุดการทดลองการต่อขยายระบบเชื่อมต่อกับ TMS320C50 DSK เชื่อมต่อกับชุดต้นแบบจำนวน 6 บอร์ด 10 การทดลองซึ่งประกอบไปด้วยบอร์ด DSP Expansion I/O Board ,Basic I/O Board , Keypad 4x4 ,7-Segment Display , LCD Module Board และ ชุดแหล่งจ่ายไฟ ใบงานการทดลอง จำนวน 10 ใบงาน แบบประเมินคุณภาพชุดการทดลอง โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ตรวจสอบความพร้อม ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของชุดทดลอง และ แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง

ผลการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จำนวน 10 คน พบว่าการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในเกณฑ์ที่ดีโดยคุณภาพของชุดการทดลองได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 และส่วนของใบงานการทดลองก็ได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกันได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ได้นี้จึงเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Digital Signal Processing Microprocessor Interface Training Set
Student	Mr. Kompetch Hirunpanit
Student ID.	43064610
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communications Engineering
Year	2005
Thesis Advisor	Assist.Prof.Wisuit Atiporntum
Thesistor Co-Advisor	Assist.Prof.Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The purposes of this research were to design and develop of digital signal processing microprocessor interface training sets. The training sets were evaluated by the experts to find their quality. Simple random sampling was used to choose ten experts for evaluating the training sets. Fifth steps of designing and developing included (1) determining the topic of lab sheets, (2) design and developing TMS320C50 DSK Extension Board consists of DSP Expansion I/O Board, Basic I/O Board, Keypad4x4, 7-segment Display, Lcd Module and Power Supply, (3)Ten laboratory documents (4) quality evaluation forms.(5) recheck by experts.

The results of evaluation showed that the quality of the digital signal processing microprocessor interface training sets was good level. The mean score from experts evaluating the training sets was 4.24 with a standard derivation of 0.56. The mean score from experts evaluating Ten laboratory documents was 4.12 with a standard derivation of 0.57. The quality of the sets met the research assumption.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้ คือ ดร.พีระพล ยุวภูษิตตานนต์ อาจารย์ ปกรณ์ ประจวบวัน คุณแพทริก ไชยวุฒิ ที่ได้กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ได้ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา และตลอดจน ญาติ พี่-น้อง ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบใจผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ได้ให้ความร่วมมือ เสียสละเวลา และกำลังความคิดในการร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และ ครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

คมเพ็ชร หิรัญญพานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป V III

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 การวิจัยเชิงทดลอง 5

2.2 การออกแบบชุดทดลองและใบงานการทดลอง 7

2.3 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง 10

2.4 การประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน 11

2.5 TMS320C50 DSK 12

2.6 พื้นฐานการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยใช้โปรแกรม MATLAB 19

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 34

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 34

3.3 วิธีการดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล 41

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 42

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 44

4.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดการทดลอง 44

4.2 ผลการประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง 54

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ 66

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 66

5.2 สมมติฐานการวิจัย 66

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 66

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 67

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 68

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 68

5.7 สรุปผลการวิจัย 68

5.8 อภิปรายผลการวิจัย 68

5.9 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 72

5.10 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป 72

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก 76

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ 77

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพ 87

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูล 92

ภาคผนวก ง ตัวอย่างคู่มือการใช้ชุดทดลอง 111

ภาคผนวก จ ตัวอย่างใบงานการทดลอง 141

ประวัติผู้เขียน 151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 1	44
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 2	45
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 3	46
4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 4	47
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 5	48
4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 6	49
4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 7	50
4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 8	51
4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 9	52
4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 10	53
4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 1	55
4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 2	56
4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 3	57
4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 4	58
4.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 5	59
4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 6	60
4.17 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 7	61
4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 8	62
4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 9	63
4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 10	64
4.21 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญ	65
ค.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ	93
ค.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานการทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ	94
ค.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ	95
ค.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพใบงาน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ	96
ค.5 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 1	97
ค.6 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 2	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.7 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 3 98

ค.8 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 4 98

ค.9 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 5 99

ค.10 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 6 99

ค.11 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 7 100

ค.12 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 8 100

ค.13 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 9 101

ค.14 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 10 101

ค.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 1-5 102

ค.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 6-10 103

ค.17 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 1 104

ค.18 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 2 104

ค.19 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 3 105

ค.20 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 4 105

ค.21 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 5 106

ค.22 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 6 106

ค.23 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 7 107

ค.24 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 8 107

ค.25 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 9 108

ค.26 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 10 108

ค.27 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 1 – 5 109

ค.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 6 –10 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320 DSK 12

2.2 แผนผังการทำงานของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 DSK 14

2.3 สถาปัตยกรรมของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 DSK 15

2.4 สถาปัตยกรรมของส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ 15

2.5 ลักษณะขาภายนอกของ TMS320C50 DSK 16

2.6 การอ้างตำแหน่งของข้อมูลแบบวนรอบ 17

2.7 ลักษณะการจัดพื้นที่หน่วยความจำ 18

2.8 ค่าการพลอตของ y และ t จากสมการ y = sin (2*pi*50*t) + 2*sin(2*pi*120*t) 19

2.9 สัญญาณฟันเลื่อย 20

2.10 โครงสร้างลำดับการหน่วงของตัวกรองสัญญาณ 22

2.11 ผลการตอบสนองอิมพัลซ์ของตัวกรองสัญญาณ 24

2.12 ผลการตอบสนองขนาดและเฟส 26

2.13 ผลการตอบสนองของขนาดและเฟสที่แยกจากการใช้ฟังก์ชัน Butterworth filter 27

2.14 กลุ่มการหน่วง(Group Delay)และ มุมการหน่วง(Phase Delay) 28

2.15 ตำแหน่งของโพล และ ซีโร่ 29

2.16 ขนาดของสัญญาณที่ได้จากการทำ DFT 31

2.17 เฟสของสัญญาณที่ได้จากการทำ DFT 31

3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK 36

3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง 38

3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing: DSP) เป็นการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เชิงดิจิตอล เข้ามาจัดการสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในวงการอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันอย่างยิ่ง และนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ระบบสื่อสารโทรคมนาคม ระบบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม ทางด้านการแพทย์ ทางการทหาร ระบบควบคุมและอื่น ๆ อีกมากมาย โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลสัญญาณในงานด้านต่าง ๆ ต่างดังกล่าวจะประกอบไปด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การส่งผ่านฟังก์ชันของระบบ ระหว่างเหตุที่เกิดขึ้นและผลที่ต้องการ และการส่งผ่านค่าของตัวแปรฟังก์ชันของระบบสามารถสร้างได้ด้วย วงจร ออปแอมป์ ตัวต้านทาน ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งก็สามารถใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลสร้างสัญญาณขึ้นมาทดแทนระบบเดิมที่เป็นระบบแอนะลอกได้ แต่กรรมวิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลจะต่างจากการประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลประกอบไปด้วย วงจรบวก วงจรคูณ และหน่วยความจำ ซึ่งก็คือการคำนวณตัวเลขในทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้ ระบบการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลมีความยืดหยุ่นสูงมาก สามารถปรับเปลี่ยนไปตามความต้องการของวิศวกรผู้ออกแบบได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ และสามารถสร้างระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะการทำงานของมันระหว่างการใช้งานจริงได้ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงไปได้

จากประโยชน์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นเราจะพบการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลมีประโยชน์อย่างมากแต่การใช้งานมีความซับซ้อนและยุ่งยากมาก เนื่องจากตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลนั้นถูกออกแบบมาใช้งานในด้านการประมวลผลทางคณิตศาสตร์โดยตรง จึงทำให้ในการทำความเข้าใจการใช้งานคำสั่ง และ รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ของตัวประมวลผลสัญญาณมีความซับซ้อนเนื่องจากในแต่ละคำสั่งจะต้อง มีความเข้าใจในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบ (Mathematics Model System) ด้วย จนทำให้ผู้ที่สนใจจะนำไปใช้ประโยชน์เกิดปัญหาขึ้นมากมาย เช่น วิธีการใช้งานคำสั่งต่าง ๆ การเข้าถึงรูปแบบการโปรแกรมเชิงเลขคณิตที่ซับซ้อน การอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ การวิเคราะห์และออกแบบอัลกอลิทึมในการประมวลผลสัญญาณในแต่ละรูปแบบ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเทคโนโลยีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลมีความก้าวหน้าไปมากมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก มีชิพประมวลผลสัญญาณดิจิตอลรุ่นใหม่ ๆ ผลิตออกมามากมายหลากหลายบริษัท ซึ่งแต่ละบริษัทก็ผลิตชิพมาใช้งานเฉพาะขณะเช่นการใช้งานกับกล้องดิจิตอล โทรทัศน์รุ่นใหม่ ๆ การ์ดเสียง โทรศัพท์มือถือ หรือ ในภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ DSP ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย แต่ในขณะเดียวกันประเทศไทยยังมีการใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลยังน้อยอยู่มาก ซึ่งสาเหตุ นั้นก็เกิดจาก ไม่สามารถเริ่มต้นใช้งาน DSP ได้เพราะ ผู้ใช้จะต้อง มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ดี มีความสามารถเขียนโปรแกรมที่สูงแล้ว ข้อมูลที่มีในด้านการเรียนรู้ด้าน DSP ในลักษณะการเชื่อมต่อใช้งาน DSP กับอุปกรณ์ต่าง ๆ และนำไปประมวลผลสัญญาณแบบเวลาจริงยังมีอยู่น้อยมาก

จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่พัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เหตุผลที่ผู้วิจัยสนใจจะชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เพราะ ต้องการให้ผู้เคยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปและมีความต้องการจะประมวลผลสัญญาณที่ซับซ้อนมากขึ้นและมีความสนใจจะใช้งาน DSP ประมวลผลสัญญาณเริ่มต้นใช้งานได้โดยเน้นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รอบนอกเช่นเดียวกันกับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่ว และ มีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเบื้องต้น เพื่อให้เข้าใจรูปแบบกรรมวิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลขั้นพื้นฐานแบบเวลาจริงโดยใช้ ชิพประมวลผล TMS320C50 DSK เป็นบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่ผู้วิจัยมีความชำนาญ มีราคาที่ต่ำ ง่ายต่อการใช้ สามารถประยุกต์ใช้งานในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลบน DSK BOARD ได้แบบ real-time โดยมี ชิพประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 ซึ่งสามารถกระทำคำสั่งได้มากกว่า 28 ล้านคำสั่งต่อวินาที ของบริษัทเท็กซัสอินสทรูเมนต์ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำด้านการออกแบบตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล และยังสามารถสร้าง ออกแบบซอฟต์แวร์ ให้ทำงานบน DSK BOARD ได้อย่างอิสระ หรือจะขยายระบบออกไปตามที่ต้องการก็ได้ โดยมีตัวดีบักเกอร์ ช่วยในการตรวจสอบโค้ด จึงทำให้ง่ายต่อการพัฒนาอย่างมาก เมื่อเทียบกับตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลของบริษัทอื่น ที่มีขายในท้องตลาดปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

2.เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีแนวทางการออกแบบ และสร้างชุดทดลอง เป็นขั้นตอนดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 111-114)

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่ (Function Element)
4. วิเคราะห์ และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบ และตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน
7. การเตรียมเอกสารประกอบ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ออกแบบสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จะประกอบไปด้วยชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP, เอกสารคู่มือการใช้ชุดทดลอง และ ใบงานการทดลอง จำนวน 10 ใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 การใช้งาน อินพุต และ เอาท์พุต พอร์ต
ใบงานที่ 2 การใช้งานอินเตอร์รัพท์
ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ DSP กับตัวแสดงผล LCD
ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ DSP กับตัวแสดงผล 7-Segment
ใบงานที่ 5 การเชื่อมต่อ DSP กับสวิตช์เมตริกซ์
ใบงานที่ 6 การใช้งาน DSP สร้างสัญญาณ PWM
ใบงานที่ 7 A/D และ D/A
ใบงานที่ 8 สัญญาณดิจิตอลออสซิลเลเตอร์
ใบงานที่ 9 ตัวกรองสัญญาณ FIR
ใบงานที่ 10 ตัวกรองสัญญาณ IIR

1.5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1.5.2.1 ประชากร และ กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพ ของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อหาคุณภาพเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family

2) กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อหาคุณภาพเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family โดยที่ผู้วิจัยได้เลือกแบบเจาะจงจากประชากรผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family จำนวน 10 ท่าน

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษาคือ คุณภาพ ของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1) ชุดทดลอง หมายถึง ชุดที่ใช้ปฏิบัติการ การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ใช้ในการเรียนรู้วิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล รูปแบบต่าง ๆ ได้ซึ่งประกอบไปด้วยชุด TMS320C50 DSK อุปกรณ์ต่อพ่วงในระบบ ใบงานการทดลองจำนวน 10 ใบงาน

2) ใบงานการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ใช้อธิบายรายละเอียดและขั้นตอนการทดลองของชุดทดลองที่สร้างขึ้นในแต่ละใบงาน

3) คู่มือการใช้งานชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP หมายถึง รายละเอียดวิธีการใช้ชุดทดลอง การติดตั้ง การต่อใช้งาน การทดสอบ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

3) ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และมีประสบการณ์ด้านการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family ไม่ต่ำกว่า 4 ปี

4) ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีประสบการณ์ด้านการออกแบบชุดทดลอง ใบงานการทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลและมีประสบการณ์ใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family ไม่ต่ำกว่า 4 ปี

5) คุณภาพ หมายถึง คุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้น ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินคุณภาพ โดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทำการประเมินผลชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP นี้ผู้วิจัยวิจัยมุ่งเน้นให้บุคคลที่มีความรู้และมีความสนใจที่จะใช้งานเชื่อมต่อระบบไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ได้ฝึกและทดลองภาคปฏิบัติเกี่ยวกับกรรมวิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล และ เทคนิคการนำตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลไปใช้งานต่อเชื่อมกับอุปกรณ์รอบเพื่อติดต่อผู้ใช้ และได้ประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้นโดยการวิจัยนี้มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การวิจัยเชิงทดลอง

2.2 การออกแบบชุดทดลองและใบงานการทดลอง

2.3 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง

2.4 การประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

2.5 TMS320C50 DSK

2.6 พื้นฐานการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย MATLAB

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิจัยเชิงทดลอง

การวิจัยเชิงทดลอง เป็นวิธีการแสวงหาความรู้อย่าง มีเหตุ และมีผล การทดลองเป็นการทดสอบสมมุติฐานอย่างหนึ่งคือ เมื่อผู้วิจัยนิยามปัญหาที่จะวิจัยแล้วก็ตั้งสมมุติฐาน ซึ่งสมมุติฐานนี้อาจถูกหรือผิดก็ได้ การที่สมมุติฐานจะได้รับการยืนยันได้นั้น ต้องมีข้อมูล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ว่ามีความถูกต้องเพียงใด จุดมุ่งหมายของการวิจัยเชิงทดลอง ก็เพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ได้จากผลการทดลอง แล้วจึงสรุปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ (ประกาศิต ตันติอลงการ,2535:3)

วิธีการดำเนินการวิจัยเชิงทดลอง ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การศึกษางานวิจัย หนังสือ บทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาที่จะทำการวิจัย
2. กำหนดจุดมุ่งหมาย และนิยามปัญหาที่ทำให้ชัดเจน
3. ตั้งสมมุติฐาน นิยามคำศัพท์เฉพาะ และตัวแปรให้ชัดเจน
4. สร้างแบบแผนการฝึกทดลอง ให้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด ระบุตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องทั้งหมด เลือกแผนการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด คัดเลือกเครื่องมือในการวิจัย โดยพิจารณาถึงความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการวิจัย แปลงสมมุติฐานเป็นข้อมูลทางสถิติ

5. ดำเนินการทดลอง และต้องควบคุมสิ่งต่าง ๆ ให้คงที่

6. จำกัดลักษณะการกระทำต่าง ๆ ที่อาจทำให้ได้ข้อมูลที่ผิด และมีอิทธิพลต่อการทดลอง

7. นำวิธีทางสถิติมาทดสอบสมมุติฐาน และพิจารณาประสิทธิภาพของผลวิจัยที่ได้ (ประกาศิต ตันติอลงการ, 2535: 9)

ศักรินทร์ โสนันทะ(2542: 8)ได้เขียนขั้นตอนการวิจัยเชิงทดลองดังนี้

1.ในการสอนด้วยวิธีทดลองนั้นต้องกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้ทดลองให้ชัดเจนเพื่อให้มีทักษะอะไร หรือเพื่อพิสูจน์อะไร การสอนโดยวิธีทดลองนี้ครูจะต้องวิเคราะห์กิจกรรมการสอนประกอบไปด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง และกิจกรรมการเรียนจะมีลำดับขั้นตอนอย่างไร มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมืออะไร และจะใช้เมื่อใดเป็นต้น

2.วิธีแบบทดลอง เป็นวิธีกานที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู่จากการค้นพบ โดยวิธีการปฏิบัติการในห้องทดลอง นักเรียนจะได้รับครามรู้จากประสบการณ์ตรงโดยวิธีการสังเกตุจากการทดลองและการดำเนินการสอนมีดังนี้

2.1 ขั้นนำให้เกิดการเข้าใจและแรงจูงใจครูจะแนะนำสิ่งที่จะทำการทดลองอธิบายวิธีการทดลองและแจกคำแนะนำในการทดลอง

2.2 ขั้นทำการทดลอง นักเรียนทุกคนจะทำการทดลองมนปัญหาเดียวกัน หรืออาจแตกต่างกันก็ได้

2.3 ขั้นเสนอผลการทดลองนักเรียนรายงานข้อมูล หรือสิ่งที่ค้นพบนั้นรวบรวมเป็นแบบรายงานหรือจัดแสดงนิทรรศการผลงานด้านต่างๆ พร้อมทั้งอธิบายประกอบ

2.4 ขั้นสรุปและวัดผล ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง และความคิดรวบยอดที่ต้องการ

3. การสอนแบบปฏิบัติการ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนการสอนภายใต้การแนะนำจากครู และทดลองปฏิบัติ ฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการสังเกต การทดลองภายใต้การควบคุมไว้

ข้อดีของการสอนแบบปฏิบัติมีดังนี้

3.1 การกระทำกิจกรรมการเรียน โดยการทดลอง อาจดำเนินโดยผู้เรียน เป็นรายบุคคล หรืคเป็นกลุ่มเล็กๆ ก็ได้

3.2 ผู้เรียนอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติ จากสื่อที่สามารถเรียนได้ด้วยตนเอง

3.3 เป็นเทคนิคที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหาผู้เรียนได้เรียนรู้การสรุปครอบคลุมในสถานการณ์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เป็นวิธีการเรียนที่ผู้เรียนจะทำการสืบเสาะ หาความรู้และค้นพบความรู้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีทักษะมากขึ้น

สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์ (2542: 17) กล่าวไว้ว่า วิธีสอนถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งส่วนหนึ่งของการเรียนการศึกษา ถ้าผู้สอนรู้จักวิธีการสอนที่ดีที่เหมาะสมแล้วย่อมจะทำให้ผู้เรียนได้ประโยชน์ดังนี้

1. ได้รับความรู้และความเข้าใจในบทเรียนบทที่ครูสอน
2. มีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งที่เรียนรู้
3. มีความสามารถนำสิ่งต่างๆที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์
4. มีทักษะและความชำนาญในวิชาการที่เรียนรู้
5. นำความรู้ที่เกิดขึ้นไปพัฒนา เพื่อให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางมากขึ้น
6. ก่อให้เกิดความคิดใหม่ๆ

ประโยชน์ดังกล่าวจึงถือว่า วิธีการสอนมีความหมายและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้เรียนที่จะส่งผลให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์กลับไปมากน้อยเพียงไร

2.2 การออกแบบชุดทดลองและใบงานการทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110) ได้อธิบายถึงแนวทางขั้นตอนในการออกแบบการสร้างชุดทดลองว่า โดยทั่วไปแนวทางในการออกแบบสร้างจะมี 2 แบบ คือ การออกแบบสร้างตามแบบนิยม (Conventional Design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical Design) ความแตกต่างของสองแนวทางนี้ คือ แนวทางแรกเป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อๆ กันมาไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอน แต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญแห่งตนจึงต่างจากแนวทางแบบที่สอง ซึ่งใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือ มีขั้นตอนงานที่เด่นชัดแน่นอน เป็นตรรก และสามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานออกแบบสร้างในสาขาต่างๆ ได้

ดังนั้น การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตก็ได้ นำหลักวิชาการทางด้านการออกแบบสร้าง มาประยุกต์เป็นหลักการที่มีขั้นตอนในการออกแบบสร้างเป็นขั้นตอนดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543: 111-114)

2.2.1 ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน

เป็นขั้นตอนที่ต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง หรือสาธิตนั้นเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ ในการเรียนการสอนศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น ในบางครั้ง ถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น เช่น บริษัทในต่างประเทศก็ควรจะศึกษารายละเอียดต่างๆ ด้วย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยาย แต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่างๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างก็ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆ ก็ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

2.2.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์

จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในข้อ 1 จะนำมาดำเนินการวิเคราะห์คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งทำให้ทราบรายการหน้าที่ (Function Element) ของอุปกรณ์ และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่วๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่าต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใด รูปร่างอย่างไร อย่างไรก็ตาม เฉพาะค่าพื้นฐานก็อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ (Relation Term) ด้วย

2.2.3 ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่ (Function Element)

เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด (Function Carrier) ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไก (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน เป็นต้น

สิ่งที่จะต้องกำหนดอาจเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตช์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Construction Element) จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่ จะมากได้สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่างๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่างๆ และลักษณะของ การเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจจะต้องมีการระดมสมอง (Brain Stroming) ร่วมกัน ต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ แม้กระทั่งผลงานของผู้อื่น (บริษัทคู่แข่ง)

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่น การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จ ความยากง่ายในการผลิต และค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนั้น ควรจะให้ชิ้นส่วนประกอบบางชิ้น ทำหน้าที่ได้หลายๆ หน้าที่ด้วย สิ่งสำคัญยิ่งในจุดนี้ คือ การพยายามใช้ ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์บางอย่าง ซึ่งมีอยู่หรือได้พัฒนามาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

เป็นขั้นตอนที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างออกไป การตัดสินใจเลือกมีสิ่งสำคัญ คือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ ก็แตกต่างกันไป ตามแต่ความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรง และน่าเชื่อถือในการตัดสินใจเลือก จึงควรประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น

การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือกถึงสองขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรก ตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นที่สอง จะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้ หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมา แล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อยๆ แต่ละชุด

2.2.5 ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ

จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในข้อ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบ โดยคร่าวๆ หรือเป็นแบบงานง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการประลองหรือทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่างเพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ และจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาดระยะ รูปร่างของอุปกรณ์นี้ด้วย

อุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูล (Data) บางอย่าง เพื่อทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนั้นก็จะศึกษาพิจารณาเรื่อง แนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆ ด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์นั้น

2.2.6 ขั้นตอนที่ 6 เขียนแบบงาน

ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวงานเขียนแบบอาจไม่จำเป็นแต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไปงานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานอุปกรณ์จะต้องมี แบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วน สำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนั้นก็ต้องมีข้อมูล หมายเลขชิ้นส่วนทั้งที่จะต้องสร้างขึ้นใหม่และชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้น งานเขียนแบบจึงต้องมีการกำหนดระบบ เลขหมายแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบในงานเขียนแบบมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนและวัสดุของหน่วยงาน

2.2.7 ขั้นตอนที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือ การใช้งาน เพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และสอดคล้องตามจุดประสงค์ ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนก็จะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนด้วย

ในขั้นตอนงานที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบจะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบ และในภายหลังเมื่อได้ผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริง ๆ แล้วก็จะต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆ ต่อไปอีก

เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียม อาจจะกำหนดให้มีในลักษณะต่างๆ กัน ตามแต่ ความมุ่งหมายของงาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน (Instruction Sheet) เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของ ผู้สอนและผู้เรียน เป็นต้น) เอกสารรายการสินค้า (Catalog) และใบเอกสารเสนอลูกค้า (Prospect)

ผู้ออกแบบสร้างอาจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมเอกสาร แต่ในบางกรณีก็อาจจะต้องตั้งเป็นทีมงาน หรือให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นฝ่ายพัฒนาขึ้นมา

ผลงานที่ได้ดำเนินงานในขั้นตอนงานที่ 7 สามารถจะดำเนินการผลิตอุปกรณ์ในลักษณะการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ได้เลย โดยที่การเตรียมเอกสารประกอบก็ดำเนินการควบคู่กันไป

2.3 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง

วิธีการสร้างชุดทดลอง และใบงานการทดลอง มีลำดับขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

2.3.1 ขั้นเตรียมเอกสาร และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3.2 ขั้นเตรียมการหาบุคลากร ที่จะช่วยในการสร้างชุดทดลองและใบงานการทดลอง ซึ่งประกอบ ด้วย ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ชำนาญการ ในสาขาวิชานั้น

2.3.3 ขั้นดำเนินการ

2.3.3.1 เลือกเนื้อหาวิชา

2.3.3.2 การกำหนดเวลา

2.3.3.3 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3.3.4 จัดลำดับเนื้อหา

2.3.3.5 วางแผนวิธีการสอน สื่อที่ใช้สอน กิจกรรมการเรียน และรูปแบบการประเมินผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.6 ขั้นตอนการผลิตสื่อ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การสร้างชุดทดลอง ซึ่งเป็นตัวเครื่องที่จะนำไปทดลอง โดยทั่วไปแล้วชุดทดลอง 1 ชุด จะใช้กับนักศึกษาจำนวนไม่เกิน 5 คน การสร้างโดยทั่วไปใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อง่าย และต้องมีราคาถูกคุณภาพดี

2) การสร้างใบงานการทดลอง จะต้องมีรายละเอียด ทั้งทฤษฎีบรรยาย ประกอบรูป คำตอบ สรุป และแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

2.3.3.7 นำชุดทดลอง และใบงานการทดลอง ไปทดลองใช้

2.3.3.8 นำกลับมาปรับปรุงแก้ไข (ถ้ามี)

2.3.3.9 ผลิตชุดทดลองและใบงานการทดลองที่สมบูรณ์ให้เพียงพอกับการใช้งานต่อไป

2.4 การประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน

เพื่อให้รู้ว่าสื่อที่ผลิตขึ้นมานั้นสามารถใช้สอนได้ตามต้องการหรือไม่ จะต้องมีการประเมินคุณภาพสื่อการสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 คุณภาพการสื่อความหมาย ด้านวิชาการ

2.4.1.1 ด้านวัตถุประสงค์

1) สื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์

2) สื่อเหมาะสมกับระดับความยากง่ายของวัตถุประสงค์

2.4.1.2 ด้านเนื้อหา

1) เนื้อหาวิชาถูกต้องไม่มีจุดผิด

2) เนื้อหาวิชาสามารถแยกย่อยได้

3) เนื้อหาวิชาเรียงลำดับเป็นตรรก

2.4.1.3 คุณภาพ และประสิทธิผลในการสื่อความหมาย

1) บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

2) สามารถลดปริมาณการให้เนื้อหาแบบเลื่อนลอยให้มีความหมาย และมีเป้าหมายมากขึ้น

3) สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี และมีเวลาสั้นลง

4) ช่วยเพิ่มกิจกรรมในการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นมากขึ้น

5) ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น

2.4.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวกับคน

2.4.2.1 ด้านผู้เรียน สื่อต้องให้เหมาะสมกับผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 ด้านผู้สอน สื่อไม่จำเป็นต้องอาศัยความสามารถพิเศษในการใช้สอน และประสบการณ์ของผู้สอน

2.4.3 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความพร้อม และการนำไปใช้งาน

2.4.3.1 ด้านวัสดุและอุปกรณ์

1) ใช้วัสดุพอสมควรกับความจำเป็น
2) ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น
3) อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบส่วนใหญ่ หาได้ง่าย

2.4.3.2 ด้านเวลา

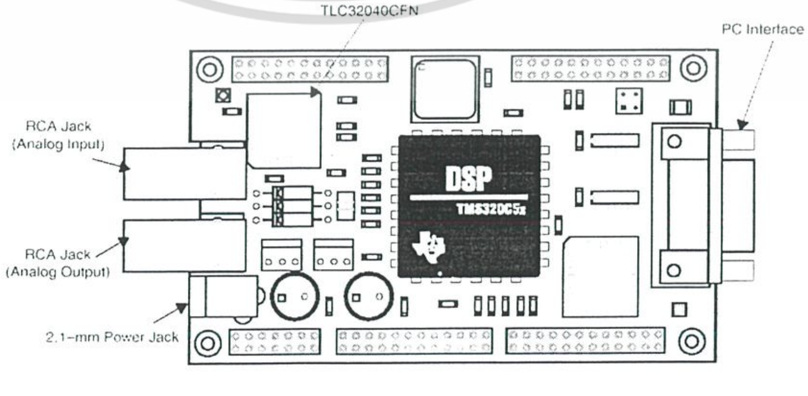
1) เวลาที่ใช้ในการผลิตไม่มากนัก
2) เวลาที่ใช้ในการแสดงสื่อนั้นไม่มากนัก

2.4.3.3 ด้านการใช้งาน

1) สามารถนำไปใช้งานง่าย และสะดวก
2) ไม่ยุ่งยากในการเตรียมงาน
3) ไม่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยพิเศษอื่นๆ ขณะนำไปใช้งาน

2.5 TMS320C50 DSK

TMS320C50 DSK เป็นบอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอลที่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ในราคาที่ต่ำ ง่ายต่อการใช้ สามารถสามารถประยุกต์ใช้งานในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลบน DSK BOARD ได้แบบ Real-Time โดยมี ชิพประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 ของบริษัทเท็กซัสอินสทรูเมนต์ เป็นตัวประมวลผล สามารถสร้าง ออกแบบซอฟท์แวร์ ให้ทำงานบน DSK BOARD ได้อย่างอิสระ หรือจะขยายระบบออกไปตามที่ต้องการก็ได้ โดยมีตัวดีบักเกอร์ ช่วยในการตรวจสอบโค้ด จึงทำให้ง่ายต่อการพัฒนาอย่างมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C5X DSK

จากประวัติการสร้างชิพประมวลผลสัญญาณดิจิตอล บริษัทเท็กซัสอินสทรูเมนท์ ได้แนะนำเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2525 ด้วยเบอร์ TMS320C10 ได้รับเลือกเป็นผลิตภัณฑ์ดีเด่นในปีนั้นเอง ดังนั้นชิพ TMS320C10 จึงกลายเป็นแบบสำหรับ TMS320 ในรุ่นต่อมา ปัจจุบัน TMS320C50 เป็นชิพประมวลสัญญาณดิจิตอล มีประสิทธิภาพ มีหน่วยความจำและอุปกรณ์เชื่อมต่ออยู่ภายใน ทำให้มีความสะดวกและประหยัดในการใช้งาน โดยเฉพาะมีรอบการทำงานของคำสั่งเพียง 50 นาโนวินาที ในการทำคำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้เวลาหนึ่งรอบการทำงาน ทำให้สามารถประมวลผลสัญญาณได้ถึง 28 ล้านคำสั่งต่อวินาที และสามารถทำการประมวลผลแบบเวลาจริงได้ทันที ซึ่งชิพ TMS320C50 นี้เป็นชิพประมวลผลสัญญาณเชิงเลขชิพเดี่ยวขนาด 16 บิต แบบไม่คิดจุดทศนิยมมีความยืดหยุ่นในการควบคุมด้วยความเร็วสูง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. กลุ่มคำสั่งมีความยืดหยุ่นสูงมาก
2. สะดวกต่อการใช้งาน
3. มีความเร็วสูงสามารถปฏิบัติงาได้มากกว่า 28 ล้านคำสั่งต่อวินาที
4. ออกแบบด้วยสถาปัตยกรรมแบบขนาน
5. ราคาต่ำ

2.5.1 ลักษณะโครงสร้างของ TMS320C50

1. รอบการทำงานของคำสั่งใช้เวลา 35-50 นาโนวินาที
2. ซอร์สโค้ดเข้ากันได้กับ C1x และ C2x
3. กระทำคำสั่งได้ 28.6 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS)
4. มีหน่วยความจำข้อมูลในชิพ (RAM) 9 กิโลเวิร์ด
5. มีหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) 2 กิโลเวิร์ด
6. มีทางเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูล 2 ทาง ภายในชิพ (RAM) 1056 เวิร์ด
7. มีพื้นที่หน่วยความจำภายนอก 224 กิโลเวิร์ด
8. หน่วยประมวลผลคณิตศาสตร์ (ALU),แอคคิวมูเลเตอร์ (ACC) และบัฟเฟอร์ มีขนาด 32 บิต
9. หน่วยลอจิกขนานมีขนาด 16 บิต
10. การคูณเป็นแบบขนานขนาด 16x16 บิต ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็น 32 บิต
11. คูณเลขโดยใช้สัญญาณนาฬิกาหนึ่งรอบการทำงาน
12. มีรีจิสเตอร์ช่วย จำนวน 8 ตัว
13. เพิ่มฮาร์ดแวร์สแตคขึ้นถึง 8 ระดับ
14. มีตัวเลื่อนบิต (Shifter) แบบขนาน 16 บิต และ 64 บิตในการเลื่อนข้อมูล
15. มีการทวนคำสั่งที่เป็นคำสั่งเดี่ยว และทวนรหัสโปรแกรมหรือข้อมูลเป็นบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. มีการจัดการโปรแกรมหรือข้อมูลไปไว้ในบล็อกหน่วยความจำที่ดีกว่า

17. มีพอร์ตอนุกรมแบบเข้าจังหวะ (Synchronous) 2 ทาง (Full Duplex) สำหรับติดต่อกับพอร์ตอนุกรมกับอุปกรณ์อื่นๆ

