

การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

DEVELOPMENT OF PSoC CY8C27443 MICROCONTROLLER
LABORATORY SET



T120446



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน, เดือน, ปี.....

id
12384410

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๕๔

KMITL -2011-ED-M-231-146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DEVELOPMENT OF PSoC CY8C27443 MICROCONTROLLER
LABORATORY SET**



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

2011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ KMUTL-2011-ED-M-231-146 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 |
| นักศึกษา | นายเทพินทร์ บัวอินทร์ |
| รหัสประจำตัว | 49063514 |
| ปริญญา | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร |
| พ.ศ. | 2554 |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ | รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ |

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 20 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ใบบางจำนวน 13 ใบบาง และใบบางรวม แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองและใบบาง รวมทั้งแบบทดสอบท้ายใบบาง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพของบอร์ดทดลอง ($\bar{X}=4.78$, S.D.=0.30) และใบบาง ($\bar{X}= 4.62$, S.D.=0.54) จัดอยู่ในระดับดีมาก ส่วนประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแบบทดสอบท้ายใบบางทั้ง 13 ใบบาง (E_1) เท่ากับ 83.69% และค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแบบทดสอบท้ายใบบางรวม (E_2) เท่ากับ 82.55% ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------|--|
| Thesis Title | Development of PSoC CY8C27443 Microcontroller Laboratory Set |
| Student | Mr.Thepin Bua-in |
| Student ID. | 49063514 |
| Degree | Master of Science in Industrial Education |
| Programme | Electrical Communications Engineering |
| Year | 2011 |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Peerawut Suwanjan |

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and to find the quality and efficiency of the PSoC CY8C27443 Microcontroller laboratory set. The sample of the study were 20 diploma Electronics students of Electronics division at Electrical and Electronics Department, Pathumthani Technical College. The research tools were PSoC CY8C27443 Microcontroller laboratory set, 13 lab sheets including all lab sheets, a quality evaluation form of laboratory set as well as lab sheets, and a formative test. The statistics used for data analysis were percentage (%), Mean (\bar{X}), and Standard Deviation (S.D.).

The results revealed that the quality of laboratory set ($\bar{X} = 4.78, S.D.=0.30$) and lab sheets ($\bar{X} = 4.62, S.D.=0.54$) were at a good level. The efficiency of PSoC CY8C27443 Microcontroller laboratory set was that the average scores of formative test from 13 lab sheets (E_1) were 83.69% and the average scores of post lab sheets exercises (E_2) were 82.55 which was in accordance with the hypothesis specified.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.กิติพงศ์ มะโน อาจารย์สันติ ตันตระกูล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้า และเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ศศ.ปิยะ สุภวราสุวัฒน์ รศ.อาจันต์ น่วมสำราญ อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล้า และอาจารย์สำเร็จ เต็มราม ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเพื่อการปรับปรุงให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพสูงสุด

คุณค่าและประโยชน์ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบให้คุณแม่ผู้เป็นที่เคารพยิ่งที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือทุกด้าน

เทพินทร์ บัวอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VII |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... | 2 |
| 1.3 สมมติฐานของการวิจัย..... | 2 |
| 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... | 3 |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... | 3 |
| 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย..... | 5 |
| 1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย..... | 5 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 7 |
| 2.1 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์..... | 7 |
| 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC..... | 9 |
| 2.3 การสอนทักษะในการปฏิบัติ..... | 23 |
| 2.4 การออกแบบและการสร้างชุดทดลอง..... | 31 |
| 2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง..... | 34 |
| 2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง..... | 38 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 39 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย | 42 |
| 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... | 42 |
| 3.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล..... | 52 |
| 3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 53 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 58 |
| 4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลอง..... | 58 |
| 4.2 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง..... | 60 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยอภิปรายผลข้อเสนอแนะ..... | 61 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 61 |
| 5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... | 64 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ..... | 66 |
| บรรณานุกรม..... | 67 |
| ภาคผนวก..... | 68 |
| ภาคผนวก ก หนังสือราชการ..... | 69 |
| ภาคผนวก ข ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443..... | 77 |
| ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์คุณภาพและประสิทธิภาพชุดทดลอง..... | 87 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 122 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 2.1 ขนาดหน่วยความจำ RAM ของ PSoC MC \bar{U} ในแต่ละตระกูล..... | 19 |
| ตารางที่ 2.2 คาบเวลาของ Sleep Timer และ Watchdog Timer..... | 21 |
| ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างฟังก์ชันการใช้งานของ M8C ที่เกี่ยวข้องกับ Sleep และ Watchdog Timer..... | 21 |
| ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบอร์ดทดลองชุดทดลอง..... | 58 |
| ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของใบงานการทดลองชุดทดลอง..... | 59 |
| ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน..... | 60 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 ภาพจำลองการวางโมดูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC..... | 10 |
| รูปที่ 2.2 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมให้กับ PSoC MCU ด้วย PSoC Designer..... | 12 |
| รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC..... | 15 |
| รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443..... | 46 |
| รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาใบงาน..... | 45 |
| รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลอง..... | 51 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการสอนทางด้านอาชีวศึกษานับว่าการทดลอง การปฏิบัติจากอุปกรณ์จริง เพื่อนักเรียนให้เกิดความรู้ เกิดทักษะ และคุณลักษณะที่ดี ให้ออกไปทำงานในสถานประกอบการได้ ซึ่งเป็นไปตาม พรบ.การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ที่ต้องมุ่งเน้นให้การศึกษาแก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้มีความรอบรู้ มีสมรรถนะในด้านช่างอุตสาหกรรม และมีพฤติกรรมที่เหมาะสม และมีลักษณะบุคคลที่มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และสิ่งที่จะพัฒนาการศึกษาจึงควรมีชุดทดลอง ใบงานที่เหมาะสมกับนักเรียนในปัจจุบัน การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลได้เฉพาะสัญญาณalogic หรือสัญญาณดิจิทัล หากระบบใดมีความจำเป็น ต้องติดต่อเชื่อมโยง เข้ากับสัญญาณอนาล็อก เช่นการวัดอุณหภูมิ การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น ก็จำเป็นต้องเพิ่มเติมวงจรอินเทอร์เฟซเข้าไป เพื่อให้ระบบมีความสามารถในการรับรองการทำงานในส่วนที่ต้องการ ว่าการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นไม่ใช่แค่เพียงการศึกษาโครงสร้างการเขียนโปรแกรมเท่านั้น หากจำเป็นต้องศึกษาถึงวงจรอินเทอร์เฟซแบบต่างๆ เพื่อให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ และครอบคลุมความต้องการ จากรูปแบบของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบเดิมซึ่งสามารถรองรับรูปแบบเฉพาะสัญญาณดิจิทัล ตลอดจนการขยายขีดความสามารถที่ต้องเพิ่มทางสัญญาณอนาล็อก มักพบปัญหาในการสร้างวงจรเหล่านี้ในการไปใช้งานโดยเฉพาะผู้เริ่มใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ซึ่งมีข้อดีกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ ก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไปจะบรรจุทรียากรไว้ภายในอย่างตายตัว การใช้งานจึงถูกจำกัดในการใช้ทรียากรเท่าที่มีในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงทรียากรภายใน แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ผู้ใช้งานสามารถออกแบบฮาร์ดแวร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ได้เองตามที่ต้องการ ทำให้ตอบสนองการใช้งานในการเพื่อลดปัญหาข้อจำกัดของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เดิมตามรูปแบบ PSoC หรือ Programmable System on Chip ซึ่งหมายถึงการโปรแกรมชิพให้มีความสอดคล้องการของระบบที่ต้องการนั่นเอง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าชิพ PSoC นี้สามารถโปรแกรมฟังก์ชันการทำงานจำเป็นสำหรับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่นวงจรแปลงสัญญาณ ADC , DAC , PWM , Amplifier , Filter และอื่นอีกมากมาย ให้อยู่รวมกันในชิพเดียวกันมีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ที่ผสมผสาน อุปกรณ์alogicโปรแกรมได้ ระบบปฏิบัติการทำงานหลัก การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดต้องเขียน โปรแกรมภายใต้คำสั่งของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หากการพัฒนาโปรแกรมนั้นสามารถเลือกได้ทั้งจากภาษาแอสเซมบลีและภาษา ซี การโปรแกรมข้อมูล ถือว่าเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาอย่างยิ่ง เพื่อลดความยุ่งยากในการจัดทำวงจรอินเทอร์เฟสเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการควบคุมในงานต่างๆ และที่สำคัญอย่างยิ่งไปกว่านั้นคือต้นทุนในการผลิตสินค้าที่ทำให้ต้นทุนในการผลิตสินค้าที่ต่ำลงไปด้วยนั่นเอง ณ จุดนี้เชื่อได้ว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC คงเป็นหนึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนักเรียนนักศึกษาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต

แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ได้เปิดหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูงกำหนดให้วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัส 3105-2014 เป็นวิชาบังคับเรียน จำนวน 3 หน่วยกิต มีเวลาเรียน 6 คาบต่อสัปดาห์โดยให้มีการเรียนการสอนเรื่องการทดลองปฏิบัติตามหัวข้อที่เกี่ยวกับการทดลอง ซึ่งทางแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ยังขาดแคลนชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน อีกทั้งในส่วนของแหล่งค้นคว้าข้อมูลและองค์ประกอบความรู้ทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ทำให้นักศึกษาขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้งาน ศึกษาและปฏิบัติ โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะสัญญาณและกระบวนการทำงาน การรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก ชุดคำสั่งและการเขียนโปรแกรม การวัดและทดสอบวงจรใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นจากความสำคัญให้บรรลุวัตถุประสงค์ของรายวิชา ผู้วิจัยจำเป็นต้องพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 และใบงานการทดลองให้มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ให้มีคุณภาพ
- 1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

1.3 สมมติฐานการวิจัย

- 1.3.1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่พัฒนามีคุณภาพมีระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.5$)
- 1.3.2. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1 / E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติโดยสร้างเป็นชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่มีเทคโนโลยีทันสมัยและที่สำคัญสามารถโปรแกรมได้หลายครั้งรวมทั้งสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางต่อการเขียนโปรแกรม มีโมดูลการใช้งานไลบรารีไฟล์ หลายอย่างเช่น LCD Timer Counter PWM ADCINC PGA DAC8 I2CM 1-Wire UART ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิด วัลลภ จันทรตระกูล (2543 :111-114) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำชุดทดลองไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ของชุดทดลอง
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้ชุดทดลอง ทำได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์ และการตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน
7. เตรียมเอกสารประกอบ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวนทั้งหมด 30 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ใช้วิธีการเลือกแบบแบ่งผลการเรียนเป็น 3 ระดับ ที่มีผลการเรียนในระดับดี 7 คนเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 3.00 - 4.00 ระดับปานกลาง 6 คน เกรดเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.50- 2.99 ระดับพอใช้ 7 คน เกรดเฉลี่ย เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.00- 2.49 ถ้าจำนวนกลุ่มระดับผลการเรียนกลุ่มใดมากกว่าที่ต้องการใช้วิธีการจับสลาก รวมใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วยส่วนบนบอร์ดที่จะทำการพัฒนาขึ้นมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

1. ชุดโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443
2. ชุดแหล่งจ่ายไฟ DC 5 V และ DC 12 V
3. ชุดแสดงผล LED common cathode
4. ชุดแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 4 หลัก common cathode
5. ชุด คิพสวิทช์ และเมตริกซ์สวิทช์
6. ชุด LCD ขนาด 2x16
7. ชุดสื่อสารข้อมูลอนุกรม
8. ชุดแปลงระหว่างสัญญาณอนาล็อกและดิจิตอล
9. ชุดควบคุม STEPPING MOTOR
10. ชุดไอซีฐานเวลาจริง DS1307
11. ชุดไอซีอุณหภูมิ DS1820

1.5.4 ใบงานชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วยใบงานดังนี้

1. ใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED Display
2. ใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Switch
3. ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED 7 Segment
4. ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Matrix Switch
5. ใบงานที่ 5 การอินเทอร์รัพต์ จากGPIO PSoC CY8C27443
6. ใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับจอแสดงผลแบบพลิกเหลว
7. ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งาน Timer PSoC CY8C27443
8. ใบงานที่ 8 การใช้งานโมดูล PWM ควบคุม Servo Motor
9. ใบงานที่ 9 การใช้งานโมดูล แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC)
10. ใบงานที่ 10 การใช้งาน โมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (DAC)
11. ใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1307
12. ใบงานที่ 12 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1820
13. ใบงานที่ 13 การใช้งาน โมดูลสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างควรมีความรู้พื้นฐานโปรแกรมสำเร็จรูป PSoC Designer ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมจะทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ XP

1.7 นวัตกรรมที่เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์การวิจัยจึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 หมายถึง ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC และใบงานการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ใช้ประกอบการเรียนในวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม
2. บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC หมายถึง ส่วนที่ใช้ในการต่อวงจรในการปฏิบัติตามใบงาน ประกอบด้วยวงจรต่างๆเช่น วงจรโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรแสดงผลวงจรวัดชีพจร วงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม วงจรควบคุมวงจร วงจรไอซีฐานเวลาจริง DS1307
3. ใบงาน หมายถึง ใบงานที่ใช้ประกอบกับชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา ขั้นตอนการทดลอง สรุปผล และมีแบบทดสอบท้ายใบงาน จำนวน 13 ใบงาน
4. ใบงานรวม หมายถึง ใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากปฏิบัติใบงานงานระหว่างเรียนครบทุกใบงาน
5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบระหว่างเรียน ซึ่งอยู่ท้ายใบงาน และ แบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งอยู่ท้ายใบงานรวมเป็น ใช้ทดสอบหลังจากนักเรียนปฏิบัติครบทุกใบงาน
6. แบบทดสอบระหว่างเรียน หมายถึง แบบทดสอบท้ายใบงานหลังจากนักเรียนทำการทดลอง สรุปผล นำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อ คำนวณหาค่าประสิทธิภาพบทเรียน E_1
7. แบบทดสอบหลังเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่อยู่ท้ายใบงานรวม เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบหลังจากนักเรียนปฏิบัติครบทุกใบงานที่กลุ่มตัวอย่างได้ทำการทดลองใบงาน และการเรียนรู้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 โดยผู้วิจัยสร้างเป็นรูปแบบการให้คะแนนแต่ละรายการประเด็นมีค่าคุณภาพตั้งแต่ 1 ถึง 5 สามารถบันทึกและแสดงข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

9. ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือคณาจารย์ผู้สอนอยู่ในรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ขึ้นไป ทำหน้าที่ประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

10. คุณภาพของชุดทดลอง หมายถึงคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านบอร์ดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC และด้านใบงานชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

11. ประสิทธิภาพของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 หมายถึง อัตราส่วนร้อยละเฉลี่ยคะแนนของการทำแบบทดสอบท้ายใบงานและร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการเรียนครบทุกใบงานซึ่งกำหนดเกณฑ์ไว้ E_1 / E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

80 ตัวแรก E_1 หมายถึงค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบท้ายใบงาน

80 ตัวหลัง E_2 หมายถึงค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดท้ายใบงานแต่ละใบงานรวม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ในการศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 2.1 หลักสูตรรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443
- 2.3 การสอนทักษะในการปฏิบัติ
- 2.4 การออกแบบและการสร้างชุดทดลอง
- 2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง
- 2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยทำการศึกษาเนื้อหาไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 (3) (Microcontroller) รหัสวิชา 3105-20149 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

2.1.1.1 เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้ชุดคำสั่ง การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ

2.1.1.2 เพื่อให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุม วิเคราะห์และทดสอบระบบการทำงาน ประยุกต์ไมโครคอนโทรลเลอร์กับงานอื่น ๆ

2.1.1.3 เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความประณีต รอบคอบและปลอดภัย ตระหนักถึงคุณภาพของงาน และมีจริยธรรมในงานอาชีพ

2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

2.1.2.1 วิเคราะห์และออกแบบวงจรโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2.2 เลือกใช้อุปกรณ์หรือไอซีได้อย่างเหมาะสมกับระบบควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ประกอบและติดตั้ง อุปกรณ์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2.4 ทดสอบและบำรุงรักษา อุปกรณ์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติ โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะ สัญญาณและกระบวนการทำงาน การรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก ชุดคำสั่ง และการเขียนโปรแกรม การวัดและทดสอบวงจรใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การประยุกต์ใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์จากการวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามหลักสูตรที่เกี่ยวข้อง สามารถจำแนกเรื่องการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถ ปฏิบัติงานในภาคปฏิบัติดังนี้

2.1.4 รายการสอนของวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 แบ่งหน่วยการสอนได้ดังนี้

| | |
|---|------------|
| หน่วยที่ 1 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443..... | 12 ชั่วโมง |
| หน่วยที่ 2 การอินเตอร์เฟสระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443..... | 16 ชั่วโมง |
| ใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED Display | |
| ใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Switch | |
| ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED 7 Segment | |
| ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Matrix Switch | |
| หน่วยที่ 3 การอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443..... | 12 ชั่วโมง |
| ใบงานที่ 5 การอินเตอร์รัพต์ จากGPIO PSoC CY8C27443 | |
| ใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว | |
| หน่วยที่ 4 การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์PSoC CY8C27443..... | 20 ชั่วโมง |
| ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งาน Timer PSoC CY8C27443 | |
| ใบงานที่ 8 การใช้งานโมดูล PWM ควบคุม Servo Motor | |
| ใบงานที่ 9 การใช้งานโมดูล แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(ADC) | |
| ใบงานที่10 การใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก(DAC) | |
| ใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1307 | |
| ใบงานที่ 12 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1820 | |
| ใบงานที่ 13 การใช้งานโมดูลสื่อสารสารอนุกรม | |
| รวม..... | 60 ชั่วโมง |

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในหน่วยการสอนโดยการเลือกแบบเจาะจงใบงานเพื่อทำการวิจัย

13 ใบงานคือ

ใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED Display

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัยที่เผยแพร่ให้ผู้อื่น เมื่อผู้จัดทำนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Switch
- ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED 7 Segment
- ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Matrix Switch
- ใบงานที่ 5 การอินเทอร์รัพต์ จากGPIO PSoC CY8C27443
- ใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว
- ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งาน Timer PSoC CY8C27443
- ใบงานที่ 8 การใช้งานโมดูล PWM ควบคุม Servo Motor
- ใบงานที่ 9 การใช้งานโมดูล แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(ADC)
- ใบงานที่10 การใช้งานโมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก(DAC)
- ใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1307
- ใบงานที่ 12 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1820
- ใบงานที่ 13 การใช้งานโมดูลสื่อสารอนุกรม

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

PSoC Microcontroller เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ค่าย Cypress Microsystems โดยเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบ 8 บิต เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป แต่คุณสมบัติเด่นที่แตกต่างไปจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆก็คือ PSoC MCU จะรวมเอาการออกแบบทั้งดิจิตอล และ อนาล็อก สามารถทำได้โดยง่ายและ สะดวกสบายยิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้ขนาดของการออกแบบเล็กลงอีกด้วย โดยเฉพาะวงจรทางด้านอนาล็อก ซึ่งมักจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ อีกทั้งการทำงานของ PSoC ยังมี Programming (ISSP) ที่สามารถทำการโปรแกรมซอร์สโค้ดที่ได้ออกแบบลงไปหน่วยความจำโปรแกรม (Flash Memory) ภายในตัวชิปได้ ซึ่งจะช่วยในการพัฒนาโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น

2.2.1 จุดเด่นของ PSoC MCU เมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ อื่นๆ

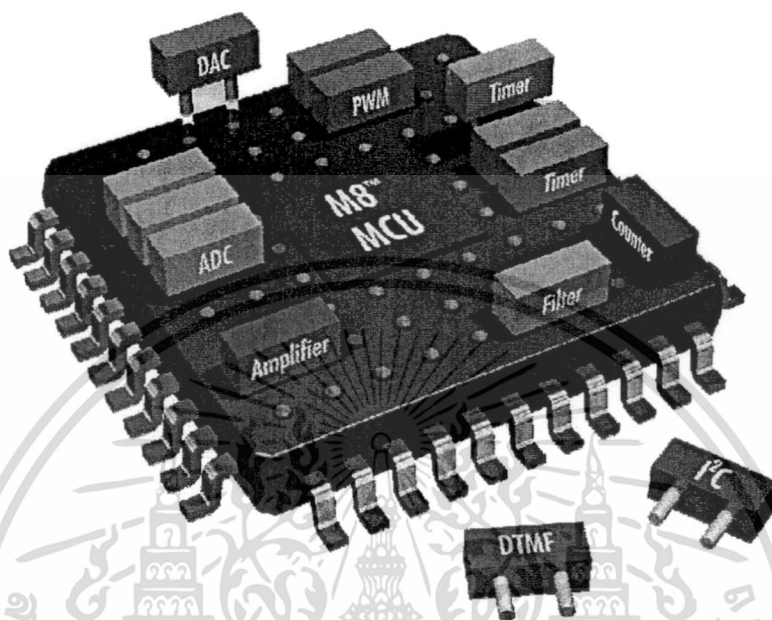
User Modules สามารถเลือกใช้ทรัพยากรของระบบได้ตามต้องการทั้ง อนาล็อก และ ดิจิตอล จะไม่ถูกจำกัดด้วยโครงสร้างฮาร์ดแวร์เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ

API (Application Programming Interface) สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมด้วยฟังก์ชัน API ช่วยให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนออกแบบโปรแกรมได้โดยง่าย

ISRs (Interrupt Service Routines) สนับสนุน และ รองรับการทำงานแบบอินเทอร์รัพท์ **Interconnect interface** สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ ได้อย่างอิสระ ไม่ถูกกำหนดตายตัวตามฮาร์ดแวร์ เหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาเป็นเพียงคุณสมบัติต่างๆเท่านั้น ซึ่งคุณสมบัติอื่นๆที่เหลือ ก็จะคล้ายๆกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆ เช่น Sleep, watchdog ,Power on Reset(POR),SPI,UART และ I2C เป็นต้น เรียกว่าไม่ได้ด้อยกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆเลย



รูปที่ 2.1 ภาพจำลองการวางโมดูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC จะสนับสนุนระบบการทำงานทั้งด้าน ดิจิตอล และ อนาล็อก โดยในระบบของดิจิตอล (Digital System) และ อนาล็อก (Analog System) จะถูกออกแบบเป็น บล็อกโมดูล ซึ่งจะเรียกว่า บล็อกดิจิตอล (Digital Block) และ บล็อกอนาล็อก (Analog Blocks) โดยชิ้นส่วน ก็คือโมดูลต่างๆ

เช่น ADC,DAC,I2C,PWM,UART และ SPI เป็นต้น ผู้ใช้งาน (User) จะเป็นผู้กำหนดเองว่าจะนำเอาโมดูลใดมาใช้งานบ้าง นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถกำหนดการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ (Programmable Interconnect) ภายในได้เองอีกด้วย เสมือนกับว่าผู้ใช้งานสามารถทำการออกแบบเองได้ตั้งแต่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นความสามารถเหนือกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆที่ทรัพยากรทุกอย่างถูกกำหนดไว้ตายตัว ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

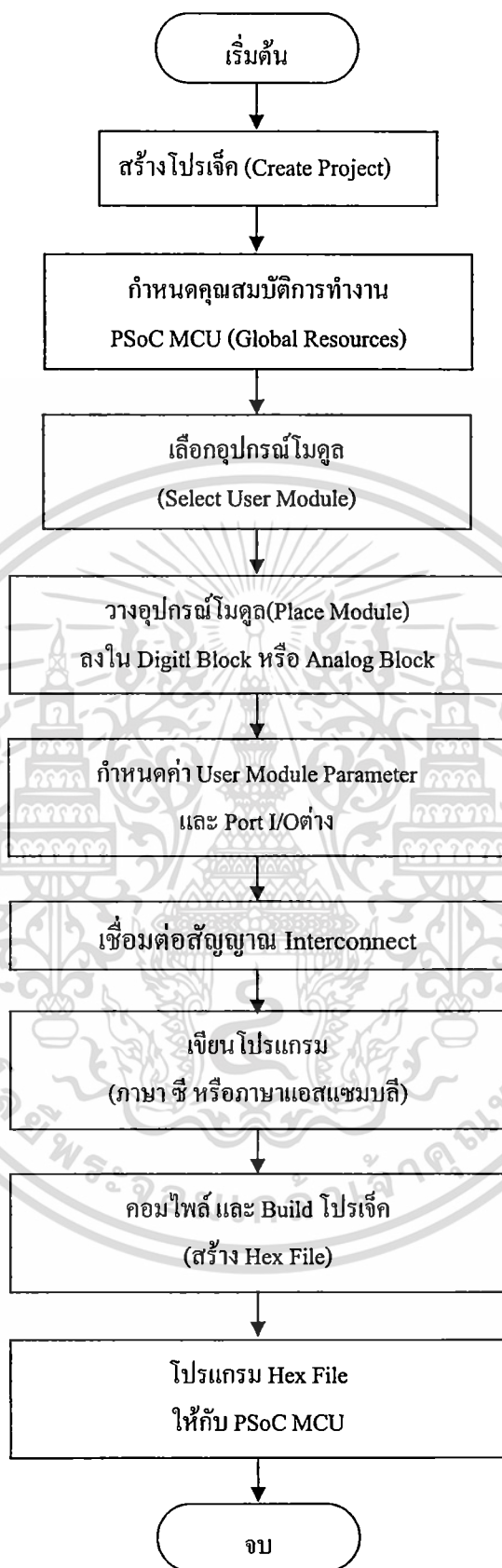
2.2.2 แนวทางการพัฒนาโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรม ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบพัฒนาการทำงานของ PSoC MCU ปัจจุบันจะมีอยู่ 2 ภาษาด้วยกัน คือ ภาษาแอสเซมบลี และ ภาษาซี โดยภาษาที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบการเขียนโปรแกรมให้กับ PSoC MCU ก็คือ ภาษาแอสเซมบลี ซึ่งเป็นภาษาที่ทางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทผู้ผลิตได้สร้างขึ้นมาสนับสนุนการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้กับ PSoC MCU เป็นซอฟต์แวร์ฟรี ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ส่วนภาษาซีเป็นภาษาที่เพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการออกแบบโปรแกรมด้วยภาษาสูง โดยเป็นการร่วมมือกันระหว่างบริษัทผู้ผลิตชิพ PSoC MCU และบริษัทผู้ผลิตซอฟต์แวร์ (IMAGECRAFT) โดยทั้งตัวแปลภาษาแอสเซมบลี และ ภาษาซี จะถูกรวมอยู่ในซอฟต์แวร์โปรแกรมชื่อ PSoC Designer สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีที่เว็บไซต์ ของ Cypress Microsystems (www.cypressmicro.com) โดยการใช้งานภาษาซีจะต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับการนำ License number มาเปิดใช้งาน ส่วนภาษาแอสเซมบลีนั้นสามารถใช้งานได้ฟรีทันทีเนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมของ PSoC MCU ส่วนใหญ่จะทำโดยการเรียกใช้งานฟังก์ชัน API และการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ เช่น ความถี่สัญญาณนาฬิกา Sleep Watchdog Supply Voltage และ อื่นๆ ยังทำได้จากหน้าต่าง Device Editor ของ ซอฟต์แวร์ PSoC Designer ทำให้เราไม่จำเป็นต้องทราบรายละเอียดของรีจิสเตอร์ต่างๆ ดังนั้น ไม่ได้อธิบายลงไป ในรายละเอียดของรีจิสเตอร์แต่ละตัว แต่จะเน้นการใช้ฟังก์ชัน API มากกว่า โดยสามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมให้กับ PSoC MCU ได้ตามลำดับขั้นตอนในรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมให้กับ PSoC MCU ด้วย PSoC Designer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 คุณสมบัติของ PSoC MCU ตระกูล CY8C27x43

