

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี (พ.ศ. 2543)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

DEVELOPMENT COMPETENCY BASED SKILL TRAINING
FOR PULSE SWITCHING CIRCUIT WITHIN TRANSISTOR SWITCHING
IN VOCATIONAL DIPLOMA CURRICULUM (B.E 2543)
RAJAMANGALA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

(ISEN 974-824-160-4

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี (พ.ศ. 2543)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

DEVELOPMENT COMPETENCY BASED SKILL TRAINING
FOR PULSE SWITCHING CIRCUIT WITHIN TRANSISTOR SWITCH
IN VOCATIONAL DIPLOMA CURRICULUM (B.E.2543)
RAJAMANGALA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



สมชาย ศรีสกุลเตียว

SOMCHAI SRISAKULTIEW

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45660
วัน, เดือน, ปี 1 2 ก.พ. 2546

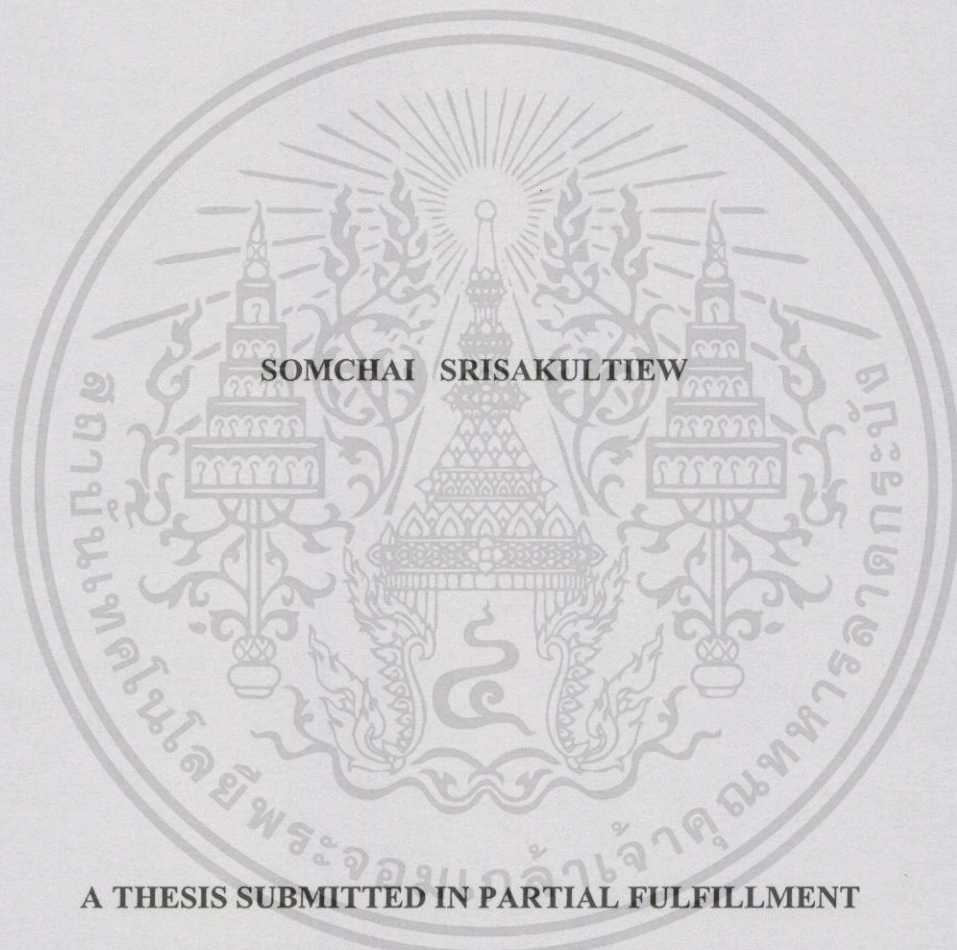
b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-324-160-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DEVENLOPMENT COMPETENCY BASED SKILL TRAINING
FOR PULSE SWITCHING CIRCUIT WITHIN TRANSISTOR SWITCH
IN VOCATIONAL DIPLOMA CURRICULUM (B.E.2543)
RAJAMANGALA INSTITUTE OF TECHNOLOGY**



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

2002

ISBN 974-324-160-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPY RIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี พ.ศ. 2543 ของ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

นักศึกษา

นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว

รหัสประจำตัว

42064616

ปริญญา

ครุศาสตรบัณฑิตสาขารวมห้าบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

พ.ศ.

2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 5 คณะวิชาไฟฟ้าแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์

ผู้วิจัยได้พัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในเนื้อหาวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี พ.ศ.2543 ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย คือ กลุ่มทดลอง 20 คน ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ กับกลุ่มควบคุม 20 คน ที่เรียน ตามปกติเพียงอย่างเดียว ให้ทั้ง 2 กลุ่ม ได้ทำแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน ภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 85 จัดว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มีประสิทธิภาพ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ T-test ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมตามสมมติฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development Competency Based Skill Training for Pulse Switching Circuit within Transistor Switch in vocational diploma curriculum (B.E.2543) of Rajamangala Institute of Technology
Student	Mr. Somchai Srisakultiew
Student ID.	42064616
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communications Engineering
Year	2002
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Threraphon Thephasadin na Ayuthya Assist. Prof. Dr. Nipon Wongvisetsirikul

ABSTRACT

The purposes of this study were: (1) to construct and develop Competency Base Skill Training (CBST) - Pulse Switching Circuit within Transistor Switch and (2) to compare the learning achievement of the fifth-year Electronic diploma student at Rajamangala Institute of Technology, Northeastern Campus, Nakornratchasima's who have a normally instructional method and those who had a normally instructional method together with a Competency Based Skill Training instructional method.

The researcher developed a CBST computer-assisted instruction (CAI) entitled Pulse Switching Circuit within Transistor Switch – a course of the Rajamangala Institute of Technology's diploma curriculum for Electronic students (2000). Forty students were simply randomized into an experimental group and a control group with 20 students each. The students in the control group learned through a normally instruction method whereas the experimental ones through normally instructional method together with CBST CAI entitled Pulse Switching Circuit within Transistor Switch. Both groups were theoretical and practice measured. The finding shows that 17 students (85%) of the experimental group passed 80% of the instructional achievement criteria.

The statistics used in this study was a t-test.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ผู้ควบคุม วิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และ ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ปรับปรุงรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่สนับสนุนด้านทุนการศึกษา แผนกวิชา อิเล็กทรอนิกส์ และแผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่ได้อำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ วัสดุฝึก สำหรับการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม, อาจารย์ประหยัด อิมอุดม ที่เป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และ ผศ.ไพฑูรย์ เกษัชชา อาจารย์พิเศษรัฐ สถิติย์วัฒน์วงศ์ และ อาจารย์ศชา ชาญศิลป์ ที่เป็นผู้ทรงคุณวุฒิทางการผลิตสื่อ และกรุณาอ่านตรวจปรับเนื้อหา และการนำเสนอ จนกระทั่งบทเรียนคอมพิวเตอร์นี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร.วีระภา สิทธิภก ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการแปลเอกสาร และอาจารย์สมสิน วาจนุทต ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำในการจัดพิมพ์และเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวก ในการติดต่อที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบคุณ คุณพรทิพย์ ศรีสกุลเดี่ยว และบุตรทั้ง 3 คน ที่เข้าใจ และให้กำลังใจ ตลอดเวลา จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์

สมชาย ศรีสกุลเดี่ยว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	X
สารบัญภาพ และแผนภูมิ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตในการวิจัย	4
1.5 กรอบและแนวความคิดในการวิจัย	4
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น	5
1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 เนื้อหารายวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง	7
2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.2.2 ที่มาและคุณสมบัติของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	11
2.2.3 ความสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	12
2.2.4 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	13
2.2.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	16
2.3 การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ...	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 การวัดผล	25
2.4.1 วิธีการวัด	26
2.4.2 การตรวจภาคปฏิบัติ	27
2.4.3 วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติ	28
2.4.4 แบบทดสอบการวัดผลภาคปฏิบัติ	29
2.5 โปรแกรมระบบนิพจน์บทเรียน	30
2.5.1 โปรแกรม Authorware Professional	30
2.5.2 เกณฑ์การเลือกใช้โปรแกรม Author Professional	31
2.5.3 ข้อจำกัดของโปรแกรม Authorware Professional	32
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	35
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	35
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	36
3.3 การดำเนินการวิจัย	36
3.4 วิเคราะห์ข้อมูล	42
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย	47
4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ แบบอิงเกณฑ์วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามสมมติฐาน	47
4.2 ผลของการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามสมมติฐาน	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	50
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	50
5.2 สมมติฐานของการวิจัย	50
5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	50
5.4 เครื่องมือที่ใช้การวิจัย	51
5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	51
5.6 สรุปผลการวิจัย	52
5.6.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ แบบอิงเกณฑ์	52
5.6.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา	52
5.7 อภิปรายผลการวิจัย	54
5.8 ข้อเสนอแนะ	54
5.8.1 ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ แบบอิงเกณฑ์	54
5.8.2 ข้อเสนอแนะทางด้านเทคนิค	55
5.9 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	55
บรรณานุกรม	58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก	60
หลักสูตรรายวิชา วงจรพัลส์สวิตชิง	61
การแบ่งหน่วยการเรียนรู้	63
การประเมินผลรายวิชา	68
เนื้อหารายละเอียด เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์	70
ใบประกอบที่ 6 เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์	97
ภาคผนวก ข	110
- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์	111
- แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียนรู้	
- แบบทดสอบภาคทฤษฎี	131
- แบบทดสอบภาคปฏิบัติ	139
- แบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียนรู้	142
ภาคผนวก ค	143
- แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบภาคทฤษฎี	
กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	144
- ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องภาคทฤษฎีกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	157
- ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้	159

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง.....	160
- แบบสอบถามในการวิจัย	
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)	161
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)	164
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน	167
- ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม	
- ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)	171
- ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)	173
- ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน	176
ภาคผนวก จ	179
- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา	180
- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการผลิตสื่อ	181
- หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ	182
- หนังสือขออนุญาตทดลองเครื่องมือในการวิจัย	188
ประวัติผู้เขียน	189

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 แสดงหน่วยการเรียนรู้วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง	8
2.2 แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่องวงจรถานซิสเตอร์สวิตซ์ ที่นำมาพัฒนาเป็นบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์	9
4.1 แสดงผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ	48
4.2 ข้อมูลเปรียบเทียบผลรวมคะแนนทั้งด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ	49
6.1 การกำหนดน้ำหนักคะแนน	69
6.2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ	157
ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านการผลิตสื่อ)	171
ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)	173
ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน	176

สารบัญภาพ และแผนภูมิ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบโครงสร้างการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ	22
แผนภูมิ 6.1 แสดงค่าความยากง่าย และแสดงค่าอำนาจจำแนก	158



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถาบันการศึกษาวิชาชีพ ทางด้านอุตสาหกรรมของไทยในปัจจุบัน ทั้งในระดับต่ำกว่าปริญญาตรีและระดับปริญญาตรีนั้น ได้แยกออกเป็นภาควิชาหรือคณะ และสาขาวิชาหรือแผนกนั้น ในแต่ละภาควิชาที่จะประกอบไปด้วยสาขาวิชา ซึ่งในแต่ละสาขาวิชาของภาควิชาจะมีวิชาพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันมาก จะแตกต่างกันก็เป็นวิชาเฉพาะของสาขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาพื้นฐานวิชาชีพของภาควิชาต้องมีมาตรฐานของพื้นฐานวิชาชีพอันเป็นอันหนึ่งเดียว เพื่อเป็นพื้นฐานของการศึกษาวิชาชีพเฉพาะต่อไป แต่ในความเป็นจริงแล้ว สถาบันการศึกษาวิชาชีพที่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรีของไทย ซึ่งประกอบไป วิทยาลัยเทคนิค วิทยาลัยอาชีวศึกษา วิทยาลัยสวรสพัชรางค์ วิทยาลัยการอาชีพ และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลนั้น ก็จะมีการเรียนการสอนวิชาชีพทางด้านอุตสาหกรรม โดยแบ่งออกเป็นคณะต่าง ๆ เช่น คณะวิชาไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย แผนกไฟฟ้ากำลัง แผนกอิเล็กทรอนิกส์ และแผนกเทคนิคคอมพิวเตอร์ ทั้ง 3 แผนกก็ต้องเรียนวิชาพื้นฐานวิชาชีพทางไฟฟ้า เช่น วิชาวงจรไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรพัลส์สวิตชิง เป็นต้น โดยแต่ละแผนกก็จะดำเนินการเรียนการสอนวิชาพื้นฐานนั่นเอง จึงทำให้การเรียนวิชาชีพที่มีพื้นฐานเดียวกัน ก็มีมีแนวทางการสอนที่แตกต่างกันออกไป

ในการเรียนการสอนของคณะวิชาไฟฟ้า ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบไปด้วย แผนกไฟฟ้ากำลัง แผนกอิเล็กทรอนิกส์ และเทคนิคคอมพิวเตอร์ จะมีวิชาพื้นฐานที่เหมือนกัน แต่ละแผนกต่างก็จัดการเรียนการสอนในวิชาพื้นฐานนั้นกันเองตามหลักสูตรกำหนด ปัญหาก็คือ อาจารย์แต่ละแผนกก็จะสอนวิชาพื้นฐานเดียวกันนี้ไม่ได้เป็นแนวทางเดียวกัน แม้ในหลักสูตรเดียวกันก็ตาม อีกประการหนึ่ง ความสิ้นเปลืองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในขณะที่ลงมือปฏิบัติจริงมีการเสียหายมาก และอุปกรณ์มีจำกัด เป็นเหตุให้นักศึกษาไม่สามารถปฏิบัติงานได้ทันเวลาที่กำหนด ดังนั้นทางสถาบัน ฯ ได้มีนโยบายในการศึกษาวิชาพื้นฐานร่วมกันทั้งคณะ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง

ในการพัฒนาการเรียนการสอน เพื่อให้ได้มาตรฐานการเรียนรู้อันหนึ่งอันเดียวกัน โดยที่นักศึกษาสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดมาตรฐานในการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการศึกษาพื้นฐานวิชาชีพของแต่ละสาขาวิชา ในคณะวิชานั้น ๆ จะมีวิชาพื้นฐานวิชาชีพที่คล้ายคลึงกันมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เกิดพื้นฐาน และเป็นแนวทางอันหนึ่งอันเดียวกันในการเรียนรู้พื้นฐานวิชาชีพมากยิ่งขึ้น โดยเน้นให้นักศึกษาเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ตามแนวทางในการปฏิรูปการศึกษาแห่งชาติ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิง เรื่อง ทราานซิสเตอร์สวิตซ์ นี้ ยังช่วยเตรียมความพร้อมของนักศึกษาก่อนที่จะทำการลงมือปฏิบัติจริง และช่วยลดความสูญเสียของอุปกรณ์อันเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติ เสียเวลาอันเนื่องมาจากการต้องรออุปกรณ์จากกลุ่มข้างเคียงโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ตัวทรานซิสเตอร์ ซึ่งนักศึกษาต้องฝึกใช้ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีนักศึกษาจำนวนมากกว่า 1 กลุ่ม ยิ่งเป็นปัญหามากยิ่งขึ้น เพราะกลุ่มที่ 1 เมื่อเสร็จจากการฝึกปฏิบัติแล้วก็จะมีอุปกรณ์เสียอยู่จำนวนหนึ่ง กลุ่มที่ 2 และ 3 จะต้องใช้เช่นกัน ก็ทำให้เป็นปัญหามากพอควร ความไม่เพียงพอของอุปกรณ์ แม้ทางแผนกจากเตรียมอุปกรณ์สำรองไว้บางส่วนก็ยังไม่เพียงพอ ดังนั้นการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ก็จะสามารถช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI – Computer Assisted Instruction) เป็นนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ผสมผสานกันอย่างเป็นระบบในการนำเสนอเนื้อหาความรู้ และกิจกรรมการเรียนการสอนต่าง ๆ อย่างมีแบบแผน โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลักในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งบางครั้งเรียกว่า ซีบีที (CBT – Computer Based Training) ซึ่งเป็นการเน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ และการที่จะเรียนเรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ นั้นต้องเน้นการฝึกความสามารถจากการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดทักษะมากกว่าความรู้เพียงอย่างเดียว โดยจัดเตรียมบทเรียนวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ทำการจำลองการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ นักศึกษาสามารถทดสอบออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์บนคอมพิวเตอร์ พร้อมทำแบบทดสอบ เพื่อให้ได้ทดสอบความรู้ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงต้องใช้วิธีการฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ (CBST – Competency Based Skill Training)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ขึ้น โดยเน้นให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานตามที่กำหนดขึ้นในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถให้กับนักศึกษาคณะวิชาไฟฟ้าของสถาบัน ฯ ซึ่งทางคณะวิชาไฟฟ้ามีความพร้อมเรื่องเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ยังขาดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ที่มีประสิทธิภาพตรงกับความต้องการในด้านการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีมาตรฐาน ผู้วิจัยเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ สามารถใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ทั่วไปรวมทั้งคอมพิวเตอร์แบบเครือข่าย โดยมุ่งหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย แบ่งเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

1. เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 5 คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย แบ่งเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา ของนักศึกษาคณะวิชาไฟฟ้า แผนกอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่เรียน ตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนตามปกติเพียงอย่างเดียว

1.4 ขอบเขตในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่อง ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ได้พัฒนาขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2543 มีเนื้อหาประกอบด้วย องค์ประกอบของทรานซิสเตอร์ วงจรทรานซิสเตอร์ สวิตซ์ และการประยุกต์ใช้งานของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์

2. ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะวิชาไฟฟ้า แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 ที่ได้ลงทะเบียนเรียน ในวิชา วงจรพัลส์สวิตซิ่ง จำนวน 70 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่ม ละ 20 คน คือกลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่าง อย่างง่ายจาก ประชากรทั้งหมด

1.5 กรอบและแนวความคิดในการวิจัย

งานวิจัยหลาย ๆ งานได้ทำการวิจัยในเรื่องการเรียนรู้ของคนผลของการวิจัยสรุปออกมาว่า ถ้ามีการให้ข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ให้กับผู้เข้ารับการฝึกหรือผู้เรียน ในทางที่เหมาะสม และสอดคล้อง กับการเรียนรู้ ความต้องการที่จะเรียนรู้จะมีมากขึ้นในระยะเวลาอันสั้น และผู้เข้ารับการฝึกหรือผู้เรียนจะสามารถจดจำสิ่งที่เรียนไปได้มากขึ้น เราสามารถเพิ่มระดับของการเรียนรู้ให้สูงขึ้นโดยจัด องค์ประกอบสำคัญต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้เป็นระบบ

กรอบและแนวคิดในการวิจัย การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิง เกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มาจากการประยุกต์เทคนิคการออกแบบการ เรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne' และ คู่มือพัฒนาชุดฝึก CBST ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม ปี พ.ศ. 2543 เนื้อหาวิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์ สวิตซ์ ได้พัฒนาขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2543

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

ข้อตกลงเบื้องต้นในการทำวิจัย สามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้ ใช้เพื่อเป็นการเสริมความรู้ และการเตรียมความพร้อม ก่อนการทดลองจริง
2. การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่อง ทรานซิสเตอร์สวิตซ์ นักศึกษาต้องทราบวิธีการใช้งานเสียก่อน
3. นักเรียนที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา วงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ จะต้องผ่านการเรียนวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น มาก่อน
4. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาบทเรียน และแบบทดสอบ เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ เป็นโปรแกรมประเภทนิพนธ์ ชื่อ Macromedia Authorware 5 และ Macromedia Flash 5
5. การสร้างสถานการณ์จำลอง สำหรับจำลองการปฏิบัติงานทดลองวงจรทรานซิสเตอร์ เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ชื่อ Electronic Work Bench และ Orcad 9.0
6. ระบบคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ มีดังนี้
 - 6.1 ซีพียู เทียบเท่ากับ Intel Pentium 133 หรือสูงกว่า
 - 6.2 ระบบปฏิบัติการ Windows 95 , 98 , ME , NT หรือ Windows 2000
 - 6.3 หน่วยความจำ RAM ไม่น้อยกว่า 32 Mb.
 - 6.4 เครื่องอ่าน CDROM ความเร็ว 24 เท่า หรือสูงกว่า
 - 6.5 การ์ดแสดงผล 640 x 480 , 256 สี หรือดีกว่า
 - 6.6 มีพื้นที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ อย่างน้อย 80 Mb.
 - 6.7 ระบบเสียง (Sound Card) ควรเป็น Sound Blaster หรือเทียบเท่า

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

Computer Assisted Instruction: CAI หมายถึง การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย โดยวิธีการสอนที่เน้นให้มีการกระทำระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และความทรงจำ

Computer Based Training: CBT หมายถึง การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย โดยการสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถเกิดทักษะนำไปปฏิบัติได้

Competency Based Skill Training: CBST หมายถึง การฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ เป็นการฝึกทักษะความสามารถของผู้เรียนให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

นักศึกษา หมายถึง ผู้ที่กำลังศึกษาในชั้นปีที่ 5 ระดับ ปวส. แผนกอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่ได้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง

กลุ่มควบคุม หมายถึง กลุ่มที่ใช้วิธีการเรียนการสอนตามปกติแต่เพียงอย่างเดียว และทำการทดลองตามใบงาน โดยใช้อุปกรณ์จริงและเครื่องมือจริงทุกอย่าง

กลุ่มทดลอง หมายถึง กลุ่มที่ใช้วิธีการเรียนการสอนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ แล้วจึงมีการทดลองตามใบทดลอง โดยใช้อุปกรณ์จริงและเครื่องมือจริงทุกอย่าง

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียนได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป

แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบที่ใช้ทดสอบความสามารถของผู้เรียน ภายหลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ แล้ว

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการตรวจสอบความสามารถทางการเรียน เมื่อผ่านการเรียนทั้งทฤษฎี และปฏิบัติ

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

- 2.1 เนื้อหารายวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง
- 2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
- 2.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
- 2.5 โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อหารายวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง

จากการศึกษาหลักสูตรรายวิชา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มวิชาไฟฟ้า ที่ปรับปรุงเมื่อ กรกฎาคม พ.ศ. 2543 ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง (04-221-206) ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้แบ่งรายวิชาออกเป็น 8 หน่วยเรียน แยกได้ 35 บทเรียน โดยใช้เวลา 90 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ (คาบละ 50 นาที) และนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลาสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง โดยมีคำอธิบายรายวิชา และจุดประสงค์รายวิชา มีรายละเอียดดังนี้

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับวงจรพัลส์สวิตชิง ในเรื่องของความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรูปคลื่น วงจรอินทรีเกรเตอร์ และดีเฟอเรนทิเอเตอร์ วงจรคลิปปเปอร์ และแคลมเปอร์ วงจรทรานซิสเตอร์สวิต และกลับสัญญาณ วงจรมัลติไวเบรเตอร์ วงจรขมิทริกเกอร์ วงจรสวิตช์ วงจรลอจิกเกต วงจรแฮมปลิงเกต

จุดมุ่งหมายรายวิชา

1. เข้าใจคุณสมบัติและรูปคลื่น
2. เข้าใจหลักการวงจรพัลส์สวิตชิง
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรพัลส์สวิตชิง
4. เข้าใจการทำงานของวงจรพัลส์สวิตชิง
5. เห็นความสำคัญเกี่ยวกับวงจรพัลส์สวิตชิง

ตารางที่ 2.1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ วงจรพัลส์สวิตชิง

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรูปคลื่น	5
2	วงจรอินทิเกรเตอร์ และวงจรถิฟเฟอเรนทิเอเตอร์	10
3	วงจรถิลิปเปอร์ และแคมเปอร์	10
4	วงจรถรานซิสเตอร์สวิตและวงจรถกลับสัญญาณ	15
5	วงจรมัลติไวเบรเตอร์	25
6	วงจรถมิททริกเกอร์	10
7	วงจรถ R-C เอ็กโพเนนเชียลสวิต	10
8	วงจรถลอจิกเกต และวงจรถแฮมปลิงเกต	5

รายละเอียดเนื้อหาวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตชิง ที่นำมาพัฒนาเป็น
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ จัดอยู่ในหน่วยเรียนที่ 4 ทฤษฎีหัวข้อ
ที่ 4.1 – 4.2 ใช้เวลาทั้งสิ้น 100 นาที และปฏิบัติหัวข้อที่ 4.5 ใช้เวลา 3 คาบ

ตารางที่ 2.2 แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่องวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณที่นำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถ แบบอิงเกณฑ์

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
4	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์และวงจรกลับสัญญาณ	
	4.1 คุณสมบัติของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์	1
	4.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์	4
	4.3 คุณสมบัติของวงจรกลับสัญญาณ	2
	4.4 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรกลับสัญญาณ	2
	4.5 ปฏิบัติการทดลองทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	6
	รวมเป็นเวลา	15

2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรียกกันโดยทั่วไปว่า บทเรียนซีไอไอ (CAI : Computer Assisted Instruction) เป็นศัพท์เดิมนิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา มีความหมายว่า การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วย ซึ่งบทเรียนลักษณะนี้ภายหลังจากการเรียนบทเรียนแล้ว สิ่งที่ได้รับก็คือ ความรู้และความทรงจำ ส่วนบทเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถ เกิดทักษะนำไปปฏิบัติได้นั้น เรียกว่า บทเรียนซีบีที (CBT : Computer Based Training) ซึ่งหมายถึง การสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก (สุทธิทย์ กาญจนพันธ์ 2541 : 52) นอกจากนี้ในอเมริกาก็ยังนิยมใช้กันอีกหนึ่งคือ CMI (Computer Managed Instruction) หมายถึงการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยจัดการให้ ส่วนในยุโรปมักใช้คำแตกต่างจากอเมริกา คำที่นิยมใช้กันมากในยุโรปในปัจจุบัน คือ CBE (Computer Based Education) หมายถึง การศึกษาโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก นอกจากนี้ก็ยังมีอีกสองคำที่แพร่หลายเช่น CAL (Computer Assisted Learning และ CML (Computer Managed Learning) สำหรับประเทศไทยนั้น มักนิยมใช้คำว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มากกว่า CBT หรือคำอื่น ๆ ส่วนในภาษาไทยนั้นจะใช้ แตกต่างกันไป เช่น ใช้คำว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตรงตัว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อนำมาใช้สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ซึ่งเน้นการจำลองการฝึกความสามารถจนเกิดทักษะ มากกว่าให้เกิดความรู้เพียงอย่างเดียว การฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ (CBST : Competency Based Skill Training) หมายถึง การฝึกความสามารถของผู้เรียนให้ได้มาตรฐานที่ตั้งไว้ มีลักษณะดังนี้ คือ ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ (Know) แสดงให้ผู้เรียนดู (Show) จากนั้นให้ผู้เรียนลงมือทำ (Do) ทำการทบทวน (Review) ผ่านการฝึก (Pass through) (Michael DeBlois : พิชัย สดภิบาล : 2541)

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน มีประโยชน์ที่สำคัญ คือ

1. ทำให้ผู้เรียนเกิดความสามารถสร้างงานได้ตามเกณฑ์จากการฝึกปฏิบัติ ในขณะที่เรียนบทเรียนในแต่ละเรื่อง
2. ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น ก่อให้เกิดความสนใจและกระตือรือร้นมากขึ้น
3. ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกบทเรียนและวิธีการเรียนได้หลายรูปแบบ ทำให้ไม่เบื่อหน่าย เช่น ถ้าเบื่อการอ่านหนังสือ หรือฟังคำบรรยาย ก็เปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่นโดยใช้คอมพิวเตอร์ได้
4. ทำให้ไม่ต้องมีการท่องจำ
5. ทำให้สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนได้เหมาะสม กับความต้องการของนักศึกษาแต่ละคน
6. ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการที่จะเรียน ไม่ต้องคอยเพื่อนร่วมชั้น และครูอาจารย์จะใช้คอมพิวเตอร์เมื่อไรก็ได้ทุกอย่าง
7. ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการ เพื่อหาสาระของบทเรียนได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

2.2.2 ที่มาและคุณสมบัติของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การใช้งานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการเรียนการสอนด้วยตนเอง มากกว่าการเรียนการสอนแบบอื่น กล่าวคือ ผู้เรียนจะเป็นผู้ใช้บทเรียน แนวคิดของบทเรียนนี้เกิดขึ้นจากนักการศึกษาสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยมีพื้นฐานเดิมมาจากเครื่องช่วยสอน (Teaching Machine) การมีเครื่องช่วยสอนทำให้ต้องมีโปรแกรมที่เป็นเนื้อหาแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ ที่จะใช้กับเครื่องช่วยสอน โปรแกรมเนื้อหาดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นตามลำดับ และได้ลดบทบาทลงไปพร้อมกับเครื่องช่วยฝึก ในขณะที่ความคิดเรื่องการให้การศึกษาตามเอกัตภาพเป็นที่สนใจของนักศึกษาในสมัยนั้น จึงมีความพยายามที่จะหาวิธีที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ตามความสามารถของตน โดยไม่มีผลทางด้านเวลา แทนที่จะใช้เครื่องช่วยสอนเป็นตัวเสนอเนื้อหาที่ใช้หนังสือ (Programmed Text) เป็นตัวเสนอเนื้อหาเรียกว่าบทเรียนโปรแกรม โดยออกแบบวิธีการเสนอเนื้อหาให้สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน โดยใช้เทคนิคการเสริมแรง และหลักการทางจิตวิทยาการเรียนรู้หลายอย่างประกอบกัน

อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของบทเรียนโปรแกรม ก็คือ ความน่าเบื่อหน่าย ซึ่งเกิดจากความจำกัดของกิจกรรม ความจำกัดของสื่อที่นำมาใช้ ความจำจากการอ่านเพียงอย่างเดียว การต้องเปิดหน้าหนังสือกลับไปกลับมา ความจำเจที่ต้องใช้ประสาทตาอย่างเดียว ทำให้นักการศึกษาเริ่มต้นค้นหาวิธีการกำจัดปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าว โดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอเนื้อหาแทนหนังสือ การใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวเสนอเนื้อหา มีคุณสมบัติหลายประการที่ทำให้ได้เปรียบบทเรียนโปรแกรมหลายประการ คือ

1. เสนอเนื้อหาได้รวดเร็ว แทนที่ผู้เรียนจะต้องเปิดหนังสือบทเรียนโปรแกรมทีละหน้าหรือทีละหลาย ๆ หน้า ถ้าเป็นคอมพิวเตอร์ก็เพียงแค่กดแป้นพิมพ์ คลิกเมาส์ หรือสัมผัสหน้าจอภาพเท่านั้น
2. คอมพิวเตอร์สามารถเสนอรูปภาพที่เคลื่อนไหวได้ มีประโยชน์ต่อการเสนอเนื้อหาที่ซับซ้อน
3. สามารถสร้างเสียงประกอบได้ ทำให้เกิดความน่าสนใจ
4. สามารถเก็บข้อมูลเนื้อหาได้มากกว่าหนังสือ
5. ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนอย่างแท้จริง กล่าวคือ มีการโต้ตอบระหว่างบทเรียนกับผู้เรียนได้ สิ่งนี้ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถควบคุมผู้เรียน หรือช่วยเหลือผู้เรียนได้ดี
6. บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถบันทึกผล ประเมินผลการเรียน และประเมินผลผู้เรียนได้ในขณะที่บทเรียนโปรแกรมทำไม่ได้ ผู้เรียนต้องเป็นผู้ประเมินผลด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงไม่ใช่บทเรียนโปรแกรมที่นำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ แม้ ว่าตัวบทเรียนจะได้แนวความคิดมาจากบทเรียนโปรแกรมก็ตาม แต่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถนำเสนอในสิ่งที่บทเรียนโปรแกรมทำไม่ได้หลายประการ เป็นต้นว่า การนำเสนอภาพเคลื่อนไหว การเก็บบันทึกผลการเรียน ดังนั้น ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ การออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์ที่จะต้องใช้คุณสมบัติต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการนำเสนอ เนื้อหา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมุ่งที่จะให้ความรู้ ความจำแก่ผู้เรียน แต่ยังขาดการฝึก ปฏิบัติการ เพื่อให้เกิดทักษะและสามารถนำไปปฏิบัติงานจริงได้ กรณีที่เนื้อหาของบทเรียนที่ต้องการ ให้ความรู้ความสามารถจากการฝึกปฏิบัติการ ซึ่งขณะที่เรียนบทเรียนแต่ละเรื่องเสร็จ ก็จะต้องฝึกปฏิบัติ การไปด้วย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสามารถโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยฝึก ทั้งนี้ นักศึกษาผู้ฝึก จะประสบผลสำเร็จหรือผ่านการฝึกอบรมได้จะต้องผ่านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถ และ แบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิง เกณฑ์ (CBST : Competency Based Skill Training)

2.2.3 ความสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ มีความสำคัญต่อการเรียนการสอน มากมาย สามารถกล่าวเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ครรชิต มัลย์วงศ์ 2531 : 60)

2.2.3.1 ด้านการสอนของครู

1. เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสาธิตเรื่องที่ยาก
2. มีบทบาทเป็นผู้ช่วยครูสามารถแบ่งเบาภาระครูที่สอน สามารถนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสอนซ้ำได้
3. คอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ให้โอกาสในการสร้างสรรค์ และพัฒนางานนวัตกรรมใหม่ ๆ สำหรับหลักสูตร และเพื่อการศึกษา
4. สามารถพัฒนาให้ผู้เรียน และเตรียมความพร้อม เพื่อให้ทันต่อความก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ
5. ช่วยส่งเสริมการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ประหยัดเวลา และฝึกความรับผิดชอบผู้เรียน
6. เป็นการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในด้านการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 ด้านผู้เรียน

1. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการศึกษาด้วยตนเอง และสามารถเรียนรู้อาชีพต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว หรือช้าตามความสามารถของตน
2. ให้เนื้อหาความรู้ที่เหมือนกันทุกครั้งแก่ผู้เรียนทุกคน ได้รับความรู้ที่เท่าเทียมกันทุกครั้ง เพราะคอมพิวเตอร์ทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ
3. นักเรียนมีความสนใจสนุกสนานตื่นเต้นกับการเรียนรู้ นักเรียนสามารถทำผิดซ้ำแล้วซ้ำอีกกี่ครั้งก็ได้ โดยไม่ต้องอายใคร เพราะเรียนคนเดียว
4. ช่วยสร้างนิสัยความรับผิดชอบให้เกิดในตัวผู้เรียน เพราะไม่เป็นการบังคับผู้เรียนให้เรียน แต่เป็นการเสริมแรงกันอย่างเหมาะสม
5. ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปเนื้อหา การเรียนของแต่ละบทเรียนได้สะดวกและรวดเร็ว
6. คอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ สามารถสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียน เพราะเป็นสิ่งแปลกใหม่ บทเรียนมีหลากหลายรูปแบบ ไม่ทำให้เกิดการเบื่อหน่าย

2.2.4 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจำแนกประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันมีค่อนข้างหลากหลายขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของนักคอมพิวเตอร์และนักการศึกษา ถ้าจำแนกประเภทตามวิธีการ และลักษณะของการใช้ในการเรียนการสอน จะจำแนกได้ 5 ประเภท คือ (นงนุช วรรณนวะ 2535 : 3 -18)

- 2.2.4.1 แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial)
- 2.2.4.2 แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)
- 2.2.4.3 แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
- 2.2.4.4 แบบเกมการสอน (Instructional Game)
- 2.2.4.5 แบบทดสอบ (Test)

บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ และแบบทบทวน เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการพัฒนาขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งใน และต่างประเทศ แต่เมื่อก้าวถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่เน้นการฝึกปฏิบัติ จึงต้องศึกษารายละเอียด เพื่อเลือกประเภทของบทเรียนที่เหมาะสมที่สุด ในการนำเสนอเนื้อหาที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกสอน แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทแรกนี้ เป็นรูปแบบของบทเรียนที่มีผู้พัฒนากันมากที่สุด เนื่องจากมีพื้นฐานการพัฒนามาจากความเชื่อที่ว่า คอมพิวเตอร์น่าจะเป็นประเภทสื่ออุปกรณ์ที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการเรียนจากชั้นเรียน กล่าวโดยสรุปก็คือ น่าจะใช้แทนครูได้ในหลาย ๆ หมวดวิชา ดังนั้นแนวความคิดนี้จะต้องพิจารณาในมุมกว้างว่า การเรียนการสอนนั้น ไม่ได้จำกัดอยู่แต่ในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษาเท่านั้น แต่ยังขยายวงกว้างไปถึงการฝึกอบรมในระดับและสาขาอาชีพต่าง ๆ ซึ่งอาจผสมผสานการเรียนการสอน และการฝึกฝนด้วยตนเองในหลาย ๆ รูปแบบ บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่เขาไปมีบทบาทอย่างยิ่งกับการใช้งานด้านการสอน และฝึกอบรมดังกล่าว และมีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงในอนาคตที่จะใช้สื่ออุปกรณ์ประเภทนี้เพื่อสอนเสริม สอนกึ่งทบทวน หรือเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ล่วงหน้าก่อนการเรียนในชั้นเรียนปกติ ผู้เรียนอาจเรียนด้วยความสมัครใจหรืออาจเป็นบทเรียนเพิ่มเติมจากผู้สอนในหรือนอกเวลาเรียนปกติตามแต่กรณี

2) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ฝึกทบทวนความรู้ที่ได้เรียนไปแล้ว รูปแบบจะเป็นการผสมผสานการทบทวนแนวคิดหลัก และการฝึกฝนในรูปแบบของการทดสอบ บทเรียนที่พัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นบทเรียนด้านภาษา คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของเนื้อหาจะเน้นด้านความรู้เป็นหลัก บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้แพร่หลายตั้งแต่เริ่มแรก โดยจะเริ่มต้นด้วยการนำเสนอเนื้อหาให้อ่านแล้วใช้แบบฝึกหัดเป็นการวัดความเข้าใจ และเพิ่มพูนความรู้หรือความชำนาญ แต่แบบฝึกหัดในลักษณะนี้จะ เป็นแบบสั้น ๆ เช่น แบบเลือกตอบ แบบจับคู่หรือแบบถูกผิด ในกรณีนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ดีจะต้องแสดงผลการทดสอบที่แตกต่างกัน ในขณะที่ผู้เข้าบทเรียนตอบคำถามแตกต่างกัน

3) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)

บทเรียนประเภทนี้ถูกออกแบบเพื่อนำเสนอเนื้อหาใหม่ หรือใช้เพื่อทบทวน หรือสอนเสริมในสิ่งที่ศึกษา หรือทดลองไปแล้ว โดยเน้นรูปแบบการสร้างสถานการณ์ตัวอย่าง เช่น นำเสนอเนื้อหาที่ยุ่งยากซับซ้อน และต้องอาศัยการจินตนาการอย่างมาก เป็นต้น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ยังมีอยู่จำนวนน้อย เนื่องจากความยากในการพัฒนา จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหาและทางด้านโปรแกรมระบบนิพจน์บทเรียน ซึ่งส่วนใหญ่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้การคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์เข้าช่วยในการนำเสนอเนื้อหา ตัวอย่างเช่น บทเรียนสำหรับระบบฝึกการบิน (Flight Simulation) ซึ่งใช้ฝึกนักบินก่อนที่จะเข้าประจำการบินในเครื่องบินจริง

4) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบเกมการสอน (Instructional Game)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ประเภทนี้ พัฒนามาจากแนวความคิดและทฤษฎีทางการเสริมความรู้พื้นฐาน การค้นพบว่าความต้องการในการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) เช่น ความสนุกสนาน ซึ่งจะให้ผลดีต่อการเรียนรู้ และความคงทนในการจดจำได้ดีกว่าการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายนอก (Extrinsic Motivation) จึงได้มีการออกแบบบทเรียนโดยใช้หลักการเสริมแรง เพื่อประยุกต์ให้เข้ากับเนื้อหา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอน เป็นบทเรียนที่ผู้เรียนมีความต้องการมากที่สุด โดยเฉพาะสำหรับผู้เรียนระดับเด็กเล็ก เช่น ระดับอนุบาล ซึ่งจำเป็นต้องมีการกระตุ้นด้วยสีสัน แสง และเสียง เพื่อก่อให้เกิดการอยากรู้อยากเห็น แต่บทเรียนประเภทนี้ในปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นจำนวนน้อยมาก เนื่องจากมีความยากในการสร้างสรรค์

5) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบ (Test)

เป็นรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างง่ายกว่าแบบอื่น จุดประสงค์หลักเพื่อทดสอบความรู้และพิมพ์ผลการทดสอบของผู้เรียน การสอนดังกล่าวอาจเป็นการสอบก่อนการเรียน (Pre-test) หรือหลังการเรียน (Post-test) หรือทั้งก่อนและหลังการเรียนแล้ว แต่การออกแบบหากเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ข้อสอบต่าง ๆ อาจถูกเก็บในรูปแบบของคลังข้อสอบ (Item Bank) เพื่อสะดวกต่อการสุ่มมาใช้งานได้ ลักษณะของข้อสอบดังกล่าวนี้ จะอยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถประเมินถูกผิดได้ เช่น แบบเลือกตอบแบบถูกผิด หรือแบบจับคู่ การตั้งคำถามอาจผสมผสานวิธีการสร้างบทเรียนแบบสร้างสถานการณ์จำลองเข้ามาร่วมด้วยก็ได้