18. มีพอร์ตอินพุต เอาต์พุต แบบขนานทั้งหมด 64 กิโลตำแหน่ง และมี 16 พอร์ต อยู่ในพื้นที่หน่วยควา.งจำ

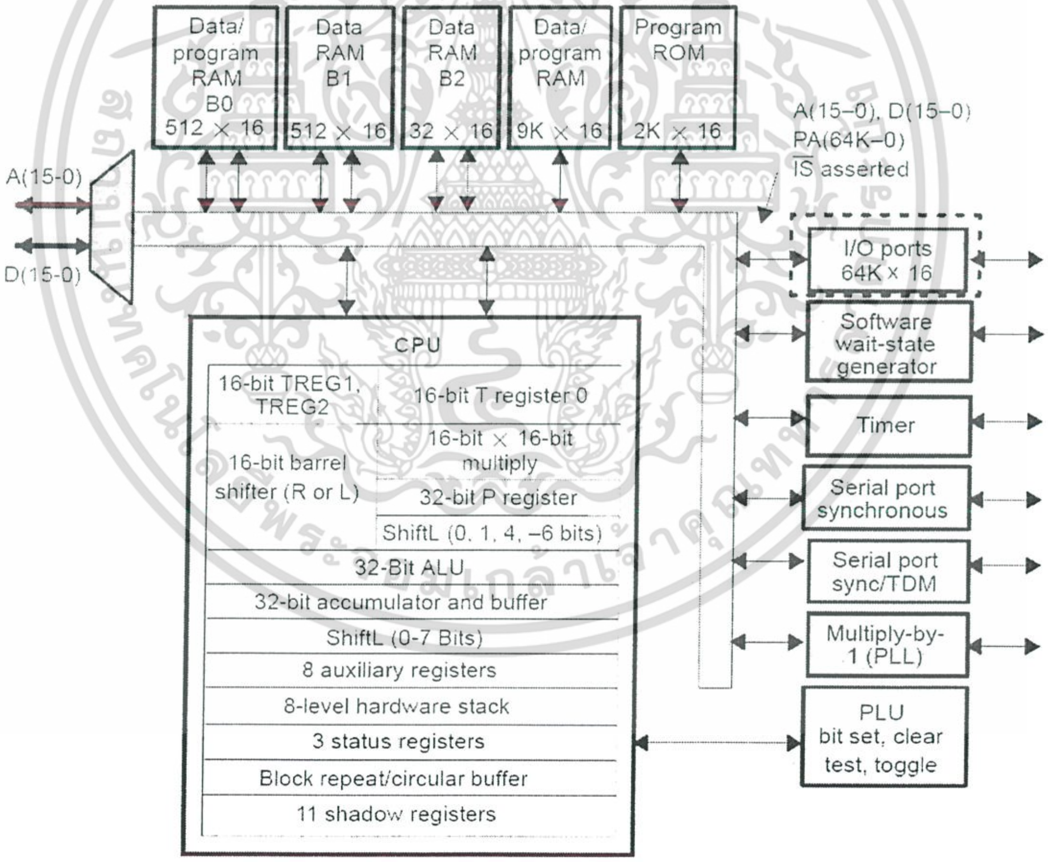
19. มีโปรแกรม Wait-State เพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ หรือหน่วยความจำภายนอกที่ทำงานช้ากว่า

20. ปฏิบัติงานแบบ 4 ไปป์ไลน์ มีตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในชิพ

21. โหมดการอ้างข้อมูลแบบชี้ตำแหน่ง (Index-Addressing)

22. ใช้เทคโนโลยีแบบ CMOS

23. ใช้ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ มี 132 ขา



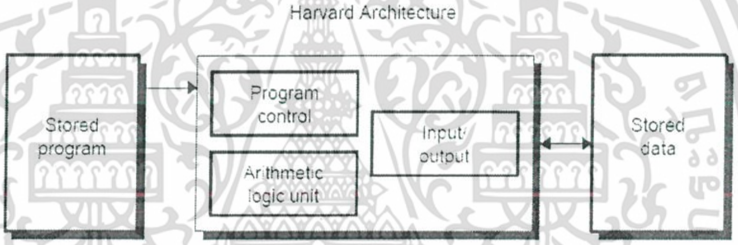
รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C5X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

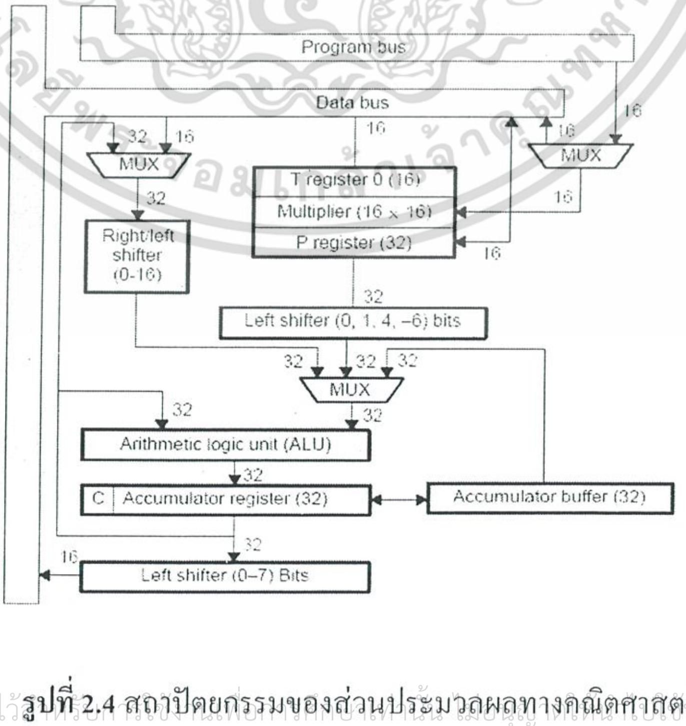
2.5.2 สถาปัตยกรรมของ TMS320C50 โครงสร้างส่วนสำคัญของ TMS320C50 DSP ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ

1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
2. หน่วยความจำ(Memory)
3. วงจรอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ภายนอก

TMS320C50 เป็นโปรเซสเซอร์ ที่ใช้สำหรับในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล โดยตรง ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับ TMS320C25 และใช้สถาปัตยกรรมแบบเดียวกัน คือ สถาปัตยกรรมแบบ "ฮาร์วาดร์" โดยจะแบ่งโครงสร้างของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน แยกจากกัน คือหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งจะทำให้การทำงานต่างๆ เป็นไปด้วยความเร็วสูง นอกจากนั้นยังสามารถทำการโอนย้ายข้อมูล ระหว่างกันได้ ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้น จะทำการคำนวณโดยใช้เลขแบบทูคอมพลีเมนท์ โดยใช้ ALU ซึ่งเป็นหน่วยกระทำทางคณิตศาสตร์ และลอจิกจะใช้ตัวกระทำขนาด 16 บิต และแอคคิวมูเลเตอร์ขนาด 32 บิต



รูปที่ 2.3 สถาปัตยกรรมของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C5X



รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรมของส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ลักษณะขาของ TMS320C50 ชิพประมวลสัญญาณดิจิตอลเบอร์ TMS320C50 จะมีลักษณะ มีขาต่าง ๆ 132 ขา รอบ ๆ ทั้งสี่ด้าน (Quad Flat Pack QFP) ซึ่งแต่ละขามีความสัมพันธ์กันที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ในการต่อเชื่อมร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากรูปที่ 2.5 จะแสดงด้านบนของเพ็กเกจ ลักษณะโครงสร้างของการจัดวางตำแหน่งขาจะเห็นว่าลักษณะการวางขามีการออกแบบ ตลอดจนจัดทำขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะการบัดกรีแบบยึดติดพื้นผิว ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการบัดกรีชนิดพิเศษ โดยจะใช้เครื่องมือในบัดกรีแบบปกติธรรมดาไม่ได้

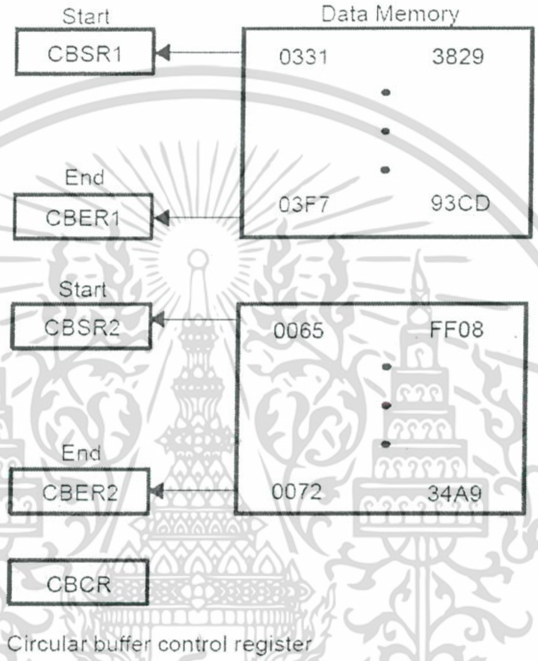
รูปที่ 2.5 ลักษณะขาภายนอกของ TMS320C50

2.5.4 การอ้างถึงตำแหน่งข้อมูล TMS320C5X สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมได้ 64 กิโลเวิร์ดและอ้างหน่วยความจำข้อมูล 96 กิโลเวิร์ด มีโหมดการอ้างถึงตำแหน่งข้อมูล 8 โหมด โหมดที่สำคัญ มี 6 โหมด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1. การอ้างตำแหน่งโดยตรง (Direct Addressing Mode)
2. การอ้างตำแหน่งโดยอ้อม (Indirect Addressing Mode)
3. การอ้างตำแหน่งแบบทันที (Immediate Addressing Mode)
4. การอ้างตำแหน่งรีจิสเตอร์ (Dedicated Register Addressing Mode)
5. การอ้างตำแหน่งผังหน่วยความจำรีจิสเตอร์(Memory-Mapped register Addressing Mode)
6. การอ้างตำแหน่งแบบวนรอบ (Circular Addressing Mode)

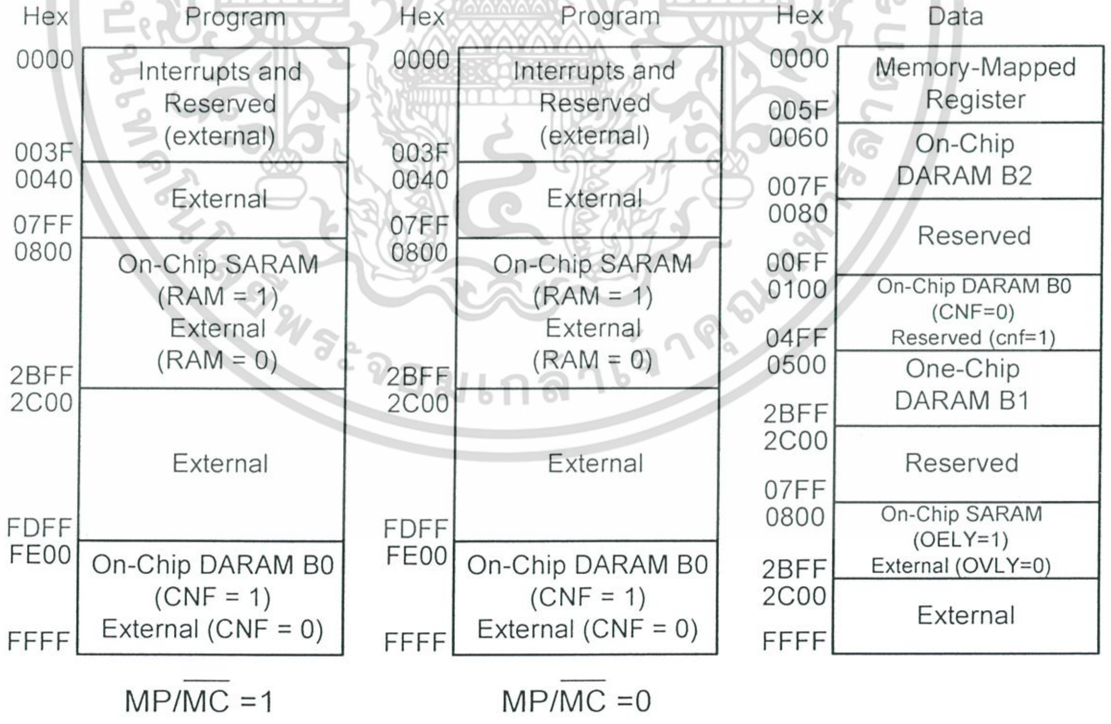


รูปที่ 2.6 การอ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลแบบวนรอบ

2.5.5 การควบคุมการนำข้อมูลเข้า และ ออก (Peripheral Control) ใน C50 มีคอนเนกเตอร์เชื่อมต่อกับ CPU ได้แก่พอร์ตอนุกรม, พอร์ตอนุกรม TDM, ไทม์เมอร์, ซอฟต์แวร์ โปรแกรมสถานะการคอย, อินพุต-เอาต์พุตพอร์ต, การหาร โดยใช้สัญญาณนาฬิกาหนึ่งลูก (Devided by One Clock) และขา XF กับ BIO โดยอุปกรณ์เชื่อมต่อเหล่านี้ สามารถควบคุมได้โดยตรงจากค่าของรีจิสเตอร์ที่เก็บ ดังแสดงไว้ในผังหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60915

2.5.6 การจัดหน่วยความจำ ในตัว TMS320C50 มีหน่วยความจำความเร็วสูงขนาด 1,056 เวิร์ด โดยที่แต่ละเวิร์ดมีขนาด 16 บิต และมีรอมภายในขนาด 256 เวิร์ด สามารถอ้างอิงหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 224 กิโลเวิร์ด แบ่งเป็นหน่วยความจำข้อมูล, หน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำอินพุต เอาต์พุต (I/O) อย่างละ 64 กิโลเวิร์ด นอกนั้นอีก 32 กิโลเวิร์ด สำหรับใช้งานทั่วๆ ไป ส่วน ALU (Arithmetic Logic Unit),แอคคิวมูเล-เตอร์ (ACC) และแอคคิวมูเลเตอร์บัฟเฟอร์ (ACCB) มีขนาด 32 บิต ที่สามารถคูณเลขขนาด 32 บิต ได้ภายใน 1 รอบคำสั่ง ทั้งนี้เนื่องจากตัว ALU มีวงจรคูณแบบ 16X16 บิต แบ่งเป็นอินพุต 16 ช่อง เอาต์พุต 16 ช่อง วงจรติดต่อหน่วยความจำร่วม (Global Data Memory Interface)ตัว TMS320C50 สามารถต่อใช้งานเพียงตัวเดียว หรือจะต่อใช้งานขนานกันหลายตัวที่เรียกว่าเป็นระบบ Multi-Processor System ก็ได้ ในการใช้งานกับหน่วยความจำภายนอกตัวชิพจะทำงานได้ช้ามาก จึงได้เน้นให้ใช้หน่วยความจำแบบภายในชิพเป็นที่เก็บโปรแกรมแทน ในการใช้งานให้ดาวน์โหลดโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกมาเก็บในชิพแล้วจึงรันโปรแกรมทำงาน โดย TMS320C50 ได้เพิ่มคำสั่ง “Block Transfer” ที่ใช้ในการโหลดข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกมาทีละบล็อก แล้วมาเก็บไว้ในแรมของชิพ วิธีการนี้จะช่วยให้การทำงานเร็วขึ้น



รูปที่ 2.7 ลักษณะการจัดพื้นที่หน่วยความจำของ TMS320C50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 พื้นฐานการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยใช้โปรแกรม MATLAB

การสร้างสัญญาณโดยการใช้ฟังก์ชันภายใน MATLAB ก็จะมีฟังก์ชันของแต่ละลักษณะของสัญญาณ แต่ละฟังก์ชันจะถูกกำหนดค่าให้เวกเตอร์ของแกนเวลา ตัวอย่างเช่นถ้าเราต้องการสร้างสัญญาณที่มีความถี่ 1000 Hz ก็จะสามารถกำหนดเวกเตอร์ของแกนเวลาได้เป็น

```
t = (0:0.001:1)';
```

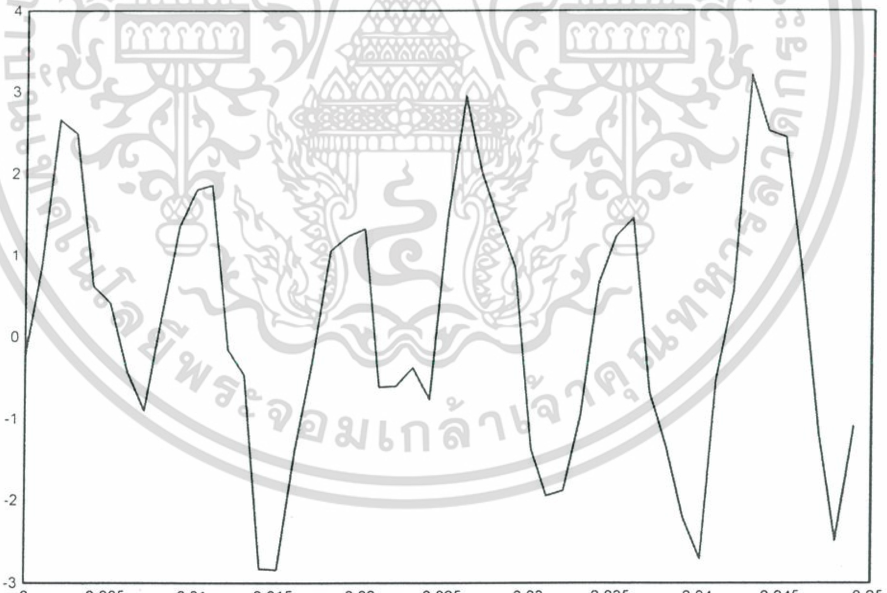
เมื่อ MATLAB ประมวลผลแล้วก็จะสร้างเวคเตอร์แถวจำนวน 1001 แถว ตั้งแต่ 0 – 1000 เครื่องหมาย (') จะเปลี่ยนจากเวคเตอร์ลำดับแถวแถวเป็นคอลัมน์ และเครื่องหมาย (;)หมายถึงไม่แสดงผล

เราสามารถใช้ t สร้างสัญญาณ y ซึ่งประกอบไปด้วย 2 สัญญาณโดยที่สัญญาณที่หนึ่งมีความถี่ 50 Hz สัญญาณที่สองมีความถี่ 120 Hz และมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าได้ดังนี้

```
y = sin (2*pi*50*t) + 2*sin (2*pi*120*t);
```

ค่าตัวแปล y ก็จะแปลเปลี่ยนไปตามแต่ละค่าของ t ตั้งแต่ค่า 0 – 1000 และเราก็จะสามารถพลอตกราฟค่าของ y ที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่า t ที่กำหนดได้ คือ

```
Plot (t (1:50),y(1:50))
```



รูปที่ 2.8 ค่าการพลอตของ y และ t จากสมการ y = sin (2*pi*50*t) + 2* sin(2*pi*120*t)

การสร้างสัญญาณยูนิทอิมพัลซ์ ยูนิทสเต็ปและยูนิทแรม (Unit Impulse, Unit Step, and Unit Ramp) สามารถสร้างแต่ละสัญญาณได้แยกกัน หรือ ทำลำดับต่อกันไปได้เลยดังตัวอย่าง เช่น

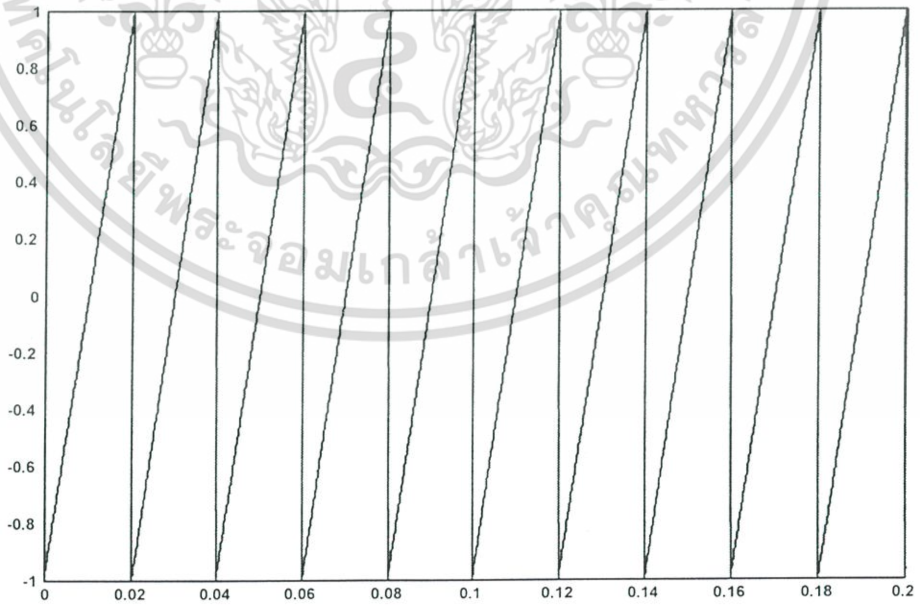
```
t = (0:0.001:1)';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
y = [1; zeros (99, 1)];     % impulse
y = ones (100. 1);          % step (filter assumes 0 initial condition.)
y = t;                      % ramp
y = t^2;
y = square (4*t);
```

ก ารกำหนดคาบเวลาของสัญญาณ ถ้าลักษณะของสัญญาณ เป็นสัญญาณฟันเลื่อยคาบเวลาก็จะถูกกำหนดโดยความกว้างของพัลซ์ wideth ซึ่งจะเป็นตัวคูณกับ 2¶ จะเป็นได้ค่าคาบเวลาที่จะสามารถเกิดขึ้นสูงสุดของสัญญาณ กรณี เป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมก็จะกำหนดคาบเวลาด้วยการกำหนด Duty cycle ซึ่งจะเป็นเปอร์เซนต์ ความกว้างของคาบเวลาด้านบวกตัวอย่างเช่นต้องการสร้างสัญญาณฟันเลื่อยมีความถี่ 50 Hz เกิดขึ้น ทุก ๆ 1.5 วินาที อัตราการแซมเปิ้ลที่ 10kHz และพลอตที่ 0.2 วินาที ทำได้ดังนี้ คือ

```
fs = 10000;
t = 0:1/fs: 1.5;
x = sawtooth (2*pi*50*t);
plot (t,x), axis ([0 0.2 -1 1])
```



รูปที่ 2.9 สัญญาณฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการสร้างตัวกรองสัญญาณดิจิตอล และ การวิเคราะห์โดยการใช้โปรแกรม MATLAB (Filter Implementation and Analysis in MATLAB) ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงลักษณะของสัญญาณดีสครีตฟิลเตอร์ และ การใช้ฟังก์ชัน filter ในโปรแกรม MATLAB และฟังก์ชันอื่น ๆ ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล การวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวกรองสัญญาณ ซึ่งประกอบไปด้วยผลตอบสนองอิมพัลซ์, ผลตอบสนองของขนาด และ เฟส, กลุ่มการหน่วงเวลา ตำแหน่งของโพล และ ซีโร่เป็นต้น

การคอนโวลูชันและการกรองสัญญาณ (Convolution and Filtering) หลักพื้นฐานของการกรองสัญญาณ คือการคอนโวลูชันซึ่ง MATLAB ก็จะมีฟังก์ชัน conv อยู่และมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน คือ แบบการคอนโวลูชัน 1 มิติ (one-dimensional convolution) การคอนดโวลูชันหลายมิติ การคอนโวลูชันของเวคเตอร์ที่เป็นค่าเหมือนกันสามารถทำได้ดังนี้

```
conv ([1 1 1],[1 1 1])
ans =
1    2    3    2    1
```

ถ้าเรากำหนดให้ตัวกรองสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุทเป็น y(k) มีความสัมพันธ์กับอินพุท คือ x(k) โดยมีการคอนโวลูชันกับผลตอบสนอง h(k) สามารถเขียนเป็นสมการ ได้คือ

$$y(k) = h(k) * x(k) = \sum_{l=\infty}^{-\infty} h(k-l)x(l)$$

ถ้าตัวกรองสัญญาณดิจิตอลมีผลตอบสนองอิมพัลซ์ h(k) เป็นค่าที่แน่นอนแล้วและ x(k) ก็เช่นเดียวกันก็จะสามารถสร้างตัวกรองสัญญาณได้โดยการใช้ฟังก์ชัน conv เก็บค่า x(k) ไว้ในเวคเตอร์ x และ h(k) ไว้ในเวคเตอร์ h และทำการคอนโวลูชันข้อมูลทั้งสองได้คือ

```
x = randn(5,1);   % A random vector of length 5
h = [1 1 1 1]/4;   % Length 4 averaging filter
y = conv(h,x);
```

ตัวกรองสัญญาณและการถ่ายโอนฟังก์ชัน (Filters and Transfer Functions) โดยทั่วไปแล้วการแปลงแซด y(z) จากตัวกรองสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุทที่เป็น y(n) จะสัมพันธ์กับการแปลงแซด X(z) โดยสมการความสัมพันธ์คือ

$$Y(z) = H(z)X(z) = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \ldots + b(n-1)z^{-n}}{a(1) + a(2)z^{-1} + \ldots + a(m-1)z^{-m}} X(z)$$

เมื่อ $H(z)$ เป็นตัวกรองที่ถ่ายโอนฟังก์ชันโดยประกอบไปด้วยค่าคงที่ $a(i)$ และ $b(i)$ กับสัมประสิทธิ์ของตัวกรองสัญญาณจากลำดับที่มากลดลงไปเป็นจำนวนเท่ากับค่า m และ n ที่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกรองโดยฟังก์ชันตัวกรอง (Filtering with the filter Function) จากสมการการถ่ายโอนฟังก์ชัน จะมีความแตกต่างจากสมการที่แปลงแซดกลับ (Inverse z-transform) โดยกำหนดให้ a(1) = 1 และจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$y(k)+a_2y(k-1)+\ldots+a_{m+1}y(k-m)=b_1x(k)+b_2x(k-1)+\ldots+b_{n+1}x(k-m)$$

ในกลุ่มของสมการส่วนของอินพุท เอาต์พุท และ y(n) ก็คือ

$$y(k)=b_1x(k)+b_2x(k-1)+\ldots+b_{n+1}x(k-n)-a_2y(k-1)-\ldots-a_{m+1}y(k-n)$$

ในมาตรฐานของระบบแกนเวลาที่แทนระบบของตัวกรองดิจิตอล คอมพิวเตอร์จะเริ่มต้นทำงานที่ค่าของ y(1) และที่เงื่อนไขที่เป็นศูนย์และสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$y(1)=b_1x(1)$$
$$y(2)=b_1x(2)+b_2x(1)-a_2y(1)$$
$$y(3)=b_1x(3)+b_2x(2)+b_3x(1)-a_2y(2)-a_3y(1)$$

จากรูปแบบที่วิเคราะห์ออกมานี้ทำให้สามารถใช้ฟังก์ชันการกรองในโปรแกรม MATLAB ได้ง่ายดังตัวอย่างตัวกรอง ขั้วเดี่ยว (single-pole filter) โดยเป็นตัวกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน

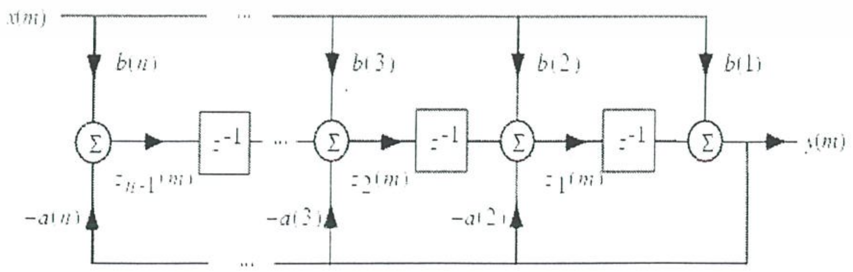
```
b = 1;           % Numerator
a = [1 -0.9];    % Denominator
```

เมื่อเวคเตอร์ b และเวคเตอร์ a เป็นสัมประสิทธิ์ตัวกรองสัญญาณที่ส่งผ่านฟังก์ชันจากการประยุกต์ใช้คุณสมบัติของตัวกรองเป็น

```
y = filter(b,a,x);
```

ในตัวกรองที่ให้นี้มีค่าตัวอย่างทางอินพุท (x) และเอาต์พุท (y) มีความยาวของข้อมูลที่เท่ากัน ถ้าในส่วนแรกไม่เท่ากับ 1 ตัวกรองก็จะหารสัมประสิทธิ์ด้วย a(1) ก่อนทำการวิเคราะห์ด้วยสมการดิฟเฟอเรนเชียล

ฟังก์ชันตัวกรองสัญญาณ (The filter Function) การวิเคราะห์ตัวกรองสัญญาณสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างเป็นโครงสร้างที่สองได้ เมื่อ n-1 เป็นลำดับของตัวกรองสัญญาณและมีค่าการหน่วงกำกับไว้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างลำดับการหน่วงของตัวกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ตัวอย่าง m ตัวกรองคอมพิวเตอร์จะมีสมการที่ต่างกันเป็น

$$y(m) = b(1)x(m) + z_1(m-1)$$
$$z_1(m) = b(2)x(m) + z_2(m-1) - a(2)Y(M)$$
$$\vdots = \vdots$$
$$z_{n-2}(m) = b(n-1)x(m) + z_{n-1}(m-1) - a(n-1)y(m)$$
$$z_{n-1}(m) = b(n)x(m) - a(n)y(m)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่ารูปแบบของสมการจะมีรายละเอียดมากกว่าสมการพื้นฐานโดยที่ตัวกรองนั้นจะเริ่มต้นจากการหน่วงเอาต์พุท zi(1), i = 1, ..., n-1 ถึง 0 มีผลทำให้ค่าทางอินพุทและเอาต์พุทมีค่าเป็นศูนย์ จากนั้นก็กำหนดค่าการหน่วงของเอาต์พุทโดยใช้ค่าอินพุทพารามิเตอร์ที่สี่ของตัวกรองสัญญาณหรือกระทำที่ตัวหน่วงตัวสุดท้ายของเอาต์พุทโดยใช้เอาต์พุทพารามิเตอร์ที่สอง ฟังก์ชัน MATLAB ที่ใช้เขียนได้เป็น

```
[y,zf] = filter (b,a,x,zi)
```

เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขสุดท้ายจะใช้เป็นข้อมูลการกรองแต่ละส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่มีหน่วยความจำอย่างจำกัด ถ้าหากใน 2 ส่วนและแต่ละส่วนมี 5000 ข้อมูลสามารถทำได้ดังนี้คือ

```
x1 = randn(5000,1); % Generate two random data sequences.
x2 = randn(5000,1);
```

ข้อมูลลำดับแรก x1 จะตรงกับค่า 10 มิลลิวินาที ข้อมูลที่สอง x2 ก็จะบวกไปอีก 10 มิลลิวินาทีทั้งหมดนี้เขียนเป็นข้อมูลลำดับของ x ได้ x = [x1;x2] ในขณะเดียวกันถ้าหน่วยความจำไม่เพียงพอในการรวมลำดับการทำงานไว้ด้วยกันเช่นนี้ก็สามารถแยกเป็นลำดับย่อย ๆ เป็น x1 และ x2 ได้โดยแยกกันทำงานคนละเวลา ถ้าจะให้แน่นอนแล้วจะต้องทำลำดับการกรองไปเรื่อย ๆ โดยใช้เงื่อนไขสุดท้ายของ x1 เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นของ x2 ตัวอย่างเช่น

```
[y1,zf] = filter(b,a,x1);
y2 = filter(b,a,x2,zf);
```

ฟังก์ชัน filtic เป็นฟังก์ชันที่ใช้กำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้นให้กับฟังก์ชัน filter ดังตัวอย่างเช่น

```
zf = filtic(b,a,flipud(y1),flipud(x1));
```

ฟังก์ชัน filtic นี้เราจะใช้เมื่อต้องการให้ข้อมูล และ ลำดับของตัวกรองสั้นลงจะทำให้ลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสัญญาณที่เกิดขึ้นชั่วขณะที่ไม่ต้องการได้

การวิเคราะห์โดเมนความถี่ตัวกรองสัญญาณ (Frequency Domain Filter Implementation) ทั้งโดเมนเวลาและโดเมนความถี่จะไม่สามารถกระทำใด ๆ กันได้โดยตรงเนื่องจากอยู่กันละโดเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในแต่ละโดเมนจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน แต่เราสามารถนำค่าโดเมนเวลาและโดเมนความถี่มากระทำกันให้เป็นผลสำเหร็จได้โดยการแปลงค่าทั้งสองให้อยู่ในโดเมนเดียวกันของแต่ละโดเมน

ในการวิเคราะห์โดยทั่วไปของระบบการ กรองแบบผลตอบสนองอิมพัลซ์ไม่จำกัด (IIR filtering) ในโดเมนของความถี่คูณด้วยอินพุทดีสครีตฟูริเยร์ทรานฟอร์ม (discrete Fourier transform (DFT)) หาร โดยเอาต์พุทควอนไทซ์ดีสครีตฟูริเยร์ทรานฟอร์มทำได้ดังนี้

```
n = length(x);
y = ifft(fft(x).*fft(b,n)./fft(a,n));
```

สำหรับ ระบบการกรองแบบผลตอบสนองอิมพัลซ์แบบจำกัดจำกัด (FIR filters) จะมีขอบเขตของลำดับฟังก์ชัน การวิเคราะห์ที่แน่นนอน การกรองแบบผลตอบสนองอิมพัลซ์แบบจำกัดเขียนได้คือ

```
y = fftfilt(b,x)
```