PSoC MCU จะมีอยู่หลายตระกูลด้วยกัน โดยตระกูลที่เราจะมาศึกษากันในหนังสือเล่มนี้ จะเป็น ตระกูล Cy8C27x43 ซึ่งในตระกูลนี้สามารถมีพอร์ต I/O ได้สูงสุดถึง 5 พอร์ต โดยจะมี คุณสมบัติเบื้องต้นที่ควรทราบดังนี้

คุณสมบัติของ CY8C27443

1. สถาปัตยกรรมแบบ Harvard Architecture Processor
2. ความเร็วของ M8C Processor สูงสุด 24 MHz
3. 8x8 Multiply, 32-Bit Accumulate
4. Low Power at High Speed
5. ทำงานในช่วงแรงดัน 3.0 ถึง 5.25 V
6. สามารถทำงานที่แรงดันต่ำสุดที่ 1.0 V โดยใช้วงจร Switch Mode Pump (SMP) ภายในชิพ
7. 12 Analog PSoC Blocks รองรับการใช้งานทางด้านอนาล็อก
8. 8 Digital PSoC Blocks รองรับการใช้งานทางดิจิทัล
9. สามารถกำหนดขนาดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายใน ได้หลายระดับ
10. สัญญาณนาฬิกาภายในขนาด 24/48 MHz ค่าความคลาดเคลื่อน +/- 2.5 %
11. สามารถเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณ 24/48 MHz จากออสซิลเลเตอร์ 32kHz ภายใน หรือ ภายนอกได้
12. สามารถรับสัญญาณออสซิลเลเตอร์จากภายนอกได้สูงสุด 24 MHz
13. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน ให้กับ Watchdog และ Sleep
14. หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash ขนาด 16 K Byte สามารถ Erase/Write ได้ถึง 50,000 ครั้ง
15. หน่วยความจำข้อมูล SRAM ขนาด 256 Byte
16. ฟังก์ชัน โปรแกรมภายใน ISSP (in-system serial programming)
17. สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูล Flash memory เฉพาะบางส่วนได้
18. สามารถตั้งค่าระบบป้องกันข้อมูลได้ (Flash security)
19. หน่วยความจำ EEPROM (ใช้จาก Flash memory)
20. ขาสัญญาณ GPIO จำนวน 24 ขาสัญญาณ
21. สามารถกำหนดคุณสมบัติของขาสัญญาณต่างๆได้ (GPIO Pin Configurations)
22. GPIO สามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ถึง 25 mA
23. สามารถกำหนด Drive Mode ของสัญญาณ GPIO ได้ เช่น pull up Pull down

High z Strong หรือ open drain

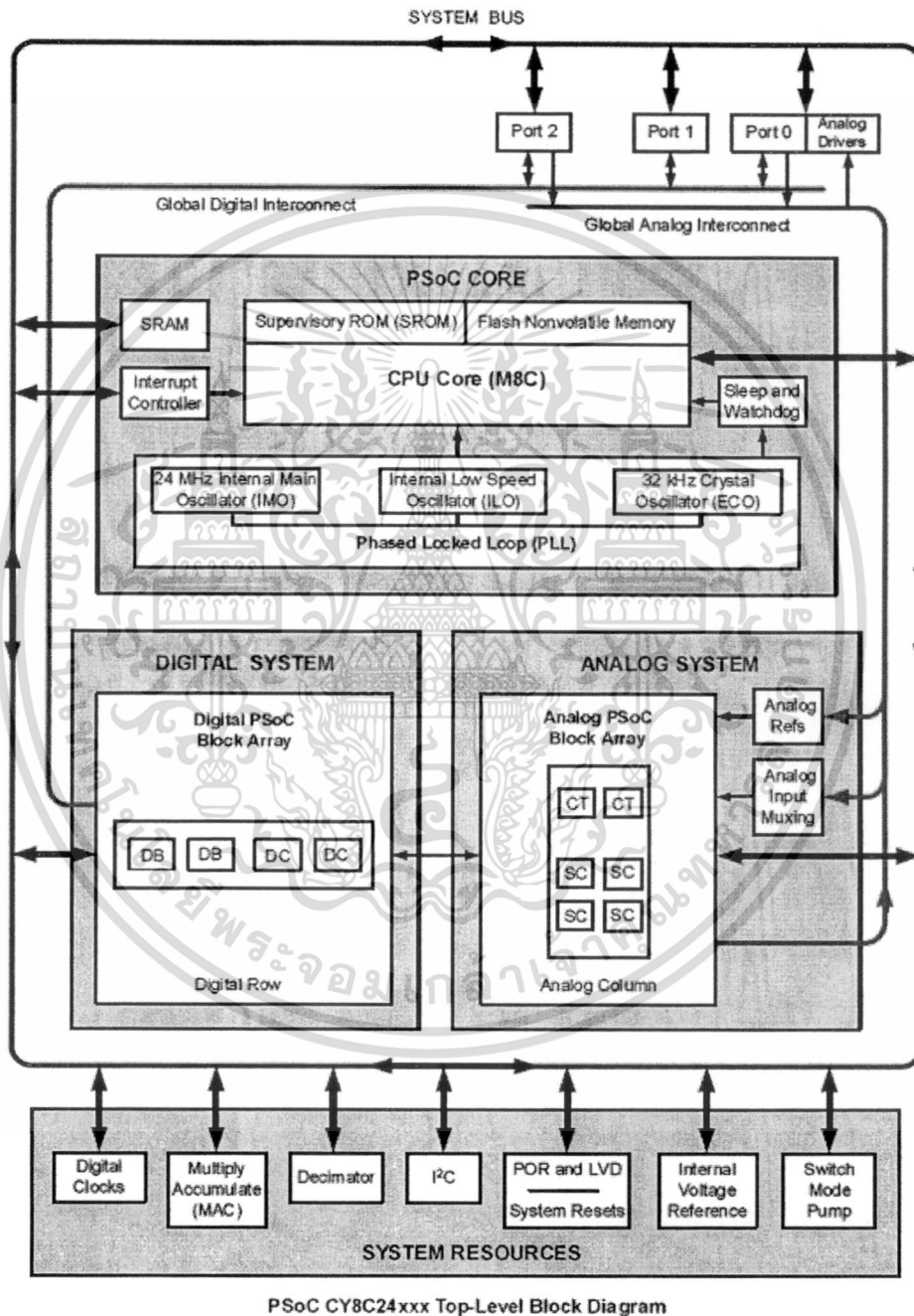
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. ขาสัญญาณอินพุตอนาล็อกสูงสุด 12 ขาสัญญาณ (จากขาสัญญาณของGPIO)
25. ขาสัญญาณอนาล็อกเอาพุตสูงสุด 4 ขาสัญญาณ (จากขาสัญญาณของGPIO)
26. จ่ายกระแสได้ถึง 40 mA
27. สามารถกำหนดการอินเตอร์รัพท์ได้ทุกขาสัญญาณของ GPIO
28. I2C โหมด Slave Master และ Multi-Master ความเร็วสูงสุด 400 kHz
29. Watchdog และ Sleep Timer
30. สามารถตั้งค่าระดับการตรวจจับแรงดันต่ำได้ (low Voltage Detection)
31. Integrated Supervisory Circuit
32. On-chip Precision Voltage Reference

จะเห็นได้ว่า PSoC MCU เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติที่ถือว่าครบถ้วนมาก ไม่ได้ด้อยไปกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่นๆ เลย บางทีอาจถูกมองว่าการที่มีคุณสมบัติหลายๆอย่างเช่นนี้ จะทำให้การออกแบบเป็นไปได้ด้วยความยุ่งยาก แต่สำหรับ PSoC MCU แล้ว กลับทำได้ไม่ยุ่งยากนักเนื่องจากใช้ซอฟต์แวร์ PSoC Designer ในการออกแบบ ซึ่งซอฟต์แวร์ดังกล่าวนี้จะมี การออกแบบเป็นลักษณะของ กราฟิก หรือ เป็นแบบวิซวล (Visual) เช่น การเลือกใช้โมดูลต่างๆ หรือ การกำหนดค่า Configuration ต่างๆ ส่วนในการเขียน โปรแกรมก็จะเป็นลักษณะการใช้งาน ฟังก์ชัน (API : Application Programming Interface) ที่ PSoC Designer ได้ จัดเตรียมไว้ให้แล้ว ทำให้ลดความยุ่งยากไปได้มากเลยทีเดียว

2.2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

กล่าวถึงโครงสร้างสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC โดยจะอธิบายโครงสร้างภายในและทรัพยากรต่าง ๆ ของระบบเช่น โครงสร้างภายใน หน่วยความจำ ขาสัญญาณ ลักษณะ GPTO ระบบสัญญาณนาฬิกา Sleep Watchdog และ การรีเซ็ตของระบบ(System Reset) เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 โครงสร้างหลักของ PSoC MCU

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC โครงสร้างภายในจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ มากมาย โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักคือ PSoC CORE ของระบบดิจิทัล (Digital System) และระบบอนาล็อก (Analog System) และ System Resources โดยแต่ละส่วนจะเชื่อมต่อกันด้วยระบบบัส

2.2.5.1 PSoC Core

เป็นส่วนประกอบหลักของการประมวลผล ซึ่งจะดูแลส่วนต่าง เช่น การประมวลผลคำสั่ง การจัดการข้อมูลในหน่วยความจำ SRAM ควบคุมการอินเทอร์รัพท์ Sleep Watchdog timers และการเลือกแหล่งสัญญาณ นาฬิกา (Clock sources) เป็นต้น ซึ่งเราเรียกส่วนต่างๆ เหล่านี้ M8C ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์ 8 บิตแบบ Harvard นอกจากนี้ใน PSoC ยังมีหน่วยความจำ SRAM และ Flash memory สำหรับใช้เก็บคำสั่งโปรแกรมอีกด้วย

2.2.5.2 Digital System

เป็นระบบของดิจิทัลบล็อกที่วางอยู่ในรูปแบบของอาร์เรย์ (Array Block) ในส่วนของดิจิทัล Digital System การวางบล็อกอาร์เรย์ จะวางแถวละ 4 บล็อก สำหรับ CY8C27443 จะมีอาร์เรย์บล็อกจำนวน 2 แถว รวมแล้วทั้งหมด 8 ดิจิตอล ดังรูป ส่วน PSoC MCU เบอร์อื่นๆ ก็มีขนาดแตกต่างกันออกไป โดยบล็อกเหล่านี้ก็จะรับรองรับการใช้งานในส่วนของ โมดูลดิจิทัลต่าง

2.2.5.3 Analog System

ระบบของอนาล็อก (ANALOG SYSTEM) จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ คืออนาล็อกบล็อก (Analog Block) แรงดันอ้างอิงอนาล็อก Analog Ref และเลือกสัญญาณอินพุตอนาล็อก (Analog Input Muxing) โดยอนาล็อกจะมีอยู่สองประเภท ด้วยกันคือ CT (Continuous Time) และ SC (Switched Capacitor) ซึ่งอนาล็อกบล็อกจะถูกจัดเรียงเป็น 4 คอลัมน์ (Column) ในหนึ่ง คอลัมน์ก็จะประไปด้วย CT หนึ่งบล็อก และ SC อีกสองบล็อก ซึ่งบล็อกเหล่านี้มีไว้รับรองการทำงานของ โมดูลอนาล็อก โดยการจัดวาง โมดูลลงในบล็อกต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของ โมดูล

2.2.5.4 System Resources

System Resources ก็คือฮาร์ดแวร์ต่างๆ ของระบบ เช่น Digital clock, Multiply accumulate (MAC), Decimator I2C, System resets, Internal, voltage reference, Switch mode pump (SMP) เป็นต้น

2.2.6 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของ ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นประเภทต่างๆ ตามคุณสมบัติและการใช้งาน ซึ่งในส่วนของสถาปัตยกรรม M8C ก็แบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 ส่วน คือ ROM และ RAM และ Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.1 ROM

จะมีการเข้าถึง Address Bus และ Data Bus โดยจากรูปภายใน ROM จะประกอบไปด้วย SROM(Supervisory ROM) และหน่วยความจำ โดยหน่วยความจำชนิด Flash จะแยกออกเป็นบล็อกๆ ละ 64 ไบต์โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องดูแลในเรื่องของเขตแดนรอยต่อของหน่วยความจำในแต่ละบล็อก เพราะ M8C จะมีการจัดให้เราโดยอัตโนมัติ รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งการประมวลผลคือรีจิสเตอร์ PC จะมีการเพิ่มค่าขึ้นทุก Instruction ไชเกิดคำสั่ง โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ 8 บิตบน (PCH) และ 8 บิตล่าง (PCL)ซึ่งใน 8 บิตบนจะมีการเพิ่มค่าขึ้นหนึ่งค่าเมื่อ PC 8 บิตล่างนับถึงค่าที่ 256 (ยกเว้นคำสั่งที่เป็นการกระโดด)

2.2.6.2 Register

รีจิสเตอร์เป็นหน่วยความจำที่มีความสำคัญมากต่อการทำงานของระบบ ซึ่งการเขียนโปรแกรมจำเป็นต้องอาศัยรีจิสเตอร์เหล่านี้เก็บไว้ หรือพักข้อมูล รวมถึงการทำงานบางอย่างก็ต้องอาศัยรีจิสเตอร์ โดย M8C จะจัดรีจิสเตอร์แบบแบงก์ (Bank) ซึ่ง M8C จะมีรีจิสเตอร์อยู่สองแบงก์ด้วยกัน คือพื้นที่แบงก์ของ User Spac และ Configuration Space มีขนาดแบงก์ละ 256 ไบต์ เนื่องจากรีจิสเตอร์มีการจัดหน่วยความจำเป็นแบงก์แยกกันอยู่ดังนั้นการเข้าถึงข้อมูลแต่ละส่วนมีการเลือกแบงก์ข้อมูลที่เราจะเข้าถึงซึ่งสามารถเลือกแบงก์ได้โดยการกำหนดค่าให้กับบิต XIO ด้วยการเซต หรือ เคลียร์ สถาปัตยกรรม M8C จะมีรีจิสเตอร์พิเศษภายในตัว 5 ตัวที่ใช้เกี่ยวกับการประมวลผลโปรแกรมดังต่อไปนี้

1. Accumulator (A) เป็นรีจิสเตอร์หลักที่ทำงานในส่วนของการกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก
2. Index(X) เป็นรีจิสเตอร์ทางอ้อมสำหรับการเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อม
3. Program Counter(PC) เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บคำสั่งที่ CPU จะทำการตีความ หรือประมวลผล
4. Stack Pointer(SP) เป็นรีจิสเตอร์ที่ เก็บตำแหน่ง หน่วยความจำ Stack
5. Flags(F) เป็นรีจิสเตอร์สถานะ

รีจิสเตอร์ทั้งหมดจะเป็น 8 บิตยกเว้นรีจิสเตอร์ PC ซึ่งจะเป็นขนาด 16 บิตเมื่อเกิดการรีเซ็ตของระบบรีจิสเตอร์ A X PC และ SP จะมีสถานะเป็น 0x00 ส่วนรีจิสเตอร์ F จะมีค่าเป็น 0x02 ซึ่งจะเห็นว่า Zero Flag มีการเซตเป็น 1

1. รีจิสเตอร์ A (Accumulator)

เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลทั่วไปขนาด 8 บิตนอกจากนี้ยังเป็นรีจิสเตอร์หลักที่ทำงานในส่วนของการกระทำทางคณิตศาสตร์

2. รีจิสเตอร์ X (Index Register)

เป็นรีจิสเตอร์เก็บข้อมูลขนาด 8 บิตและยังทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์ชี้ตำแหน่ง (Index) ในกรณีคำสั่งที่มีการเข้าถึงแอดเดรสแบบทางอ้อมโดยใช้ตัวชี้ (Indexed Addressing mode)

3. รีจิสเตอร์ PC (Program Counter Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรม CPU กำลังประมวลผลอยู่โดยประกอบไปด้วย 8 บิตไบต์สูง PCH และ 8 ไบต์ต่ำ PCL ซึ่งค่าของรีจิสเตอร์ PC จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อ CPU ทำการเอกซิวซ์คำสั่งต่างๆ หรือการกระทำคำสั่งกระโดด และการเกิดการอินเตอร์รัพท์ต่าง ๆ เป็นต้น

4. รีจิสเตอร์ SP (Stack Pointer Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตทำหน้าที่ เก็บตำแหน่งของหน่วยความจำสแต็ก โดยรีจิสเตอร์ Stack จะมีการเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติเมื่อถูกใช้งาน เช่น การใช้คำสั่ง PUSH หรือ CALL เป็นต้น โดยจะเป็นการเพิ่มค่าการชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำ RAM ซึ่งถ้าหากมีการชี้ตำแหน่งไปจนถึงตำแหน่งไปจนถึงตำแหน่ง 0xFF ค่าของ สแต็ก (SP) จะกลับไป 0x00 อีกครั้งก็คือจะเป็น Stack แบบวน ดังนั้นผู้พัฒนา โปรแกรมจะต้องดูแลไม่ให้เกิดการทับกัน Overlap ของสแต็ก กับตัวแปรที่ได้ Define ไว้ใน RAM

5. รีจิสเตอร์ F (Flags)

เป็นรีจิสเตอร์สถานะ มีทั้งหมด 8 บิต ซึ่งในแต่ละบิตมีการใช้งานดังนี้

1. PgMode และ XIO ใช้สำหรับการเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์
2. C เป็น Carry Flag จะมีผลต่อการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ ลอจิก การเลื่อนหรือ หมุนบิต
3. Z เป็น Zero Flag จะมีผลต่อการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ ลอจิก
4. GIE เป็นบิตควบคุมการเกิดอินเตอร์รัพท์ โดยเป็นบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด หากเซตบิตนี้ ก็จะเป็นการอนุญาตให้การอินเตอร์รัพท์สามารถเกิดขึ้นได้

2.2.6.3 RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำ RAM เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราว ซึ่งข้อมูลไม่สามารถคงอยู่ได้หากไม่มีไฟเลี้ยงป้อนให้ โดยหน่วยความจำ RAM ของ PSoC MCU จะมีโครงสร้างเป็นแบบ Page ซึ่งจะมีขนาด Page ละ 256 byte ซึ่งสำหรับ PSoc ในตระกูล CY8c27x43 จะมี RAM ขนาด 1 Page คือ 256 Byte ส่วน PSoc ในตระกูลอื่นๆ ก็จะมีขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดหน่วยความจำ RAM ของ PSoC MCU ในแต่ละตระกูล

| PSoC Device | ขนาดของ RAM | |
|-------------|-------------|---------|
| CY8C29x66 | 2 KB | 8 Pages |
| CY8C27x66 | 2 KB | 8 Pages |
| CY8C27x43 | 256 Bytes | 1 Page |
| CY8C24x23 | 256 Bytes | 1 Page |
| CY8C22x13 | 256 Bytes | 1 Page |

หน่วยความจำส่วนหนึ่งภายใน RAM จะถูกใช้งานเป็นหน่วยความจำ สแต็ก (Stack) โดยจากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าตำแหน่งแรกของหน่วยความจำสแต็ก (Bottom of Hardware Stack) จะเริ่มต้นตำแหน่งต่อจากตำแหน่งสุดท้ายพื้นที่ General Purpose RAM และจะไปสิ้นสุดที่ตำแหน่งสุดท้ายคือ (0xFF) ตำแหน่งต่อไปจะเป็น (0x00) ซึ่งจะเรียกเหตุการณ์นี้ว่า Stack Overflow โดยไม่ควรจะเกิดขึ้นเนื่องจาก อาจจะทำให้ตำแหน่งของสแต็ก ไปทับกับตำแหน่งข้อมูลที่เรากำลังใช้งานอยู่ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

2.2.7 ขาสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต (GPIO: General Purpose IO)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง คุณสมบัติทางด้านขาสัญญาณ I/O (Input/Output) ของ PSoC MCU ซึ่งขาสัญญาณของ PSoC MCU นั้นสามารถทำงานได้ทั้งในส่วนของ ขาสัญญาณดิจิทัล และ ขาสัญญาณอนาล็อก ซึ่งในการใช้งานจะผ่านทางรีจิสเตอร์ต่างๆ

MCU มีความซับซ้อนมาก ทั้งนี้เพราะ PSoC MCU ได้ออกแบบโครงสร้างขาสัญญาณ ให้สามารถทำงานได้ในหลากหลายคุณสมบัติ โดยผู้ใช้งาน (User) สามารถกำหนดความต้องการในการใช้งานได้ โดยเราสามารถกำหนดคุณสมบัติการทำงานของขาสัญญาณในโหมดต่างๆ ได้ดังนี้

1. Pull Down (Resistive pull down) โหมดนี้ขาสัญญาณ I/O จะถูกต่อผ่านตัวต้านทานลงกราวด์
2. Strong (Strong drive) โหมดนี้เหมาะสำหรับใช้งานเป็นเอาต์พุตดิจิทัล
3. High Z (High impedance) โหมดนี้ที่ขาสัญญาณ I/O จะมีความต้านทานสูงเหมาะสำหรับการใช้งานเป็นอินพุต
4. Pull Up (Resistive pull up) โหมดนี้ขาสัญญาณ I/O จะถูกต่อผ่านตัวต้านทานไปยัง Vcc
5. Open Drain High สถานะของสัญญาณ I/O เป็นแบบ Open Drain High
6. Strong Slow (Slow strong drive) สถานะสัญญาณ I/O เป็นแบบ Strong Slow
7. High Z Analog เป็นสถานะความต้านทานสูงแบบอนาล็อก ซึ่งจะเป็น ค่าสถานะเริ่มต้น (Default) หลังจากเกิด รีเซต (reset state)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดคุณสมบัติของขาสัญญาณเหล่านี้ สามารถทำได้สองวิธี คือ การกำหนดที่ค่ารีจิสเตอร์ (PRTx DMx) ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการเขียนโปรแกรมเข้าไปเซตค่ารีจิสเตอร์ ดังนั้นวิธีนี้จึงทำให้เราสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ Drive Mode ของขาสัญญาณได้ตลอดเวลาขณะที่ CPU กำลังประมวลผลอยู่ และ อีกวิธีก็คือ การกำหนดโดยใช้โปรแกรม PSoC Designer ตรงส่วนของ Device Editor Configuration ซึ่งจะเรียกว่าการกำหนด Configure I/O pins ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมลงได้

ขาสัญญาณ I/O ของ PSoC MCU จะประกอบไปด้วย บัฟเฟอร์อินพุต และ วงจรขับทางด้านเอาต์พุต โดยขาสัญญาณ I/O เหล่านี้จะถูกจัดไว้เป็นพอร์ต ซึ่งปกติ 1 พอร์ต จะมีทั้งหมด 8 บิต แต่จะมีบางกรณีที่พอร์ตนั้นๆ มีขาสัญญาณไม่ถึง 8 บิต ขาสัญญาณ I/O ต่างๆ เหล่านี้สามารถทำงานในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. Digital IO : เป็นขาสัญญาณดิจิทัล อินพุต/เอาต์พุต สามารถควบคุมการทำงานได้ โดยการผ่านค่าให้กับรีจิสเตอร์
2. Global IO : เป็นขาสัญญาณดิจิทัล อินพุต/เอาต์พุต ที่เชื่อมโยงระหว่าง Digital PSoC block
3. Analog IO : เป็นขาสัญญาณ อินพุต/เอาต์พุต ที่เชื่อมโยงระหว่าง Analog PSoC block