ที่กล่าวมาแล้วเป็นการสรุปแบบเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้มีการพัฒนาขึ้นมาในงาน แต่ละรูปแบบที่มีจุดเด่นแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามถ้าจะกล่าวถึงเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักคอมพิวเตอร์และนักการศึกษาส่วนมากจะพิจารณาถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบเนื้อหาใหม่ เนื่องจากโดยหลักการแล้วบทเรียนประเภทนี้จะมีการประยุกต์เทคนิคและหลักการของบทเรียนอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบฝึกทบทวน แบบสร้างสถานการณ์จำลอง แบบเกมหรือแบบทดสอบ แต่ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ผู้วิจัยเน้นความเหมาะสมไปที่ประเภทของบทเรียนแบบสร้างสถานการณ์จำลองเป็นหลัก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีบทเรียนแบบอื่น ๆ ร่วมด้วยกันตามความเหมาะสม รวมถึงการประเมินผลการเรียนรู้จากการตอบคำถามทำยบทเรียน และประเมินผลจริงจากคลังข้อสอบ โดยพิจารณาถึงลักษณะของเนื้อหาและกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้บทเรียน จะทำให้ได้บทเรียนสำเร็จรูปที่มีรูปแบบที่ผสมผสานกันมากขึ้น

นอกจากด้านรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ จะเป็นแบบผสมผสานแล้ว ยังได้มีการประยุกต์เทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้าไป ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์นี้มีความน่าสนใจ และมีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้น เช่น เป็นบทเรียนในลักษณะของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) สามารถเปลี่ยนเนื้อหาได้เอง สามารถวิเคราะห์ผลการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนได้ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียทั้งภาพและเสียง การโต้ตอบด้วยวิธีต่าง ๆ ที่ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมสูง

2.2.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

หลักการเรียนการสอนเป็นพื้นฐานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ขั้นตอนการออกแบบต่อไปนี้ได้ประยุกต์มาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne คือ (สุกรี รอดโพธิ์ทอง 2535 : 4-7)

2.2.5.1 ได้รับความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มเรียนนั้นควรจะได้รับแรงกระตุ้น และแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้นบทเรียนควรจะเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ แสง เสียง และสี หรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่าง การเตรียมตัว และแรงกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่อง (Title) ของบทเรียนนั่นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้ก็คือ การนำเสนอชื่อเรื่องนั้นควรออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ ไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์

ผู้ที่ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ จึงควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

1. ใช้กราฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหา และกราฟิกนั้นควรมีขนาดใหญ่ และไม่ซับซ้อน
2. ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หรือเทคนิคอื่น ๆ เข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ หรือกราฟิกแต่ควรสั้นและง่าย
3. ควรใช้สีเข้าช่วยโดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับสีพื้นอย่างชัดเจน
4. ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิก
5. กราฟิกที่นำเสนอควรจะค้างบนจอภาพ จนกระทั่งผู้เรียนกดแป้นใดแป้นหนึ่ง
6. ในกราฟิกดังกล่าวควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วย
7. ควรใช้เทคนิคการเขียนกราฟิกที่แสดงบนจอได้เร็ว
8. กราฟิกนอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้ว ต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 บอควัตถุประสงค์ของบทเรียน

การบอควัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้นทำได้หลายแบบ ตั้งแต่วัตถุประสงค์ทั่วไปจนถึงการบอควัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูปนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความที่เสนอบนจอควรเป็นข้อความที่สั้นและได้ใจความ และข้อความที่นำเสนอสมควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ดังนั้นการบอกถึงวัตถุประสงค์ในบทเรียน จึงนิยมใช้ข้อความที่สั้นและโน้มน้าวจิตใจผู้เรียน ส่วนจะเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปหรือเชิงพฤติกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนบทเรียน และเนื้อหาของบทเรียน แต่ส่วนใหญ่จะเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่า เนื่องจากวัตถุประสงค์ชนิดนี้ มีความชัดเจนในเนื้อหาสาระ และเกณฑ์ในการวัดผล มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถจากการฝึกปฏิบัติการ การบอควัตถุประสงค์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน โดยจะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

1. ใช้คำสั้น ๆ และเข้าใจได้ง่าย
2. หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และสามารถเข้าใจโดยทั่วไป
3. ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป
4. ผู้เรียนควรมีโอกาสทราบหลังจากเรียนแล้ว และจะสามารถนำความรู้ที่ได้

จากบทเรียนไปใช้อะไรได้

2.2.5.3 ทบทวนความรู้เดิม

ก่อนที่จะให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน ซึ่งในส่วนของเนื้อหา และแนวความคิดนั้น ผู้เรียนอาจจะไม่มีพื้นฐานมาก่อน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบบทเรียน ควรจะต้องหาวิธีการประเมินความรู้เดิม ในส่วนที่จำเป็นก่อนที่จะรับความรู้ใหม่ ทั้งนี้นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว สำหรับผู้ที่มีพื้นฐานมาแล้วยังเป็นการทบทวน หรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนได้รู้มาก่อน เพื่อช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่อีกด้วย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบขั้นนี้มีดังนี้

1. ไม่ควรคาดหวังว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐาน ก่อนการศึกษาเนื้อหาใหม่ ควรมีการทดสอบ หรือให้ความรู้ เพื่อการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่
2. การทบทวนหรือการทดสอบควรให้กระชับและตรงจุด
3. ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจาก การทดสอบเพื่อศึกษา

ทบทวนด้วยตลอดเวลา

4. หากไม่มีการทดสอบความรู้เดิม ผู้ออกแบบบทเรียน ควรหาวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาไปแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด หากนำเสนอด้วยภาพประกอบคำพูด ทำให้บทเรียน น่าสนใจขึ้น

2.2.5.4 การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)

การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำพูดที่สั้นง่าย และได้ใจความเป็นหัวใจ สำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ขึ้น และความคงทนในการจดจำจะดีกว่าการใช้คำพูดเพียงอย่างเดียว

โดยสรุปแล้วในการเสนอเนื้อหาใหม่ให้น่าสนใจควรคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. การใช้ภาพประกอบการเสนอเนื้อหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ เนื่องจากภาพสามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าคำอธิบาย
2. การเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ควรใช้ตัวชี้แนะ (Cue) ในส่วนของข้อความสำคัญ อาจจะเป็นการขีดเส้นใต้ การติ๊กกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้ สี เป็นต้น
3. ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
4. การยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย
5. การใช้จอสี ไม่ควรใช้เกิน 3 สี ในแต่ละเฟรม (รวมทั้งสีพื้น) ไม่ควรเปลี่ยนสีไปมาโดย เฉพาะสีหลักของตัวหนังสือ

2.2.5.5 ชี้นำแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์ เดิม หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนในขั้นนี้ คือ พยายามหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำ ความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้นยังจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะทำให้การ ศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้น มีความกระฉับกระชวย และควรใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคของการใช้ ภาพเปรียบเทียบ เทคนิคการให้ตัวอย่าง และตัวอย่างที่ไม่ใช่ ตัวอย่างอาจช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะ และเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

2.2.5.6 กระตุ้นให้มีการตอบสนอง (Elicit Responses)

ทฤษฎีการเรียนรู้กล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับ และขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิดร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหาการถามตอบ บทเรียนคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่น ๆ ตัวอย่างเช่น วีดีโอเทป ภาพยนตร์ สไลด์เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบโต้ตอบไม่ได้ ผู้ออกแบบบทเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งมีข้อแนะนำดังนี้

1. พยายามให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียน
2. ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อเรียกความสนใจ เป็น

บางครั้งบางคราวตามความเหมาะสม

3. ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป
4. ถามคำถามเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสม
5. ระวังความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม
6. ไม่ควรถามครั้งเดียวหลาย ๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ

ถ้าจำเป็นควรให้เลือกตอบตามตัวเลือก

7. หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้ง เมื่อทำผิดซ้ำครั้งสองครั้ง ควรจะให้การตรวจปรับเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป เพื่อเป็นการใช้เวลาให้คุ้มค่า อีกทั้งเป็นการขจัดความเบื่อหน่ายอีกด้วย

2.2.5.7 การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

จากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นทำลายผู้เล่นโดยการบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้การตรวจรับเพื่อบอกว่า ขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด การตรวจรับที่เป็นภาพจะช่วยเพิ่มความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการตรวจรับที่เป็นภาพ (Visual Feedback) นี้อาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูว่าหากทำผิดมาก ๆ แล้วจะเกิดอะไรขึ้นวิธีการหลีกเลี่ยงก็คือ ภาพตรวจรับที่ใช้ควรเป็นภาพในทางบวก

ข้อแนะนำในการตรวจรับบทเรียน มีดังนี้

1. ทำการตรวจรับทันทีหลังจากผู้เรียนตอบสนอง
2. บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด
3. แสดงคำถาม คำตอบและการตรวจรับบนเฟรมเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้ภาพที่เกี่ยวกับเนื้อหา
5. หลีกเลี่ยงผลทางภาพ (Visual Effects) หรือการตรวจปรับที่ตื่นตา หากผู้เรียนทำผิด
6. อาจใช้ภาพกราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาได้ หากภาพที่เกี่ยวข้องไม่สามารถหาได้

จริง

7. อาจใช้เสียงไต๋ขึ้นสูงสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง และโล่งต่ำหากตอบผิด
8. เฉลยคำตอบที่ถูกหลังจากผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง
9. ใช้การให้คะแนน หรือภาพ เพื่อบอกระยะใกล้ ไกลจากเป้าหมาย

2.2.5.8 ทดสอบความรู้ (Access Performance)

บทเรียนสำเร็จรูปจัดเป็นบทเรียนโปรแกรมประเภทหนึ่ง การทดสอบความรู้ใหม่ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน หรือการทดสอบในช่วงท้ายบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเอง ถึงความรู้ความสามารถจากการที่ได้ศึกษาบทเรียน นอกจากนี้การทดสอบยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บคะแนน หรือเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไป

การทดสอบความรู้ของบทเรียนสำเร็จรูป ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ เนื่องจากสะดวก และง่ายต่อการตรวจวัดคะแนน การทดสอบดังกล่าว นอกจากจะเป็นการประเมินผลการเรียนแล้ว ยังมีผลต่อความจำในระยะยาวของผู้เรียนด้วย ข้อสอบจึงควรเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน

ในการออกแบบบทเรียนเพื่อทดสอบในขั้นนี้ มีดังนี้

1. ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือไม่
2. ข้อสอบ คำตอบ และการตรวจปรับควรอยู่ในเฟรมเดียวกัน การนำเสนอควรต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว
3. หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกจากว่าต้องการทดสอบการพิมพ์
4. ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม หากว่าในหนึ่งคำถาม มีคำถามย่อยอยู่ด้วย ให้แยกเป็นหลาย ๆ คำถาม
5. ควรชี้แจงผู้เรียนด้วยว่าควรตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นถูกต้อง และกด F ถ้าเห็นว่ามีผิด
6. ต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด ถ้าการตอบไม่ชัดเจน เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวใหญ่ เป็นต้น

2.2.5.9 การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติตามข้อเสนอแนะของ Gagne นั้น ขั้นสุดท้ายจะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหา ก่อนจบบทเรียนในชั้นนี้เองที่บทเรียนจะได้แนะนำการนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน จึงได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

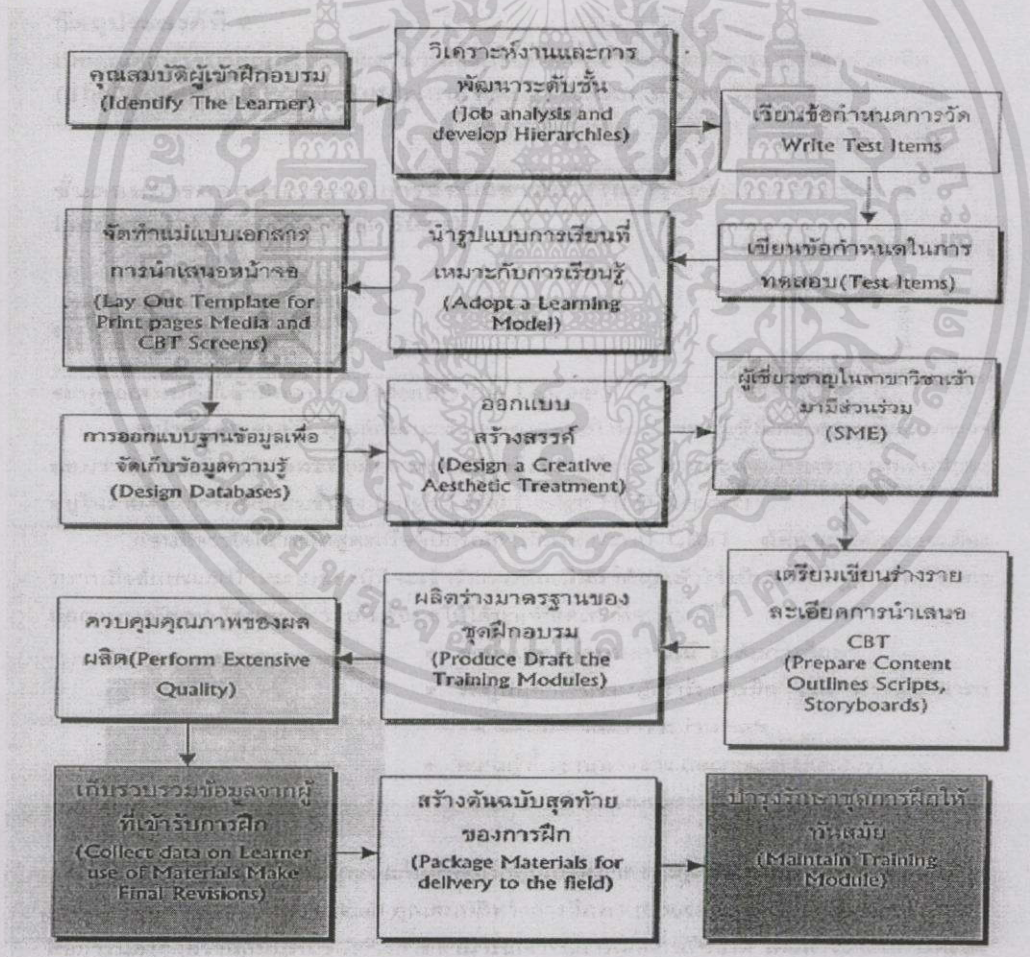
1. ควรบอกผู้เรียนว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนผ่านมาแล้วอย่างไร
2. ทบทวนแนวความคิดเพื่อเป็นการสรุปเนื้อหาบทเรียน
3. นำเสนอสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจนำไปใช้ประโยชน์
4. ได้บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื้อกับบทเรียนที่ผ่านมา

ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นของ Gagne' เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้ทั่ว ๆ ไป แต่โดยวัตถุประสงค์หลักแล้วสามารถใช้ได้กับการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูป ก็คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนได้เกิดความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ขั้นตอนการสอน 9 ขั้นนี้ ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้ และไม่จำเป็นต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำ ๆ กัน จนน่าเบื่อหน่าย จะเป็นวิธีการอีกอย่างหนึ่ง ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่ควรคำนึงถึง

2.3 การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

การออกแบบระบบการสอน (Instructional Systems Design) ของกลุ่มที่ปรึกษาการออกแบบระบบการสอน จากมหาวิทยาลัยยูทาร์ มลรัฐยูทาร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (USU/CID-KMITL) ในโครงการเงินกู้ของธนาคารพัฒนาแห่งชาติเอเชีย (ADB) ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม (Department of Thai Skill Development Ministry of Labor and Social Affair) ซึ่งเรียกว่า โครงการพัฒนาฝีมือแรงงานไทย (Thai Skill Development Project) ในการดำเนินการออกแบบระบบการสอนได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบและใช้หลักการและเหตุผลของการใช้ระบบการฝึกอบรม (คู่มือการพัฒนาชุดฝึก CBST กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม : 22) ได้ขั้นตอนในการออกแบบระบบการสอนดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบโครงสร้างการออกแบบระบบการสอนวิชาชีพ (The Professional Practice of Instructional Systems Design Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบระบบการสอน (Instructional Systems Design Model)

1. ระบุคุณสมบัติผู้เข้าฝึกอบรม (Identify the Learn) อะไรคือคุณสมบัติ คุณลักษณะพิเศษของกลุ่มเป้าหมายของผู้เข้าฝึกอบรม ทำการตรวจสอบว่าสิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อ การออกแบบหรือไม่ รายละเอียดของข้อกำหนดผู้ฝึกจะอยู่ในรายงานการออกแบบขั้นสูง (High Level Design HLD Report)

2. เขียนจุดประสงค์การดำเนินงานเพื่อเป็นมาตรฐานการวัด (Write Performance Objectives for Module) จากบทสรุปของการฝึกอบรม อะไรที่ผู้เข้าฝึกอบรมสามารถรับรู้ทำ หรือรู้สึก หลังจากนั้นการรับรู้ (Cognitive + Psychomotor) รายละเอียดส่วนตัวของผู้เข้าฝึกอบรม พิจารณา วัตถุประสงค์จะต้องสอดคล้องกับมาตรฐานของแต่ละสาขาอาชีพ และกำหนดให้รอบครอบ เพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนาสื่อการสอน รายการของวัตถุประสงค์จะอยู่ในรายงานการออกแบบขั้นสูง (High Level Design HLD Report)

3. เขียนมาตรฐานความรู้ และความชำนาญ เพื่อวัดผลที่ได้จากการฝึกอบรม (Write Knowledge and Skill Test Items to Measure the Outcomes of Training) ทำแบบทดสอบที่มี ประสิทธิภาพ และเชื่อถือได้ ทดสอบผู้เข้าอบรมว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ของการอบรมหรือไม่ และ เพื่อเป็นการตรวจสอบความสำเร็จของผู้เข้าฝึกอบรม รายละเอียดของการทดสอบอยู่ในรายงานการ ออกแบบขั้นสูง (High Level Design HLD Report)

4. เขียนรายการทดสอบก่อนว่าเข้ารับฝึกอบรม (Per-Test Items) ขั้นตอนนี้จะใช้ใ้ นการตัดสินใจว่าผู้เข้าฝึกจะมีความสามารถและความรู้ทักษะใดที่จะต้องเรียน ขั้นตอนนี้จะถูกเขียนขึ้น ตามแนวทางของขั้นตอนที่ 3 การออกแบบหลักสูตรจะต้องมั่นใจว่าผู้เข้าฝึกอบรมข้ามขั้นในการฝึกได้ โดยการผ่านการทดสอบ แบบการทดสอบจะลงไว้ในรายงานการออกแบบขั้นสูง (High Level Design HLD Report)

5. รายงานการออกแบบขั้นสูง (High Level Design HLD Report) ต้องส่งรายงานนี้ ไปยังกรมการออกแบบระบบการสอนของโครงการพัฒนาฝีมือแรงงานไทย ตรวจสอบความเป็นไปได้ ก่อนที่จะไปดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาใหม่

6. พัฒนาแบบแผนที่สวยงาม และสร้างสรรค์ และสวยงาม (Develop and Creative, Aesthetic Treatment for the Module) การพัฒนาหลักสูตรใช้รูปแบบมาตรฐานที่พัฒนารูปแบบโดยกลุ่มงาน แบบระบบการสอนในโครงการพัฒนาฝีมือแรงงานไทย (Thai Skill Development Project TSDP) สื่อการสอนจะต้องทำให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้สึกที่ดีเกี่ยวกับสิ่งที่จะพวกเขาจะได้รับ และต้องตรงกับวัตถุประสงค์ที่ผู้สร้างตั้งไว้ เพราะฉะนั้นสื่อการสอนควรจะเป็นแบบแผนที่ดึงดูด มีสีสัน และระยะเวลา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตอบสนองผู้เรียน มีความรวดเร็ว เพื่อที่จะดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้รับความสำเร็จสูงสุด
เสนอรายละเอียดอยู่ในรายการของรายละเอียดขั้นการออกแบบ (Detail Level Design DLD)

7. จัดทำแบบจำลอง (Template) สำหรับเอกสาร การนำเสนอ และหน้าจอของกลุ่ม
CBT ในการออกแบบระบบการสอนของหลักสูตร พยายามลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบ เช่น หน้าจอ
ที่มีลักษณะเด่น และความพิเศษมาก นอกจากนั้นต้องมีประสิทธิภาพสูง โดยการใช้มาตรฐาน และ
การนำแบบจำลอง มาปรับปรุงและนำมาใช้ใหม่ มีความสำคัญมาก สำหรับการพัฒนาแผนการ
กำหนดคุณลักษณะ และเลขหมายของการออกแบบ และสื่อเป็นองค์ประกอบในการฝึกอบรม

8. การหาข้อกำหนดเกี่ยวกับการออกแบบหน้าจอ CBT โดยคุณต้องเขียนแผนงานที่
ดี มีความถูกต้อง และเนื้อหาที่น่าสนใจ นอกจากนั้นยังต้องมีการคาดคะเนเนื้อหาที่อาจจะล้าสมัยใน
อนาคต แล้วทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง โดยใช้อุปกรณ์ที่ไม่แพง เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงและขยาย
การใช้งานของอุปกรณ์การสอน

9. การเตรียมเขียนร่างเอกสาร (Printed Page) การนำเสนอสื่อการสอน และหน้าจอ
ของ CBT โดยการทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อที่จะได้รับเนื้อหาที่เหมาะสม เนื้อหาต้อง
เป็นที่ยอมรับของผู้ที่จะใช้สื่อการสอน และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงต้องเสียค่าใช้จ่ายที่ไม่แพงมาก
และแน่ใจว่าไม่พบข้อผิดพลาด และสิ่งที่ข้ามขั้นตอนนี้ไป และดีกว่าที่จะไปตรวจพบหลังจากที่เนื้อหา
นี้ได้รับการบันทึกลงในสื่อการสอนเรียบร้อยแล้ว

10. การพิจารณารายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ (Submit a Detail Level Design)
รายงานเพื่อการพิจารณารายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ โดยกลุ่มการออกแบบระบบการสอนโครง
การพัฒนาฝีมือแรงงานไทย (TSDP) พิจารณาก่อนที่จะดำเนินการผลิต

11. การสร้างแบบแผนงานฝึกที่เป็นที่ต้องการของโครงการ และเหมาะสมกับความ
ต้องการของผู้เรียน การสร้างร่างต้นฉบับ (Prototype) ของการฝึกให้เสร็จเรียบร้อย และพร้อมที่จะ
ส่งให้ผู้เรียนใช้ได้ วิธีนี้จะทำให้ผลผลิตจริงที่กำลังจะเสร็จได้ข้อมูลที่ดีกว่า และใกล้เคียงกับที่ผู้เรียน
ต้องการ

12. ปฏิบัติการควบคุมคุณภาพผลผลิตของการฝึก (Perform Extensive Quality on
the Training Product) ปฏิบัติการควบคุมคุณภาพผลผลิตของการฝึก ไม่ใช่สิ่งที่จะสามารถทำให้
เสร็จได้ภายในครั้งเดียว แต่จะใช้ความถูกต้อง การวางแผนที่ดี เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบการสอน
ส่วนประกอบทั้งหมดของแผน สามารถจะต้องมีการจัดสรรเวลาอย่างพอเพียงให้กับการตรวจสอบข้อ
ผิดพลาด และสิ่งที่ถูกละเลยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผู้เรียน และจากการใช้ร่างต้นฉบับ (Prototype) เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง และการสร้างต้นฉบับสุดท้าย (Final Draft) การทดสอบร่างต้นฉบับ กับกลุ่มตัวแทนของผู้เรียนเพื่อหาข้อผิดพลาด และกำหนดข้อเปลี่ยนแปลงที่จำเป็นต่อผลผลิตจริง (Final Product)

14. การสร้างต้นฉบับสุดท้าย (Final Drafts) ของการฝึก และส่งไปยังสาขาต่าง ๆ การใช้ระบบการศึกษาที่เสร็จสมบูรณ์ ใช้ได้นาน และมีประสิทธิภาพต่อการฝึก สามารถที่ระบบให้มีความน่าสนใจ และง่ายต่อการใช้งานของผู้เข้าฝึก ง่ายต่อการเก็บรักษา และในระหว่างการใช้ โดยลดและเปลี่ยนแปลงของบางส่วนที่ทำให้เกิดการเสียหายได้ง่ายออกไป

15. การบำรุงรักษาแบบแผน การฝึกให้มีความทันสมัยตลอดเวลา สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา และเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการฝึก (Maintain Training Modules to ensure they up-to-date, usable and efficient training tools) จำเป็นต้องพัฒนาอุปกรณ์ (Materials) ที่ง่ายต่อการเก็บรักษา และจะต้องควบคุมค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาอุปกรณ์โดยมีการวางแผนการเก็บรักษาที่ดี

ขั้นตอนการออกแบบการสอนที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้นำไปประยุกต์ใช้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ เช่น ระบุคุณสมบัติผู้เข้าฝึกปฏิบัติ เขียนวัตถุประสงค์การดำเนินงานเพื่อเป็นมาตรฐานการวัด เขียนมาตรฐานความรู้ เพื่อวัดผลจากการฝึกปฏิบัติ พัฒนาแบบแผนที่สร้างสรรค์ และทำให้เกิดความสวยงามเกี่ยวกับการออกแบบหน้าจอ CBT และการสร้างต้นฉบับสุดท้ายของการฝึกปฏิบัติ

2.4 การวัดผล

ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง คุณลักษณะ และความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรม หรือจากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถ หรือความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ของบุคคลว่า เรียนแล้วมีความรู้เท่าไร มีความสามารถอย่างไร ซึ่งสามารถวัดผลได้ 2 แบบ ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และตามลักษณะวิชาที่สอน คือ (ไพศาล หวังวานิช 2526 : 89)

1. การวัดภาคปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติ หรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในรูปการกระทำจริงให้ออกมาเป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องวัดโดยใช้ “ข้อสอบภาคปฏิบัติ” (Performance Test)

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Content) ประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้ “ข้อสอบผลสัมฤทธิ์” (Achievement Test)

การวัดภาคปฏิบัติ หรือการทดสอบความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เรียน เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมตรงออกมาด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการวิธีการต่าง ๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมา ให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะ (Skill Outcomes) การวัดผลภาคปฏิบัติมีวิธีการดังนี้

2.4.1 วิธีการวัด

เมื่อต้องการทราบว่าผู้เรียน เรียนรู้หลักและวิธีการในการปฏิบัติสิ่งใดแล้ว จะสามารถปฏิบัติจริงได้หรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาที่มุ่งเน้นความสามารถด้านการปฏิบัติ ควรจะให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติสิ่งนั้นจริง ให้ออกมาเป็นผลงานหรือให้สังเกตเห็นได้ หลักความสำคัญในการวัดภาคปฏิบัติก็คือ ต้องกำหนดงานขึ้นมาให้ผู้เรียนได้เรียนได้ปฏิบัติจริง งานที่กำหนดขึ้นนี้อาจจะเป็นได้ทั้งในแง่ความเป็นจริง หรือสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือให้เป็นงานตัวอย่าง หรือเป็นงานจำลองของจริง (Work Sample) เช่น การเขียนภาพ การตัดเสื้อ การสานพัด การตอนต้นไม้ เป็นต้น หรืออาจเป็นงานสมมุติ หรือเลียนแบบของจริง (Simulated Work) ก็ได้ เช่น การจำลองแบบบ้าน การปั้นรูปผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการวัดภาคปฏิบัติจึงมีความสำคัญอยู่ที่กำหนดงานให้ผู้เรียนปฏิบัติ ซึ่งมีหลักการดังต่อไปนี้

1. ควรเป็นงานที่บอกระดับทักษะ หรือความสามารถในการปฏิบัติได้อย่างแท้จริง งานนั้นสามารถจะจำแนกความสามารถของผู้เรียนได้ นั่นคือ งานนั้นต้องไม่ยาก หรือง่ายเกินไป เพราะจะทำให้ผลงานที่ได้ออกมาเหมือนกันหมดทุกประเภทและทุกคน

2. ควรเป็นงานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติได้ โดยต้องใช้ทักษะด้านต่าง ๆ ประกอบกัน หรือนำมาผสมผสานกันจึงจะดี เป็นงานที่มีความสำคัญเพียงพอที่จะกำหนดเป็นตัวแทน ในการปฏิบัติสิ่งอื่น ๆ ได้ด้วย

3. ควรพิจารณาลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติว่า เป็นงานที่ควรปฏิบัติเป็นรายบุคคล หรือสามารถปฏิบัติเป็นกลุ่ม หรือพร้อม ๆ กันไป เพื่อให้การวัดนั้นถูกต้อง และสามารถให้คะแนนได้อย่างเชื่อมั่นได้

4. งานที่กำหนดควรให้อยู่ในวิสัยที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ และผู้สอนก็สามารถจัดสถานการณ์ เพื่อการปฏิบัติได้อย่างแท้จริง

5. ควรชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจงานที่จะปฏิบัติอย่างชัดเจนก่อนทุกครั้งไป เช่น ควรบอกจุดมุ่งหมายขอบข่ายของงาน ผลที่ต้องการ เครื่องมือที่จะใช้ เงื่อนไขต่าง ๆ ในการปฏิบัติ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ รวมทั้งการพิจารณา หรือการตรวจให้คะแนน เป็นต้น

2.4.2 การตรวจภาคปฏิบัติ

ความยุ่งยากประการหนึ่งในการวัด หรือทดสอบภาคปฏิบัติก็คือ การตรวจให้คะแนนซึ่งมักจะขาดความเชื่อมั่น ทั้งนี้เพราะโดยปกติแล้วผู้สอนนิยมให้คะแนนผลงานการปฏิบัติของผู้เรียนโดยใช้วิธีการสังเกตและตัดสินใจให้คะแนนทันที ย่อมจะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย การตรวจภาคปฏิบัติที่ดีนั้น ควรมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. การตรวจผลงานภาคปฏิบัติ ควรตรวจหรือให้คะแนนทั้ง 2 ด้าน คือ

1.1 วิธีการปฏิบัติ (Procedure or Process) ได้แก่ วิธีดำเนินการทั้งหลายของการปฏิบัติ เช่น ขั้นตอนการปฏิบัติ เครื่องมือที่ใช้ ทักษะการใช้เครื่องมือ กรรมวิธีในการปฏิบัติเวลาที่ใช้ปฏิบัติ เป็นต้น

1.2 ผลปฏิบัติ (Product or Output) ได้แก่ ผลผลิตหรือสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติ ควรพิจารณาอย่างรอบคอบทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น จำนวนงานที่ได้ ความงาม ความถูกต้อง ความคิดริเริ่ม ประโยชน์ใช้สอย เป็นต้น

2. การตรวจผลงานภาคปฏิบัติในแต่ละรายงาน ย่อมเน้นความสำคัญของวิธีปฏิบัติ ผลปฏิบัติที่มีความแตกต่าง ดังนั้นผู้สอนต้องพิจารณาก่อนว่า การปฏิบัติของรายวิชานั้น ควรเน้นหนักทางด้านใด เพื่อจะกำหนดอัตราส่วนของความสำคัญแต่ละด้านไว้ให้แน่นอนก่อน

3. ควรตั้งหลักเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนอย่างชัดเจน โดยกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ที่จะให้พิจารณาในการให้คะแนนอย่างครบถ้วนเหมาะสม

2.4.3 วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติ

ไม่ควรตรวจให้คะแนนผลงานโดยใช้เพียงการสังเกตแล้วให้คะแนนทันที เพราะจะทำให้คะแนนที่ได้มีความเชื่อมั่นต่ำและไม่ตรงกับความเป็นจริง วิธีการตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติที่นิยมใช้มีอยู่ 2 วิธี คือ

1) ใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist)

ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนภาคปฏิบัติทั้งในด้านวิธีปฏิบัติ และผลปฏิบัติ โดยใช้วิธีกำหนดรายการ หรือรายละเอียดต่าง ๆ ของวิธีทำหรือผลปฏิบัติขึ้นมา เพื่อให้เป็นเกณฑ์ในการให้คะแนน โดยพยายามกำหนดสิ่งที่สำคัญ ๆ ของการปฏิบัติในครั้งนั้น ๆ ออกมาเป็นข้อ ๆ หรือเป็นรายการ (List) แล้วก็พิจารณาการปฏิบัติหรือผลงานของผู้เรียนแต่ละคนตามรายการที่กำหนดไว้ นั้นว่าแต่ละเรื่องแต่ละรายการนั้นผู้เรียนปฏิบัติเป็นอย่างไร แล้วบันทึกผลการปฏิบัติของผู้เรียนเป็นคะแนน หรือตรวจผลงานเป็นระดับก็ได้ เช่น ดี-ไม่ดี หรือ ใช้ได้-ต้องแก้ไข หรือ ดี-พอใช้-ไม่ดี เป็นต้น

2) ใช้การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scale)

ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นคุณภาพ หรือคุณภาพต่าง ๆ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับการให้คะแนนการปฏิบัติในด้านที่เป็นผลปฏิบัติมากกว่า วิธีการปฏิบัติหลักสำคัญของการจัดอันดับคุณภาพ ก็คือ พยายามประเมินผลงานของผู้เรียนด้วยการเปรียบเทียบกันในกลุ่ม เพื่อจัดอันดับแล้วจึงแปลงอันดับที่ได้ออกมาเป็นคะแนน มีขั้นตอนปฏิบัติดังนี้

1. พิจารณาผลงานแต่ละคนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วตัดสินว่างานนั้นมีคุณภาพดี หรือปานกลาง หรือไม่มีคุณภาพ และแยกเป็นสามกลุ่ม
2. พิจารณาผลงานในแต่ละกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบ และจัดอันดับผลงานเหล่านั้น โดยจัดอันดับผลงานไปที่ละกลุ่ม จนครบทั้งสามกลุ่ม
3. นำอันดับทั้งหมดมาเรียงต่อกัน จะได้ผลงานที่ยอดเยี่ยมอันดับหนึ่ง สอง สาม ไปจนถึงอันดับสุดท้ายของกลุ่ม
4. ให้แปลงอันดับของผลงานที่เรียงไว้ทั้งหมด ออกมาเป็นตำแหน่งร้อยละ (Percent Position) ซึ่งเป็นการจัดอันดับของผลงานเหล่านั้น โดยให้คิดผลงานทั้งหมดเป็น 100 ขึ้น ดังนั้นตำแหน่งร้อยละที่ได้ออกมา จะบอกให้ทราบว่างานชิ้นนี้ได้อันดับนี้ในกลุ่ม จะกลายเป็นอันดับที่เท่าไร ใน 100 นั้นเอง โดย

$$\text{ตำแหน่งร้อยละ} = \frac{100 (\text{อันดับ} - .5)}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ให้แปลงตำแหน่งร้อยละเป็นคะแนน โดยใช้บัญชีสำหรับแปลงอันดับ
คุณภาพให้เป็นคะแนนของ Henry E. Garrett

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงการวัดผลในภาคปฏิบัติ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้วัดความสามารถด้านทักษะของผู้เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซ์ ซึ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ซึ่งเป็นบทเรียนที่มุ่งเน้นความสามารถด้านการปฏิบัติเป็นหลัก ในการประเมินแบบทดสอบวัดผลภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้น ควรใช้วิธีการตรวจผลงานภาคปฏิบัติขึ้นมา เพื่อเป็นเกณฑ์ในการให้คะแนน

2.4.4 แบบทดสอบกับการวัดผลภาคปฏิบัติ

การออกแบบทดสอบที่เป็นข้อเขียนเพื่อวัดผลหลังการฝึกปฏิบัติการนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (อุทุมพร จามรมา 2529 : 88)

1. ตามปกติการวัดผลภาคปฏิบัตินั้น เป็นการวัดในสถานการณ์ที่นักศึกษาปฏิบัติจริง ไม่ว่าจะการวัดนั้น ๆ จะอยู่ในระดับที่เรียกว่า วัดเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนที่เรียกว่า Formative Evaluation หรือวัดผลเพื่อจะประเมินผลรวมที่เรียกว่า Summative Evaluation การวัดจากสถานการณ์จริงเช่นนี้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้วิธีการสังเกต การใช้เครื่องมือวัด เช่น Rating Scales หรือ Checklist ร่วมกับการสังเกตไม่ได้

2. ได้มีความพยายามที่จะใช้แบบทดสอบข้อเขียน เพื่อวัดวิธีปฏิบัติงานอาจารย์หลายท่านสอนนักศึกษาให้ปฏิบัติงานแล้ว ภายหลังจากออกข้อสอบเป็นข้อเขียนตามโดยการกำหนดสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ แล้วให้นักศึกษานำเอาวิธีการที่เคยปฏิบัติงานจากสถานการณ์จริง มาตอบคำถามในสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นมาใหม่ เป็นการประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติการ ตัวอย่างทางแพทยศาสตร์ซึ่งได้เคยสอนให้วินิจฉัยโรคผิวหนังหลาย ๆ อย่างไปแล้ว แต่ในตอนสอบบางครั้งจัดทำสถานการณ์ขึ้นมาใหม่ เช่น มีภาพสีแสดงให้เห็นโรคผิวหนังพร้อมบอกอาการ แล้วให้ผู้สอบทำหน้าที่ตอบคำถามเพื่อวินิจฉัยโรค ถึงแม้ว่าการถามนี้จะเป็นข้อสอบเขียน แต่การถามแบบยกสถานการณ์ เช่นนี้ก็พอจะทำนายพฤติกรรมการประยุกต์ความรู้ของผู้เรียนได้พอสมควร สิ่งที่จะต้องพึงระวังก็คือ การสร้างสถานการณ์ควรตรงกับสภาพความเป็นจริงของแบบทดสอบ ผู้ตอบถูกและในแนวทางปฏิบัติจริงผู้ตอบก็สามารถปฏิบัติได้ถูกต้องด้วย

ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถด้านความรู้ของผู้เรียนนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถ ภาคทฤษฎีเป็นข้อสอบจากคลังข้อสอบใหญ่ โดยการสร้างสถานการณ์ตรงกับสภาพความเป็นจริง เป็นไปตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้

2.5 โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring System)

โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน หรือเรียกว่า Authoring System เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้มีการพัฒนาขึ้น เพื่อใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ หรือสร้างสรรคงานมัลติมีเดียเริ่มแรก ได้มีการพัฒนาใช้กับคอมพิวเตอร์ตระกูล Macintosh เป็นส่วนใหญ่ หลังจากนั้นได้มีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ใช้งานกับไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC ตัวอย่างของโปรแกรมเฉพาะที่มาจากต่างประเทศและมีจำหน่ายในประเทศไทย สามารถใช้สำหรับพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC ได้แก่ Authorware Professional, Multimedia Toolbook และ Icon Author (IT Soft. 1993 : 121)

2.5.1 โปรแกรม Authorware Professional

โปรแกรม Authorware version 5 เป็นโปรแกรมประเภท Authoring System ที่ใช้สำหรับการสร้างงานประยุกต์ในระบบมัลติมีเดีย ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอผลงานต่าง ๆ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ด้วยคอมพิวเตอร์ หรือแม้กระทั่งเกมก็ยังสามารถทำได้ด้วยการออกแบบการทำงานโดยการวางไอคอน บน Flow-line ตามลำดับ การทำงานเหมือนกับการเขียนผังงาน (Flowchart) เพื่อที่จะออกแบบโปรแกรม หรือการวางแผนงานต่างทำให้แม้แต่ผู้ที่ไม่ได้เป็นโปรแกรมเมอร์ก็สามารถที่จะสร้างงานขึ้นมาได้ โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับภาษาโปรแกรม Authorware มีการพัฒนาดังแต่รุ่นแรก ๆ ใช้ตั้งแต่ Version 2 ซึ่ง Authorware Version 2 นั้น มีคุณสมบัติที่เด่น ๆ กว่าโปรแกรมประเภทเดียวกัน จนกระทั่งปี 2540 ทาง Macromedia ได้มีการพัฒนาออก Authorware Version 4

คุณสมบัติของโปรแกรม Authorware Professional

โปรแกรม Authorware Professional มีคุณสมบัติเด่น 3 ประการ ที่สนับสนุนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ในระบบมัลติมีเดีย รวมทั้งการกระจายบทเรียนที่พัฒนาแล้วไปยังผู้ใช้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การออกแบบโปรแกรมด้วยเทคนิค Object Authoring ทำให้ผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคยกับการออกแบบโปรแกรม หรือผู้ที่มีประสบการณ์มาแล้วก็ตาม สามารถทุ่มเทความสนใจไปยังรายละเอียดของเนื้อหาบทเรียน และวิธีการโต้ตอบของผู้ใช้ โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม การใช้สัญลักษณ์ (Icon) แทนคำสั่งทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรแกรมที่มีคุณภาพสูงได้อย่างง่าย โดยภายในแต่ละบทเรียนที่สร้างขึ้นสามารถใช้อะไอคอนได้ถึง 16,000 ตัว

2. ในโปรแกรม Authorware Professional ประกอบด้วยเครื่องมือด้านมัลติมีเดียอย่างสมบูรณ์ ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างบทเรียนที่ประกอบด้วยข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และภาพวิดีโอเข้าด้วยกัน ทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียนการสอน การฝึกอบรมได้อย่างดี

3. การออกแบบโปรแกรมให้สามารถใช้ได้หลายระบบ ทำให้ผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นบนเครื่องแมคอินทอชหรือภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ที่อยู่บนเครื่องไอบีเอ็ม มีการทำงานเหมือนกันและสามารถที่จะติดต่อไปยังระบบภายนอกได้

2.5.2 เกณฑ์การเลือกใช้โปรแกรม Authorware Professional สำหรับการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างบทเรียนสำเร็จรูปช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โดยผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียนชื่อ Authorware Professional ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาบทเรียนโดยมีเกณฑ์การเลือก ดังนี้