ผลตอบสนองอิมพัลซ์ (Impulse Response) ผลตอบสนองอิมพัลซ์ของตัวกรองดิจิตอลจะเพิ่มขึ้นในลักษณะ ยูนิตอิมพัลซ์อินพุท ลำดับของอินพุทสามารถกำหนดได้เป็น

$$x(n) = \begin{cases} 1, n=1 \\ 0, n\neq 1 \end{cases}$$

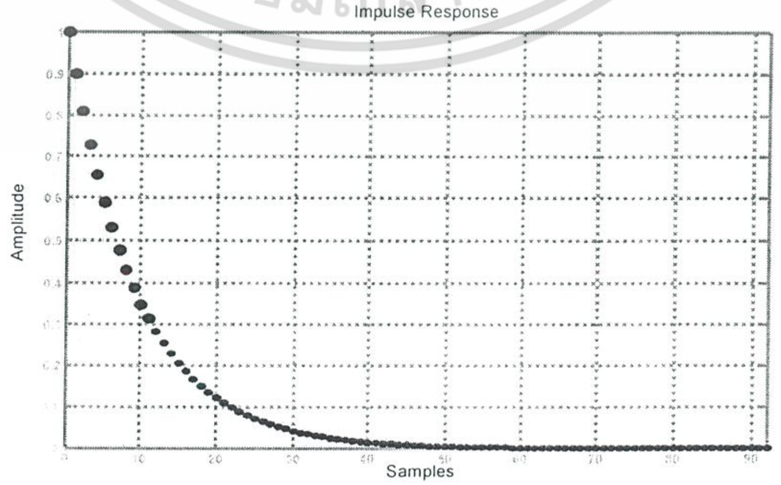
ใน MATLAB สามารถสร้างสัญญาณอิมพัลซ์ลำดับต่าง ๆ ทางด้านฟอเวิร์ดได้สามารถกำหนดได้ดังนี้ imp = [1; zeros (49,1)];

การผลตอบสนองอิมพัลซ์ของตัวกรองที่มี b = 1 และ a = [1 -0.9] ก็สามารถใช้ฟังก์ชันของตัวกรองสัญญาณได้คือ

```
h = filter (b,a,imp);
```

สามารถแสดงผลตอบสนองอิมพัลซ์โดยการใช้ฟิลเตอร์วิชวลไลซ์ทูล (Filter Visualization Tool)

```
fvtool(b,a)
```



รูปที่ 2.11 ผลการตอบสนองอิมพัลซ์ของตัวกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลิกที่ Impulse Response ที่ toolbar จะแสดงผลเป็น เอ็กโพแนนเชียลดีเคร (exponential decay) h(n) = 0.9n ผลตอบสนองความถี่ (Frequency Response) toolbox การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลในโปรแกรม MATLAB สามารถทำการวิเคราะห์โดเมนความถี่ระหว่างตัวกรองอะนาลอกและตัวกรองดิจิตอลได้

ดิจิตอลโดเมน (Digital Domain) ความถี่ในลักษณะดิจิตอลโดเมน จะใช้ฐานของฟูริเยร์อัลกอริทึมในการแปลงแซด ผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองดิจิตอลมีรูปแบบการเขียน m-file ได้เป็น

[h,w] = freqz(b,a,p)

จุด p-point เป็นผลตอบสนองความถี่เชิงซ้อน $H(e^{j\omega})$ ตัวกรองสัญญาณดิจิตอล

$$H(e^{j\omega}) = \frac{b(1) + b(2)(e^{-j\omega}) + \ldots + b(n+1)e^{-j\omega(n)}}{a(1) + a(2)(e^{-j\omega}) + \ldots + a(m+1)e^{-j\omega(m)}}$$

จากรูปแบบสมการความถี่ จะทำให้เข้าใจถึงสัมประสิทธิ์ของตัวกรองสัญญาณที่มีเวกเตอร์ b เวกเตอร์ a และค่าจำนวนเต็มของ p จากจุดนี้เองจึงทำให้สามารถคำนวนค่าของผลตอบสนองความถี่ได้ และค่าผลตอบสนองความถี่ h ที่เกิดขึ้นจะเทียบได้เท่ากับเวกเตอร์ w มีหน่วยเป็น rad/s

จ.กสมการความถี่ที่เกิดขึ้นก็ยังสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอื่นเช่น การสุ่มความถี่ ดังตัวอย่างการหาผลตอบสนองความถี่ 256 จุด ของตัวกรองสัญญาณแบบ Chebyshev Type I ลำดับที่ 12 โดยกำหนด อัตราการสุ่มความถี่ fs ที่ 1000Hz ได้ดังนี้

[b,a] = cheby1(12,0.5,200/500);

[h,f] = freqz(b,a,256,1000);

เพราะฉะนั้นค่าพารามิเตอร์ที่แสดงจะประกอบไปด้วยค่าความถี่สุ่มซึ่งจะใช้ ฟังก์ชัน freqz คำนวณค่า ของผลตอบสนองความถี่จำนวน 256 จุดในช่วง 0 – fs/2 และเก็บค่าไว้ที่เวกเตอร์ f

ถ้ามีการเรียกใช้ฟังก์ชัน freqz ในโปรแกรม MATLAB แต่ไม่มีเอาต์พุทรับค่า หรือ ไม่ได้กำหนดตัวแปลรับค่านั่นเอง ผลการคำนวนของฟังก์ชัน ก็ยังจะสามารถจะพรอตกราฟแสดงขนาด และ เฟสของความถี่ออกมาได้ดังตัวอย่าง ตัวกรองสัญญาณแบบความถี่ต่ำผ่านชนิด Butterworth ลำดับที่ 9 โดยความถี่คัทออฟอยู่ที่ 400 Hz ความถี่สุ่มพื้นฐาน 2000 Hz ฟังก์ชัน MATLAB จะเขียนได้เป็น

[b,a] = butter(9,400/1000);

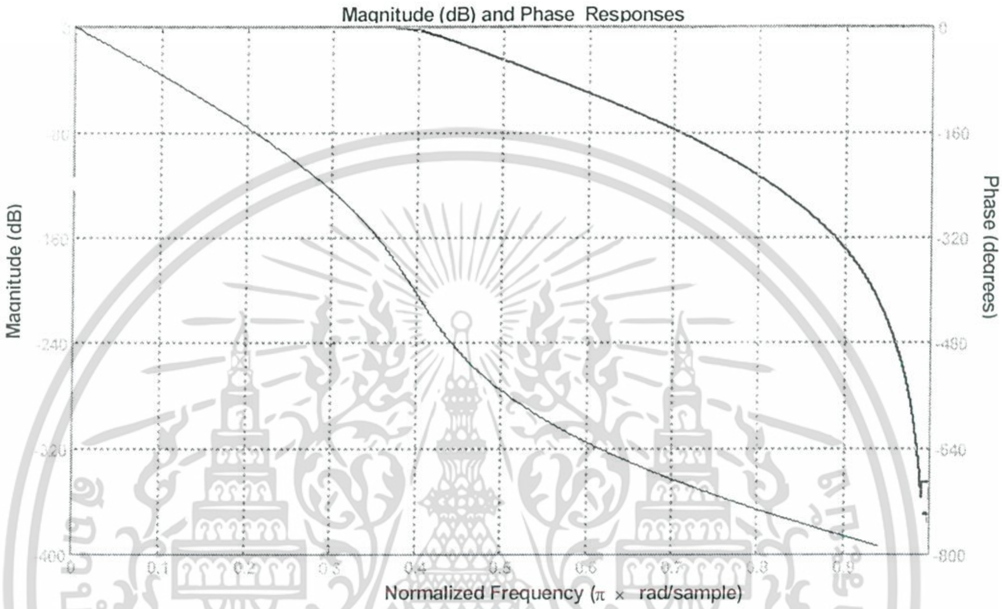
คำนวณผลตอบสนองความถี่เชิงซ้อน 256 จุด พรอตขนาดของเฟสด้วยฟังก์ชัน freqz คือ

freqz(b,a,256,2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวนผลตอบสนองขนาด และ เฟสโดยการเรียกใช้ fvtool ในโปรแกรม MATLAB ซึ่งจะมีฟังก์ชันวิเคราะห์ค่าขนาดของการตอบสนอง และค่าเฟสการตอบสนองได้ซึ่งรวมอยู่ภายในฟังก์ชัน fvtool โดยการใช้ การคลิกเม้า Magnitude and Phase Response บนทูลบาดังตัวอย่างต่อไปนี้

fvtool(b,a)



รูปที่ 2.12 ผลการตอบสนองขนาดและเฟส

ฟังก์ชัน freqz สามารถกำหนดช่วงของความถี่ ในการคำนวณหาผลตอบสนองความถี่ตามตัวอย่าง เช่น

```
w = linspace(0,pi);
h = freqz(b,a,w);
```

การคำนวณหาค่าผลตอบสนองความถี่เชิงซ้อนภายใน w การกำหนดค่า ตัวกรองสัญญาณสามารถกำหนดได้จากช่วงของความถี่ตั้งแต่ 0 - 2¶ ความถี่ในช่วงของการสุ่มจะเริ่มต้นจากศูนย์ความถี่รวมซึ่งเป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ความถี่และค่าการสุ่มความถี่

อนาลอกโดเมน (Analog Domain) การใช้ฟังก์ชันผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองอนาลอกจะถูกกำหนดโดยอินพุทที่เป็น สัมประสิทธิ์เวคเตอร์ a และ b ก็สามารถกำหนดจำนวนจุดของความถี่สุ่มที่ใช้ ตลอดจนพลอตผลการตอบสนองขนาด และเฟสของตัวกรองอนาลอกได้

ขนาดและเฟส (Magnitude and Phase) การหาผลตอบสนองขนาดและเฟสในฟังก์ชัน MATLAB จะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ตัดทอนมาจากผลตอบสนองของเวคเตอร์ h ในฟังก์ชัน abs

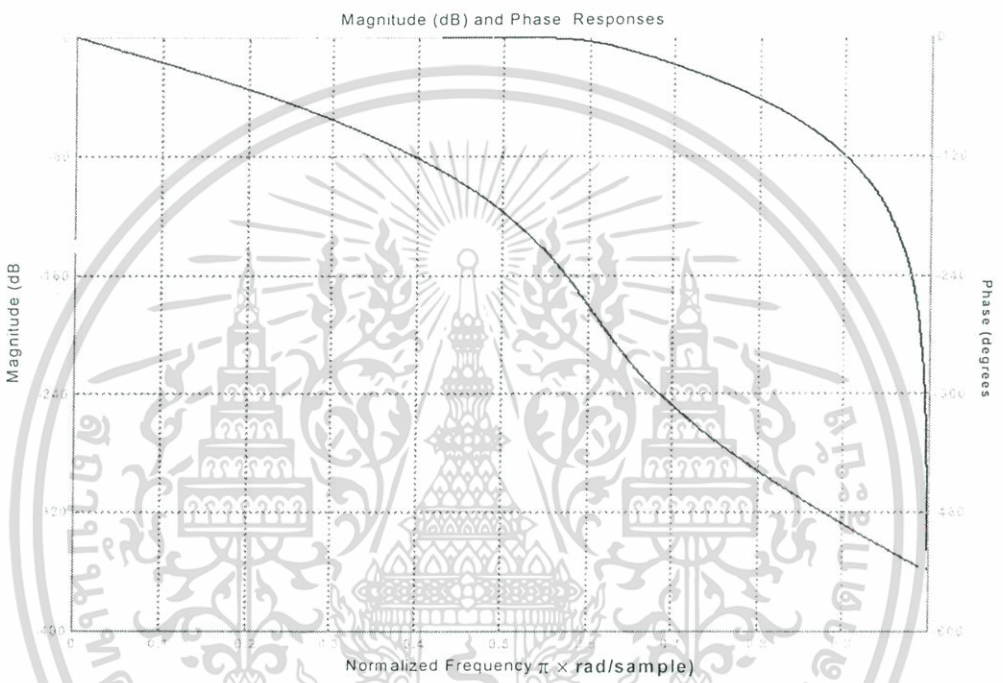
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ให้ค่าผลการตอบสนองของขนาด และฟังก์ชัน angle ก็จะคืนค่าของมุมเฟส (rad/s) ซึ่งสามารถแยกขนาดและเฟสได้จากฟังก์ชัน Butterworth filter ได้ดังนี้คือ

b,a] = butter(6,300/500);

vtool(b.a)

และคลิกที่ผลตอบสนองขนาดและเฟสจากทูลบาของฟังก์ชัน fvtool ก็จะสามารถพลขนาดและเฟสออกมาได้ทันที



รูปที่ 2.13 ผลการตอบสนองของขนาดและเฟสที่แยกจากการใช้ฟังก์ชัน Butterworth filter

การหน่วง (Delay) การหาค่าการหน่วงของกลุ่มการหน่วงตัวกรองสัญญาณและฟังก์ชันการหน่วงความถี่ จะถูกกำหนดด้วยค่าลบของค่าการดิฟเฟอเรนเชียลของตัวกรองสัญญาณกับค่าของการตอบสนองความถี่จากตัวอย่างถ้าผลตอบสนองของความถี่เชิงซ้อนของตัวกรองสัญญาณเป็น $H(e^{j\omega})$ ดังนั้นกลุ่มของการหน่วงคือ

$$\tau_g(\omega) = \frac{d\theta(\omega)}{d\theta}$$

เมื่อ θ คือมุมเฟสของ $H(e^{j\omega})$ หาค่าการหน่วงโดยใช้ฟังก์ชัน MATLAB คือ

[gd,w] = grpdelay(b,a,n)

จาก [gd,w] = grpdelay(b,a,n) จะคืนค่าการหน่วง $\tau_g(\omega)$ มาเป็นจำนวน n จุดจากการกำหนดค่า b และค่า a ของตัวกรองสัญญาณดิจิตอลโดยมีค่าความถี่เท่ากับ ω

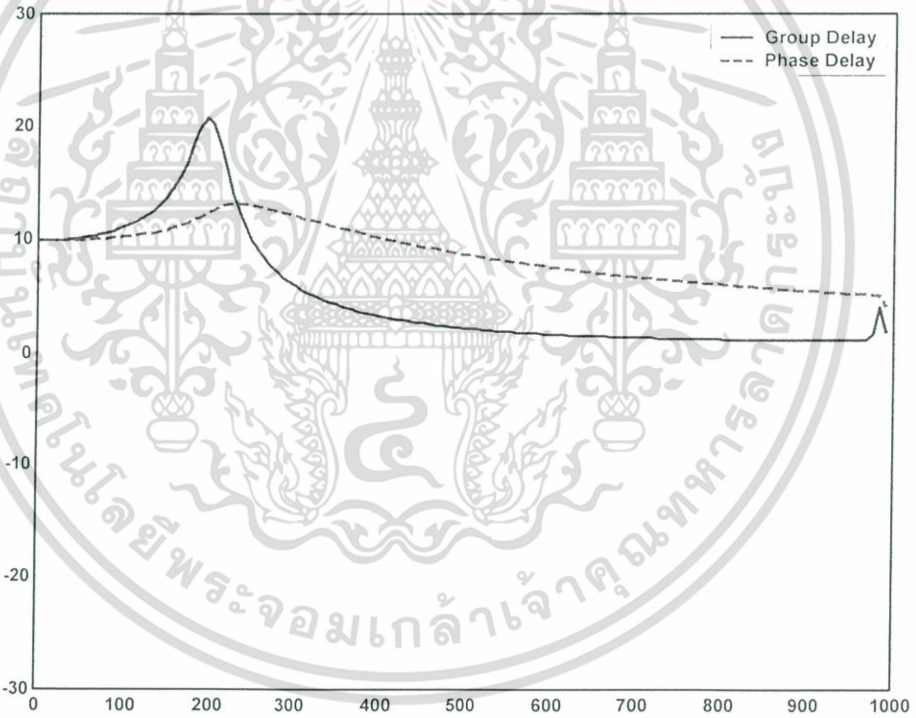
เฟสของการหน่วงตัวกรองที่เป็นค่าทางลบจะถูกหาร โดยความถี่ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau_g(\omega) = \frac{\theta(\omega)}{d\omega}$$

จากตัวอย่างเป็นการพลอตค่าระหว่างกรุ๊ปของการหน่วง(Group Delay)และมุมของการหน่วง(Phase Delay)ซึ่งจะใช้ฟังก์ชันของ MATLAB ได้ดังนี้

```
[b,a] = butter(10,200/1000);
gd = grpdelay(b,a,128);
[h,f] = freqz(b,a,128,2000);
pd = -unwrap(angle(h))*(2000/(2*pi))./f;
plot (f,gd,'-',f,pd,'--')
axis ([0 1000 -30 30])
legend ('Group Delay','Phase Delay')
```



รูปที่ 2.14 กลุ่มการหน่วง(Group Delay)และ มุมการหน่วง(Phase Delay)

การวิเคราะห์โพล – ซีโร่ (Zero-Pole Analysis) ในโปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชัน zplane ที่สามารถพลอต ค่าของ โพลและซีโร่ ของระบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear system) จากตัวอย่างของตัวกรองอย่างง่าย มีซีโร่อยู่ที่ –1/2 และค่าโพลที่เป็นจำนวนเชิงซ้อนอยู่ที่ $0.9e^{j2\pi(0.3)}$ และ $0.9e^{-j2\pi(0.3)}$ เราสามารถกำหนดค่าใน M-file ของโปรแกรม MATLAB ได้ดังนี้คือ

```
zer = -0.5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pol = 0.9*exp(j*2*pi*[-0.3 0.3]');

ต่อไปก็เป็นการพลอตค่าของของโพลและซีโร่ของตัวกรองนี้ก็จะใช้ฟังก์ชัน

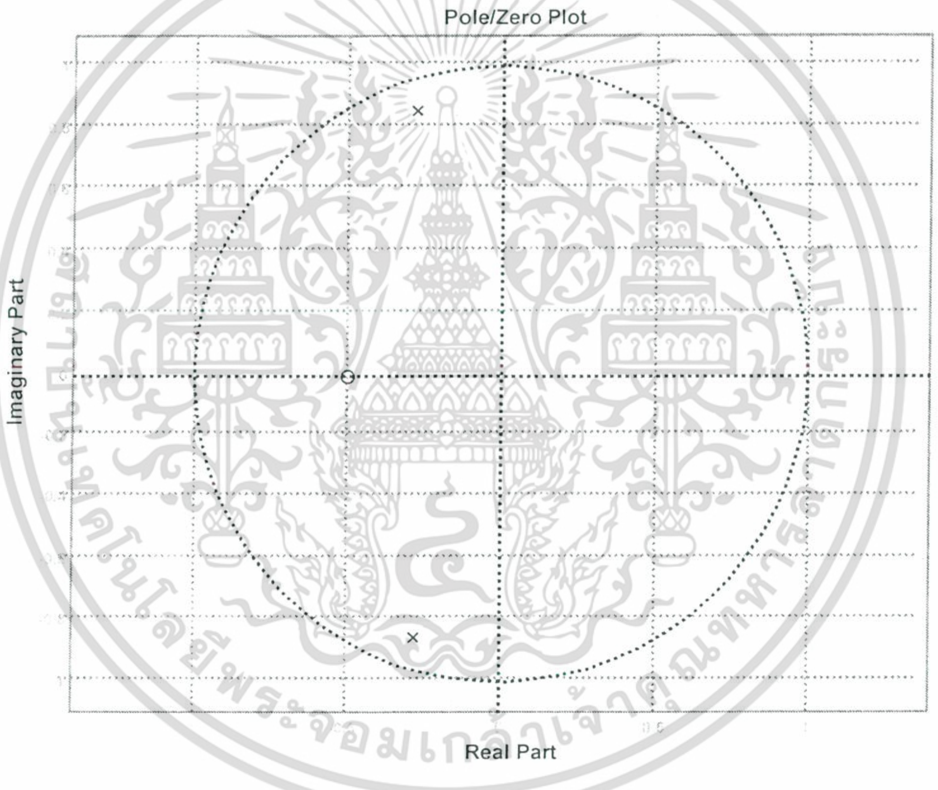
zplane(zer,pol)

หรือจะใช้ fvtool ช่วยในการวิเคราะห์และพลอตค่าผลลัพธ์ลำดับแรกต้องเปลี่ยนค่าโพลและค่าของซีโร่ให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันถ่ายโอนก่อนดังนั้นเมื่อทำการพลอตจะได้

[b,a] = zp2tf (zer,pol,1);

fvtool(b,a)

ให้คลิก Pole/Zero Plot ที่ทูลบาร์จะได้



รูปที่ 2.15 ตำแหน่งของโพล และ ซีโร่

ดีสครีตฟูริเยร์ทรานฟอร์ม (Discrete Fourier Transform:DFT)ดีสครีตฟูริเยร์ทรานฟอร์ม หรือ DFT จะส่วนแรกของการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเมื่อรับสัญญาณเข้ามา toolbox การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลจะใช้หลักการคำนวนผลจากคอมพิวเตอร์โดยจะลดเวลาการทำงานฟังก์ชัน toolbox ที่กล่าวประกอบไปด้วย z-Domain ของผลตอบสนองความถี่ การวิเคราะห์สเปคตัม และ การสร้าง ออกแบบตัวกรองสัญญาณ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับ Fast Fourier transform หรือ FFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MATLAB ประกอบไปด้วยฟังก์ชัน fft และ ifft ทั้งสองฟังก์ชันมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$X(k-1) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n+1)W_N^{kn}$$

$$x(n+1) = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} X(k+1)W_N^{-kn}$$

ในสมการนี้อนุกรมจะมีค่าเริ่มต้นจากค่า 1 ไปค่าศูนย์เพราะว่าเวกเตอร์ของ MATLAB จะชี้ค่าตามสูตร $w_N = e^{-j(\frac{2N}{N})}$

โปรแกรม MATLAB จะใช้ค่า *j* ที่เป็นค่าลบสำหรับฟังก์ชัน fft ดังนั้นการคิดจะต้องกำหนดรูปแบบค่าทางฟิสิกส์และค่าทางคณิตสาสตรที่ใช้ให้ค่า *j* เป็นค่าบวก

ถ้ามีค่า fft โดยมีค่าอินพุทขาเข้าตัวเดียวคือ x คอมพิวเตอร์สามารถทำ DFT ค่าของอินพุทขาเข้า x ที่เป็นค่าเวกเตอร์หรือ ค่าที่เป็น เมทริกได้ เช่นถ้า x เป็นเวกเตอร์ของ fft การ DFT เวกเตอร์ x คือเวกเตอร์แถวแบบมุมฉาก การ DFT ค่าในแต่ละแถวและแต่ละคอลัมน์นั้นจากตัวอย่างจะสร้างเวกเตอร์ของสัญญาณและเวลาได้ดังนี้คือ

```
t = (0:1/100:10-1/100);                    % Time vector
x = sin (2*pi*15*t) + sin (2*pi*40*t);     % Signal
```

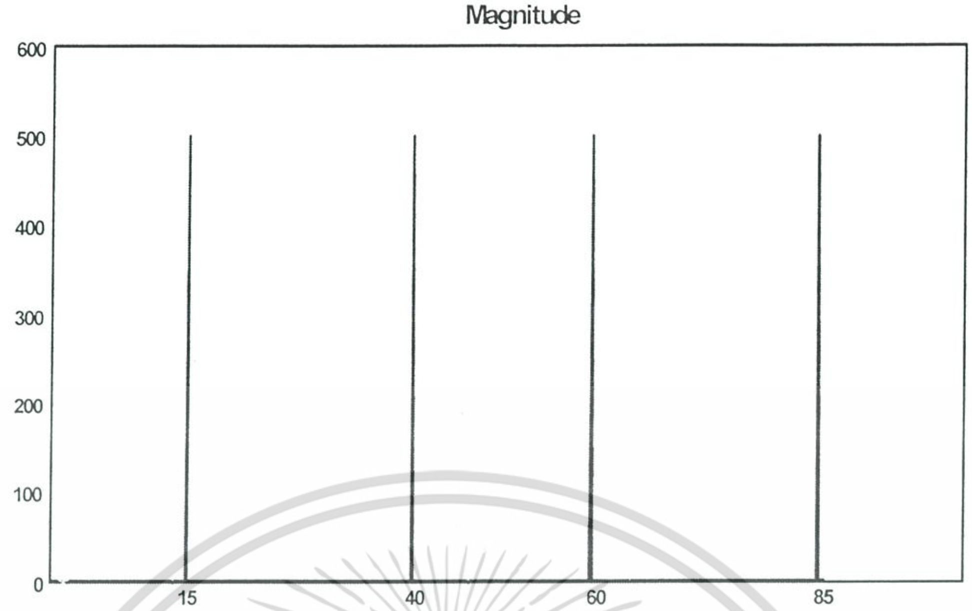
การ DFT สัญญาณ ขนาด และ เฟส จากการเปลี่ยนฟอร์มตามลำดับดังนี้คือ

```
y = fft (x);                               % Compute DFT of x
m = abs (y); p = unwrap (angle (y));       % Magnitude and phase
```

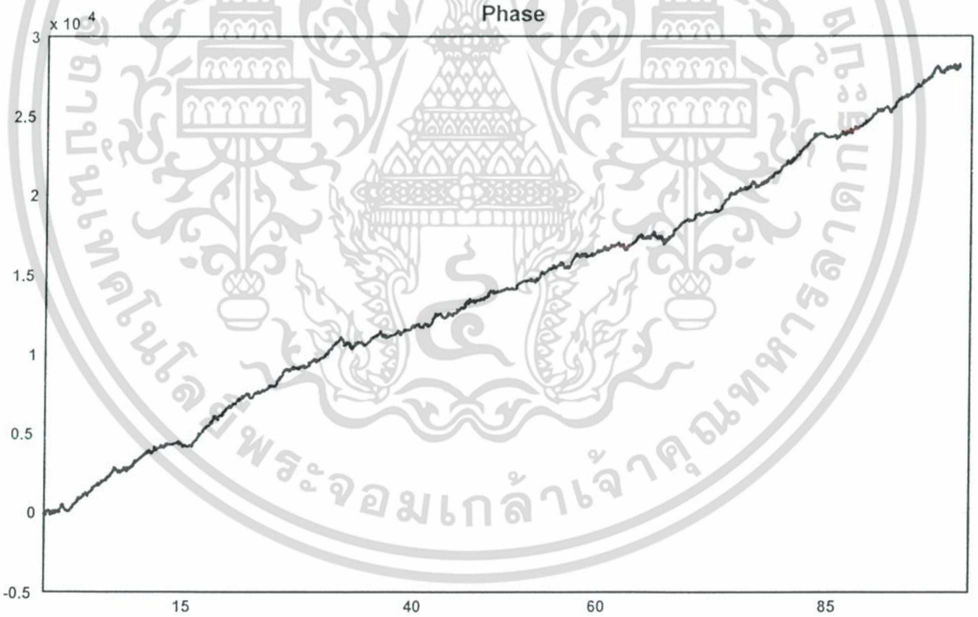
การพลอตกราฟค่าของขนาด และ เฟสของสัญญาณสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

```
f = (0:length (y)-1)*99/length(y);         % Frequency vector
plot (f,m); title('Magnitude'):
set (gca,'XTick',[15 40 60 85]):
figure; plot(f,p*180/pi); title('Phase');
set (gca,'XTick',[15 40 60 85]):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ขนาดของสัญญาณที่ได้จากการทำ DFT



รูปที่ 2.17 เฟสของสัญญาณที่ได้จากการทำ DFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี (2546 : บทคัดย่อ)ได้ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบวงจรและสร้างโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่ได้สร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านการศึกษาอยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และความแปรปรวนเท่ากับ 0.60 และมีคุณภาพทางด้านวิศวกรรมในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และมีค่าการแปรปรวนเท่ากับ 0.58 ซึ่งคุณภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่ได้นี้เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

พิพิธ ตันเจริญ (2546:72-73)ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกโทรทัศน์สี วิชา ปฏิบัติการโทรทัศน์ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของชุดฝึกโทรทัศน์สีโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกโทรทัศน์สี ด้านเนื้อหาและใบงานที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับที่ดีมากได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 และคุณภาพของชุดฝึกโทรทัศสีโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเห็นเกี่ยวกับชุดฝึกโทรทัศสีด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับที่ดีได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52

ประกาศิต ตันติอลงกรณ์ (2539 : 7) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักศึกษาระดับประกาศณียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 แผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคระยอง ปีการศึกษา 2535 กลุ่มตัวอย่างย่อย 6 คนกลุ่มทดลองภาคสนาม 26 คน รวม 32 คนโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่าทางด้านใบประลอง ด้านการออกแบบ ด้านประสิทธิภาพทางการสอน มีความสะดวกในการนำมาใช้ และดำเนินการประลองมาก ก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน และต้องการทราบผลการประลองจึงส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ศักรินทร์ โสนันทะ (2542: 4-57) ได้ทำการวิจัยเรื่องการหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชา 111-363 ปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างการวิจัยคือนักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ในภาคเรียนที่ 2/2541 จำนวน 20 คนผลการวิจัยพบว่าจากการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองได้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบหลังการประลองได้ 84.93 %

พุธทอง โพธิปัญญา. (2540: บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง วิธีการ โดยสร้างชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง ด้วยการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อประกอบการเรียนการสอนวิชา หลักการเบื้องต้นของระบบรับส่ง ด้วยเส้นใยแก้วนำแสง แผนกวิชามัลติเพล็กซ์ มีเป้าหมายเพื่อนำไปลดปัญหาการขาดแคลนชุดประลอง และช่วยส่งเสริมทักษะการเรียนให้ดียิ่งขึ้น วิธีดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดประลองให้ตรงตามหลักสูตร ครอบคลุมเนื้อหาจำนวน 6 เรื่อง โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย ราคาประหยัด จากนั้นนำไปทดลองใช้เพื่อหาประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพได้แก่ ใบประลอง แบบทดสอบหลังการประลอง และแบบทดสอบรวมทุกการประลอง กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสงที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.42 /85.57 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

อนุรักษ์ เมฆพะโยม. (2542: บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาระบบเครื่องรับ- เครื่องส่งวิทยุ หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาระบบเครื่องรับ-เครื่องส่งวิทยุ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ตัวเครื่องของชุดประลอง ใบประลอง และแบบทดสอบเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดประลองที่สร้างขึ้น เมื่อนำไปใช้ในการเรียนภาคปฏิบัติวิชาระบบเครื่องรับ-เครื่องส่งวิทยุ ทำให้นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 84.14/ 82.04

จากที่ได้ศึกษาผลงานวิจัยต่าง ๆ นั้นเป็นงานวิจัยที่มีการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษาในด้านนั้น ๆ เพื่อก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้นจากนั้นก็จะทำการศึกษาถึงความสามารถของชุดทดลองว่ามีคุณภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ใด และหาประสิทธิภาพของชุดทดลองว่าสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เป็นอย่างไรบ้างซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองขึ้นเนื่องจากต้องการให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมในเรื่องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่มีชุดใบงานขยายการเชื่อมต่อระบบ และ วิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ บอร์ด TMS320C50 DSK เป็นตัวประมวลผลสัญญาณ และ หาคุณภาพของชุดทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 วิธีดำเนินการ และเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้น มีดังนี้

1)ประชากรเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family

2)กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family โดยที่ผู้วิจัยได้เลือกแบบเจาะจงจากประชากรผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family จำนวน 10 ท่าน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 ออกแบบสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จะประกอบไปด้วยชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP และ เอกสารคู่มือการใช้ชุดทดลอง

3.2.2 ใบงานการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ออกแบบและสร้างขึ้นประกอบไปด้วยหัวข้อใบงานจำนวน 10 ใบงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1 การใช้งาน อินพุต และ เอาท์พุต พอร์ต

ใบงานที่ 2 การใช้งานอินเตอร์รัพท์

ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ DSP กับตัวแสดงผล LCD

ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ DSP กับตัวแสดงผล 7-Segment

ใบงานที่ 5 การเชื่อมต่อ DSP กับสวิตช์เมตริกซ์

ใบงานที่ 6 การใช้งาน DSP สร้างสัญญาณ PWM

ใบงานที่ 7 A/D และ D/A

ใบงานที่ 8 สัญญาณดิจิตอลออสซิลเลเตอร์

ใบงานที่ 9 ตัวกรองสัญญาณ FIR

ใบงานที่ 10 ตัวกรองสัญญาณ IIR

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

การสร้างเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีขั้นตอนการสร้างมีดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียด และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK รูปแบบการสร้างเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัยแบบต่างๆ ทั้งตัวชุดทดลอง ใบงานการทดลอง

2. ออกแบบชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP โดยให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

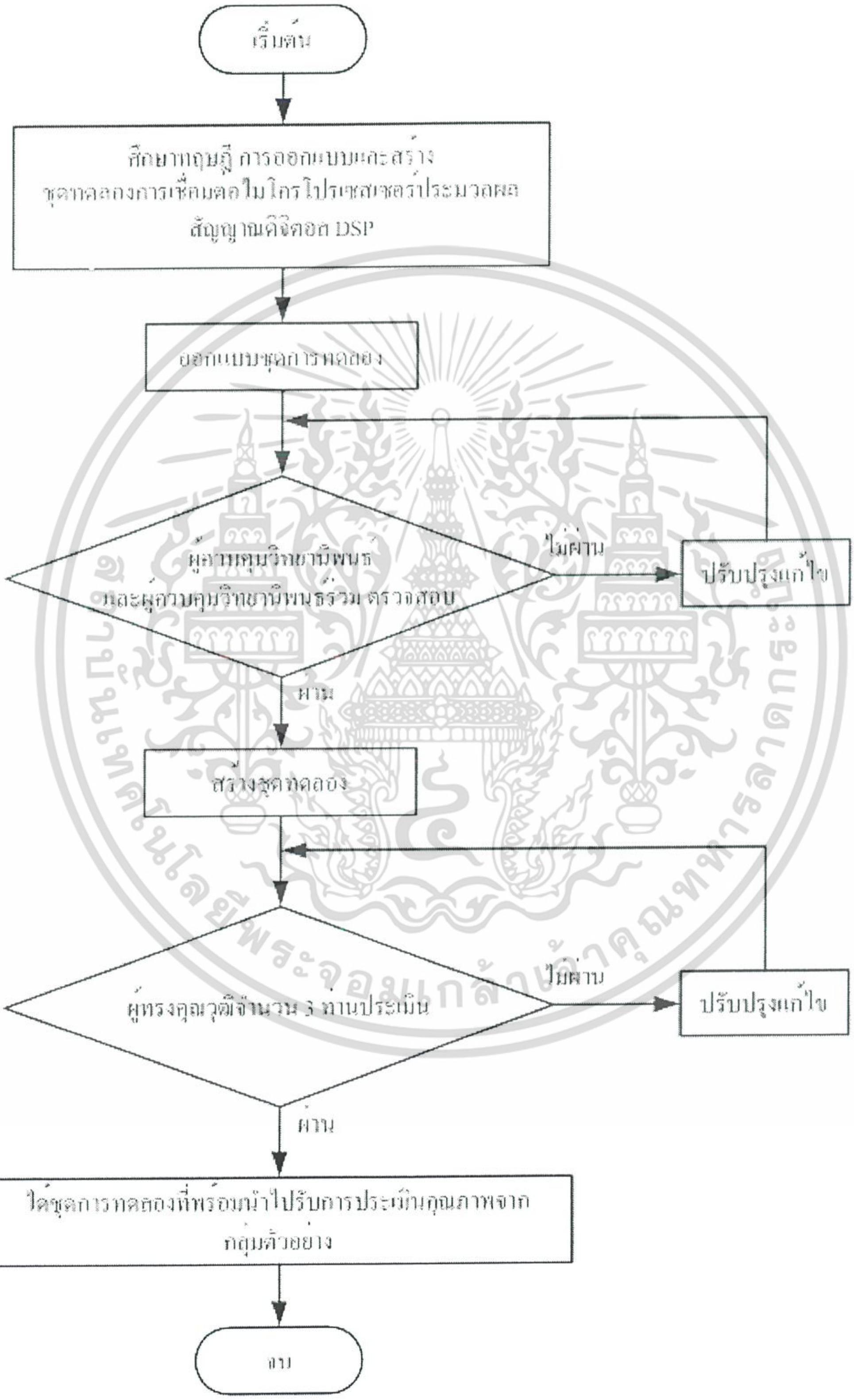
3. เมื่อผ่านการตรวจสอบ จากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมจึงทำการสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