2.2.8 Digital IO

เป็นโหมดการทำงานหนึ่งของขาสัญญาณ I/O Port ที่หน่วยประมวลผล M8C สามารถติดต่อเข้าถึงขาสัญญาณพอร์ตได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัย PSoC Block ไม่ว่าจะเป็นการอ่านค่าหรือ การเขียนค่าไปที่พอร์ต ซึ่ง M8C จะติดต่อผ่านทางรีจิสเตอร์ PRTxDR ซึ่งสถานะของรีจิสเตอร์นี้จะส่งผลโดยตรงกับขาสัญญาณ I/O Pin ของ PSoC MCU เช่น ในการเขียนข้อมูลลอจิกไปยังพอร์ตผ่านรีจิสเตอร์ PRTxDR ข้อมูลดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสถานะทางไฟฟ้าไปปรากฏที่ขาสัญญาณต่างๆ ส่วนในกรณีการอ่านข้อมูลจากพอร์ตหน่วยประมวลผลสามารถอ่านค่าสถานะทางไฟฟ้าจากขาสัญญาณ I/O ได้จากรีจิสเตอร์ PRTxDR ด้วยเช่นกัน ซึ่งสถานะทางไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นลอจิกแล้วนำกลับมาเก็บที่รีจิสเตอร์ PRTxDR

ทั้งนี้เนื่องจากจะต้องดูด้วยว่ามีการเซต โหมดการทำงานของพอร์ตเป็นโหมดใด

2.2.9 Global IO

Global IO จะถูกใช้เป็นส่วนสัญญาณเชื่อมต่อ (interconnect) ระหว่าง PSoC Block กับขาสัญญาณภายนอกโดยจะเชื่อมต่อผ่าน Global In และ Global Out ซึ่งเราสามารถทำการเชื่อมโยงสัญญาณจาก GPIO เข้ามายัง Global In หรือ Global Out แล้วนำไปเชื่อมต่อสัญญาณใน PSoC Block ต่างๆ ได้ตามต้องการ ในการออกแบบสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม PSoC Designer ซึ่ง

วิธีการออกแบบ จะเป็นลักษณะ วิสซวล หรือ แบบกราฟิก ทำให้ง่ายต่อการออกแบบ และโดยผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องเข้าไปเซตค่ารีจิสเตอร์ใดๆ

2.2.10 การทำงานในโหมด Sleep และ Watchdog

Sleep Timer คือ ค่าเวลาของการทำงานที่ขึ้นอยู่ใน Sleep Mode ซึ่งจะเป็นไทมเมอร์ขนาด 15 bit แบบนับขึ้น ซึ่งจะนับสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 32 kHz โดยสามารถเลือกได้ว่า จะใช้ภายใน (ILO) หรือจากภายนอก (ECO) โดยสามารถเลือกช่วงเวลา Sleep Timer ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คาบเวลาของ Sleep Timer และ Watchdog Timer

| Sleep Interval | Sleep Period | Watchdog Period |
|----------------|-----------------|-----------------|
| (Default) 00 | 1.95 ms (512Hz) | 6 ms |
| 01 | 15.6 ms (64Hz) | 47 ms |
| 10 | 125 ms (8Hz) | 375 ms |
| 11 | 1 sec (1Hz) | 3 sec |

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าคาบเวลาของ Watchdog Timer จะมีค่าเป็น 3 เท่าของค่าเวลาของ Sleep Timer โดยการเลือกคาบเวลาดังกล่าวสามารถทำงานได้โดยการกำหนดค่าที่หน้าต่าง Global resource ในโปรแกรม PSoC Designer การเปิดการทำงานของ Sleep Timer สามารถทำงานได้โดยการเซตบิตที่ [13] ของรีจิสเตอร์ CPU_SCRO โดยตรง หรือ เซตค่าผ่านมาโครฟังก์ชัน M8C_Sleep ของ M8C ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างฟังก์ชันการใช้งานของ M8C ที่เกี่ยวข้องกับ Sleep และ Watchdog Timer

| ฟังก์ชัน M8C | ความหมาย |
|----------------------|--|
| M8C_Enable Watchdog | ; Enable การทำงานของ Watchdog |
| M8C_ClearWDTAndSleep | ; เคลียร์ค่าการนับของ Watchdog Timer และ Sleep Timer |
| M8C_ClearWDT | ; เคลียร์ค่า Watchdog Timer |
| M8C_Enable Glnt | ; Enable Global interrupt |
| M8C_Disable Glnt | ; Disable Glnt Global interrupt |
| M8C_Sleep | ; เข้าสู่ Sleep Mode |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12 การออกจาก Sleep Mode (Wake up from sleep)

เมื่อเข้าสู่การทำงานในสภาวะ Sleep ระบบต่างๆ จะทำงานด้วยพลังงานต่ำ และในการออกจากการทำงานในสภาวะ Sleep Mode จะเรียกว่า Wake Up โดยสามารถเกิดขึ้นจากการอินเทอร์รัพท์ และจากการรีเซตต่างๆ เช่น Sleep timer interrupt , GPIO(pin) interrupts, supply monitor interrupt, และ timers clocked externally เป็นต้น

2.2.13 การรีเซตของระบบ (System Resets)

การรีเซตของระบบ จะมีผลให้ CPU กลับไปทำงานในสถานะเริ่มต้น และทำให้รีจิสเตอร์ต่างๆ มีค่าสถานะ กลับไปตามค่าของ default states โดยการเกิดรีเซตสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. Power-on Reset (POR) เป็นการรีเซตที่เกิดจาก แหล่งจ่ายแรงดันของ CPU มีแรงดันต่ำกว่าระดับที่กำหนด (ต่ำกว่าค่าแรงดัน Trip Voltage ที่ตั้งไว้)
2. External Reset (XRES) เป็นการรีเซตที่เกิดจากขาสัญญาณ XRES ของ PSoC MCU โดยจะเกิดการรีเซตเมื่อขาสัญญาณ XRES ได้รับสถานะลอจิกสูง ("1")
3. Watchdog Reset (WRD) เป็นการรีเซตที่เกิดจากการทำงานของ Watchdog Timer
4. Internal Reset (IRES) การรีเซตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการภายใน

2.2.14 Power-on Reset (POR)

เมื่อเริ่มต้นจ่ายพลังงานให้กับ CPU วงจร POR จะทำการรีเซต CPU พร้อมทั้งตรวจสอบแรงดันไฟเลี้ยงที่ขา Vdd กับแรงดัน Trip Voltage [LVD] ซึ่งทำให้ CPU อยู่ในสถานะรีเซตจนกว่าแรงดันของ Vdd จะมีค่าสูงกว่าแรงดันที่จุด Trip Voltage โคนเราสามารถกำหนดค่าแรงดัน Trip Voltage ได้จากการกำหนดค่าในบิต VM [2:0] (ในรีจิสเตอร์ VLT_CR) หรือกำหนดจากหน้าต่าง Global Resources ในซอฟต์แวร์ PSoC Designer

1. External Reset (XRES)

การรีเซตจากขาสัญญาณ XRES จะเกิดการรีเซตขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขาสัญญาณ XRES ได้รับสัญญาณสถานะลอจิก "1" ซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องทำการต่อตัวต้านทานแบบ Pull Down ให้กับขาสัญญาณ

2. Watchdog Timer Reset (WRD)

จุดประสงค์ในการทำงานของ Watchdog Timer ก็เพื่อป้องกันการทำงานที่ผิดพลาดของ CPU ในที่นี้หมายถึง CPU ไม่สามารถทำงานในสิ่งที่ควรจะเป็นไปได้ หรือ CPU เกิดค้าง (halt state) ไม่สามารถทำงานต่อได้โดย Watchdog Timer จะทำการรีเซต CPU ในทันทีที่ค่าการนับของมันสิ้นสุดลงเพื่อให้

CPU กลับไปตั้งต้นทำงานใหม่ เราสามารถ Enable หรือ Disable การทำงานของ Watchdog Timer

ได้โดยการเคลียร์บิต PORS (บิต 4 ของรีจิสเตอร์ CPU_SCR0) หลังจากที่เราได้เปิดการทำงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Enable) ของ WDR แล้ว เราจะไม่สามารถปิดการทำงาน (Disable) ของ WDR ได้ด้วยการเขียนคำสั่งไปเซตค่า ให้กับบิต PORS การปิดการทำงานของ WDR จะสามารถเกิดขึ้นได้จากการรีเซ็ตของ POR และ XRES เท่านั้น นอกจากการเปิดการทำงานของ WDR โดยการเคลียร์บิต PORS แล้ว ยังสามารถทำการเปิดค่าเวลาของ Watchdog Timer จะได้มาจากแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 32kHz ซึ่งสามารถเลือกได้ว่าจะใช้สัญญาณ 32kHz จากคริสตอลภายนอก (ECO) หรือ จาก 32kHz (ILO) โดยค่า default จะถูกกำหนดไว้เป็น 32kHz ภายใน (ILO) และเมื่อต้องการเปลี่ยนมาใช้สัญญาณจากภายนอก (ECO) ก็ให้ทำการเซตบิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ OSC_CRO ซึ่งสัญญาณ 32kHz ที่ถูกเลือกนี้สามารถนำไปใช้ได้ ทั้งกับ Watchdog Timer และการทำงานในโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)

2.2.15 Switch Mode Pump (SMP)

SMP คือ วงจรที่ใช้ในการสวิตช์แรงดันจากแบตเตอรี่ หรือเซลล์พลังงาน จากขนาดต่ำๆ ให้มีระดับแรงดันที่สูงขึ้นจนสามารถเลี้ยงการทำงานของ CPU ได้โดยภายในตัวไอซี PSoC MCU จะมีฮาร์ดแวร์ภายใน

ในที่รองรับการทำงานในส่วนนี้ แต่ก็ต้องมีการต่อวงจรภายในบางส่วน คือ ต่อตัวอินดักเตอร์ (Inductor) ระหว่างขั้วแรงดันของแบตเตอรี่กับขาสัญญาณ SMP ของ PSoC MCU และควรจะมีคาปาซิเตอร์ต่อบายพาสจากขาสัญญาณดังกล่าวลงกราวด์ (Vss) ด้วย โดยค่าประจุของ คาปาซิเตอร์อย่างต่ำน่าจะประมาณ 0.1 μ F หากออกแบบวงจร และกำหนดค่าอุปกรณ์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้แรงดันสูงพอที่จะเลี้ยง

การทำงานของ IC PSoC MCU ถึงแม้จะใช้แบตเตอรี่ขนาด 1.5V เพียงก้อนเดียว MCU ก็ยังสามารถทำงานได้ โดยการใช้งานโหมด SMP สามารถทำได้โดยการกำหนดที่หน้าต่าง Global Resource ของโปรแกรม PSoC Designer

2.3 การสอนทักษะในการปฏิบัติ

2.3.1 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของเดวิส (Davies' Instructional Model for Psychomotor Domain)

ก. ทฤษฎี/หลักการ/แนวคิดของรูปแบบ

เดวิส (Davies, 1971: 50-56) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะปฏิบัติไว้ว่า ทักษะส่วนใหญ่ จะประกอบไปด้วยทักษะย่อยๆ จำนวนมาก การฝึกให้ผู้เรียนสามารถทำทักษะย่อยๆ เหล่านั้นได้ก่อน แล้วค่อยเชื่อมโยงต่อกันเป็นทักษะใหญ่ จะช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จได้ดีและรวดเร็วขึ้น

ข. วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบนี้มุ่งช่วยพัฒนาความสามารถด้านทักษะปฏิบัติของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะที่ประกอบด้วยทักษะย่อยจำนวนมาก

ค. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นสาธิตทักษะหรือการกระทำ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้เห็นทักษะ หรือการกระทำที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ในภาพรวม โดยการสาธิตให้ผู้เรียนดูทั้งหมด ตั้งแต่ต้นจนจบ ทักษะหรือการกระทำที่สาธิตให้ผู้เรียนดูนั้น จะต้องเป็นการกระทำในลักษณะที่เป็นธรรมชาติ ไม่ซ้ำหรือเร็วเกินปกติ ก่อนการสาธิต ครูควรให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในการสังเกต ควรชี้แนะจุดสำคัญที่ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษ ในการสังเกต

ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย เมื่อผู้เรียนได้เห็นภาพรวมของการกระทำหรือทักษะทั้งหมดแล้ว ผู้สอนควรแตกทักษะทั้งหมดให้เป็นทักษะย่อยๆ หรือแบ่งสิ่งที่กระทำออกเป็นส่วนย่อยๆ และสาธิตส่วนย่อย แต่ละส่วนให้ผู้เรียนสังเกต และทำตามไปที่ละส่วนอย่างช้าๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย ผู้เรียนลงมือปฏิบัติทักษะย่อย โดยไม่มี การสาธิตหรือมีแบบอย่างให้ดู หากติดขัดจุดใด ผู้สอนควรให้คำชี้แนะ และช่วยแก้ไขจนกระทั่งผู้เรียนทำได้ เมื่อได้แล้ว ผู้สอนจึงเริ่มสาธิตทักษะย่อยส่วนต่อไป และให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อยนั้นจนทำได้ ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งครบทุกส่วน

ขั้นที่ 4 ขั้นให้เทคนิควิธีการ เมื่อผู้เรียนปฏิบัติได้แล้ว ผู้สอนอาจแนะนำเทคนิค วิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียน สามารถทำงานนั้นได้ดีขึ้น เช่น ทำได้ประณีตสวยงามขึ้น ทำได้รวดเร็วขึ้น ทำได้ง่ายขึ้น หรือสิ้นเปลืองน้อยลง เป็นต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทักษะย่อยๆ เป็นทักษะที่สมบูรณ์ เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติแต่ละส่วนได้แล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อยๆ ต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นจนจบ และฝึกปฏิบัติหลายๆ ครั้งจนกระทั่งสามารถปฏิบัติทักษะที่สมบูรณ์ได้อย่างชำนาญ

ง. ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ

ผู้เรียนจะสามารถปฏิบัติทักษะได้อย่างดี มีประสิทธิภาพ

2.3.2 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ (Process Skills)

ทักษะกระบวนการเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับวิธีดำเนินการต่างๆ ซึ่งอาจเป็นกระบวนการทางสติปัญญา เช่น กระบวนการสืบสอบแสวงหาความรู้ หรือกระบวนการคิดต่างๆ อาทิ การคิดวิเคราะห์ การอุปนัย การนิรนัย การใช้เหตุผล การสืบสอบ การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น หรืออาจเป็นกระบวนการทางสังคม เช่น กระบวนการทำงานร่วมกัน เป็นต้น ปัจจุบันการศึกษาให้ความสำคัญในเรื่องนี้มาก เพราะถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการ

ดำรงชีวิต ในที่นี้ ผู้เขียนได้คัดเลือกรูปแบบการเรียนการสอน ที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการนำเสนอ 4 รูปแบบ ดังนี้

- 1.1 รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการสืบสอบ และแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม
- 1.2 รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดอุปนัย
- 1.3 รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดสร้างสรรค์
- 1.4 รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการคิดแก้ปัญหา อนาคตตามแนวคิดของทอร์เรนซ์

2.3.3 รูปแบบการเรียนการสอนกระบวนการสืบสอบและแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม (Group Investigation Instructional Model)

ก. ทฤษฎี/หลักการ/แนวคิดของรูปแบบ

จอยส์ และวีล (Joyce & Weil, 1996: 80-88) เป็นผู้พัฒนารูปแบบนี้จากแนวคิดหลักของเธเลน (Thelen) 2 แนวคิด คือแนวคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะแสวงหาความรู้ (INQUIRY) และแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ (Knowledge) เธเลน ได้อธิบายว่า สิ่งสำคัญที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิด ความรู้สึกรู้สึกหรือความต้องการ ที่จะสืบค้นหรือเสาะแสวงหาความรู้คือตัวปัญหา แต่ปัญหานั้นจะต้องมีลักษณะที่มีความหมายต่อผู้เรียน และท้าทายเพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียน เกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบ นอกจากนั้นปัญหา ที่มีลักษณะชวนให้เกิดความงุนงงสงสัย (puzzlement) หรือก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด จะยิ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเสาะแสวงหาความรู้ หรือคำตอบมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมนุษย์อาศัยอยู่ในสังคม ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในสังคม เพื่อสนองความต้องการของตน ทั้งทางด้านร่างกายสติปัญญา จิตใจ อารมณ์ และสังคม ความขัดแย้ง ทางความคิดที่เกิดขึ้น ระหว่างบุคคลหรือในกลุ่ม จึงเป็นสิ่งที่บุคคลต้องพยายามหาหนทางขจัด

ขั้นที่ 1 อภิปรายและประเมินผล การอภิปรายผลส่วนใหญ่จะแบ่งเป็นกลุ่มย่อย การอภิปราย จะเป็นการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุการณ์ การแสดงออกของผู้แสดง และควรเปิดโอกาสให้ผู้แสดงได้แสดงความคิดเห็นด้วย

ขั้นที่ 2 แสดงเพิ่มเติม ควรมีการแสดงเพิ่มเติม หากผู้เรียนเสนอแนะทางออกอื่นนอกเหนือจากที่ได้แสดงไปแล้ว

ขั้นที่ 3 อภิปรายและประเมินผลอีกครั้ง หลังจากการแสดงเพิ่มเติม กลุ่มควรอภิปราย และประเมินผลเกี่ยวกับการแสดงครั้งใหม่ด้วย

ขั้นที่ 4 แลกเปลี่ยนประสบการณ์และสรุปการเรียนรู้ แต่ละกลุ่มสรุปผลการอภิปราย ของกลุ่มตน และหาข้อสรุปรวม หรือการเรียนรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับความรู้สึกรู้สึก ความคิดเห็น ค่านิยม คุณธรรม จริยธรรมและพฤติกรรมของบุคคล

ข. ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ค่านิยม คุณธรรม จริยธรรม ของผู้อื่น รวมทั้งมีความเข้าใจในตนเองมากขึ้น

2.3.4 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psycho-Motor Domain)

รูปแบบการเรียนการสอนในหมวดนี้ เป็นรูปแบบที่มุ่งช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ในด้านการปฏิบัติ การกระทำ หรือการแสดงออกต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้หลักการ วิธีการ ที่แตกต่างไปจากการพัฒนาทางด้านจิตพิสัยหรือพุทธิพิสัย รูปแบบที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการ พัฒนาทางด้านนี้ ที่สำคัญ ซึ่งจะนำเสนอในที่นี้มี 3 รูปแบบดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน(Simpson)
2. รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์ (Harrow)
3. รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของเดวิส(Davies)

2.3.5 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาทักษะปฏิบัติของซิมป์สัน

(Instructional Model Based on Simpson ,s Processes For Psycho-Motor Skill Development)

ก. ทฤษฎี/ หลักการ/แนวคิดของรูปแบบ

ซิมป์สัน (SIMPSON, 1972) กล่าวว่า ทักษะเป็นเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางกายของ ผู้เรียนเป็นความสามารถในการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อหรือร่างกาย ในการทำงานที่มีความ ซับซ้อนและต้องอาศัยความสามารถ ในการใช้กล้ามเนื้อหลายๆส่วน การทำงานดังกล่าว เกิดขึ้นได้จากการสั่งงานของสมอง ซึ่งต้องมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้สึกที่เกิดขึ้น ทักษะปฏิบัตินี้ สามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝน ซึ่งหากได้รับการฝึกฝนที่ดีแล้ว จะเกิดความถูกต้อง ความ คล่องแคล่ว ความเชี่ยวชาญชำนาญการ และความคงทน ผลของพฤติกรรม หรือการกระทำ สามารถสังเกต ได้จากความรวดเร็ว ความแม่นยำ ความแรงหรือความราบรื่นในการจัดการ

ข. วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ หรือทำงานที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวหรือ การ ประสานงานของกล้ามเนื้อทั้งหลายได้อย่างดี มีความถูกต้อง และมีความชำนาญ

ค. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้ (Perception) เป็นขั้นการให้ผู้เรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ โดยการให้ผู้เรียน สังเกตการณ์ทำงานนั้นอย่างตั้งใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นการเตรียมความพร้อม(Readiness) เป็นขั้นการปรับตัวให้พร้อม เพื่อการทำงาน หรือแสดงพฤติกรรมนั้น ทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ โดยการปรับตัวให้พร้อมที่จะทำ การเคลื่อนไหว หรือแสดงทักษะนั้น และมีจิตใจแลสภาวะอารมณ์ที่ดี ต่อการที่จะทำหรือแสดงทักษะ นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 ขั้นการสนองตอบภายใต้การควบคุม (Guided response) เป็นขั้นที่ให้โอกาสแก่ผู้เรียน ในการตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ ซึ่งอาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนเลียนแบบ การกระทำ หรือการ แสดงทักษะนั้น หรืออาจใช้วิธีการให้ผู้เรียนลองผิดลองถูก (trial and error) จนกระทั่ง สามารถ ตอบสนองได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นการให้ลงมือกระทำจนกลายเป็นกลไกที่สามารถกระทำตัวเอง (Mechanism) เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียน ประสบผลสำเร็จในการปฏิบัติ และเกิดความเชื่อมั่นในการทำสิ่งนั้นๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างชำนาญ (Complex overt response) เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ ฝึกฝนการกระทำนั้นๆ จนผู้เรียนสามารถทำได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ เป็นไปโดยอัตโนมัติ และด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง

ขั้นที่ 6 ขั้นการปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงทักษะ หรือการ ปฏิบัติ

ของตนให้ดียิ่งขึ้น และประยุกต์ใช้ทักษะที่ตนได้รับการพัฒนา ในสถานการณ์ต่างๆ

ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม เมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างชำนาญ และสามารถประยุกต์ใช้ ในสถานการณ์ที่หลากหลายแล้ว ผู้ปฏิบัติจะเริ่มเกิดความคิดเห็นใหม่ๆ ในการกระทำหรือปรับการกระทำนั้น ให้เป็นไปตามที่ตนต้องการ

ง. ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ

ผู้เรียนจะสามารถกระทำหรือแสดงออกอย่างคล่องแคล่วชำนาญ ในสิ่งที่ต้องการให้ ผู้เรียนทำได้ นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และความอดทนให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน ด้วย

2.3.6 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติของแฮร์โรว์ (Harrow' Instructional Model for Psychomotor Domain)

ก. ทฤษฎี/หลักการ/แนวคิดของรูปแบบ

แฮร์โรว์ (Harrow, 1972 : 96-99) ได้จัดลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้ทางด้านทักษะ ปฏิบัติไว้ 5 ขั้น โดยเริ่มจากระดับที่ซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมาก ดังนั้นการ กระทำจึงเริ่มจากการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ ไปถึงการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อย่อย ลำดับขั้นดังกล่าว ได้แก่การเลียนแบบ การลงมือกระทำตามคำสั่ง การกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์ การแสดงออก และการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ

ข. วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

รูปแบบนี้มุ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติต่างๆ กล่าวคือผู้เรียน สามารถปฏิบัติหรือกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์และชำนาญ

ค. กระบวนการเรียนของรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่1 ขั้นการเขียนแบบ เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนสังเกตการกระทำ ที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้ ซึ่งผู้เรียนย่อมจะรับรู้ หรือสังเกตเห็นรายละเอียดต่างๆ ได้ไม่ครบถ้วน แต่อย่างน้อย ผู้เรียนจะสามารถบอกได้ว่า ขั้นตอนหลักของการกระทำนั้นๆมีอะไรบ้าง

หลักการเขียน นอกจากนั้นยังช่วยพัฒนาความสามารถในการใช้กระบวนการเขียน ในการสร้างงานเขียนที่ดีได้ด้วย

ก. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

ขั้นที่1 ขั้นก่อนเขียน

1. การรวบรวมข้อมูล

1.1 การแจกแจงความคิด ผู้สอนแนะนำให้ผู้เรียนคิดเชื่อมโยงหัวข้อเรื่องที่จะเขียน กับแนวคิดต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเขียน

1.2 การค้นคว้าข้อมูลจากการอ่าน โดยการให้ผู้เรียนอ่านงานเขียนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่จะเขียน และศึกษาแนวคิดของผู้เขียนตลอดจนศัพท์สำนวนที่ใช้

2. การเรียบเรียงข้อมูล

2.1 ผู้เรียนศึกษาหลักการเรียบเรียงจากข้อเขียนตัวอย่าง

2.2 จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 1 ผู้เรียนคัดเลือกจุดเน้นและข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ

3. การเรียนรู้ทางภาษา เป็นการสร้างความรู้เกี่ยวกับ โครงสร้างภาษาและศัพท์ที่จะนำมาใช้

ในการเขียน

ขั้นที่2 ขั้นร่างงานเขียน

ผู้เรียนเขียนข้อความ โดยใช้แผนการเขียนที่ได้จัดทำในขั้นที่ 1 เป็นเครื่องชี้แนะ

ขั้นที่3 ขั้นปรับปรุงแก้ไข

1. การปรับปรุงเนื้อหา ผู้เรียนอ่านร่างงานเขียนที่ได้จากข้อที่ 2 และอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาและการเรียบเรียงผู้สอนกำกับควบคุม โดยใช้คำถาม เพื่อให้กลุ่มอภิปรายไปในทิศทางที่ต้องการ คือนั้นที่การสื่อความหมายของเนื้อหาและวิธีการนำเสนอ

2. การแก้ไขงานเขียน ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดข้อผิด ทางภาษาแล้วจึงปรับปรุงร่างงานเขียนในด้านเนื้อหาตามที่ได้อภิปรายใน 1 และแก้ไขข้อผิดทางภาษา โดยมีผู้สอนช่วยเหลือแนะนำ

ง. ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ

พิมพันธ์ เวสสะ โกศล (2533 :189) ได้นำรูปแบบนี้ไปทดลองใช้กับนักศึกษา

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เป็นเวลา 1 ภาคเรียน ในปี พ.ศ. 2532 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบนี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเขียน ภาษาอังกฤษสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนโดยอาจารย์ใช้วิธีสอนแบบเน้นตัวงานเขียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และผู้วิจัยได้เสนอแนะให้นำรูปแบบนี้ไปประยุกต์ ใช้ในการสอนใช้การสอนเขียนในระดับอื่นๆด้วย