1. ง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากการพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ และสร้างสรรค์งานมัลติมีเดีย จะใช้อะไอคอนจับวางไว้บนเส้น Flow-line หลังจากนั้นก็สามารถจัดการใช้แต่ละไอคอน โดยการเปิด Presentation Windows เพื่อสร้างภาพ ข้อความ การนำเข้าภาพ กำหนดการโต้ตอบ หรือกระทำอย่างอื่น ๆ ตามลักษณะของการจัดการบทเรียนที่ออกแบบไว้แล้ว ผู้ที่ไม่มีมีความรู้เรื่องการโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาก่อนก็สามารถสร้างบทเรียนในขั้นพื้นฐานได้

2. การสนับสนุนระบบมัลติมีเดีย ได้แก่ ภาพเสียง ภาพเคลื่อนไหว การโต้ตอบ และการนำเข้าภาพจากไฟล์ภายนอกโปรแกรม Authorware Professional สามารถสนับสนุนการสร้างสรรคงานระบบมัลติมีเดียค่อนข้างสมบูรณ์

3. การสนับสนุนระบบการจัดการฐานข้อมูล มีประโยชน์ในการที่จะอำนวยความสะดวกการคำนวณ ประเมินผลการเรียนรู้ เก็บบันทึกข้อมูล

4. สะดวกต่อการจัดหาโปรแกรม โปรแกรม Authorware Professional เป็นโปรแกรมที่จัดหาได้ง่าย และเป็นโปรแกรมที่แพร่หลายมาเป็นระยะเวลาานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Authorware Professional เป็นระบบนิพจน์บทเรียนที่ใช้งานง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่น สามารถสร้างบทเรียนสำเร็จรูปช่วยสอนได้ดี โดยเฉพาะบทเรียนระบบมัลติมีเดีย และเป็นโปรแกรมที่จัดหาได้ง่าย เหมาะสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานโดยทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้โปรแกรม Authorware Professional ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปช่วยสอนที่เป็นภาษาไทย จึงได้ใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ แม้ว่าโปรแกรมนี้จะมีข้อจำกัดอยู่บ้างในการใช้งาน

2.5.3 ข้อจำกัดของโปรแกรม Authorware Professional

ข้อจำกัดของโปรแกรม Authorware Professional ในการใช้งาน มีดังนี้

1. เครื่องมือสำหรับการสร้างภาพ Graphic Tools Box มีจำนวนน้อย เครื่องมือที่มีอยู่ในโปรแกรม เหมาะสำหรับสร้างภาพขั้นพื้นฐานเท่านั้น เช่น รูปทรงเรขาคณิต
2. การแสดงภาพผลพิเศษ (Effect) มีอยู่น้อย และเป็นขั้นพื้นฐานเท่านั้น เช่น การแสดงภาพซ้ายขวา ขึ้นลง เปิดเข้าออก ทำให้การนำเสนอและลบภาพ หรือข้อความมีความเรียบง่าย
3. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันที่มีอยู่ทำได้ยาก โปรแกรม Authorware Professional มีฟังก์ชันพื้นฐานใช้งานมากกว่า 200 ตัว โดยมีรูปแบบตามมาตรฐานของบริษัท Macromedia ซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นการเขียนโปรแกรมจึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก
4. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการโต้ตอบ ในบทเรียนขณะที่มีการอ่านไฟล์เสียง ปัญหาที่พบ ได้แก่ เกิดภาพซ้อน การโต้ตอบบทเรียนจะทำได้ และหลุดออกจากโปรแกรม

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์

อดิเทพ ไช้เพชร (2532 : 32) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้าง และหาประสิทธิภาพ

โปรแกรมเรียนด้วยตนเอง ภาษาแอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองกับ นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส. ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนโปรแกรมด้วยตนเองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.32/79.92 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

มนต์ชัย (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการ พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย สำหรับการฝึกอบรม ครู - อาจารย์และนัก ศึกษาฝึกอบรม เรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยและพัฒนาทำให้ได้บทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบมัลติมีเดีย ตามมาตรฐาน Multimedia Personal Level 2 บรรจุอยู่ใน ซีดีรอมขนาดความจุ 465 Mb. จำนวน 19 เรื่อง โดยประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 2 ส่วน คือ หลักการ ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างบทเรียน ผลการ ทดลองใช้พบว่า บทเรียนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.23 / 85.64 และผู้ใช้สามารถสร้างบทเรียนได้มี ประสิทธิภาพ 72.09 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บทเรียนและผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อบท เรียนในระดับดี แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ฝึกอบรมการ สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย เพื่อใช้ในการเรียนการสอน หรือฝึกอบรมได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วีรพงษ์ แสงชูโต (2532 : 76-77) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อม วิชาเคมี นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอนปกติ ผลการ วิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนซ่อมเสริม โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ การสอนปกติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

สมสิน วาขุนทด (2538 : 49) การวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 63 คน ที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนและชุดแบบเรียนสำเร็จรูป กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนเสริม ในเนื้อหาเรื่องวงจรคอมบินชัน วิชา ดิจิตอลเทคนิค ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยสื่อการเรียนสอง ชนิด กับการเรียนโดยการฟังบรรยายตามปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ .05

โดยนักศึกษากลุ่มที่ใช้สื่อการสอนเสริมหลังการบรรยายตามปกติ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า กลุ่มที่ไม่ได้เรียนสอนเสริม

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

Silverstand, Nelelic (1990) การนำ CBT มาใช้ทางการศึกษา นั้นในมหาวิทยาลัย Hofatra University ได้มีการทดลองใช้ CBT ในเรื่องประวัติศาสตร์ของอุตสาหกรรม และจิตวิทยาองค์การ ได้ทดลองใช้ CBT กับนักศึกษา 70 คน โดยมีการทดสอบความรู้ (Comprehension) 2 ครั้ง ในระหว่างการทดสอบ ส่วนครั้งที่ 3 มีทดสอบความคงทนในการจำ และสิ้นสุดการทดลองอีกครั้งหนึ่ง ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างในการวัดตัวแปรต้นของรูปแบบการสอน และกลุ่มควบคุม ยิ่งไปกว่านั้นทัศนคติของผู้ที่เข้ารับการทดสอบโปรแกรม Computerrized ยังไม่มีความแตกต่างกันอีกด้วย จากผลการวิจัยได้ถูกอภิปรายผลถึงเหตุผลว่าเหตุใดจึงไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุม และตัวแปรการนำเสนอ คำตอบที่พบประเด็นนี้ จะต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับ CBT การควบคุมและรูปแบบของการนำเสนอ เพื่อหาเหตุผลของข้อคำถามดังกล่าว

Coven & Michael bee (1991) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทบาทของการนำ CBT เข้ามาใช้ ในการผลิตอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่เป็นผลผลิตจากโรงงานในปัจจุบันนั้นมีความยุ่งยากซับซ้อน และก่อให้เกิดปัญหาในการนำมาใช้งานเป็นอย่างมาก จึงได้นำหลักการของ CBT เข้ามาประยุกต์เพื่อใช้แก้ปัญหาสร้างความเข้าใจต่อการใช้งาน และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ เหล่านั้น หลักการของ CBT ได้มีการวิจัยต่อเนื่องกันมาตลอด แต่ได้มีผลการวิจัยถึงผลของ CBT ที่เกี่ยวกับผู้ใช้งานว่ามีความรู้ในการใช้งานมากน้อยแค่ไหน ในการทดลองเกี่ยวกับการนำ CBT เข้ามาใช้ โดยทดลองกับนักเรียนนายเรือ 80 คน โดยมีการนำเสนอบทเรียนเป็นรายบุคคล โดยผ่านคอมพิวเตอร์ และในเนื้อหานั้นประกอบด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนการปฏิบัติ และมีการทดสอบหลังจากเรียน และปฏิบัติแล้ว โดยมีการตอบสนอง 4 รูปแบบ ในการตอบสนองนั้นก็จะต้องตอบสนองทั้งถูกผิด โดยคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองพบว่าการตอบสนองโดยทันที จะมีการรับรู้ที่ดีกว่า สำหรับผลตอบสนองใน CBT นี้จะเป็นเทคนิคในการสอนที่ก่อให้เกิดผลดี เพราะ CBT นี้จะมุ่งเน้นไปที่ความตั้งใจ หรือความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) วัตถุประสงค์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์แล้วหาประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีในการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะวิชาไฟฟ้า แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 70 คน มีความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์เบื้องต้น สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้บ้างภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows และความรู้ในวิชาชีพพื้นฐานดังนี้ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาที่คัดเลือกจากประชากร โดยได้ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับฉลากจากประชากรจำนวน 70 คน เพื่อแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 20 คน โดยกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนตามปกติด้วยคู่มือครูแต่เพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์
2. แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
 - 2.1 แบบทดสอบภาคทฤษฎี
 - 2.2 แบบทดสอบภาคปฏิบัติ
3. แบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
4. แบบสอบถาม
 - 4.1 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
 - 4.2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)
 - 4.3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์

ในการสร้างบทเรียนมีขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลที่ได้ในส่วนของเนื้อหาของทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มากำหนดเป็นโครงสร้างของเนื้อหา และในส่วนของแนวทางการพัฒนาบทเรียน ใช้โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน ชื่อ Authorware Professional เป็นเครื่องมือในการพัฒนาบทเรียน สามารถใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรม Microsoft Windows ได้ และต้องมีเครือข่าย
2. เขียนวัตถุประสงค์การดำเนินงานเพื่อเป็นมาตรฐานการวัด โดยเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาของทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมครั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดการออกแบบหน้าจอ CBST และกำหนดแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน (ข้อสอบ)

3. ออกแบบหน้าจอภาพโดยพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เริ่มตั้งแต่รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ส่วนของการควบคุมบทเรียน ส่วนของพื้นที่การใช้งานบนจอภาพ และส่วนอื่น ๆ เมื่อออกแบบแล้วนำไปทดลองจริงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมต่าง ๆ ทั้งหมด

4. ออกแบบผังงาน (Flowchart) และเขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โดยนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาออกแบบตามหัวเรื่องที่กำหนด

5. ทดลองสร้างบทเรียนผู้วิจัยได้ทำการทดลองสร้างบทเรียน 1 หัวเรื่อง คือ องค์ประกอบของทรานซิสเตอร์ สร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ระบบมัลติมีเดีย หลังจากนั้นตรวจสอบความสมบูรณ์เกี่ยวกับหน้าจอ CBST โดยผู้วิจัยเอง และทดลองใช้กับนักศึกษา ปวส. แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 จำนวน 5 คน ซึ่งมีความรู้พื้นฐาน เรื่อง ทรานซิสเตอร์สวิตช์ เพื่อตรวจสอบหาความเหมาะสมและแก้ไขปรับปรุง

6. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้
- ส่วนที่ 1 สร้างเนื้อหาโดยนำเนื้อหาของทรานซิสเตอร์สวิตช์ รหัสวิชา 04-221-206
 - ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 บทเรียนจำแนกเป็นเรื่อง ดังนี้
 - องค์ประกอบของทรานซิสเตอร์
 - วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์
 - การประยุกต์ใช้งานของ วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

นำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ในการนำเสนอให้เกิดความน่าสนใจ เข้าใจง่าย บันทึกการเคลื่อนไหวบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ในลักษณะการสอนจริงใน เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์

ส่วนที่ 2 สร้างแบบฝึกปฏิบัติสำหรับผู้ใช้บทเรียน โดยนำเอาผลคำนวณที่ได้จากการออกแบบทางทฤษฎี นำมาทดลองในโปรแกรม Workbench วิธีทำเองจนเกิดทักษะขึ้น

ส่วนที่ 3 สร้างแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ เพื่อวัดผู้เรียนหลังจากฝึกปฏิบัติในแต่ละเรื่องแล้ว เป็นการวัดทักษะโดยไม่มีผลคะแนนเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนรู้ว่าสามารถฝึกปฏิบัติได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้ายังทำแบบวัดผลการปฏิบัติไม่ผ่าน ก็สามารถกลับไปฝึกปฏิบัติใหม่ จะกี่ครั้งก็ได้จนสามารถทำแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติผ่าน แบบวัดผลการฝึกปฏิบัตินี้มีการตอบสนองกันระหว่างผู้

เรียนกับคอมพิวเตอร์ด้วย และในแต่ละเรื่องก็จะมีทดสอบที่แตกต่างกันไปเพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

7. ปรีกษาอาจารย์ที่ปรีกษา จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา เพื่อดูข้อบกพร่อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขอีก

8. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 คน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของบทเรียน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

ได้ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จากการตรวจแบบสอบถามทั้ง 3 ท่าน เกี่ยวกับความเหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า ระดับความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีค่าเฉลี่ย 4.2 เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดในแบบสอบถามเกือบทั้งหมดอยู่ในระดับดี ข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.0 คือ ข้อ 1.5 ความชัดเจนของคำสั่งใช้งานในบทเรียน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.0 คือ ข้อ 3.1 ความสะดวกและคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติ กับการฝึกปฏิบัติจริง

(ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ง. หน้า 171)

ได้ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จากการตรวจแบบสอบถามทั้ง 3 ท่าน เกี่ยวกับความเหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า ระดับความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีค่าเฉลี่ย 4.45 เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดในแบบสอบถามเกือบทั้งหมดอยู่ในระดับดี ข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.0 คือ ข้อ 2.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์ กับข้อ 4.2 ความชัดเจนของคำสั่ง เป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 4.0 คือ ข้อ 5.8 จำนวนข้อของแบบทดสอบ

(ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ง. หน้า 173)

9. ทดลองใช้บทเรียนหลังจากที่ได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรีกษาอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้น จึงได้ทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับ ปวส. คณะไฟฟ้า สาขาอิเล็กทรอนิกส์ การทดลองครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียน ความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาพ เสียง การดำเนินเรื่องในบทเรียน และอื่น ๆ ในบทเรียนทั้งหมด

นอกจากทดลองใช้บทเรียนครั้งนี้ จะเป็นการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อหาความเหมาะสม โดยการตรวจแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน

ได้ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน ที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า ระดับความเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี มีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.03 ข้อที่มีข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 4.35 คือ ข้อ 7.4 วิธีการรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ เป็นข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.70 คือ ข้อ 3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ (ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ง. หน้า 176)

10. แก้ไขปรับปรุงบทเรียน นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้มาทำแก้ไขปรับปรุงบทเรียน และคัดเลือกแบบฝึกหัด เพื่อเตรียมไว้ใช้งานจริงโดยผ่านอาจารย์ที่ปรึกษา และผู้มีประสบการณ์ตรวจสอบความสมบูรณ์อีกครั้ง

11. สำเนาบทเรียนเพื่อเตรียมไว้เก็บข้อมูล โดยบันทึกลงบนแผ่นซีดีรอม (CD-ROM) แผ่นที่ 1 สามารถนำไปติดตั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบเครือข่าย ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 98 Thai Edition หรือ Microsoft ME ซึ่งสนับสนุนระบบมัลติมีเดีย MPEG Level 2 แล้วทำการทดสอบความสมบูรณ์ของตัวบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง

12. นำไปใช้งาน

(ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ แสดงไว้ในภาคผนวก ข. หน้า 111)

3.3.2 สร้างแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียนที่จัดทำขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ภาค ดังนี้ คือ แบบทดสอบภาคทฤษฎี และแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

3.3.2.1 การสร้างแบบทดสอบ ภาคทฤษฎี

มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร และวิธีการสร้างแบบทดสอบภาคทฤษฎี
2. วิเคราะห์เนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อสร้างข้อสอบภาคทฤษฎี
3. สร้างข้อสอบภาคทฤษฎี เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนด

ให้ที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือตอบมากกว่าหนึ่งในข้อเดียวกันให้ 0 คะแนน แล้วนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

4. สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 คน พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

- คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.5 ไปปรับปรุงและแก้ไขให้ได้ตามเกณฑ์ต่อไป (บุญเชิด ภิญโญขนันทพงษ์. 2526 : 88-90)

จากการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาที่กำหนด จากแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน ได้ผลค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.0 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบทุกข้อมีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

(ดังรายละเอียดในผนวก ค. หน้า 142)

5. นำข้อสอบภาคทฤษฎีมาปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจ และแก้ไขอีกครั้ง

6. นำข้อสอบภาคทฤษฎีที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่มีความรู้เรื่องทราานซิสเตอร์ สวิต (ผ่านการเรียนแล้ว) จำนวน 20 คน

7. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .79 เพื่อให้ได้ข้อสอบที่จะนำไปใช้จริง 30 ข้อ โดยการสุ่มจากคลังข้อสอบ

ผลจากการวิเคราะห์แบบทดสอบที่สร้างขึ้นพบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.79 คิดเป็นค่าความยากง่าย (P) เฉลี่ย 0.58 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม และอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.5 คิดเป็นค่าอำนาจจำแนก (D) เฉลี่ย 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในระดับปานกลาง คือคุณภาพของแบบทดสอบดีพอสมควร และค่าความเชื่อมั่น (r_n) ของข้อสอบมีค่าเท่ากับ 0.69 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นปานกลางสามารถนำไปใช้ได้

(ดังรายละเอียดในผนวก ค. หน้า 158)

8. หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ภาคทฤษฎีทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KP-20 ของ Kuder-Richardson

ผลจากการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_n) ของข้อสอบมีค่าเท่ากับ 0.69 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นปานกลางสามารถนำไปใช้ได้

(ดังรายละเอียดในผนวก ค. หน้า 158)

9. นำแบบทดสอบภาคทฤษฎี ที่สมบูรณไว้แผ่นซีดีรอม แผ่นที่ 2 แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

(ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข. หน้า 131)

3.3.2.2 การสร้างแบบทดสอบ ภาคปฏิบัติ

มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้าง
 2. สร้างข้อสอบภาคปฏิบัติ เป็นวงจรถวายซิสเตอร์สวิตช์ แบบ 2 แหล่งจ่าย จำนวน 2 ข้อ ทั้ง 2 ข้อนี้ครอบคลุมเนื้อหา
 3. นำข้อสอบภาคปฏิบัติ ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง
 4. ทดลองใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ กับนักศึกษาจำนวน 20 คน เป็นการทดลองใช้พร้อมกับข้อสอบภาคทฤษฎี เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสม
 5. สร้างแบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถ เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนข้อสอบภาคปฏิบัติ นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุง (ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ข. หน้า 142)
 6. ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อสอบภาคปฏิบัติ โดยผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง
 7. นำข้อสอบภาคปฏิบัติที่สมบูรณ จัดไว้ในแผ่นซีดีรอม แผ่นที่ 2 แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
- (ดังรายละเอียด ในภาคผนวก ข. หน้า 139)

3.3.3 การสร้างแบบสอบถามวัดความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ใช้บทเรียน

1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กำหนดเป็นแนวทางสร้างแบบสอบถาม
2. สร้างแบบสอบถามขึ้นมา จำนวน 3 ชุด

ชุดที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อประเมินความเหมาะสม ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่สร้างขึ้น

ชุดที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา เพื่อประเมินความเหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่สร้างขึ้น

ชุดที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน

3: ปรีกษาอาจารย์ที่ปรีกษา โดยนำแบบสอบถามความคิดเห็นทั้ง 3 ชุด ให้อาจารย์ที่ปรีกษาดูตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อมูลที่ได้รับ

4. ทดลองใช้แบบสอบถาม โดยใช้ทดลองกับนักศึกษา ปวส. ชั้นปีที่ 5 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 20 คน เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมและความชัดเจนของคำถาม

5. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม โดยนำข้อมูลจากที่ได้ทดลองใช้มาทำการแก้ไขปรับปรุง โดยผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรีกษาอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจัดเตรียมพิมพ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อเตรียมไว้เก็บข้อมูลต่อไป

3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. การวิเคราะห์แบบทดสอบภาคทฤษฎี โดยหาค่าความยากง่าย หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ และหาค่าความเชื่อมั่น
3. การประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน และความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ตามสมมุติฐาน คือ บทเรียนสำเร็จรูปช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่นำมาใช้เป็นสื่อในการเรียนเสริม ร้อยละ 80 ของผู้เข้าเรียนสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้
5. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ 2526 : 88-90)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

N = จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.5.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบภาคทฤษฎีโดยหาค่าความยากง่าย หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

3.5.2.1 หาค่าความยากง่าย (difficulty) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 210-211)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ P คือ ความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80-1.0 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.60-0.79 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.40-0.59 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)

0.20-0.39 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00-0.19 เป็นข้อสอบที่ยากมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 210-211)

$$D = \frac{R_u - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3.3)$$

เมื่อ D คือ ค่าอำนาจจำแนก

R_u คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

0.4 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30-0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพดีพอสมควร
0.20-0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00-0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

3.5.2.3 หาค่าความเชื่อมั่น ใช้สูตรที่ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson)

$$r_n = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_1^2} \right] \quad (3.4)$$

เมื่อ r_n = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n = จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
 p = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก
 q = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด
 S_1^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนและความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.3.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) (กานดา พุนลาภทวี 2530 : 44)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N} \quad (3.5)$$

เมื่อ \bar{X} = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $\sum fx$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ระดับค่าเฉลี่ยเลขคณิต และความหมาย

ระดับ 5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง	ดี
ระดับ 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	น้อย
ระดับ 1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

3.5.3.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) (กานดา พุนลาภทวี. 2530 : 76)

$$s = \sqrt{\frac{n \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}} \quad (3.6)$$

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

x = ข้อมูลแต่ละจำนวน

f = ความถี่

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

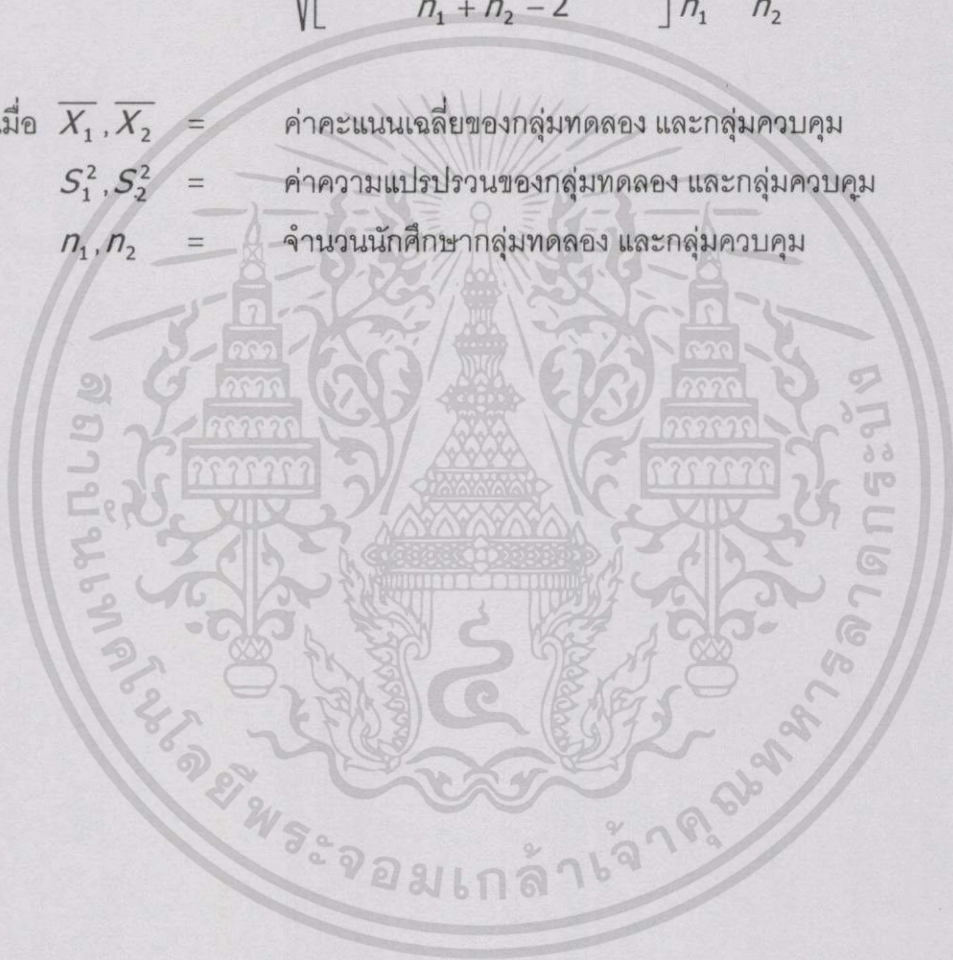
Σ = ผลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ในการทดสอบสมมติฐาน จึงใช้วิธีการทดสอบค่าที (T-test) แบบ Independent (อำนาจ เลิศขยันดี. 2539 :369) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน และมีจำนวนน้อยกว่า 30 คน

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (3.7)$$

เมื่อ \bar{X}_1, \bar{X}_2 = ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
 S_1^2, S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
 n_1, n_2 = จำนวนนักศึกษาในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปี พ.ศ. 2543 ได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้กระทำกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 20 คน โดยมีผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึก ความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์ สวิตซ์ ตามสมมติฐาน

สมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ที่นำมาใช้เป็นสื่อการเรียน ร้อยละ 80 ของผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนนี้ได้กระทำกับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 20 คน โดยกลุ่มทดลองได้เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ แล้วลงมือปฏิบัติด้วยอุปกรณ์จริง หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียนของกลุ่มทดลอง มีผลการทดสอบ โดยใช้วิธีการหาค่าคะแนนร้อยละของการทดสอบ ซึ่งแบ่งระดับคะแนนภาคทฤษฎี 30 คะแนน และภาคปฏิบัติ 70 คะแนน รวมเป็น 100 คะแนน ซึ่งต้องมีคะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 80 ซึ่งมีผลปรากฏว่าในกลุ่มทดลอง 20 คน มีผู้ที่ทำการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ร้อยละ 80 จำนวน 17 คน และไม่ผ่าน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 85 ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ร้อยละ 80 และไม่ผ่าน 3 คน คิดเป็น 15 % ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดังปรากฏผลตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ

นักศึกษา คนที่	คะแนนของนักศึกษา กลุ่มทดลอง			คะแนนของนักศึกษา กลุ่มควบคุม		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
	30	70	100	30	70	100
1	28	60	88	22	53	88
2	26	67	93	24	60	84
3	22	60	82	23	56	79
4	21	53	74	22	53	75
5	17	56	73	26	63	89
6	24	60	84	22	56	78
7	27	63	90	20	53	73
8	27	60	87	22	49	71
9	27	67	94	19	53	72
10	26	67	93	26	63	89
11	26	60	87	28	63	91
12	28	56	84	25	63	88
13	21	53	74	26	60	86
14	24	60	84	15	48	68
15	21	63	84	21	53	74
16	26	60	86	22	60	82
17	29	67	96	19	49	68
18	25	63	88	17	50	67
19	26	60	86	22	60	82
20	22	60	82	26	63	89
ค่าเฉลี่ย	24.7	60.75	85.45	22.35	56.4	79.65

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลของการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน โดยใช้วิธีการหาค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามสมมติฐาน

4.2.1 จากตารางที่ 4.1 เมื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา คณะไฟฟ้า แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ผลจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม หลังจากนั้นให้ทำการทดสอบแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถโดยรวมผลทั้งด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ กลุ่มทดลองได้ผลเฉลี่ย 85.45 % ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และกลุ่มควบคุมได้ผลเฉลี่ย 79.65 %

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเปรียบเทียบผลรวมคะแนนทั้งด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ

ชื่อกลุ่ม	ค่าคะแนนเฉลี่ย	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	$t_{\text{คำนวณ}}$
	\bar{X}	SD	
กลุ่มควบคุม	79.65	5.895	4.949
กลุ่มทดลอง	85.45	5.54	

4.2.2 จากตารางที่ 4.2 แสดงผลของการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน เป็นรายบุคคลจากคะแนนสอบที่ได้ของนักศึกษา 2 กลุ่มนำมาหาค่าคะแนนเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากคะแนนสอบวัดความสามารถด้านเนื้อหาทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยใช้การทดสอบแบบ ที (t-test) ค่าทางสถิติที่ออกมาได้ค่า $t_{\text{คำนวณ}}$ ดังตารางที่ 4.2

เนื่องจากค่า $t_{\text{คำนวณ}}$ ที่ได้จากการทดสอบได้คะแนนรวมทางเนื้อหา และทางปฏิบัติ = 4.949 นำมาเปรียบเทียบกับค่า $t_{\text{ตาราง}}$ ที่ได้จากรายทางสถิติ ซึ่งค่า $t_{\text{ตาราง}}$ เมื่อใช้จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้ค่า $t_{\text{ตาราง}}$ เท่ากับ 1.684

(Bruce E. Wampold, 1990 : 451) เมื่อไปเปรียบเทียบกับค่า $t_{\text{คำนวณ}}$ แล้วทราบว่า ค่า $t_{\text{คำนวณ}}$ มากกว่า $t_{\text{ตาราง}}$ จึงยอมรับสมมติฐานทางสถิติได้ว่ากลุ่มทดลองทั้ง 2 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

(ดังรายละเอียด ภาคผนวก ค. หน้า 159)

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้เสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาการจรรยาบรรณวิชาชีพซึ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเรียนจากการเรียนปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่า กลุ่มควบคุมที่ตามปกติเพียงเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ เป็นการวิจัย และพัฒนา (Research and Development) โดยมีขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 5 คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์

5.2 สมมุติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนตามปกติเพียงอย่างเดียว

5.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 70 คน มีความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์ สามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows และมีความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิชาพื้นฐานดังนี้ วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาที่คัดเลือกจากประชากร โดยได้ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ด้วยการจับฉลากจากประชากรจำนวน 70 คน เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จำนวนกลุ่มละ 20 คน โดยกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนตามปกติเพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์
2. แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
3. แบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
4. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เข้าบทเรียน

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดตั้งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ของแผนกเทคนิคคอมพิวเตอร์ ที่ห้อง 218 ตึกไฟฟ้า คณะไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออก เชียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 20 เครื่อง เพื่อใช้สำหรับกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ที่สร้างขึ้น โดยชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ของการใช้บทเรียน และฝึกปฏิบัติ หลังจากนั้นให้กลุ่มให้กลุ่มตัวอย่าง ศึกษบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ตามลำพัง โดยเรียนเนื้อหาทางทฤษฎี และฝึกออกแบบจากคำถามทำยบทเรียนแล้ว จึงฝึกปฏิบัติจริงตามใบงานแล้ว ทำแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ

2. จัดให้มีการทดสอบความสามารถของผู้เรียนหลังจากเรียนบทเรียน โดยทำแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางด้านทฤษฎี จำนวน 30 ข้อ ในเวลา 30 นาที

3. จากนั้นนำผลคะแนนทั้งภาคทฤษฎี และปฏิบัติ มาทำการเปรียบเทียบสัดส่วนคะแนนในการวัดผลของทั้ง 2 กลุ่ม โดยคิดทางภาคทฤษฎี 30 คะแนน ภาคปฏิบัติ 70 คะแนน รวม 100 คะแนน ทั้ง 2 ภาค แล้วทำการเปรียบเทียบทางสถิติ

5.6 สรุปผลการวิจัย

5.6.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

จากผลการทดสอบของกลุ่มทดลอง มีผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถใช้วิธีการหาค่าคะแนนร้อยละของการทดสอบ โดยภาคทฤษฎี 30 คะแนน และภาคปฏิบัติ 70 คะแนน รวมเป็น 100 คะแนน ซึ่งต้องมีคะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 80 ผลปรากฏว่าในกลุ่มทดลอง 20 คน มีผู้ที่ทำการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 จำนวน 17 คน และไม่ผ่าน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 85 ของกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ร้อยละ 80 และไม่ผ่าน 3 คน คิดเป็น 15 % ของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

5.6.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา คณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ที่เรียนตามปกติ และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ในวิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนตามปกติเพียงอย่างเดียว

5.6.2.1 จากการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาที่กำหนด จากแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน ได้ผลค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.0 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบทุกข้อมีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม อยู่ในเกณฑ์ดี

5.6.2.2 ผลจากการวิเคราะห์แบบทดสอบที่สร้างขึ้นพบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.79 คิดเป็นค่าความยากง่าย (P) เฉลี่ย 0.58 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์พอเหมาะ และอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.5 คิดเป็นค่าอำนาจจำแนก (D) เฉลี่ย 0.3 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในระดับปานกลาง คือคุณภาพของแบบทดสอบดีพอสมควร และค่าความเชื่อมั่น (r_n) ของข้อสอบมีค่าเท่ากับ 0.69 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นปานกลางสามารถนำไปใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2.3 จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน หลังจากเรียนบทเรียนปกติแล้ว เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ จึงทำการปฏิบัติจริง หลังจากนั้นให้ทดสอบแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถโดยรวมทั้งด้านทฤษฎี และด้านปฏิบัติ ได้ผลเฉลี่ย 85.45 % ซึ่งมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และกลุ่มควบคุมได้ผลเฉลี่ย 79.65 %

5.6.2.4 เมื่อผลจากการทดสอบนำมาหาค่าคะแนนเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากคะแนนสอบวัดความสามารถด้านเนื้อหาทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยใช้การทดสอบแบบ ที (t-test) ค่าทางสถิติที่ออกมาได้ค่า $t_{คำนวณ} = 4.949$ นำมาเปรียบเทียบกับค่า $t_{ตาราง}$ ที่ได้จากตารางทางสถิติ ซึ่งค่า $t_{ตาราง}$ เมื่อใช้จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้ค่า $t_{ตาราง}$ เท่ากับ 1.684 เมื่อไปเปรียบเทียบกับค่า $t_{คำนวณ}$ แล้วทราบว่า ค่า $t_{คำนวณ}$ มากกว่า $t_{ตาราง}$ จึงยอมรับสมมติฐานทางสถิติได้ว่ากลุ่มทั้ง 2 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองมีผลการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สรุปได้ว่า ผลการเรียนจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเรียนจากการเรียนปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยกลุ่มที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ สูงกว่า กลุ่มควบคุมที่ตามปกติเพียงเดียว และกลุ่มที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.7 อภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยพบว่า การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อติเทพ ไช้เพชร (2532) ที่ว่า บทเรียนโปรแกรมด้วยตนเองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ มนต์ชัย เทียนทอง (2539) ผลการวิจัยและพัฒนาทำให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ กับอื่งานวิจัยหนึ่งที่มีผลสอดคล้องคือ Coven, Michael bee (1991) ที่ว่า CBT มีผลการตอบสนองโดยทันที จะมีการรับรู้ที่ดีกว่า จะเป็นเทคนิคในการสอนที่ก่อให้เกิดผลดี เพราะ CBT นี้จะมุ่งเน้นไปที่ความตั้งใจ หรือความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ กับกลุ่มที่เรียนตามปกติ มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 โดยนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า นักศึกษาที่เรียนตามปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สมสิน วาญขุนทด (2538) ที่ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยสื่อการเรียนสองชนิด กับการเรียนโดยการฟังบรรยายตามปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 โดยนักศึกษากลุ่มที่ใช้สื่อการสอนเสริมหลังการบรรยายตามปกติ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนสอนเสริม

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.8.1 ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

1. วิธีการฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ (CBST : Competency Base Skill Training) มีประโยชน์อย่างยิ่งในการในการฝึกความสามารถของผู้เรียน ส่วนขบวนการฝึกหัดนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่จะทำการฝึกหัด ไม่จำเป็นที่จะต้องทำการฝึกหัดบนคอมพิวเตอร์ (CBT) เท่านั้น ผู้วิจัยคิดว่าวิธีการฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์มีประโยชน์อย่างสูง โดยมีลักษณะของการให้ความรู้ แสดงให้ดู ลงมือทำจริง แล้วทดสอบ เป็นการส่งเสริมขบวนการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง แล้วเรียนได้อย่างมีคุณภาพ

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น เนื่องด้วยเป็นเรื่องราวเกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ จึงจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวจำลองสถานการณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบัน โปรแกรมจำลองสถานการณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ก็ถูกพัฒนาออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีประสิทธิภาพสูงมาก มีความถูกต้องเที่ยงตรงมาก ดังนั้นในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรดิจิทัล ในอนาคตควรจะนำโปรแกรมจำลองสถานการณ์รุ่นใหม่ ๆ มาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้ นักศึกษาสามารถทำการทดลองได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์จริง แต่ได้ผลการทดลองออกมาไม่ต่างจากการทดลองจริงมากนัก

5.8.2 ข้อเสนอแนะทางด้านเทคนิค

ข้อเสนอแนะทางด้านเทคนิคในการพัฒนา และใช้ฝึกบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ ซึ่พียูที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบัน (ในปี 2545) ถือว่าเพียงพอ ควรเพิ่มหน่วยความจำ RAM ให้เป็น 256 Mb. หรือมากกว่า ควรใช้จอแสดงสีขนาด 17 นิ้วขึ้นไป ส่วนอุปกรณ์อื่น ๆ นั้นสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ในยุคนี้ถือว่าใช้ได้
2. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ฝึกบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์นั้น เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปที่มีจำหน่ายในปี 2545 นั้น เหมาะสมกับการใช้ฝึกบทเรียนคอมพิวเตอร์ เพียงเพิ่มแผงวงจรเครือข่าย และเปลี่ยนลำโพงเป็นหูฟังแทน
3. ห้องเรียน หรือห้องปฏิบัติการเกี่ยววงจรอิเล็กทรอนิกส์ และวงจรดิจิทัล ในอนาคตนั้น อาจจะเป็นห้องคอมพิวเตอร์ที่มีจำนวนเท่ากับนักศึกษาในแต่ละชั้นเรียน มีระบบเครือข่าย ทั้งเครือข่ายระบบปิด และเครือข่ายระบบเปิด
4. พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ให้มีสามารถใช้งานได้ในระบบเครือข่าย ทั้งเครือข่ายระบบปิด และเครือข่ายระบบเปิด
5. พัฒนาระบบฐานข้อมูลนักศึกษาของคณะ แผนก และในห้องปฏิบัติการ กับของงานทะเบียนวัดผลของสถาบัน

5.9 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ให้มีความสามารถใช้ในระบบเครือข่าย ได้ทั้งเครือข่ายระบบปิด และเครือข่ายระบบเปิด
2. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ให้มีครบเนื้อหาในรายวิชาวงจรพัลส์สวิตติง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน. 2543. คู่มือการพัฒนาชุดฝึก CBST. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานที่
 ปรีक्षाโครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการพัฒนาฝีมือแรงงาน กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
 กระทรวงแรงงาน และสวัสดิการสังคม
- กองบรรณาธิการ. 1993. "มัลติมีเดีย แอปพลิเคชัน." IT Soft 2 (18) : 114-121.
- กานดา พูนลาภทวี. 2530. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- ครรชิต มาลัยวงศ์. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน." คอมพิวเตอร์แม่เหล็ก. (มิถุนายน 2532) :
 60-70.
- นงนุช วรรณวณะ. 2535. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ :
 มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2528. การประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐานการ
 ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ไพศาล หวังพานิช. 2526. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มนต์ชัย เทียนทอง. 2539. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบมัลติมีเดีย
 สำหรับฝึกอบรมครู – อาจารย์ และนักฝึกอบรม เรื่องการสร้างบทเรียน
 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและ
 พัฒนาหลักสูตร ภาควิชา บริหารเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :
 สุวีริยาสาส์น.
- วีระพงษ์ แสงชูโต. 2532. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมี โดยใช้
 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ. กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ :
 มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

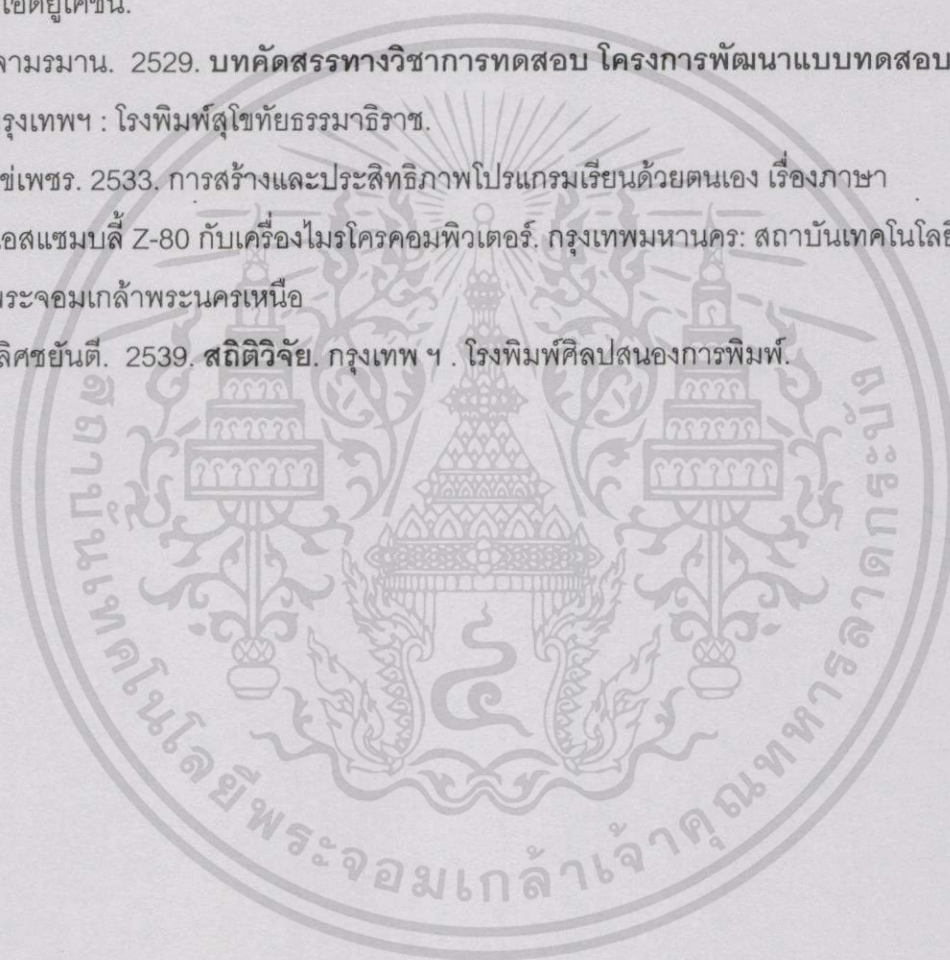
สมลิน วาขุนทด.2538.การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องวงจรคอมบินเนชัน
 วิชาดิจิตอลเทคนิค ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่เรียนเสริมด้วยบทเรียน
 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน และชุดแบบเรียนสำเร็จรูป กับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเรียนเสริม.
 กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

สุพิทย์ กาญจนพันธุ์. 2541. รวมศัพท์เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ :
 ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อุทุมพร จามรราน. 2529. บทคัดสรรทางวิชาการทดสอบ โครงการพัฒนาแบบทดสอบ.
 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช.