4. เมื่อสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จึงนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง

ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ตามรายการประเมิน 11 รายการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ 0.55 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1) ความหมายของความเหมาะสมอยู่ในระดับดี แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับชุดทดลองนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ได้ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่จะนำไปรับการประเมินคุณภาพ จากกลุ่มตัวอย่างซึ่งลำดับขั้นตอนการสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP แสดงดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.1 การสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2)การสร้างใบงานการทดลอง มีขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาหลักการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างใบงาน ซึ่งได้สร้างใบงานการทดลองควบคู่กับการสร้างชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP โดยรายละเอียดในใบงานการทดลองจะประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังนี้

1.1 ชื่อหัวเรื่องการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์การทดลอง

1.3 ทฤษฎี และหลักการเบื้องต้น

1.4 รายการเครื่องมือ และอุปกรณ์

1.5 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1.6 บันทึกผลการทดลอง

1.7 สรุปผลการทดลอง

2. ออกแบบรูปแบบใบงานการทดลอง โดยให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่อง ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

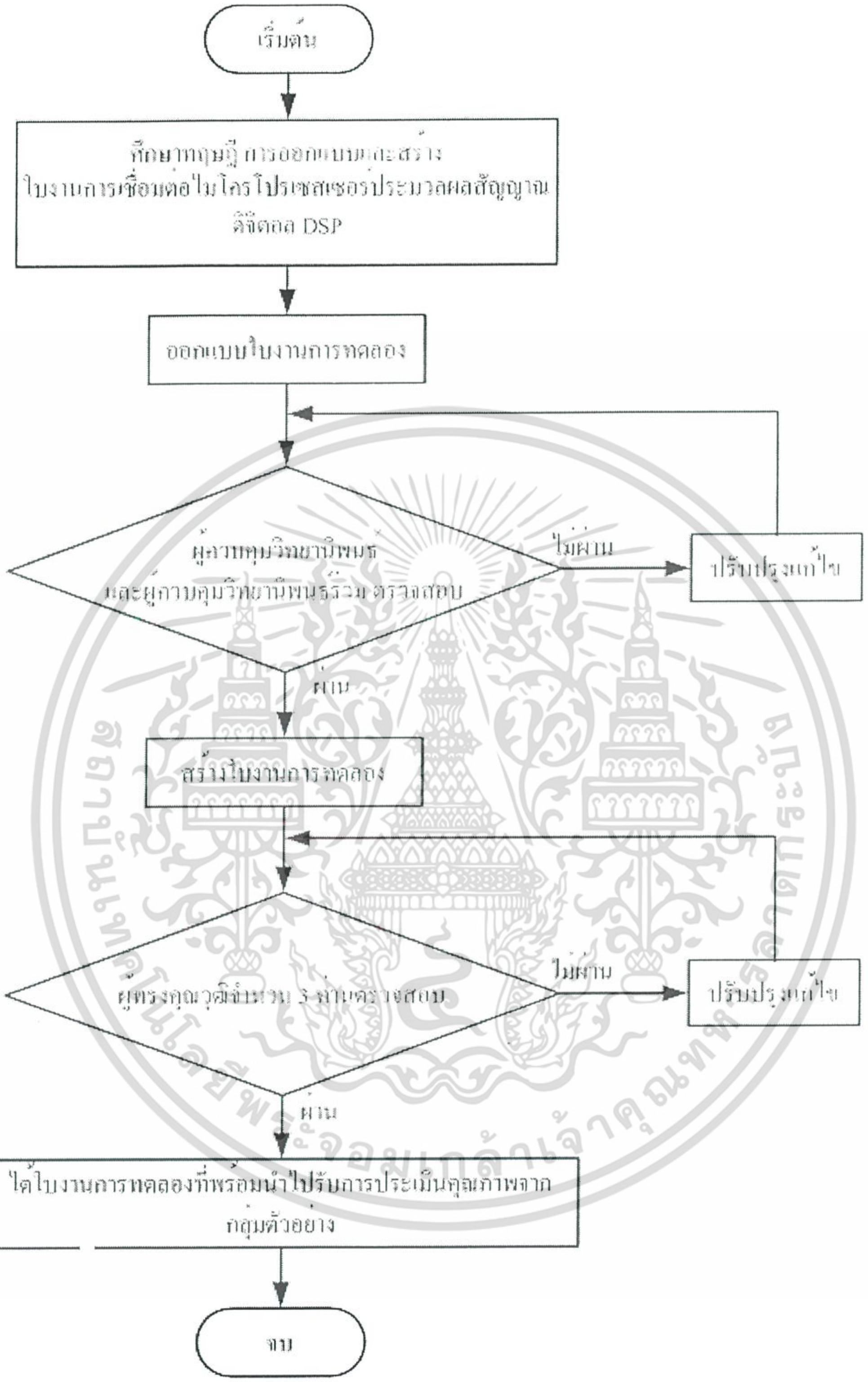
3. เมื่อผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม จึงทำการสร้างใบงานการทดลอง

4. นำใบงานการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จึงนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านตรวจสอบตรวจสอบความเหมาะสมของใบงานการทดลอง

ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ตามรายการประเมิน 11 รายการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.2) ความหมายของความเหมาะสมของใบงานการทดลองอยู่ในระดับดี แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับใบงานการทดลองนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้

5. ได้ใบงานการทดลองพร้อมที่จะนำไปรับการประเมินคุณภาพของใบงานการทดลองจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งลำดับขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินงานสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลอง มีดังนี้

1. จัดทำร่างเกณฑ์การประเมิน โดยร่างเกณฑ์การประเมินของชุดทดลองและใบงานการทดลอง ใช้แบบวัดเจตคติของเบส (Best's Scale) ซึ่งเป็นข้อมูลชนิดเลือกตอบ และกำหนดระดับความคิดเห็นเป็นค่าให้น้ำหนักคะแนน เป็น 5 ระดับ (Best. 1970: 179-187)

2. ปรึกษาผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบ พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะต่างๆ มาทำการปรับปรุงแก้ไขจนได้เป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลอง

3. นำแบบประเมิน ที่สร้างขึ้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถามต่าง ๆ หากมีข้อบกพร่อง ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ตามรายงานการประเมินชุดทดลอง 11 รายการ ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.49 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.3) และผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.50 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค.4) ความหมายของการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถามของแบบสอบถามคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับแบบประเมินคุณภาพ และนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างได้

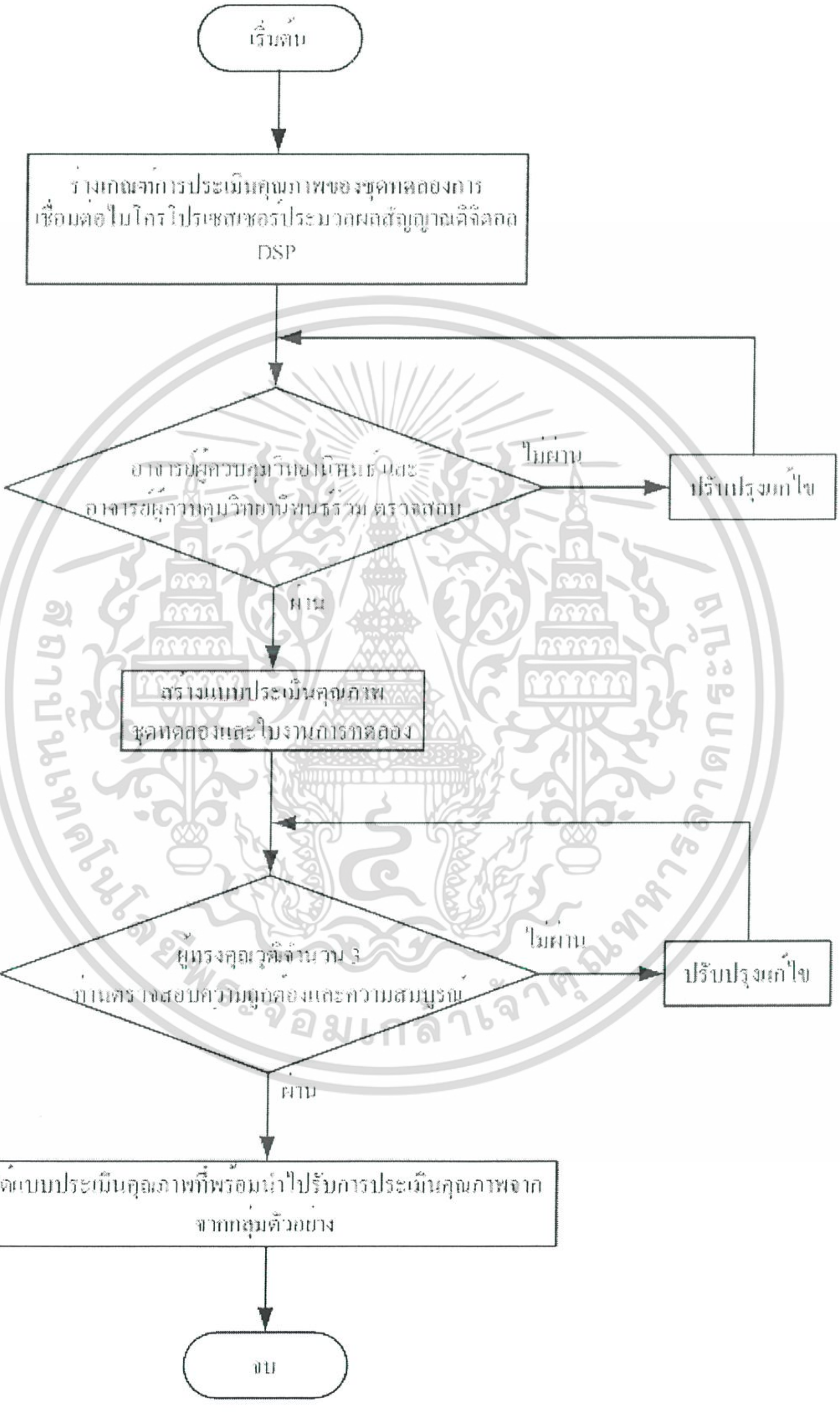
4. นำแบบประเมินคุณภาพภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองที่ได้มาจัดทำเป็นแบบสอบถาม เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.3

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ และความถูกต้อง และความเหมาะสมของชุดทดลอง ใบงานการทดลอง และ แบบสอบถามมีดังนี้

1. ดร.พีระพล ยุวภูษิตานนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
2. อาจารย์ปกรณ์ ประจวบวัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
3. คุณแพทริค ไชยวุฒิ	บริษัทอิเล็กทรอเมติค อีจี เลขที่ 500 หมู่บ้านมิตรภาพ ถนน อ่อนนุช 46 แขวง หนองบอน เขตประเวศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4)วิธีการประเมินคุณภาพของเครื่องมือ

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของเครื่องมือจะใช้วิธีการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือ จากแบบประเมินความเหมาะสม ซึ่งจะใช้เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินความเหมาะสมชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

2.50 – 3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับพอใช้

1.00 – 1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีคุณภาพ

3.3 วิธีการดำเนินการ และ เก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาหาคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิ 10 คน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย และ เข้าชี้ แจงรายละเอียดต่าง ๆ กับผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง เพื่อขอคำยืนยันยินดีตอบรับในการประเมินคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

3.3.2 นำชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เอกสารคู่มือการใช้ และใบงานการทดลอง พร้อมแนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงา:'การทดลองส่งมอบให้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินคุณภาพ

3.3.3 เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ได้กำหนดระดับความคิดเห็นเป็นค่าให้น้ำหนักกะแนน 5 ระดับ คือ (Best. 1970: 179-187)

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพมาก

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบงานการทดลอง ต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปจึงจะถือว่าชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีคุณภาพ

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นได้นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบงานการทดลองที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิ หรือกลุ่มตัวอย่าง มาประเมินหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3 5.1 การหาค่าเฉลี่ยหาได้โดยนำคะแนนของข้อมูลทั้งหมดรวมกันหารด้วยจำนวนคะแนนของข้อมูล (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542:164)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

โดยกำหนดให้ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N =จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน(รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542:164)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(N - 1)}}$$

โดยกำหนดให้ S.D. = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ค่าคะแนนแต่ละคน

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของคะแนนชุดนั้น

N = จำนวนคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เป็นการวิจัยที่ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการประเมินคุณภาพชุดทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินที่ผู้วิจัยได้ทำขึ้น ผู้วิจัยได้นำเสนอแยกออกเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

4.2 ผลการประเมินคุณภาพของใบงานการทดลอง

4.1ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง

ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ที่มีต่อการออกแบบวงจรการทดลอง และ ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ซึ่งได้จากแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP รายละเอียดผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 1

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.40	0.49	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.10	0.54	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.10	0.30	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.45	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.30	0.64	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.00	0.63	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.60	0.49	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.00	0.89	ดี
เฉลี่ยรวม	4.17	0.57	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 0.57 เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญ ประเมินให้รายการของชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และ กระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้ คุณภาพดีมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 2

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.70	0.46	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.20	0.40	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.30	0.64	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.00	0.63	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.60	0.49	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.00	0.87	ดี
เฉลี่ยรวม	4.21	0.56	ดี

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 0.56 เนื่องจากผู้เชี่ยว ประเมินให้รายการของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน และชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และ กระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้ คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และ 4.60 ตามลำดับ ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.30 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 3

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.60	0.49	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.10	0.54	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.30	0.46	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.50	0.50	ดีมาก
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.64	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.10	0.54	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.10	0.70	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.40	0.49	ดี
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	4.28	0.57	ดี

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 0.57 เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญ ประเมินให้รายการของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน และวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสมได้คุณภาพดีมาก โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และ 4.50 ตามลำดับ ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 4

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.70	0.46	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.20	0.40	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.50	0.50	ดีมาก
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.10	0.54	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.40	0.49	ดี
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.20	0.75	ดี
เฉลี่ยรวม	4.25	0.56	ดี

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยรวมมีค่าเท่ากับ 0.56 เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญ ประเมินให้รายการของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน และวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสมได้คุณภาพดีมาก โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และ 4.50 ตามลำดับ ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 5

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.00	0.00	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.50	0.50	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.10	0.54	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.10	0.30	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.40	0.49	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.20	0.60	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.40	0.49	ดี
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	4.25	0.56	ดี

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 5 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งานได้คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 6

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.60	0.49	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.10	0.54	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.20	0.40	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.50	0.50	ดีมาก
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.20	0.60	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.40	0.49	ดี
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	4.28	0.57	ดี

จากตารางที่ 4.6 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 6 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งานและวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสมได้คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และ 4.50 ตามลำดับ ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 7

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.40	0.49	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.10	0.54	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.30	0.46	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.64	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.40	0.66	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.50	0.50	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.10	0.83	ดี
เฉลี่ยรวม	4.26	0.58	ดี

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 7 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.58 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ได้คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 8

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.30	0.46	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.20	0.40	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.40	0.00	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.10	0.30	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.40	0.66	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.50	0.50	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.10	0.70	ดี
เฉลี่ยรวม	4.19	0.53	ดี

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 8 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.53 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ได้คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 9

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.40	0.49	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.10	0.30	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.000	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.10	0.30	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.40	0.66	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.30	0.78	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.60	0.49	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.80	ดี
เฉลี่ยรวม	4.24	0.55	ดี

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 9 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.55 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ได้คุณภาพดีมากโดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 10

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.40	0.49	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.10	0.30	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.10	0.30	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ต่อ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.40	0.66	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งานTMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.30	0.78	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.60	0.49	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบและพัฒนานวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	4.23	0.55	ดี

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 10 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.55 ประเมินให้รายการขนาดของชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ได้คุณภาพดีมาก โดยได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนในรายการอื่น ๆ อีก 10 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.40 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

4.2 ผลการประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง

ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ที่มีต่อการออกแบบใบงานการทดลอง ที่ได้จากแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ซึ่งได้จากแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองรายละเอียดผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 1

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	$S.D.$	**ระดับคุณภาพ**
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.40	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.78	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.10	0.30	ดี
7.กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.00	0.45	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.10	0.83	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.10	0.70	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.30	0.46	ดี
เฉลี่ยรวม	4.08	0.56	ดี

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 1 เรื่องการใช้พอร์ตอินพุตและ เอาท์พุตของ TMS320C50 DSK พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.30 และประเมินรายการ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง และ แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เช้งพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 5 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.20 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 2

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.10	0.30	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	3.90	0.94	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	3.80	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.10	0.54	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.10	0.70	ดี
เฉลี่ยรวม	4.05	0.55	ดี

จากตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 2 เรื่องการใช้งานอินเทอรรัพท์ของ TMS320C50 พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.55 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.20 และประเมินรายการ ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้ ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.80 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.90 – 4.10 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 3

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.40	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.30	0.46	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.10	0.70	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.20	0.60	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.40	0.49	ดี
เฉลี่ยรวม	4.17	0.55	ดี

จากตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 3 เรื่องการเชื่อมต่อ TM5320C50 กับ LCD พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.55 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 8 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.30 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 4

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.40	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.20	0.40	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.10	0.30	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	3.80	0.87	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.30	0.78	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.40	0.66	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.40	0.49	ดี
เฉลี่ยรวม	4.16	0.56	ดี

จากตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 4 เรื่องการต่อเชื่อม TMS320C50 กับ 7 Segment พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.80 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 8 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.30 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 5

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.45	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.20	0.40	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.10	0.94	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	3.90	0.54	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.00	0.45	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.40	0.49	ดี
เฉลี่ยรวม	4.11	0.53	ดี

จากตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 5 เรื่องการเชื่อมต่อ TMS320C50 กับสวิตซ์เมตริกขนาด 4x4 พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.53 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้ ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.80 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.20 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 6

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.63	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	3.90	0.70	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.40	0.49	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.10	0.94	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.20	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.00	0.78	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.30	0.46	ดี
เฉลี่ยรวม	4.14	0.61	ดี

จากตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 6 เรื่องการใช้งาน TMS320C50 สร้าง PWM พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.61 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลองได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.90 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.30 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 7

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.63	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	3.90	0.54	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.40	0.49	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.60	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.20	0.87	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.54	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.20	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.30	0.64	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.00	0.45	ดี
เฉลี่ยรวม	4.15	0.60	ดี

จากตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 7 เรื่อง A /D และ D/A พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.60 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.90 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 9 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00 – 4.30 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 8

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.10	0.83	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.10	0.70	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.30	0.64	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.40	0.49	ดี
เฉลี่ยรวม	4.15	0.55	ดี

จากตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 8 เรื่องดิจิตอลออสซิลเลเตอร์ พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.55 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 8 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.10 – 4.30 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 9

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.60	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.10	0.70	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.10	0.54	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.10	0.30	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.20	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.20	0.75	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.10	0.54	ดี
เฉลี่ยรวม	4.11	0.58	ดี

จากตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 9 เรื่องตัวกรองสัญญาณแบบ FIR พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.58 โดยที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้ และ ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริงได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.40 และประเมินรายการ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน และ กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 6 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.10 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 10

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับคุณภาพ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.30	0.64	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.00	0.45	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.20	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.10	0.70	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.30	0.64	ดี
เฉลี่ยรวม	4.12	0.58	ดี

จากตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานการทดลองที่ 10 เรื่องตัวกรองสัญญาณแบบ IIR พบว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.58 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินให้รายการของ ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน และสามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริงได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.30 และประเมินรายการ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม และกระบวนการในใบงานการทดลองกระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 4.00 ส่วนหัวข้อรายการอื่น ๆ อีก 5 รายการที่ประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.10 ซึ่งค่าเฉลี่ยจะอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
1. ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง	4.24	0.56	ดี
2. ผลการประเมินคุณภาพของใบงานการทดลอง	4.12	0.57	ดี

จากตารางที่ 4.21 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่านจากชุดการทดลองจำนวน 10 การทดลองได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 และใบงานการทดลองก็ได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกันได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยม์ค่าเท่ากับ 0.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะมีดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

2.เพื่อหาคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้น มีดังนี้

1)ประชากรเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family

2)กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family โดยที่ผู้วิจัยได้เลือกแบบเจาะจงจากประชากรผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งานตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล TMS320 Family จำนวน 10 ท่าน

5.3.2 ตัวแปรที่ศึกษาคือ คุณภาพ ของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.4.1 ชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ออกแบบและสร้างขึ้นประกอบไปด้วยหัวข้อชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP, เอกสารคู่มือการใช้ชุดทดลอง และใบงานการทดลองดังแสดงในหัวข้อ 5.4.2

5.4.2 ใบงานการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ออกแบบและสร้างขึ้นประกอบไปด้วยหัวข้อใบงานจำนวน 10 ใบงานดังต่อไปนี้

ใบงานที่ 1 การใช้งาน อินพุต และ เอาท์พุต พอร์ต

ใบงานที่ 2 การใช้งานอินเตอร์รัพท์

ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับตัวแสดงผล LCD

ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับตัวแสดงผล 7-Segment

ใบงานที่ 5 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับสวิตช์เมตริกซ์

ใบงานที่ 6 การใช้งาน TMS320C50 สร้างสัญญาณ PWM

ใบงานที่ 7 A-D และ D-A

ใบงานที่ 8 สัญญาณดิจิตอลออสซิลเลเตอร์

ใบงานที่ 9 ตัวกรองสัญญาณ FIR

ใบงานที่ 10 ตัวกรองสัญญาณ IIR

5.4.3 แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาหาคุณภาพของชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีขั้นตอนดังนี้

5.5.1 ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย และเข้าชี้ แจงรายละเอียดต่างๆ กับผู้เชี่ยวชาญด้วยตนเอง เพื่อขอคำยืนยันยินดีตอบรับในการประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP

5.5.2 นำชุดทดลองและใบงานการทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ส่งมอบให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน พร้อมแนบแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองดังกล่าว เพื่อประเมินคุณภาพชุดทดลอง

5.5.3 เก็บรวบรวมแบบประเมินคุณภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ได้กำหนดระดับความคิดเห็นเป็นค่าให้น้ำหนักคะแนน 5 ระดับ คือ (Best. 1970: 179-187)

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพมาก

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้

4.50 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบงานการทดลอง ต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.50 ขึ้นไปจึงจะถือว่าชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีคุณภาพ

5.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถนำมาสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่านจากชุดการทดลองจำนวน 10 การทดลอง ได้ผลเฉลี่ะยอยู่ในเกณฑ์ดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 และการประเมินคุณภาพในส่วนของใบงานการทดลองก็ได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกันได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57

5.8 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการประเมินคุณภาพ โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งาน TMS320 Family เป็นตัวประมวลสัญญาณดิจิตอลในแต่ละชุดการทดลอง ผู้วิจัยพบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 1 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.17 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากการออกแบบเหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ด้านพื้นฐานของอินพุตเอาท์พุตและการต่อขยายพอร์ตของ DSP ตำแหน่งอุปกรณ์มีความเหมาะสม แข็งแรง ต่อทดลองได้ง่าย และมีการแสดงผลสว่างได้ชัดเจนดี ซึ่งจะทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อขยายพอร์ตของ TMS320C50 ได้เป็นอย่างดี

ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.21 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชุดทดลองมีลักษณะทางกายภาพเหมาะสม มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน แต่การออกแบบการทดลองยังไม่สามารถทำให้มีการเข้าใจการทำงานของการอินเทอร์รัพท์ได้ง่าย อย่างที่ต้องการซึ่งก็ควรที่จะเพิ่มรูปแบบการทดลองเพื่อให้เห็นภาพการใช้งานอินเทอร์รัพท์ให้หลากหลาย มากยิ่งขึ้น

ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.28 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากบอร์ด LCD มีความกระทัดรัด สวยงามใช้งานง่าย เมื่อต่อใช้งานในการทดลอง เหมาะสมสำหรับเรียนรู้พื้นฐานของการเชื่อมต่อระบบของ DSP เพื่อโปรแกรมให้แสดงผล LCD เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้ เป็นอย่างดี

ทดลองที่ 4 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.25 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชุดการทดลองมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาเรียนรู้การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP แสดงผลบน 7-Segment พร้อมออกแบบได้กระทัดรัด สวยงาม การแสดงผลสามารถแสดงผลได้ชัดเจนดี เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้

ชุดการทดลองที่ 5 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.25 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีความเหมาะสมที่ใช้ประกอบการเรียนรู้ การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เพื่อแสกนคีย์แบบเมตริก พร้อมออกแบบได้กระทัดรัด สวยงาม เหมาะสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานได้

ชุดการทดลองที่ 6 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.28 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากชุดทดลองมีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP เพื่อ สร้างสัญญาณ PWM และประยุกต์ใช้งานได้ในอนาคต แต่ชุดทดลองควรที่จะมีส่วนของการความคุมการทำงานของของ มอเตอร์ด้วย PWM จะทำให้ชุดทดลองนี้มีความน่าสนใจ และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ชุดการทดลองที่ 7 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.47 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชุดทดลองมีความสามารถประมวลผลสัญญาณออกมาแสดงผลสัญญาณได้โดยการใช้โปรแกรม Matlab แสดงผลบนคอมพิวเตอร์ ก็ได้ ซึ่งทำให้ชุดทดลองมีความน่าสนใจ มีความเหมาะสมในการประกอบการเรียนรู้และประยุกต์ใช้งาน

ชุดการทดลองที่ 8 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.19 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชุดทดลองมีความสามารถประมวลผลสัญญาณออกมาแสดงผลสัญญาณได้โดยการใช้โปรแกรม Matlab แสดงผลบนคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ ซึ่งทำให้ชุดทดลองมีความน่าสนใจ มีความเหมาะสมในการประกอบการเรียนรู้และประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นการเผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดการทดลองที่ 9 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.24 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากชุดทดลองมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาสามารถประกอบการเรียนรู้การประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ และประยุกต์ใช้งานในอนาคตแต่ควรเพิ่มเติมส่วนแสดงผลการกรองสัญญาณ เพื่อเปรียบเทียบผลของการกรองสัญญาณได้

ชุดการทดลองที่ 10 มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.23 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากชุดทดลองมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษาสามารถประกอบการเรียนรู้การประมวลผลสัญญาณต่าง ๆ และประยุกต์ใช้งานในอนาคตแต่ควรเพิ่มเติมส่วนแสดงผลการกรองสัญญาณ เพื่อเปรียบเทียบผลของการกรองสัญญาณได้

จากผลการประเมินคุณภาพ โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการใช้งาน TMS320 Family เป็นตัวประมวลสัญญาณดิจิตอล ในแต่ละใบงาน ผู้วิจัยพบว่า

ใบงานที่ 1 การใช้งาน อินพุต และ เอาท์พุต พอร์ต มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.08 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่า คุณภาพของใบงานอยู่ในเกณฑ์ระดับดี สะดวกต่อการใช้งาน และการเรียนรู้ สามารถประยุกต์ใช้งานกับงานที่เกี่ยวข้องได้ ควรมีความรู้พื้นฐานทางด้านโปรแกรมและการใช้งาน TMS320C50 พอสมควร และควรเพิ่มการฝึกเขียนโปรแกรมด้วยตนเองให้มากขึ้น

ใบงานที่ 2 การใช้งานอินเตอร์รัพท์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.05 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเนื่องจากใบงานมีการชี้แจงขั้นตอนได้ชัดเจน มีความเหมาะสม แต่ควรเพิ่มการฝึกเขียนโปรแกรมด้วยตนเองให้มากขึ้น และยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อให้ผู้ทำการทดลองเกิดทักษะ ความคิด ของการใช้อินเทอร์รัพท์ มากขึ้นและสามารถดัดแปลงนำไปใช้ได้

ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับตัวแสดงผล LCD มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.17 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากใบงานมีคุณภาพดีสะดวกในการทดลองมีความน่าสนใจนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง สามารถทดลองได้ง่าย มีเนื้อหาและทฤษฎีที่เหมาะสมครบถ้วนชัดเจน รวมถึงการยกตัวอย่างลำดับขั้นการเรียนรู้ได้ลำดับเนื้อหาการเรียนรู้จากง่ายไปยากได้ดี

ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับตัวแสดงผล 7-Segment มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.16 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก ใบงานมีคุณภาพดีสะดวกในการทดลอง มีความน่าสนใจสามารถทดลองได้ง่าย การยกตัวอย่างลำดับขั้นการเรียนรู้ได้ลำดับเนื้อหาการเรียนรู้จากง่ายไปยากได้ดี มีเนื้อหาและทฤษฎีที่เหมาะสมครบถ้วนชัดเจน กระบวนการในใบงานการทดลองก็กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองได้ดี

ใบงานที่ 5 การเชื่อมต่อ TMS320C50 กับสวิตช์เมตริกซ์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.11 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากใบงานการทดลองง่ายต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา มีความน่าสนใจสามารถทดลองได้ง่าย ลำดับขั้นการทดลองมีความเหมาะสมกับนักศึกษาสามารถนำไปใช้งานจริงและประยุกต์ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6 การใช้งาน TMS320C50 สร้างสัญญาณ PWM มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.14 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีลักษณะจูงในและน่าสนใจ กระตุ้นให้นักศึกษาเกิดความคิดสร้างสรร มีความเหมาะสมในการเรียนรู้ กระบวนการในใบงานการทดลองกระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลองความรู้ที่ได้จากใบงานสามารถนำไปใช้งานได้จริง

ใบงานที่ 7 A-D และ D-A มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.15 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ขั้นตอนง่ายต่อการเรียนรู้ มีการใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณ และเปรียบเทียบผล จึงทำให้ใบงานมีความน่าสนใจมาก และโปรแกรมที่ทดลองก็มีการอธิบายรายละเอียดถึงการสร้างสัญญาณ อัตราการสุ่มความถี่ นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานเป๊ะ กรณีศึกษา และประยุกต์ใช้กับงานจริงได้ แต่ควรเพิ่มเติมโปรแกรมในรูปแบบต่างๆ และฟังก์ชันการทำงานที่สำเหร็จรูปแล้วเพื่อการทดลองจะได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

ใบงานที่ 8 สัญญาณดิจิตอลออสซิลเลเตอร์ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.15 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ขั้นตอนง่ายต่อการเรียนรู้ มีการใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณ และเปรียบเทียบผล จึงทำให้ใบงานมีความน่าสนใจมาก และโปรแกรมที่ทดลองก็มีการอธิบายรายละเอียดถึงการสร้างสัญญาณ อัตราการสุ่มความถี่ นักศึกษาสามารถนำไปใช้งานเป็นกรณีศึกษา และประยุกต์ใช้กับงานจริงได้ และยังเพิ่มเติมเทคนิคการเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลสัญญาณดิจิตอลในรูปแบบต่างๆ ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้เชิงลึกได้

ใบงานที่ 9 ตัวกรองสัญญาณ FIR มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.11 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก ใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีขั้นตอนชัดเจน ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสม มีการใช้โปรแกรม MATLAB จำลองการทำงานและหา สัมประสิทธิ์โค้ด ของตัวกรอง ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบตัวกรองสัญญาณแบบเวลาจริงที่น่าสนใจมาก สามารถนำกรรมวิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลไปประยุกต์ใช้งานได้ หรือนำกรรมวิธีไปใช้เพื่อการศึกษาคุณลักษณะของตัวกรองสัญญาณและการโปรแกรมแบบจำลองเลขคณิตได้เป็นอย่างดี

ใบงานที่ 10 ตัวกรองสัญญาณ IIR มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.12 คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดีทฤษฎีง่ายต่อการเข้าใจและครอบคลุมหัวข้อใบงานได้ดีมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมสอดคล้องกับหัวข้อ สามารถนำเทคนิคที่ได้จากการทดลองหรือนำกรรมวิธีการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลไปประยุกต์ใช้หรือนำกรรมวิธีไปใช้เพื่อการศึกษาคุณลักษณะของตัวกรองสัญญาณและการโปรแกรมแบบจำลองเลขคณิตได้เป็นอย่างดี

คุณภาพชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP จากการทดลอ:ได้ผลเฉลี่ยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.56 เนื่องจากชุดทดลองที่สร้างนั้น มีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งาน แข็งแรงทนทาน สะดวกต่อการใช้เพื่อการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ TMS320C50 DSK ซึ่งทำให้ผู้ที่สนใจด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเกิดความสนใจนำไปประยุกต์ใช้งานได้และในส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานการทดลองก็ได้ผลเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นกันได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 เนื่องจากการออกแบบและการกำหนดลำดับขั้นในการเรียนรู้การทำงานใบงานของชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK มีการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจน การจัดทำทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน คำชี้แจงลำดับขั้นในการทำใบงานมีการบอกลำดับขั้นการทดลองที่ชัดเจน มีการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรในขณะที่ทำการศึกษาและทดลอง ซึ่งในแต่ละการทดลองจะมีซอสโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ทันทีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยมีการอธิบายรายละเอียดการทดลองทุกการทดลองจึงทำให้สามารถเข้าใจการทำงานของ DSP ได้ง่ายขึ้น

5.9 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้แบ่งออกเป็น กลุ่มพื้นฐานนั้นเหมาะกับผู้ที่ตองการเริ่มต้นเรียนรู้การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล เช่น การแสดงผลออกอินพุตเอาท์พุตพอร์ต การใช้งานอินเทอร์รัพท์ การเชื่อมต่อ LCD การเชื่อมต่อกับ 7-Segment การเชื่อมต่อกับ สวิตซ์เมตริก การสร้างสัญญาณ PWM เน้นการเชื่อมต่อ DSP กับอุปกรณ์รอบนอกและการใช้คำสั่งง่าย ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พอร์ตและรีจิสเตอร์ ๆ ซึ่งเป็นการใช้งาน DSP ขั้นพื้นฐาน และ กลุ่มการประยุกต์ใช้งานซึ่งจะเน้น การโปรแกรมการประมวลเลขคณิตที่ซับซ้อนเช่น การสร้างสัญญาณด้วยกระบวนการดิจิตอล การสร้างสัญญาณจากฟอร์มเลขคณิตแบบต่าง ๆ ตัวกรองสัญญาณแบบ FIR และการสังเคราะห์ตัวกรองแบบ IIR ซึ่งการใช้ชุดทดลองนั้นผู้ทดลองต้องค่อย ๆ ศึกษาทำความเข้าใจในตัวอย่างโปรแกรมและฮาร์ดแวร์โดยละเอียดจะสามารถทำการทดลองได้เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น

5.10 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำเอาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียนจริงเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK ของผู้เรียน และนำข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไปปรับปรุงคุณภาพของชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK ที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ควรมีการนำเอาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK ที่สร้างขึ้นไปทำการหาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK จากการทดลองจริงกับกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจะเรียนรู้ทางด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้ที่จะพัฒนาชุดทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP ควรออกแบบการทดลองโดยการใช้ภาษาชั้นสูงขึ้น เช่น ภาษา ซี ที่มีรูปแบบคำสั่งที่เข้าใจง่ายกว่าทำให้สะดวกต่อการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคตเมื่อเทคโนโลยีทางฮาร์ดแวร์ของ DSP มีการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มเติมการประยุกต์ใช้กับระบบงานที่ซับบซ้อนมากยิ่งขึ้นเช่นการ การประมวลผลภาพ (Image Processing) การประยุกต์ใช้งานในระบบควบคุม และการสื่อสารเป็นต้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จารุทัศน์ วงษ์สันต์. 2544. **MATLAB สำหรับแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม** : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. 2542. **พื้นฐานกรรมวิธีสัญญาณดิจิตอล** :สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรชัย ภวพงศักดิ์. 2546. **การประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเบื้องต้น** : เอกสารประกอบการสอนบนเวบไซต์ http://www.ee.mut.ac.th/home/pornchai

พิเชษฐ์ ศรีสังข์งาม. 2543. **การเพิ่มความเร็วของการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วยโปรเซสเซอร์คู่ขนานโดยใช้ TMS320Cxx.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี. 2546. "การออกแบบวงจรและสร้างโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876" " วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มั่นคง มณีรัตนรุ่งโรจน์ 2546. **"การพัฒนาชุดฝึกทดลองการออกแบบหน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต 16 คำสั่ง โดยใช้ FPGA"** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิพิธ ตันเจริญ 2546. "การพัฒนาชุดฝึกโทรทัศน์สี วิชาปฏิบัติโทรทัศน์ 2 หลักสูตรประกาศยบัตรวิชาชีพสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานคณะกรรมการ การอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศักรินทร์ โสนันทะ. 2542. **" การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชา 111-363 ปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร."** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาไฟฟ้าบัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พุธทอง โพธิปัญญา. 2540. "การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองการติดต่อสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสง" วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประกาศิต ตันติอลงกรณ์ 2539. **" การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ."** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาไฟฟ้าบัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microprocessor Development System 1994. **TMS320C5X DSP Starter Kit User's Guide** , Texas Instrument USA.