2.3.7 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นทักษะปฏิบัติสำหรับครูวิชาชีพ

ก. ทฤษฎี/หลักการ/แนวคิดของรูปแบบ

นวลจิตต์ เขาวีรติพงษ์ (2535) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เป็นผู้พัฒนารูปแบบนี้ขึ้น เป็นผลงานระดับวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาเอก สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งต่อมาได้รับพิจารณาให้ได้รับรางวัลชมเชยด้านงานวิจัยทางการศึกษา จากสำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ในปี พ.ศ.2536 นวลจิตต์ เขาวีรติพงษ์ ได้พัฒนารูปแบบนี้เพื่อการเรียนการสอน วิชาชีพสายต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นทักษะการปฏิบัติ โดยอาศัยแนวคิดและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนา ทักษะปฏิบัติ 9 ประการ ซึ่งมีสาระโดยสรุปว่า การพัฒนาผู้เรียน ให้เกิดทักษะปฏิบัติที่ดีนั้น ผู้สอนควรเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์งานที่จะให้ผู้เรียนทำ โดยแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยๆ และลำดับงานจากง่ายไปสู่ยาก แล้วให้ผู้เรียนมีความรู้ ในงานถึงขั้นเข้าใจในงานนั้นเป็นอย่างดี พร้อมทั้งได้เรียนรู้ลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงาน ด้วยแล้วจึงให้ผู้เรียนฝึก ทำงานด้วยตนเอง ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง โดยจัดลำดับการเรียนรู้ตามลำดับ ตั้งแต่ง่ายไปยาก คือเริ่มจากการให้รับรู้งาน ปรับตัวให้พร้อม ลองทำโดยการเลียนแบบ ลองผิดลองถูก (ถ้าไม่เกิดอันตราย) แล้วจึงให้ฝึกทำเอง และทำหลายๆครั้ง จนกระทั่งชำนาญ สามารถทำได้เป็นอัตโนมัติ ขณะฝึกผู้เรียนควรได้รับข้อมูลย้อนกลับ เพื่อการปรับปรุงงานเป็นระยะๆ และผู้เรียนควรได้รับการประเมินทั้งทางด้านความถูกต้องของผลงาน ความชำนาญในงาน (ทักษะ) และลักษณะนิสัยในการทำงานด้วย

ข. วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

รูปแบบนี้มุ่งพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับงานที่ทำ และเกิดทักษะสามารถที่จะทำงานนั้น ได้อย่างชำนาญตามเกณฑ์ รวมทั้งมีเจตคติที่ดีและลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงาน ด้วย

ค. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

รูปแบบการเรียนการสอนนี้ กำหนดยุทธวิธีไว้ 3 ยุทธวิธีเพื่อให้ผู้สอนเลือกใช้ได้เหมาะสมกับเงื่อนไขสถานการณ์ของสถานการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งได้ให้ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการที่เหมาะสมแต่ยุทธวิธีด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ยุทธวิธีที่ 1 การสอนทฤษฎีก่อนสอนงานปฏิบัติ

การดำเนินการมีขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นนำ เป็นขั้นแนะนำงาน และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และเห็นคุณค่าในงานนั้น

1.2 ขั้นให้ความรู้ เป็นขั้นให้ความรู้ความเกี่ยวกับงานที่จะทำซึ่งครูสามารถใช้วิธีการใดๆ ก็ได้ แต่ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถามจนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจ

1.3 ขั้นให้ฝึกปฏิบัติ เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนลงมือทำงานซึ่งเริ่มจากการให้ผู้เรียนทำงานตามหรือเลียนแบบหรือให้ลองผิดลองถูก(ถ้าไม่เกิดอันตราย) ต่อไป จึงให้ลองทำเองโดยครูคอยสังเกต

และให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นระยะๆ จนกระทั่งทำได้ถูกต้อง แล้วจึงให้ฝึกทำหลายๆ ครั้งจนกระทั่งทำได้ชำนาญ

1.4 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้เป็นขั้นที่ผู้สอนประเมิน ทักษะปฏิบัติและลักษณะนิสัยในการทำงานของผู้เรียน

1.5 ขั้นประเมินผล ความคงทนของการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ผู้สอนจะรู้ว่า การเรียนรู้ ของผู้เรียนมีความยั่งยืนหรือไม่ หากผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างชำนาญ ผู้เรียนก็ควรจะจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีและนาน

ยุทธวิธีที่ 2 การสอนงานปฏิบัติก่อนสอนทฤษฎี

2.1 ขั้นนำ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

2.2 ขั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติและสังเกตการณ์ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงานและมีการสังเกตการณ์ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ มีการสังเกตการณ์ปฏิบัติและจดบันทึกข้อมูลไว้

2.3 ขั้นการวิเคราะห์การปฏิบัติ และสังเกตการณ์ ร่วมกันวิเคราะห์พฤติกรรม การปฏิบัติ และอภิปรายผลการวิเคราะห์

2.4 ขั้นเสริมความรู้จากผลการวิเคราะห์และอภิปราย รายการปฏิบัติผู้สอน จะทราบว่าควรเสริมความรู้อะไรให้แก่ผู้เรียน จึงจะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนในการปฏิบัติ

2.5 ขั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติงานใหม่ เมื่อรู้จุดบกพร่อง และได้ความรู้เสริมที่ใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง

2.6 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

2.7 ขั้นประเมินผลความคงทนของการเรียนรู้ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

ยุทธวิธีที่ 3 การสอนทฤษฎี และปฏิบัติไปพร้อมๆกัน

3.1 ขั้นนำ

3.2 ขั้นให้ความรู้ให้ปฏิบัติและให้ข้อมูลย้อนกลับไปพร้อมๆกัน

3.3 ขั้นให้ปฏิบัติงานตามลำพัง

3.4 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้

3.5 ขั้นประเมินผลความคงทนของการเรียนรู้งานปฏิบัติ

เงื่อนไขที่ใช้ในการพิจารณาเลือกยุทธวิธีสอน

ยุทธวิธีที่ 1 เหมาะสำหรับการสอนเนื้อหาของงานปฏิบัติที่มีลักษณะซับซ้อน หรือเสี่ยงอันตรายและลักษณะของเนื้อหาสามารถแยกส่วนภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างชัดเจน

ยุทธวิธีที่ 2 เหมาะสำหรับเนื้อหางานปฏิบัติที่มีลักษณะไม่ซับซ้อนหรือเป็นงานปฏิบัติ ที่ผู้เรียนเคยมีประสบการณ์มาบ้างแล้ว เป็นงานที่มีอัตราการเสี่ยงต่ออันตรายกับชีวิตน้อย

ยุทธวิธีที่ 3 : เหมาะสำหรับบทเรียนที่มีลักษณะของเนื้อหาภาคทฤษฎี และปฏิบัติ ที่ไม่สามารถแยกจากกัน ได้เด็ดขาด

ง. ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ

นวลจิตร ชาวเกียรติพงศ์ ได้ทดลองใช้รูปแบบนี้ กับอาจารย์ และนักศึกษาของ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล 5 วิทยาเขต เป็นเวลา 1 ภาคเรียน ในปีการศึกษา 2534 ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านทฤษฎีถึงขั้นความเข้าใจ คือได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 60% และประสบผลสำเร็จในด้านการพัฒนาทักษะในระดับที่สามารถปฏิบัติงานให้มีคุณภาพได้ถึงเกณฑ์ ที่ต้องการ รวมทั้ง ได้แสดงพฤติกรรมของการมีลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงานด้วย

2.4 การออกแบบและการสร้างชุดทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติโดยสร้างเป็นชุดทดลอง โดยใช้ CY8C27443 ที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง จึงทำให้ง่ายต่อการพัฒนาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในเรื่องของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วัลลภ จันทรตระกูล (2543 : 110) ได้อธิบายถึงแนวทางในการออกแบบการสร้างชุดทดลองว่า โดยทั่วไปแนวทางในการออกแบบสร้างจะมี 2 แบบ คือการออกแบบสร้างตามแบบนิยม (Conventional Design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical Design) ความแตกต่างของสองแนวทางในการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อกันมาไม่มีรูปแบบหรือขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนแน่นอนแต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญของตนจึงต่างจากแนวทางแบบที่สองซึ่งใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือมีขั้นตอนงานที่เด่นชัดแน่นอน เป็นตรรกะและสามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานออกแบบสร้างในสาขาต่าง ได้โดยยึดแนวทางขั้นตอนหลักการออกแบบซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้ (วัลลภ จันทรตระกูล . 2543 : 111- 114)

2.4.1 ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน

เป็นขั้นตอนที่ต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตนั้นเกิดความเป็นจริงสำเร็จผลมาเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น ในบางครั้ง ถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น เช่น บริษัทในต่างประเทศ ก็ควรจะศึกษารายละเอียดต่างๆด้วยเป็นต้น

เมื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยาย แต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่าง อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้างก็ได้ บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อๆก็ได้ และ

สุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่า เกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

2.4.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์

จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดในข้อที่ 1 จะนำมาดำเนินการวิเคราะห์ คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน (Basic Tem) ซึ่งทำให้ทราบรายการหน้าที่ (Function Element) ของอุปกรณ์และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่กลางต่างๆไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่า ต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใด รูปร่างอย่างไร อย่างไรก็ตาม เฉพาะค่าพื้นฐานก็ อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ (Relation Tem) ด้วย

2.4.3 ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่ (Function Element)

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

สิ่งที่จะต้องกำหนดอาจเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตซ์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบอุปกรณ์ (Construction Element) จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุด เท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่างๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่างๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปร่างแบบต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ อาจจะต้องมีการระดมสมอง (Brain Storming) ร่วมกัน ต้องศึกษาค้นคว้า ข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ แม้กระทั่งผลงานของผู้อื่น (บริษัทคู่แข่ง)

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นควรจะต้องพิจารณาเงื่อนไขบางประการ เช่น การใช้ชิ้นส่วนสำเร็จ ความยากง่ายในการผลิตและค่าใช้จ่าย เป็นต้น นอกจากนี้ ควรจะให้ชิ้นส่วนประกอบบางชิ้น ทำหน้าที่ได้หลายๆ หน้าที่ด้วย สิ่งสำคัญยิ่งในจุดนี้คือ การพยายามใช้ชิ้นส่วน หรืออุปกรณ์ บางอย่าง ซึ่งมีอยู่หรือได้พัฒนามาแล้ว

2.4.4 ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

เป็นขั้นตอนที่ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งมีวิธีการีแตกต่างออกไป การตัดสินใจเลือก มีสิ่งสำคัญ คือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไป เกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ ก็แตกต่างกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปตามแต่ความสำคัญ หรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือในการตัดสินใจเลือก จึงควรประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น

การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่างๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือกถึงสองขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรก ตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นที่สอง จะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้ หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้เลือกมาแล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อยๆ แต่ละชุด

2.4.5 ขั้นตอนที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ

จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในข้อ 4 จะต้องนำมาร่างเป็นภาพประกอบต้นแบบ โดยคร่าวๆ หรือเป็นแบบงานง่ายๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้ อาจจะต้องมีการทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์ บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการและจะให้ข้อมูลด้าน ขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์นี้ด้วย

อุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูล (Data) บางอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้น มีคุณลักษณะตรงตามต้องการ นอกจากนั้นก็ศึกษา พิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่างๆ ด้วย ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบ จะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบอุปกรณ์นั้น

2.4.6 ขั้นตอนที่ 6 เขียนแบบงาน

ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์ เพียงชิ้นเดียวงานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อประโยชน์ ในการดำเนินงานต่อไปงานเขียนแบบ นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับการดำเนินการผลิต ดังนั้น แบบงานอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นงานเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วน สำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ เช่น ขนาด พิกัด ความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น นอกจากนั้นก็ต้องมีข้อมูล หมายเลขชิ้นส่วนทั้งที่จะต้องสร้างขึ้นใหม่ และชิ้นส่วนมาตรฐาน ดังนั้น งานเขียนแบบจึงต้องมีการกำหนดระบบ เลขหมายแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนแบบมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผนการผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนและวัสดุของหน่วยงาน

2.4.7 ขั้นตอนที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบและคู่มือการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและสอดคล้องตามจุดประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอน ก็จะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนด้วย

ในขั้นตอนงานที่ 5 คือ การสร้างต้นแบบและตรวจสอบจะได้รับข้อมูลส่วนหนึ่ง ที่จะนำมาใช้ในการจัดเตรียมเอกสารประกอบ และในภายหลัง เมื่อได้ผลผลิตออกมาเป็นอุปกรณ์จริงๆ แล้วก็ต้องนำมาหาข้อมูลต่างๆต่อไปอีก

เอกสารประกอบที่จะต้องจัดเตรียม อาจกำหนดให้มีลักษณะต่างๆกัน ตามแต่ ความมุ่งหมายของงาน โดยอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ คู่มือแนะนำการใช้งาน(Instruction Sheet) เอกสารประกอบในการศึกษาทดลอง (ตำรา ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ใบเฉลยของผู้สอน และผู้เรียน เป็นต้น) เอกสารรายการสินค้า (Catalog) และใบเอกสารเสนอลูกค้า (Prospect)

ผู้ออกแบบสร้างอาจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้จัดเตรียมเอกสาร แต่ในบางกรณีก็อาจจะต้องตั้งเป็นทีมงาน หรือให้ผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นฝ่ายพัฒนาขึ้นมา

ผลงานที่ได้ดำเนินงานในขั้นตอนงานที่ 7 สามารถจะดำเนินการผลิตอุปกรณ์ในลักษณะการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ได้เลย โดยที่การเตรียมเอกสารประกอบก็ดำเนินการควบคู่กันไป

2.5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 131) ได้เกริ่นนำเรื่องการประเมินสื่อการสอนว่า การออกแบบสร้างสื่อการสอนให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ ที่มีคุณลักษณะเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค (Technical Points of View) ด้านการเรียนการสอน (Pedagogical Points of View) และด้านการพาณิชย์หรือการค้า (Economical Points of View) จะทำได้อย่างไร เราสามารถทราบคุณลักษณะด้านต่างๆ โดยการประเมินสื่อการสอนนั้น ซึ่งอาจกระทำควบคู่ในระหว่าง กระบวนการออกแบบ หรือเมื่อสิ้นสุดการออกแบบสำเร็จเป็นงานต้นแบบก่อนดำเนินการผลิต ออกมาในเชิงพาณิชย์

2.5.1 วัตถุประสงค์ในการประเมินสื่อการสอน

การประเมินสื่อการสอนมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 1311)

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ในด้านต่างๆ ของสื่อการสอน
2. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินไปแก้ไขพัฒนาปรับปรุงสื่อการสอนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วางแผนในการพัฒนาสื่อการสอนเพิ่มเติมให้เกิดความสมบูรณ์ ในการเรียนการสอนตามหัวข้อ หรือสาขาวิชานั้น

2.5.2. ประเด็นในการประเมิน

ประเด็นในการประเมินอาจแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน และด้านการพาณิชย์ ในแต่ละประเด็นสามารถแตกออกเป็นประเด็นย่อย การคิดค้นประเด็นต่างๆ อาจใช้แผนภูมิปะการังเป็นเครื่องมือ ร่วมประชุม ระดมความคิด หรืออาจค้นคว้าประเด็นได้จากงานวิจัยต่างๆ ด้านการประเมินสื่อการสอน ประเด็นที่น่าเสนอนี้ เป็นประเด็นหลักๆ รวมๆ สามารถเลือกไปใช้กับสื่อประเภทต่างๆ ได้และจะเขียนในลักษณะด้านบวกหรืออุดมคติ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 131-134)

มีประเด็นด้านต่างๆ ดังนี้

1. ขนาดสื่อ ไม่ใหญ่ไม่เล็ก มีขนาดเหมาะสม สอดคล้องกับมาตรฐาน สะดวกต่อการเก็บรักษา ไม่ใช่ เนื้อที่มากเกินไป
2. น้ำหนัก มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปใช้สอนได้สะดวก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้ายผู้สอน นำไปได้ด้วยตนเอง
3. ชิ้นส่วนประกอบ ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถทำหน้าที่รอง มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต เป็นมาตรฐาน หาอะไหล่ง่าย มีจำนวนชิ้นไม่มาก การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วน มันคง รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน มีอายุการใช้งานเหมาะสม มีความเรียบร้อย สวยงาม
4. ชนิดของวัสดุ

มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทสื่อ เป็นวัสดุหาง่าย คุณสมบัติมีความแข็งแรง คงทน ราคาไม่แพง ทนต่อความร้อน ฝุ่น ความชื้น

5. การดูแลรักษา

ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง มีระบบการจัดเก็บ การจัดจำแนก มีถุง ซอง กล่อง ในการจัดเก็บ มีระบบการเบก ยืม ที่มีประสิทธิภาพ ไม่สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

6. กระบวนการผลิต

ผลิตง่ายใช้เครื่องมือง่ายๆ มีระบบแบบแผน ระบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ) ผลิตออกมาเรียบร้อยสวยงาม สอดคล้องตามหลักการสอน สามารถใช้สอนกับวิธีการต่างๆ นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ชิ้นงานออกมามีขนาด คุณภาพผิวงานมีความละเอียดสูง

7. มาตรฐาน

สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน มีความเป็นสากล มีรูปแบบ(Format)

8. ความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และต่อสื่อ

2.5.3 ประเด็นทางการเรียนการสอน

จะเกี่ยวข้องกับผู้สอน ผู้เรียนและตัวสื่อการสอนเอง ดังนี้

1. ต่อผู้สอน

ใช้ง่าย ใช้เวลาในการสอนน้อย ไม่มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมด้านการใช้ สอดคล้องตามรายการวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชา มีคู่มือการสอน สำหรับครู

2. ต่อผู้เรียน

เข้าใจง่าย สอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์ ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ น่าสนใจ อยากรเรียน กระตุ้นให้ค้นคว้าเพิ่มเติม เกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา ช่วยส่งเสริมกิจกรรม การเรียน มีคู่มือผู้เรียน

3. ต่อสื่อการสอน

มีสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหา นั้น ๆ และควรมีอย่างยิ่ง มีความสำคัญต่อการเรียนรู้มีเนื้อหาสาระ ที่ทันสมัยตามวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถนำไปใช้สอนในหัวเรื่องอื่นได้ ด้วย ให้เนื้อหาสาระชัดเจนในตัว ไม่ต้องอธิบายเพิ่มเติมมาก ใช้เวลาในการประกอบด้วย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่น ประกอบช่วยมีคู่มือแนะนำในการใช้ การดูแลรักษา ต้องมีซอฟต์แวร์ (Software) ประกอบ ตัวอักษร สี สัน รูปแบบ ชัดเจน

2.5.4 ประเด็นทางด้านพาณิชย์

เป็นการศึกษาข้อมูลก่อนดำเนินการผลิต ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ ประกอบการตัดสินใจ ก่อนเริ่มออกแบบ ไม่ใช่ใช้การประเมินด้วยความรู้สึก มีประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. เป็นสื่อที่ตลาดมีความต้องการสูง
2. ความเหมาะสมในการผลิตเชิงพาณิชย์
3. ค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าออกแบบ ค่าดำเนินการ ค่าวัสดุ เป็นต้น
4. ค่าเครื่องมือ
5. ความคุ้มค่าในการผลิต
6. ราคาสื่อเหมาะสม สามารถเทียบกับคู่แข่ง
7. ปริมาณด้านการตลาด การจำหน่ายในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค
8. เอกสารในการประชาสัมพันธ์

2.5.5 เกณฑ์ในการประเมินสื่อการเรียนการสอน

เมื่อกำหนดประเด็นต่างๆ ที่จะประเมินสื่อแล้วก็ต้องมากำหนดเกณฑ์ ในการประเมิน ซึ่ง มีสิ่งที่ควรพิจารณา ดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 135)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เกณฑ์ที่กำหนด จะเน้นคุณลักษณะไปด้านใด เช่น ด้านเทคนิค ด้านการเรียน การสอน หรือด้านพาณิชย์ หรือจะให้น้ำหนักเท่ากันทั้ง 3 ด้าน เป็นต้น

2. ในแต่ละประเด็นอาจประเมิน โดยทำเป็นรายการตรวจสอบ (Check list) ว่าใช่หรือไม่ใช่ มีหรือไม่มี มีคำตอบให้เลือกสองทางเลือก อีกลักษณะหนึ่งเป็นการให้ความคิดว่าคุณลักษณะด้านนั้นๆ ดีมาก ดี พอใช้ ใช้ไม่ได้ เป็นต้น

3. จากผลการประเมิน ในข้อ 2 นำมาประมวลผล โดยใช้หลักทางสถิติเป็นร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ในแต่ละประเด็น หรือลักษณะภาพรวม

การประเมินจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนั้นค่าที่ได้ควรมีความเชื่อมั่นเที่ยงตรง มีเป้าหมาย มีความชัดเจน น่าเชื่อถือ สามารถคำนวณ และปฏิบัติได้ หน่วยงานคือทีมทำงานจะต้องกำหนดเกณฑ์ เพื่อจะประเมินสื่อการสอน ได้ผลสำเร็จตามเป้าหมาย

2.5.6 องค์ประกอบในการประเมินสื่อ

นอกจากการกำหนดเกณฑ์แล้ว ก็ควรคำนึงถึงองค์ประกอบในการประเมินสื่อซึ่งมีหลายประการ ได้แก่ (วัลลภ จันทรตระกูล. 2543 : 135-136)

1. เครื่องมือเป็นเอกสารหรืออุปกรณ์ ที่สามารถบันทึกแสดงข้อมูล ที่จะได้จากการประเมินสื่อว่าอยู่ในระดับใด ควรมีการทดลองใช้ วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ค่าความเที่ยงตรง มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องมือให้เหมาะสม

2. วิธีการการประเมิน ทำได้โดยกำหนดประเด็นต่างๆ แล้วให้คะแนนในประเด็นนั้นๆ วิธีการประเมินโดยใช้ความรู้สึกอาจขาดความเชื่อถือ มีคำแนะนำ ขั้นตอนในการประเมิน

3. เกณฑ์กำหนดระดับค่าคะแนน ว่าระดับใดที่จะยอมรับได้ ขึ้นกับเป้าหมายว่า ต้องการเน้นด้านใด หน่วยงานเอกชนอาจมุ่งทางการค้า หน่วยงานการศึกษาอาจมุ่งด้านการเรียน การสอน

4. ผู้ประเมิน ทำหน้าที่ใช้เครื่องมือ อาจเป็นบุคคลภายใน และภายนอกหน่วยงาน เป็นผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์ และมีจำนวนเหมาะสม มาจากหลายๆ ฝ่าย เช่น ฝ่ายการตลาด ฝ่ายผลิต เป็นต้น มีความเข้าใจในวิธีการประเมิน

5. ผู้สอน ผู้ทำหน้าที่สอนโดยใช้สื่อการสอนนั้นก็เป็นตัวแปร ที่เกี่ยวข้องกับ ประเด็นการประเมิน ที่ผู้ประเมินมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้สอนอย่างไร

6. ผู้เรียน ผู้ประเมิน หรือแบบประเมิน มีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนอย่างไร คาดการณ์ว่าผู้เรียนจะมีพื้นฐาน มีความเรียนรู้ ประสบการณ์เพียงใด และต้องการคาดหวังต่อผู้เรียนอย่างไร

7. เนื้อหาวิชา เป็นสาขาวิชาใด มีรายการ วัตถุประสงค์ของบทเรียนอย่างไร

8. ประเภทของสื่อ สื่อมีความแตกต่างกันหลายประเภท เช่น เอกสารสิ่งพิมพ์ แผ่นใส แผ่นภาพอุปกรณ์ ทดลองสาริต ซิตี เป็นต้น ประเด็นการประเมินก็จะแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดทดลอง

การหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เป็นเหมือนการตรวจสอบคุณภาพของบอร์ดทดลอง และใบงาน ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์และตรงตามที่ต้องการ ซึ่งต้องใช้วิธีในการตรวจตามหลักวิชาด้วย

2.6.1 ความหมายของการหาประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ(2520:44-143) ได้ให้ความหมายการหาประสิทธิภาพชุดการสอนไว้ดังนี้ การหาประสิทธิภาพชุดการสอน ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษว่า Development Test เป็นการตรวจสอบพัฒนาการ เพื่อให้ดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึงการนำชุดทดลองไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้จริง (Trial Run) นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้ว จึงผลิตออกมาจำนวนมาก โดยใช้การทดลองใช้ หมายถึงการนำชุดการสอนที่ผลิตขึ้นมาเป็นต้นแบบ (prototype) แล้วนำไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของชุดทดลองให้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การทดลองการสอนจริงหมายถึงการนำชุดทดลองที่ได้จากการทดลอง และปรับปรุงทุกหน่วยในแต่ละวิชาที่สอนจริงในชั้นเรียนหรือใช้ในสถานการณ์จริง

ดังนั้นในการหาประสิทธิภาพชุดทดลอง จึงจำเป็นที่จะนำชุดทดลองไปใช้แล้วนำมาทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองจริง

2.6.2 ความจำเป็นในการหาประสิทธิภาพ

ชุดฝึกอบรมใดๆก็ตามเมื่อสร้างขึ้นมาแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำไปหาประสิทธิภาพเพื่อเป็นการประกันคุณภาพจริง (ชัยยงค์ พรหมวงศ์และคณะ(2520:134)ได้ให้เหตุผลถึงความจำเป็นที่จะให้เหตุผลถึงความจำเป็นที่จะให้เหตุผลถึงความจำเป็นที่ต้องมีการหาประสิทธิภาพของบทเรียนหรือชุดทดลองที่สร้างขึ้นดังนี้