อดิเทพ ไช้เพชร. 2533. การสร้างและประสิทธิภาพโปรแกรมเรียนด้วยตนเอง เรื่องภาษา
 แอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยี
 พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อำนาจ เลิศขยันดี. 2539. สถิติวิจัย. กรุงเทพฯ . โรงพิมพ์ศิลปสนองการพิมพ์.

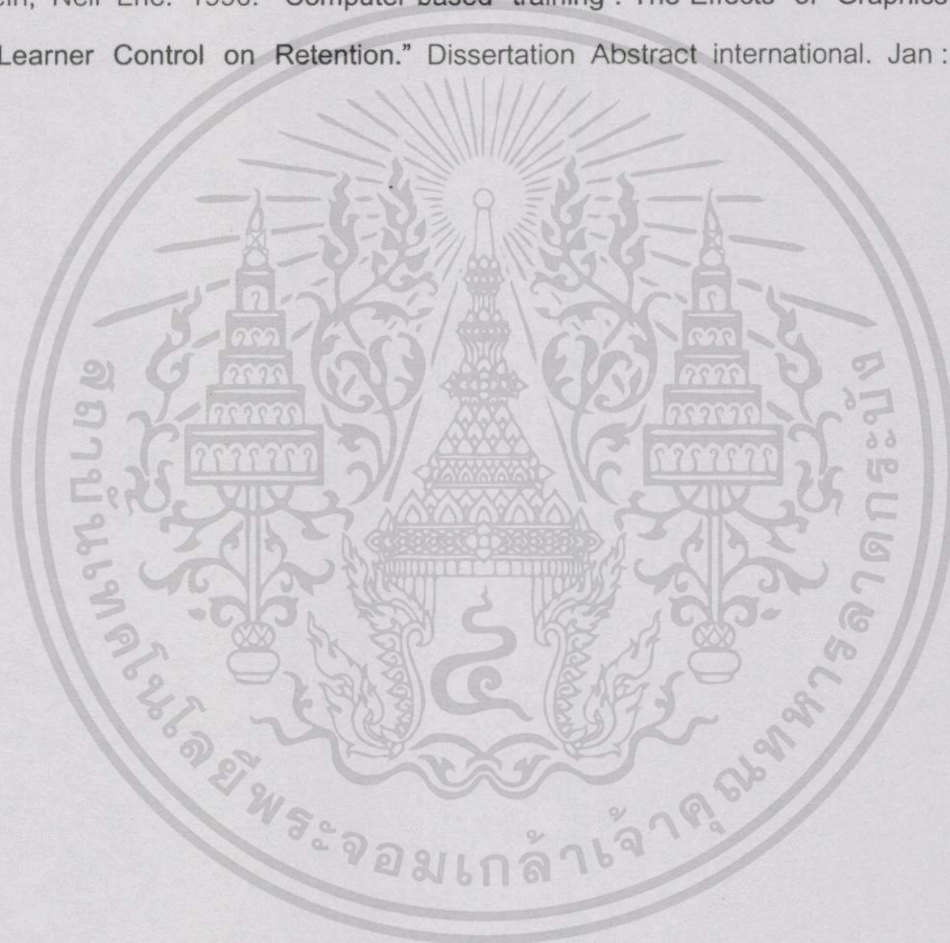


ภาษาอังกฤษ

Bruce E. Wampold. 1990. "Theory and Application of Statistics". Mc.Graw-Hill, New York.

Cowen & Michael B. 1991. "The Roel of Feedback in Computer-Based Training (CBT) " Dissertation Abstract international. Dec : 121.

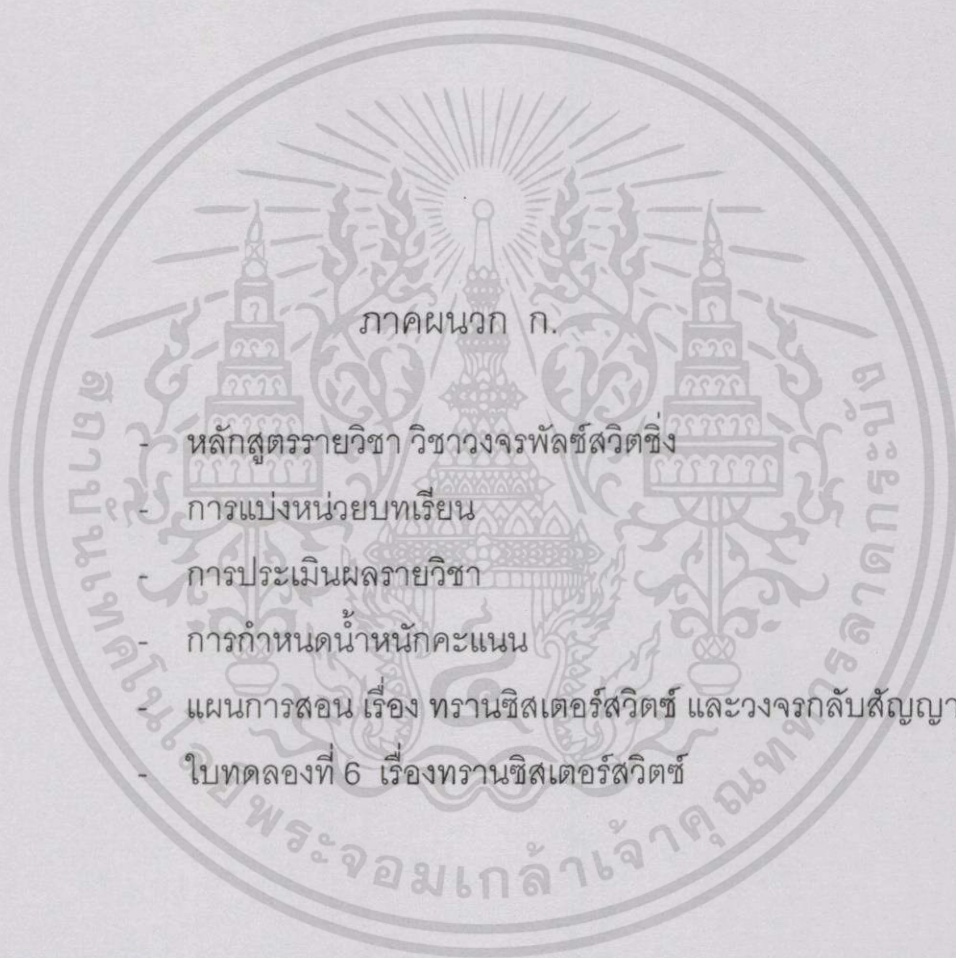
Silverstein, Neil Eric. 1990. "Computer-based training : The Effects of Graphics and Learner Control on Retention." Dissertation Abstract international. Jan : 103.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

- หลักสูตรรายวิชา วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง
- การแบ่งหน่วยบทรเรียน
- การประเมินผลรายวิชา
- การกำหนดน้ำหนักคะแนน
- แผนการสอน เรื่อง ทหรานซิสเตอร์สวิตซ์ และวงจรถลับสัญญาณ
- ใบทดลองที่ 6 เรื่องทหรานซิสเตอร์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หลักสูตรรายวิชา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

กลุ่มวิชาไฟฟ้า

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

วิชา 04-221-206 วงจรพัลส์สวิตชิง

สายช่างอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรายวิชา

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| 1. รหัสและชื่อวิชา | 04-221-206 | วงจรพัลส์สวิตชิง
PULSE SWITCHING CIRCUITS |
| 2. สภาพรายวิชา | วิชาชีพเฉพาะสาขา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ | |
| 3. ระดับรายวิชา | ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2 | |
| 4. พื้นฐาน | - | |
| 5. เวลาศึกษา | 90 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบต่อสัปดาห์ และนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลาสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ | |
| 6. จำนวนหน่วยกิต | 3 หน่วยกิต | |
| 7. จุดมุ่งหมายรายวิชา | <ol style="list-style-type: none"> 1. เข้าใจคุณสมบัติและรูปคลื่น 2. เข้าใจหลักการวงจรพัลส์สวิตชิง 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรพัลส์สวิตชิง 4. เข้าใจการทำงานของวงจรพัลส์สวิตชิง 5. เห็นความสำคัญเกี่ยวกับวงจรพัลส์สวิตชิง | |
| 8. คำอธิบายรายวิชา | ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับวงจรพัลส์สวิตชิง ในเรื่องของความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรูปคลื่น วงจรอินทรีเกรเตอร์ และดีฟเฟอเรนทิเอเตอร์ วงจรคลิปปเปอร์ และแคลมเปอร์ วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ และกลับสัญญาณ วงจรมัลติไวเบรเตอร์ วงจรขมิทริกเกอร์ วงจรสวิตช์ วงจรลอจิกเกต วงจรแชนเปลิ่งเกต | |

การแบ่งหน่วย / บทเรียน / หัวข้อ

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรูปคลื่น	ท.	5	คาบ
1.1 ลักษณะและชนิดของรูปคลื่น		25	นาที
1.1.1 คำจำกัดความของรูปคลื่นแบบต่าง ๆ			
1.1.2 ประเภทของรูปคลื่นแบบต่าง ๆ			
1.1.3 คำจำกัดความของรูปคลื่นพัลส์			
1.2 ค่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นพัลส์		25	นาที
1.2.1 ค่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นพัลส์			
1.2.2 ค่าประสิทธิผลของเครื่องมือวัด			
1.3 ปฏิบัติการประกอบวงจรสร้างรูปคลื่นพัลส์	ป.	3	คาบ
1.3.1 การวัดค่าพารามิเตอร์ของพัลส์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ			
1.3.2 การประกอบวงจรสร้างสัญญาณพัลส์			
1.3.3 การทดลองวงจรสร้างสัญญาณพัลส์			
2. วงจรอินทิเกรเตอร์และวงจรถิฟเฟอเรนทิเอเตอร์	ท.	10	คาบ
2.1 วงจรอนุกรม R-C			
2.1.1 คุณสมบัติของวงจรอนุกรม RC			
2.1.2 คุณสมบัติของค่าเวลาดังที่			
2.1.3 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน			
2.2 วงจร R-C อินทิเกรเตอร์		25	นาที
2.2.1 หลักการทำงานของวงจร			
2.2.2 ความสัมพันธ์ของค่าเวลาไถ่ขึ้นกับค่าเวลาดังที่			
2.3 ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร R-C อินทิเกรเตอร์		50	นาที
2.3.1 ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุต ณ เวลาต่าง ๆ กัน			
2.3.2 ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุต สภาวะคงตัว			
2.4 วงจร R-C ติฟเฟอเรนทิเอเตอร์		50	นาที
2.4.1 หลักการทำงานของวงจร			
2.4.2 ค่าเวลาทิลท์ใหม่			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5	ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร R-C ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์	50	นาที
2.5.1	ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุต ณ เวลาต่าง ๆ กัน		
2.5.2	ลักษณะรูปคลื่นเอาต์พุตสภาวะคงตัว		
2.6	ปฏิบัติการทดลอง วงจร R-C อินทิเกรเตอร์ และวงจร R-C ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์	ป.	6 คาบ
2.6.1	การวัดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร R-C อินทิเกรเตอร์		
2.6.2	การวัดรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจร R-C ดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์		
3.	วงจรคลิปปเปอร์และแคลมเปอร์	ท.	10 คาบ
3.1	คุณสมบัติของวงจรไดโอดคลิปปเปอร์	50	นาที
3.1.1	ความหมายของวงจรคลิปปเปอร์		
3.1.2	การทำงานของวงจรคลิปปเปอร์แบบต่าง ๆ		
3.1.3	ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน		
3.2	ค่าพารามิเตอร์ของวงจรคลิปปเปอร์	50	นาที
3.2.1	ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร		
3.2.2	ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน		
3.3	คุณสมบัติของวงจรไดโอดแคลมเปอร์	50	นาที
3.3.1	ความหมายของวงจรแคลมเปอร์		
3.3.2	การทำงานของวงจรแคลมเปอร์แบบต่าง ๆ		
3.3.3	ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน		
3.4	ค่าพารามิเตอร์ของวงจรแคลมเปอร์	50	นาที
3.4.1	ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร		
3.5	ปฏิบัติการทดลองวงจรคลิปปเปอร์และแคลมเปอร์	ป.	6 คาบ
3.5.1	การวัดค่าพารามิเตอร์วงจรคลิปปเปอร์		
3.5.2	การวัดค่าพารามิเตอร์วงจรแคลมเปอร์		
4.	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์และวงจรกลับสัญญาณ	ท.	10 คาบ
4.1	คุณสมบัติของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์	50	นาที
4.1.1	การทำงานของวงจร		
4.1.2	การเกิดช่วงเวลา Time on		
4.1.3	การเกิดช่วงเวลา Time off		
4.1.4	การลดช่วงเวลา Time on และ Time off โดยใช้ Speed up Capacitor		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2	ค่าพารามิเตอร์ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์	50	นาที
4.2.1	ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร		
4.2.2	ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน		
4.2.3	ค่าเวลา Time on และ Time off		
4.3	คุณสมบัติของวงจรกลับสัญญาณ	30	นาที
4.3.1	การทำงานของวงจร		
4.3.2	การลดช่วงเวลา Time on และ Time off โดยใช้แรงดันไฟลบ		
4.4	ค่าพารามิเตอร์ของวงจรกลับสัญญาณ	70	นาที
4.4.1	ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร		
4.4.2	ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน		
4.5	ปฏิบัติการทดลองวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์และวงจรกลับสัญญาณ	ป. 6	คาบ
4.5.1	การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์		
4.5.2	การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรกลับสัญญาณ		
5.	วงจรมัลติไวเบรเตอร์	ท. 18	คาบ
5.1	คุณสมบัติของวงจรไบสแตเบิล มัลติไวเบรเตอร์แบบคอลลีคเตอร์คัปเปิล	50	นาที
5.1.1	คุณสมบัติทั่วไปของวงจรมัลติไวเบรเตอร์		
5.1.2	ชนิดของวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบต่าง ๆ		
5.2	วงจรไบสแตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	150	นาที
5.2.1	แบบคอลลีคเตอร์คัปเปิล		
5.2.2	ค่าพารามิเตอร์แบบคอลลีคเตอร์คัปเปิล		
5.2.3	แบบอิมิตเตอร์คัปเปิล		
5.2.4	ค่าพารามิเตอร์แบบอิมิตเตอร์คัปเปิล		
5.3	วงจรโมนอสแตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	100	นาที
5.3.1	การทำงานของวงจร		
5.3.2	ค่าพารามิเตอร์ของวงจร		
5.4	วงจรอะสแตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	100	นาที
5.4.1	การทำงานของวงจร		
5.4.2	ค่าพารามิเตอร์ของวงจร		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์	ป.	12	คาบ
5.5.1 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรไบสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์			
5.5.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรโมนอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์			
5.5.3 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์			
6. วงจรซิมิทริกเกอร์	ท.	5	คาบ
6.1 คุณสมบัติของวงจรซิมิทริกเกอร์		40	นาที
6.1.1 หลักการทำงานของวงจร			
6.1.2 ลักษณะรูปคลื่นของวงจร			
6.1.3 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน			
6.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรซิมิทริกเกอร์		60	นาที
6.2.1 ค่า UTP และค่า LTP			
6.2.2 ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร			
6.2.3 ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน			
6.3 ปฏิบัติการทดลองวงจรซิมิทริกเกอร์	ป.	3	คาบ
6.3.1 การประกอบวงจรซิมิทริกเกอร์			
6.3.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรซิมิทริกเกอร์			
7. วงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ	ท.	5	คาบ
คุณสมบัติของวงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ		50	นาที
7.1.1 หลักการทำงานของวงจร			
7.1.2 ลักษณะรูปคลื่นของวงจร			
7.1.3 ตัวอย่างการนำวงจรไปประยุกต์ใช้งาน			
7.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ		50	นาที
7.2.1 ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร			
7.2.2 ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน			
7.3 คุณสมบัติของวงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ	ป.	3	คาบ
7.3.1 การประกอบวงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ			
7.3.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจร R-C เอ็กโพเนนเชียลสวีพ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. วงจรลोजิกเกต และวงจรแชนป์ลิงเกต	ท.	5	คาบ
8.1 การทำงานของวงจรลोजิกเกต		20	นาที
8.1.1 ชนิดของวงจรวงจรลोजิกเกต			
8.1.2 หลักการทำงานของวงจรวงจรลोजิกเกต			
8.1.3 ตัวอย่างการนำวงจรมีไปประยุกต์ใช้งาน			
8.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรวงจรลोजิกเกต		30	นาที
8.2.1 ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจรมี			
8.2.2 ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน			
8.3 การทำงานของวงจรมีแชนป์ลิงเกต		20	นาที
8.3.1 หลักการทำงานของวงจรมีแชนป์ลิงเกต			
8.3.2 ตัวอย่างการนำวงจรมีไปประยุกต์ใช้งาน			
8.4 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรมีแชนป์ลิงเกต		30	นาที
8.4.1 ค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจรมี			
8.4.2 ค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน			
8.5 ปฏิบัติการทดลองวงจรวงจรลोजิกเกต และวงจรมีแชนป์ลิงเกต		150	นาที
8.5.1 การประกอบวงจรวงจรลोजิกเกต			
8.5.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรวงจรลोजิกเกต			
8.5.3 การวัดค่าพารามิเตอร์ของวงจรมีแชนป์ลิงเกต			
	รวม	ท.	คาบ
	ทดสอบและทบทวน	ท.	คาบ
	รวมทั้งสิ้น	ท.	คาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


การประเมินผลรายวิชา

รายวิชานี้แบ่งเป็น 8 หน่วยเรียน แยกได้ 35 บทเรียน การวัดและประเมินผลรายวิชาได้ดำเนินการดังนี้

1. วิธีการ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อการประเมินผล แยกเป็น 3 ส่วน โดยแบ่งคะแนนแต่ละส่วนจากคะแนนเต็ม ทั้งรายวิชา 100 คะแนน
 - 1.1 ผลงานที่มอบหมาย 10 หรือร้อยละ 10
 - 1.2 พิจารณาจิตพิสัย (กิจนิสัย ความตั้งใจ และการร่วมกิจกรรม) 10 คะแนน หรือร้อยละ 10
 - 1.3 การทดสอบแต่ละหน่วยเรียน 80 คะแนน หรือร้อยละ 80 โดยแบ่งน้ำหนักคะแนนในแต่ละหน่วยตามตารางหน้าถัดไป
2. เกณฑ์ผ่านรายวิชา ผู้ที่ผ่านรายวิชานี้จะต้อง
 - 2.1 มีเวลาเข้าชั้นเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียน
 - 2.2 คะแนนรวมทั้งรายวิชาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนรวม
3. เกณฑ์ค่าระดับคะแนน กำหนดค่าระดับคะแนนร้อยละตามเกณฑ์ดังนี้
 - 3.1 พิจารณาตามเกณฑ์ผ่านรายวิชาตามข้อ 2 ผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อ 2 จะได้รับค่าระดับคะแนน J หรือ F
 - 3.2 ผู้ที่สอบผ่านเกณฑ์ข้อ 2 จะได้รับค่าระดับคะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

คะแนนร้อยละ	80 ขึ้นไป	ได้	ก	หรือ	A
คะแนนร้อยละ	75 - 79	ได้	ข +	หรือ	B+
คะแนนร้อยละ	70 - 74	ได้	ข	หรือ	B
คะแนนร้อยละ	65 - 69	ได้	ค +	หรือ	C+
คะแนนร้อยละ	60 - 64	ได้	ค	หรือ	C
คะแนนร้อยละ	55 - 59	ได้	ง +	หรือ	D+
คะแนนร้อยละ	50 - 54	ได้	ง	หรือ	D
คะแนนร้อยละ	0 - 49	ได้	จ	หรือ	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ


แนวการสอน

ชื่อหน่วยเรียน 4. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
รหัสวิชา 04 – 221 – 206 เวลา 2 คาบ

เรื่อง 4.1 คุณสมบัติของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์
4.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

จุดประสงค์การสอน

- 4.1. เข้าใจคุณสมบัติของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์
 - 4.1.1 อธิบายการทำงานของวงจร
 - 4.1.2 อธิบายการเกิดช่วงเวลา Time on
 - 4.1.3 อธิบายการเกิดช่วงเวลา Time off
 - 4.1.4 อธิบายการลดช่วงเวลา Time on และ Time off โดยใช้ Speed up capacitor
- 4.2 คำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์
 - 4.2.1 คำนวณหาค่าอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นวงจร
 - 4.2.2 เลือกค่าอุปกรณ์ตามค่ามาตรฐาน
 - 4.2.3 คำนวณหาค่าเวลา time on และ time off

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ

บทที่ 4

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ

4.1 คุณสมบัติของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้ 3 สภาวะคือ คัดออฟ (Cut off) (Active) และอิ่มตัว (Saturation) สภาวะแอคทีฟเป็นสภาวะที่ทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านกึ่งกลางกราฟคุณสมบัติ ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ จะใช้ในวงจรขยายต่าง ๆ ส่วนในสภาวะคัดออฟสภาวะอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ถูกให้ทำงานในย่านต่ำสุดและสูงสุดของกราฟคุณสมบัติ เป็นทรานซิสเตอร์ถูกใช้เป็นตัวสวิตช์

สภาวะคัดออฟของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแส มีเพียงกระแสรั่วไหลเล็กน้อย ในสภาวะนี้จะถือถือว่าทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์อยู่ในขณะตัดวงจร (OFF)

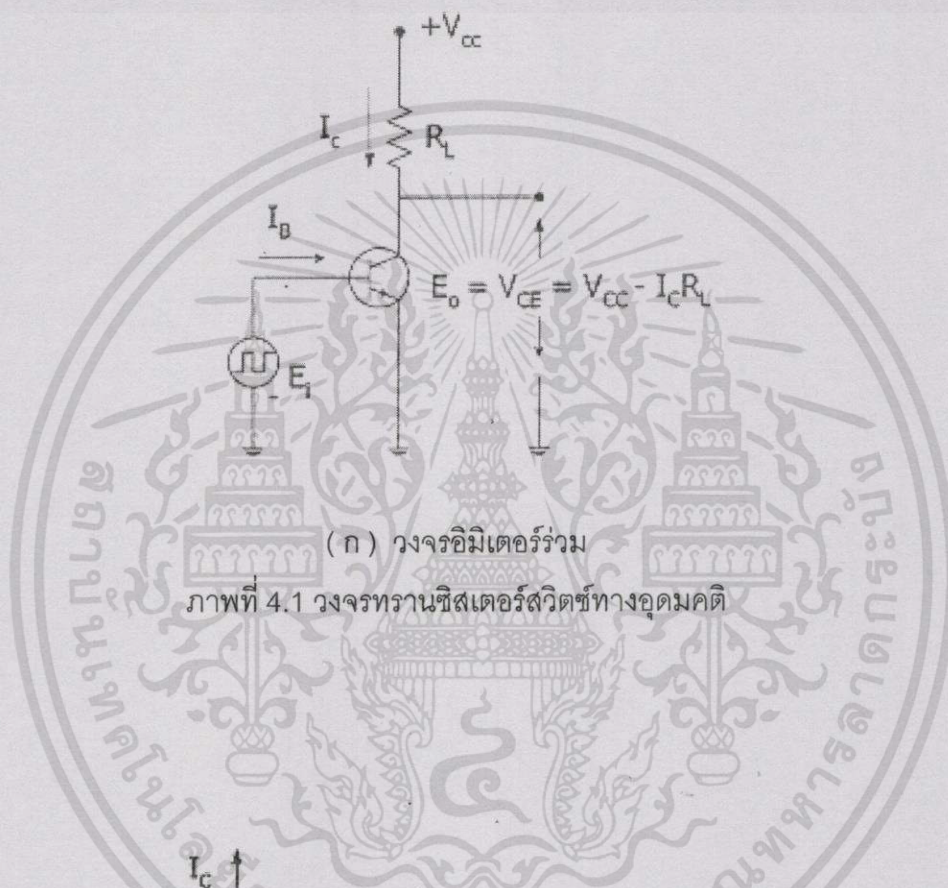
สภาวะอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์นำกระแส มีกระแสไหลผ่านสูงสุดในสภาวะนี้จะถือว่าเป็นสวิตช์อยู่ในขณะต่อวงจร (ON)

ทรานซิสเตอร์สวิตช์ในทางอุดมคติหรือทางารนิกคิด

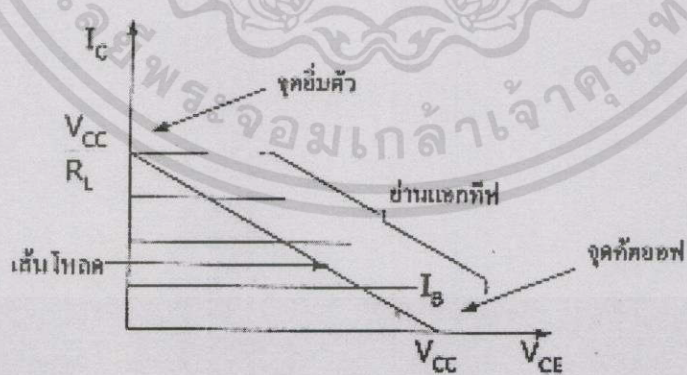
ทรานซิสเตอร์สวิตช์ในทางอุดมคตินี้ คุณสมบัติในการทำงานจะทำงานเหมือนสวิตช์ไฟฟ้า คือขณะทรานซิสเตอร์นำกระแส ความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์ต่ำสุดเหมือนข้อต่อวงจรเป็นสวิตช์สภาวะต่อวงจร (ON) และขณะทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์สูงเหมือนเป็นค่าอนันต์ (∞) ไม่มีกระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ เป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร (OFF) ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติแสดงดังรูปที่ 4.1



เรื่อง	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	รหัสวิชา	04-221-206
		บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ



ภาพที่ 4.1 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางอุดมคติ



(ข) กราฟคุณสมบัติ



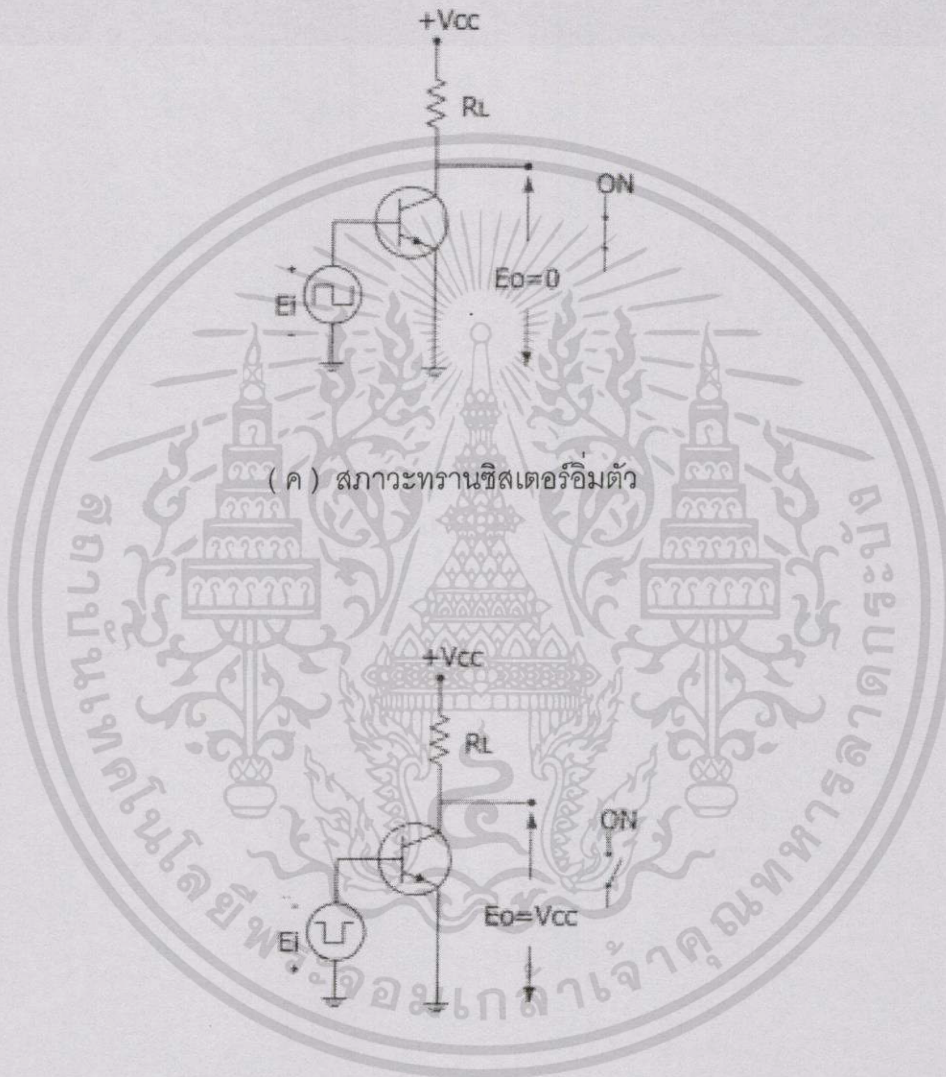
แผนการสอน

รหัสวิชา 04-221-206


เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ

บทเรียนที่ 4.1 - 4.2

เวลา 2 คาบ



ภาพที่ 4.1 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางอุดมคติ

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ

จากภาพที่ 1 เป็นวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางอุดมคติ แบบวงจรอิมิตเตอร์ร่วม ภาพที่ 4.1 ตัวทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นสวิตช์ให้กับโหลด R_L โดยต่อขาคอลเล็กเตอร์กับโหลด R_L และขาทรานซิสเตอร์จะต่อลงกราวด์ ขาเบสถูกกับแรงดันพัลส์จากอินพุต E โหลด R_L จะไม่มีกระแสไหลผ่านและแรงดันตกคร่อมเมื่อทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขาคอลเล็กเตอร์และขาอิมิตเตอร์ทรานซิสเตอร์สามารถหาได้จากกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's voltage law) หาได้ดังนี้


$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L \quad (4.1)$$

ถ้าแรงดันพัลส์อินพุตถูกป้อนเข้ามาเป็นบวก มีกระแสเบส (I_B) ไหลมาจนทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว ดังภาพที่ 1 (ค) มีผลทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ไหลสูงสุด แรงดันคร่อมโหลด R_L มีค่าเท่ากับ $I_C R_L$ จะประมาณได้เท่ากับแหล่งจ่าย V_{CC} โดยที่แรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ V_{CE} เป็น 0V. เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_L \\ \text{แทนค่า} \quad V_{CE} &= V_{CC} - V_{CC} \\ \therefore E_0 &= V = 0 \text{ สภาวะสวิตช์ต้องวงจร (ON)} \end{aligned}$$

ถ้าแรงดันพัลส์อินพุตถูกป้อนเข้ามาเป็นลบ กระแสเบส (I_B) จะไม่ไหล มีค่าเป็นศูนย์ ดังภาพที่ 4.1 (ง) มีผลทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ไม่ไหลตามไปด้วย ($I_C = 0$) แรงดันตกคร่อมโหลด R_L มีค่าเป็นศูนย์ จะมีแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์ V_{CE} มีค่าประมาณเท่ากับแหล่งจ่าย V_{CC} เป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_L \\ \text{แทนค่า} \quad V_{CE} &= V_{CC} - 0 \\ \therefore E_0 &= V_{CE} = V_{CC} \text{ สภาวะสวิตช์ตัดวงจร (OFF)} \end{aligned}$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ

ในภาพที่ 1 (ข) เป็นกราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติ กราฟแนวตั้งบอกกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) กราฟแนวนอนบอกค่าแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์ (V_{CE}) มีค่ากระแส (I_B) หลายค่าเป็นเส้นขนานแนวนอน การหาเส้นโหลด (load line) ทำได้โดยกำหนดจุดทำงานของทรานซิสเตอร์ 2 สถานะคือ สถานะอิ่มตัว และสถานะคัตออฟ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

สถานะอิ่มตัว

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$$

$$0 = V_{CC} - I_C R_L$$

$$I_C R_L = V_{CC}$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

จุดอิ่มตัว

สถานะคัตออฟ

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$$

$$V_{CE} = V_{CC} - 0$$


$$V_{CE} = V_{CC}$$

จุดคัตออฟ

ลากเส้นตรงตัดผ่านจุดทั้งสองก็จะได้เส้นโหลดออกมา จากเส้นโหลดนี้สามารถกำหนดจุดทำงานให้ตัวทรานซิสเตอร์ได้ 3 สถานะคือทำตำแหน่งระหว่างต่ำสุดถึงสูงสุดเป็นย่านแอกทีฟหรือย่านทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายสัญญาณ

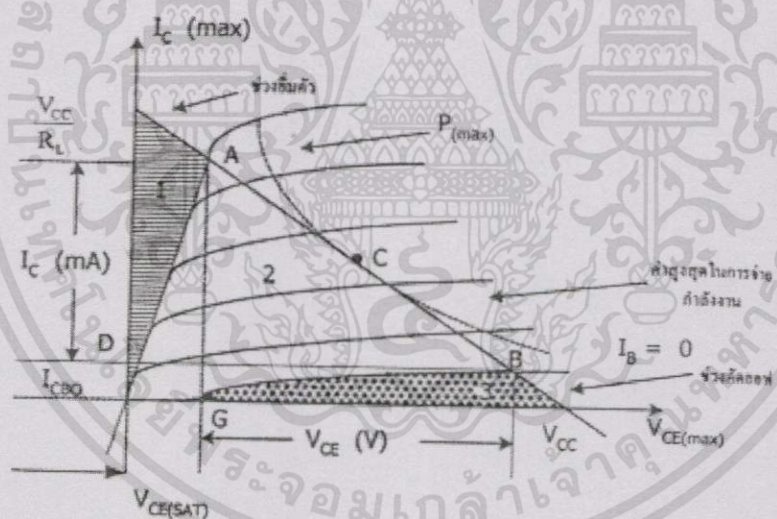
ทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริง

ทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางอุดมคตินั้นจะถือว่าเป็นเหมือนสวิตช์ทางไฟฟ้าที่ขณะสวิตช์ต่อวงจร (ON) จะถือว่า I_C ไหลสูงสุดและ $V_{CE} = 0$ ขณะสวิตช์ตัดวงจร (OFF) จะถือว่า $I_C = 0$ และ $V_{CE} = V_{CC}$ โดยไม่คำนึงถึงค่ากระแสรั่วซึมในขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานและไม่คำนึงถึงค่าแรงดันตัวทรานซิสเตอร์ทำงานเพราะถือว่าค่าเหล่านี้น้อยมากไม่มีผลต่อการทำงาน

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ


ในทางปฏิบัติจริงหรือในทางที่ใช้งานจริงของสวิตช์ทรานซิสเตอร์ ค่ากระแสรั่วซึมและค่าแรงดันต่อคร่อมตัวทรานซิสเตอร์จะมีผลต่อการทำงานและมีผลต่อการควบคุมการทำงานในวงจร ผลดังกล่าวนี้จะต้องนำมาศึกษาในรายละเอียดของตัวทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้งาน โดยศึกษาจากการทำงานและจากกราฟคุณสมบัติของตัวทรานซิสเตอร์อย่างละเอียด เพื่อให้ทราบสภาวะการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ในแต่ละช่วงแต่ละตอน จะได้เลือกจุดใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ทรานซิสเตอร์สวิตช์ใช้งานจริง ในการทำงานและการใช้งานต้องคำนึงถึงค่าแรงดันตกคร่อมตัวทรานซิสเตอร์ ขณะที่ทรานซิสเตอร์นำกระแสและต้องคำนึงถึงค่ากระแสรั่วซึมไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส กราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริงแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริงต่อวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม

จากภาพที่ 2 เป็นกราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันที่เกิดขึ้นในการทำงานจริงของทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วม จะแตกต่างไปจากกราฟสมบัติของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติบ้างดังนี้ พื้นที่ที่ถูกระบายไว้ในส่วยที่ 1 เป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะอิ่มตัว ในย่านนี้ระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส และคอลเล็กเตอร์กับเบสจะได้รับไบอัสตรง พื้นที่สีขาวในส่วนที่ 2 เป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ใน


	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ	

สภาวะแอกทีฟถูกนำไปใช้เป็นย่านขยายสัญญาณแบบคลาส A (Class A) ระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะได้รับไบอัสตรง ส่วนรอยต่อระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบสจะได้รับไบอัสกลับ และพื้นที่ที่ถูกระบายในส่วนที่ 3 เป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะคัตออฟ ในย่านนี้ระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับและคอลเล็กเตอร์กับเบสจะได้รับไบอัสกลับ

ในส่วนเส้นโค้งที่ตัดผ่านจุด C เป็นกราฟแสดงค่าสูงสุดในการจ่ายกำลังงานได้ (Maximum Power Dissipation) ของตัวทรานซิสเตอร์ ใช้คำย่อว่า $P_{(MAX)}$ สามารถคำนวณได้จากค่ากระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุด หรือ $I_{C(MAX)}$ คูณกับค่าแรงดันสูงสุดระหว่างคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์หรือทรานซิสเตอร์ที่ถูกนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น วงจรขยายแบบคลาส A สวิตช์ และอื่น ๆ จะต้องคำนึงถึงค่าแรงดัน ค่ากระแส และค่ากำลังงานที่ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ โดยต้องไม่เกินกว่าค่าสูงสุดเหล่านี้บอกไว้ในคู่มือของผู้ผลิตทรานซิสเตอร์

ที่จุด A บนเส้นโหลดเป็นจุดทำงาน เมื่อใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ทำงานที่จุดอิ่มตัว จะได้ว่าค่าแรงดันระหว่างคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์ (V_{CE}) ไม่เป็น 0 V แต่จะมีค่าโดยประมาณ 0.3 V ในทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอน (Si) หรือประมาณ 0.1 V ในทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียม (Ge) เรียกค่าแรงดันนี้ว่าค่าแรงดันตกคร่อมคอลเล็กเตอร์และอิมิตเตอร์ในสภาวะอิ่มตัว เขียนตัวย่อว่า $V_{CE(SAT)}$ โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 0.1 V ถึง 0.5 V ที่จุด G

ที่จุด B บนเส้นโหลด เป็นจุดทำงานอีกจุดหนึ่งที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ ทำงานที่จุดคัตออฟ ที่จุดนี้อิมิตเตอร์กับเบสได้รับแรงดันไบอัสกลับ ดังนั้นกระแสเบส (I_B) จะเป็นศูนย์ แต่กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) กลับไม่เป็นศูนย์ จะมีค่าอยู่ค่าหนึ่งเป็นค่ากระแสคอลเล็กเตอร์อิ่มตัวย้อนกลับ เขียนตัวย่อว่า I_{CBO} ที่จุด D ค่า I_{CBO} นี้จะถูกขยายโดยค่า $(\beta + 1)$ ในวงจรถ่ายแบบอิมิตเตอร์ร่วม ค่า I_{CBO} นี้คือค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ที่ไหลเมื่ออิมิตเตอร์ถูกเปิดวงจรและรอยต่อระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบสถูกจ่ายไบอัสกลับ บางครั้งอาจให้ตัวย่อ I_{CO} ค่า I_{CO} หรือ I_{CBO} นี้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ 2 ส่วน ค่ากระแสรั่วซึมที่ไหลผ่านฉนวนรอยต่อระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบสโดยไม่ผ่านทะเลรอยต่อ และจากค่ากระแสอิ่มตัวที่จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นมา ค่ากระแสรั่วซึมขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันที่จ่ายให้ และค่ากระแสอิ่มตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่จ่ายให้ค่า I_{CBO} นี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 10 ทั้งทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิคอน (Si) และเจอร์เมเนียม (Ge)

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ

วงจรรทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นสวิตช์ อัตราการขยายทางกระแสของทรานซิสเตอร์แบบอิมิตเตอร์ร่วม ใช้ตัวย่อว่า h_{FE} สำหรับอัตราการขยายกระแสไฟตรง และใช้ตัวย่อว่า h_{fe} สำหรับอัตราการขยายตัวกระแสไฟสลับ อัตราขยายกระแสสามารถหาได้จากสมการดังนี้

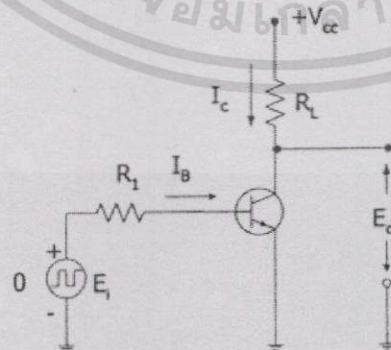
$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \quad (4.2)$$

$$\text{และ } h_{FE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad (4.3)$$