Digital Signal Processing Products 1993. **TMS320C5X DSP User's Guide** . Texas Instrument USA.

TMS320 fixed-point Device and Related Support Tools.**TMS320C2X/C5X Optimizing C Compiler User's Guide.**Texas Instrument USA.

TMS320 fixed-point Device and Related Support Tools.**TMS320 fixed-point DSP Assembly Language Tools User's Guide.**Texas Instrument USA.

Dr.F.S. Schlindwein.Programming **The TMS320C50 DSP Chip-Real Time FIR Digital Filter.**Department of Engineering University of Leicester

Heien-Tsai Wu and Hong-De **Chang.A First Laboratory Course on Digital Signal Processing.** Paper of Department of Electronic Engineering Southern Taiwan University of Technology

Dital Signal Processing Applications with the TMS320 Family,**Theory Algorithms, and Implementations, Volume 1-3,** Texas Instruments Inc., 1989 and 1990.

C. Sidney Burrus, etc., **Computer-Based Experiments for Signal Processing using MATLAB,** Prentice-Hall

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพ

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ง ตัวอย่างคู่มือการใช้ชุดทดลอง

ภาคผนวก จ ตัวอย่างใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ [illegible]/2547

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ ของ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช รหัสประจำตัว 43064610 ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. **คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์**

ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
ผศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

2. **คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์**

ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	ประธานกรรมการ
ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	กรรมการ
ผศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ
ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	กรรมการ
ผศ.ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ [illegible] ธันวาคม พ.ศ. 2547

(รองศาสตราจารย์ รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช รหัสประจำตัว 43064610 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK (A DEVELOPMENT OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING USED TMS320C50 DSK TRAINNING SET)" โดยมี ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2547

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2547

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 1265

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

24 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.พีระพล ยุวภูษิตตานนท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายคมเพ็ชร หิรัญพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 1265

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

24 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ปกรณ์ ประจวบวัน

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายคมเพ็ชร หิรัญพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 1265

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๔ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน นายแพทริค ไชยวุฒ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลองดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายคมเพ็ชร หิรัญพานิช มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1306

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

28 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สุวิทย์ นาคพีระยุทธ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย ของ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1306

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

28 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน นายอนันต์ รุ่งเรืองศิริวัฒน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย ของ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1306

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

28 มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน นายณัฐ กาญจนศิริ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัยของ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ ๑๖๐๖

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๖ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัย

เรียน นายสุวิทย์ จันทะคุณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและแบบประเมินคุณภาพใบงานการทดลอง เพื่อการวิจัย

ด้วย นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพชุดทดลองเพื่อการวิจัยของ นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็นการประเมิน ชุดทดลองที่ใช้ในแต่ละใบงาน จำนวน 10 ใบงานซึ่งแต่ละใบงานจะแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ถามถึงคุณภาพของชุดทดลอง

ตอนที่ 2 ถามถึงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอื่น

การประเมินคุณภาพ

ตอนที่ 1 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียว ในแต่ละระดับคะแนนมีความหมายดังนี้

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 เขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนา และ ปรับปรุงต่อไป

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงนามชื่อ...

(..)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลอง

ใบงานที่ _______ เรื่อง______________

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับคุณภาพของใบงาน				
		5	4	3	2	1
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1	ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม					
2	ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน					
3	ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน					
4	ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน					
5	การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม					
6	วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม					
7	บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม					
8	ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้					
9	ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งาน TMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย					
10	ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และ กระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้					
11	ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบ และ พัฒนา นวตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงนามชื่อ..

(..)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อใบงานการทดลอง

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้ได้แบ่งการประเมินใบงาน ออกเป็นส่วน ย่อย ๆ จำนวน 10 ใบงานซึ่งแต่ละใบงานจะแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ถามถึงคุณภาพของใบงานการทดลอง

ตอนที่ 2 ถามถึงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอย่างอื่น

การประเมินคุณภาพ

ตอนที่ 1 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ลงในช่องระดับการประเมินเพียงช่องเดียว ในแต่ละระดับคะแนนมีความหมายดังนี้

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

1 หมายถึง มีคุณภาพควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 เขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงนามชื่อ..

(..)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพใบงาน

ใบงานที่ _______ เรื่อง ______________

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✔ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

		ระดับคุณภาพของใบงาน				
ข้อที่	ข้อความ	5	4	3	2	1
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน					
2	ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน					
3	ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาที่ครอบคุมสำหรับการทดลอง					
4	ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม					
5	คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย					
6	เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก					
7	กระบวนการในใบงานการทดลองกระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง					
8	แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น					
9	ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้					
10	ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง					
11	สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงนามชื่อ..

(..)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	5	4	5	4.67	0.58
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	5	4	4	4.33	0.58
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	5	3	4	4.00	1.00
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4	4	5	4.33	0.58
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	5	4	5	4.67	0.58
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58
8.ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4	5	4	4.33	0.58
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งาน TMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4	4	4	4.00	0.00
10.ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และ กระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	5	4	4	4.33	0.58
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบ และ พัฒนา นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	5	5	5	5.00	0.00
เฉลี่ยรวม				**4.39**	**0.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการประเมินความเหมาะสมของใบงานการทดลอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	5	4	5	4.67	0.58
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	4	5	4.33	0.58
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4	4	5	4.33	0.58
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4	4	5	4.33	0.58
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	5	5	5	5.00	0.00
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4	5	4	4.33	0.58
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4	4	4	4.00	0.00
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4	4	4	4.00	0.00
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	5	4	4	4.33	0.58
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	5	5	4	4.67	0.58
เฉลี่ยรวม				**4.39**	**0.49**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	5	4	5	4.67	0.58
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4	5	5	4.67	0.58
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	5	5	5	5.00	0.00
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4	4	5	4.33	0.58
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58
8.ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4	5	5	4.67	0.58
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งาน TMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	5	4	4	4.33	0.58
10.ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และ กระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	5	4	4	4.33	0.58
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบ และ พัฒนา นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	5	4	4	4.33	0.58
เฉลี่ยรวม				**4.42**	**0.49**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบประเมินคุณภาพใบงาน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการที่ประเมิน	ระดับความเหมาะสม			$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	5	4	5	4.67	0.58
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4	5	5	4.67	0.58
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	5	5	4	4.67	0.58
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	5	5	4	4.67	0.58
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4	5	4	4.33	0.58
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	5	4	4	4.33	0.58
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4	4	5	4.33	0.58
8.แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4	4	5	4.33	0.58
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	5	5	5	5.00	0.00
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4	4	5	4.33	0.58
เฉลี่ยรวม				**4.48**	**0.50**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 1

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4.40	0.49
ข้อที่3	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	3	4	4	4	5	5	4	4	4.10	0.54
ข้อที่5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	4	4	4	3	4	4	5	4	4	4.00	0.45
ข้อที่7	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	4	5	4	5	4.30	0.64
ข้อที่9	4	4	3	5	4	3	4	5	4	4	4.00	0.63
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4.60	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	3	3	4.00	0.89
เฉลี่ยรวม											**4.17**	**0.57**

ตารางที่ ค.6 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 2

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4.70	0.46
ข้อที่3	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	4	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	4	5	4	5	4.30	0.64
ข้อที่9	4	4	3	5	4	3	4	5	4	4	4.00	0.63
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4.60	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	3	5	4.20	0.87
เฉลี่ยรวม											**4.21**	**0.56**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.7 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 3

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4.60	0.49
ข้อที่3	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.10	0.53
ข้อที่4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่6	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4.50	0.50
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	5	5	4	4	4.30	0.64
ข้อที่8	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.10	0.54
ข้อที่9	4	4	3	5	4	3	5	5	4	4	4.10	0.70
ข้อที่10	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4.40	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	4	5	4.30	0.78
เฉลี่ยรวม											**4.28**	**0.57**

ตารางที่ ค.8 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 4

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4.70	0.46
ข้อที่3	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่6	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4.50	0.50
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	5	4	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.10	0.54
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	4	5	4.20	0.75
ข้อที่10	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4.40	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	4	4	5	4.20	0.75
เฉลี่ยรวม											**4.25**	**0.56**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.9 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 5

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**	**คนที่ 6**	**คนที่ 7**	**คนที่ 8**	**คนที่ 9**	**คนที่ 10**		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4.50	0.50
ข้อที่3	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.10	0.54
ข้อที่4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่6	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.40	0.49
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	5	4	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	4	5	4.20	0.75
ข้อที่10	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4.40	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	4	5	4.30	0.78
เฉลี่ยรวม											**4.25**	**0.56**

ตารางที่ ค.10 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 6

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**	**คนที่ 6**	**คนที่ 7**	**คนที่ 8**	**คนที่ 9**	**คนที่ 10**		
ข้อที่1	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4.60	0.49
ข้อที่3	4	4	4	5	4	3	4	5	4	4	4.10	0.54
ข้อที่4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่6	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4.50	0.50
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	5	4	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	4	4	4	5	4	3	5	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	4	5	4.20	0.75
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	4	4	5	4.40	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	4	5	4.30	0.78
เฉลี่ยรวม											**4.28**	**0.57**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.11 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 7

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4.40	0.49
ข้อที่3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	4	4.10	0.54
ข้อที่4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่6	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
ข้อที่7	4	4	4	5	3	5	5	5	4	4	4.30	0.64
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	5	5	4	5	4.40	0.66
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	4	5	4.20	0.75
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4.50	0.50
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	4	3	5	4.10	0.83
เฉลี่ยรวม											**4.26**	**0.58**

ตารางที่ ค.12 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 8

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4.30	0.46
ข้อที่3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่6	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	5	4	4	4	4	3	5	5	5	5	4.40	0.66
ข้อที่9	5	4	3	4	4	3	4	5	5	5	4.20	0.75
ข้อที่10	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4.50	0.50
ข้อที่11	5	3	5	4	4	3	4	4	4	5	4.10	0.70
เฉลี่ยรวม											**4.19**	**0.53**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.13 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 9

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4.40	0.49
ข้อที่3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่6	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	4	5	5	5	4.40	0.66
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	5	5	4.30	0.78
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4.60	0.49
ข้อที่11	5	3	5	5	4	3	4	5	5	5	4.40	0.80
เฉลี่ยรวม											**4.24**	**0.55**

ตารางที่ ค.14 ผลการประเมินคุณภาพชุดทดลองที่ 10

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4.40	0.49
ข้อที่3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่6	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	4.20	0.60
ข้อที่8	5	4	4	5	4	3	4	5	5	5	4.40	0.66
ข้อที่9	5	4	3	5	4	3	4	5	5	5	4.30	0.78
ข้อที่10	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4.60	0.49
ข้อที่11	5	3	5	4	4	3	4	5	5	5	4.30	0.78
เฉลี่ยรวม											**4.23**	**0.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 1 – 5

รายการ	ชุดทดลองที่ 1			ชุดทดลองที่ 2			ชุดทดลองที่ 3			ชุดทดลองที่ 4			ชุดทดลองที่ 5		
	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.00	0.00	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.40	0.49	ดี	4.70	0.46	ดีมาก	4.60	0.49	ดีมาก	4.70	0.46	ดีมาก	4.50	0.50	ดีมาก
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.00	0.45	ดี	4.00	0.45	ดีมาก	4.10	0.54	ดี	4.00	0.45	ดี	4.10	0.54	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.10	0.54	ดี	4.20	0.40	ดี	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดี	4.10	0.30	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.10	0.30	ดี	4.00	0.00	ดี	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดี	4.30	0.46	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.00	0.45	ดี	4.00	0.00	ดี	4.50	0.5	ดีมาก	4.50	0.50	ดีมาก	4.40	0.49	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี	4.20	0.60	ดี	4.30	0.64	ดี	4.20	0.60	ดี	4.20	0.60	ดี
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.30	0.64	ดี	4.30	0.64	ดี	4.10	0.54	ดี	4.10	0.54	ดี	4.20	0.60	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งาน TMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.00	0.63	ดี	4.00	0.63	ดี	4.10	0.7	ดี	4.20	0.75	ดี	4.20	0.75	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.60	0.49	ดีมาก	4.60	0.49	ดีมาก	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบ และ พัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.00	0.89	ดี	4.00	0.87	ดี	4.30	0.78	ดี	4.20	0.75	ดี	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	**4.17**	**0.57**	ดี	**4.21**	**0.56**	ดี	**4.28**	**0.57**	ดี	**4.25**	**0.56**	ดี	**4.25**	**0.56**	ดี

ตารางที่ ค.16 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลองที่ 6 – 10

รายการ	ชุดทดลองที่ 6			ชุดทดลองที่ 7			ชุดทดลองที่ 8			ชุดทดลองที่ 9			ชุดทดลองที่ 10		
	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
2. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.60	0.49	ดีมาก	4.40	0.49	ดี	4.30	0.46	ดี	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี
3. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความคงทนถาวรต่อการใช้งาน	4.10	0.54	ดี	4.10	0.54	ดี	4.00	0.45	ดี	4.00	0.45	ดี	4.00	0.45	ดี
4. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสะดวกต่อการต่อใช้งาน	4.20	0.40	ดี	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
5. การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดทดลองมีความเหมาะสม	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดีมาก	4.40	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี
6. วัสดุที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.50	0.50	ดีมาก	4.30	0.46	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
7. บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บชุดทดลองมีความเหมาะสม	4.20	0.60	ดี	4.30	0.64	ดี	4.20	0.60	ดี	4.20	0.60	ดี	4.20	0.60	ดี
8. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นทำให้สะดวกต่อการเรียนรู้ด้านการประมวลผลสัญญาณได้	4.20	0.60	ดี	4.40	0.66	ดี	4.40	0.66	ดี	4.40	0.66	ดี	4.40	0.66	ดี
9. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้ผู้ที่ใช้งาน TMS320C50 ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลเข้าใจการทำงานได้ง่าย	4.20	0.75	ดี	4.20	0.75	ดี	4.20	0.75	ดี	4.30	0.78	ดี	4.30	0.78	ดี
10. ชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และกระตุ้นการเรียนรู้ ด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.40	0.49	ดี	4.50	0.50	ดีมาก	4.50	0.50	ดีมาก	4.60	0.49	ดีมาก	4.60	0.49	ดีมาก
11. ชุดทดลองที่สร้างขึ้นจะทำให้เกิดแนวทางในการออกแบบ และ พัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้	4.30	0.78	ดี	4.10	0.83	ดี	4.10	0.70	ดี	4.30	0.80	ดี	4.30	0.78	ดี
เฉลี่ยรวม	**4.28**	**0.57**	ดี	**4.26**	**0.58**	ดี	**4.19**	**0.53**	ดี	**4.24**	**0.55**	ดี	**4.23**	**0.55**	ดี

ตารางที่ ค.17 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 1

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\bar{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่3	3	5	4	3	5	3	4	4	5	4	4.00	0.78
ข้อที่4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	4	5	3	3	4	5	3	5	5	3	4.00	0.89
ข้อที่8	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่9	4	5	3	4	5	3	5	5	4	3	4.10	0.83
ข้อที่10	4	5	4	4	4	3	5	5	4	3	4.10	0.70
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
เฉลี่ยรวม											**4.08**	**0.56**

ตารางที่ ค.18 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 2

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\bar{X}$	S.D.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่3	3	5	4	3	4	4	4	4	5	4	4.00	0.63
ข้อที่4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	3	5	3	3	4	5	3	5	5	3	3.90	0.94
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	5	3	3	3	3.80	0.75
ข้อที่10	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	4.10	0.54
ข้อที่11	4	5	4	4	4	5	5	3	3	4	4.10	0.70
เฉลี่ยรวม											**4.05**	**0.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.19 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 3

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่3	3	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4.00	0.63
ข้อที่4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4.30	0.46
ข้อที่5	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4.30	0.46
ข้อที่6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่7	3	5	4	3	4	5	3	5	5	3	4.00	0.89
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	5	5	4	3	4.10	0.70
ข้อที่10	4	5	4	4	4	4	5	5	4	3	4.20	0.60
ข้อที่11	4	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4.40	0.49
เฉลี่ยรวม											**4.17**	**0.55**

ตารางที่ ค.20 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 4

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่3	3	4	4	3	5	5	4	4	4	4	4.00	0.63
ข้อที่4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4.30	0.46
ข้อที่5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่6	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	3	4	3	3	4	5	3	5	5	3	3.80	0.87
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	5	5	5	5	3	4.30	0.78
ข้อที่10	4	5	4	4	4	5	5	5	5	3	4.40	0.66
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4.40	0.49
เฉลี่ยรวม											**4.16**	**0.56**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.21 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 5

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4.00	0.46
ข้อที่3	3	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4.00	0.63
ข้อที่4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่7	3	5	3	3	4	5	5	5	5	3	4.10	0.94
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	4	4	4	3	3.90	0.54
ข้อที่10	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4.00	0.45
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4.40	0.49
เฉลี่ยรวม											**4.11**	**0.53**

ตารางที่ ค.22 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 6

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	4	4	5	3	4	4	4	3	4.00	0.63
ข้อที่3	3	5	4	3	5	3	4	4	4	4	3.90	0.70
ข้อที่4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4.40	0.49
ข้อที่6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่7	3	5	3	3	4	5	5	5	5	3	4.10	0.94
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	5	5	5	3	4.20	0.75
ข้อที่10	4	5	4	4	4	3	5	5	3	3	4.00	0.78
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	4.30	0.46
เฉลี่ยรวม											**4.14**	**0.61**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.23 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 7

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**	**คนที่ 6**	**คนที่ 7**	**คนที่ 8**	**คนที่ 9**	**คนที่ 10**		
ข้อที่1	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่2	4	5	4	4	5	3	4	4	4	3	4.00	0.63
ข้อที่3	3	4	4	3	5	4	4	4	4	4	3.90	0.54
ข้อที่4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	4.40	0.49
ข้อที่6	4	5	4	4	5	3	5	4	4	4	4.20	0.60
ข้อที่7	3	5	4	3	4	5	5	5	5	3	4.20	0.87
ข้อที่8	4	5	3	4	4	4	4	4	5	4	4.10	0.54
ข้อที่9	4	5	4	4	4	3	5	5	5	3	4.20	0.75
ข้อที่10	4	5	4	4	4	4	5	5	5	3	4.30	0.64
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4.00	0.45
เฉลี่ยรวม											**4.15**	**0.60**

ตารางที่ ค.24 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 8

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**	**คนที่ 6**	**คนที่ 7**	**คนที่ 8**	**คนที่ 9**	**คนที่ 10**		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่3	3	4	4	3	5	5	3	5	5	4	4.10	0.83
ข้อที่4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่7	3	4	3	3	4	5	5	5	5	3	4.00	0.89
ข้อที่8	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	4	3	4	4	4	5	5	5	3	4.10	0.70
ข้อที่10	4	5	4	4	4	4	5	5	5	3	4.30	0.64
ข้อที่11	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4.40	0.49
เฉลี่ยรวม											**4.15**	**0.55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.25 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 9

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	4	4	4	5	4	5	5	4	3	4.20	0.60
ข้อที่3	3	5	4	3	5	4	4	4	5	4	4.10	0.70
ข้อที่4	4	5	4	4	5	3	4	4	4	4	4.10	0.54
ข้อที่5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่7	3	5	3	3	4	5	4	5	5	3	4.00	0.89
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	5	5	5	3	4.20	0.75
ข้อที่10	4	5	4	4	4	3	5	5	5	3	4.20	0.75
ข้อที่11	4	5	4	4	4	3	4	4	5	4	4.10	0.54
เฉลี่ยรวม											**4.11**	**0.58**

ตารางที่ ค.26 ผลการประเมินคุณภาพใบงานที่ 10

ข้อการประเมิน	ระดับคุณภาพ										$\overline{X}$	*S.D.*
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10		
ข้อที่1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00	0.00
ข้อที่2	4	5	4	4	5	4	5	5	4	3	4.30	0.64
ข้อที่3	3	5	4	3	5	4	4	4	4	4	4.00	0.63
ข้อที่4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4.00	0.45
ข้อที่5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4.20	0.40
ข้อที่7	3	5	3	3	4	5	4	5	5	3	4.00	0.89
ข้อที่8	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.10	0.30
ข้อที่9	4	5	3	4	4	4	5	5	5	3	4.20	0.75
ข้อที่10	4	4	4	4	4	3	5	5	5	3	4.10	0.70
ข้อที่11	4	5	4	4	4	3	5	5	5	4	4.30	0.64
เฉลี่ยรวม											**4.12**	**0.58**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.27 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 1 – 5

รายการ	ใบงานที่ 1			ใบงานที่ 2			ใบงานที่ 3			ใบงานที่ 4			ใบงานที่ 5		
	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\bar{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี	4.10	0.30	ดี	4.00	0.00	ดี	4.10	0.30	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.20	0.40	ดี	4.10	0.30	ดี	4.20	0.40	ดี	4.20	0.40	ดี	4.00	0.45	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	4.00	0.78	ดี	4.00	0.63	ดี	4.00	0.63	ดี	4.00	0.63	ดี	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.00	0.00	ดี	4.20	0.40	ดี	4.30	0.46	ดี	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.30	0.46	ดี	4.20	0.40	ดี	4.20	0.40	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.20	0.40	ดี	4.10	0.30	ดี	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.00	0.89	ดี	3.90	0.94	ดี	4.00	0.89	ดี	3.80	0.87	ดี	4.10	0.94	ดี
8. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.00	0.45	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.10	0.83	ดี	3.80	0.75	ดี	4.10	0.70	ดี	4.30	0.78	ดี	3.90	0.54	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.10	0.70	ดี	4.10	0.54	ดี	4.20	0.60	ดี	4.40	0.66	ดี	4.00	0.45	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.30	0.46	ดี	4.10	0.70	ดี	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี
เฉลี่ยรวม	**4.08**	**0.56**	ดี	**4.05**	**0.55**	ดี	**4.17**	**0.55**	ดี	**4.16**	**0.56**	ดี	**4.11**	**0.53**	ดี

ตารางที่ ค.28 ผลการวิเคราะห์คุณภาพใบงานที่ 6 – 10

รายการ	ใบงานที่ 6			ใบงานที่ 7			ใบงานที่ 8			ใบงานที่ 9			ใบงานที่ 10		
	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับ
1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความสอดคล้องกับหัวข้อใบงาน	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี	4.00	0.00	ดี
2. ทฤษฎีเบื้องต้นมีความเหมาะสมกับหัวข้อใบงาน	4.00	0.63	ดี	4.00	0.63	ดี	4.10	0.30	ดี	4.20	0.60	ดี	4.30	0.64	ดี
3. ทฤษฎีเบื้องต้นมีเนื้อหาครอบคลุมสำหรับการทดลอง	3.90	0.70	ดี	3.90	0.54	ดี	4.10	0.83	ดี	4.10	0.70	ดี	4.00	0.63	ดี
4. ลำดับและวิธีการนำเสนอของใบงานมีความเหมาะสม	4.20	0.40	ดี	4.20	0.40	ดี	4.20	0.40	ดี	4.10	0.54	ดี	4.00	0.45	ดี
5. คำชี้แจงลำดับขั้นตอนการทดลองในใบงานมีความชัดเจน	4.40	0.49	ดี	4.40	0.49	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
6. เนื้อหาในใบงานแต่ละส่วนมีความเชื่อมโยงกันและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.20	0.40	ดี	4.20	0.60	ดี	4.20	0.40	ดี	4.10	0.30	ดี	4.20	0.40	ดี
7. กระบวนการในใบงานการทดลอง กระตุ้นการตอบสนองของผู้ทดลอง	4.10	0.94	ดี	4.20	0.87	ดี	4.00	0.89	ดี	4.00	0.89	ดี	4.00	0.89	ดี
8. แบบฝึกหัดในใบงานมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งขึ้น	4.10	0.30	ดี	4.10	0.54	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี	4.10	0.30	ดี
9. ใบงานการทดลองมีลักษณะจูงใจและน่าสนใจเหมาะสำหรับการเรียนรู้	4.20	0.75	ดี	4.20	0.75	ดี	4.10	0.70	ดี	4.20	0.75	ดี	4.20	0.75	ดี
10.ใบงานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่ต้องการใช้งานตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้จริง	4.00	0.78	ดี	4.30	0.64	ดี	4.30	0.64	ดี	4.20	0.75	ดี	4.10	0.70	ดี
11. สามารถนำความรู้ที่ได้จากใบงานการทดลองไปใช้งานได้จริง	4.30	0.46	ดี	4.00	0.45	ดี	4.40	0.49	ดี	4.10	0.54	ดี	4.30	0.64	ดี
เฉลี่ยรวม	**4.14**	**0.61**	**ดี**	**4.15**	**0.60**	**ดี**	**4.15**	**0.55**	**ดี**	**4.11**	**0.58**	**ดี**	**4.12**	**0.58**	**ดี**

ภาคผนวก ง

ตัวอย่าง คู่มือการใช้ชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

ชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK

USER'S GUIDE DIGITAL SIGNAL PROCESSING USED TMS320C50 DSK TRAINING SET

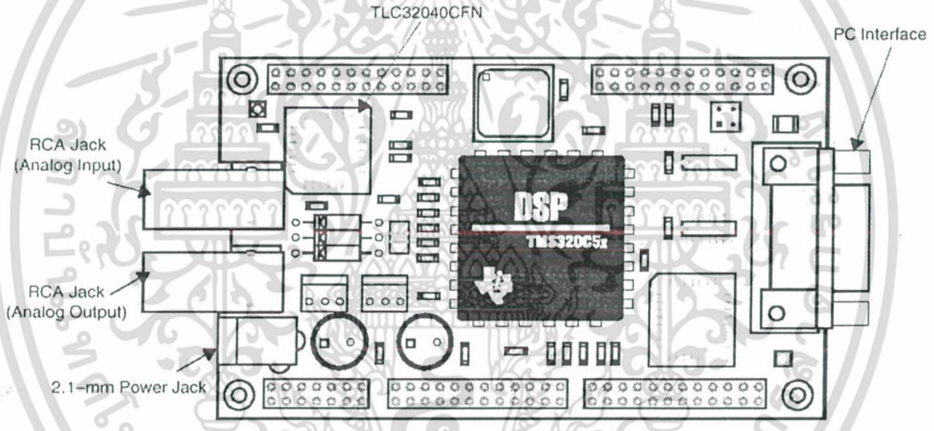
DSP INTERFACE SET USER'S GUIDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การใช้งานชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล

ชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลด้วย TMS320C50 DSK ได้ถูกออกแบบโดยเน้นให้เกิดความสะดวกในการทดลองการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลโดยการใช้ TMS320C50 DSP Starter Kit (DSK) เช่นการเชื่อมต่อ DSK กับอุปกรณ์รอบนอกต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องการเชื่อมต่อ TMS320C50 DSK กับอุปกรณ์รอบนอก ที่มีผลตอบสนองต่อการใช้งานได้ ในการเชื่อมต่อ TMS320C50 DSK กับอุปกรณ์รอบนอกในแต่ละอุปกรณ์ จึงได้ออกแบบเป็น โมดูลบอร์ดทดลอง คือ DSP Expansion I/O Board ,Keypad 4x4 , Basic I/O Board ,LCD Module Board และ 7-Segment Display ในแต่ละโมดูลบอร์ดที่ใช้ทดลองการเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอล DSP มีรายละเอียดดังนี้

1.1)TMS320C50 DSP Starter Kit



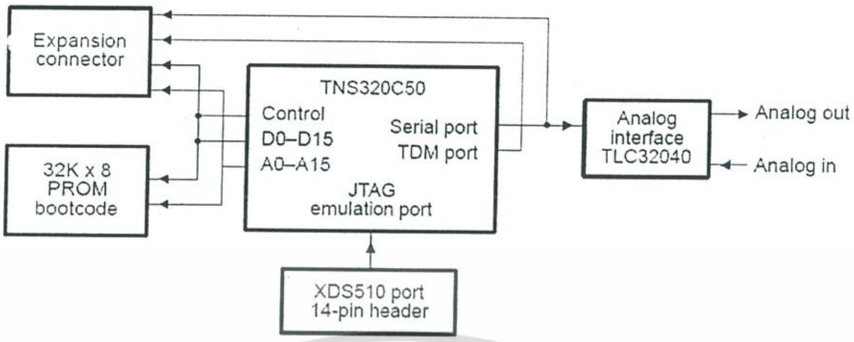
รูปที่ 1 ลักษณะบอร์ดของ TMS320C50 DSP Starter Kit

ลักษณะของบอร์ดทดลองประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 DSK และความสามารถในการใช้งานมีรายละเอียดดังนี้คือ

1. มาตรฐานการประมวลผลสัญญาณดิจิตอล TMS320C50 fixed-point DSP
2. ความเร็วในการประมวลผลคำสั่งใน 1 รอบเวลาการทำงานอยู่ที่ 50 นาโนวินาที
3. หน่วยความจำโปรแกรมขนาด 32 กิโลไบท์
4. แอนาลอกอินพุตเอาท์พุตโดย ใช้ TLC32040 AIC (Analog Interface Circuit)
5. คอนเนคเตอร์สำหรับแอนาลอกอินพุตและเอาท์พุตใช้ต่อได้โดยตรงกับไมโครโฟนและลำโพงเป็นแบบ RCA คอนเนคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