1. เพื่อเป็นการประกันคุณภาพของชุดทดลองว่าเหมาะสมที่จะลงทุนผลิตจำนวนมาก
2. ช่วยให้ผู้นำชุดทดลองไปใช้งานเกิดความมั่นใจว่าชุดทดลองนั้นมีคุณภาพในการช่วยให้เกิดการเรียนรู้จริง
3. ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจในเนื้อหาและใบงานที่มีอยู่ในชุดทดลองว่าถูกต้อง และเหมาะสม

2.6.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลอง

ประสิทธิภาพของชุดทดลอง หมายถึง คุณภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น โดยวัดจากผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลอง และประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้ได้

เอกสารที่ตีพิมพ์ที่สุด เชื่อถือได้มากโดยใช้วิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คล่องตัว แต่เสียเวลาน้อยและลงทุนไม่มากนักไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย และใช้แรงงานน้อย (ภัทธา นิคมานนท์. 2539) เพื่อเป็นการรับรองว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้วิจัยจึงต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบรรลุผลคำนึงถึงกระบวนการและผลสัมฤทธิ์ โดยการกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยเป็น E_1/E_2 ดังนี้

การคิดค่าประสิทธิภาพของชุดทดลองที่สร้างขึ้น คำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$E_1 = \frac{\sum x/N}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum y/N}{B} \times 100$$

| | | |
|-------|----------|--|
| เมื่อ | E_1 | คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน |
| | E_2 | คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานรวม |
| | $\sum x$ | คือ คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนของนักศึกษา |
| | $\sum y$ | คือ คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานรวมของนักศึกษา |
| | A | คือ คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน |
| | B | คือ คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานรวม |
| | N | คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด |

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พิพัฒน์ สมใจ(2552:บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจร ไอซี 555 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการวงจร ไอซี 555 และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจร ไอซี 555 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือนักศึกษาสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 35 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) ชุดปฏิบัติการวงจรไอซี 555 และใบงานของการทดลอง (2) แบบประเมินคุณภาพชุดปฏิบัติการวงจร ไอซี 555 (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.28 – 0.71 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.28 – 0.57 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพของชุดทดลองผลการวิจัยสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดังนี้ คุณภาพของชุดปฏิบัติด้านเนื้อหาและใบงานการอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 คุณภาพของชุดปฏิบัติการด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ อยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 ชุดปฏิบัติการมีประสิทธิภาพ 82.6/83.5 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี (2546 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการออกแบบวงจร และสร้างโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 โดยหาคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ทรงคุณวุฒิทางการศึกษา จำนวน 5 คน และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านวิศวกรรม จำนวน 5 คน ผลการวิจัยพบว่าวงจรและโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพทางการศึกษาในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.60 และมีคุณภาพทางด้านวิศวกรรมในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.58 ซึ่งคุณภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F876 ที่ได้นี้เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

สุวัชชัย เลิศสถาพรสุข (2546 : บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์โดยนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์แผนกอิเล็กทรอนิกส์โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม จำนวน 20 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 โดยให้นักศึกษาทำการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนจำนวน 4 ใบงานและนำความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนไปใช้ในการปฏิบัติใบงานรวม ในระหว่างปฏิบัติใบงานมีการประเมินความสามารถทางการปฏิบัติ โดยการสังเกตด้วยแบบวัดความสารถทางการปฏิบัติและเมื่อปฏิบัติใบงานเสร็จจะมีการทดสอบด้วยแบบทดสอบจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ผลการวิจัยพบว่าชุดทดลองการประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.89/81.45 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้และเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

วีรศักดิ์ จันท์ละมุนมา (2549:บทคัดย่อ)วิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองสายอากาศแบบ YAGI หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546 คาเกณฑ์ 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ จำนวน 20 คนได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายแบบจับสลาก

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองสายอากาศแบบ YAGI มีวิธีดำเนินการโดยศึกษาสายอากาศแบบ YAGI ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กำหนดเนื้อหา 6 หัวข้อ กำหนดจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ให้ครอบคลุมเนื้อหาของแต่ละใบงาน สร้างชุดทดลองใบงานการทดลอง และแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้วัดความการปฏิบัติของนักศึกษาด้วยชุดทดลอง โดยมีการทดลอง 6 หน่วยใบงานแต่ละใบงานจะมีการประเมินระหว่างการทำทดลองเป็นการ

ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อทดลองครบ 6 หน่วยแล้ว มีการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขั้นสุดท้ายผลการวิจัยพบว่า คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.95$, S.D.=0.10) คุณภาพใบความรู้อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.56$, S.D.=0.58) คุณภาพใบงานการทดลองอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.46$, S.D.=0.58) คุณภาพแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.26$, S.D.=0.32) และประสิทธิภาพของชุดทดลองสายอากาศ YAGI ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.00/91.90 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

รัตนา ชื่นชม (2549:บทศด้อย) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่อง วงจรฟลิป-ฟลอป ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง 2546) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีชื่นชม ไทย-เยอรมัน จำนวน 25 คนวิธีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่องวงจรฟลิป-ฟลอป ซึ่งประกอบชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I ใบงานการทดลองและแบบทดสอบรวม โดยนำชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่องวงจรฟลิปฟลอปไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเทคโนโลยีชื่นชม ไทย-เยอรมัน สระบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 25 คน ระหว่างการทดลองให้นักเรียนปฏิบัติใบงานในระหว่างเรียนและนำความรู้ที่ได้มาทำแบบทดสอบรวมนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หาและสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่องวงจรฟลิปฟลอปผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่องวงจรฟลิปฟลอปมีประสิทธิภาพ 89.44/85.28 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 และหาคุณภาพและประสิทธิภาพของ ผู้วิจัยได้นำเนนการดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
- 3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวนทั้งหมด 30 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ใช้วิธีการเลือกแบบแบ่งผลการเรียนเป็น 3 ระดับ ที่มีผลการเรียนในระดับดี 7 คนเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 3.00 - 4.00 ระดับปานกลาง 6 คน เกรดเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.50- 2.99 ระดับพอใช้ 7 คน เกรดเฉลี่ย เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.00- 2.49 ถ้าจำนวนกลุ่มระดับผลการเรียนกลุ่มใดมากกว่าที่ต้องการใช้วิธีการจับสลาก รวมใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วย
 - 1.1 บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
 - 1.2 ใบงานการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
2. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443
 - 2.1 แบบประเมินคุณภาพบอร์ดชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
 - 2.2 แบบประเมินคุณภาพใบงานชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ซึ่งประกอบด้วย

- 3.1 แบบทดสอบระหว่างเรียน ซึ่งอยู่ที่ใบงานนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพบทเรียน E_1
- 3.2 แบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งอยู่ที่ใบงานรวมเป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบหลังจากนักเรียนปฏิบัติครบทุกใบงาน เพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_2 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนซึ่งอยู่ที่ใบงาน โดยใช้วิธีทางสถิติต่อไป

3.2.1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้สร้างเครื่องโดยอาศัยกรอบ วัฏจักร จันทรตระกูล ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

1. ศึกษาคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากตำราและเอกสารต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบและสร้างวงจรต่างๆ ที่ประกอบเป็นชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

2. กำหนดหัวข้อการทดลองใบงานการทดลองและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 โดยมีใบงานดังนี้

ใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED Display

ใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Switch

ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED 7 Segment

ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Matrix Switch

ใบงานที่ 5 การอินเตอร์รัพต์จาก GPIO PSoC CY8C27443

ใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

ใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งาน Timer PSoC CY8C27443

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใบงานที่ 8 การใช้งาน โมดูล PWM ควบคุม Servo Motor
- ใบงานที่ 9 การใช้งาน โมดูล แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(ADC)
- ใบงานที่ 10 การใช้งาน โมดูลแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก(DAC)
- ใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1307
- ใบงานที่ 12 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1820
- ใบงานที่ 13 การใช้งาน โมดูลสื่อสารอนุกรม

3. ออกแบบและสร้างวงจรต่าง ๆ โดยการกำหนดหน้าที่ ของอุปกรณ์ภายในชุดทดลอง ที่ ทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามใบงาน ว่ามีอุปกรณ์สำเร็จรูปแบบใดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ บ้าง วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 โดยเลือกจากอุปกรณ์ที่มีขายในท้องตลาด และมีความเหมาะสม

4. สร้างต้นแบบบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่สามารถให้ ชุดทดลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC จำนวน 13 ใบงาน

5. เขียนแบบชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 จากเครื่องต้นแบบ ทดลองเพื่อใช้ในการดำเนินการผลิตต่อไป

6. เตรียมเอกสารประกอบ ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ใบงาน การทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

7. นำใบงานการทดลองที่ได้มาทำการทดลองกับนักศึกษาสาขางานอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีที่ผ่านการเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์มาแล้วจำนวน 3 คนเพื่อหา ข้อบกพร่องของใบงานการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

ผลปรากฏว่าใบงานยังมีข้อบกพร่องในเรื่อง ซอสโค้ดในใบงานใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ Matrix Switch ที่ยังผิดพลาด ให้ผลไม่ตรงกับการทดลองผู้วิจัยได้ทำการ ปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

8. นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วยใบงานการและ บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนออาจารย์ที่ ปรีกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสม

9. นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอ ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินผลปรากฏว่า

ด้านบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC มีคุณภาพมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

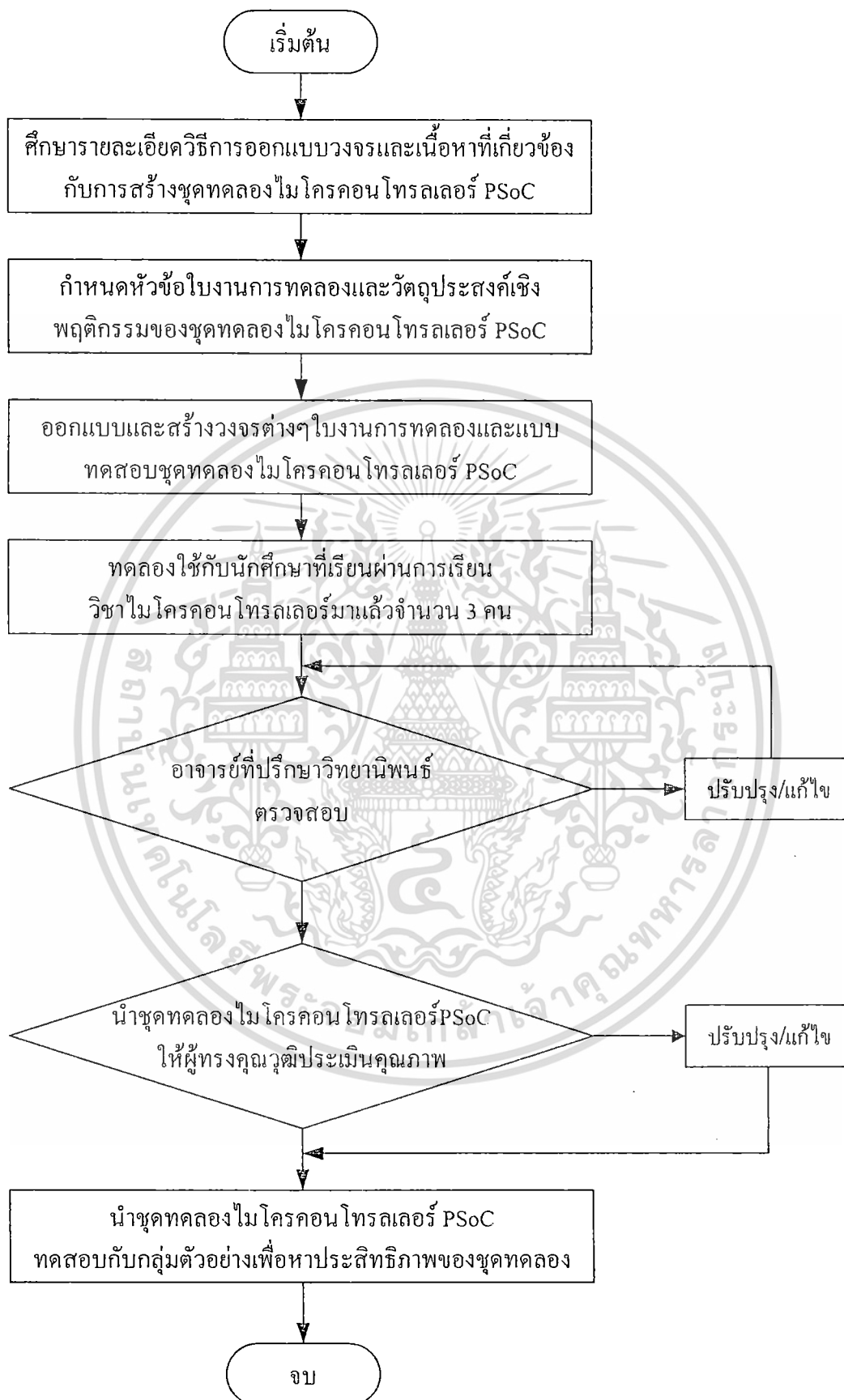
ด้านใบงานมีระดับคุณภาพ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.62 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 จาก
การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ
จากขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสรุป
ขั้นตอนได้ดังนี้รูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc CY8C2744

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

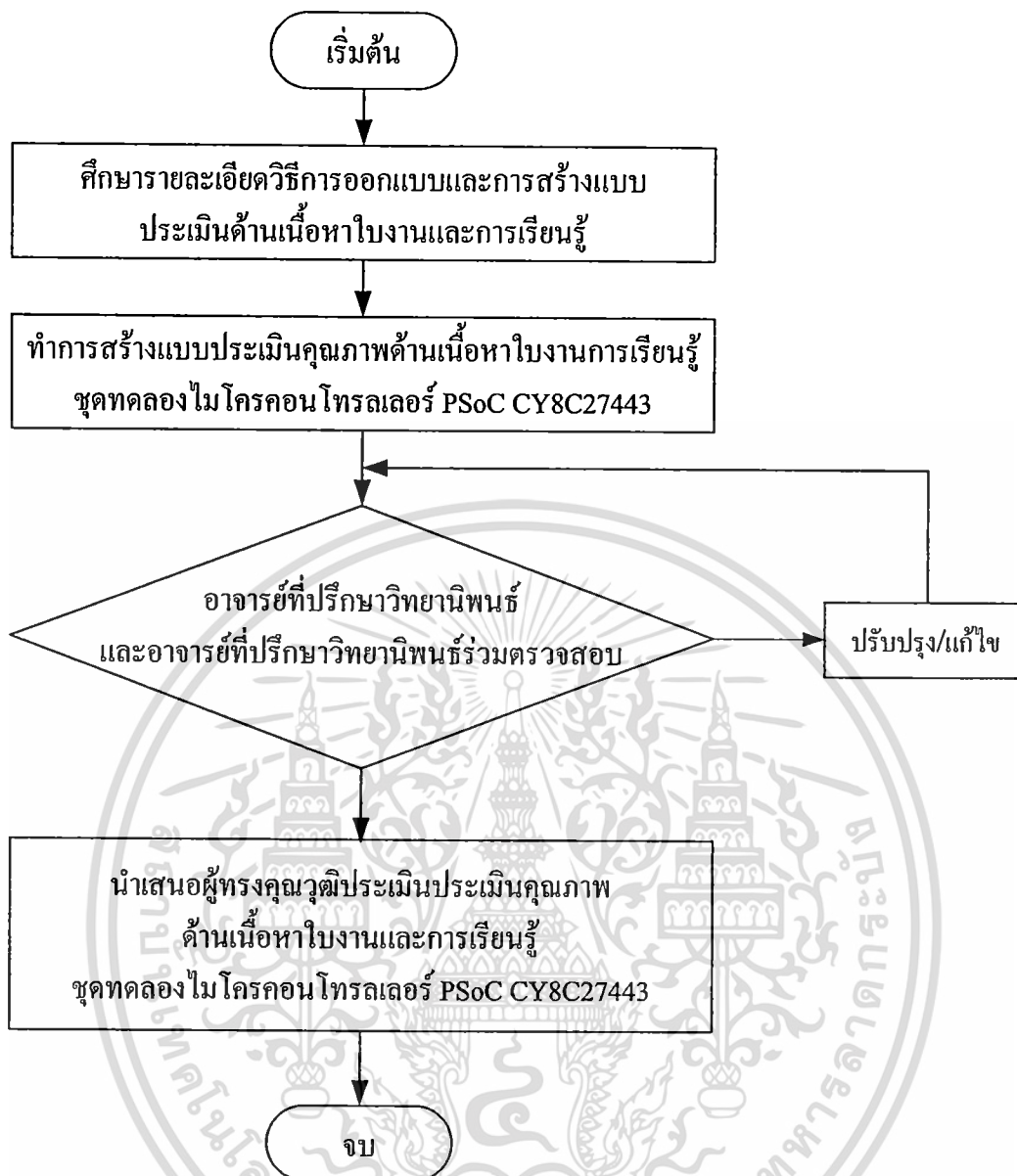
3.2.2 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

แบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่ใช้ในการวิจัยที่สร้างขึ้นได้ แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC กับ ใบงานการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดวิธีการออกแบบและสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443
2. ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443
3. นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อทำการตรวจทานแก้ไข
4. นำแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่ผ่านการตรวจสอบแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำไปใช้ในการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านการศึกษา จำนวน 5 ท่าน ได้แก่

1. รศ. อาจินต์ น่วมสำราญ รองศาสตราจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ. ปิยะ สุภวาราสวัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี อาจารย์ประจำ สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. อ.สมบูรณ์ เนียมกล้า นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล
สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา
5. อ.สำเร็จ เต็มราม นักพัฒนาทรัพยากรบุคคล
สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา

จากขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 สรุปได้ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลำดับขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงาน
2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละใบงาน
3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่อง และปรับปรุงแก้ไข
4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละใบงาน โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน +1 แบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 แบบทดสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

คะแนน -1 แบบทดสอบที่ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

บันทึกผลการพิจารณาแต่ละรายการของแบบทดสอบที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ทำการประเมินในแต่ละข้อเพื่อไปหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ผลที่ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกข้อมีค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแสดงว่าแบบทดสอบทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้สามารถนำไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยได้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ที่เคยลงทะเบียนเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์มาแล้ว จำนวน 20 คน เพื่อนำผลที่ได้มาหาค่าความง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

6. ทำการวิเคราะห์หาความง่าย (P_E) อำนาจจำแนก (D) ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ใช้วิธีการแบ่งนักศึกษาที่ทำข้อสอบ 25% ของผู้เข้าสอบ โดยในการทดลองนี้มีนักศึกษาทำข้อสอบ 20 คน ดังนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเก่ง 5 คน และกลุ่มอ่อน 5 คนนำค่าคะแนนที่นักศึกษาทำได้มาวิเคราะห์หาค่า

ผลที่ได้ค่าความยากง่ายของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละข้อมีระดับค่าความง่ายต่ำสุด 0.40 ค่าสูงสุด 0.75 สามารถนำไปสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

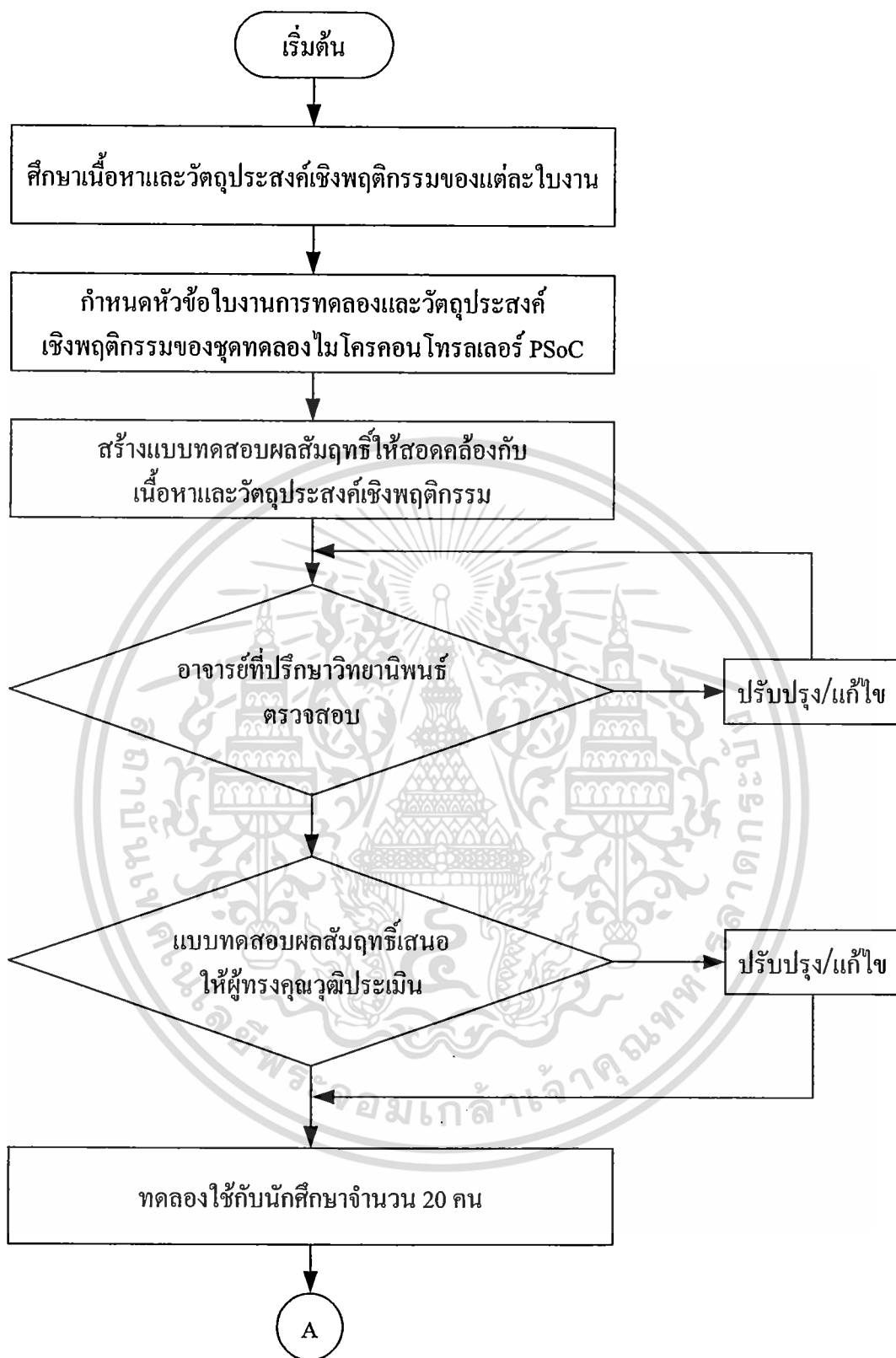
ผลการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละข้อมีค่าดัชนีค่าอำนาจจำ ค่าต่ำสุด 0.40 ค่าสูงสุด 0.70 ทุกข้อสามารถนำไปสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค)

7. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้รูปแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) วิธีของครอนบัท (Cronbach Alpha Procedure) โดยพัฒนามาจากสูตร KR.20 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าจะได้หาค่าความเชื่อมั่นกับเครื่องมือที่ไม่ได้ตรวจให้คะแนนเป็น 1 กับ 0 จะตรวจให้คะแนนลักษณะใดก็ได้ เช่น ถ้าทำถูกได้คะแนนเป็น 10,8 หรือในลักษณะแบบสอบถามที่ให้คะแนนแต่ละข้อเป็น 3,2,1 หรือ 5,4,3,2,1 ก็ได้และค่าความเชื่อมั่นจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 และพิจารณาค่าที่เป็นบวกเท่านั้น ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้

ผลที่ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.72 แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นได้สามารถนำไปสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค)

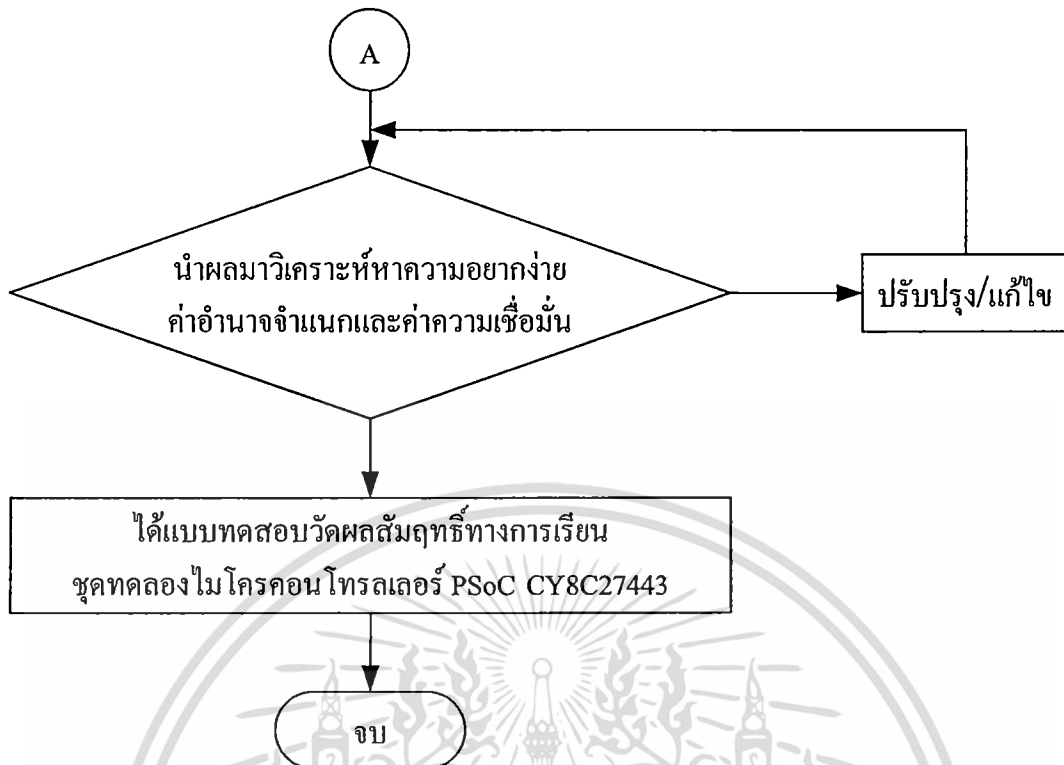
8. เมื่อได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความเชื่อมั่นแล้วนำไปใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนำไปใช้ในการวิจัย