เมื่อ

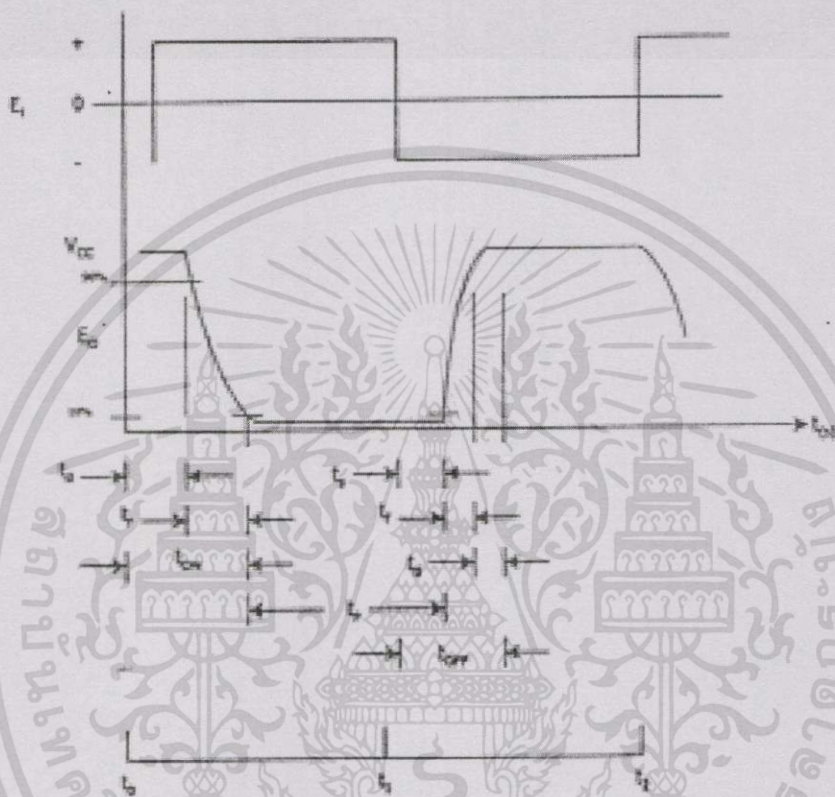
- h_{FE} = อัตราการขยายกระแสไฟตรง
- h_{fe} = อัตราการขยายกระแสไฟสลับ
- I_C = ค่ากระแสคอลเล็กเตอร์
- I_B = ค่ากระแสเบส
- Δ = ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง

ค่าอัตราการขยายกระแสในวงจรรทรานซิสเตอร์จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสที่ไหลในวงจรทั้งหมดทางเอาต์พุตและกระแสทางอินพุตเป็นตัวกำหนดจุดทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ วงจรรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริงแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ก. วงจรรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริง


	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ



ภาพที่ 3 ข. รูปสัญญาณอินพุต และสัญญาณเอาต์พุต

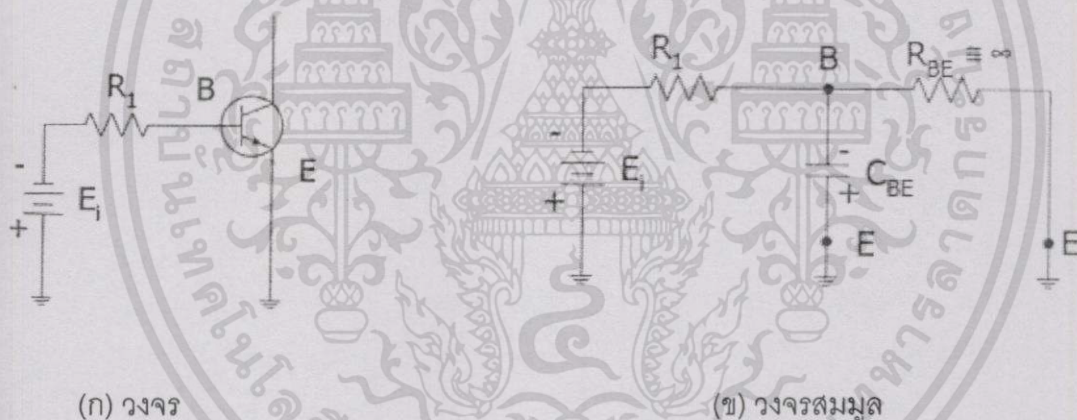
ในภาพที่ 3 ก. เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานจริง พร้อมสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต ในภาพที่ 3 ข. การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ เมื่อพัลส์อินพุตช่วงบวกถูกป้อนเข้ามา จะทำให้รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสได้รับไบอัสตรง แต่ทรานซิสเตอร์ยังไม่มีกระแสในทันทีที่เวลา t_0 จนกว่าจะถึงช่วงเวลา (turn – on time) หรือ t_{ON} คือช่วงเวลาที่แรงดันตกคร่อมขาคอลเล็กเตอร์เปลี่ยนแปลงลดลงไป 90 เปอร์เซ็นต์จากแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC} เวลา t_{ON} มีสองส่วนคือช่วงเวลาหน่วง (delay time) หรือ t_d และช่วงเวลาเคลื่อนขึ้น (rise time) หรือ t_r

ช่วงเวลาหน่วง t_d คือช่วงเวลาที่แรงดันออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไป 10 เปอร์เซ็นต์จากแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC}

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถวานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ


ช่วงเวลาที่เลื่อนที่ t_r คือช่วงเวลาที่แรงดันออกเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไป 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง 90 เปอร์เซ็นต์จากแตรงดันแหล่งจ่าย V_{CC}

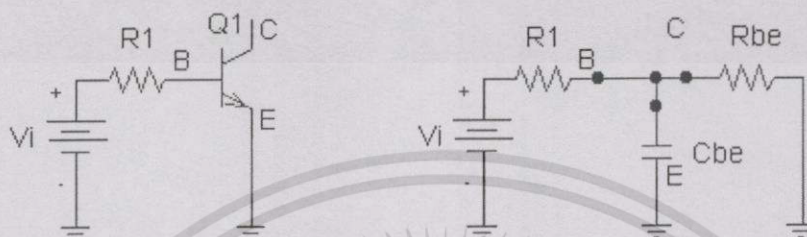
ในภาพที่ 4 เป็นรูปวงจรมุมูล (Equivalent circuit) ของส่วนหนึ่งในวงจรถวานที่ 3 เวลา t_0 แรงดันอินพุตที่ป้อนให้รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะเป็นไบอัสกลับ ดังนั้นรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสเสมือนเป็นตัวต้านทานสูง (R_{BE}) และต่อขนาดกับทัวเก็บประจุที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส (C_{BE}) ขณะที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสได้รับแรงดันไบอัสกลับ ตัวเก็บประจุ C_{BE} จะประจุผ่านตัวต้านทาน R_1 จนมีประจุตกคร่อม C_{BE} เท่ากับค่าแรงดันไบอัสที่ป้อนให้แสดงดังภาพที่ 4 (ข)



ภาพที่ 4 วงจรที่เวลา t_0

ที่เวลา t_0 แรงดันพัลส์ที่ป้อนเข้ามาตามภาพที่ 3 ถูกแสดงไว้ในภาพที่ 5 ก่อนที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะกลายเป็นไบอัสตรงอย่างแท้จริงนั้น ขึ้นอยู่กับเวลาในการเปลี่ยนแปลงประจุของค่าความจุที่รอยต่อจากแรงดัน $-E_i$ เป็นค่าแรงดันศูนย์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับไบอัสตรงนำกระแสระยะเวลาดังกล่าวนี้คือระยะหน่วง (t_d) การทำงานของวงจรในช่วงเวลานี้แสดงเป็นวงจรมุมูลภาพที่ 5 (ข)

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ




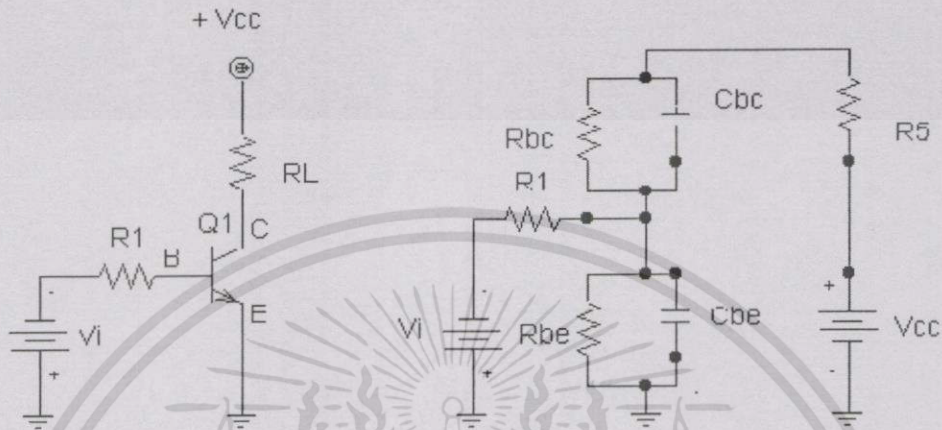
(ก) วงจร

(ข) วงจรสมมูล

ภาพที่ 5 วงจรที่เวลา

ในภาพที่ 6 เป็นวงจรสวิตช์ทรานซิสเตอร์ของภาพที่ 3 ที่เวลา t_0 วงจรสมมูลที่ภาพที่ (ข) ขณะที่เวลา t_0 ทั้งรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส และรอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสกลับทั้งคู่ ดังนั้นตัวเก็บประจุระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส (C_{BE}) จะประจุแรงดันเป็น $-E$ และตัวเก็บประจุระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบส (C_{BC}) จะประจุแรงดันตกคร่อมมีค่า E ร่วมกับ V_{CC} เมื่อแรงดันพัลส์อินพุตที่ป้อนเข้ามาในเวลา t_0 กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จะยังไม่ไหลจนกว่าที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสตรงเต็มที่ (กำหนดโดยเวลาหน่วง t_D) กระแสคอลเล็กเตอร์จะไม่สามารถไหลเพิ่มขึ้นถึงค่าอิมิตัวในทันที เพราะตัวเก็บประจุที่รอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส (C_{BC}) จะทำการคายประจุโดยการแพร่กระจายของพาหะในส่วนของเบส กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จึงจะไหลเพิ่มขึ้นถึงค่าอิมิตัว (กำหนดโดยเวลาเคลื่อนที่ t_f)

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ



(ก) วงจร

(ข) วงจรสมมูล

ภาพที่ 6 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ของภาพที่ 3 ที่เวลา t_0


กลับไปภาพที่ 3 ที่เวลา t_1 แรงดันพัลส์อินพุตเปลี่ยนค่าเป็นลบ แต่กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จะยังไหลอยู่ มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงค่ากระแสที่ไหลในช่วงเวลา t_1 (ขณะที่แรงดันพัลส์อินพุตยังป้อนเข้ามาอยู่) แรงดันที่ออกเอาต์พุตยังมีค่าใกล้เคียง 0 V ทั้งนี้เพราะแรงดันพัลส์อินพุตที่เวลา t_1 นั้นกระแสเบสมีค่าสูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสถึงจุดอิ่มตัวได้ ในช่วงเวลานี้ค่าประจุที่ไหลเข้าเบสมีค่ามากกว่าค่าประจุที่ออกจากเบส ดังนั้นเมื่อกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) ไหลถึงจุดอิ่มตัวกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จะถูกจำกัดค่าโดยความต้านทานโหลด (R_L) ไม่ได้ขึ้นอยู่กับกระแสเบส ฉะนั้นเมื่อแรงดันพัลส์อินพุตเปลี่ยนกลับมาเป็น $-E_i$ ในทันที จะยังมีประจุจำนวนหนึ่งตกค้างที่เบสของทรานซิสเตอร์ NPN กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จึงยังคงไหลต่อไปจนกว่าประจุที่ตกค้างจะหมดไป ช่วงเวลาที่ทำให้ประจุตกค้างที่เบสหมดไปเรียกว่าเวลาสะสม (storage time) หรือ t_s

จากค่าเวลาสะสม (t_s) นี้ทำให้ความกว้างของพัลส์ที่ออกเอาต์พุตมากกว่าความกว้างของพัลส์อินพุต เรียกเวลาช่วงนี้ว่าความกว้างของพัลส์ (t_p) ซึ่งให้นิยามไว้แล้วในบทที่ 1

หลังจากที่แรงดันพัลส์อินพุตเปลี่ยนค่าเป็นค่าลบจนถึงช่วงเวลาที่แรงดันเอาต์พุตกลับมามีค่าแรงดัน $+V_{CC}$ สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะเรียกช่วงเวลานี้ว่าเวลาตัด (turn – off time) หรือ t_{OFF} เวลาตัดนี้จะประกอบด้วยเวลาต่าง ๆ 3 ค่าคือ เวลาสะสม (t_s) เวลาเคลื่อนลง (t_f) และเวลาหน่วง (t_d) เวลาทั้งสามค่านี้จะให้ความหมายโดยสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ

เวลาสะสม (t_s) คือเวลาที่ใช้ในการกระทำให้ประจุตกค้างที่เบสหมดไป โดยใช้กระบวนการแก๊กรวมตัวในวงจรขณะที่แรงดันพัลส์อินพุตตกลงเป็น 0 V และจ่ายแรงดันพัลส์เป็นไบอัสกลับมาที่เวลาสะสม (t_s) นี้จะหาได้จากส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ เวลาที่ทำให้ประจุตกค้างที่เบสหมดและเวลาที่จ่ายไบอัสกลับจนกระแสเบส (I_B) ไหลย้อนกลับ

เวลาเคลื่อนลง (t_f) คือเวลาที่ทำให้แรงดันออกเอาต์พุตเพิ่มขึ้นจาก 10 เปอร์เซ็นต์ถึงเปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดัน V_{CC} ซึ่งจะเป็นเวลาที่ต้องใช้ในการคายประจุของตัวเก็บประจุที่รอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส (C_{BC})

เวลาหน่วง (t_d) คือเวลาที่ทำให้ตัวเก็บประจุที่รอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส (C_{BC}) คายประจุแรงดันไบอัสกลับในตัวออกหมดอย่างสมบูรณ์ ทำให้ค่าแรงดันออกเอาต์พุตเท่ากับ V_{CC}

ทั้งเวลาหน่วง (t_d) เวลาสะสม (t_s) และเวลาเคลื่อนลง (t_f) จะเป็นเวลาที่มีค่าน้อยมากเป็นนาโนวินาที (ns) ทั้งเวลาต่อ (t_{ON}) และเวลาตัด (t_{OFF}) จะถูกบอกไว้ในคู่มือผู้ผลิตของบริษัทที่ผลิตทรานซิสเตอร์ ค่า t_{ON} และ t_{OFF} หาได้ดังนี้

$$t_{ON} = t_d + t_r \quad (4.4)$$

$$t_{OFF} = t_s + t_f + t_d \quad (4.5)$$


ความสัมพันธ์ของกระแสเบสและกระแสคอลเล็กเตอร์

การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ ค่าอัตราขยายกระแสไฟตรงหรือ h_{FE} ของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวมีผลต่อการออกแบบที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ถึงจุดอิ่มตัวสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$I_C = h_{FE} I_B$$

$$I_B = \frac{E_i}{R_1}$$

$$\therefore I_C = \frac{h_{FE} \cdot E_i}{R_1}$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ

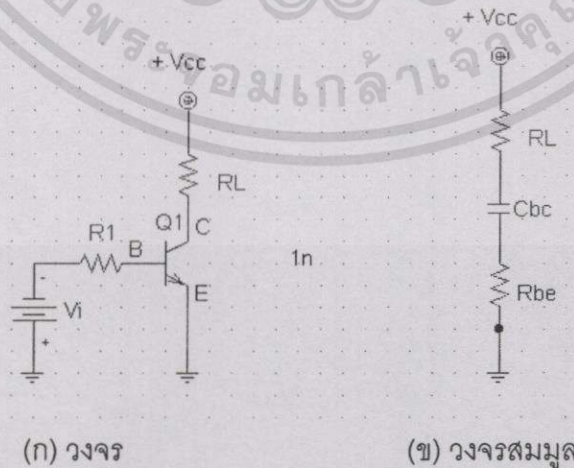
การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์นั้น การเลือกใช้ค่า h_{FE} ต่ำสุดในทรานซิสเตอร์ตัวนำมาใช้ในการคำนวณออกแบบ วงจรสามารถทำได้ ดังนั้นในตัวทรานซิสเตอร์ตัวอื่น ๆ ที่มีค่า h_{FE} สูงกว่านี้ย่อมจะสามารถทำงานได้เช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ในการออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์จึงใช้ค่า h_{FE} ที่ต่ำสุด เขียนย่อเป็น h_{FEmin} มาใช้ในการคำนวณออกแบบ

วงจรที่ใช้ในทางปฏิบัติจะต้องทำให้การทำงานของทรานซิสเตอร์สวิตช์ใกล้เคียงกับทรานซิสเตอร์สวิตช์ในทางอุดมคติ คือต้องลดค่าเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ให้น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) นี้เป็นค่าเวลาที่กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_c) ไหลเพิ่มขึ้นจาก 10 เปอร์เซ็นต์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของค่ากระแสคอลเล็กเตอร์อิมิตัว จะถูกจำกัดค่าโดยโหลด R_L ให้ทำการประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุตรงรอยต่อคอลเล็กเตอร์กับเบส (C_{BC}) เปลี่ยนแปลง กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_c) จะไหลเพิ่มขึ้นตามค่าการประจุของ C_{BC} มาตรฐานของทรานซิสเตอร์เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I_c = I_c (1 - e^{-t/RC}) \tag{4.6}$$

หรือ $I_c = I_c (1 - e^{-t/r/RL C_{BC}})$ (4.7)

สภาวะการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ตามภาพที่ 3 ในเวลาที่ t_0 การไหลของกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_c) จะขึ้นอยู่กับค่า R_L และ C_{BC} เขียนเป็นวงจรและวงจรสมมูลได้ดังภาพที่ 7

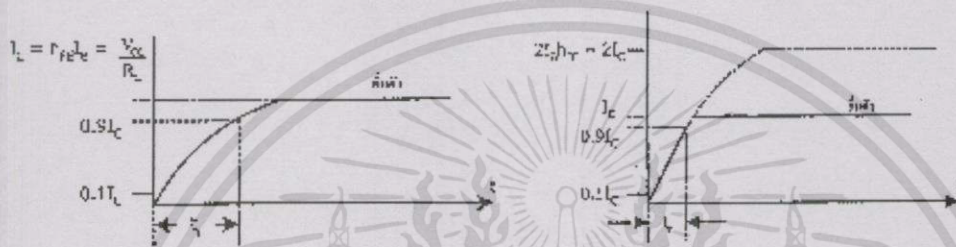


ภาพที่ 7 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่เวลา t_0



เรื่อง	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	วงจรถานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ

ช่วงเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ในการทำงานของทรานซิสเตอร์จากการไหลของกระแส I_C ที่เปอร์เซ็นต์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์นั้น สามารถกำหนดค่าได้ด้วยกระแสเบส (I_B) ที่ป้อนให้ทรานซิสเตอร์ ถ้ากระแส I_B ไหลน้อย ช่วง t_r จะมาก และถ้ากระแส I_B ไหลมาก ช่วง t_r จะน้อย แสดงได้ดังภาพ




(ก) ที่กระแส I_B ปกติ

(ข) ที่กระแส I_B เป็น 2 เท่า

(ค) ที่กระแส I_B เป็น 3 เท่า

ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส I_B และ I_C กับช่วงเวลา t_r

จากภาพที่ 8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแส I_B และ I_C กับช่วงเวลา t_r สามารถแสดงให้เห็นจริงได้จากการคำนวณดังนี้

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1-4.2
		เวลา	2 คาบ

ในภาพที่ 8 (ก) ให้กระแส I_B ค่าปกติ จะหาค่า t_r ได้ดังนี้

$$\text{จาก} \quad I_C = h_{FE(MIN)} I_B = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$t_r = t_{ON} - t_d = 90\% - 10\% = 80\%$$

$$\text{หรือ} \quad t_r = 0.8$$

จากสมการที่ 4.7

แทนค่า

ค่า

$$I_C = I_C (1 - \mathcal{E}^{-t_r/R_L C_{BC}})$$

$$0.8 I_C = h_{FE(MIN)} I_B (1 - \mathcal{E}^{-t_r/R_L C_{BC}})$$

$$\tau = R_L \cdot C_{BC}$$

$$\frac{0.8 V_{CC}}{R_L} = \frac{V_{CC}}{R_L} (1 - \mathcal{E}^{-t_r/R_L C_{BC}})$$

$$0.8 = 1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}$$

$$\mathcal{E}^{-t_r/\tau} = 1 - 0.8 = 0.2$$

$$-\frac{t_r}{\tau} \log \mathcal{E} = \log 0.2$$


$$-\frac{t_r}{\tau} \log 2.718 = \log 0.2$$

$$\frac{t_r}{\tau} = \frac{\log 0.2}{\log 2.718} = \frac{0.699}{0.434}$$

$$\frac{t_r}{\tau} = 1.61$$

$$t_r = 1.61 \tau$$


ที่กระแส I_B ปกติ ค่าเวลาเคลื่อนขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1.61τ

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1-4.2
		เวลา	2 คาบ

ในภาพที่ 8 (ข) เพิ่มค่ากระแส I_B เป็น 2 เท่า จะหาค่า t_r ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } i_c &= I_c (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.8 I_c &= h_{FE} 2I_B (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \frac{0.8V_{CC}}{R_L} &= \frac{2V_{CC}}{R_L} (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.8 &= 2(1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \frac{0.8}{2} &= (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.4 &= (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \mathcal{E}^{-t_r/\tau} &= 1 - 0.4 = 0.6 \\
 -\frac{t_r}{\tau} \log \mathcal{E} &= \log 0.6 \\
 -\frac{t_r}{\tau} &= \frac{\log 0.6}{\log 2.718} = \frac{0.222}{0.434} \\
 \frac{t_r}{\tau} &= 0.511 \\
 t_r &= 0.51 \tau
 \end{aligned}$$

ที่กระแส I_B เป็น 2 เท่าจะทำให้เวลาเคลื่อนขึ้นของค่าลดลงเหลือเพียง 0.51τ หรือลดลงเหลือเท่ากับ $0.51/1.61 = 1/3$ เท่า


	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 - 4.2
		เวลา	2 คาบ

ในภาพที่ 8 (ค) เพิ่มค่ากระแส I_B เป็น 3 เท่า จะหาค่า t_r ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad i_c &= I_c (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.8 I_c &= h_{FE} 3 I_B (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \frac{0.8 V_{CC}}{R_L} &= \frac{3 V_{CC}}{R_L} (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.8 &= 2(1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \frac{0.8}{3} &= (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 0.27 &= (1 - \mathcal{E}^{-t_r/\tau}) \\
 \mathcal{E}^{-t_r/\tau} &= 1 - 0.27 = 0.73 \\
 -\frac{t_r}{\tau} \log \mathcal{E} &= \log 0.73 \\
 \frac{t_r}{\tau} &= \frac{\log 0.73}{\log 2.718} = \frac{0.137}{0.434} \\
 \frac{t_r}{\tau} &= 0.315 \\
 t_r &= 0.315 \tau
 \end{aligned}$$

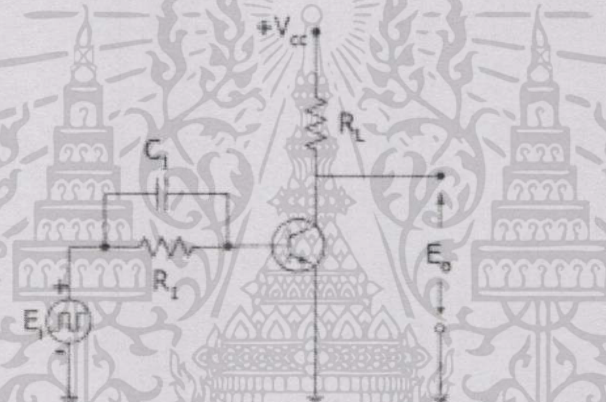
ที่กระแส I_B เป็น 3 เท่าจะทำให้เวลาเคลื่อนขึ้นมีค่าลดลงเหลือเพียง 0.32τ หรือลดลงเหลือ $0.32/1.61 = 1/5$ เท่า

การเพิ่มกระแส I_B ของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ภาพที่ 3 ทำได้โดยการปรับลดค่าความต้านทาน R_1 ให้น้อยลง แต่มีผลเสียคือจะทำให้เวลาสะสม (t_s) เพิ่มมากขึ้น

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
		เวลา	2 คาบ

การเพิ่มความเร็วในการสวิตช์

จากที่กล่าวมาในหัวข้อที่ การทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานถึงสภาวะอิ่มตัวได้เร็วขึ้นโดยการเพิ่มกระแสเบสมากขึ้น ซึ่งก็มีผลต่อเวลาสะสม (t_s) เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย วิธีการอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดอิ่มตัวได้เร็วขึ้นโดยไม่เพิ่มเวลาสะสม (t_s) โดยการใช้ตัวเก็บประจุต่อคร่อมขานานกับ R_1 เรียกตัวเก็บประจุตัวนี้ว่า ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว (speedup capacitor) วงจรแสดงดังภาพที่ 9

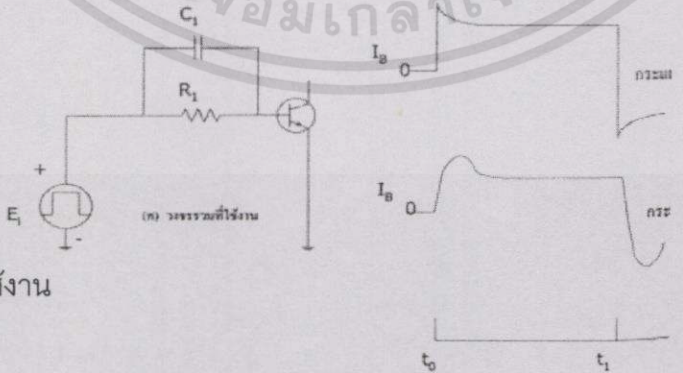
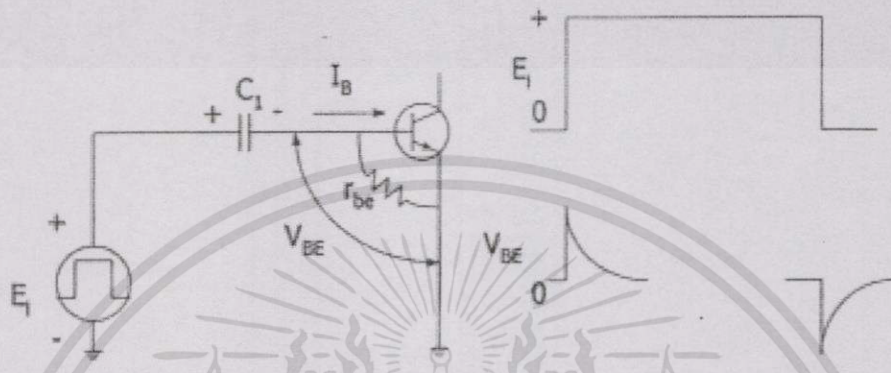


ภาพที่ 9 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว

จากภาพที่ 9 เป็นวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 เข้าไปการทำงานอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีแรงดันพัลส์อินพุตเป็นบวกป้อนเข้ามา จะมีกระแสเบส (I_B) ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุ C_1 จะประจุแรงดันพัลส์บวกไว้มีค่าเท่ากับแรงดันพัลส์ที่ป้อนเข้ามา ดังนั้นค่ากระแสเบส (I_B) จะประกอบด้วยกระแส 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งกระแสที่เกิดจากการประจุของ C_1 ส่วนที่สองกระแสปกติของกระแสเบส (I_B) ที่ถูกจำกัดค่าโดย R_1 กระแสเบส (I_B) ทั้งสองค่านี้เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะแสดงได้ดังภาพที่ 9




เรื่อง	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	รหัสวิชา	04-221-206
		บทเรียนที่	4.1 - 4.2
		เวลา	2 คาบ



ภาพที่ 10 สภาวะกระแส I_B ที่ไหลในวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใส่ C_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถวานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ

จากภาพที่ 10 แสดงสภาวะกระแส I_B ที่ไหลในวงจรถวานซิสเตอร์ที่ใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 กระแส I_B แต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้ ภาพที่ 10 (ก) แสดงสภาวะกระแส ไหลจากตัวเก็บประจุ C_1 ประจุแรงดัน โดยกำหนดให้ค่าความต้านทานระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส (r_{bc}) คงที่ เมื่อมีแรงดันพัลส์อินพุตเป็นบวกป้อนเข้ามาที่เวลา t_0 แรงดันพัลส์อินพุตจะไปตกคร่อมที่ค่าความต้านทาน r_{bc} เป็นแรงดัน V_{BE} ของรูปลั้ญญาณภาพที่ 10 (ก) เมื่อเวลาผ่านไปตัวเก็บประจุ C_1 จะประจุแรงดันไว้มีแรงดันตกคร่อม C_1 ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น กระแส I_B จะไหลน้อยลงและแรงดัน V_{BE} จะน้อยลง ถ้าตัวเก็บประจุ C_1 ประจุเต็ม กระแส I_B จะหยุดไหล (เป็นศูนย์) และแรงดัน V_{BE} จะเป็น 0 V จนแรงดันป้อนให้รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสเป็นไบอัสกลับ แรงดันไบอัสกลับนี้จะช่วยลดเวลาสะสม (t_s) ในตัวทรานซิสเตอร์ให้น้อยลง ตัวเก็บประจุ C_1 ยังช่วยเพิ่มค่ากระแส I_B ให้ไหลมากขึ้นช่วยให้เวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ของตัวทรานซิสเตอร์ลดลง คือขณะ C_1 ประจุ เวลา t_r จะลดลง และขณะประจุ C_1 คายประจุเวลา จะลดลง


จากภาพที่ 10 (ข) ถ้าพิจารณา เฉพาะตัวต้านทาน R_1 จะเหมือนต่ออันดับกับตัวต้านทานคงที่ระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส (r_{be}) โดยต่อวงจรเป็นแบบวงจรแบ่งแรงดัน (voltage divider) ทำให้เกิดกระแส I_B ไหล และเกิดแรงดันตกคร่อมระหว่างรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส (V_{BE}) คงที่ แสดงดังรูปลั้ญญาณของภาพที่ 10 (ข)

จากภาพที่ 10 (ค) เป็นวงจรถวานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 เข้าไปผลของกระแส I_B ที่ไหลในตัวทรานซิสเตอร์ก็คือกระแสผลรวมของ I_B จากการประจุของ C_1 กับกระแส I_B จากการกำหนดค่าของ R_1 จึงทำให้ช่วงเวลาเริ่มต้นของเวลา t_0 กระแส I_B จะไหลมากกว่าปกติ และลดลงเข้าสู่สภาวะปกติเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดอิ่มตัว จนถึงช่วงเวลา t_1 จะมีกระแส I_B ย้อนกลับเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ช่วยทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดตัดออฟได้เร็วขึ้น แสดงค่ากระแส I_B ตามรูปลั้ญญาณของภาพที่ 10 (ค)

ค่าความจุของตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็วสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$Q = CE$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ

$$\text{ดังนั้น } I = \frac{CE}{t}$$

$$\therefore C = \frac{I \cdot t}{E} \quad (4.8)$$

เมื่อ

Q = ปริมาณของประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมบ์

I = กระแสเบส ในส่วนที่เกิดกว่าค่าปกติ มีหน่วยเป็นแอมแปร์

t = คือค่าเวลาเคลื่อนขึ้น มีหน่วยเป็นวินาที

E = ความแรงของแรงดันพัลส์อินพุต มีหน่วยเป็นโวลต์

C = ค่าความจุของตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว มีหน่วยเป็นฟารัด

4.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรถรานซิสเตอร์สวิตช์

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหาค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 ที่จะนำมาใช้ในวงจรถรานซิสเตอร์สวิตช์ตามภาพที่ 11 ในวงจรถกำหนดค่าต่าง ๆ ให้ดังนี้

$$E_0 = 10 \text{ V}_p$$

$$E_1 = 5 \text{ V}_p \text{ (0 ถึง +5V)}$$

$$I_c = 10 \text{ mA}$$

ทรานซิสเตอร์ทางอุดมคติชนิดซิลิคอน NPN กำหนดค่าได้ดังนี้

$$h_{FE} = 100$$

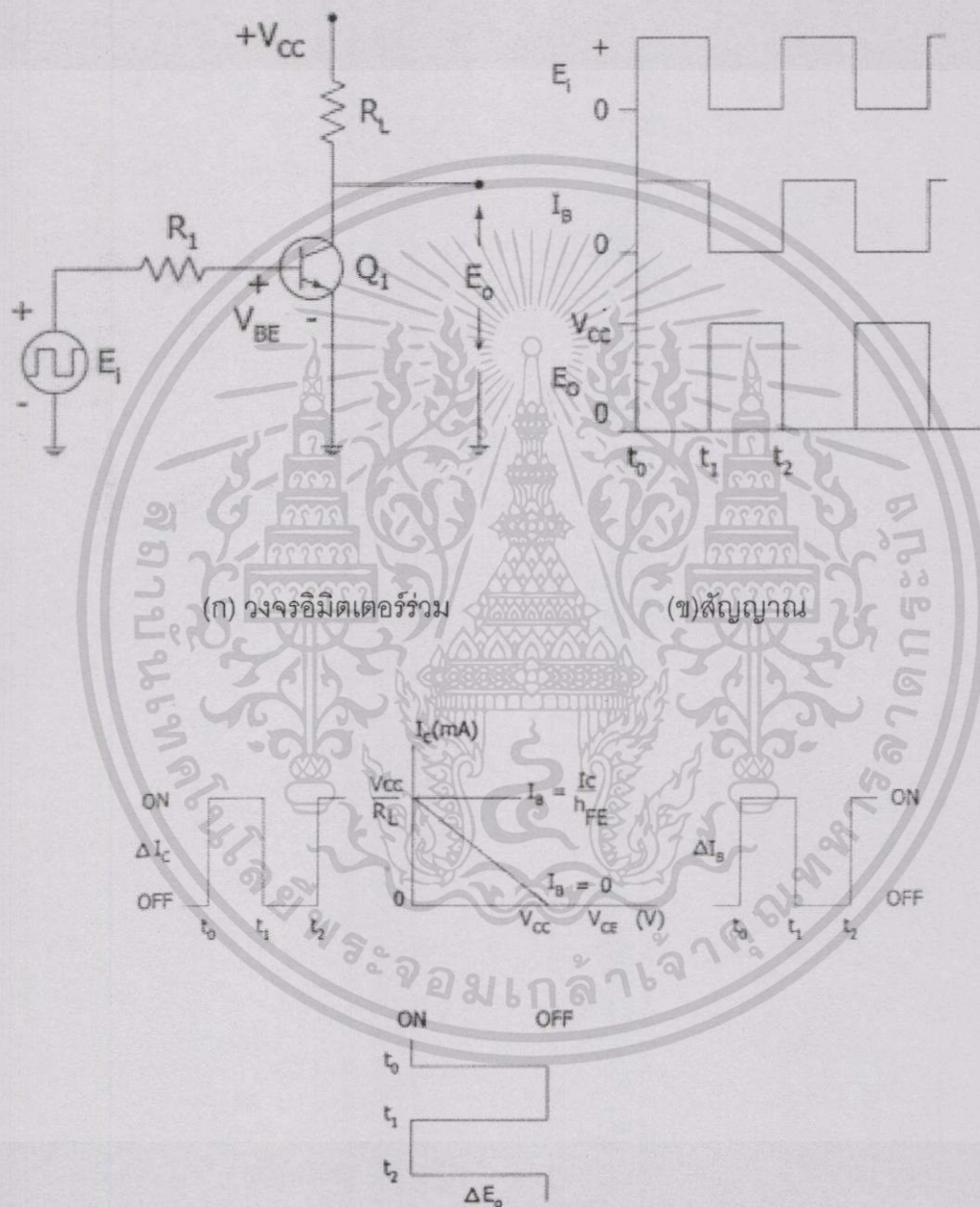
$$V_{BE} = 0 \text{ V}$$

$$V_{CE(SAT)} = 0 \text{ V}$$


$$I_{CBO} = 0$$



เรื่อง	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 - 4.2
		เวลา	2 คาบ



(ค) อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณต่าง
 ภาพที่ 11 การทำงานของทรานซิสเตอร์สวิตช์ทางอุดมคติ

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ

วิธีทำ

ทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้งานทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ดังนั้นค่าแรงดันของแหล่งจ่าย V_{CC} จะต้องกำหนดจากค่าความแรงดันที่ออกเอาต์พุต นั่นคือแรงดัน V_{CE} มีค่า $+10\text{ V}$

ค่ากระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) เท่ากับ 10 mA เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานถึงจุดอิ่มตัว (สภาวะทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ต่อวงจรหรือ ON) ค่าความต้านทาน R_L หาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_L \\ I_C R_L &= V_{CC} - V_{CE} \\ \text{แทนค่า } 10\text{ mA} R_L &= 10\text{ V} - 0 \\ R_L &= \frac{10\text{ V}}{10\text{ mA}} = 1\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

กระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) จะถูกควบคุมด้วยกระแสเบส (I_B) ดังนั้นค่ากระแสเบส (I_B) สามารถหาได้จากกระแสคอลเล็กเตอร์ (I_C) อิ่มตัว เมื่อมีแรงดันพัลส์อินพุตป้อนเข้ามา $+5\text{ V}$


$$\begin{aligned} I_C &= h_{FE} I_B \\ I_B &= \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{10\text{ mA}}{100} = 0.1\text{ mA} \end{aligned}$$

ที่เวลา t_{+0} แรงดันอินพุตมีค่า $+5\text{ V}$ เป็นการจ่ายไบอัสตรงให้ทรานซิสเตอร์ Q₁ กฎแบบของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} E_1 &= E_{R_1} + V_{BE} \\ &= I_B R_1 + V_{BE} \\ \text{แทนค่า } 5\text{ V} &= 0.1\text{ mA} R_1 + 0 \end{aligned}$$

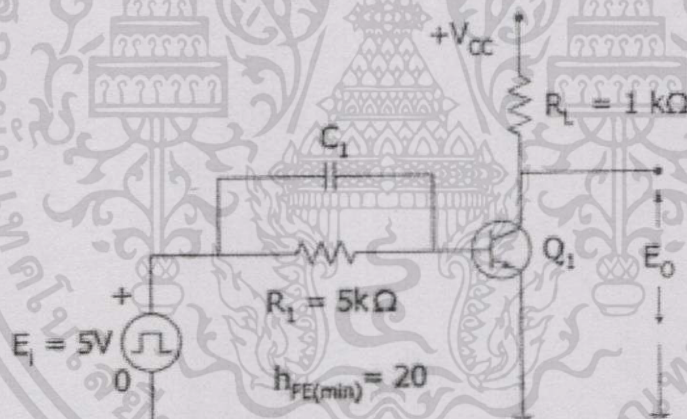
$$R_1 = \frac{5\text{ V}}{0.1\text{ mA}} = 50\text{ k}\Omega$$

$$\therefore V_{CC} = +10\text{ V}, R_L = 1\text{ k}\Omega, R_1 = 50\text{ k}\Omega$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.1 – 4.2
		เวลา 2 คาบ

การทำงานของวงจรจะเป็นดังนี้ เมื่อแรงดันพัลส์อินพุต +5 V ป้อนเข้ามา มีกระแสเบสไหล ทรานซิสเตอร์จะทำงานถึงจุดอิ่มตัว เสมือนสวิตช์ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะต่อวงจรหรือสวิตช์ ON เมื่อแรงดันพัลส์อินพุตอยู่ที่เวลา t_1 แรงดันพัลส์อินพุตเป็น 0 V ไม่มีไบอัสจ่ายเข้าขาเบส สวิตช์ทรานซิสเตอร์ และถือว่ากระแส $I_{CBO} = 0$ เสมือนสวิตช์ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะตัดวงจร หรือ สวิตช์ OFF แรงดันออกเอาต์พุตจะมีค่าเท่าแหล่งจ่าย $V_{CC} = +10 V$

ตัวอย่างที่ 4.2 จากภาพที่ 12 เมื่อวงจรยังไม่ต่อตัวเก็บประจุ C_1 วงจรมีค่าเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) 5 μs ถ้าต้องการลดเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ลงเหลือเพียง 1 μs ต้องใส่ตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว C_1 มีค่าความจุเท่าไร




ภาพที่ 12 วงจรใช้คำนวณค่าความจุของตัวเก็บประจุเพิ่มความเร็ว

วิธีทำ

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{20V}{1K\Omega} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{B(\min)} = \frac{I_C}{h_{FE(\min)}} = \frac{20mA}{20} = 1 \text{ mA}$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.1 – 4.2
			เวลา	2 คาบ

ต้องการลดค่าเวลาเคลื่อนขึ้น (t_r) ลงจาก $5 \mu\text{s}$ หรือ $1 \mu\text{s}$ นั่นคือเวลาเคลื่อนขึ้นลดลงเหลือเพียง $1/5$ เท่า จะต้องเพิ่มค่ากระแส I_B เป็น 3 เท่า

จากสมการ I_B รวม = I_B ต่ำสุด + I_B เกิดกว่าปกติ

แทนค่า $3 I_B$ = I_B + I_B เกินกว่าปกติ


3 mA = $1 \text{ mA} + I_B$ เกินกว่าปกติ

I_B เกินกว่าปกติ = $3 \text{ mA} - 1 \text{ mA} = 2 \text{ mA}$

จากสมการที่ (4.8) $C = \frac{I_L}{E} = \frac{I_B t_r}{E_i}$

แทนค่า $C_1 = \frac{2 \text{ mA} \times 1 \mu\text{s}}{5} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}}{5}$