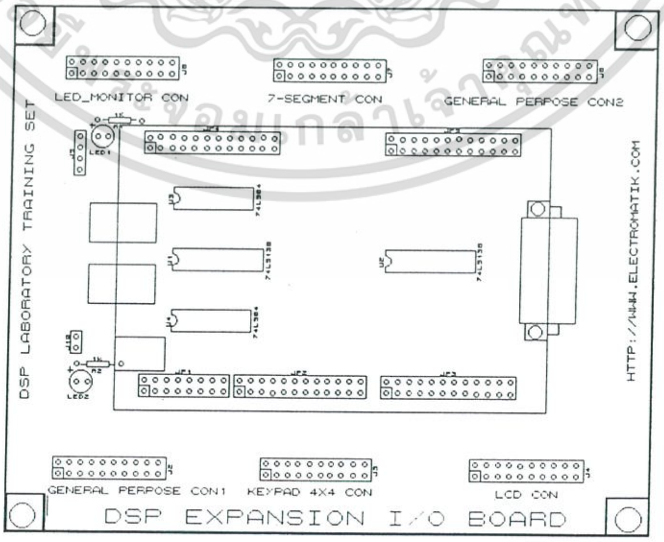
6. มีคอนเนคเตอร์สำหรับอิมูเลเตอร์ XDS510
7. มีระบบบัสภายนอกสำหรับออกแบบการเชื่อมต่อขยายระบบ



รูปที่ 2 บล็อกการทำงานของ TMS320C50 DSP Starter Kit

จากรูปบล็อกการทำงานของ TMS320C50 DSP Starter Kit จะแสดงระบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ในบอร์ด ประกอบไปด้วย การเชื่อมต่อกับ แอนาลอกอินพุต และ เอาท์พุต อิมูเลเตอร์ ระบบการต่อขยายพอร์ต หน่วยความจำโปรแกรม(Prom Boot Code) ที่ใช้ควบคุมบอร์ด DSK กับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต อนุกรม RS232 ขาของ TMS320C50 DSP จะต่ออยู่กับคอนเนคเตอร์ ที่ใช้ต่อออกภายนอกบอร์ด ส่วนการเชื่อมต่อ แอนาลอก อินพุต และ เอาท์พุตจะต่อกับ TMS320C50 DSP แบบอนุกรม และ มีคอนเนคเตอร์เป็นแบบ RCA เพื่อต่อสัญญาณ แอนาลอกอินพุต และเอาท์พุตออกนอกบอร์ด

1.2) DSP Expansion I/O Board



รูปที่ 3 ลักษณะของ DSP Expansion I/O Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DSP Expansion I/O Board คือบอร์ดที่ใช้ในการขยายพอร์ตใช้งานให้กับ TMS320C50 DSK บอร์ดเพื่อใช้ในการต่อร่วมกับอุปกรณ์ รอบนอกได้ รายละเอียดของ DSP Expansion I/O Board และการใช้งานของพอร์ตมีความสามารถแสดงได้ดังนี้แสดงดังนี้

- GENERAL PERPOSE CON1 คือพอร์ตที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์รอบนอกที่ต้องการอ่านข้อมูลเข้ามาผ่านบัสข้อมูลเข้ามาประมวลผลด้วย TMS320C50 DSK บอร์ดหรือเขียนข้อมูลออกจาก TMS320C50 DSK ไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการ ที่ตำแหน่ง แอดแดรส 0009h หรือ 59h

- GENERAL PERPOSE CON2 คือพอร์ตที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์รอบนอกที่ต้องการอ่านข้อมูลเข้ามาผ่านบัสข้อมูลเข้ามาประมวลผลด้วย TMS320C50 DSK บอร์ด หรือเขียนข้อมูลออกจาก TMS320C50 DSK ไปยังอุปกรณ์ที่ต้องการ ที่ตำแหน่ง แอดแดรส 000fh หรือ 5fh

- KEYPAD 4x4 CON คือพอร์ตที่ใช้ในการต่อกับ เมตตริกซ์สวิตช์แบบ 4 แถว 4 คอลัมน์ โดยใช้เอาท์พุตพอร์ตและอินพุตพอร์ตที่แอดเดรส 000ah หรือ 5ah หรือสามารถนำไปดัดแปลงใช้เป็นเอาท์พุตและอินพุต เอาไปควบคุมอุปกรณ์อื่นทั่วไปก็ได้

- LCD CON คือพอร์ตที่ใช้สำหรับต่อกับ LCD Module Board โดยใช้เอาท์พุตพอร์ตที่แอดเดรส 000bh หรือ 5bh ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของ LCD ส่วนแอดเดรส 000ch หรือ 5ch ใช้เป็นสัญญาณข้อมูลที่แลทผ่าน 74LS373 ในการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตให้กับ LCD

- LED_MONITOR CON คือพอร์ตที่ใช้สำหรับต่อควบคุมการแสดงผลออก แอลอีดีที่ใช้เอาท์พุตพอร์ตที่แอดเดรส 000dh หรือ 5dh

- 7-SEGMENT CON คือพอร์ตที่ใช้สำหรับการต่อกับ 7-Segment Display Board เป็นลักษณะ แอโนดร่วม ที่เอาท์พุตพอร์ตแอดเดรส 000eh หรือ 5eh

- JP1, JP2, JP3, JP4, JP5 คือพอร์ตสำหรับต่อเข้ากับ TMS320C50 DSK บอร์ด

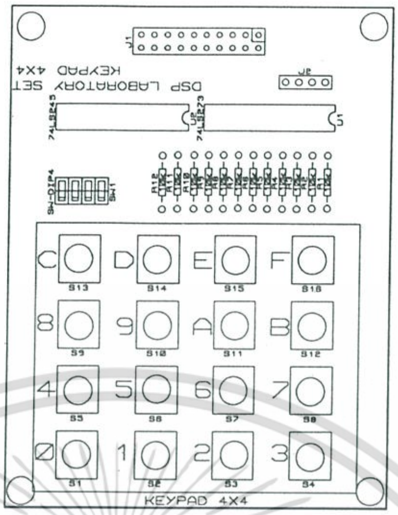
- J9 คือพอร์ตที่ใช้สำหรับต่อ ชุด ไฟเลี้ยง +5vdc 9vac ให้กับ DSP Expansion I/O Board และ TMS320C50 DSK ตามลำดับ

- J10 คือพอร์ตที่ใช้สำหรับต่อ ชุด ไฟเลี้ยง 9vacให้กับ TMS320C50 DSK

- LED1, LED2 แสดงสถานะของไฟเลี้ยงชุด DSP Expansion I/O Board และ TMS320C50 DSK ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

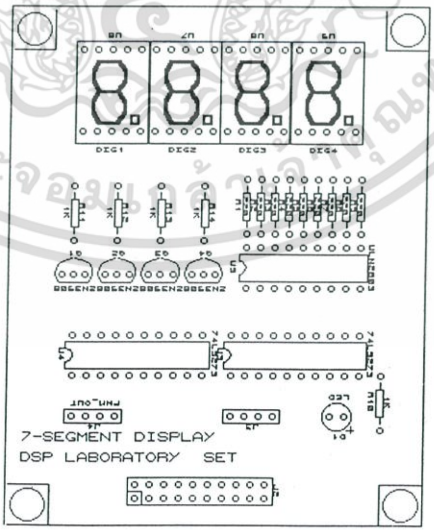
1.3) Keypad 4x4



รูปที่ 4 ลักษณะของ Keypad 4x4

จากรูปที่ 4 Keypad 4x4 เป็นบอร์ดที่ใช้สวิตช์ต่อกันในลักษณะเมตริกซ์แบบ 4 แถว 4 หลักใช้คอนเนคเตอร์เชื่อมต่อใช้งานเชื่อมต่อกับบอร์ด DSP Expansion Board ที่แอดเดรส 000ah หรือ 5ah

1.4) 7-Segment Display



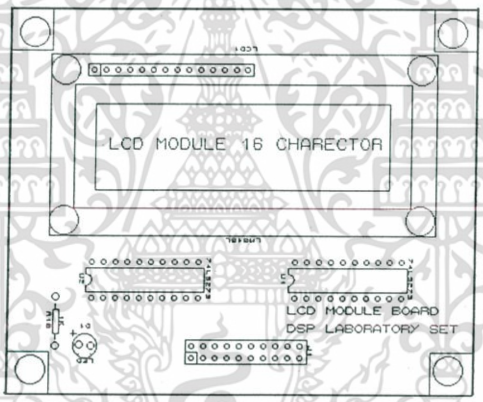
รูปที่ 5 ลักษณะของ 7-Segment Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7-Segment Display เป็นบอร์ดแสดงผลเลข 7-Segment ชนิดแอโนดร่วมที่ต่อกันในลักษณะมัลติเพลกบัสข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5 ลักษณะของ 7-Segment Display มีคอนเนคเตอร์ที่เชื่อมต่อใช้งานเชื่อมต่อกับบอร์ด DSP Expansion Board ที่ตำแหน่งแอดเดรส 000eh หรือ 5eh มี LED แสดงผลการทำงานเมื่อจ่ายไฟให้กับบอร์ด มีตัวขับกระแสที่ขาคอมมอนของ 7-Segment ใช้ทรานซิสเตอร์ 2N3906 ต่อเข้ากับขาคอมมอนของ 7 เซกเมนต์ขับกระแส ส่วนด้านบัสข้อมูลจะใช้ ULN2803 ต่อเข้ากับแต่ละส่วนของ 7 เซกเมนต์ขับกระแส จึงทำให้ 7-Segment สว่างเต็มที่และยังสามารถใช้ได้กับระดับไฟได้ทั้ง 5 V, 9 V และ 12 V ได้

1.5) LCD Module Board

LCD Module Board เป็นบอร์ดแสดงแบบผลึกเหลว (LCD) คอนเนคเตอร์ที่เชื่อมต่อใช้งานเชื่อมต่อกับบอร์ด DSP Expansion Board ที่แอดเดรส 000bh หรือ 5bh และแอดเดรส 000ch หรือ 5ch ขนาด 16 ตัวอักษรสองบรรทัดได้แสดงดังรูปที่ 6 ลักษณะของ LCD Module Board

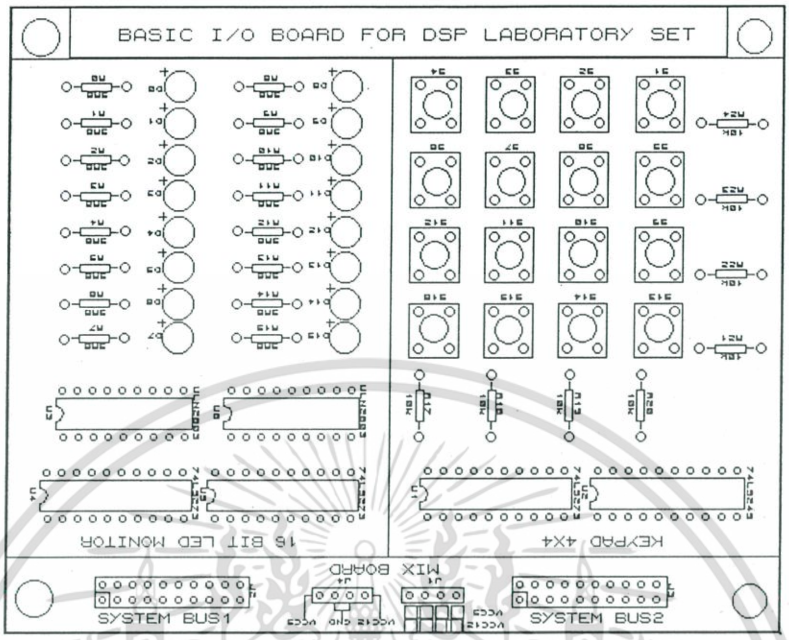


รูปที่ 6 ลักษณะของ LCD Module Board

1.6) Basic I/O Board

Basic I/O Board เป็นบอร์ดแสดงผลออกทาง LED 16 บิต และต่ออยู่กับ สวิตช์ ที่ต่อเป็นแบบ Keypad คอนเนคเตอร์ที่เชื่อมต่อใช้งานเชื่อมต่อกับบอร์ด DSP Expansion I/O Board มี 2 คอนเนคเตอร์คือที่แอดเดรส 000ah หรือ 5ah และแอดเดรส 000dh หรือ 5dh สามารถเลือกจัมเปอร์เพื่อต่อไฟเลี้ยงจากด้านนอกได้ แสดงดังรูปที่ 7 ลักษณะของ Basic I/O Board

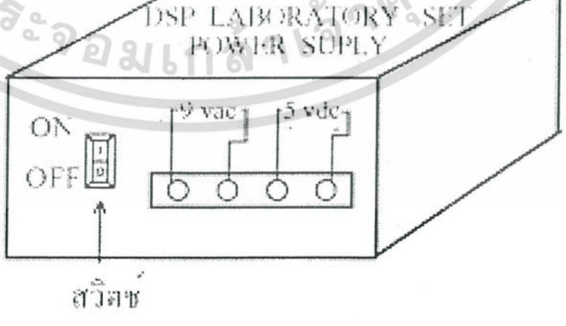
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ลักษณะของ Basic I/O Board

1.7) ชุดแหล่งจ่ายไฟ

ชุดแหล่งจ่ายไฟ จะประกอบไปด้วย คอนเนคเตอร์ 9VAC สำหรับใช้งานกับ DSK Board และคอนเนคเตอร์ +5VDC สำหรับใช้งานกับ ชุด DSP Expansion I/O Board, Keypad 4x4, Basic I/O Board, LCD Module Board และ 7-Segment แสดงดังรูปที่ 8 ชุดแหล่งจ่ายไฟ

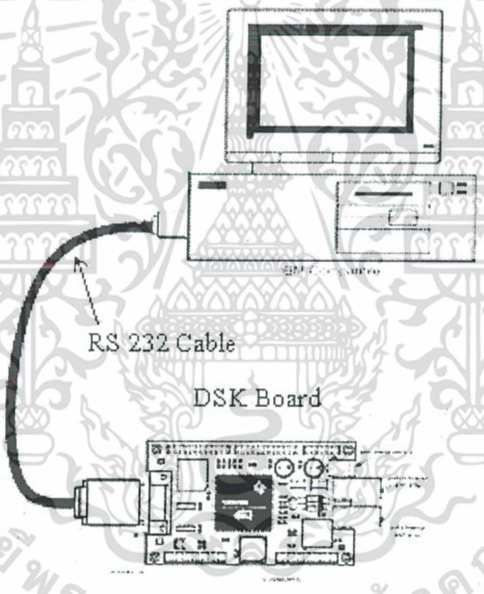


รูปที่ 8 ชุดแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้งานโปรแกรม DSK ดีบักเกอร์

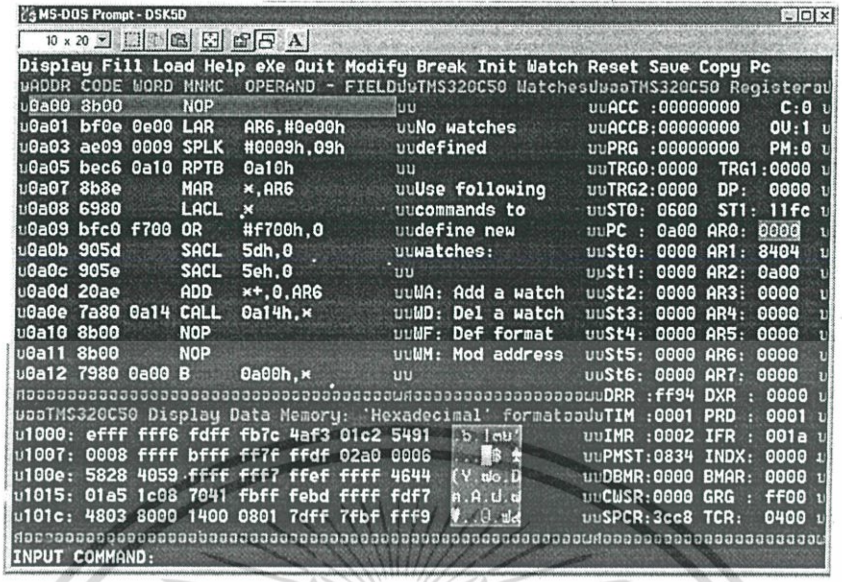
ในการใช้โปรแกรม DSK ดีบักเกอร์ โปรแกรมจะสามารถโหลดแฟ้มที่ต้องการและทำการรันโปรแกรมได้นั้นจะต้องเป็นแฟ้มที่มีนามสกุล .DSK หรือ .OUT แฟ้มที่มีนามสกุล .DSK จะได้มาจากการแอสเซมเบลอแฟ้มที่มีนามสกุล .ASM และไม่มีความผิดพลาดในการแอสเซมเบลอ โปรแกรมแอสเซมเบลอก็คือ DSK5A.EXE รูปแบบการใช้โปรแกรมแอสเซมเบลอ คือ DSK5A *filename.asm* ส่วนแฟ้มที่มีนามสกุล OUT นั้นได้มาจากโปรแกรมแอสเซมเบลอ DSPCL.EXE ซึ่งจะเป็นโปรแกรมแอสเซมเบลอภาษาซี(รายละเอียดของโปรแกรมดีบักเกอร์ภาษาซี ข้อมูลการใช้ดูได้จาก Optimize C5x) ในการใช้โปรแกรมดีบักเกอร์ DSK5D.EXE จะเรียกโปรแกรมทำได้ดังนี้ DSK5D <Option> กรณี Option เท่ากับ C1 หมายถึงสายเคเบิล ต่ออยู่กับ RS232 ที่พอร์ตคอม 1 ของคอมพิวเตอร์ และถ้า Option เท่ากับ C2 หมายถึงสายเคเบิล ต่ออยู่กับ RS232 ที่พอร์ตคอม 2 ของคอมพิวเตอร์ ในรูปที่ 9 การต่อ DSK Board เข้ากับคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์



รูปที่ 9 การต่อ DSK Board เข้ากับคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์

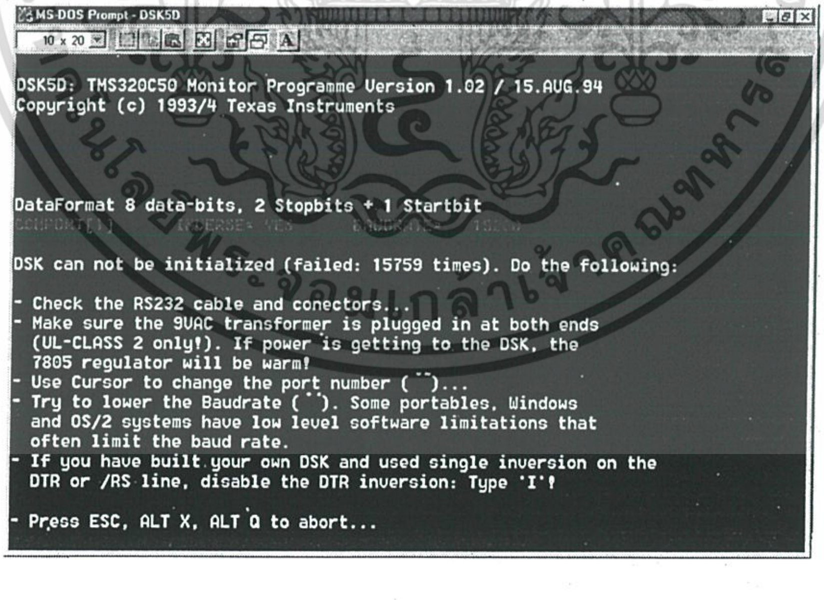
กรณีต่อเข้ากับพอร์ตสื่อสารที่ คอมพอร์ต 1 สามารถเรียกใช้โปรแกรมดีบักเกอร์ได้โดยใช้คำสั่ง DSK5D C1 ดังนี้ C:\DSP\LAB\DSK5D C1 ↵ โปรแกรม DSK ดีบักเกอร์ที่ถูกเรียกใช้ดังแสดงในรูปที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 ลักษณะโปรแกรมดีบักเกอร์เมื่อถูกเรียกใช้

ถ้าเปิดเรียกใช้โปรแกรมแล้วเกิดปัญหาขึ้นก็จะทำให้ไม่สามารถเรียกใช้งานโปรแกรมดีบักเกอร์ได้แต่จะแสดงผลขึ้นอีกหน้าต่างเพื่อให้ทำการตรวจสอบและแก้ปัญหาดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เมื่อเรียกใช้โปรแกรมดีบักเกอร์แล้วเกิดปัญหา

ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อไม่สามารถเข้าใช้โปรแกรมดีบักเกอร์จะสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

เอกสาร...การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตรวจสอบสายสัญญาณว่าต่อถูกต้องหรือไม่

2. ตรวจสอบระบบไฟที่จ่ายให้กับ DSK Board ถ้าระบบไฟจ่ายไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถเข้าสู่โปรแกรมดีบักเกอร์ได้ซึ่งเกิดจาก ไฟตก เนื่องจากหม้อแปลงจ่ายกระแสไม่พอ หรือเกิดจากตัวปรับแรงดันเกิดความร้อน หรือเกิดจาก ตัว DSK Board เองเกิด)ญหาเช่นบัสขอ้มูลต่อไม่ครบหรือมีข้อมูลชนกันเนื่องจากการนำไปประยุกต์ใช้ไม่ถูกต้อง

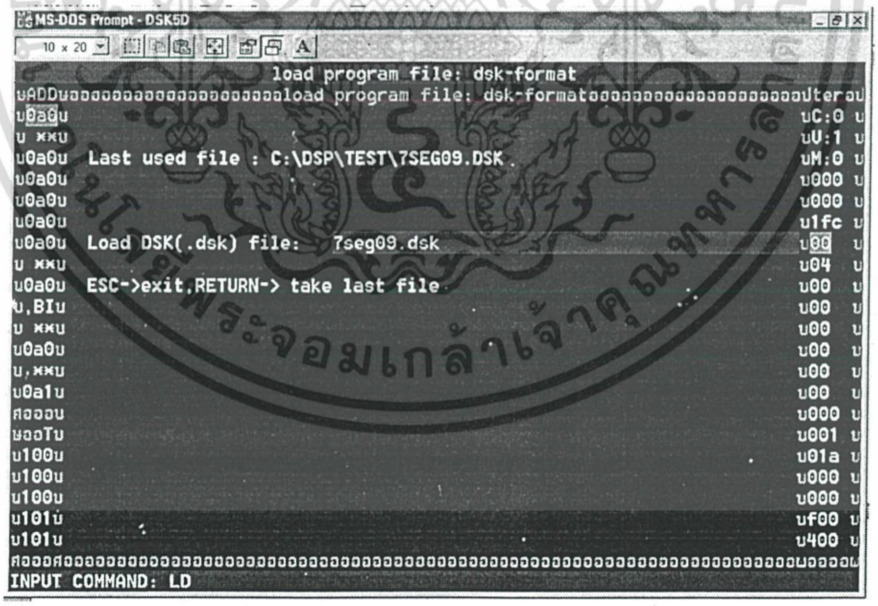
3. ตรวจสอบการเรียกใช้ โปรแกรมโดยการเปลี่ยน <Option>ของการเรียกใช้ โดยเลือกพอร์ตให้ถูกต้องกับสายเคเบิลที่ต่ออยู่

4. ตรวจสอบอัตราการสื่อสาร(Baudrate) ให้ลดลงบางครั้งระบบปฏิบัติการมีการทำงานที่ช้าก็จะทำให้คอมพอร์ตสื่อสารไม่ได้

5. ตรวจสอบการทำงานของตัว DSP ว่ามีการทำงานหรือไม่ถ้าไม่ทำงานให้ทำการเริ่มต้นระบบการทำงานใหม่หรือทำให้ ตัว DSP รีเซตการทำงาน

2.1 การโหลดแฟ้ม DSK

เมื่อเรียกใช้โปรแกรม DSK ดีบักเกอร์แล้วต้องการเรียกแฟ้มที่พัฒนาขึ้นและแอสเซมเบลอโปรแกรมแล้วจะทำได้คือ กด LD *filename.dsk* แล้วกด Enter แฟ้ม DSK ก็จะถูกโหลดลงโปรแกรมดีบักเกอร์ แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงหน้าต่างการหลดแฟ้ม 7seg09.DSK เข้าสู่โปรแกรมดีบักเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การรันโปรแกรม

2.2.1 การรันที่ละบรรทัดของโปรแกรมทำได้โดย กด XS และใช้ ปุ่ม Space bar ในการรันที่ละบรรทัด

2.2.2 การรันตามจำนวนบรรทัดที่กำหนดทำได้โดยการกด XN และใส่จำนวนบรรทัดมี่ต้องการรันอัตโนมัติ และจะหยุดการรันอัตโนมัติเมื่อรันครบบรรทัดที่กำหนด

2.2.3 การรันโปรแกรมทั้งหมดได้โดยการกด XR

2.2.4 การรันโปรแกรมแล้วออกจากโปรแกรมดีบักเกอร์กด XQ

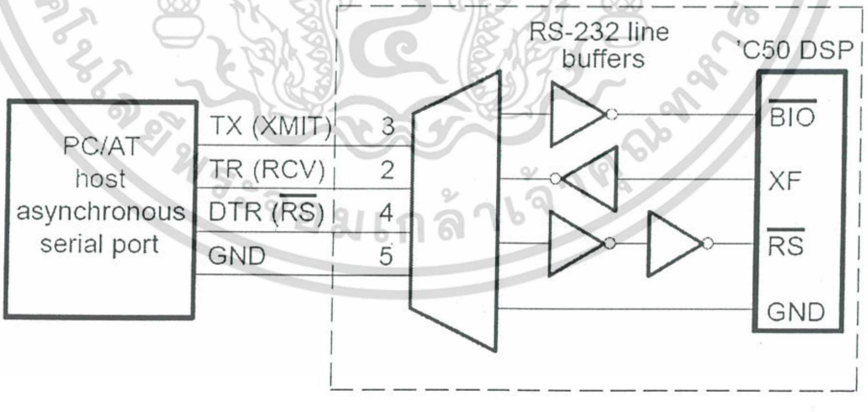
2.2.5 การรันโปรแกรมทีละฟังก์ชันโดยกด XF

2.3 การดูค่าตำแหน่งแอดแดรสที่ต้องการ โดยการกด WA ตามด้วยตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการหรือถ้าต้องการลบออกก็กด WD ในการดูค่าสามารถดูค่าได้หลายรูปแบบเช่น โดยกดรูปเลือกรูปแบบที่ต้องการเช่น เป็นจำนวนเต็มกด WI แล้วกด ESC

2.4 การกำหนดจุดหยุดของโปรแกรม สามารถทำได้โดยการกด B ตามด้วยแอดเดรสที่กำหนดจากนั้นก็ให้รันโปรแกรมตามปกติแต่จะใช้ XG แทนและถ้ากด BD ก็ทำให้จุดหยุดนั้นจะหายไปโปรแกรมก็จะไม่หยุด แต่ถ้ากด BE โปรแกรมก็จะหยุดตามแอดเดรสที่กำหนด

2.5 การเพิ่มเติมข้อมูลหรือโปรแกรมทำได้โดยกด FD เป็นการเพิ่มข้อมูล และถ้ากด FP ก็จะเป็นการเพิ่มโปรแกรม

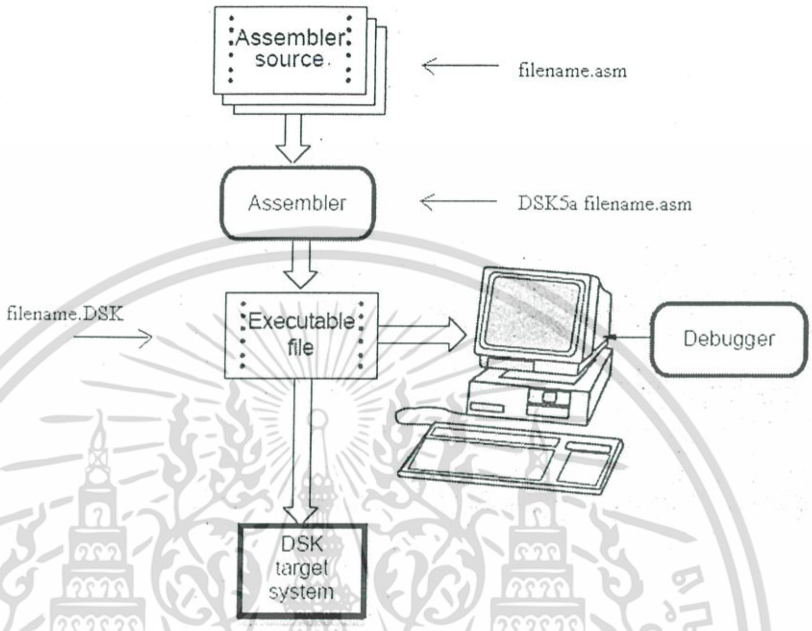
3. การเชื่อมต่อ พอร์ต RS232 ของ DSK บอร์ด กับ คอมพิวเตอร์



รูปที่ 13 การเชื่อมต่อสายสัญญาณ RS232 ระหว่าง DSP TMS320C50 กับ DSK Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพัฒนาโค้ดสำหรับ DSK Board สามารถพัฒนาโค้ดโปรแกรมได้ตามโฟวชาร์จต่อไปนี้



รูปที่ 14 โฟวชาร์จลำดับการพัฒนาโค้ดที่ใช้สำหรับ DSK Board

4.1 การเริ่มต้นใช้งานพัฒนาโค้ดสำหรับ DSK Board มีลำดับขั้นการพัฒนาได้ดังนี้

1. สร้างโค้ดโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีตามตัวอย่างในโปรแกรมEditor Program ดังตัวอย่างในรูปที่ 15 แล้ว Save File ให้มีนามสกุล .ASM เช่น TRY.ASM ซึ่งโปรแกรมตัวอย่างนี้เป็นโปรแกรมสร้างสัญญาณฟันเลื่อยออกทาง แอนาลอกเอาต์พุตของ DSP โดยการบวกค่าขึ้นไปเลื่อย ๆ ทีละ 10 วนไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
****************************************************
*    saw_toothed wave generator                        *
*    Ramp rate is determined by interruptrate and step size   *
*    Ramp is made by numerical rollover.               *
****************************************************

      .mmregs              ;Include memory map reg
      .ps    0080ah        ;
      B      RINT          ;Set interrupt vector
      .ps    00a00h        ;
      .entry               ;Initial PC address
      LDP    DXR           ;Load data page for DXR (Zero)
      LAMM   IMR           ;
      OR     #10h          ;Trun on receive interrupt (RINT)
      SAMM   IMR           ;
LOOP: ADD    #10           ;Increment ACCU by 10
      SACL   DXR,3         ;Shift ACCU left 3 bit when storing
      IDLE                 ;wait for d/a interrupt
      B      LOOP          ;
RINT: RETE                 ;Re-enable imterrupt
```

รูปที่ 15 โปรแกรม TRY.ASM

2. เมื่อเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้วให้ทำการแอสเซมเบลอโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรม ที่เป็นนามสกุล .ASM เป็นนามสกุล .DSK ดังต่อไปนี้ DSKA TRY.ASM ↵

เมื่อทำการแอสเซมเบลอโปรแกรมแล้วจะทำให้ได้ TRY.DSK ที่จะสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมดีบักเกอร์ได้ แต่ถ้าแอสเซมเบลอแล้วเกิด ข้อผิดพลาดขึ้นก็จะทำให้ไม่มีการสร้าง Filename ที่มีนามสกุล .DSK ก็ให้เข้าไปแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมให้ถูกต้องก่อนแล้วทำการแอสเซมเบลอโปรแกรมใหม่จนกว่าจะไม่มีข้อผิดพลาด

3. ถ้าต้องการแอสเซมเบลอโปรแกรมแล้วสร้างรายละเอียดของการแอสเซมเบลอด้วย ให้ทำการแอสเซมเบลอโปรแกรมดังนี้ DSKA TRY.ASM -L ↵

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการศึกษา ทั้งนี้ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

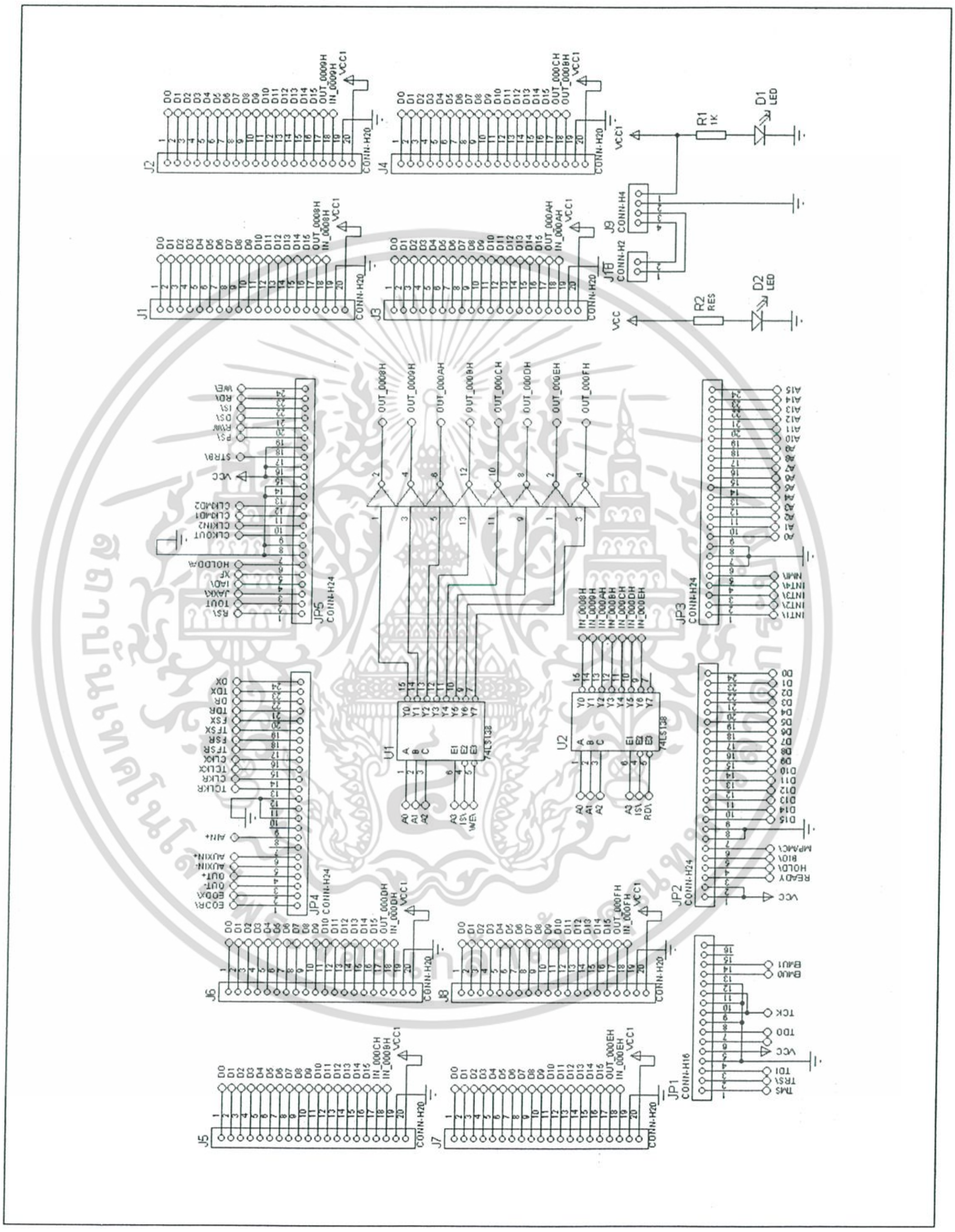
จากนั้นให้เปิด File TRY.LST ดังรูปที่ 16 จะทำให้สามารถดูรายละเอียดของโปรแกรมได้เช่น ตำแหน่งแอดเดรสของการกระโดด แอดเดรสที่เริ่มต้น คำสั่ง ตำแหน่งของตัวแปร ว่าเมื่อกำหนดให้กระโดดแล้วอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดหรือไม่ สามารถตรวจสอบได้ว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นขั้นเกิดข้อผิดพลาดได้ที่บรรทัดใด และ อื่น ซึ่งทำให้สามารถรายละเอียดของโค้ดที่ต้องการทราบทั้งหมดได้