จากขั้นตอนการสร้างการสร้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 สรุปลงได้ตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ต่อ) แผนผังขั้นตอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

3.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทำเป็นขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. นำชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทำการตรวจสอบเครื่องมือที่จะนำไปใช้
2. กำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ใช้วิธีการเลือกแบบแบ่งผลการเรียนเป็น 3 ระดับ ที่มีผลการเรียนในระดับดี 7 คน เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 3.00 - 4.00 ระดับปานกลาง 6 คน เกรดเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.50- 2.99 ระดับพอใช้ 7 คน เกรดเฉลี่ย เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.00- 2.49 ถ้าจำนวนกลุ่มระดับผลการเรียนกลุ่มใดมากกว่าที่ต้องการใช้วิธีการจับสลาก รวมใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน
3. ยื่นคำร้องต่องานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง
4. ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัยจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมไปติดต่อกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความอนุเคราะห์ และนัดหมายในการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อธิบายขอบข่ายเนื้อหาวัตถุประสงค์และคำชี้แจงในการปฏิบัติใบงานและการประเมินให้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

6. ทำการสอนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลองตามใบงานครั้งละ 1 ใบงานพร้อมสาธิตการใช้ชุดทดลองและให้นักศึกษาทำการทดลองตามใบงานจนครบ 13 ใบงาน

7. เก็บข้อมูลการวิจัยโดยกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนครั้งละ 1 ใบงาน และทำการวัดทักษะในการปฏิบัติงาน โดยแบบวัดความสามารถทางปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนเมื่อทดสอบกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองจนครบ ตามใบงานเสร็จจึงให้ทำแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียนทดลองจนครบ 13 ใบงาน

8. เมื่อทดลองใบงานระหว่างเรียนเสร็จแล้ว ให้นักศึกษาทำการทดลองปฏิบัติ ใบงานรวม และทำการวัดประสิทธิภาพโดยการปฏิบัติใบงานรวม และทดสอบโดยใช้แบบทดสอบใบงานรวม

9. นำผลคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติใบงานและใบงานรวมมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PS0C CY8C27443 ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต(รวิวรรณ ชินะตระกูล.2542:146)

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

โดยมีสูตรดังนี้

| | | | |
|-------|-----------|---------|-----------------------|
| เมื่อ | \bar{X} | หมายถึง | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต |
| | $\sum X$ | หมายถึง | ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด |
| | N | หมายถึง | จำนวนข้อมูลทั้งหมด |

2. การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล.2542:179)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|-------|-----------|---------|--------------------------|
| เมื่อ | S.D. | หมายถึง | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| | N | หมายถึง | จำนวนข้อมูล |
| | \bar{X} | หมายถึง | ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด |
| | $\sum X$ | หมายถึง | ผลรวมของคะแนน |

การกำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

4.50-5.00 มีคุณภาพ อยู่ในระดับดีมาก

3.50-4.49 มีคุณภาพ อยู่ในระดับดี

2.50-3.49 มีคุณภาพ อยู่ในระดับกลาง

1.50-2.49 มีคุณภาพ อยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.49 มีคุณภาพ อยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์ที่กำหนดของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่ใช้ได้ ต้องมีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี คือต้องมีคะแนนอยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป

3. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและใบงานการทดลองกับการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนโดยใช้สูตรหาค่า IOC (พวงรัตน์ มณีรัตน์. 2540: 117)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ $\sum R$ หมายถึง คะแนนรวมในแต่ละรายการจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน
 N หมายถึง จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่าดัชนี IOC มีความหมายดังนี้

IOC \leq 0.5 หมายถึง มีความสอดคล้อง

IOC $>$ 0.5 หมายถึง ไม่มีความสอดคล้อง

ค่าความสอดคล้องที่ได้จากการตรวจแบบสอบถามทดสอบผลสัมฤทธิ์ของผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละรายการต้องมากกว่า 0.5

4. การหาความง่าย (P_E) หาได้จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2543)

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|-------|-----------|--|
| เมื่อ | P_E | คือ ดัชนีค่าความง่าย |
| | S_U | คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง |
| | S_L | คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน |
| | N | คือ จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน |
| | X_{max} | คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด |
| | X_{min} | คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด |

5. ค่าอำนาจจำแนก (D) แบบทดสอบอัตนัยคำนวณดัชนีค่าอำนาจจำแนกหาจากสูตร
(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2543)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

| | | |
|-------|-----------|--|
| เมื่อ | D | คือ ค่าอำนาจจำแนก |
| | S_U | คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง |
| | S_L | คือ ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน |
| | N | คือ จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน |
| | X_{max} | คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด |
| | X_{min} | คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด |

6. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากสูตร
(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2543)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

| | | |
|-------|--------------|--|
| เมื่อ | α | คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น |
| | k | คือ จำนวนข้อสอบ |
| | σ_i^2 | คือ คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อหาได้จากสูตร |

$$\frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\sum X_i$ คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนในข้อที่ i
 $\sum X_i^2$ คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง ในข้อที่ i
 N คือ จำนวนคนเข้าสอบ
 σ^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของทั้งฉบับคำนวณจากสูตร

$$\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

โดยที่ $\sum X^2$ คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ
 $(\sum X)^2$ คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

7. การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติดังนี้

ค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_1/E_2 (ชัชยงค์ พรหมวงศ์.2521:136)

$$E_1 = \frac{\sum X / N}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum Y / N}{B} \times 100$$

เมื่อ

E_1 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน
 E_2 หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการปฏิบัติใบงานรวม
 $\sum X$ หมายถึง คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนของนักศึกษา
 $\sum Y$ หมายถึง คะแนนรวมของการปฏิบัติใบงานรวมของนักศึกษา
 A หมายถึง คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานระหว่างเรียน
 B หมายถึง คะแนนเต็มของการปฏิบัติใบงานรวม
 N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อ พัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY827443 ที่ใช้ประกอบการเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3105-2014 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์แผนกอิเล็กทรอนิกส์ของวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูงสาขาอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปแผนกอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 เสนอผลการวิเคราะห์

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลอง

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพของบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพใบงาน

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพชุดทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการวิเคราะห์คุณภาพบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC และการวิเคราะห์คุณภาพใบงานซึ่งได้จากการประเมินที่ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพของบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

การประเมินคุณภาพของบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของบอร์ดทดลอง
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

| ข้อที่ | รายการประเมิน | \bar{X} | S.D. | ระดับคุณภาพ |
|--------|--|-----------|------|-------------|
| 1 | เหมาะสมกับระดับผู้เรียน | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 2 | สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 3 | มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์ | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4 | อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 5 | อุปกรณ์การสอนทำให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 6 | นักเรียนมีส่วนในการใช้อุปกรณ์ | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 7 | ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8 | มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 9 | มีความสะดวกในการดำเนินการสอน | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10 | ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 11 | รูปร่าง ขนาดมีความเหมาะสม | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 12 | มีวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 13 | ความสะดวกในการบำรุงรักษา | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 14 | มีความคงทนแข็งแรง | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 15 | ต้นทุนการผลิตกับประโยชน์ที่ได้รับ | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| | ค่าเฉลี่ยรวม | 4.78 | 0.30 | ดีมาก |

จากตารางที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ผลการประเมินความคิดเห็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ตามระดับการประเมินได้ดังนี้

หัวข้อการประเมินที่ได้ระดับคุณภาพดีมากมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.60-5.00 ได้แก่หัวข้อการประเมิน (1) เหมาะสมกับระดับผู้เรียน (2) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน ผู้เรียน (3) มีความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์ (4) อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ (7) ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ (9) มีความสะดวกในการดำเนินการสอน (10) ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง (11) รูปร่าง ขนาดมีความเหมาะสม (12) มีวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน (13) ความสะดวกในการบำรุงรักษา (14) มีความคงทนแข็งแรง (15) ต้นทุนการผลิตกับประโยชน์ที่ได้รับ หัวข้อการประเมินที่ได้ระดับคุณภาพดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ได้แก่หัวข้อการประเมิน (5) อุปกรณ์การสอนทำให้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้ (6) นักเรียนมีส่วนในการใช้อุปกรณ์ (8) มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลได้ว่าจากการประเมิน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ผลที่ได้บอร์คทดลอง ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพใบงาน

การประเมินคุณภาพของใบงาน ทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมิน ซึ่งผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงาน

| ข้อที่ | รายการประเมิน | \bar{X} | S.D. | ระดับคุณภาพ |
|--------------|---|-----------|------|-------------|
| 1 | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4.60 | 0.54 | ดีมาก |
| 2 | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4.66 | 0.58 | ดีมาก |
| 3 | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4.69 | 0.42 | ดีมาก |
| 4 | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4.60 | 0.56 | ดีมาก |
| 5 | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4.50 | 0.56 | ดีมาก |
| 6 | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4.54 | 0.55 | ดีมาก |
| 7 | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลอง | 4.67 | 0.53 | ดีมาก |
| 8 | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4.69 | 0.47 | ดีมาก |
| 9 | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4.63 | 0.62 | ดีมาก |
| 10 | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4.59 | 0.55 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.62 | 0.54 | ดีมาก |

จากตารางที่ 4.2 เป็นตารางแสดงการประเมินคุณภาพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน สามารถวิเคราะห์ผลการประเมินจากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อใบงานตามลำดับการประเมินได้ดังนี้

หัวข้อการประเมินที่ได้ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (3) ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง (8) คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย รองลงมาคือหัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (7)ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น รองลงมาคือหัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (4)ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ รองลงมาคือหัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (9)มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง รองลงมาคือหัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่

(1) ใบบางครอบครัวครอบครัว (4) ใบบางมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ รองลงมาคือ หัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (10) สามารถลดเวลาในการ สื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี รองลงมาคือหัวข้อการประเมินที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ได้แก่หัวข้อ การประเมินที่ (6) เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน หัวข้อการประเมินที่ได้ได้น้อยที่สุดมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ได้แก่หัวข้อการประเมินที่ (5) ใบบางมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน

สรุปผลได้ว่า จากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านมีความคิดเห็นว่าใบบางมี ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง

การทดลองใช้ชุดทดลองโดยใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้น ปีที่ 2 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีเป็นการทดลองกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อหา ประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ได้ผลดัง ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

| รายการ | จำนวน ผู้เรียน | คะแนน เต็ม | คะแนน เฉลี่ยที่ได้ | ร้อยละ | เกณฑ์ ร้อยละ |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|--------|-----------------|
| คะแนนการปฏิบัติใบบาง | 20 | 390 | 326.40 | 83.69 | 80 |
| คะแนนการปฏิบัติใบบางรวม | 20 | 100 | 82.55 | 82.55 | 80 |

จากตารางที่ 4.3 ผลที่ปรากฏคือ นักศึกษาที่ปฏิบัติใบบางระหว่างเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจาก การทำใบบางคิดเป็นร้อยละ 83.69 และคะแนนจากการทำใบบางรวมได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.55 ดังนั้นชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.69/ 82.55 ซึ่งสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ที่ใช้ประกอบการเรียนรายวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3105-2014 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ของวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ให้มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่พัฒนามีคุณภาพมีระดับดีขึ้นไป ($\bar{X} \geq 3.5$)
2. ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวนทั้งหมด 30 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขางานอิเล็กทรอนิกส์ คณะไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ใช้วิธีการเลือกแบบแบ่งผลการเรียนเป็น 3 ระดับ ที่มีผลการเรียนในระดับดี 7 คน เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 3.00 - 4.00 ระดับปานกลาง 6 คน เกรดเฉลี่ยเกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.50- 2.99 ระดับพอใช้ 7 คน เกรดเฉลี่ย เกรดเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.00- 2.49 ถ้าจำนวนกลุ่มระดับผลการเรียนกลุ่มใดมากกว่าที่ต้องการใช้วิธีการจับสลาก รวมใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดทดลองชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 แบบทดสอบและแบบประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ชุดทดลองชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ประกอบด้วย

1. บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
2. ใบบางการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

2. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443

ประกอบด้วย

1. แบบประเมินคุณภาพบอร์ดชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
2. แบบประเมินคุณภาพใบบางชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบระหว่างเรียน ซึ่งอยู่ที่ใบบาง นำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพบทเรียน E_1

2. แบบทดสอบหลังเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทดสอบหลังจากนักเรียนปฏิบัติครบทุกใบบางที่กลุ่มตัวอย่างได้ทำการทดลองใบบางไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง E_2 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนวิชา ไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 3105-2014 วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 20 คน โดยดำเนินการดังนี้

- 1) ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบเครื่องมือ
- 2) กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
- 3) ทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำการวิจัยจากคณะกรรมการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อติดต่อกับผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
- 4) อธิบายขอบข่ายเนื้อหาวัตถุประสงค์และคำชี้แจงในการปฏิบัติใบงานและการประเมินให้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
- 5) ทำการสอนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทดลองตามใบงานครั้งละ 1 ใบงาน พร้อมกับสาธิตการใช้งานชุดทดลองและให้นักศึกษาทำการทดลองตามใบงานจนครบ 13 ใบงาน
- 6) เก็บข้อมูลการวิจัยโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองปฏิบัติใบงานระหว่างเรียนครั้งละ 1 ใบงานและทำการเก็บคะแนนการปฏิบัติ เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองตามใบงานเสร็จจึงให้ทำแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียนจนครบ 13 ใบงาน
- 7) เมื่อทดลองครบทั้ง 13 ใบงาน จะให้นักศึกษาทำการทดลองปฏิบัติใบงานรวมและทดสอบโดยใช้แบบทดสอบใบงานรวม
- 8) นำคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติใบงานมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของชุดทดลองดังนี้

- 1) การวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc

การประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ได้ผลจากระดับคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc CY8C27443 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ยอยู่ในเท่ากับ 4.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่เท่ากับ 0.30 และมีการประเมินคุณภาพด้านใบงานพบว่าใบงานมี ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

- 2) การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ

การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ โดยดูจากค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6 - 1.0

- 3) การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพพบว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.79/82.55 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวเป็นไปผลการวิจัยตามสมมติที่ตั้งไว้สรุปผลได้ดังนี้

1) คุณภาพของบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC ที่สร้างขึ้นมามีข้อดีมากในเรื่องความเหมาะสมของผู้เรียนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนมีความสะดวกในการทำการเรียนการสอนมีความปลอดภัยในการทำการทดลองและมีต้นทุนต่ำอยู่ในเกณฑ์ดีมากแต่ควรพัฒนาในเรื่องความสะดวกในการเชื่อมต่อวงจร และความแข็งแรงคงทน อยู่ในเกณฑ์ดี สรุปโดยรวมได้ว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ย 4.62 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54

2) คุณภาพของใบงานโดยผู้ทรงคุณวุฒิ มีความคิดเห็นว่าใบงานที่สร้างขึ้นมีข้อดีมากในเรื่องเนื้อหาและความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนในการทดลอง ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์และมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ต้องมีการพัฒนาการสร้างแรงจูงใจในการเรียนสามารถสรุปได้ว่าใบงานที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีได้ค่าเฉลี่ยอยู่ 4.62 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54

3.) การหาประสิทธิภาพชุดทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 20 คนผลการวิจัยซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลปรากฏว่าชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 มีประสิทธิภาพที่สร้างขึ้น 83.69/ 82.55 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีประสิทธิภาพกระบวนการวัดผลจากการปฏิบัติ ใบงานจำนวน 13 ใบงาน ได้เท่ากับ 83.69 และมีประสิทธิภาพของกระบวนการวัดผลจากการปฏิบัติใบงานรวมได้เท่ากับ 82.55

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ในวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัส 3105-2014 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานีผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

ผลการประเมินคุณภาพของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 ด้านบอร์ดชุดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 ด้านใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 ที่เป็นเช่นนี้อันเป็นการพัฒนาเนื่องมาจากการชุดทดลองที่จัดสร้างอย่างเป็นระบบตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะและไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับความยินยอมจากเจ้าของลิขสิทธิ์ การสร้างไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานมีการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจน การจัดทำเนื้อหาใบงานเหมาะสมกับผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในขณะที่ทำการ ศึกษาทดลองและการกระตุ้นการเรียนรู้ และทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจ สอบและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยา นิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมอีกด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้สอดคล้องกับ งานวิจัยของ สุรพงษ์ ทำการวิจัย “การออกแบบวงจรและสร้างโมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F867 ” พบว่าคุณภาพทางด้านการศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.60 มีคุณภาพทางด้านวิศวกรรมในเกณฑ์ดีมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.58 และสอดคล้องกับงาน วิจัยของ วีรศักดิ์ จันทร์ละมุนมา ทำการวิจัย “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองสายอากาศแบบ YAGI หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง พ.ศ.2546” ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพชุดทดลองอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.95$, S.D.=0.10) คุณภาพใบความรู้อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.56$, S.D.=0.58) คุณภาพใบงานการทดลองอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.46$, S.D.=0.58) คุณภาพแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.26$, S.D.=0.32)

ผลการวิจัยหาประสิทธิภาพ ของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 มี ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 83.69/82.55 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากชุดทดลองที่จัดสร้างอย่างเป็นระบบ ใบงานมีความเหมาะสมกับผู้เรียนทางด้านเนื้อหาและก่อให้เกิดแรงจูงใจในการทดลองมีคำอธิบายลำดับขั้นการทดลอง อีกทั้งชุดทดลองยังผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิตามแนวทางการประเมินสื่อ จากการประเมินด้านบอร์ดทดลองมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 ด้านใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัชชัย การทำการวิจัย “การพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51” พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้น ประสิทธิภาพ 80.89/81.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิพัฒน์ ทำการวิจัยเรื่อง “การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจร ไอซี 555” พบว่าชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีคุณภาพด้านใบงานในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.20 มีคุณภาพด้านเครื่อง มืออุปกรณ์อยู่ในเกณฑ์ดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 และมีประสิทธิภาพ 80.89/81.45 และสอดคล้องรัตนา ชื่นชม ทำการวิจัยเรื่อง “การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่อง วงจรฟลิป-ฟลอป” ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่อง วงจรฟลิปฟลอปมีประสิทธิภาพ 89.44/85.28 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ มาตรฐานที่กำหนด 80/80

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนก่อนให้นักศึกษาปฏิบัติใบงานควรมีการอธิบายวงจรต่างๆ ภายในบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC และการใช้งานโปรแกรม PSoC Designer V4.2
2. ในการปฏิบัติการทดลองตามใบงานเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดีควรจัดชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้เรียน 1 คนต่อ 1 ชุดทดลอง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวิจัยด้านความพึงพอใจในชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
2. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีใบงานการทดลองใช้งานโมดูลภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC



บรรณานุกรม

ชัยยงค์ พรหมวงศ์,นิคม ทาแดง,และสมเชาว์ เนตรประเสริฐ. เทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา.

กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2526.

นคร ภักดีชาติ. ทดลองและใช้งาน PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์ กรุงเทพฯ : บริษัทอินโนเวตีฟ

เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

ภัทรา นิคมานนท์. 2539. การวัดและการประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ. กรุงเทพฯ:

อักษรบัณฑิต.

รวีวรรณ ชินนะตระกูล.2542 การทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ที.พี.พรีนท์

จำกัด.

รัตนา ชื่นชม. “ประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการ UniTr@in-I เรื่อง วงจรฟิลิป-ฟลอป.”

วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง.2549.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร :

สุวีริยาสาส์น, 2538.

วัชรินทร์ เคารพ. 2548 เรียนรู้และเข้าใจ PSoC Microcontroller. กรุงเทพมหานคร : บริษัท อีทีที

จำกัด.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543. สื่อการเรียนการสอน Instructional Media 200231.พิมพ์ครั้งที่ 1

กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง.

วีรศักดิ์ จันทร์ละมุนมา. 2549 “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองสายอากาศแบบ YAGI

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2546” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาบัณฑิต,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พิพัฒน์ สมใจ. 2552. “การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรไอซี555.” วารสาร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 2(2) : 68-75

สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี. 2546 “การออกแบบวงจรและสร้าง โมดูลบอร์ดชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรล

เลอร์ PIC 16F876” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต,สถาบันเทคโนโลยีพระจอม

เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุวัชชัย เลศสถาพรสุข. “การพัฒนาชุดทดลองการประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”

วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศสำนักบริหารวิชาการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

สำนักบริหารวิชาการ โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 11 สิงหาคม 2551 ให้ดำเนินการดังนี้

นายเทพินทร์ บัวอินทร์ รหัสประจำตัว 49063514 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนา ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 (PSoC CY8C27443 Microcontroller Laboratory Set Development)” โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น ภายในเวลาที่กำหนด

ประกาศ ณ วันที่ ๑๐ สิงหาคม พ.ศ. 2551

(รศ.ดร.วีวรรณ จินะตระกูล)

ผู้อำนวยการสำนักบริหารวิชาการ



วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
 เลขรับที่ ๒๒๗๙/๒
 วันที่ 9 ก.ค. 2553
 เวลา 14:๐๐

ที่ ศธ 0524.04/ 0605

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

2 มีนาคม 2553

ฝ่ายวิชาการ
 เลขรับ 10Δ๑
 วันที่ 2๑ ก.ค. 2553
 เวลา 10.๐๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
 เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443” โดยมี
 รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 11 สิงหาคม 2551
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายเทพินทร์ บัวอินทร์
 ทดลองใช้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443 กับนักศึกษาระดับ ปวส. ชั้นปีที่ 2 แผนก
 วิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาของท่านได้

ขอ.วทป จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้
 โปรดทราบนี้ด้วย
 โปรดมอบ
 บริหารทรัพยากร ฝ่ายแผนงานและความร่วมมือ ขอดแสดงความนับถือ
 พัฒนากิจกรรณักเรียนนักศึกษา ฝ่ายวิชาการ
 โปรดมอบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรูญเสกข์ ตริเมธสุนทร)
 รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
 ปฏิบัติการแทนคณบดี

นางพิมพ์วรรณ กตวไชย
 Bonnyorn
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ติดต่อนักศึกษา โทร.089-726-6352

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้รองผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคปทุม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งให้ทราบทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.๑๖๖๖
 1.๑๖๖๖ รศ.1๐๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓
 (นายเสนาห์ วิริยะเจริญธรรม)

๑๖๖๖/๒๕๕๓
 ๑๖๖๖/๒๕๕๓



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0507

วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.อาจินต์ น่วมสำราญ

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC CY8C27443” โดยมี รศ.พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายเทพินทร์ บัวอินทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบรรณัติความสามารถทางปฏิบัติแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0507

วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ปิยะ สุภวาราสวัสดิ์

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc CY8C27443” โดยมี รศ.พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายเทพินทร์ บัวอินทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบวัดความสามารถทางปฏิบัติแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 0507

วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc CY8C27443” โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายเทพินทร์ บัวอินทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบวัดความสามารถทางปฏิบัติ แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองและแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0507



คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล้า

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบวัดความสามารถทางปฏิบัติเพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อการวิจัย
3. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc CY8C27443” โดยมี
รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯนี้ว่ามีความ
ถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ
นายเทพินทร์ บัวอินทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0507



คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

18 กุมภาพันธ์ 2553

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯ เพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สำเร็จ เต็มราม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
1. แบบวัดความสามารถทางปฏิบัติเพื่อการวิจัย
 2. แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองเพื่อการวิจัย
 3. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วย นายเทพินทร์ บัวอินทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSOC CY8C27443” โดยมี รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพชุดทดลองฯนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายเทพินทร์ บัวอินทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสเสกข์ ตรีเมธสุนทร)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป

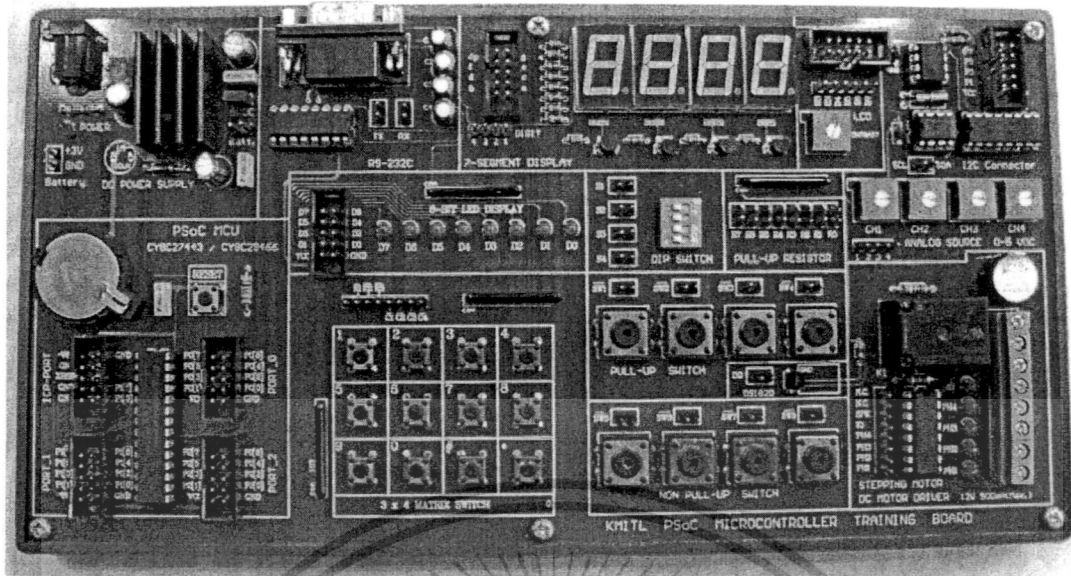
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