$C_1 = 400 \text{ pF}$

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
		เวลา	3 คาบ

ใบทดลองที่ 6

เรื่อง ปฏิบัติการทดลองวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

วันที่ทดลอง// กำหนดส่งงาน//


วัตถุประสงค์การทดลอง

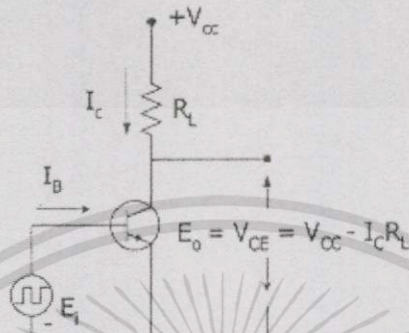
1. ทดสอบการทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำงานเป็นสวิตช์
2. วัดค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณเอาต์พุตวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

ทฤษฎี

นอกจากจะใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขยายให้วงจรขยายแบบลิเนียร์แล้วเรายังสามารถนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานเสมือนหนึ่งเป็นสวิตช์เปิด - ปิดวงจรก็ได้ โดยอาศัยคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ที่อาศัยการควบคุมกระแสในเบสในวงจรเพียงเล็กน้อย ก็สามารถทำให้กระแสคอลเล็กเตอร์จำนวนมาก ๆ เปลี่ยนแปลงไปได้

คุณสมบัติในการทำงานจะทำงานเหมือนสวิตช์ไฟฟ้า คือ ขณะที่ทรานซิสเตอร์นำกระแสค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์จะมีค่าต่ำสุดเสมือนหนึ่งลัดวงจรเป็นสวิตช์ในสถานะ ON และขณะที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสค่าความต้านทานในตัวทรานซิสเตอร์จะมีค่าสูงสุด เป็นค่าอนันต์ ไม่มีกระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ เสมือนหนึ่งเปิดวงจรเป็นสวิตช์ในสถานะ OFF

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.5
		เวลา 3 คาบ



รูปที่ 1 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ของอุดมคติ

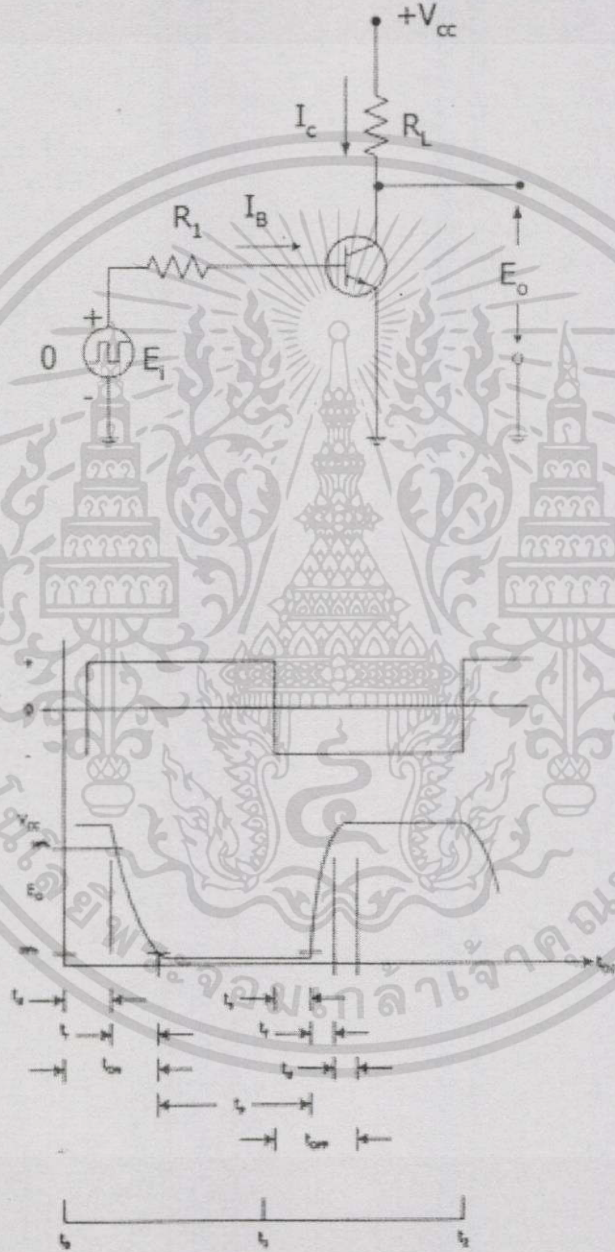


(ก) กราฟคุณสมบัติ

รูปที่ 2 การทำงานของวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์




เรื่อง	วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	รหัสวิชา	04-221-206
		บทเรียนที่	4.5
		เวลา	3 คาบ



รูปที่ 3 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
			เวลา	3 คาบ

การทำงานของวงจรถานซิสเตอร์ในรูปที่ 3 สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ เมื่ออินพุตของพัลส์ช่วงบวกถูกป้อนเข้ามาจะทำให้รอยต่ออิมิตเตอร์เบสได้รับแรงดันไบแอสตรง แต่ทรานซิสเตอร์ยังไม่นำกระแสในทันทีทันใดจนกว่าจะถึงช่วงเวลา Turn – on คือ ช่วงเวลาที่แรงดันตกคร่อมขาคอลเล็กเตอร์ เปลี่ยนแปลงลดลงไป 90 เปอร์เซ็นต์จากแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC} และช่วงเวลาอันนี้จะถูกเรียกว่า turn – on time หรือ t_{on} ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

- ช่วงเวลาหน่วง (Delay time) หรือ t_d คือ ช่วงเวลาที่แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไป 10 เปอร์เซ็นต์จากแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC}

- ช่วงเวลาไต่ขึ้น (Rise time) หรือ t_r คือ ช่วงเวลาที่แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงไปจาก 10 เปอร์เซ็นต์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์จากแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC}

และหลังจากที่แรงดันอินพุตพัลส์เปลี่ยนค่าเป็นช่วงลบถูกป้อนเข้ามาก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ได้รับไบแอสกลับก็จะทำให้ค่าแรงดันเอาต์พุตกลับมามีค่าเป็น $+V_{CC}$ ซึ่งจะเรียกช่วงเวลานี้ว่า turn – off time หรือ t_{off} ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ช่วงเวลาสะสม (Storage time) หรือ t_s คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการทำให้ประจุตกค้างที่เบสหมดไป และเวลาที่จ่ายไบแอสกลับให้ทรานซิสเตอร์เริ่มคัตออฟ


- ช่วงเวลาดตก (Fall time) คือ t_f คือ ช่วงเวลาที่ทำให้แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นจาก 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าแรงดันแหล่งจ่าย V_{CC}

- ช่วงเวลาหน่วง (Delay time) หรือ t_d คือ ช่วงเวลาที่ทำให้แรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้นจาก 90 เปอร์เซ็นต์ ถึง ค่าแรงดันออกเอาต์พุตเท่ากับ V_{CC}

นั่นคือสรุปได้ว่า

$$t_{on} = t_d + t_r$$

$$t_{off} = t_s + t_f + t_d$$

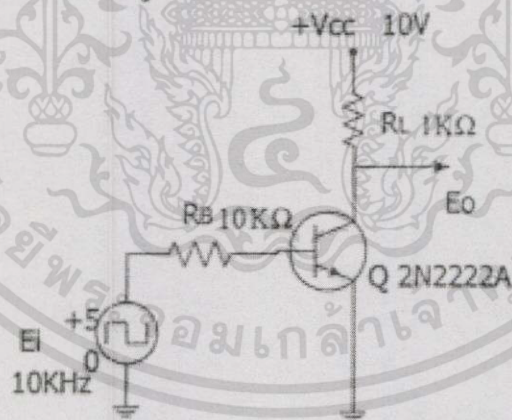
	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
		เวลา	3 คาบ

เครื่องมือและอุปกรณ์


1. เครื่องกำเนิดสัญญาณ
2. ออสซิลโลสโคป
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
4. ทรานซิสเตอร์ 2N2222A
5. ตัวต้านทาน R $1\text{ k}\Omega$, $5\text{ k}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$, $100\text{ k}\Omega$
6. ตัวเก็บประจุ C
7. แผงประกอบวงจร
8. สายต่อวงจร

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

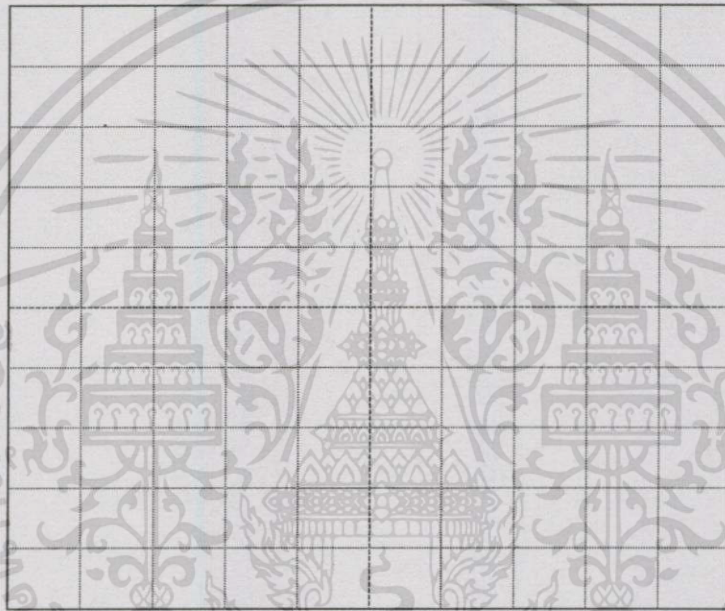
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.5
		เวลา 3 คาบ

2. ตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณสแควร์เวฟที่ 5 Vp, 10kHz แล้วต่อสัญญาณสแควร์เวฟ เข้าที่อินพุตของวงจร
3. วัดและบันทึกรูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุต (1-2 ไทเทิลโดยใช้ ดี.ซี. อินพุตออสซิลโลสโคป) พร้อมทั้งกำหนดค่าระดับแรงของสัญญาณลงในรูปคลื่น




$$V_1/DIV = \dots\dots\dots$$

$$V_2/DIV = \dots\dots\dots$$

$$T/DIV = \dots\dots\dots$$

รูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุต

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
		เวลา	3 คาบ

4. วัดและบันทึกค่าต่าง ๆ ของสัญญาณเอาต์พุต

4.1 Delay time (t_d) =

4.2 Rise time (t_r) =

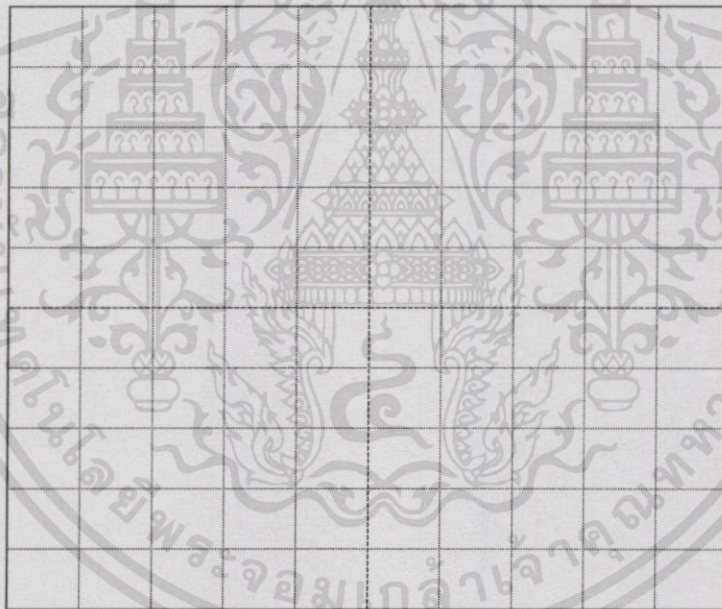
4.3 t_{on} =

4.4 Storage time (t_s) =

4.5 Fall time (t_f) =

4.6 Delay time (t_d) =

4.7 t_{off} =




$$V_1/DIV = \dots\dots\dots$$

$$V_2/DIV = \dots\dots\dots$$

$$T/DIV = \dots\dots\dots$$

รูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุต

	แผนการสอน	รหัสวิชา 04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่ 4.5
		เวลา 3 คาบ

5. เปลี่ยนค่า R_B เป็น $5K\Omega$ แล้วทดลองซ้ำตามข้อ 2-4

5.1 Delay time (t_d) =

5.2 Rise time (t_r) =

5.3 t_{on} =

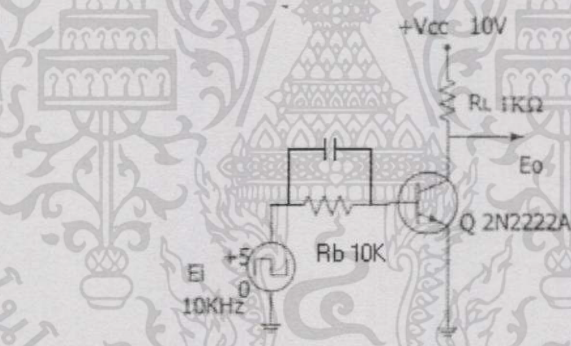
5.4 Storage time (t_s) =

5.5 Fall time (t_f) =

5.6 Delay time (t_d) =

5.7 t_{off} =

6. ประกอบวงจรตามรูปที่ 5




รูปที่ 5 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ที่ใช้ C – Speed Up

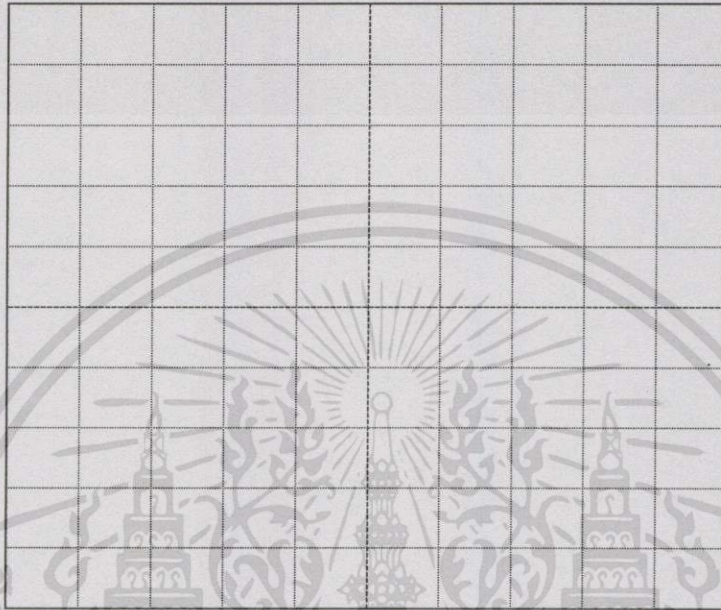
7. ใช้ผลจากการทดลองของวงจรครั้งที่ 1 เพื่อต้องการหาค่า C – Speed Up เมื่อต้องการลดค่า Rise time ลงเหลือ 1/3 เท่าของ t_{r1}

$$t_r = \frac{1}{3} \cdot t_{r1} = \dots\dots\dots$$

$$\text{และ } C = \frac{I_B \cdot t_r}{E_i} = \dots\dots\dots$$

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง	วงจรถานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรถับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
			เวลา	3 คาบ

8. ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2-4



$$V_1 / DIV = \dots\dots\dots$$

$$V_2 / DIV = \dots\dots\dots$$

$$T / DIV = \dots\dots\dots$$

รูปคลื่นอินพุตและเอาต์พุต

8.1 Delay time (t_d) =

8.2 Rise time (t_r) =


8.3 t_{on} =

8.4 Storage time (t_s) =

8.5 Fall time (t_f) =

8.6 Delay time (t_d) =

8.7 t_{off} =

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ	บทเรียนที่	4.5
		เวลา	3 คาบ

9. ถอดวงจรสัญญาณอินพุต และ C-Speed Up ออกและเปลี่ยนค่า R_b เป็น $100k\Omega$ ทดสอบสภาพการเป็นสวิตช์ของวงจรโดย การต่อ R_b ลงกราวด์

10. วัดค่าแรงดันตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดให้และบันทึกผลลงในตารางที่ 1


V_{B1}	V_{C1}	V_{CC}	สภาพทรานซิสเตอร์ (ON/OFF)

ตารางที่ 1

11. ต่อ R_b เข้ากับ V_{CC} ทดสอบสภาพการเป็นสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ และวัดค่าแรงดันตามจุดต่าง ๆ กำหนดให้ บันทึกผลลงให้ตารางที่ 2

V_{b1}	V_{c1}	V_{CC}	สภาพทรานซิสเตอร์ (ON/OFF)

ตารางที่ 2

	แผนการสอน	รหัสวิชา	04-221-206	
	เรื่อง วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณ		บทเรียนที่	4.5
			เวลา	3 คาบ

คำถาม

1. เฟส ของสัญญาณอินพุต และเอาต์พุตในวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์มีลักษณะอย่างไร (อธิบาย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. C_S ที่ตกคร่อม R_b มีผลต่อค่า Rise time และ Fall time ของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตอย่างไรบ้าง (อธิบาย)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
- แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน
 - แบบทดสอบภาคทฤษฎี
 - แบบทดสอบภาคปฏิบัติ
- แบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องวงจรถวานซิสเตอร์สวิตซ์
ใน CD แผ่นที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์

วงจรกลับสัญญาณ (Inverter Circuits)

ออกจากโปรแกรม

- องค์ประกอบของทรานซิสเตอร์ในการทำงานเป็นสวิตช์
- การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์
- วิเคราะห์การเปิดปิดสวิตช์ทรานซิสเตอร์
- การเพิ่มความเร็วในการเปิด-ปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์
- แบบทดสอบผู้เรียน
- ออกจากโปรแกรม

บทที่ 2 อธิบายความหมายของค่า $I_B, I_{fe}, R_B, V_{CE}, V_{BE}$ และตัวอย่างการออกแบบวงจร

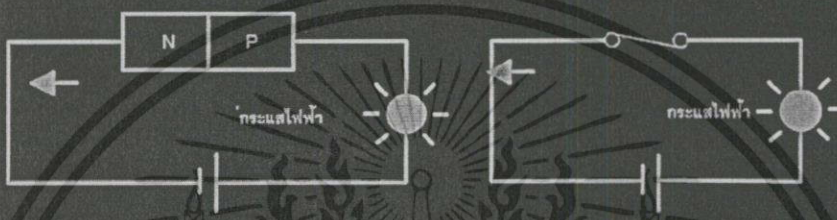
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของทรานซิสเตอร์ทำงานเป็น Switch

ในการที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็น Switch ได้นั้นต้องมีไบอัส (Bias) ให้กับทรานซิสเตอร์ ซึ่งการไบอัสมี 2 ชนิด คือ 1.การไบอัสตรง (Forward Bias) 2.การไบอัสกลับ (Reverse Bias)

การไบอัสตรง (Forward Bias)

การไบอัสตรง หมายถึง การจ่ายแรงดันไฟบวกให้กับสารกึ่งตัวนำชนิด P และจ่ายแรงดันไฟลบที่สารกึ่งตัวนำชนิด N ซึ่งเมื่อสารกึ่งตัวนำได้รับไบอัสตรง (Forward Bias) จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



การไบอัสกลับ (Reverse Bias)

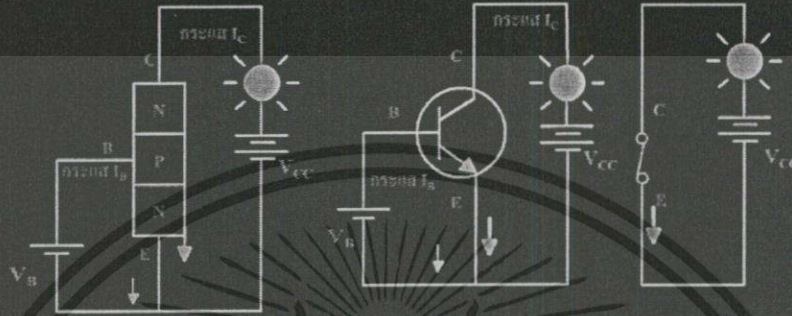
การไบอัสกลับ หมายถึง การจ่ายแรงดันไฟบวกให้สารกึ่งตัวชนิด N และจ่ายแรงดันไฟลบที่สารกึ่งตัวนำชนิด P เมื่อสารกึ่งตัวนำได้รับไบอัสกลับจะทำให้รอยต่อสาร P และ N กว้างมากขึ้นจึงทำให้ไม่มีกระแสไหลในวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์

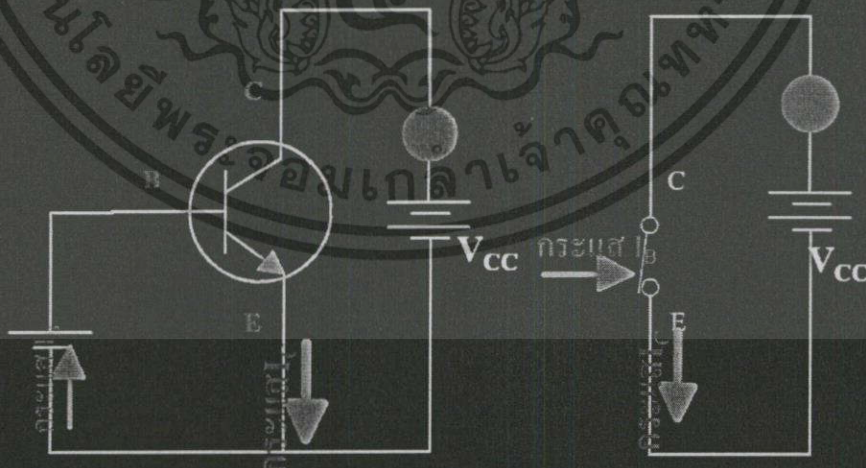
ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็น Switch ได้มันต้องทำการไบอัสให้กับตัวมันโดยที่จ่ายไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่ขาคอลเลกเตอร์เทียบกับขาอีมิเตอร์และจ่ายแรงดันไบอัสตรงที่ขาเบสเทียบกับขาอีมิเตอร์ โดยที่ไบอัสตรงที่จ่ายให้ขาเบสนั้นจะเป็นตัวควบคุมการปิดเปิดสวิตช์



รูปที่ ๑ รูปที่ ๒ รูปที่ ๓

การทำงานของ Transistor เป็นสวิตช์

การเปิด-ปิดสวิตช์ของ Transistor จะอาศัยแรงดันไบอัส I_b ควบคุมในการเปิด-ปิด



รูปที่ ๑ รูปที่ ๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 รูปที่ 2 รูปที่ 3

ถ้าเราทำการไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่ขา B และ E จะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขา C-E สูงมาก เปรียบเหมือนหนวดสัมผัส Switch เปิดวงจร ทรานซิสเตอร์ไม่สามารถนำกระแสได้

ซึ่งจากที่กล่าวมาได้สรุปว่า ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นสวิตช์ต้องจ่ายไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่ขา C-E และจ่ายไบอัสตรงที่ ขา B-E ซึ่งไบอัสตรงที่จ่ายนี้ก็เป็นตัวควบคุมการเปิดปิดสวิตช์ กล่าวคือ ถ้าจ่ายไบอัสตรง (Forward Bias) ที่ขา B-E จะเป็นการควบคุมให้สวิตช์เปิดวงจร แต่ถ้าจ่ายไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่ขา B-E จะเป็นการควบคุมให้สวิตช์เปิดวงจร

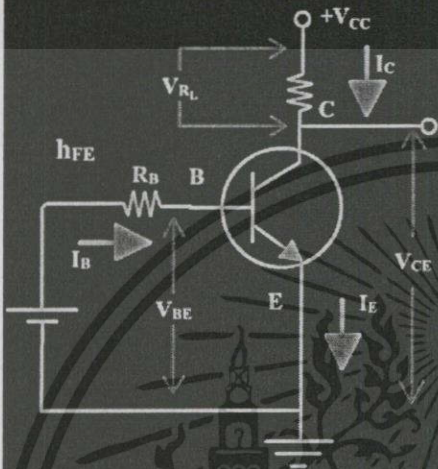
จ่ายไบอัสกลับที่ขา B-E ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส

ไบอัสตรงที่ขา C เทียบกับขา E TR ไม่นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

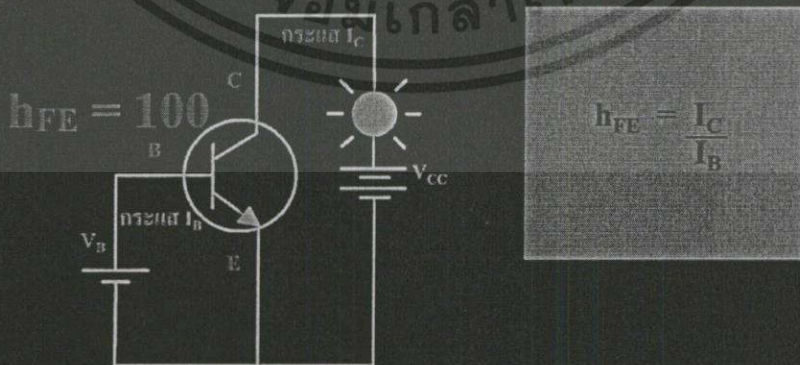
การออกแบบทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์

การออกแบบให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ได้นั้น จะต้องทราบความหมายของค่า I_B , I_C , h_{FE} , V_{CE} , V_{BE} , R_B



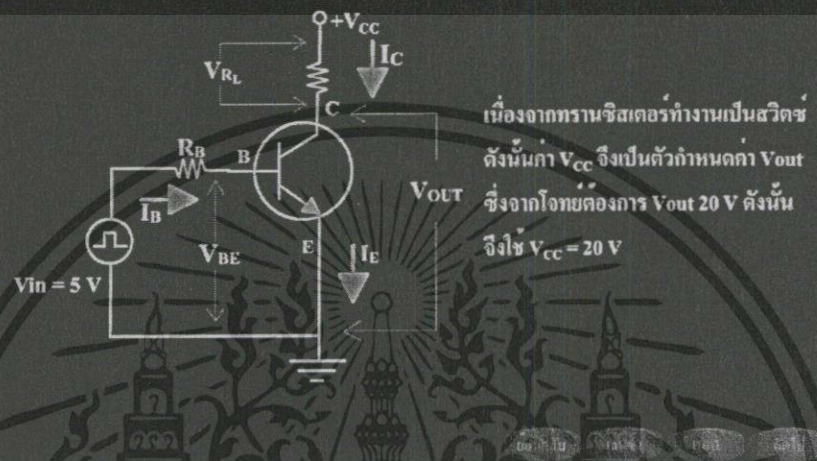
ความสัมพันธ์ระหว่าง I_B , I_C และ h_{FE}

h_{FE} คือ อัตราการขยายกระแสของ Transistor ซึ่งจะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต Transistor และ Transistor แต่ละเบอร์ ก็จะมีค่า h_{FE} แตกต่างกันไป

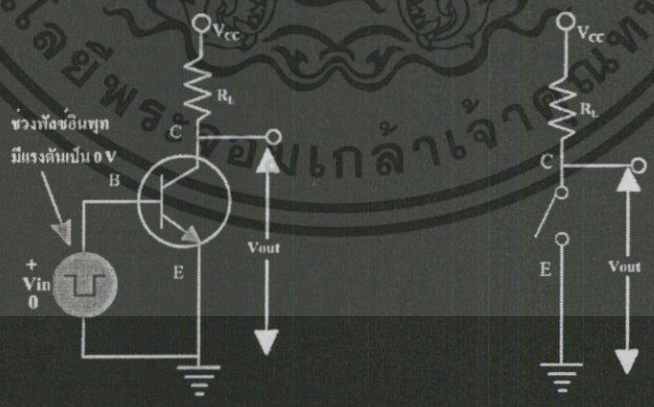


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ โดยต้องการค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) 20 V กระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) = 20 mA ทรานซิสเตอร์มีอัตราขยาย (h_{FE}) = 40 โดยที่ แรงดันไฟฟ้ที่อินพุตเป็นสัญญาณพัลส์ 5 V ($V_{in} = 5 V$) จงหาค่า R_B , R_L , V_{CC}



จากรูปแสดงให้เห็นว่า ค่า V_{CC} เป็นตัวกำหนดค่า V_{out}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงพัลซอินพุท มีแรงดันเป็น 5V

$V_{CC} = 20\text{ V}$
 R_L
 $I_C = 20\text{ mA}$

C
 B
 E
 V_{out}

ค่าของกระแสคอลเลกเตอร์ I_C ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ทำงานถึงช่วงอิมิต์วหาได้จาก $I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_L}$
 ดังนั้นถ้าต้องการให้ $I_C = 20\text{ mA}$ จะต้องใช้ $R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{I_C}$
 $= \frac{20\text{ V} - 0.3\text{ V}}{20\text{ mA}}$ $R_L = 985\text{ ohm}$ หรือ 1K

ช่วงพัลซอินพุท มีแรงดันเป็น 5V

$V_{CC} = 20\text{ V}$
 R_L
 $I_C = 20\text{ mA}$

C
 B
 E
 V_{out}

ในภาวะอิมิต์วกระแสคอลเลกเตอร์ $I_C = 20\text{ mA}$ และ $h_{FE} = 40$
 ดังนั้นต้องหาค่า I_B เพื่อทำให้เกิด I_C โหลด 20 mA จากสูตร

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{20\text{ mA}}{40} = 0.5\text{ mA}$$

คำนวณหาค่า R_B เพื่อจำกัดกระแส I_B โหลด 0.5 mA จากสูตร $R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5\text{ V} - 0.7\text{ V}}{0.5\text{ mA}} = 8.6\text{ k}$

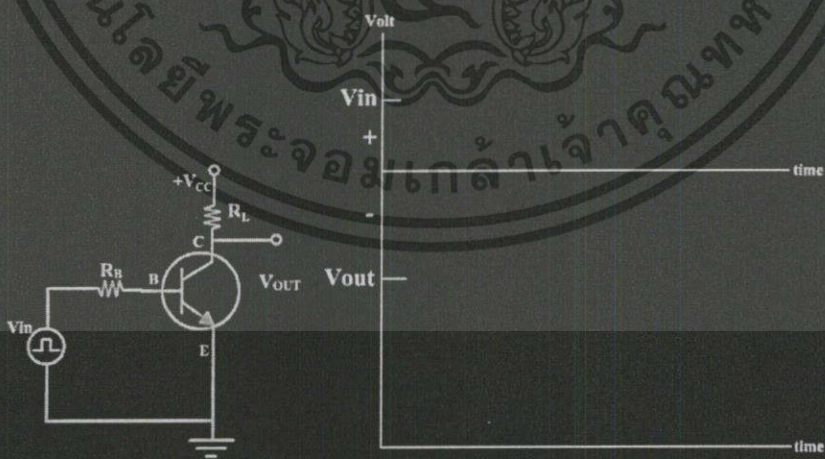
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์การเปิดปิดสวิทช์ของทรานซิสเตอร์

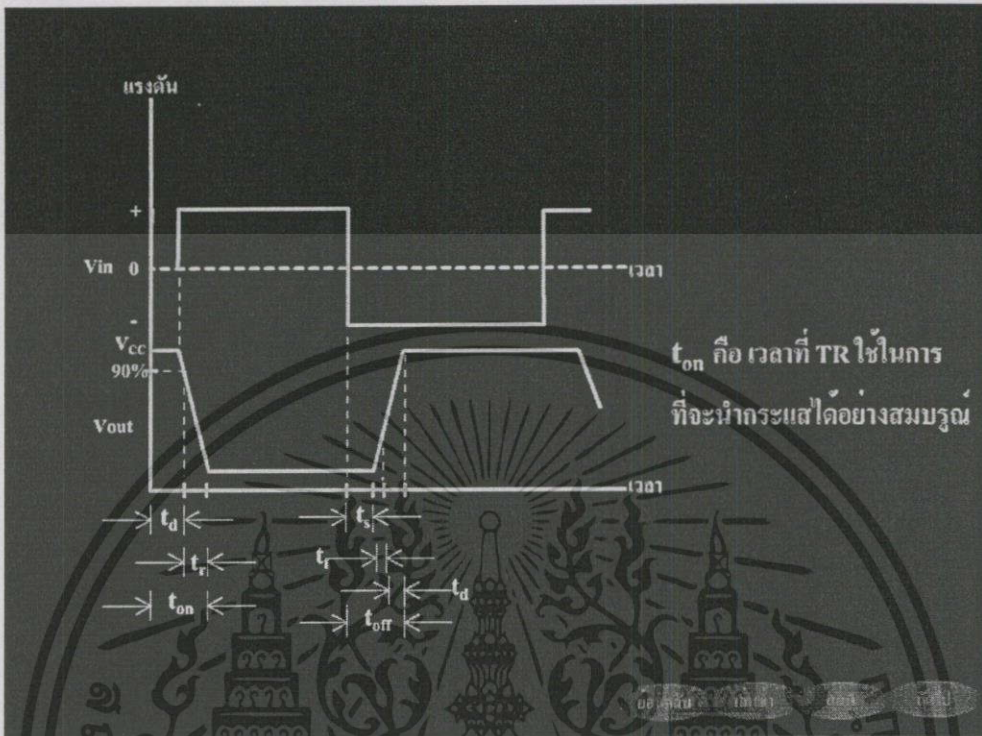
ในทางอุดมคติเมื่อทรานซิสเตอร์ได้รับสัญญาณพัลส์ไปไบอัสตรง หรือไบอัสกลับ ทรานซิสเตอร์จะสามารถ on (on) หรือ (off) ได้ทันที แต่ในทางปฏิบัตินั้นทรานซิสเตอร์ไม่สามารถที่จะ on หรือ off ได้ทันที เมื่อได้รับแรงดันสัญญาณที่ขั้วป้อนที่ขา B-E สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดจากตัวเก็บประจุระหว่างรอยต่อ B กับ E และรอยต่อ C กับ B



การเปิด-ปิดสวิทช์ของทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ



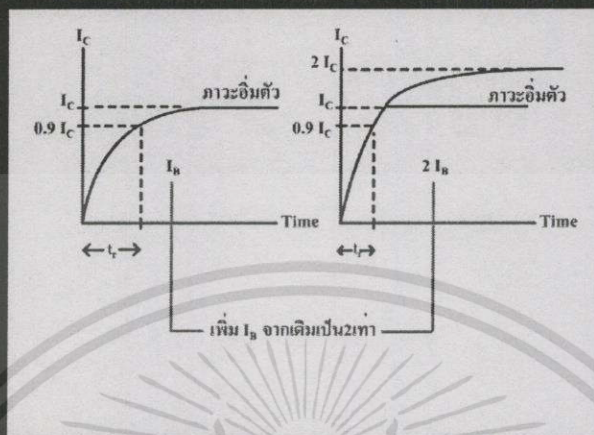
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเพิ่มความเร็วในการเปิด-ปิดสวิทช์ของทรานซิสเตอร์
 - การลดเวลาได้ขึ้นโดยเพิ่มกระแสเบส

เมื่อ TR ใ้รับไบโอสตรองหน้า B-B แต่ไม่ไหลออกจากที่แค่ว่าต่อๆเพิ่มขึ้นสาเหตุมาจากตัวเก็บประจุที่รอยต่อ B-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อมีพัลส์ทางด้านอินพุตถูกป้อนเข้ามาทำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบสได้รับแรงดันไบอัสตรง ความต้านทานของรอยต่อ B กับ E จึงมีค่าน้อยมาก $R_{BE} = 0$ แต่กระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) จะไม่เพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดแต่จะค่อยๆเพิ่มขึ้นโดยมีช่วงเวลาคงที่ค่าหนึ่ง ($R_L * C_{CB}$) ดังนี้

$$0.9 I_C = h_{FE} I_B (1 - e^{-t/r_L * C_{CB}})$$

$$0.9 V_{CC} = V_{CC} (1 - e^{-t/r_L * C_{CB}})$$

$$\frac{R_L}{R_L} = \frac{R_L}{R_L}$$

$$0.9 = 1 - e^{-t/r_L * C_{CB}}$$

$$e^{(t/r_L * C_{CB})} = 5$$

$$t_r = 1.61 \times R_L \times C_{CB}$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าถ้าต้องการให้ค่า t_r มีค่าลดลง จะต้องลดค่า R_L หรือ C_{CB} ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้



แต่อาจรูปจะสังเกตเห็นว่าเราสามารถลดค่าเวลาไต่ขึ้น (t_r) ได้โดยเพิ่มกระแส I_C ซึ่งถ้าเพิ่มกระแส I_C เป็น $2 I_C$ เวลาไต่ขึ้น t_r จะลดลงเป็น

$$\frac{0.8 V_{CC}}{R_L} = 2 h_{FE} I_B (1 - e^{-t_r / R_L \times C_{CB}})$$

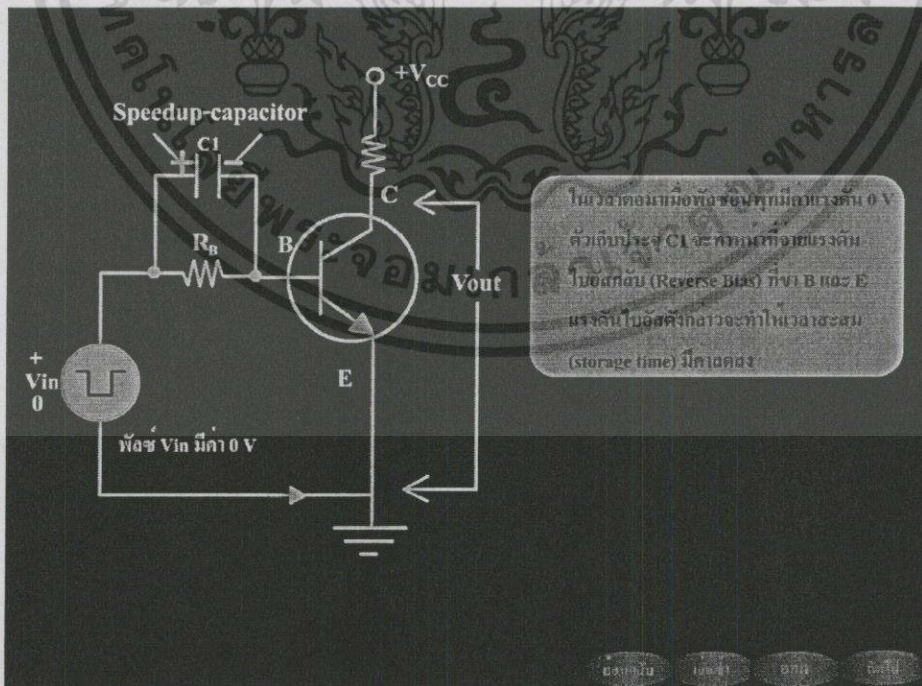
$$\frac{0.8 V_{CC}}{R_L} = 2 h_{FE} I_B (1 - e^{-t_r / R_L \times C_{CB}})$$

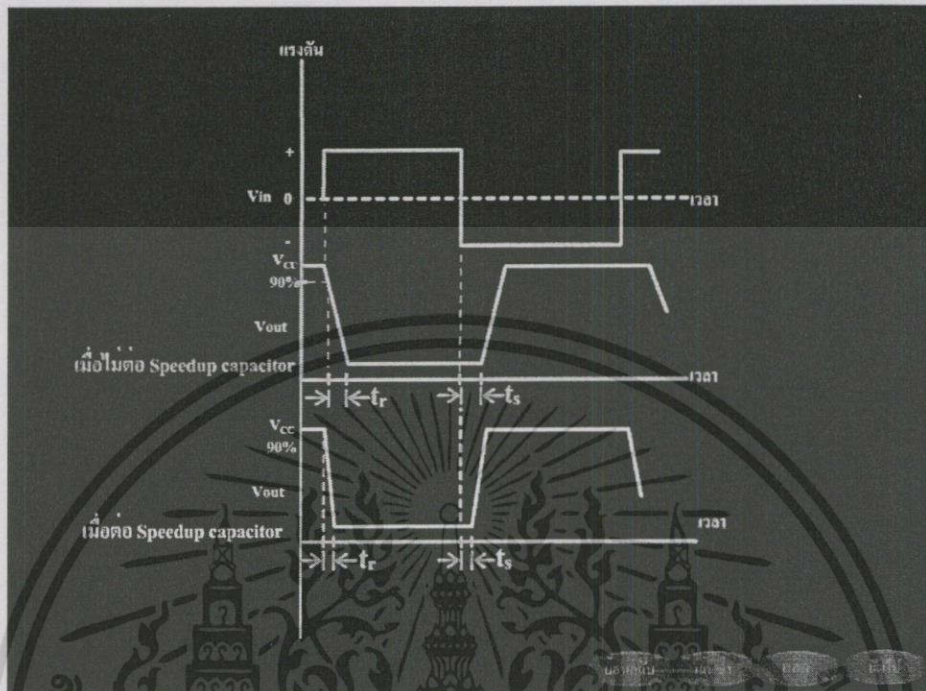
$$\frac{0.8 V_{CC}}{R_L} = 2 V_{CC} \frac{1}{R_L} (1 - e^{-t_r / R_L \times C_{CB}})$$

$$1.67 = 2 (1 - e^{-t_r / R_L \times C_{CB}})$$

$$t_r = 0.511 \times R_L \times C_{CB}$$

ดังนั้นจะเห็นว่าถ้าเพิ่มกระแสเบสจากเดิมเป็นสองเท่า ค่าของเวลาไต่ขึ้น t_r จะลดลงเหลือ $\frac{1}{3}$ ของเวลาเดิม แต่การลดเวลาของ t_r ด้วยวิธีการเพิ่มกระแสเบสนี้จะทำให้เวลาสะสม (storage time) เพิ่มขึ้นด้วยจึงเป็นข้อเสียอย่างหนึ่ง





การคำนวณหาค่า Speedup capacitor

$$C = \frac{I_{CI} \times t}{E}$$

เมื่อ I_{CI} คือ ค่ากระแสที่ประจุ Speedup capacitor

t คือ ค่าเวลาไต่ขึ้น (rise time)