```
00001 ---- ----  ****************************************************
00002 ---- ----  *     saw_toothed wave generator              *
00003 ---- ----  *     Ramp rate is determined by interrupt    *
00004 ---- ----  *     rate and step size.                     *
00005 ---- ----  *     Ramp is made by numerical rollover.     *
00006 ---- ----  ****************************************************
00007 ---- ----  ;     Declare memory_mapped register and program
00008 ---- ----  ;     block address
00009 ---- ----
00010 ---- ----        .mmregs              ;Include memory map reg
00011 ---- 080a        .ps     0080ah       ;
00012 080a 7980           B    RINT         ;Set interrupt vector
                     080b 0000
00013 ---- 0a00        .ps     00a00h       ;
00014 ---- ----         .entry              ;Initial PC address
            >>>>> ENTRY POINT SET TO 0a00
00015 0a00 0d21         LDP    DXR          ;Load data page for DXR (Zero)
00016 0a01 0804         LAMM   IMR          ;
00017 0a02 bfc0         OR     #10h         ;Trun on receive interrupt (RINT)
                     0a03 0010
00018 0a04 8804         SAMM   IMR          ;
00019 0a05 b85a  LOOP:  ADD    #90          ;Increment ACCU by 10
00020 0a06 9321         SACL   DXR,3        ;Shift ACCU left 3 bit when storing
00021 0a07 be22         IDLE                ;wait for d/a interrupt
00022 0a08 7980         B      LOOP         ;
                     0a09 0a05
00023 0a0a be3a  RINT:  RETE                ;Re-enable imterrupt
00024 ---- ----
```

รูปที่ 16 TRY.LST

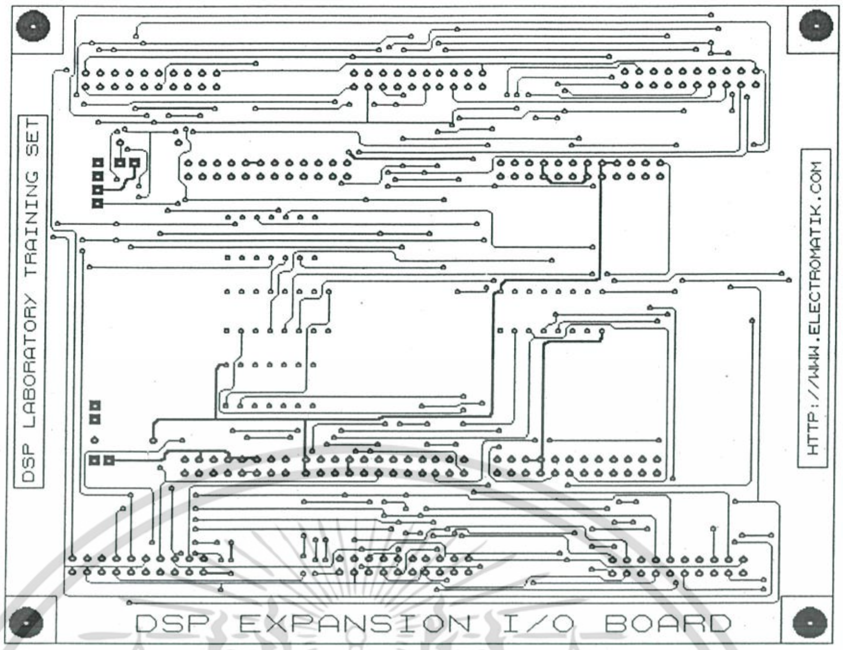
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

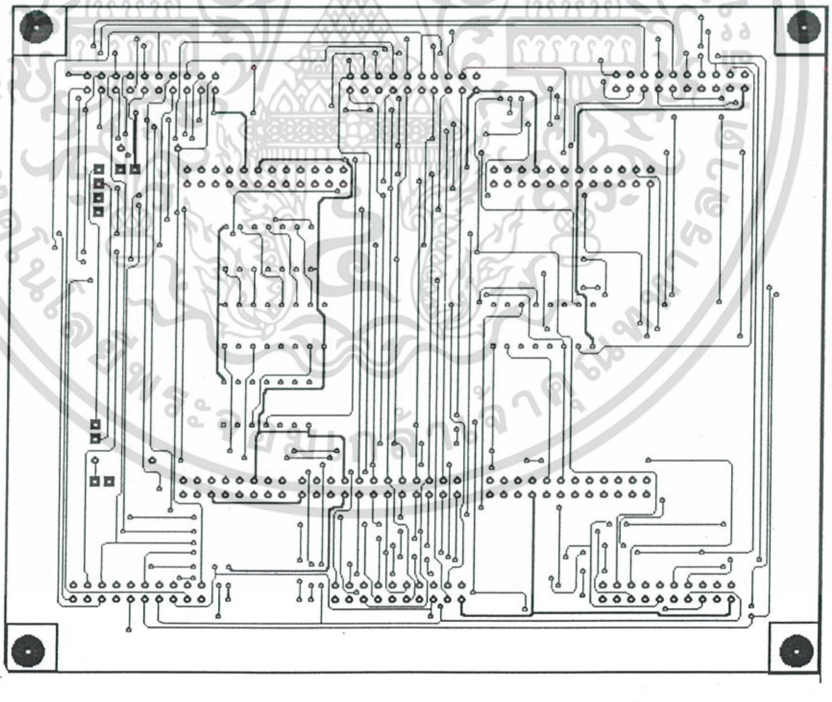


รูปที่ 17 การต่อวงจร DSP Expansion I/O Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

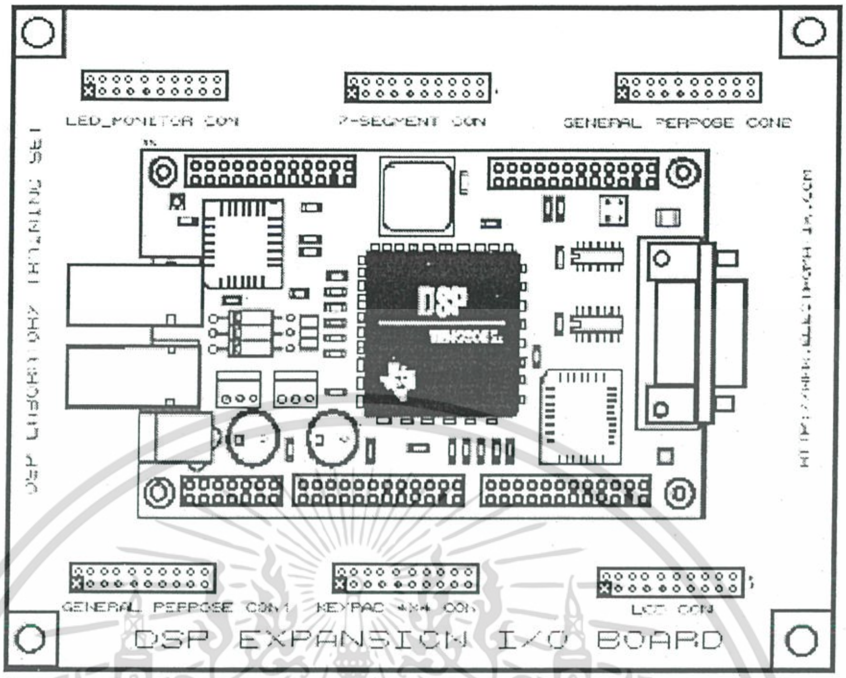


รูปที่ 18 Top Copper DSP Expansion I/O Board



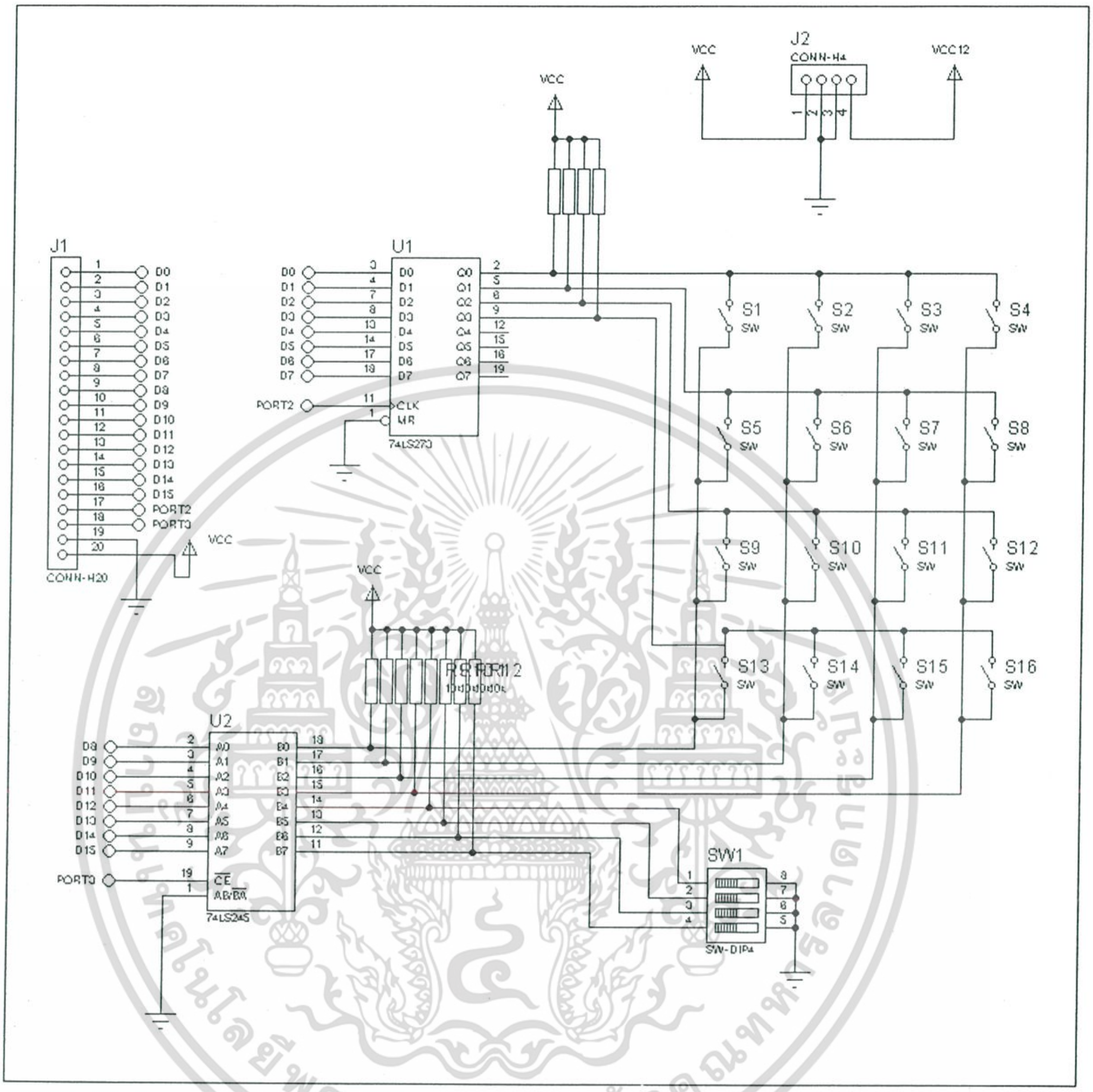
รูปที่ 19 Bottom Copper DSP Expansion I/O Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



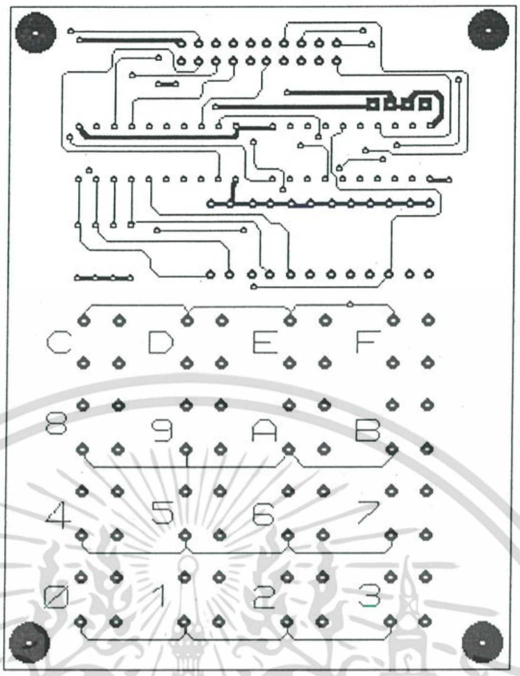
รูปที่ 20 การจัดวางอุปกรณ์ DSP Expansion I/O Board รวมกับ DSK Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

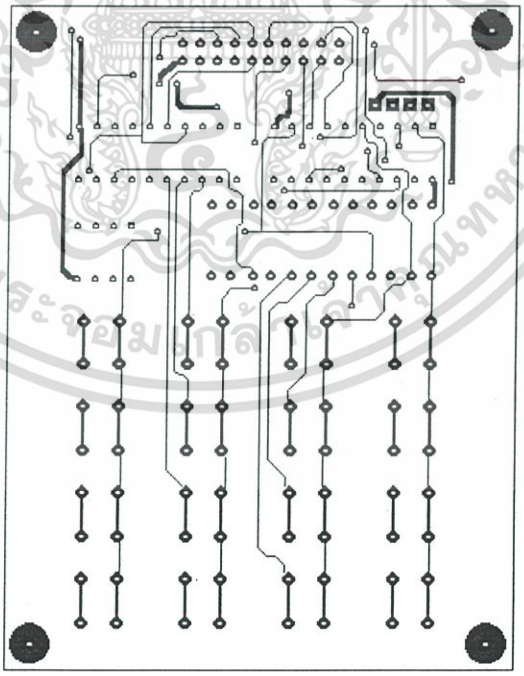


รูปที่ 21 การต่อวงจร Keypad 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

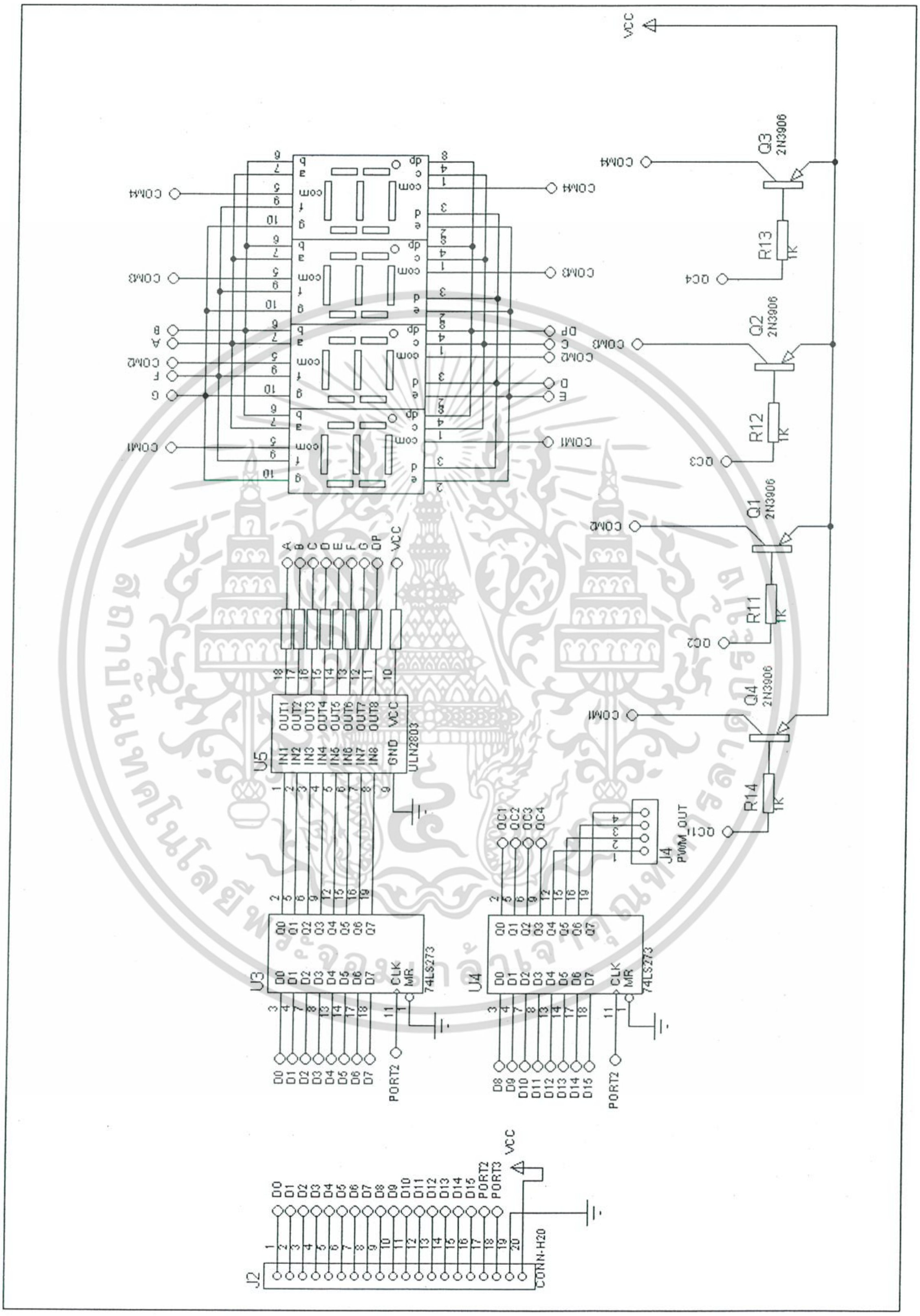


รูปที่ 22 Top Copper Keypad 4x4



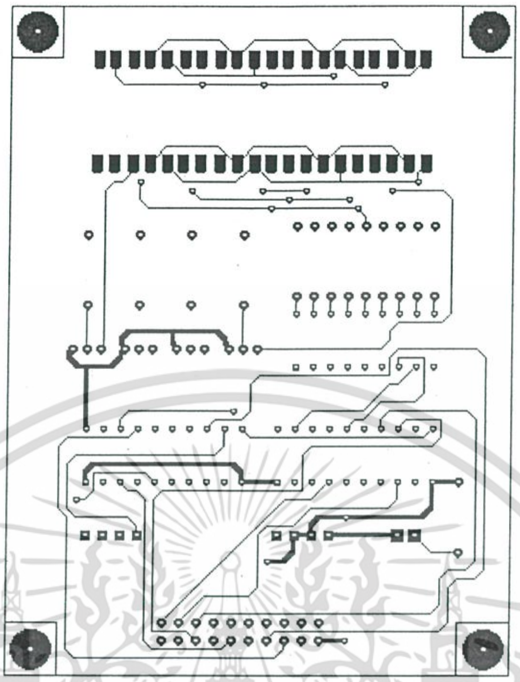
รูปที่ 23 Bottom Copper Keypad 4x4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

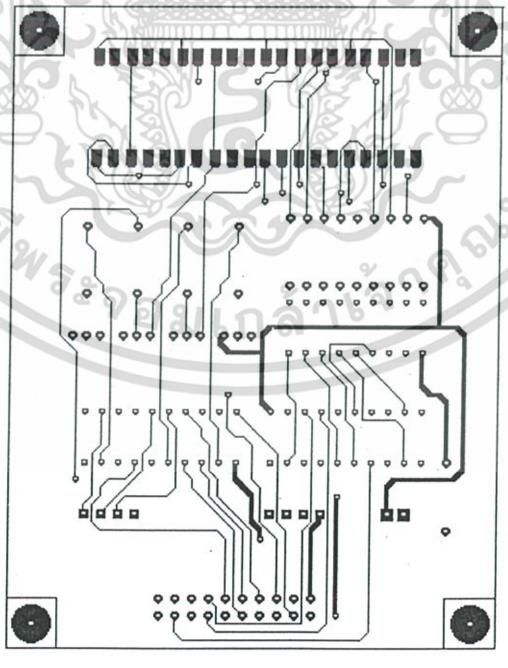


รูปที่ 24 การต่อวงจร 7-Segment Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

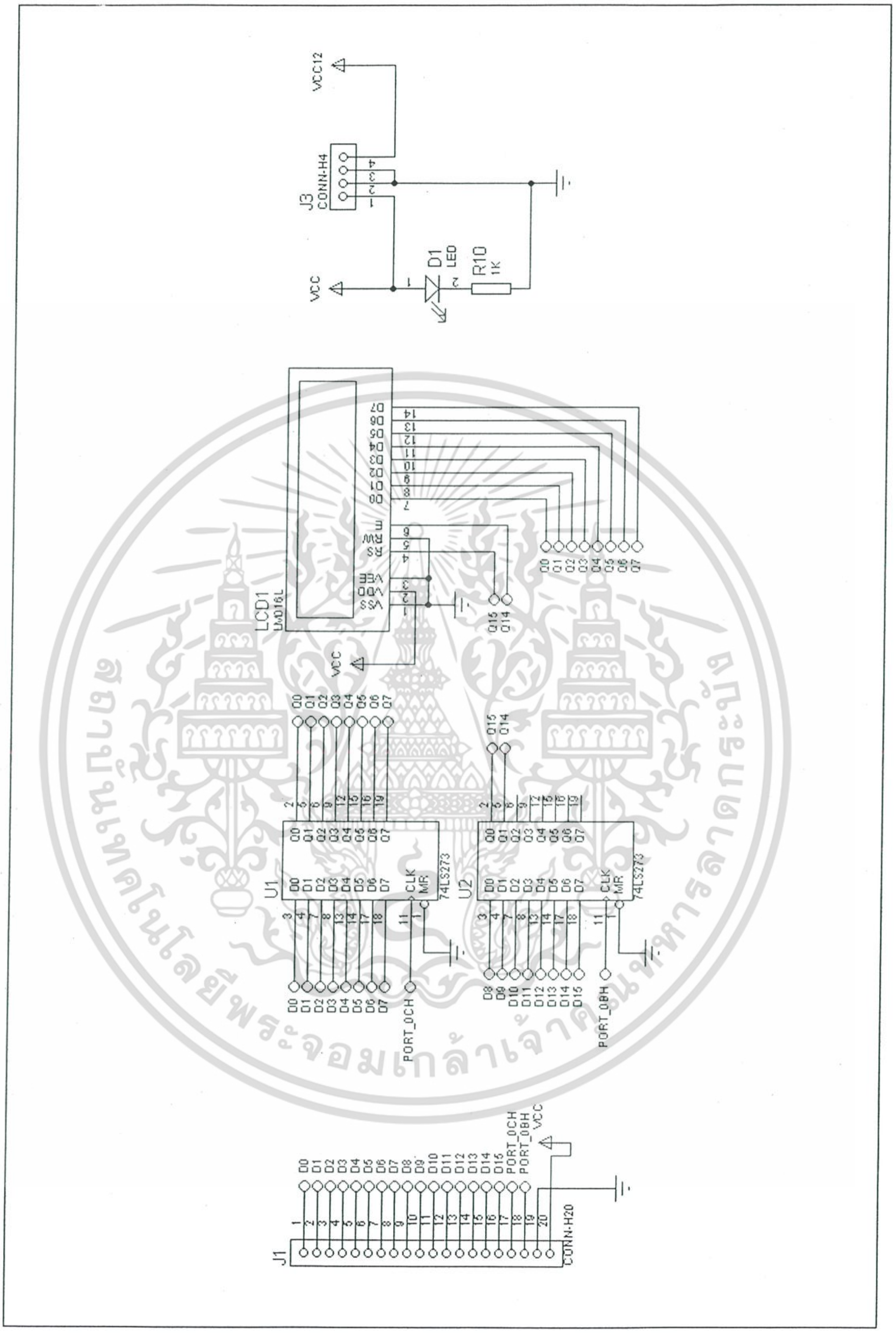


รูปที่ 25 Top Copper 7-Segment Display



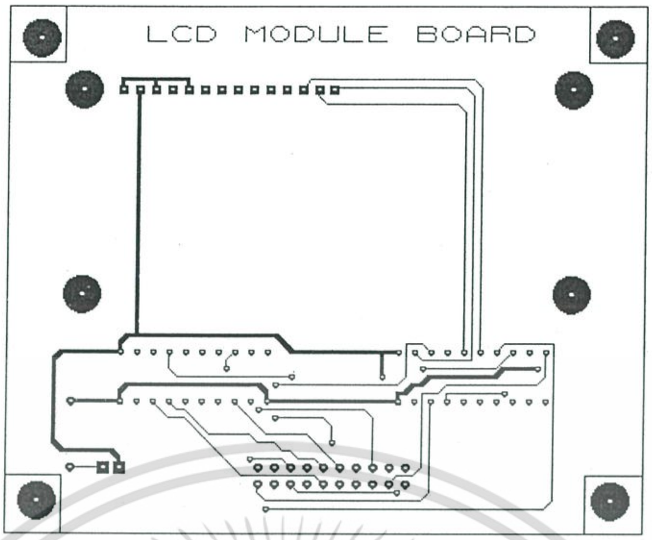
รูปที่ 26 Bottom Copper 7-Segment Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

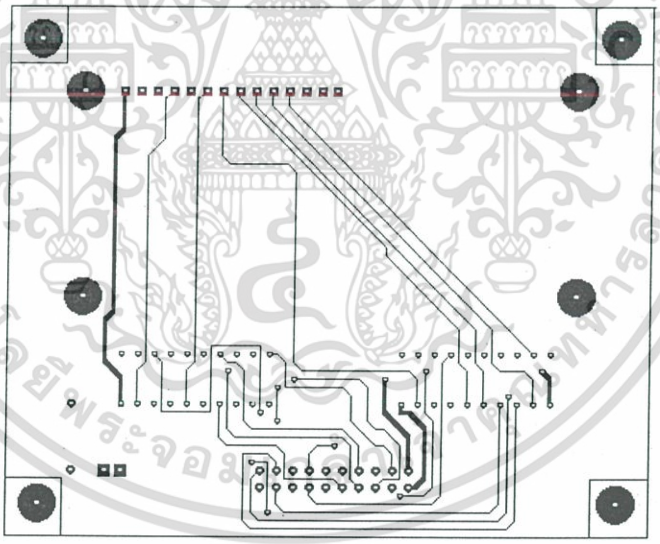


รูปที่ 27 การต่อวงจร LCD Module Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

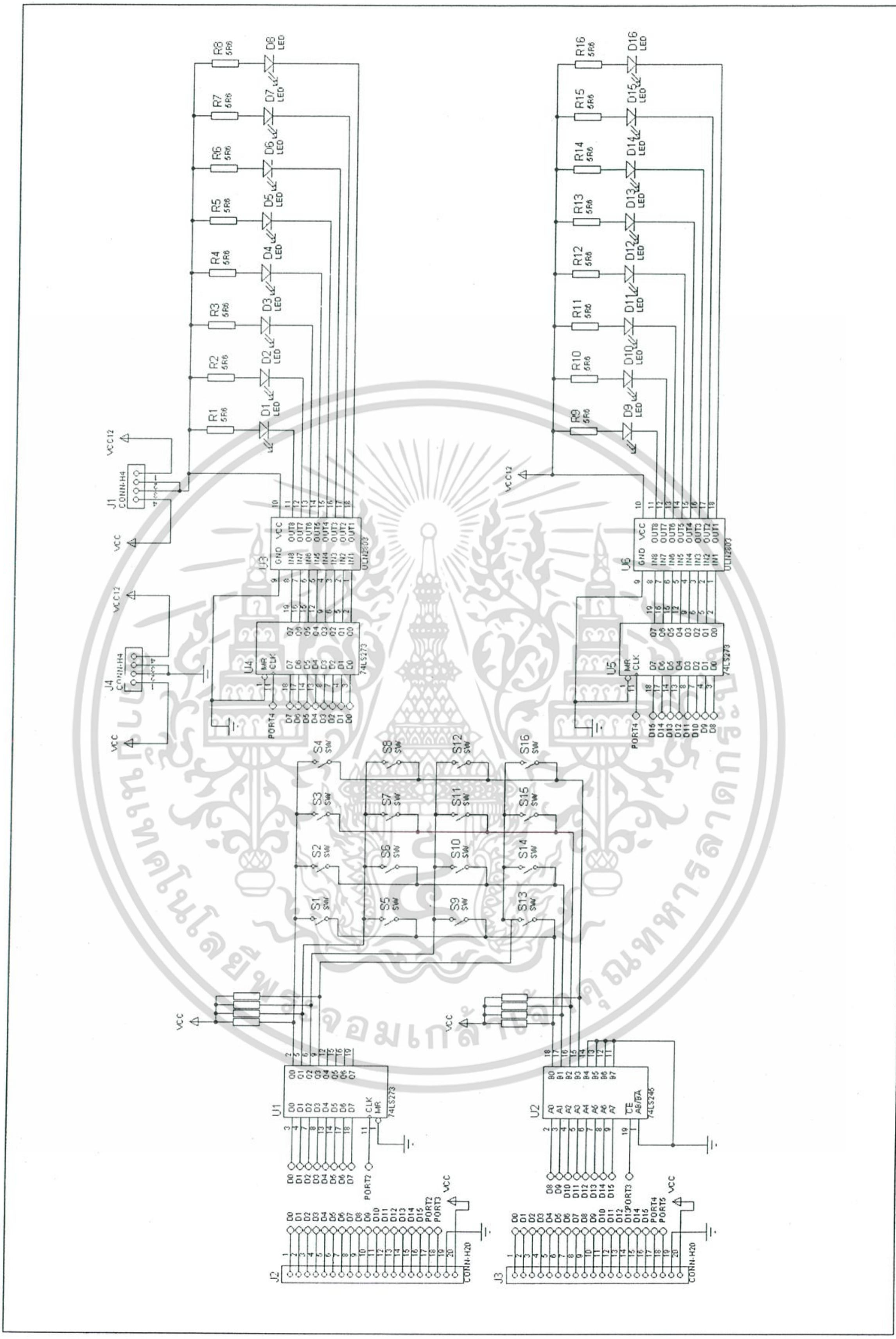


รูปที่ 28 Top Copper LCD Module Board



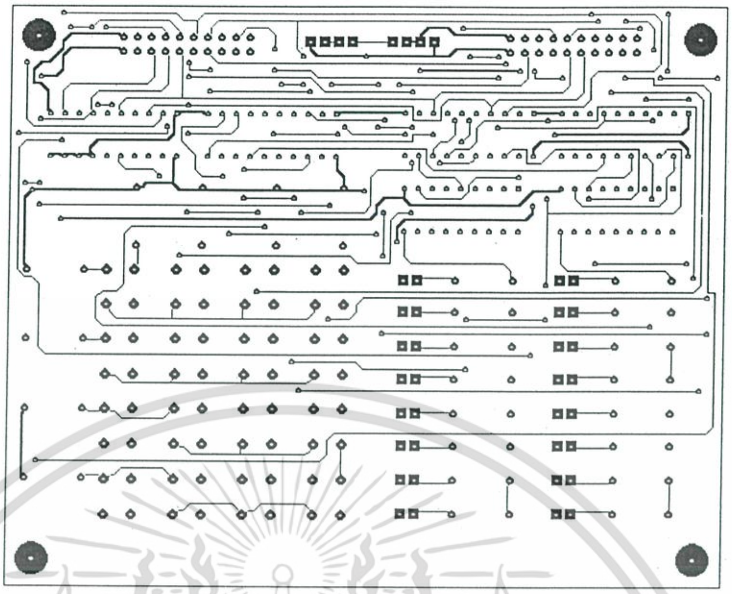
รูปที่ 29 Bottom Copper LCD Module Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

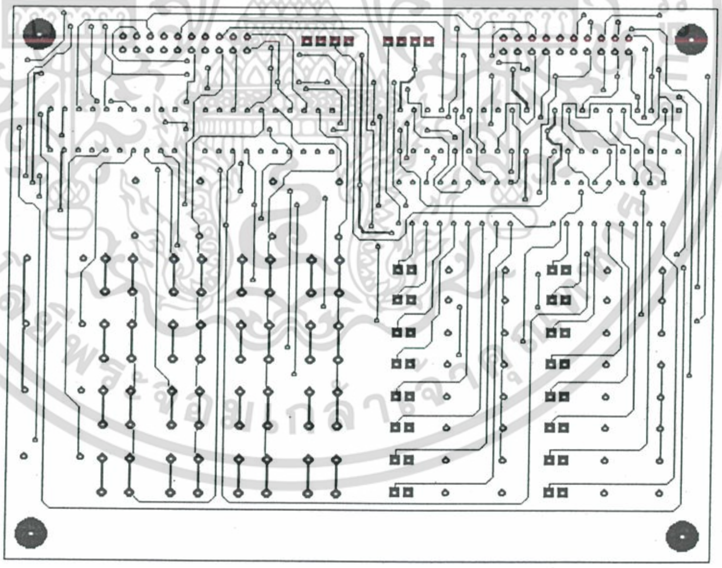


รูปที่ 30 การต่อวงจร Basic I/O Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

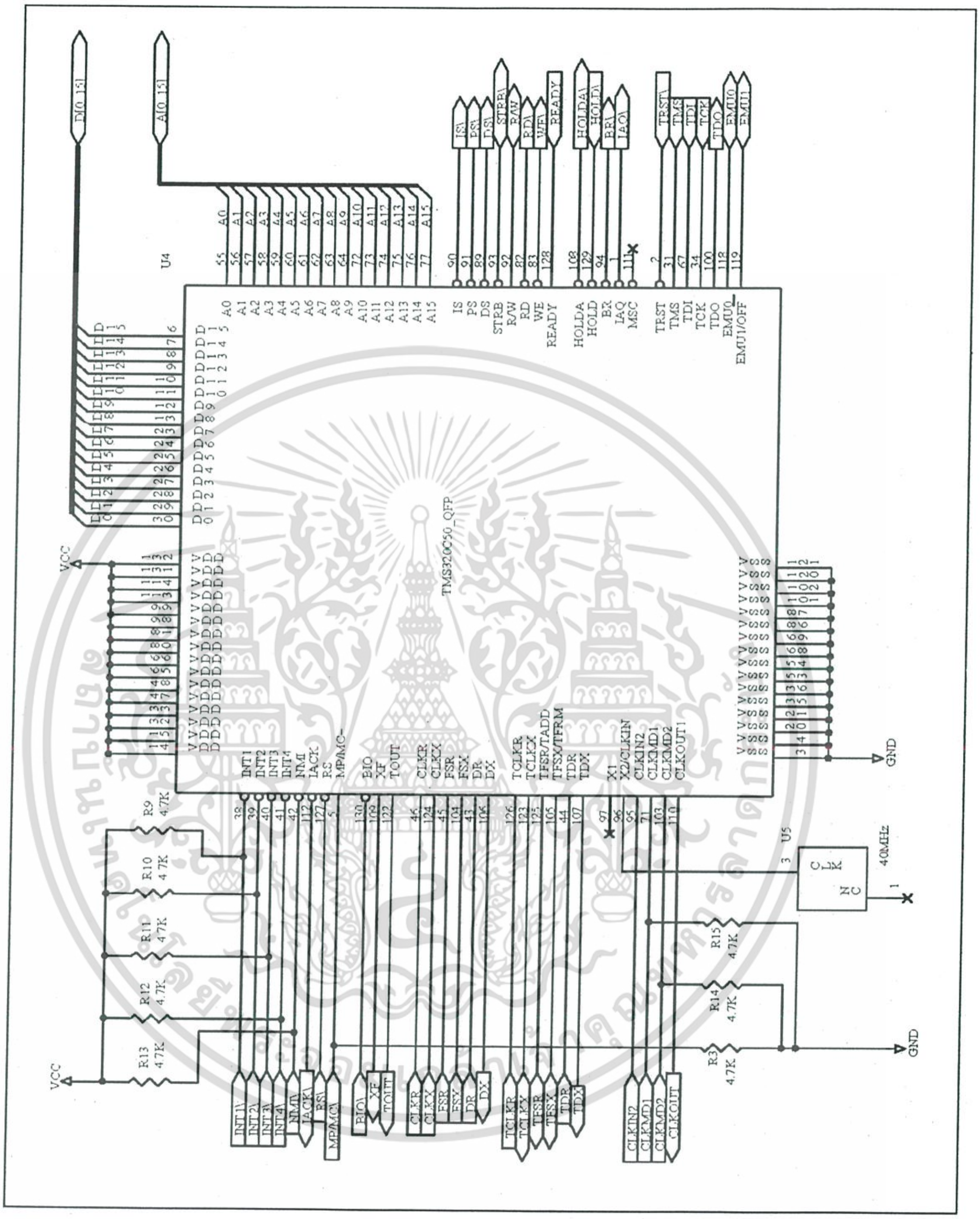


รูปที่ 31 Top Copper Basic I/O Board



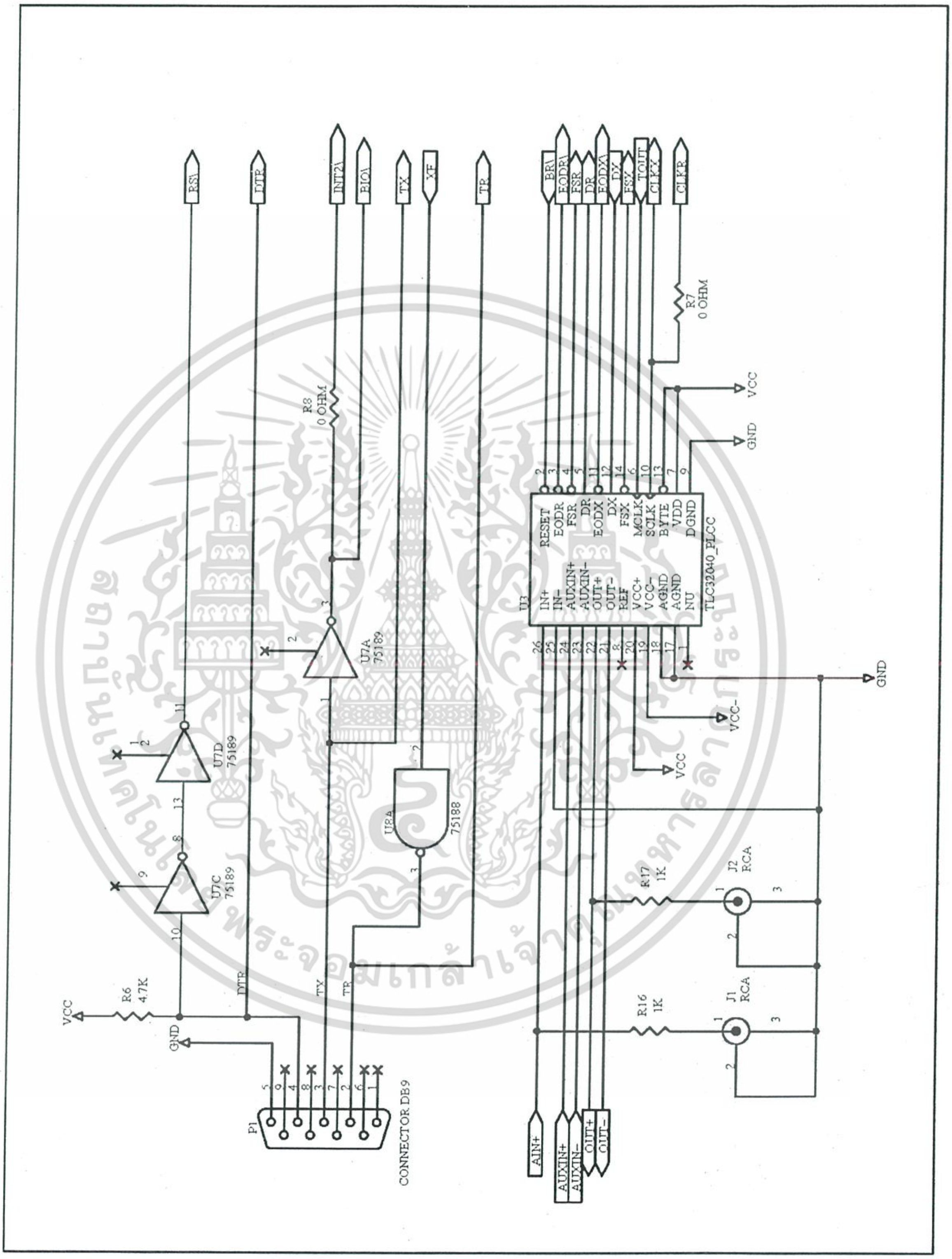
รูปที่ 32 Bottom Copper Basic I/O Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



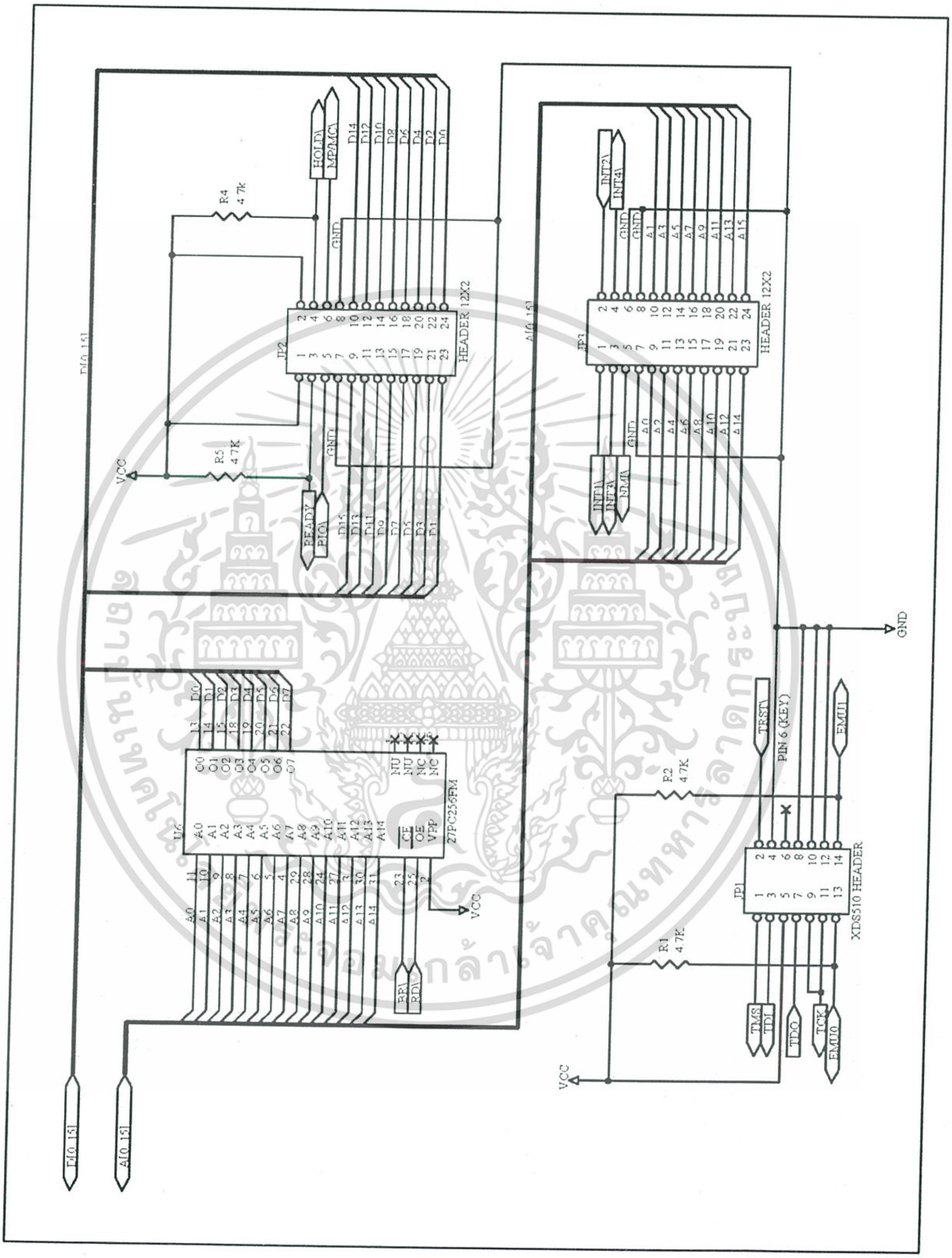
รูปที่ 33 TMS320C50 DSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



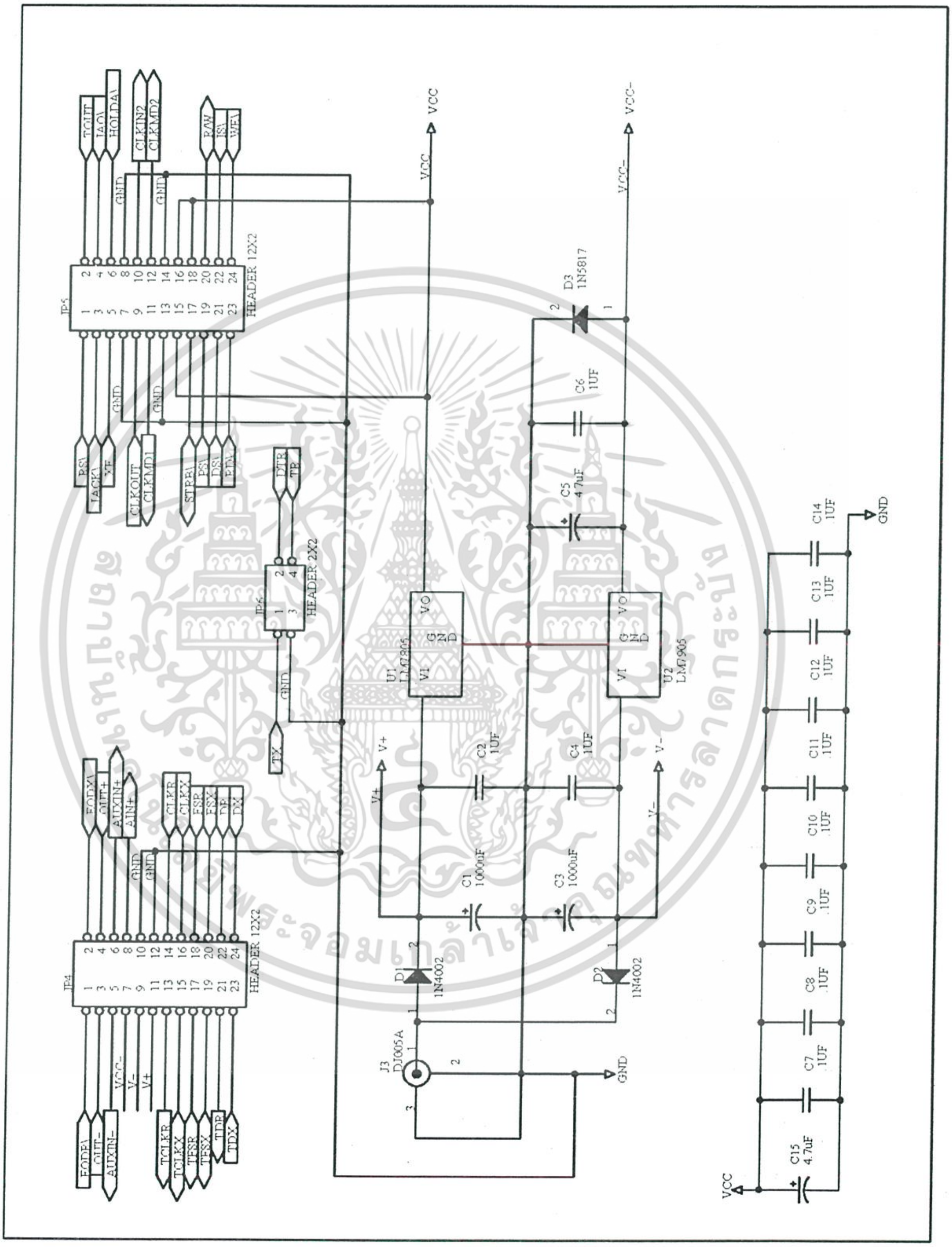
รูปที่ 34 TMS320C50 DSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 TMS320C50 DSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 36 TMS320C50 DSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่าง ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
การใช้พอร์ตอินพุตและเอาท์พุตของ TMS 320C50 DSK

วัตถุประสงค์

1.เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมใช้งานพอร์ตอินพุตได้

2. เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมใช้งานพอร์ตเอาท์พุตได้

3.เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมเอาท์พุตจากอินพุตพอร์ตได้

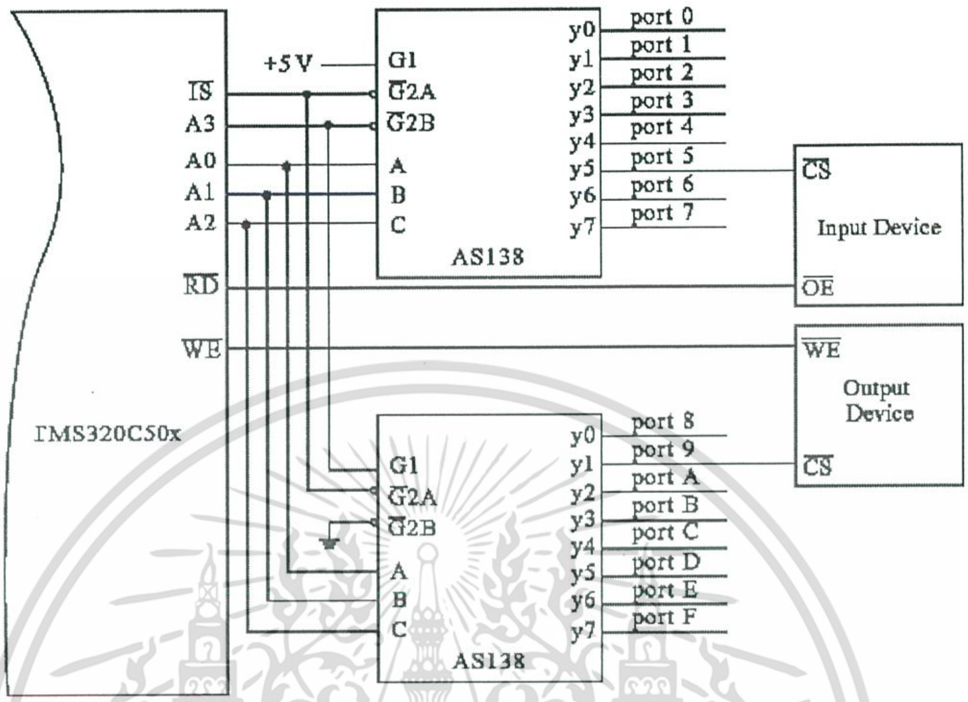
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. TMS320C50 DSK
2. DSP Expansion I / O Board
3. Basic I / O Board
4. คอมพิวเตอร์ พี ซี ที่ติดตั้ง โปรแกรม DSK ดีบักเกอร์
5. สายสัญญาณ RS 232
6. สายเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด
7. ชุดแหล่งจ่ายไฟ

ทฤษฎีเบื้องต้น

พอร์ตขนาน I / O ของ TMS 320 C50 จะสามารถเข้าถึงได้โดยการกำหนดการเข้าถึงพื้นที่ของ I / O โดยที่สัญญาณ Select Signal (/IS) จะแอคทีฟ (ลอจิก “0”)เมื่อกระทำคำสั่ง IN และ OUT ที่แสดงดังรูป 1.1 ทั้ง 64 k I / O พอร์ตสามารถเข้าถึงโดยคำสั่ง IN และ OUT ควบคุม I / O พอร์ต อ้างจากตำแหน่งหน่วยความจำ (50 h – 5 Fh) การเข้าถึงผังหน่วยความจำนั้น ถ้าต้องการอ่านข้อมูลก็จะใช้สัญญาณ /RD ต่อเข้ากับขาเลือกชิพ ที่ต้องการอ่านข้อมูลเข้ามา แต่ถ้าต้องการเขียนข้อมูลก็จะใช้สัญญาณ /WE เลือกชิพที่ต้องการเขียนข้อมูลลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 การต่อขยายพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตของ TMS320C50

จากรูปที่ 1.1 จะพบว่า อุปกรณ์ที่เป็นอินพุตจะต่ออยู่ที่พอร์ต 1 (Port 1) ซึ่งจะใช้สัญญาณอ่านข้อมูล /RD เป็นสัญญาณในการเลือกอุปกรณ์อินพุต ส่วนอุปกรณ์เอาท์พุตจะต่ออยู่ที่พอร์ต 8 ซึ่งจะใช้สัญญาณในการเขียนข้อมูล /WE เป็นสัญญาณในการเลือกอุปกรณ์เอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ผังรีจีสเตอร์หน่วยความจำและ I / O พอร์ต

ขั้ว	ตำแหน่งที่อยู่ Address		อธิบาย
Name	ฐาน 10 Dec	ฐาน 16 Hex	Desription
-	54 - 4 F	36 - 4 F	พื้นที่จอง Reserved
Memory - Mapped I / O Port			
PA 0	80	50	I /O Port 50 h
PA 1	81	51	I /O Port 51 h
PA 2	82	52	I /O Port 52 h
PA 3	83	53	I /O Port 53 h
PA 4	84	54	I /O Port 54 h
PA 5	85	55	I /O Port 55 h
PA 6	86	56	I /O Port 56 h
PA 7	87	57	I /O Port 57 h
PA 8	88	58	I /O Port 58 h
PA 9	89	59	I /O Port 59 h
PA 10	90	5A	I /O Port 5A h
PA 11	91	5B	I /O Port 5B h
PA 12	92	5C	I /O Port 5C h
PA 13	93	5D	I /O Port 5D h
PA 14	94	5E	I /O Port 5E h
PA15	95	5F	I /O Port 5F h

คำสั่ง IN เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านข้อมูลทางพอร์ตขนาน ขนาด 16 บิต จากการอ้างตำแหน่งข้อมูลจากภายนอกที่กำหนดโดยผังของตำแหน่งข้อมูลหน่วยความจำ สัญญาณ /IS จะเป็นลอจิก “0” ซึ่งเป็นการบอกถึงว่ามีการเข้าถึงอุปกรณ์ต่อพ่วง และสัญญาณ /STRB , /RD และ READY ก็จะทำงานซึ่งก็จะสามารถอ่านข้อมูลเข้ามาจากพอร์ตที่กำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 1