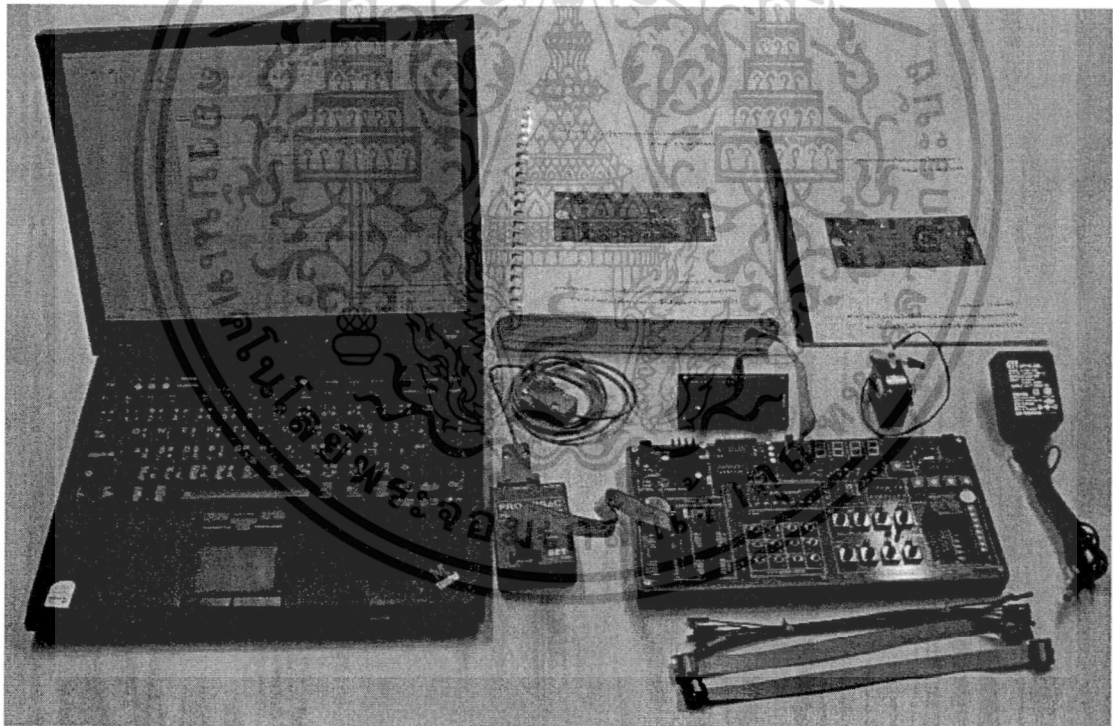
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

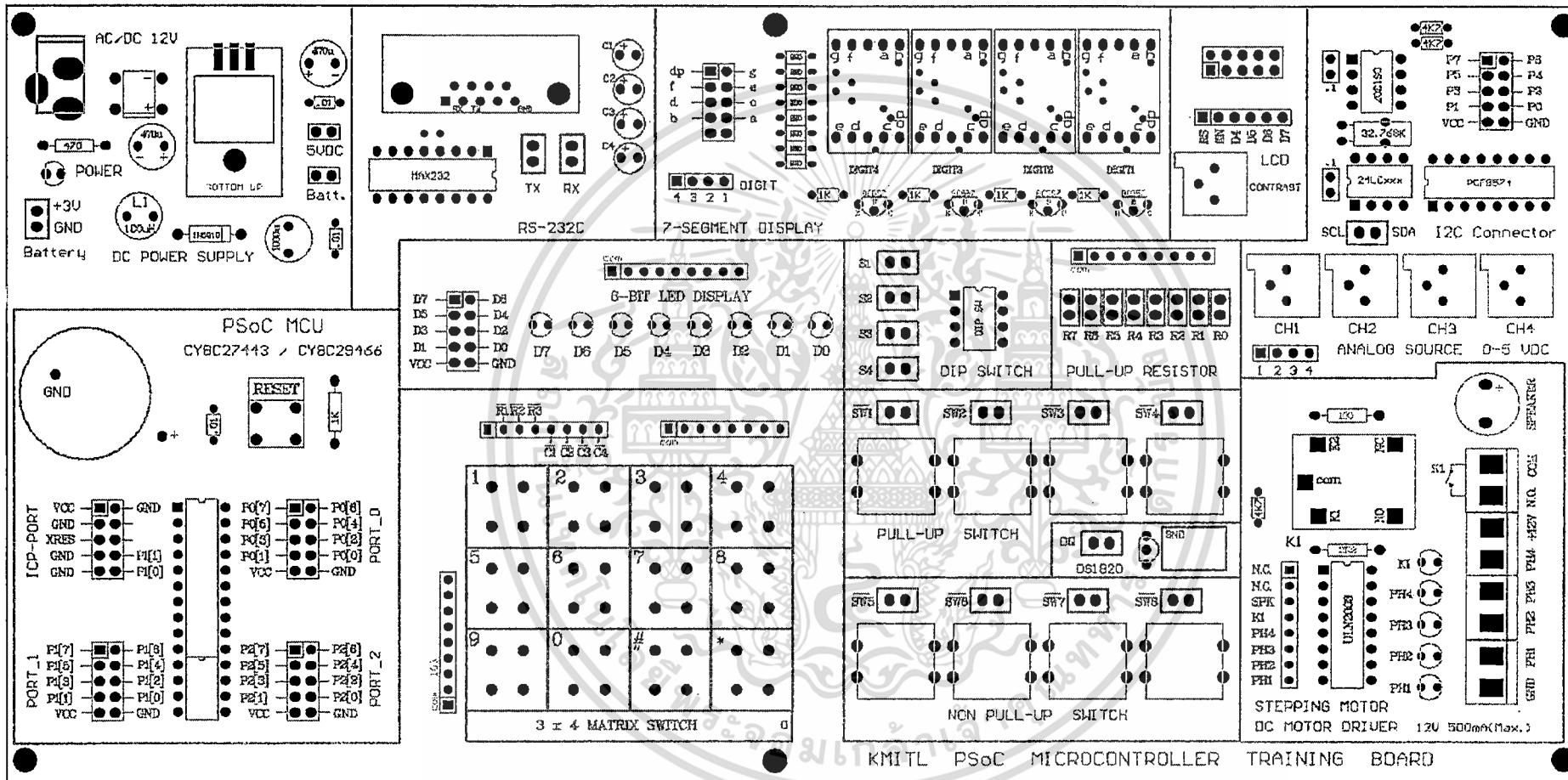


ภาพที่ ข.1 บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

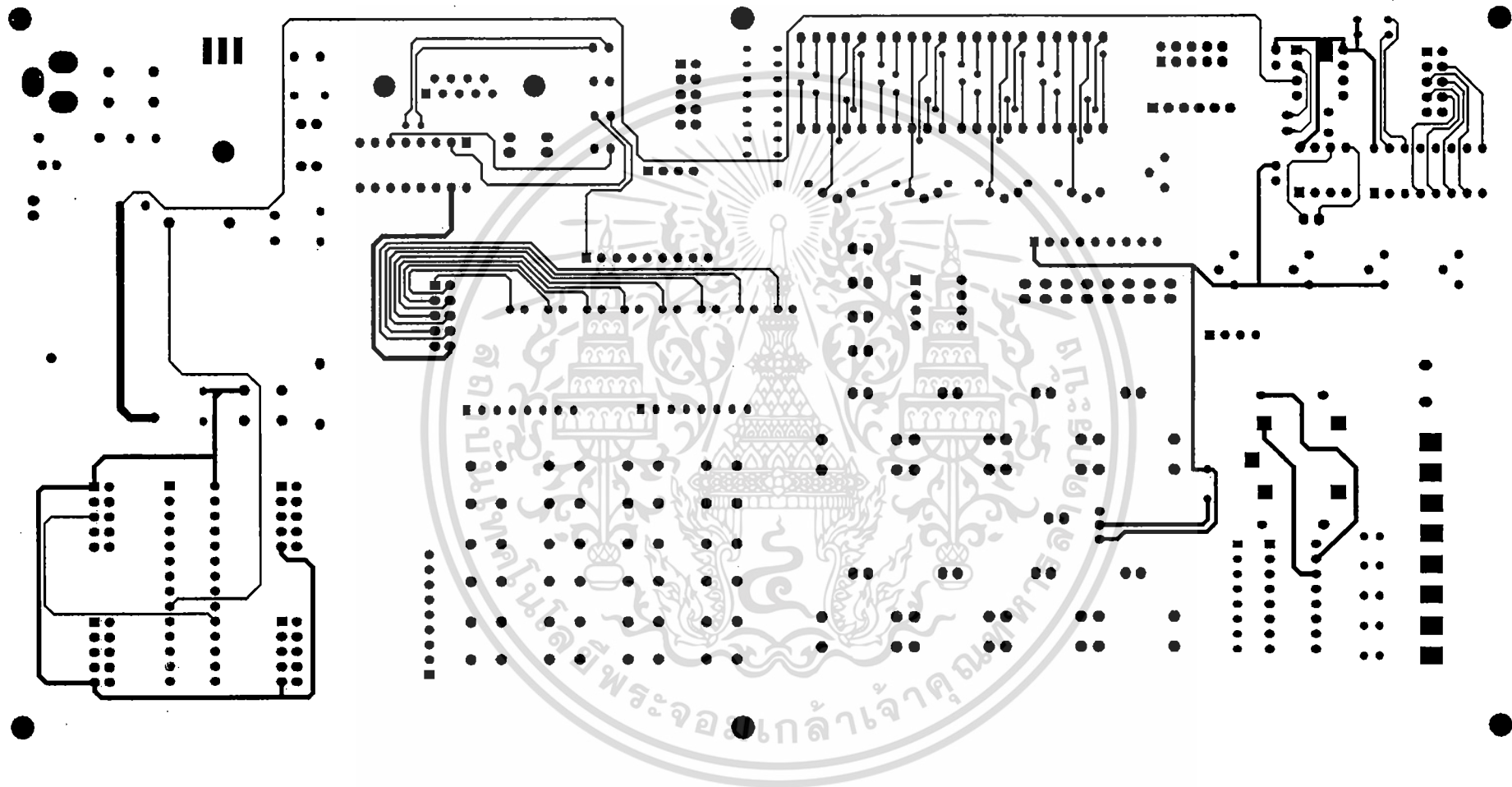


ภาพที่ ข.2 ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

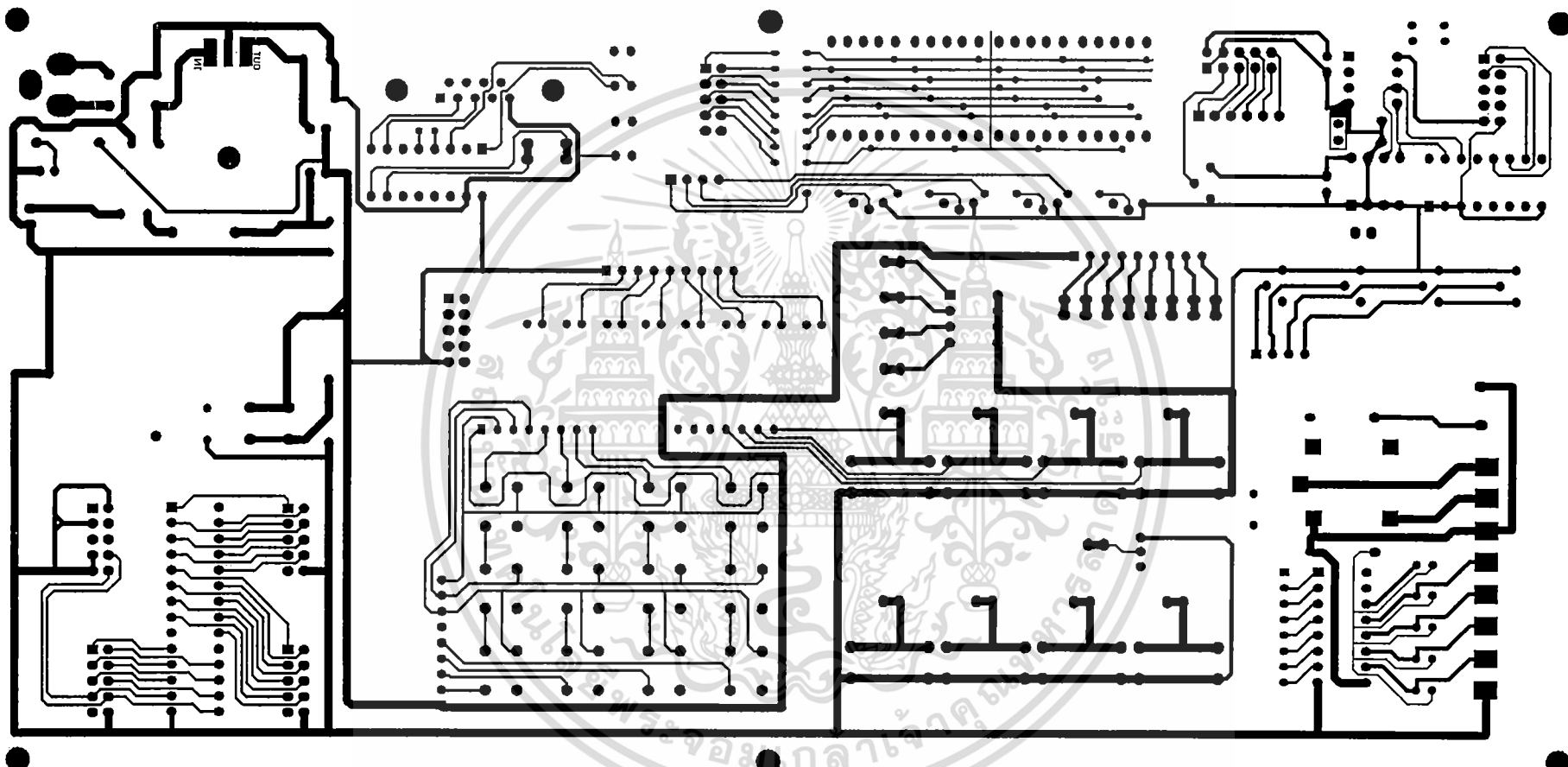
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



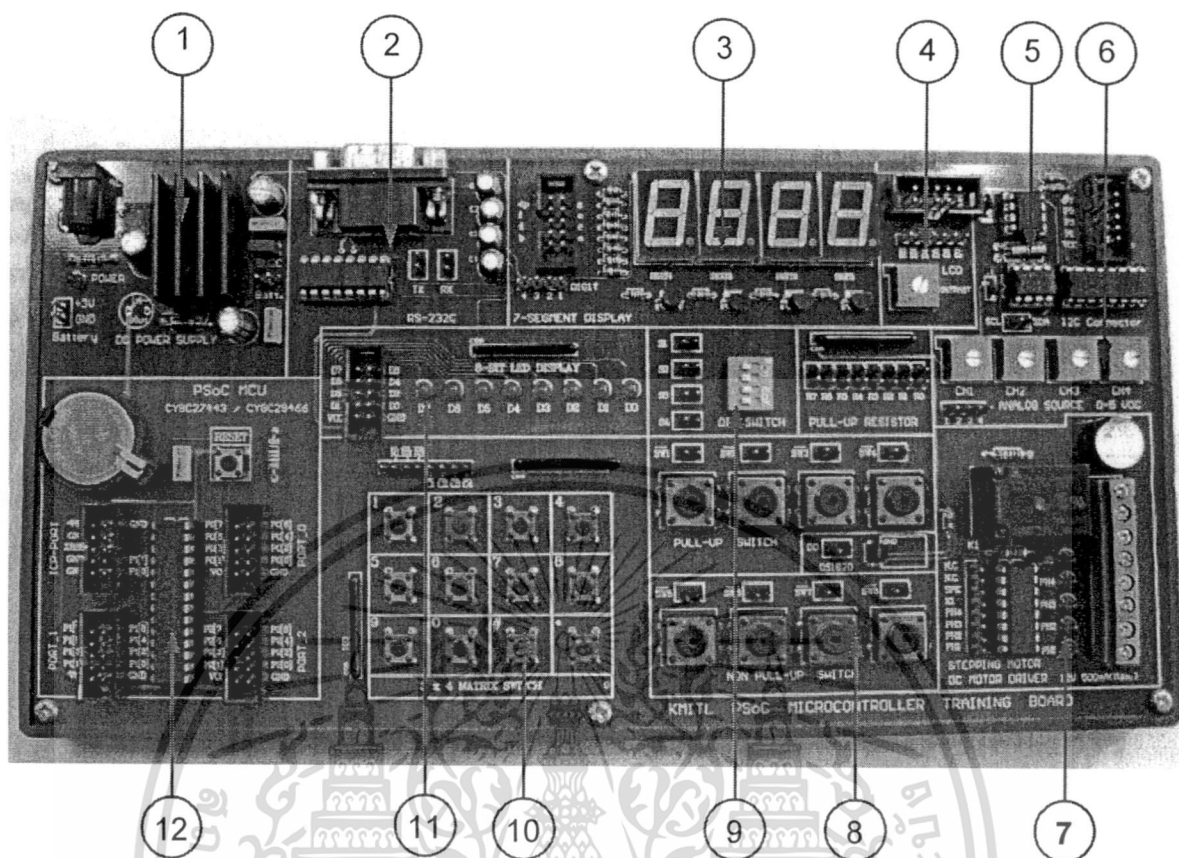
ภาพที่ ข.3 ตำแหน่งอุปกรณ์บนบอร์ด



ภาพที่ ข.4 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนบอร์ด



ภาพที่ ข.5 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างบอร์ด



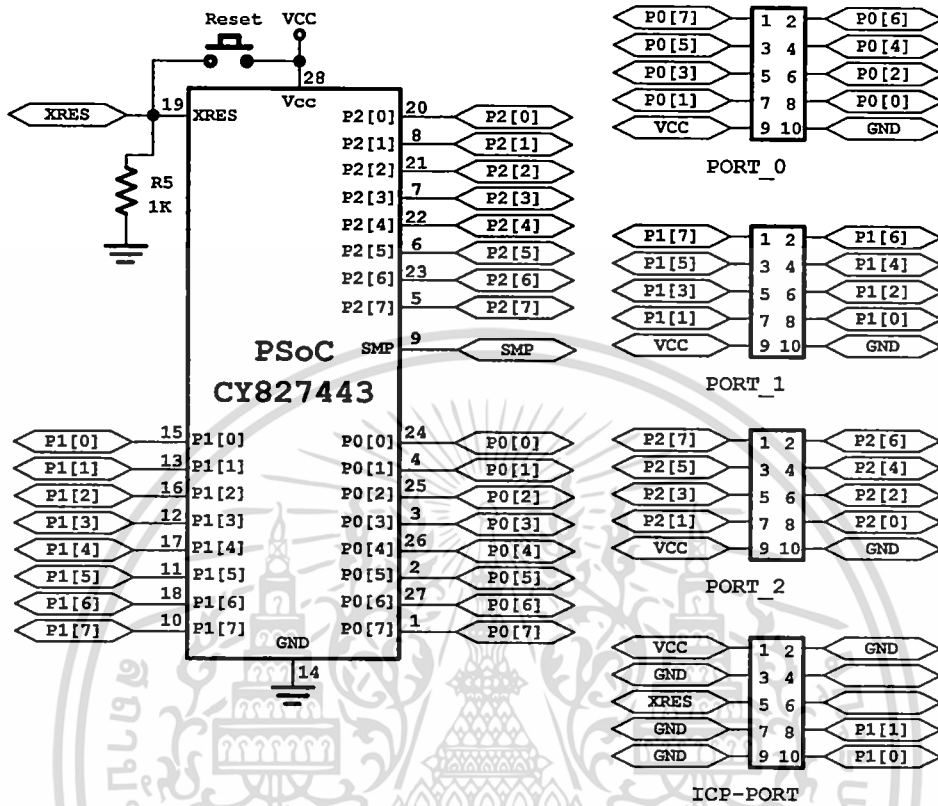
ภาพที่ ข.6 รายละเอียดส่วนประกอบชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

รายละเอียดส่วนประกอบชุดทดลอง

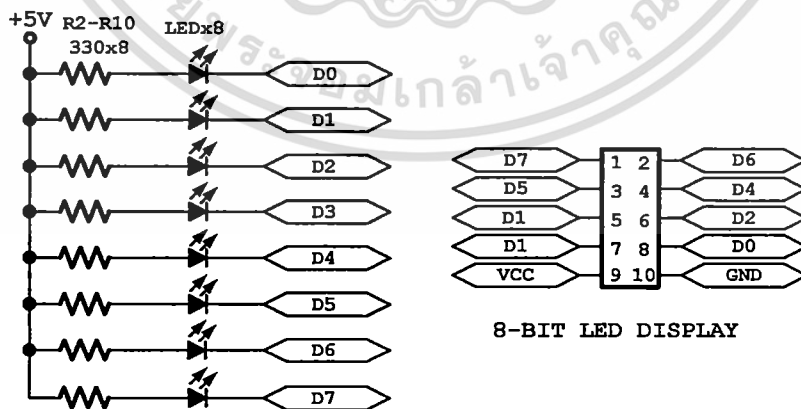
1. วงจรภาคจ่ายไฟ
2. วงจรภาคติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
3. วงจรส่วนแสดงผล 7 Segment 4 หลัก
4. วงจรภาคส่วนแสดงผล LCD
5. วงจรภาคติดต่อสื่อสารผ่าน I²C IC DS1307
6. วงจรภาค แหล่งจ่าย 0-5V สำหรับ ADC
7. วงจรภาควงจรขับ ULN 2003
8. วงจรภาคสวิตช์อินพุต 8 ช่อง
9. วงจรภาคคิพสวิตช์
10. วงจรภาคคีย์เมตริกต์ 3x4
11. วงจรภาคLED display
12. วงจรภาควงจรหลักไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc

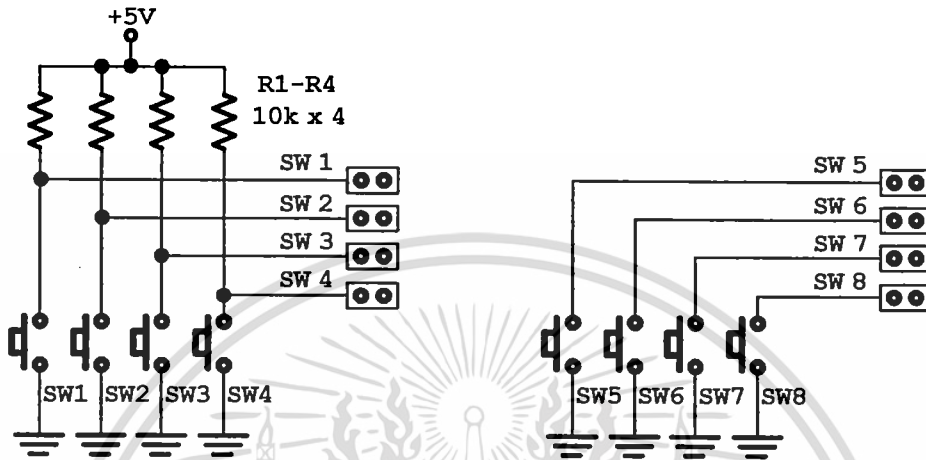


2. วงจรแสดงผลหลอด LED

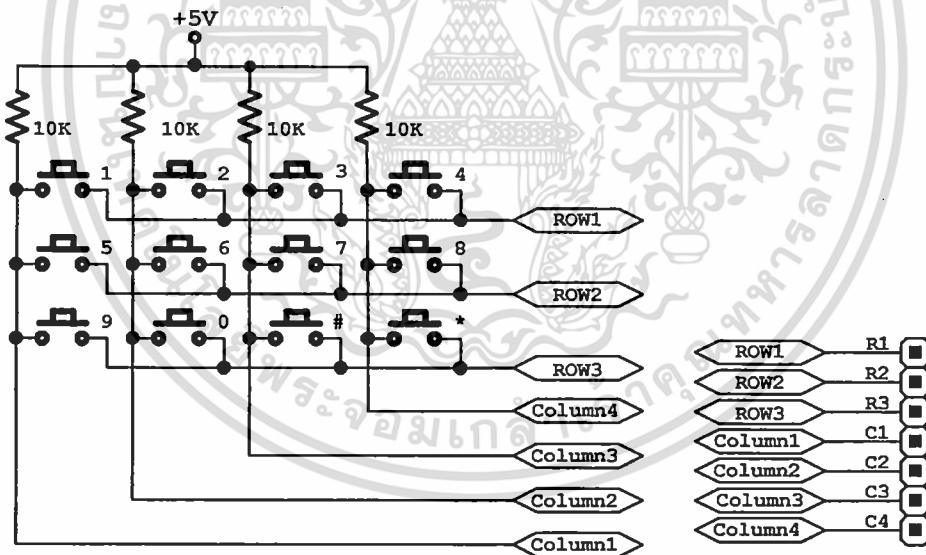


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

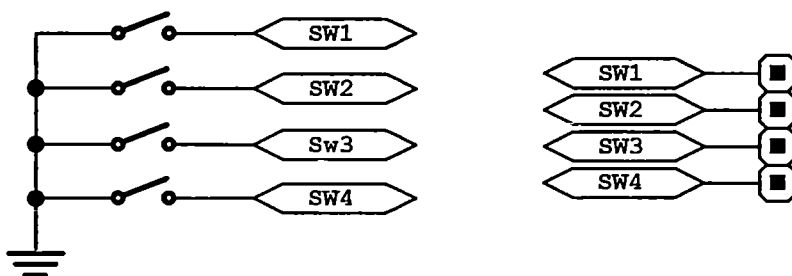
3. วงจรสวิตช์แบบกด 8 ช่อง



4. วงจรคีย์เมตริกซ์ 4x3

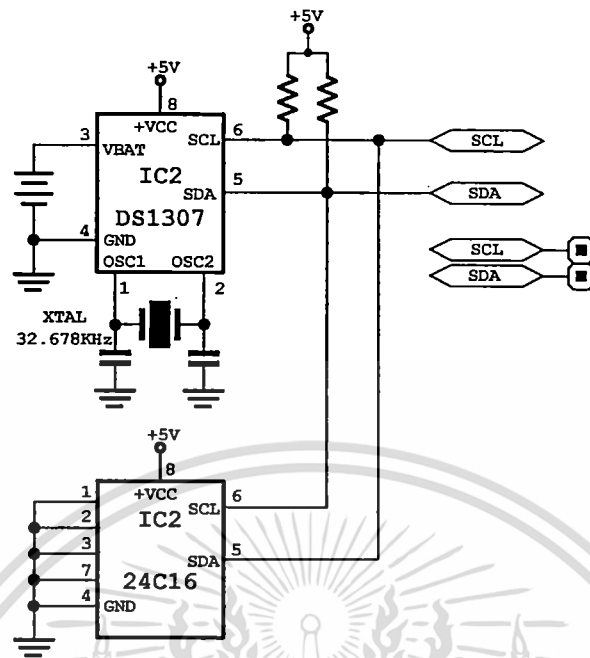


5. วงจรดิฟสวิตช์ 4 ช่อง

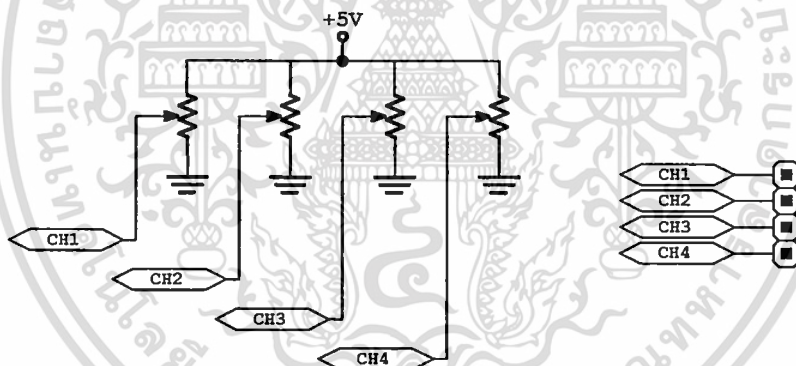


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

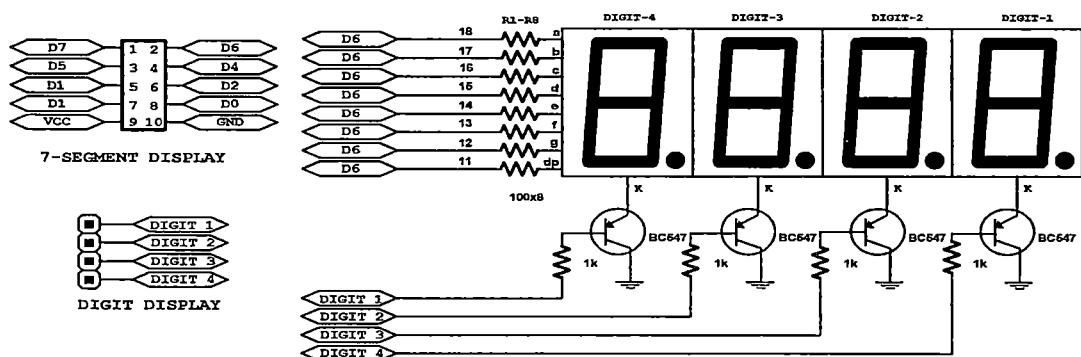
6. วงจรไอซีฐานเวลาจริง DS1307 และ 2416



7. วงจรแหล่งจ่ายไฟ 0-5V สำหรับ ADC

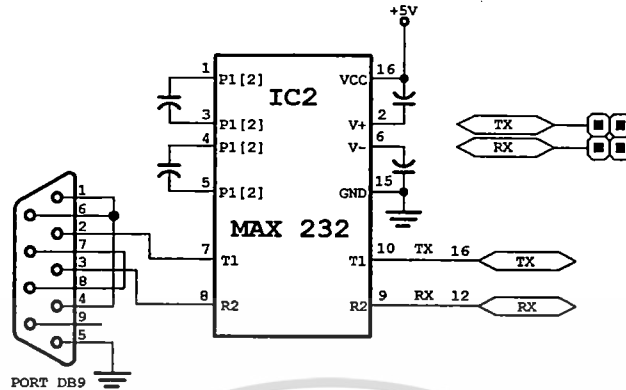


8. วงจรขับ 7-Segment 4 หลัก

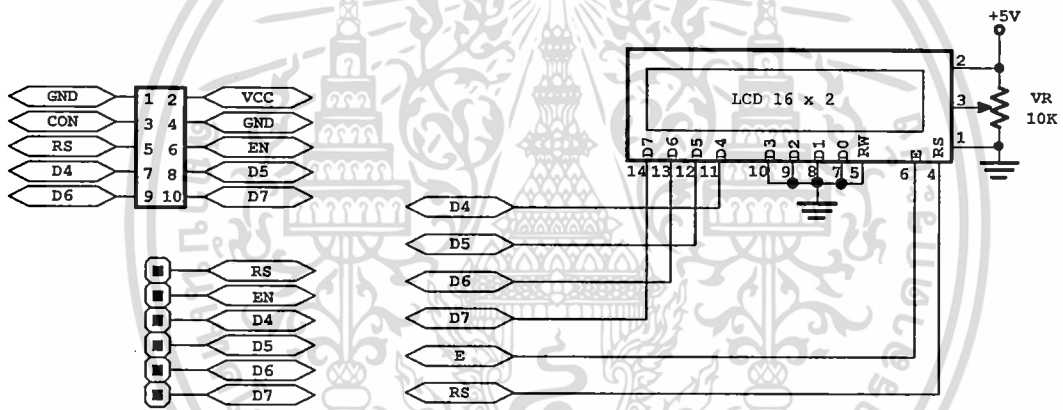


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. วงจรสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม



10. วงจรแสดงผล LCD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์คุณภาพและประสิทธิภาพชุดทดลอง

- ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC
- ผลการวิเคราะห์คุณภาพของใบงาน
- ผลการวิเคราะห์ค่า IOC ของแบบทดสอบ
- แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
- ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบอร์ดทดลอง

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | เหมาะสมกับระดับผู้เรียน | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 2. | สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 3. | มีความสะดวกในการต่ออุปกรณ์เพิ่มเติม | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. | อุปกรณ์การสอนทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 5. | อุปกรณ์การสอนให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้ | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 6. | นักศึกษามีส่วนร่วมในการใช้อุปกรณ์ | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 7. | ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | มีความสัมพันธ์การใช้งานร่วมกับใบงาน | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 9. | มีความสะดวกในการดำเนินการสอน | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10. | ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับคุณภาพ |
|---------------------|--|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 10. | ความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 11. | รูปร่าง ขนาดเหมาะสม | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 12. | มีวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 13. | มีความสะดวกในการบำรุงรักษา | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 14. | มีความคงทนแข็งแรง | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 15. | ต้นทุนการผลิตคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.67 | 5.00 | 4.53 | 4.90 | 4.87 | 4.78 | 0.30 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED DISPLAY

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.20 | 0.45 | ดี |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดี |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00 | 0.71 | ดี |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.10 | 4.80 | 4.70 | 4.90 | 5.40 | 4.48 | 0.49 | ดี |

ตารางที่ ค.3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ SWITCH

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.00 | 4.60 | 4.70 | 4.70 | 5.00 | 4.60 | 0.51 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.4 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ LED 7 Segment

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.40 | 0.89 | ดี |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.40 | 0.89 | ดี |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.00 | 0.71 | ดี |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.60 | 4.30 | 4.90 | 4.90 | 5.00 | 4.54 | 0.64 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ MATRIX SWITCH

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.20 | 0.45 | ดี |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.90 | 4.60 | 4.90 | 4.90 | 5.00 | 4.66 | 0.52 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.6 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 5 การอินเทอร์รัพต์ จากGPIO PSoC CY8C27443

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.20 | 0.84 | ดี |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4.20 | 0.84 | ดี |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00 | 0.71 | ดี |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.00 | 0.71 | ดี |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.60 | 4.40 | 4.60 | 5.00 | 4.80 | 4.48 | 0.59 | ดี |

ตารางที่ ค.7 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณ ภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|---------------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.20 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.74 | 0.40 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.8 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 7 การประยุกต์ใช้งาน Timer PSoC CY8C27443

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.00 | 0.00 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.40 | 4.70 | 4.80 | 5.00 | 5.00 | 4.78 | 0.38 | ดีมาก |

ตารางที่ ๑.๑ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 8 การใช้งานโมดูล PWM ควบคุม Servo Motor

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณ ภาพ |
|--------------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|---------------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4.20 | 0.45 | ดี |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.00 | 4.20 | 4.90 | 4.90 | 5.00 | 4.60 | 0.51 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.10 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 9 การใช้งาน โมดูล แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล(ADC)

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.40 | 0.55 | ดี |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.40 | 0.89 | ดี |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.40 | 0.89 | ดี |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.80 | 4.40 | 4.80 | 4.80 | 5.00 | 4.56 | 0.59 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.11 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 10 การใช้งาน โมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก(DAC)

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับคุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.20 | 0.84 | ดี |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.80 | 4.50 | 4.90 | 4.90 | 5.00 | 4.62 | 0.58 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.12 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1307

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.40 | 0.89 | ดี |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.70 | 4.40 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.62 | 0.63 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.13 การเชื่อมต่อ PSoC CY8C27443 กับ DS1820

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณ ภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|---------------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับชั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.89 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 3.90 | 4.40 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.66 | 0.55 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.14 การใช้งาน โมดูลสื่อสารสารอนุกรม

| ข้อที่ | รายการประเมิน | ผู้ทรงคุณวุฒิ | | | | | \bar{X} | S.D. | ระดับ คุณ ภาพ |
|--------------|---|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|---------------------|
| | | ท่านที่ 1 | ท่านที่ 2 | ท่านที่ 3 | ท่านที่ 4 | ท่านที่ 5 | | | |
| 1. | ใบงานครอบคลุมวัตถุประสงค์ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 2. | ใบงานมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 3. | ใบงานมีเนื้อหาถูกต้อง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 4. | ใบงานมีความเหมาะสมของระดับขั้นความรู้ | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 5. | ใบงานมีเนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 6. | เนื้อหาก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 7. | ความชัดเจนในการอธิบายลำดับขั้นการทดลองแต่ละขั้น | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 8. | คำอธิบายลำดับขั้นการทดลองเข้าใจง่าย | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4.80 | 0.45 | ดีมาก |
| 9. | มีความสะดวกในการบันทึกผลจากการทดลอง | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| 10. | สามารถลดเวลาในการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ดี | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4.60 | 0.55 | ดีมาก |
| ค่าเฉลี่ยรวม | | 4.00 | 4.20 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 4.64 | 0.52 | ดีมาก |

ตารางที่ ค.15 แสดงค่า IOC ของแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน

| ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| แบบทดสอบ | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 |
| ใบงานที่ 1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| ใบงานที่ 2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 3 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 4 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 6 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| ใบงานที่ 7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| ใบงานที่ 9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| ใบงานที่ 10 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| ใบงานที่ 11 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| ใบงานที่ 12 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| ใบงานที่ 13 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

ตารางที่ ค.16 แสดงค่า IOC ของแบบทดสอบใบงานงานรวม

| ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| แบบทดสอบ | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | ข้อที่ 7 | ข้อที่ 8 | ข้อที่ 9 | ข้อที่ 10 |
| ใบงานรวม | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.17 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 1

| ข้อสอบรวมข้อที่ 1 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 4 | 40 | 10 | 1 | 10 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 1 | 5 | 5 | 2 | 10 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | รวม | 5 | 45 | รวม | 5 | 20 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.65 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.50 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(45 - 20) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.65$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{45 - 20}{5 \times (10 - 0)} = 0.50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.18 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 2

| ข้อสอบรวมข้อที่ 2 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 3 | 30 | 10 | 0 | 0 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 1 | 5 | 5 | 3 | 15 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | รวม | 5 | 35 | รวม | 5 | 15 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.50 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.40 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(35 - 15) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.50$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{35 - 15}{5 \times (10 - 0)} = 0.40$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.19 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 3

| ข้อสอบรวมข้อที่ 3 | | | | | | |
|-------------------|--------|-------------|----------|--------------|------------|----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 3 | 30 | 10 | 1 | 10 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 2 | 10 | 5 | 2 | 10 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | | รวม | 5 | 40 | รวม | 5 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.60 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.40 | | | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(40 - 20) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.60$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{40 - 20}{5 \times (10 - 0)} = 0.40$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.19 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 3

| ข้อสอบรวมข้อที่ 3 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 3 | 30 | 10 | 1 | 10 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 2 | 10 | 5 | 2 | 10 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | รวม | 5 | 40 | รวม | 5 | 20 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.60 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.40 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(40 - 20) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.60$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{40 - 20}{5 \times (10 - 0)} = 0.40$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.20 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 4

| ข้อสอบรวมข้อที่ 4 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 3 | 30 | 10 | 0 | 0 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 2 | 10 | 5 | 3 | 15 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | รวม | 5 | 40 | รวม | 5 | 15 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.55 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.50 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(40 - 15) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.55$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{40 - 15}{5 \times (10 - 0)} = 0.50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.21 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 5

| ข้อสอบรวมข้อที่ 5 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 2 | 20 | 10 | 0 | 0 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 2 | 10 | 5 | 2 | 10 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | รวม | 5 | 30 | รวม | 5 | 10 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.40 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.40 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(30 - 10) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.40$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{30 - 10}{5 \times (10 - 0)} = 0.40$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.22 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 6

| ข้อสอบรวมข้อที่ 6 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 5 | 50 | 10 | 2 | 20 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 5 | 1 | 5 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| | รวม | 5 | 50 | รวม | 5 | 25 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.75 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.50 | | | ดีมาก/ใช้ได้ | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(50 - 25) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.75$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{50 - 25}{5 \times (10 - 0)} = 0.50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.23 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 7

| ข้อสอบรวมข้อที่ 7 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 4 | 40 | 10 | 2 | 20 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | รวม | 5 | 45 | รวม | 5 | 20 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.65 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.50 | | | ดีมาก/ใช้ได้ | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(45 - 20) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.65$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{45 - 20}{5 \times (10 - 0)} = 0.50$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.24 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 8

| ข้อสอบรวมข้อที่ 8 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 5 | 50 | 10 | 1 | 10 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 5 | 1 | 5 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | รวม | 5 | 50 | รวม | 5 | 15 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.65 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.70 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(50 - 15) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.65$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{50 - 15}{5 \times (10 - 0)} = 0.70$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.24 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 8

| ข้อสอบรวมข้อที่ 8 | | | | | | |
|-------------------|------------|-------------|-----------|------------|--------------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 5 | 50 | 10 | 1 | 10 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 0 | 0 | 5 | 1 | 5 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | รวม | 5 | 50 | รวม | 5 | 15 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.65 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.70 | | | ดีมาก/ใช้ได้ | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(50 - 15) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.65$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{50 - 15}{5 \times (10 - 0)} = 0.70$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.26 แสดงค่าความง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรวมข้อที่ 10

| ข้อสอบรวมข้อที่ 10 | | | | | | |
|--------------------|------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| | คนเก่ง | | | คนอ่อน | | |
| | x | f | fx | x | f | fx |
| ระดับ คะแนน | 10 | 3 | 30 | 10 | 2 | 20 |
| | 9 | | 0 | 9 | | 0 |
| | 8 | | 0 | 8 | | 0 |
| | 7 | | 0 | 7 | | 0 |
| | 6 | | 0 | 6 | | 0 |
| | 5 | 2 | 10 | 5 | 0 | 0 |
| | 4 | | 0 | 4 | | 0 |
| | 3 | | 0 | 3 | | 0 |
| | 2 | | 0 | 2 | | 0 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| | รวม | 5 | 40 | รวม | 5 | 20 |
| | Xmin | 0 | | | | |
| | Xmax | 10 | | | | |
| ความง่าย | PE | 0.60 | | | | |
| อำนาจ จำแนก | D | 0.40 | | ดีมาก/ใช้ได้ | | |

$$P_E = \frac{(S_U - S_L) - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$P_E = \frac{(40 - 20) - (2 \times 5 \times 0)}{2 \times 5(10 - 0)} = 0.60$$

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$D = \frac{40 - 20}{5 \times (10 - 0)} = 0.40$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.27 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| ตารางหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|----------------|
| ข้อสอบ นักศึกษา | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 | ข้อ 6 | ข้อ 7 | ข้อ 8 | ข้อ 9 | ข้อ 10 | X | X ² |
| คนที่ 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 2 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 80 | 6400 |
| คนที่ 3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 90 | 8100 |
| คนที่ 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 80 | 6400 |
| คนที่ 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 80 | 6400 |
| คนที่ 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 2500 |
| คนที่ 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 3600 |
| คนที่ 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 80 | 6400 |
| คนที่ 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 12 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 80 | 6400 |
| คนที่ 13 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |

ตารางที่ ค. 28 (ต่อ) แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| ตารางหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----------------|
| ข้อสอบ นักศึกษา | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 | ข้อ 6 | ข้อ 7 | ข้อ 8 | ข้อ 9 | ข้อ 10 | X | X ² |
| คนที่ 14 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 95 | 9025 |
| คนที่ 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 | 60 | 3600 |
| คนที่ 16 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 17 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 18 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| คนที่ 19 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 95 | 9025 |
| คนที่ 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 10000 |
| $\sum X_i$ | 200 | 200 | 200 | 200 | 180 | 180 | 180 | 180 | 110 | 120 | 1,750 | 157,850 |
| $\sum X_i^2$ | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | 1800 | 1800 | 1800 | 1050 | 1200 | | |
| σ_i^2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 22.25 | 24.00 | | |
| $\sum \sigma_i^2$ | 82.25 | | | | | | | | | | | |
| σ^2 | 236.25 | | | | | | | | | | | |
| α | 0.72 | | | | | | | | | | | |

ดัชนีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

| | | |
|-------|--------------|--|
| เมื่อ | α | คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น |
| | k | คือ จำนวนข้อสอบ |
| | σ_i^2 | คือ คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อหาได้จากสูตร |

| | | |
|--------|--------------|--|
| โดยที่ | $\sum X_i$ | คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนในข้อที่ i |
| | $\sum X_i^2$ | คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง ในข้อที่ i |
| | N | คือ จำนวนคนเข้าสอบ |
| | σ^2 | คือ คะแนนความแปรปรวนของทั้งฉบับคำนวณจากสูตร |

| | | |
|--------|--------------|---|
| โดยที่ | $\sum X^2$ | คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ |
| | $(\sum X)^2$ | คือ ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง |

$$\begin{aligned} \sigma_i^2 &= \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N^2} \\ &= \frac{(20 \times 2,000) - (200)^2}{20^2} \\ &= \frac{40,000 - 40,000}{400} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\sum \sigma_i^2 = 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 9.00 + 9.00 + 9.00 + 9.00 + 22.25 + 24.00$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum \sigma_i^2 = 82.25$$

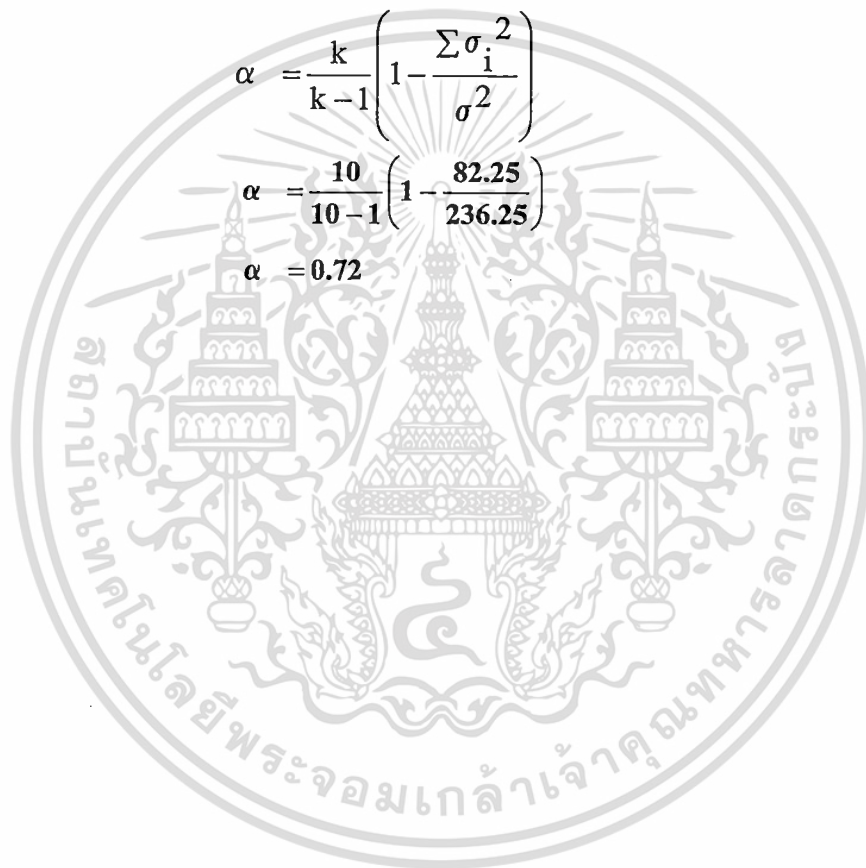
$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2} \\ &= \frac{(20 \times 157,850) - (1,750)^2}{20^2} \\ &= \frac{3,157,000 - 3,062,500}{400} \\ &= 236.25 \end{aligned}$$

จากสูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left(1 - \frac{82.25}{236.25} \right)$$

$$\alpha = 0.72$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.29 แสดงค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน

| นักศึกษา | คะแนนแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน | | | | | | | | | | | | | | ร้อยละ (E1) |
|----------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|
| | ใบงาน ที่1 | ใบงาน ที่2 | ใบงาน ที่3 | ใบงาน ที่4 | ใบงาน ที่5 | ใบงาน ที่6 | ใบงาน ที่7 | ใบงาน ที่8 | ใบงาน ที่9 | ใบงาน ที่10 | ใบงาน ที่11 | ใบงาน ที่12 | ใบงาน ที่13 | คะแนน เฉลี่ย | |
| | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 390 | |
| คนที่ 1 | 27 | 25 | 26 | 25 | 26 | 25 | 26 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 330 | 83.69 |
| คนที่ 2 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 3 | 25 | 25 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 327 | |
| คนที่ 4 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 | 25 | 27 | 25 | 25 | 28 | 25 | 27 | 25 | 334 | |
| คนที่ 5 | 27 | 27 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 331 | |
| คนที่ 6 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 7 | 27 | 27 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 331 | |
| คนที่ 8 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 9 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 10 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 11 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 315 | |
| คนที่ 12 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 13 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 14 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 327 | |

ตารางที่ ค.29 (ต่อ)

| นักศึกษา | คะแนนแบบทดสอบใบงานระหว่างเรียน | | | | | | | | | | | | | | ร้อยละ (E1) | |
|----------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|-------|
| | ใบงาน ที่1 | ใบงาน ที่2 | ใบงาน ที่3 | ใบงาน ที่4 | ใบงาน ที่5 | ใบงาน ที่6 | ใบงาน ที่7 | ใบงาน ที่8 | ใบงาน ที่9 | ใบงาน ที่10 | ใบงาน ที่11 | ใบงาน ที่12 | ใบงาน ที่13 | คะแนน เฉลี่ย | | |
| คนที่ 15 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | 83.69 |
| คนที่ 16 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 17 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 327 | |
| คนที่ 18 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 19 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 325 | |
| คนที่ 20 | 25 | 25 | 27 | 25 | 25 | 27 | 25 | 25 | 25 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 331 | |
| รวม | 505 | 504 | 509 | 500 | 503 | 502 | 503 | 500 | 500 | 505 | 500 | 502 | 495 | 326.4 | | |

ตารางที่ ค.30 แสดงค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบใบงานรวม

| นักศึกษา | คะแนน | ร้อยละ (E2) |
|----------|----------|-------------|
| | 50 คะแนน | |
| คนที่ 1 | 45 | |
| คนที่ 2 | 40 | |
| คนที่ 3 | 45 | |
| คนที่ 4 | 40 | |
| คนที่ 5 | 40 | |
| คนที่ 6 | 45 | |
| คนที่ 7 | 42 | |
| คนที่ 8 | 42 | |
| คนที่ 9 | 45 | |
| คนที่ 10 | 40 | |
| คนที่ 11 | 38 | |
| คนที่ 12 | 40 | |
| คนที่ 13 | 40 | |
| คนที่ 14 | 42 | |
| คนที่ 15 | 42 | |
| คนที่ 16 | 40 | |
| คนที่ 17 | 42 | |
| คนที่ 18 | 42 | |
| คนที่ 19 | 40 | |
| คนที่ 20 | 35 | |
| รวม | 825 | 82.50 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้