E คือ ค่าแรงดันของพัลส์ที่อินพุต

C คือ ค่าความจุไฟฟ้าของ Speedup capacitor

โดยที่ I_{CI} หาได้จาก

$$I_B = I_{R_b} + I_{CI}$$

$$I_{CI} = I_B - I_{R_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง วงจรทรานซิสเตอร์ชนิดขั้วร่วมมีค่ากระแส $I_B = 1 \text{ mA}$ กระแส $I_C = 20 \text{ mA}$
 V_{in} เป็นสัญญาณพัลส์ 5 V ซึ่งเดิมไม่มีสปีดอัพคาปาซิเตอร์มีค่า
 เวลาไต่ขึ้น $t_r = 3 \text{ usec}$ ต้องการให้ค่าเวลาไต่ขึ้นลดลงเป็น $t_r = 1 \text{ usec}$
 จงคำนวณหาค่าความจุสปีดอัพคาปาซิเตอร์

คล 1. จากเดิม 3 usec ลดลงเหลือ 1 usec แสดงว่า ค่า t_r ลดลง $\frac{1}{3}$ เท่า
 ของเวลาไต่ขึ้นเดิม ดังนั้นต้องเพิ่มกระแส I_B จากเดิมเป็นสองเท่า

$$2 I_B = I_B + I_{C1}$$

$$I_{C1} = 2 I_B - I_B$$

$$I_{C1} = (2 \times 1 \text{ mA}) - 1 \text{ mA}$$

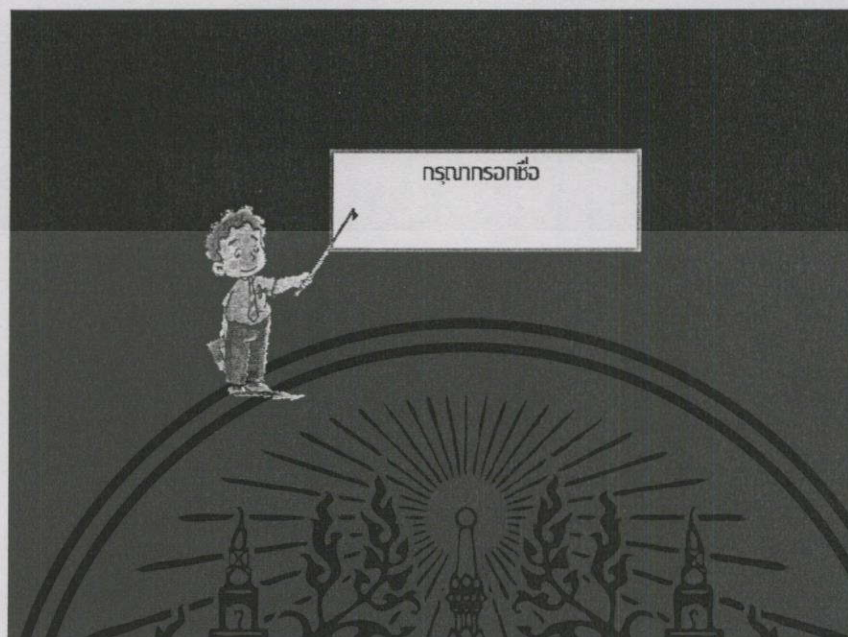
$$I_{C1} = 2 \text{ mA} - 1 \text{ mA}$$

หาค่า Speedup capacitor จาก $C = \frac{I_{C1} \times t}{E}$

$$C = \frac{(1 \times 10^{-3} \text{ A}) \times (1 \times 10^{-6} \text{ sec})}{5 \text{ v}}$$

$$C = 208 \times 10^{-6} \text{ F}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. ถ้าต้องการให้กระแสไฟฟ้า I_C เพิ่มขึ้นต้องทำอะไร

จ่าย Reverse Bias ที่ขา C-E ให้มีค่าสูงขึ้น

จ่าย Forward Bias ที่ขา C-E ให้มีค่าสูงขึ้น

เพิ่มค่าความต้านทาน R_B

ลดค่าความต้านทาน R_B

2 วงจร Transistor Switch $I_B = 2 \text{ mA}$ $h_{fe} = 70$ มีค่า $t_r = 3 \text{ usec}$ ต้องการลดค่า t_r ให้เหลือ 1 usec จงหาค่า Speedup capacitor

100 pF

470 pF

0.1 uF

1 uF

3. แรงดัน Forward Bias ที่ขา B-E ต้องมีค่าอย่างต่ำเท่าใด
ทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิกอนเชิงนำกระแสได้

0.6-0.7 โวลต์

0.3 โวลต์

1 โวลต์

2 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อ Transistor นำกระแสถึงช่วงอิมิตัว แรงดัน V_{CE} จะมีค่าเท่าใด

มีค่าเท่ากับ V_{CC}
 มีค่าประมาณ 0.3 V
 มีค่าเท่ากับ V_{RL}
 มีค่าเท่ากับ V_{in}

5. เราต่อ Speedup capacitor เพื่ออะไร

เพื่อทำให้ Transistor นำกระแสได้มากขึ้น

ช่วยยืดอายุการทำงานของ Transistor

เพื่อลดกระแสที่ไหลผ่าน Transistor

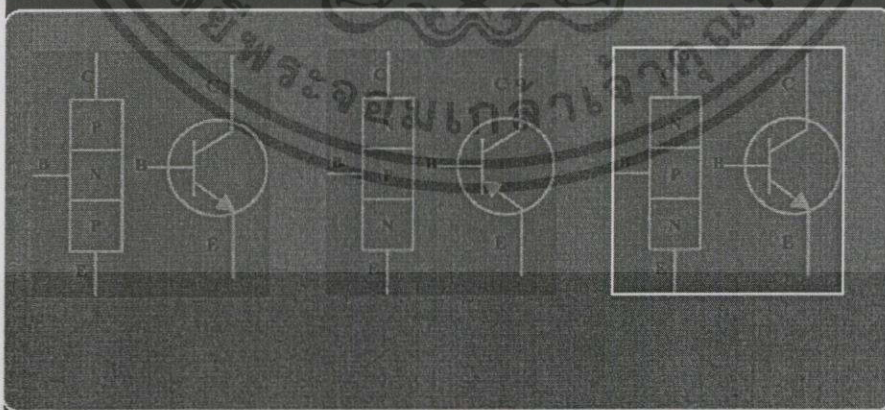
เพื่อลดค่า r_c และ r_e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ข้อใดคือความหมายของ Reverse Bias

จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว P จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัว N
 จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว N จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัว P
 จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว N จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัว P
 P นึกกว่า Breakdown Voltage
 จ่ายแรงดัน ไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว P และ N

9. รูปใดเป็นสัญลักษณ์และ โครงสร้างของ Transistor ชนิด NPN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. แรงดัน Forward Bias ที่ขั้ว B-E ต้องมีค่าอย่างต่ำเท่าใด
ทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียมจึงนำกระแสได้

0.6 - 0.7 โวลต์

0.3 โวลต์

1 โวลต์

2 โวลต์

11. ทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งมี $h_{FE} = 100$ ถ้าต่อทรานซิสเตอร์ให้กระแส I_C 100 mA จะต้องจ่าย I_B เท่าใด

1 mA

2 mA

0.5 mA

1.5 mA

12. ข้อใดคือความหมายของ Forward bias

จ่ายแรงดันไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว P จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัวนำ N
 จ่ายแรงดันไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว N จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัวนำ P
 จ่ายแรงดันไฟฟ้าบวกที่สารกึ่งตัว N จ่ายแรงดันลบที่สารกึ่งตัวนำ P มากกว่า Breakdown Voltage
 จ่ายแรงดันไฟฟ้าลบที่สารกึ่งตัว P และ N

ข้อสอบนี้ทั้งหมด 12 ข้อ คุณ 1
 ทำถูก 10 ข้อ คุณสอบผ่าน

แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน (ภาคทฤษฎี)

วิชา วงจรพัลส์สวิตชิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์

ชั้น ปวส. 5 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

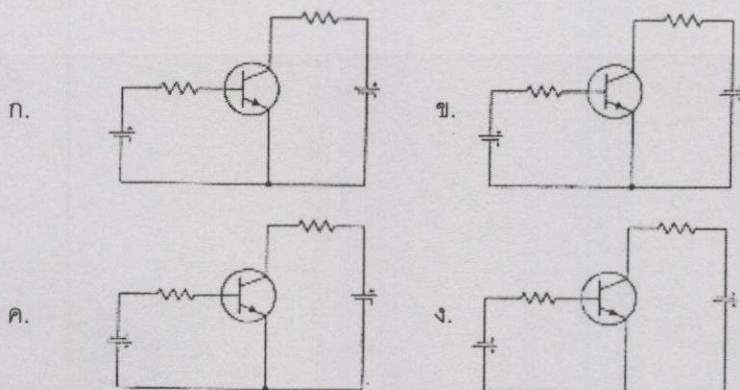
คำชี้แจง

ข้อสอบมีจำนวนทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 30 นาที

- ข้อสอบคือข้อดีของสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อเทียบกับสวิตซ์แบบแมคคานิค
 - เกิดสนามแม่เหล็กขณะทำงานสูง
 - ความต้านทานที่หน้าสัมผัสขณะต่อวงจรสูง
 - ความเร็วในการตัดต่อวงจรสูง
 - ทำงานที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี
- อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ใดที่สามารถนำมาสร้างเป็นสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ได้
 - UJT
 - FET
 - PUT
 - LDR
- ในการพิจารณาว่าทรานซิสเตอร์ใดเป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานเป็นสวิตซ์ได้ดี

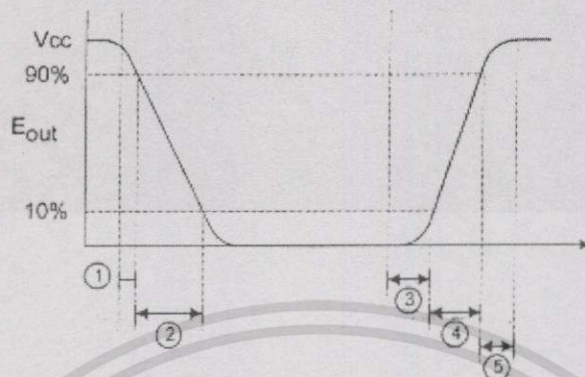
ควรพิจารณาจากสิ่งใด

 - ดูจาก Data sheet
 - ดูจากผลการทดลอง
 - ดูจากลักษณะของวงจรที่ติดอยู่
 - สอบถามจากผู้ที่เคยใช้
- วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ในข้อใดที่เปรียบเหมือนสวิตซ์วงจรปิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

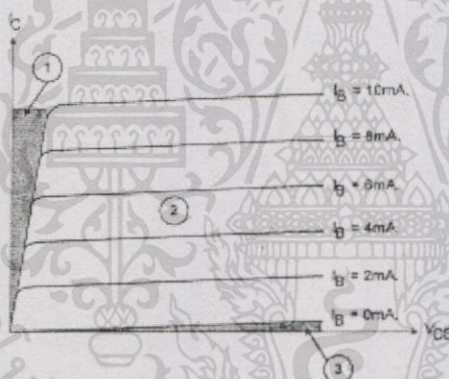
5. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ให้สัญญาณที่เอาต์พุตดังรูป T_{um} – ON time (t_{on})



- ก. 1 + 2
- ค. 3 + 4

- ข. 2 + 3
- ง. 3 + 4 + 5

6. จากรูป ย่าน Cutoff คือย่านใด



- ก. 1
- ค. 3

- ข. 2
- ง. 1 และ 3

7. เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะ Cutoff ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. $V_{BE} \cong 0.6 \text{ V.}$
- ค. $V_{CE} \cong 0 \text{ V.}$

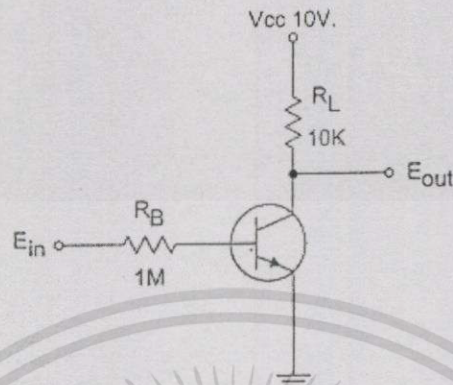
- ข. $E_{OUT} \cong V_{CC}$
- ง. $E_{IN} \cong I_B R_B + V_{CE}$

8. แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อ B-E ของทรานซิสเตอร์ในสภาวะ Saturation เหมือนกับแรงดันตกคร่อม A-K ของข้อใด

- ก. Diode ที่ได้รับไบแอสแบบ Forward Bias
- ข. Diode ที่ได้รับไบแอสแบบ Reverse Bias
- ค. SCR ที่ได้รับไบแอสแบบ Forward Bias
- ง. SCR ที่ได้รับไบแอสแบบ Reverse Bias

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ จงตอบคำถามข้อ 14 ถึง 15



กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน มีค่า $V_{BE(sat)} = 0.6 \text{ V}$, $H_{FE} = 100$, $V_{CE(sat)} = 0 \text{ v}$, $I_{C(MAX)} = 800 \text{ mA}$.

14. จงหาค่าของ I_C

- ก. 0.97 mA
- ข. 1 mA
- ค. 1.03 mA
- ง. 10 mA

15. จงหาค่า E_{in} น้อยที่สุดที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะอิ่มตัว (Saturation)

- ก. 5.6 V.
- ข. 1 V.
- ค. 10.6 V.
- ง. 12.3 V.

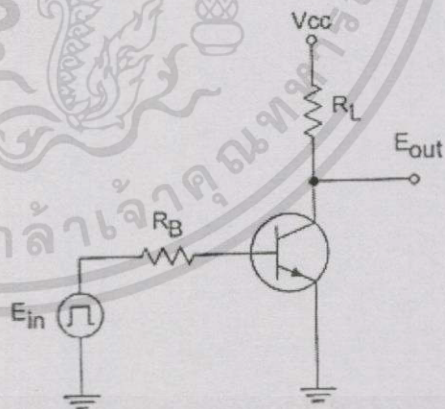
จากวงจรจงตอบคำถามข้อ 16 ถึง 18

กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน

มีค่า $V_{BE(sat)} = 0.6 \text{ V}$, $H_{FE} = 100$, $V_{CE(sat)} = 0 \text{ v}$.

$I_{C(MAX)} = 0.8 \text{ A}$, $E_{OUT} = 20 \text{ V}_{P-P}$ (0 - 20 V.),

$E_{IN} = 5 \text{ V}_{P-P}$ (0 - 5 V.), $I_C = 20 \text{ mA}$.



16. จงหาค่าของแหล่งจ่ายแรงดัน V_{CC} ที่ใช้ในวงจร

- ก. 5 V.
- ข. 10 V.
- ค. 15 V.
- ง. 20 V.

17. จงหาค่าความต้านทาน R_L

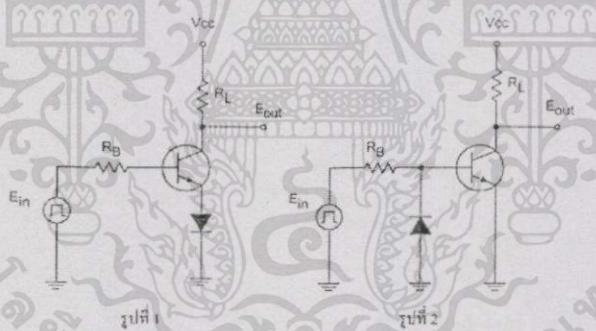
- ก. 1 K Ω
- ข. 2 K Ω
- ค. 10 K Ω
- ง. 20 K Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

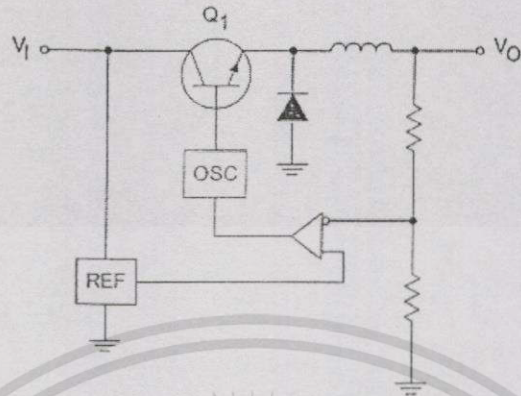
25. ในการวัดทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ โดยใช้ย่านวัด $R \times 10 K$ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้ให้นักเรียนพิจารณาว่าข้อใดกล่าวถูกต้อง

แรงดันจากขั้วมิเตอร์		ค่าความต้านทาน
+	-	
B	E	$10 K\Omega$
E	B	α
B	C	$10 K\Omega$
C	B	$500 K\Omega$
C	E	$400 K\Omega$
E	C	α

- ก. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PIN สภาพดี ข. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP สภาพเสีย
 ค. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN สภาพดี ง. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN สภาพเสีย
26. จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ไดโอดที่ต่อในวงจรทำหน้าที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร



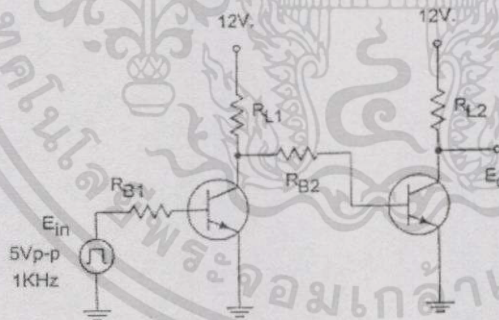
- ก. ทำหน้าที่เหมือนกันคือเป็นตัวป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหายเมื่อสัญญาณอินพุตอยู่ในสภาวะไบแอสกลับ
- ข. ทำหน้าที่เหมือนกันคือเป็นตัวแบ่งแรงดันของสัญญาณอินพุตไม่ให้ไปตกคร่อมที่ B-E ของทรานซิสเตอร์มากเกินไป
- ค. ทำหน้าที่ต่างกันคือในรูปที่ 1 ทำหน้าที่ตัดสัญญาณซีกบวก ส่วนในรูปที่ 2 ทำหน้าที่ ตัดสัญญาณซีกลบ
- ง. ทำหน้าที่ต่างกันคือในรูปที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินที่ Emitter ส่วนในรูปที่ 2 ป้องกันกระแสเกินที่ Base



27. จาก Block Diagram ของ Switching Regulator มีส่วนประกอบอะไรบ้าง

- ก. เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสให้กับเอาต์พุต
- ข. เป็นตัวตัดต่อแรงดัน V_1 ให้เป็นพัลส์ที่เอาต์พุต
- ค. เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์
- ง. เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิง

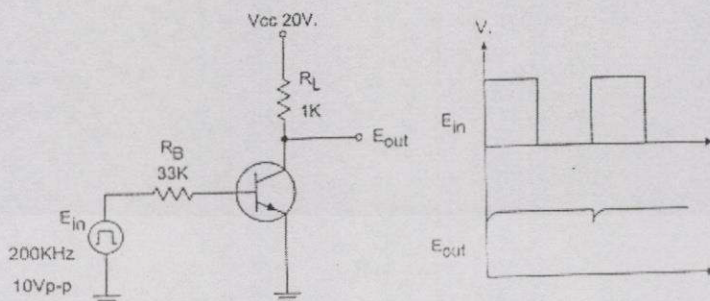
28. เมื่อนำวงจรทรานซิสเตอร์ชนิด 2 วงจรมาต่ออนุกรมกันดังรูปสัญญาณที่เอาต์พุตจะมีลักษณะเป็นเช่นไร



- ก. ต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศา แต่มีความถี่และแรงดันเท่ากัน
- ข. ต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศา แต่ความถี่และแรงดันไม่เท่ากัน
- ค. มีเฟสเหมือนกับสัญญาณอินพุต แต่ความถี่และแรงดันไม่เท่ากัน
- ง. มีเฟสเหมือนกับสัญญาณอินพุต แต่ความถี่เท่ากันแต่แรงดันไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. วงจรอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์วงจรหนึ่งให้สัญญาณเอาพุตดังรูป



นักเรียนคิดว่าความบกพร่องที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร

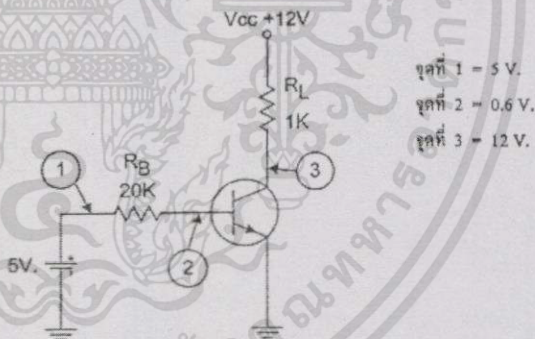
- ก. ทρανซิสเตอร์เสียหายเนื่องจากการจัดไบแอสไม่ถูกต้อง
- ข. ทรนซิสเตอร์ทำงานไม่ทันเนื่องจากความถี่อินพุตสูงเกินไป
- ค. กระแส I_B มีค่าน้อยเกินไปทรานซิสเตอร์จึงนำกระแสไม่เต็มที่
- ง. อัตราการขยายของทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยเกินไปจึงไม่สามารถขยายสัญญาณได้เต็มที่

30. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์วัดแรงดันที่จุดต่าง ๆ ด้วยโวลต์มิเตอร์เทียบกับกราวด์ได้แรงดันดังนี้

กำหนดให้ ทรนซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน

มีค่า $H_{FE} = 100$, $I_{C(max)} = 800$ mA.

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ดังรูปทำงานปกติหรือไม่



- จุดที่ 1 = 5 V.
- จุดที่ 2 = 0.6 V.
- จุดที่ 3 = 12 V.

- ก. ปกติเนื่องจาก V_{BE} มีค่าเท่ากับ 0.6 V.
- ข. ปกติเนื่องจาก C_{CE} มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย
- ค. ไม่ปกติเนื่องจาก V_{BE} ควรมีค่าใกล้เคียงกับแหล่งจ่าย
- ง. ไม่ปกติเนื่องจาก V_{CE} ควรมีค่าเท่ากับ 0.3V.



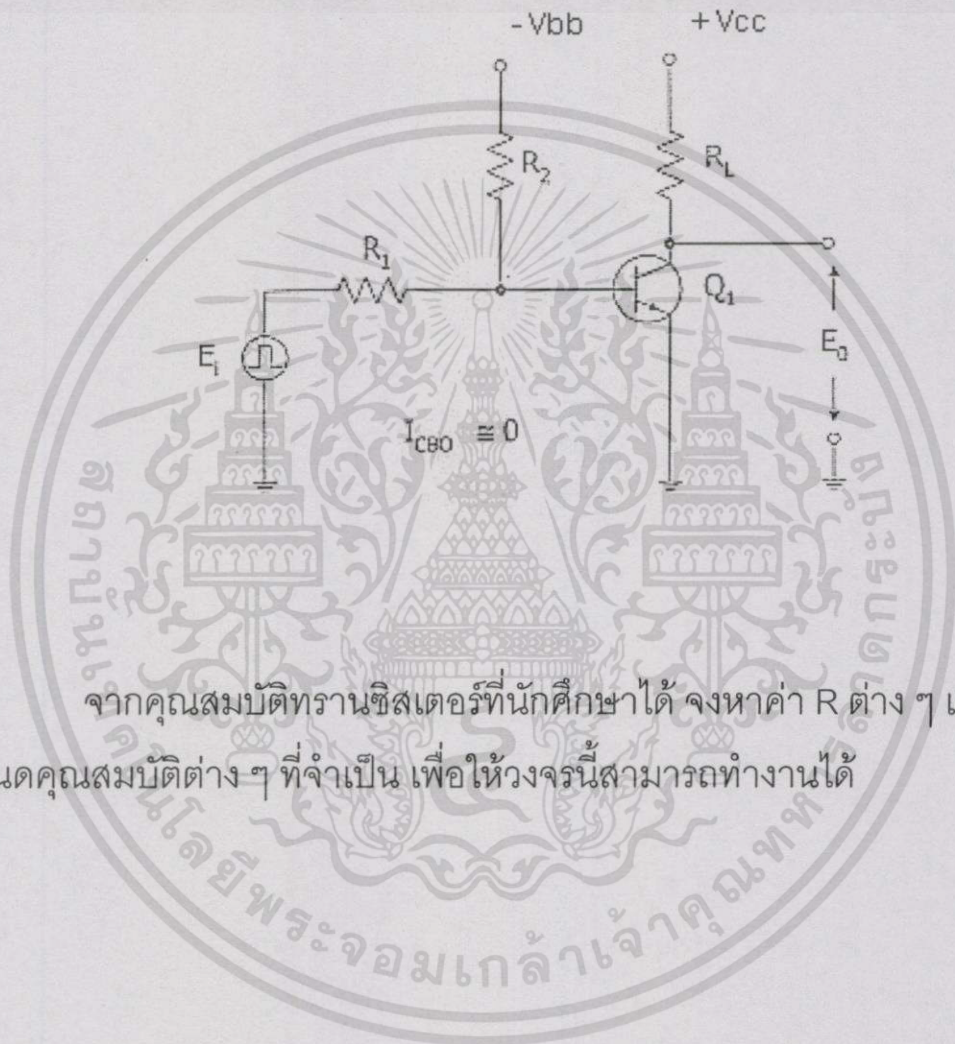
แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน (ภาคปฏิบัติ)

วิชาวงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์

คำสั่ง

1. ให้นักศึกษาเลือกคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์จากเอกสาร 1 เบอร์
2. ให้นักศึกษาออกแบบวงจรตามภาพที่กำหนดให้ในข้อที่ 1, 2
3. ค่า หรือคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ไม่กำหนดให้ ให้นักศึกษากำหนดเองตามความเป็นจริง
4. นำค่า R ต่าง ๆ พร้อมคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ที่กำหนด มาทดลองใน โปรแกรม Workbench
5. เก็บผลการทดลองเป็นชื่อ ข้อที่ทำ และตามด้วยรหัสนักศึกษา 2 ตัวท้าย
6. ให้ทำข้อสอบทั้ง 2 ข้อ ในเวลา 90 นาที
7. จากนั้นให้ทำการทดลองกับอุปกรณ์จริง ในเวลา 90 นาที
8. ทดลองจริงเสร็จแต่ละข้อให้ยกมือขึ้น

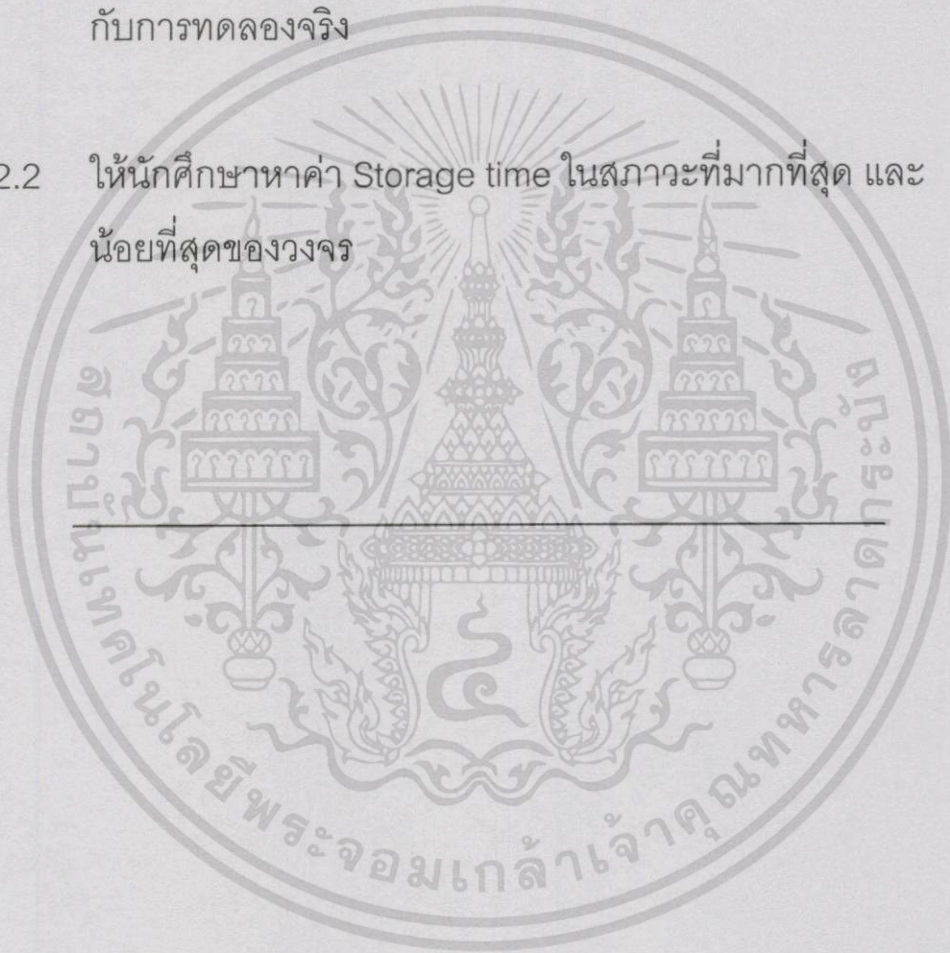
แบบทดสอบภาคปฏิบัติ ข้อที่ 1



จากคุณสมบัติทรานซิสเตอร์ที่นักศึกษาได้ จงหาค่า R ต่าง ๆ และ
ให้กำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่จำเป็น เพื่อให้วงจรนี้สามารถทำงานได้

แบบทดสอบภาคปฏิบัติ ข้อที่ 2

- 2.1 จากข้อที่ 1 ให้นักศึกษาหาสถานะเริ่มต้นในการทำงานของวงจร พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลระหว่าง ในโปรแกรม Workbench กับการทดลองจริง
- 2.2 ให้นักศึกษาหาค่า Storage time ในสถานะที่มากที่สุด และ น้อยที่สุดของวงจร



แบบประเมินผลการทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

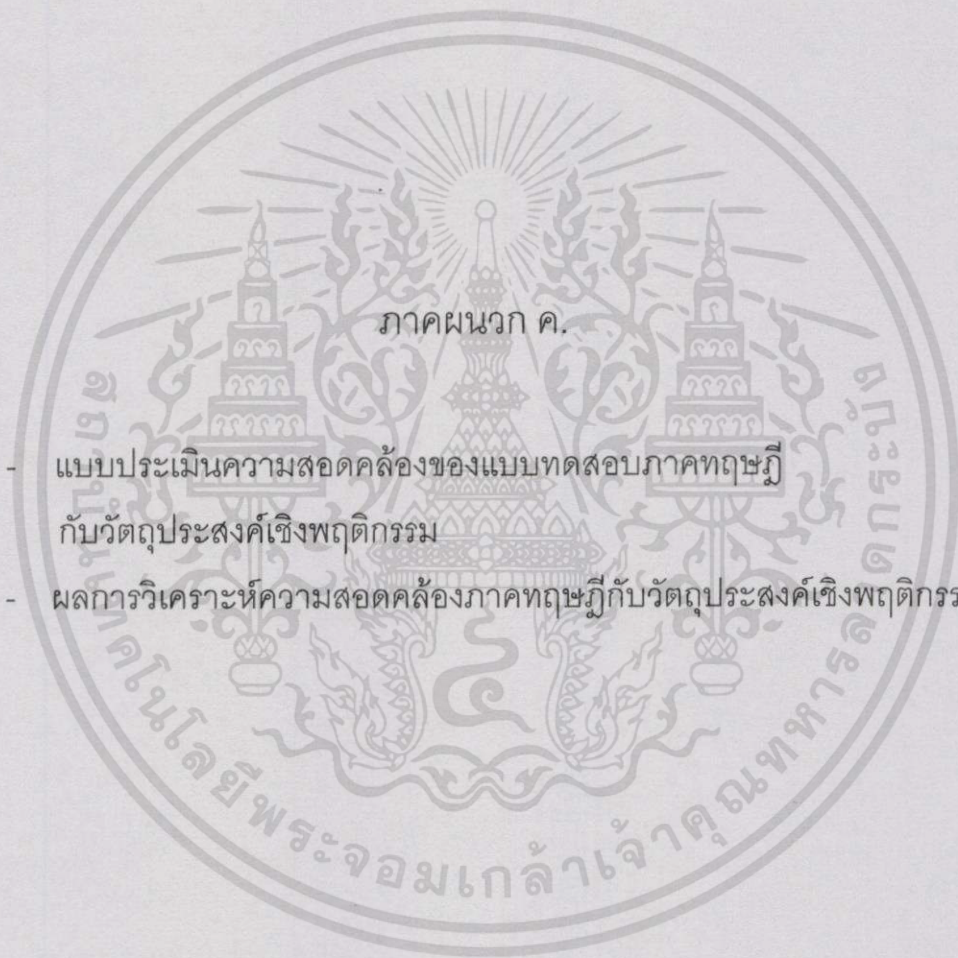
ชื่อผู้ทดสอบ ชื่อข้อมูล

ผู้ประเมิน วันที่

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินพิจารณาผลการทดลองให้มีความถูกต้องมากที่สุด ให้คะแนนลงในตารางที่กำหนด รายการประเมินด้านปฏิบัติเป็นแบบสำรวจรายการ โดยใช้ผลการทดลองเป็นรายการต่างๆ ตั้งเป็นเกณฑ์ในการให้คะแนน คะแนนเต็มต่างกันที่ความสำคัญความสำคัญของแต่ละรายการ

รายการ	คะแนนเต็ม	ได้คะแนน
ข้อที่ 1.		
1.1 ความถูกต้อง ในการกำหนดคุณสมบัติของ ทรานซิสเตอร์	5 8	..........
1.2 แสดงวิธีการหาค่า R ต่าง ๆ คูสมการ และผลที่ได้	10	.....
1.3 การใช้งาน Workbench เขียนวงจรและผลการทดลอง	7	.....
1.4 เปรียบเทียบผลการทดลอง Workbench กับการทดลองจริง	5	.....
1.5 ทำเสร็จภายในเวลา	5	.....
ข้อที่ 2.		
2.1 วิธีการหาค่า Storage time ที่น้อยที่สุด	5	.....
2.2 วิธีการหาค่า Storage time ที่มากที่สุด	5	.....
2.3 การอ่านค่าเวลา	8	.....
2.4 ความถูกต้องของคำตอบทั้ง 2	7	.....
2.5 การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	5	.....
2.6 ทำเสร็จในเวลา		
รวมคะแนนภาคปฏิบัติ	70	
รวมคะแนนภาคทฤษฎี	30	
รวมทั้งสิ้น	100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

- แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบภาคทฤษฎี
กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องภาคทฤษฎีกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)
 ความสอดคล้องของแบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 ในการเรียนนิสิตทางจรรยาบรรณวิชาชีพ ซึ่ง เรื่องจรรยาบรรณนิสิตเตอร์สวีตซ์

คำชี้แจง ให้ท่านกาเครื่องหมาย \surd ลงในช่องว่าง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่าแบบทดสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาดังนี้

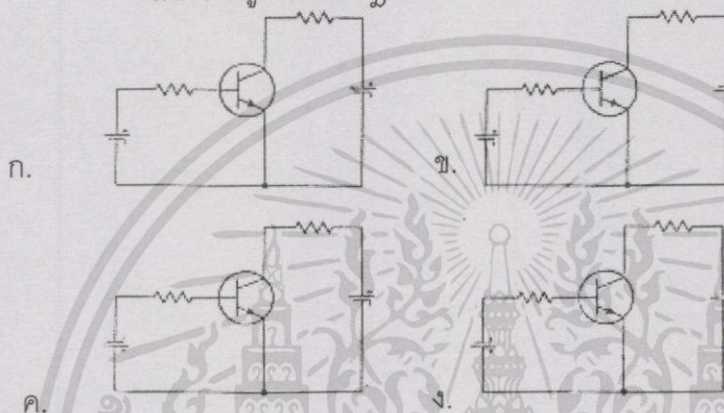
- +1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้
- 1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้

หมายเหตุ บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อจะนำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปได้ ส่วนข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.5 นำไปปรับปรุงให้ได้ตามเกณฑ์

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

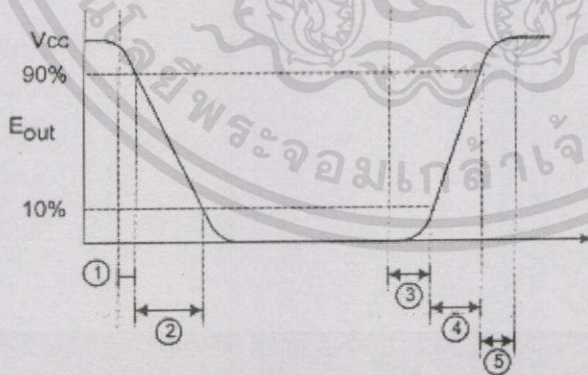
4. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ในข้อใดที่เปรียบเหมือนสวิตซ์วงจรถัด

--- วัดความรู้เกี่ยวกับกฎเกณฑ์ ---



5. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ให้สัญญาณที่เอาต์พุตดังรูป Turn-ON time (t_{on}) คือเวลาช่วงใด

--- วัดความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม ---



ก. 1 + 2

ข. 2 + 3

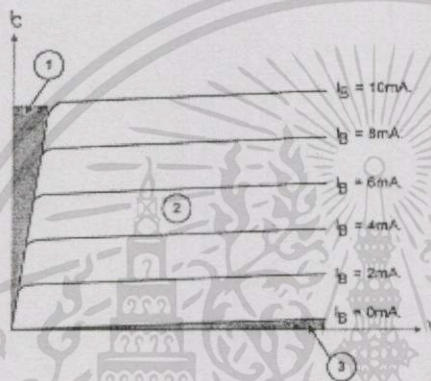
ค. 3 + 4

ง. 3 + 4 + 5

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

6. จากรูป ย่าน Cutoff คือย่านใด

--- วัดความรู้ในเนื้อเรื่อง ---



ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 1 และ 3

7. เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะ Cutoff ข้อใดกล่าวถูกต้อง

--- วัดความเข้าใจในการแปลความหมาย ---

ก. $V_{BE} \cong 0.6 \text{ V}$.

ข. $E_{OUT} \cong V_{CC}$

ค. $V_{CE} \cong 0 \text{ V}$.

ง. $E_{IN} \cong I_B R_B + V_{CE}$

8. แรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อ B-E ของทรานซิสเตอร์ในสภาวะ Saturation เหมือนกับแรงดันตกคร่อม A-K ของข้อใด

--- วัดความเข้าใจในการตีความ ---

ก. Diode ที่ได้รับไบแอสแบบ Forward Bias

ข. Diode ที่ได้รับไบแอสแบบ Reverse Bias

ค. SCR ที่ได้รับไบแอสแบบ Forward Bias

ง. SCR ที่ได้รับไบแอสแบบ Reverse Bias

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

9. ในวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์วงจรหนึ่งวัดแรงดันและกระแสได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$V_{CE} \cong 20 \text{ V.}, \quad V_{CC} = 20 \text{ V.}, \quad V_{BE} \cong 0 \text{ V.}, \quad I_B \cong 0 \text{ mA.},$$

$$I_C \cong 0 \text{ mA.}$$

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์นี้อยู่ในสภาวะเช่นไร

--- วัดความเข้าใจในด้านการตีความ ---

- ก. อยู่ในสภาวะนำกระแส ข. อยู่ในสภาวะไม่นำกระแส
ค. อยู่ในสภาวะขยายสัญญาณ ง. อยู่ในสภาวะอิ่มตัว

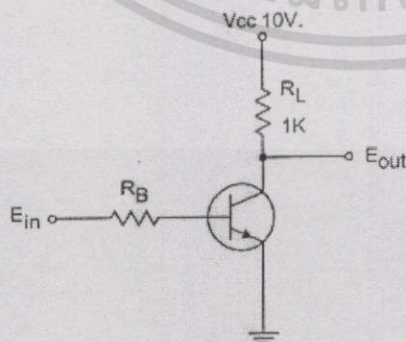
10. ในการทดสอบทรานซิสเตอร์เพื่อวัดหาค่าลักษณะสมบัติเมื่อป้อน I_B คงที่ได้ค่าหนึ่งแล้วปรับ V_{CC} จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วคงที่ที่แรงดัน V_{CC} ค่าหนึ่ง แม้ว่า จะปรับ V_{CC} เพิ่มขึ้น กระแส I_C ก็ยังคงที่ แสดงว่าอย่างไร

--- วัดความเข้าใจในด้านการตีความ ---

- ก. ทรานซิสเตอร์ถึงจุดอิ่มตัว
ข. ข. กระแส I_B มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น
ค. ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสที่ V_{CE} ค่าหนึ่ง
ง. แหล่งจ่ายไฟไม่สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอ

จากวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ จงตอบคำถามข้อ 11 ถึง 13

-- วัดด้านการนำไปใช้ --



กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน มีค่า $V_{BE(sat)} = 0.6 \text{ V.}$

$$H_{FE} = 100, \quad V_{CE(sat)} = 0 \text{ v.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

14. จงหาค่าของ I_C

ก. 0.97 mA

ข. 1 mA

ค. 1.03 mA

ง. 10mA

15. จงหาค่า E_{in} น้อยที่สุดที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว (Saturation)

ก. 5.6 V.

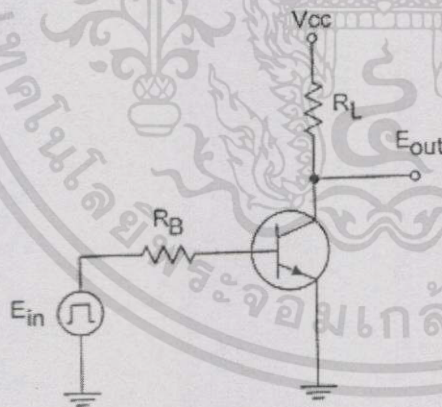
ข. 1 V.

ค. 10.6 V.

ง. 12.3 V.