```
IN   DAT7.PA1        ; อ่านค่าจากอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ตำแหน่ง
                     ; Address 1 และเก็บค่าลงตำแหน่งของหน่วย
                     ; ความจำข้อมูล
```

ตัวอย่างที่ 2

```
IN   *,PA0           ; อ่านค่าจากอุปกรณ์ต่อพ่วงที่พอร์ต Address 0
                     ; และเก็บลงในหน่วยความจำข้อมูลที่กำหนดโดย
                     ; รีจิสเตอร์ทั่วไป
```

คำสั่ง OUT เป็นคำสั่งใช้เขียนข้อมูลทางพอร์ตขนานขนาด 16 บิต ลงสู่อุปกรณ์ภายนอกที่กำหนดโดยผังข้อมูลหน่วยความจำสัญญาณ /IS จะเป็นลอจิก "0" ซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมอินพุตเอาท์พุต และสัญญาณ /STRB ,R/W และสัญญาณ READY จะมีการทำงาน (ดูได้จาก Timings diagram) และพอร์ตที่กำหนดก็จะถูกเขียนข้อมูลลงไปที่อุปกรณ์เอาท์พุตตำแหน่งที่เลือกได้

ตัวอย่างที่ 3

```
OUT  *,PA7           ; เอาข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลเขียนลงไป
                     ; ที่พอร์ต 7
```

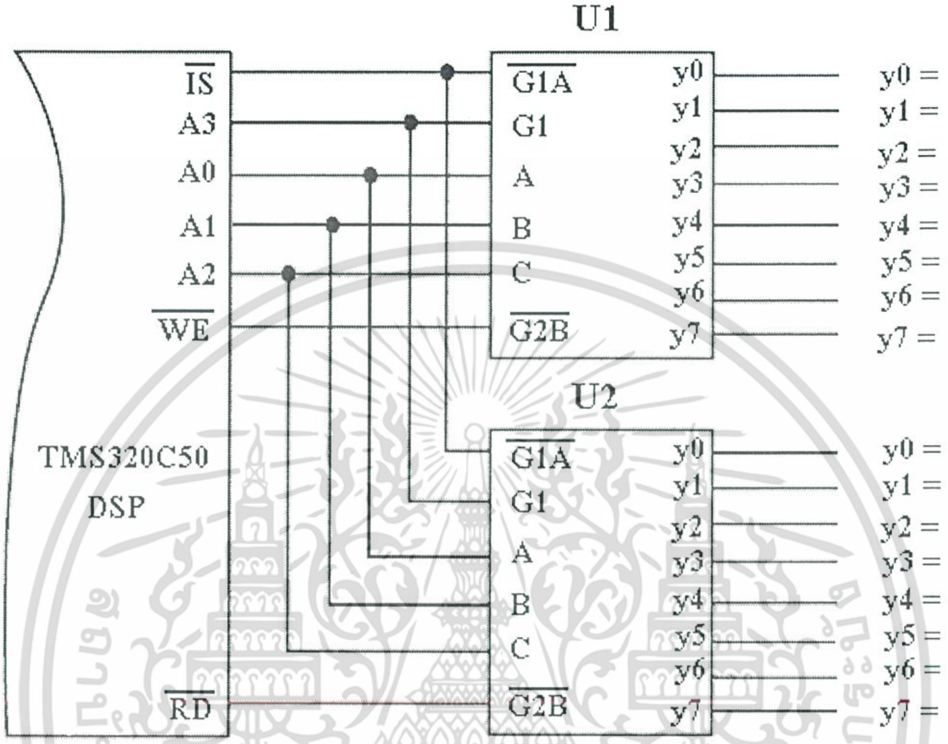
ตัวอย่างที่ 4

```
OUT  *,PA 15         ; เอาข้อมูลจากตำแหน่งที่พอยเตอร์ชี้ออกไปที่
                     ; อุปกรณ์ตำแหน่ง Address ที่ 15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1.ศึกษาและทำความเข้าใจวงจรตามรูปที่ 1.2 วงจรการขยายพอร์ตของ DSP Expansion I/O Board เพื่อกำหนดตำแหน่ง แอดเดรสของ อินพุตและเอาท์พุต



รูปที่ 1.2 วงจรการขยายพอร์ตของ DSP Expansion I/O Board

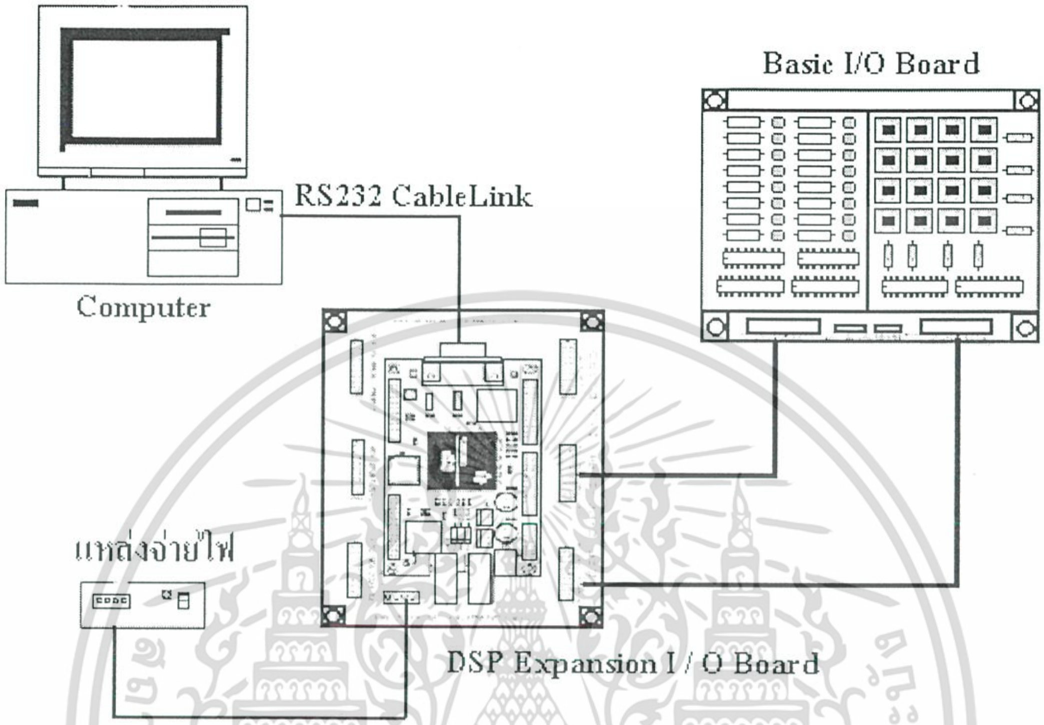
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 การอ้างแอดเดรสพอร์ตของ TMS320C50 เมื่อต่อเข้ากับ DSP Expansion I/O Board

U1				
Yn	ชื่อ Port	ตำแหน่ง Address		อธิบาย
	Name Port	ฐาน 10 Dec	ฐาน 16 Hex	Description
Y0	Port 0	80	50	Output Port 0
Y1	Port 1	81	51	Output Port 1
Y2	Port 2	82	52	Output Port 2
Y3	Port 3	83	53	Output Port 3
Y4	Port 4	84	54	Output Port 4
Y5	Port 5	85	55	Output Port 5
Y6	Port 6	86	56	Output Port 6
Y7	Port 7	87	57	Output Port 7
U2				
Y0	Port 8	80	50	Input Port 0
Y1	Port 9	81	51	Input Port 1
Y2	Port 10	82	52	Input Port 2
Y3	Port 11	83	53	Input Port 3
Y4	Port 12	84	54	Input Port 4
Y5	Port 13	85	55	Input Port 5
Y6	Port 14	86	56	Input Port 6
Y7	Port 15	87	57	Input Port 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ต่อชุดทดลอง DSP Expansion I/O Board, Basic I/O Board, คอมพิวเตอร์,ชุดแหล่งจ่ายไฟตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การต่อชุดทดลองการใช้พอร์ตและเอาท์พุตและเอาท์พุต TMS320C50 DSK

3.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้ลง Editor Program แล้ว Save file เป็น LAB10.Asm

```
        .mmregs
        .ps     0a00h       ;โปรแกรมเริ่มต้นที่ ตำแหน่ง 0a00h
        .entry              ;โค้ดเริ่มต้นที่นี่
        lacc    # 0000000000000001b;acc = 01h
main :  sacl    5dH         ;เอาค่า 01h ออกที่พอร์ต 000dh หรือ 5dh
        b       main        ;กระโดดโปรแกรมไปที่ตำแหน่ง main
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ทำการแอสเซมเบอร์ file LAB10.Asm ด้วย file DSK5A.EXE

C: \ DSP \ DSK5A LAB10.Asm ↵

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

5.เปิดโปรแกรม DSK ดีบักเกอร์ เพื่อทำจะทดสอบโปรแกรมสอบโปรแกรมดังนี้

C: \ DSP \ D5K5D C1 ↵

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

6.โหลด DSK โค้ดโดยกด LD แล้วใส่ชื่อ LAB10.DSK ↵ เมื่อโหลดเสร็จสิ้นให้กด XR

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

7.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้ลง Editor Program แล้ว Save file เป็น LAB11.ASM ทำตามขั้นตอนที่ 4 – 6 แต่เปลี่ยนชื่อไฟล์เป็น LAB11. แล้วบันทึกผลการทดลอง

```
        .mmregs
        .ps     0a00h   ;โปรแกรมเริ่มต้นที่ ตำแหน่ง 0a00h
        .entry          ;โค้ดเริ่มต้นที่นี่
        lacc  # 0000000000000001b;acc = 01h
main :  sfl             ;เลื่อน acc ไป 1 บิต
        sacl    5dH     ;เอาค่า 02h ออกที่พอร์ต 000dh หรือ 5dh
        b       main    ;กระโดดโปรแกรมไปที่ตำแหน่ง main
```

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.เขียนโปรแกรมต่อไปนี้ลง Editor Program แล้ว Save file เป็น LAB12.asm จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ 4 - 6 แต่เปลี่ยนชื่อ file เป็น LAB12 บันทึกผลลงในตารางที่ 1.3

```
        .mmregs
        .data           ;แอสเซมเบลอในหน่วยความจำข้อมูล
        .ds    0f00h    ; กำหนดค่าเริ่มต้นในหน่วยความจำข้อมูลที่แอดเดรส 0f00h
a0      .word  0h       ;a0 อยู่ที่แอดเดรส 0f00h
        .ps 0a00h       ; โปรแกรมเริ่มต้นที่ ตำแหน่ง 0a00h

        .entry          ; โปรแกรมเริ่มต้นที่นี่
main:   lacc #0000h     ;acc = 0
        sacl 5ah        ; เอาค่า 0 ใน acc ออกที่ พอร์ต 000ah
        lar  ar0,#a0    ;ar0 = 0f00h
        mar  *,ar0      ;กำหนด ar0 เป็นตัวชี้ที่แอดเดรส 0f00h
        in   *,000ah    ;อ่านค่าที่พอร์ต 000ah เข้ามาเก็บในตำแหน่งที่ ar0 ชี้
        lacl *          ;เอาค่าที่ ar0 ชี้มาเก็บใน acc
        sacl 5dh        ;เอาค่าใน acc ออกที่พอร์ต 000dh
        nop             ; ไม่ทำงาน 1 รอบคำสั่ง (50 ns)
        b    main       ;กระโดดไปตำแหน่ง main
```

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองในข้อที่8

1	SW1	ON	
		OFF	
2	SW5	ON	
		OFF	
3	SW9	ON	
		OFF	
4	SW13	ON	
		OFF	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

……
……
……

คำถามท้ายการทดลอง

1.ถ้าต้องการเขียนโปรแกรมให้ แอล อี ดี ตำแหน่งแรกจะกระพริบติด 1 วินาที ดับ 1 วินาที จะต้องโปรแกรมอย่างไร

……
……
……

2. ถ้าต้องการเขียนโปรแกรมให้ แอล อี ดี จะเลื่อนบิตที่สว่างจากซ้ายไปขวาจะเขียนโปรแกรมอย่างไร

……
……
……

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายคมเพ็ชร หิรัญพานิช
วัน-เดือน-ปีเกิด	4 พฤศจิกายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	36/1 หมู่3 ต. หินซ้อน อ. แก่งคอย จ. สระบุรี 18110
อาชีพ	ธุรกิจส่วนตัว
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้