จากวงจรจงตอบคำถามข้อ 16 ถึง 18

--- วัดด้านการนำไปใช้ ---



กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน

มีค่า $V_{BE(sat)} = 0.6 \text{ V.}$, $H_{FE} = 100$, $V_{CE(sat)} = 0 \text{ v.}$

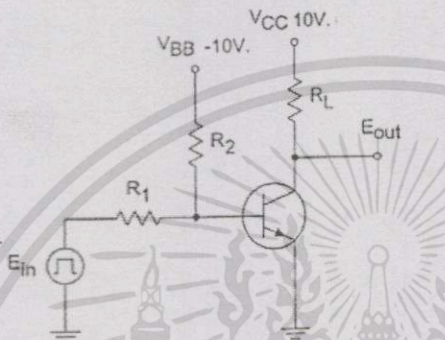
$I_{C(MAX)} = 0.8 \text{ A.}$, $E_{OUT} = 20 \text{ V}_{P-P}$ (0 – 20 V.) ,

$E_{IN} = 5 \text{ V}_{P-P}$ (0 – 5 V.) , $I_C = 20 \text{ mA.}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

จงใช้วงจรต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 21 ถึง 24



--- วัตถุประสงค์การนำไปใช้ ---

จงกรกลับสัญญาณดังรูปกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอน มีค่า $V_{BE(sat)} = 0.6 \text{ V}$, $H_{FE} = 20$, $V_{CE(sat)} = 0 \text{ v}$, $I_{C(MAX)} = 0.8 \text{ mA}$, $E_{OUT} = 10 \text{ V}_P$ (0 – 10 V.), $E_{IN} = 10 \text{ V}_P$, $I_C = 20 \text{ mA}$, $V_{CC} = 10 \text{ V}$, $V_{BB} = -10 \text{ v}$, $V_{BE(OFF)} = -0.5 \text{ v}$, $I_{CBO} = 0$

21. จงหาค่าของ R_L
 - ก. 470 Ω
 - ข. 970 Ω
 - ค. 1 K Ω
 - ง. 1.25 K Ω
22. จงหาค่าของ R_1
 - ก. 1.5 K Ω
 - ข. 10.5 K Ω
 - ค. 17.5 K Ω
 - ง. 35.5 K Ω
23. จงหาค่าของ R_2
 - ก. 232 K Ω
 - ข. 332 K Ω
 - ค. 470 K Ω
 - ง. 635.5 K Ω
24. ถ้าเพิ่มค่าแรงดัน V_{BB} เป็น 20 V. จงหาค่า R_2
 - ก. 232 K Ω
 - ข. 332 K Ω
 - ค. 470 K Ω
 - ง. 635.5 K Ω

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

25. ในการวัดทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ โดยใช้ย่านวัด $R \times 10 K$ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้ให้นักเรียนพิจารณาว่าข้อใดกล่าวถูกต้อง

--- วัดด้านการวิเคราะห์หลักการ ---

แรงดันจากขั้วมิเตอร์

ค่าความต้านทาน

+

-

(โดยประมาณ)

B

E

10 K

E

B

∞

B

C

10 K

C

B

500 K

C

E

400 K

E

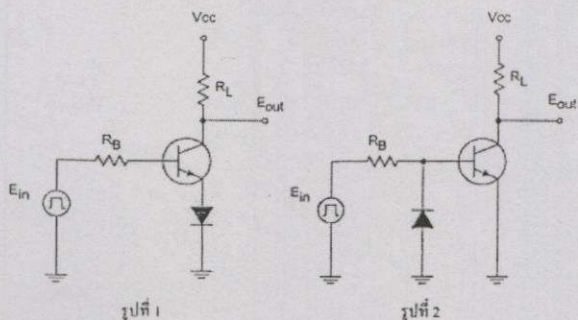
C

∞

- ก. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PIN สภาวะดี
- ข. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP สภาวะเสีย
- ค. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN สภาวะดี
- ง. เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN สภาวะเสีย

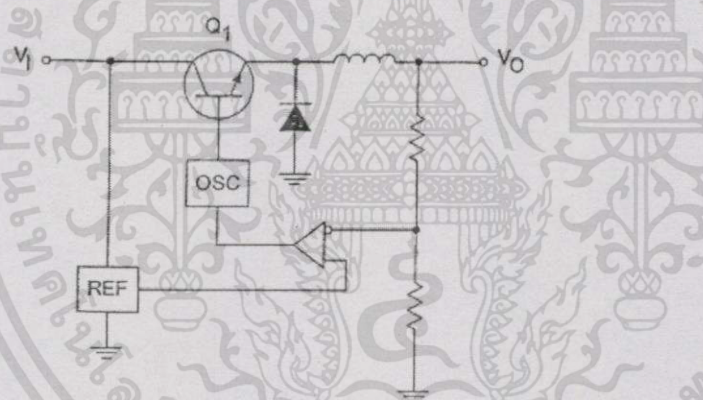
26. จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ไดโอดที่ต่อในวงจรทำหน้าที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

--- วัดด้านการวิเคราะห์หลักการ ---



แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

- ก. ทำหน้าที่เหมือนกันคือเป็นตัวป้องกันไม่ให้อารมณ์เสียเมื่อสัญญาณอินพุตอยู่ในสภาวะไบแอสกลับ
- ข. ทำหน้าที่เหมือนกันคือเป็นตัวแบ่งแรงดันของสัญญาณอินพุตไม่ให้ไปตกคร่อมที่ B-E ของทรานซิสเตอร์มากเกินไป
- ค. ทำหน้าที่ต่างกันคือในรูปที่ 1 ทำหน้าที่ตัดสัญญาณช็อบก ส่วนในรูปที่ 2 ทำหน้าที่ ตัดสัญญาณช็อบ
- ง. ทำหน้าที่ต่างกันคือในรูปที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสเกินที่ Emitter ส่วนในรูปที่ 2 ป้องกันกระแสเกินที่ Base



27. จาก Block Diagram ของ Switching Regulator miko:blg9viN Q₁, ทำหน้าที่อะไร

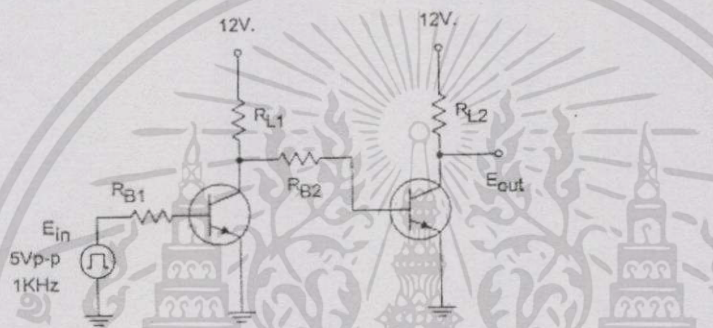
--- วัตถุประสงค์การวิเคราะห์หลักการ ---

- ก. เป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสให้กับเอาต์พุต
- ข. เป็นตัวตัดต่อแรงดัน V_i ให้เป็นพัลส์ที่เอาต์พุต
- ค. เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์
- ง. เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิง

แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

28. เมื่อนำวงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ 2 วงจรมาต่ออนุกรมกันดังรูปสัญญาณที่เอาต์พุตจะมีลักษณะเป็นเช่นไร

--- วัดด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ---

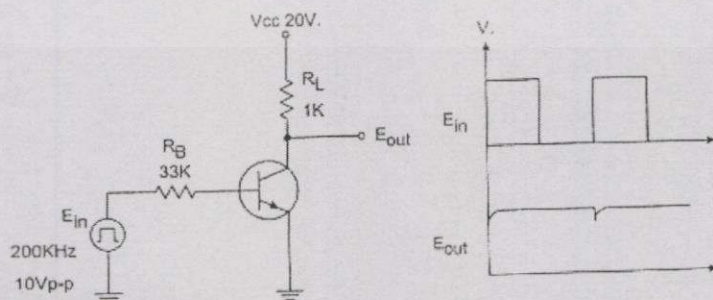


- ก. ต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศา แต่มีความถี่และแรงดันเท่ากัน
- ข. ต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศา แต่ความถี่และแรงดันไม่เท่ากัน
- ค. มีเฟสเหมือนกับสัญญาณอินพุต แต่ความถี่และแรงดันไม่เท่ากัน
- ง. มีเฟสเหมือนกับสัญญาณอินพุต แต่ความถี่เท่ากันแต่แรงดันไม่เท่ากัน

29. วงจรอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์วงจรมีให้สัญญาณเอาต์พุตดังรูป

-- วัดด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ----

-- วัดด้านการวิเคราะห์หลักการ ----



แบบประเมินความสอดคล้องของ แบบทดสอบภาคทฤษฎี กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา		
	1	0	-1

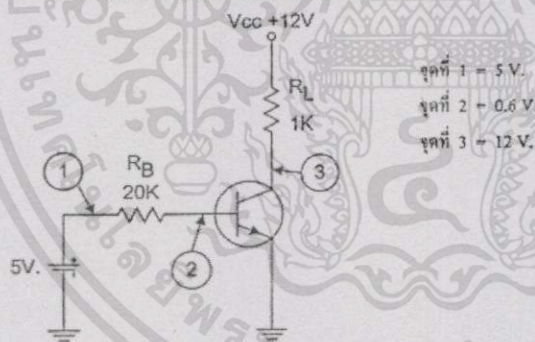
นักเรียนคิดว่าความบกพร่องที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากอะไร

- ทรานซิสเตอร์เสียหายเนื่องจากการจัดไบแอสไม่ถูกต้อง
- ทรานซิสเตอร์ทำงานไม่ทันเนื่องจากความถี่อินพุตสูงเกินไป
- กระแส I_B มีค่าน้อยเกินไปทรานซิสเตอร์จึงนำกระแสไม่เต็มที่
- อัตราการขยายของทรานซิสเตอร์มีค่าน้อยเกินไปจึงไม่สามารถขยายสัญญาณได้เต็มที่

30. วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์วัดแรงดันที่จุดต่าง ๆ ด้วยโวลต์มิเตอร์เทียบกับกราวด์ได้แรงดันดังนี้

--- วัดด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ---

--- วัดด้านการวิเคราะห์หลักการ ---



กำหนดให้ ทรานซิสเตอร์เป็นชนิดซิลิกอนมีค่า $H_{FE} = 100$,

$$I_{C(max)} = 800 \text{ mA.}$$

วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ดังรูปทำงานปกติหรือไม่

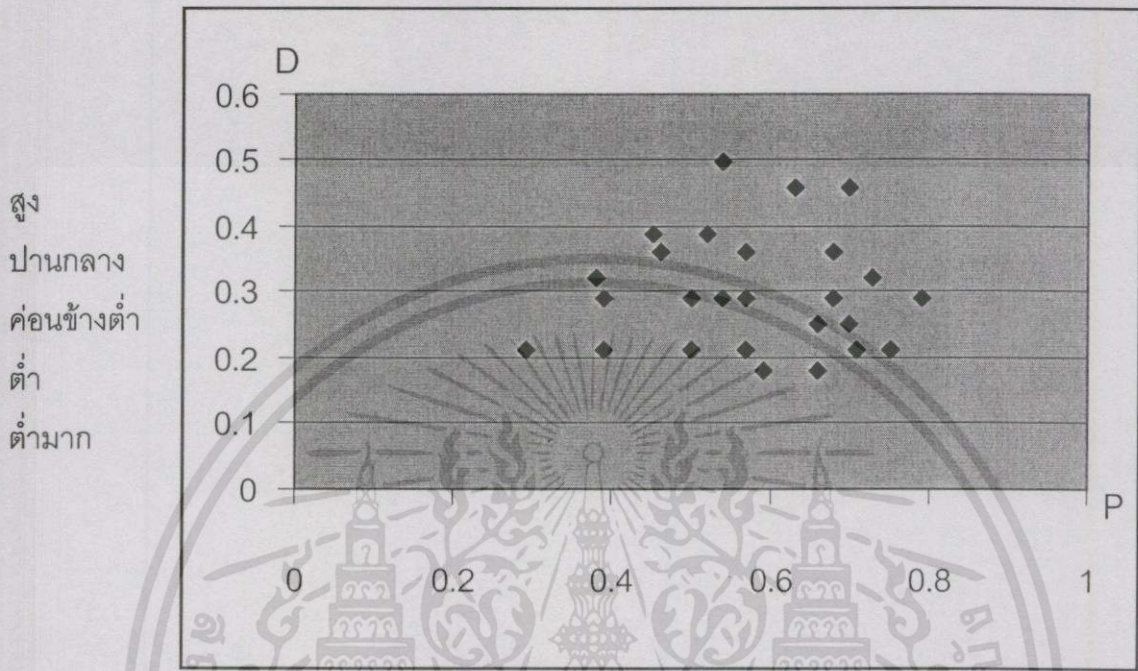
- ปกติเนื่องจาก V_{BE} มีค่าเท่ากับ 0.6 V.
- ปกติเนื่องจาก C_{CE} มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย
- ไม่ปกติเนื่องจาก V_{BE} ควรมีค่าใกล้เคียงกับแหล่งจ่าย
- ไม่ปกติเนื่องจาก V_{CE} ควรมีค่าเท่ากับ 0.3V.

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบทดสอบภาคทฤษฎี
กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ข้อสอบ	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.75	0.21
2	0.54	0.29
3	0.66	0.25
4	0.73	0.32
5	0.68	0.36
6	0.7	0.25
7	0.68	0.29
8	0.66	0.18
9	0.75	0.21
10	0.70	0.46
11	0.54	0.50
12	0.79	0.29
13	0.71	0.21
14	0.68	0.29
15	0.52	0.39
16	0.63	0.46
17	0.59	0.18
18	0.54	0.29
19	0.54	0.29
20	0.45	0.39
21	0.46	0.36
22	0.57	0.21
23	0.50	0.21
24	0.38	0.32
25	0.57	0.29
26	0.39	0.29
27	0.39	0.21
28	0.50	0.29
29	0.57	0.36
30	0.29	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิที่ 6.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และแสดงค่าอำนาจจำแนก



ยาก ค่อนข้างยาก พอเหมาะ ค่อนข้างง่าย ง่ายมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ขั้นตอนการทดสอบทางสถิติ

1. ตั้งสมมติฐาน

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทั้งสอง

H_1 : $\mu_1 > \mu_2$ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 สูงกว่า กลุ่มที่ 2

2. กำหนดค่านัยสำคัญ (α) = 0.05

3. กำหนดเกณฑ์ที่จะปฏิเสธ H_0

ถ้า $T > t_{0.05}$ ปฏิเสธ H_0

$df = 38$ ยอมรับ H_1 ว่า $\mu_1 > \mu_2$

4. ใช้ t-test

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SP \sqrt{\frac{1}{20} + \frac{1}{20}}} = \frac{8.95}{SP \sqrt{\frac{1}{10}}}$$

$$SP = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$= \sqrt{\frac{19(5.54)^2 + 19(5.90)^2}{38}}$$

$$= \frac{19}{38} (5.54^2 + 5.9^2)$$

$$t = \frac{8.95}{5.7228 \times 0.316}$$

$$\therefore t_{คำนวณ} = 4.949$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

- แบบสอบถามในการวิจัย
 - แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
 - แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)
 - แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน
- ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม
 - ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
 - ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)
 - ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน



แบบสอบถามเพื่อการวิจัย 1

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)
เพื่อประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์

คำชี้แจง บทเรียนสำเร็จรูปที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ชื่อผู้ประเมิน วันที่

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. การจัดการบทเรียน					
1.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักการของบทเรียน					
1.2 การนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน					
1.3 ความยากง่ายในการควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การหน่วงเวลา					
1.4 ความสะดวก และคล่องตัวในการใช้บทเรียน					
1.5 ความชัดเจนของคำสั่งใช้งานบทเรียน					
1.6 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม					
1.7 วิธีการติดต่อบทเรียน โดยภาพรวม					
2. ความเหมาะสมของตัวอักษร และ สี					
2.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ					
2.2 ขนาดตัวอักษรที่ใช้					
2.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม					
2.4 สีพื้นหลัง โดยภาพรวม					
2.5 สีของภาพ และกราฟิก โดยภาพรวม					
3. แบบฝึกปฏิบัติ					
3.1 ความสะดวก และคล่องตัวระหว่างการใช่แบบฝึกหัดปฏิบัติ กับ การฝึกปฏิบัติจริง					
3.2 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)
เพื่อประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลส์สวิตชิ่ง เรื่องวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์

คำชี้แจง บทเรียนสำเร็จรูปที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย

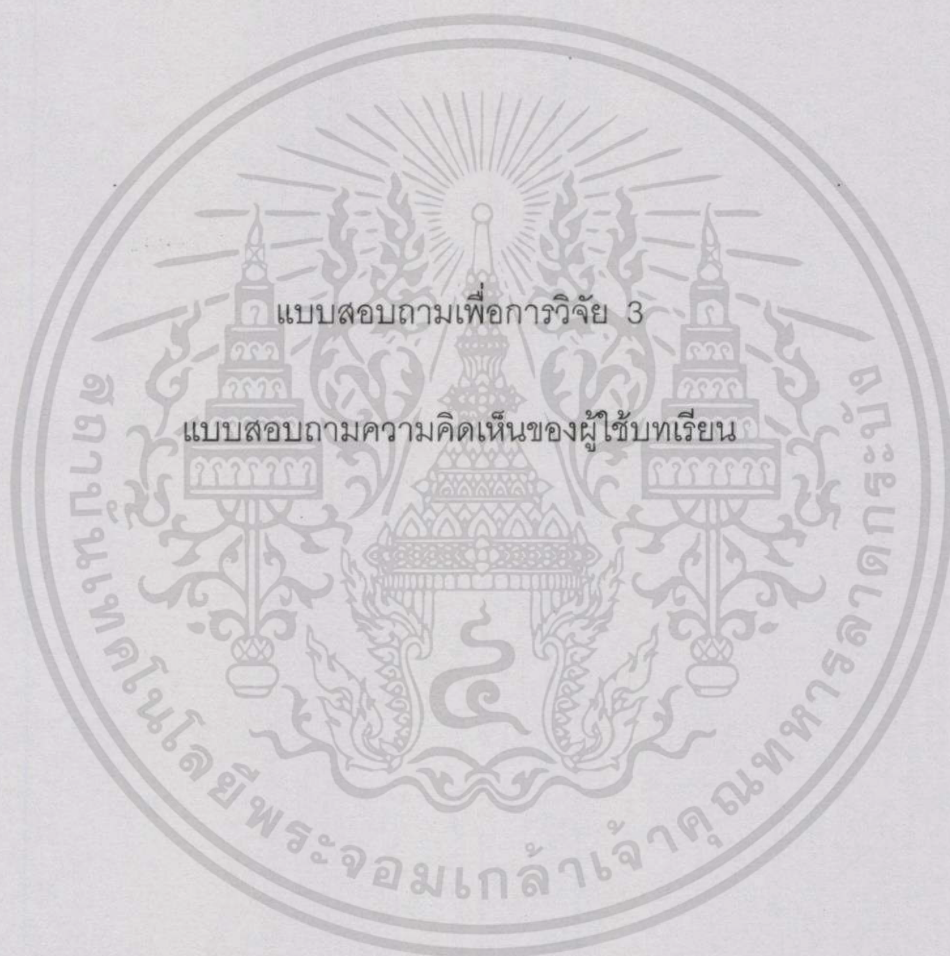
✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ชื่อผู้ประเมิน วันที่

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ความเหมาะสมของภาพ ภาษา					
1.1 ความเหมาะสมของภาพที่ให้น่าสนใจเนื้อหา.....					
1.2 ขนาดเหมาะสมที่ใช้ประกอบบทเรียน					
1.3 ภาพกราฟิก ที่ใช้ประกอบบทเรียน					
1.4 ภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ประกอบบทเรียน					
1.5 ภาพการ์ตูนที่ใช้ประกอบบทเรียน					
1.6 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน					
1.7 เสียงดนตรีประกอบบทเรียน					
2. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง					
2.1 ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์					
2.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์					
2.3 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง					
2.4 ความถูกต้องของเนื้อหา					
2.5 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
2.6 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
2.7 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน
เพื่อประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนสำเร็จรูปช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์
วิชาวงจรพัลซ์และสวิตซิง เรื่องวงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์

คำชี้แจง บทเรียนสำเร็จรูปที่ท่านกำลังประเมินอยู่นี้ มีคุณภาพอยู่ในระดับใด โปรดทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของท่าน

คะแนนระดับความคิดเห็น คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, ควรปรับปรุง = 1

ชื่อผู้ประเมิน วันที่

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. การจัดการบทเรียน					
1.1 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน.....					
1.2 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน					
1.3 ความยากง่ายในการควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การหน่วงเวลา					
1.4 ความสะดวก และคล่องตัวในการใช้บทเรียน					
1.5 ความชัดเจน ของคำสั่งใช้งานบทเรียน					
1.6 ความน่าสนใจของจอภาพ โดยภาพรวม					
1.7 ความน่าสนใจในวิธีการโต้ตอบบทเรียน					
1.8 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน					
2. ความเหมาะสมของภาพภาพ ภาษา เสียง					
2.1 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน					
2.2 ความสัมพันธ์ของกราฟิก กับเนื้อหา					
2.3 ความสัมพันธ์ของภาพเคลื่อนไหว กับเนื้อหา					
2.4 ความน่าสนใจของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว การ์ตูน					
2.5 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน					
2.6 เสียงดนตรีประกอบบทเรียน					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
3. ความเหมาะสมของตัวอักษร และสี					
3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ
3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้
3.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม
3.4 สีพื้นหลัง โดยภาพรวม
3.5 สีของภาพ และกราฟิก โดยภาพรวม
4. เนื้อหา และการดำเนินเรื่อง					
4.1 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง
4.2 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา
4.3 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา
4.4 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง
4.5 ความมีอิสระในการเลือกเรียนเนื้อหา
5. แบบฝึกปฏิบัติ					
5.1 ความน่าสนใจของภาพที่ใช้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ
5.2 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกปฏิบัติ
5.3 ความสะดวก และคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติ กับการฝึกปฏิบัติจริง
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ
5.5 แบบฝึกหัดทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์
6. แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ					
6.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม
6.2 ความชัดเจนของคำสั่ง
6.3 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ
6.4 การแสดงผลถูกผิดจากการวัดผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แยกเป็น 5 ส่วนคือ ด้านการจัดการบทเรียน ด้านความเหมาะสมของตัวอักษรและสี ด้านแบบฝึกปฏิบัติ ด้านแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ และด้านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของบทเรียน จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ใช้ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลปรากฏตามตารางต่อไปนี้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
1. การจัดการบทเรียน			
1.1 การนำเสนอชื่อเรื่องหลักการของบทเรียน	4.00	0.82	ดี
1.2 การนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน	4.33	0.47	ดี
1.3 ความยากง่ายในการควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การหน่วงเวลา	4.33	0.47	ดี
1.4 ความสะดวก และคล่องตัวในการใช้บทเรียน	4.67	0.00	ดี
1.5 ความชัดเจนของคำสั่งใช้งานบทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
1.6 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม	4.33	0.47	ดี
1.7 วิธีการโต้ตอบบทเรียน โดยภาพรวม	4.33	0.47	ดี
รวม	4.33	0.38	ดี
2. ความเหมาะสมของตัวอักษร และ สี			
2.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	4.33	0.47	ดี
2.2 ขนาดตัวอักษรที่ใช้	4.33	0.47	ดี
2.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม	4.00	0.82	ดี
2.4 สีพื้นหลัง โดยภาพรวม	4.67	0.47	ดี
2.5 สีของภาพ และกราฟิก โดยภาพรวม	4.00	0.00	ดี
รวม	4.26	0.446	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
3. แบบฝึกปฏิบัติ			
3.1 ความสะอาด และคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกหัดปฏิบัติ กับการฝึกปฏิบัติจริง	3.00	0.00	ปานกลาง
3.2 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ	4.33	0.82	ดี
รวม	3.5	0.41	ปานกลาง
4. แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ			
4.1 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ	4.33	0.47	ดี
4.2 การแสดงผลถูกผิดจากการวัดผล	4.67	0.47	ดี
รวม	4.50	0.47	ดี
5. แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถ			
5.1 วิธีการตอบโต้ตอบแบบ เช่น การใช้แป้นพิมพ์ การใช้เมาส์คลิก การเลื่อนเมาส์	4.33	0.47	ดี
5.2 วิธีการรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ ...	4.67	0.47	ดี
5.3 วิธีการสรุปผลคะแนนรวมท้ายแบบทดสอบ	4.33	0.47	ดี
รวม	4.44	0.47	ดี
รวมทั้งฉบับ	4.20	0.43	ดี

จากตารางการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ปรากฏว่าระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็น ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 4.20 เมื่อพิจารณาในส่วนของรายละเอียด พบว่ารายการที่มีความคิดเห็นในระดับดี ได้แก่ด้านการจัดการบทเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ด้านความเหมาะสมของตัวอักษร และสี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ด้านแบบฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 ด้านแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และด้านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ (ด้านเนื้อหา)

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา แยกเป็น 5 ส่วนคือ ด้านความเหมาะสมของภาพและภาษา ด้านความเหมาะสมเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง ด้านใบการทดลอง ด้านแบบวัดผลการฝึกการทดลอง และด้านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน

ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของบทเรียน จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ใช้ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลปรากฏตามตารางต่อไปนี้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
1. ความเหมาะสมของภาพ และภาษา			
1.1 ความเหมาะสมของภาพสอดคล้องกับเนื้อหา	4.33	0.47	ด
1.2 ขนาดของภาพเหมาะสม	4.67	0.47	ด
1.3 การสื่อความหมายของภาพ เข้าใจ ชัดเจน	4.33	0.47	ด
1.4 ความเหมาะสมของภาษา และสำนวน	4.67	0.47	ด
1.5 ความเหมาะสมของรูปแบบ และขนาดของตัวอักษร ...	4.33	0.47	ด
รวม	4.46	0.47	ด
2. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง			
2.1 ความสมบูรณ์ของวัตถุประสงค์	4.33	0.47	ด
2.2 ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2.3 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง	4.33	0.47	ด
2.4 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.47	ด
2.5 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.33	0.47	ด
2.6 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.67	0.47	ด
2.7 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	4.33	0.47	ด
รวม	4.47	0.40	ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
3. ใบการทดลอง			
3.1 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในแบบฝึกทดลอง	4.33	0.47	ดี
3.2 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกการทดลอง	4.33	0.47	ดี
3.3 ลำดับขั้นของแบบฝึกการทดลองสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์	4.33	0.47	ดี
รวม	4.33	0.47	ดี
4. แบบวัดผลการฝึกการทดลอง			
4.1 ความเหมาะสมของคำถาม	4.33	0.47	ดี
4.2 ความชัดเจนของคำถาม	4.67	0.47	ดี
4.3 คำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	0.47	ดี
รวม	4.55	0.47	ดี
5. แบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียน			
5.1 ความชัดเจนของคำถามแบบทดสอบ ภาคทฤษฎี	4.33	0.47	ดี
5.2 จำนวนข้อของแบบทดสอบ ภาคทฤษฎี เหมาะสม	4.67	0.47	ดี
5.3 ความเหมาะสมของแบบทดสอบที่เลือกใช้สำหรับ ภาคทฤษฎี	4.67	0.47	ดี
5.4 ความเหมาะสมของคำถาม	4.33	0.47	ดี
5.5 ความเหมาะสมของตัวเลือก (คำตอบ)	4.67	0.47	ดี
5.6 ความชัดเจนของคำถามแบบทดสอบ ภาคปฏิบัติ	4.67	0.47	ดี
5.7 ชนิดของแบบทดสอบที่เลือกใช้สำหรับภาคปฏิบัติ	4.33	0.47	ดี
5.8 จำนวนข้อของแบบทดสอบ ภาคปฏิบัติ	4.00	0.00	ดี
รวม			
รวมทั้งฉบับ	4.45	0.411	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา ปรากฏว่า ระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 4.45 เมื่อพิจารณาในส่วนของรายละเอียด ได้แก่ด้านความเหมาะสมของภาพ และภาษา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 ด้านเนื้อหาและดำเนินเรื่อง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 ด้านใบทดลอง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ด้านแบบวัดผลการทดลอง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 และด้านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ผลความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนใช้ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลปรากฏตามตารางต่อไปนี้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
1. การจัดการบทเรียน			
1.1 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน.....	4.15	0.48	ดี
1.2 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน.....	3.80	0.64	ปานกลาง
1.3 ความยากง่ายในการควบคุมบทเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การหน่วงเวลา	3.90	0.71	ปานกลาง
1.4 ความสะดวก และคล่องตัวในการใช้บทเรียน	4.05	0.69	ดี
1.5 ความชัดเจน ของคำสั่งใช้งานบทเรียน	3.90	0.75	ปานกลาง
1.6 ความน่าสนใจของจอภาพ โดยภาพรวม	4.10	0.72	ดี
1.7 ความน่าสนใจในวิธีการโต้ตอบบทเรียน	4.00	0.73	ดี
1.8 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน	4.05	0.51	ดี
รวม	4.01	0.65	ดี
2. ความเหมาะสมของภาพภาพ ภาษา เสียง			
2.1 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน	3.95	0.39	ปานกลาง
2.2 ความสัมพันธ์ของกราฟิก กับเนื้อหา	4.05	0.51	ดี
2.3 ความสัมพันธ์ของภาพเคลื่อนไหว กับเนื้อหา	3.90	0.55	ปานกลาง
2.4 ความน่าสนใจของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว การ์ตูน	3.80	0.52	ปานกลาง
2.5 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน	3.85	0.75	ปานกลาง
2.6 เสียงดนตรีประกอบบทเรียน	4.00	0.65	ดี
รวม	3.95	0.56	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
3. ความเหมาะสมของตัวอักษร และสี			
3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	3.70	0.73	ปานกลาง
3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้	4.20	0.62	ดี
3.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม	3.95	0.61	ปานกลาง
3.4 สีพื้นหลัง โดยภาพรวม	3.75	0.55	ปานกลาง
3.5 สีของภาพ และกราฟิก โดยภาพรวม	3.75	0.59	ปานกลาง
รวม	3.87	0.62	ปานกลาง
4. เนื้อหา และการดำเนินเรื่อง			
4.1 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง	4.05	0.51	ดี
4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.15	0.49	ดี
4.3 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.05	0.61	ดี
4.4 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	4.05	0.61	ดี
4.5 ความมีอิสระในการเลือกเรียนเนื้อหา	4.10	0.64	ดี
รวม	4.08	0.57	ดี
5. แบบฝึกปฏิบัติ			
5.1 ความน่าสนใจของภาพที่ใช้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ	3.85	0.37	ปานกลาง
5.2 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกปฏิบัติ	4.05	0.61	ดี
5.3 ความสะดวก และคล่องตัวระหว่างการให้แบบฝึกปฏิบัติ กับการฝึกปฏิบัติจริง	4.15	0.59	ดี
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ	3.95	0.67	ปานกลาง
5.5 แบบฝึกหัดทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์	4.10	0.64	ดี
รวม	4.02	0.58	ดี
6. แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ			
6.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	3.90	0.55	ปานกลาง
6.2 ความชัดเจนของคำสั่ง	4.20	0.52	ดี
6.3 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ	4.40	0.50	ดี
6.4 การแสดงผลถูกผิดจากการวัดผล	4.20	0.41	ดี
รวม	4.18	0.50	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	\bar{X}	S	ความหมาย
7. แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน			
7.1 ความน่าสนใจในการใช้แบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน	4.00	0.56	ดี
7.2 ความชัดเจนของคำถามในแบบทดสอบ ภาคทฤษฎี ..	4.10	0.72	ดี
7.3 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการโต้ตอบแบบทดสอบ เช่น การใช้เมาส์คลิก การเลื่อนเมาส์	4.05	0.22	ดี
7.4 วิธีการรายงานผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ ...	4.35	0.59	ดี
7.5 วิธีการสรุปผลคะแนนแต่ละข้อของแบบทดสอบ	4.25	0.64	ดี
7.6 ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ ภาคทฤษฎี	4.00	0.56	ดี
7.7 ความชัดเจนของคำถามแบบทดสอบ ภาคปฏิบัติ	3.90	0.72	ปานกลาง
7.8 ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ ภาคปฏิบัติ	4.05	0.61	ดี
รวม	4.09	0.58	ดี
รวมทั้งฉบับ	4.03	0.58	ดี

จากตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียน ที่ได้ผลตอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ปรากฏว่าความคิดเห็นของผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 4.03 เมื่อพิจารณาในส่วนของรายละเอียด พบว่ารายการที่มีความคิดเห็นในระดับดี ได้แก่ด้านการจัดการบทเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 ด้านแบบฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 ด้านแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 และด้านแบบทดสอบมาตรฐานวัดความสามารถทางการเรียน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09

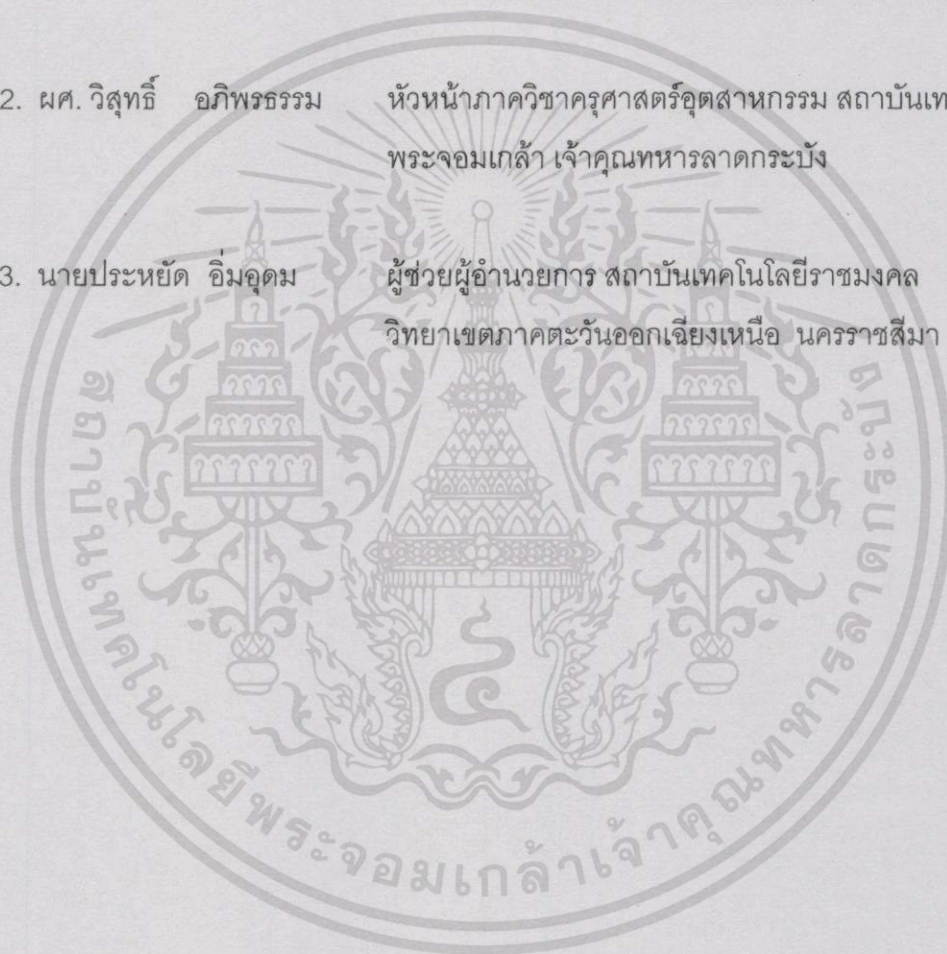
ในส่วนของรายการที่มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านความเหมาะสมของภาพ ภาษา เสียง ค่าเฉลี่ย 3.95 ด้านความเหมาะสมของตัวอักษร และสี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

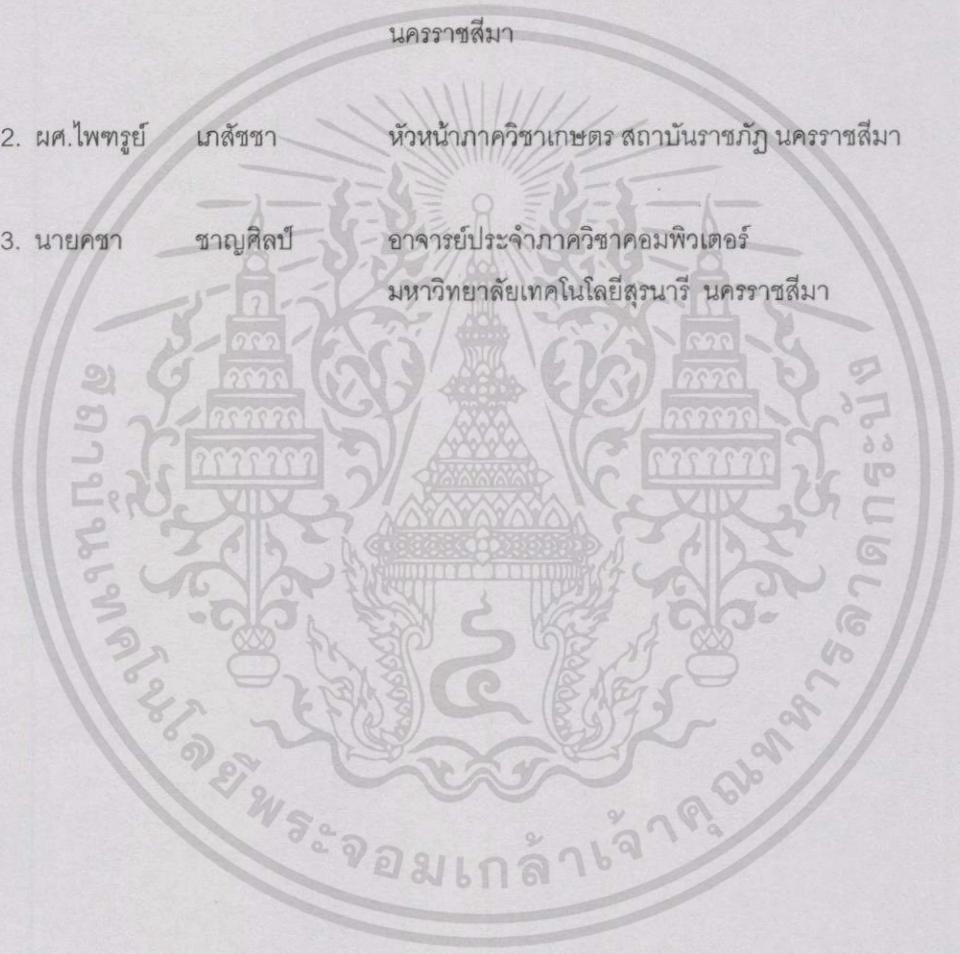
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา

1. รศ. สมยศ จุณณะปิยะ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ. วิสุทธิ์ อภิพชรธรรม หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. นายประหยัด อิมอุดม ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติ
วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการผลิตสื่อ

1. นายพิเชษฐ สติวัฒน์วงศ์ รองผู้ช่วยผู้อำนวยการ และหัวหน้าแผนกวิชา อิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
นครราชสีมา
2. ผศ.ไพฑูรย์ เกสัชชา หัวหน้าภาควิชาเกษตร สถาบันราชภัฏ นครราชสีมา
3. นายคชา ชาญศิลป์ อาจารย์ประจำภาควิชาคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

19 กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่อง ทราานซิสเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ”

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๑ กันยายน ๒๕๔๔

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.วิสุทธิ อธิพชรธรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดียว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา วงจรพัลส์สวิตติง เรื่อง ทราานซิสเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง "

คณะกรรมการอุดมศึกษาพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่อง ดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้ การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดียว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

/๑ กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายประหยัด อิมอุดม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา
วงจรพัลส์ลวดิ่ง เรื่อง ทรานซิสเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง "

คณะกรรมการอุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านเนื้อหา
ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้
การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ ทิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

1๐ กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.ไพฑูรย์ เกสัชชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา วงจรพัลส์สวิตซิ่ง เรื่อง ทรานซิสเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ”

คณะกรรมการอุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่อง ดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านสื่อ ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้ การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

19 กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายพิเชษฐ์ สถิตยวิวัฒน์วงศ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา วงจรพัลส์สวิตชิ่ง เรื่อง ทราฟฟิกเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ”

คณะกรรมการอุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่อง ดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านสื่อ ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้ การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ทม 1504/ 4118

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

19 กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายคชา ชาญศิลป์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชา วงจรพัลส์สวิตชิง เรื่อง ทรานซิสเตอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ”

คณะกรรมการอุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับเรื่อง ดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบถามด้านสื่อ ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้ การเก็บข้อมูลของ นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร.327-1199 ,737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ แผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
 ที่ วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2545
 เรื่อง ขออนุญาตทดลองเครื่องมือในการวิจัย

เรียน หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์

ด้วยข้าพเจ้า นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว สังกัดแผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ ที่ได้เรียนต่อระดับปริญญาโท ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร นั้นขณะนี้อยู่ระหว่างทำวิจัย เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลส์สวิตชิง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตชิง ตามหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล " ใคร่ขออนุญาตใช้เครื่องมือในงานวิจัยของข้าพเจ้า กับนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อดำเนินการจัดเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดอนุญาต

(นายสมชาย ศรีสกุลเดี่ยว)

อาจารย์ 1 ระดับ 5

อนุญ.

อ.ทศพรทิพย์ หงษ์ทอง หรือ อ.อรรณพ นว. ๓๓๓๓
 อ.อรรณพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสมชาย ศรีสกุลเดียว เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2506 ที่จังหวัด นครราชสีมา สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปีการศึกษา 2528 และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (อิเล็กทรอนิกส์) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ปีการศึกษา 2525

ปี พ.ศ. 2529 เข้ารับราชการในตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 3 ที่วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ได้โอนตำแหน่งมารับราชการที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา ถึงปัจจุบัน ดำรงตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 5

