

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติ  
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ  
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION  
FOR ENRICHMENT IN ELECTRONIC EQUIPMENT  
AND CIRCUIT ENTITLED CHARACTERISTIC  
OF SEMICONDUCTOR EQUIPMENT  
FOR CERTIFICATE STUDENT  
LEVEL 1



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์)

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-573-1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติ  
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ  
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION  
FOR ENRICHMENT IN ELECTRONIC EQUIPMENT  
AND CIRCUIT ENTITLED CHARACTERISTIC  
OF SEMICONDUCTOR EQUIPMENT  
FOR CERTIFICATE STUDENT  
LEVEL 1



T 0 4 7 6 4 2

อนันตพัฒนา อนันตชัย

ANUNTAPAT ANUNTACHAI

เลขที่.....  
เลขทะเบียน.....47642  
วัน, เดือน, ปี.....21 ส.ค. 2546

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์)  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2546

ISBN 974-324-573-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION  
FOR ENRICHMENT IN ELECTRONIC EQUIPMENT  
AND CIRCUIT ENTITLED CHARACTERISTIC  
OF SEMICONDUCTOR EQUIPMENT  
FOR CERTIFICATE STUDENT  
LEVEL 1**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION (COMPUTER)  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2003**

**ISBN 974-324-573-1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2003**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1
นักศึกษา	นายอนันตพัฒน์ อนันตชัย
รหัสประจำตัว	42064248
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์ (เอกคอมพิวเตอร์)
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.กันยา ต้นติวสุทธิกุล
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่มห้องเรียน จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ซึ่งมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 ความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.83 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.05-0.45 และค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.48

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เกณฑ์ 80/80 ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีประสิทธิภาพ 80.10/79.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	The Development of Computer Assisted Instruction for Enrichment in Electronic Equipment and Circuit Entitle Characteristic of Semiconductor Equipment for Certificate Student Level 1
<b>Student</b>	Mr. Anuntapat Anuntachai
<b>Student ID.</b>	42064248
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Programme</b>	Science Education (Computer)
<b>Year</b>	2003
<b>Thesis Advisor</b>	Dr. Wilaiporn Worrachittanont
<b>Thesis Co-advisor</b>	Assistant Professor Dr.Kunya Tuntivisoottikul
<b>Thesis Co-advisor</b>	Mr.Peerawut Suwanjan

## ABSTRACT

The purpose of the research was to develop of Computer Assisted Instruction for Enrichment in Electronic Equipment and Circuit Entitle Characteristic of Semiconductor Equipment for Certificate Student Level 1 in electronic program.

The sample consisted of twenty subjects who were selected from the population employing the cluster technique. The sample were certificate students level 1 students in Electronic program in the first Semester in 2002 academic year at Chachoengsao Technical College, Chachoengsao Province.

Research instruments were the Computer Assisted Instruction for Enrichment in Electronic Equipment and Circuit Entitle Characteristic of Semiconductor Equipment. The 4 multiple choices achievement test comprised 25 items possessing the IOC value, the degree of difficulty, the degree of discrimination and the reliability coefficient (0.33-1.00, 0.20-0.83, 0.05-0.45, and 0.48, respectively).

To examine the efficiency of the Computer Assisted Instruction, the 80/80 standard criterion was used. The result of the research indicated that the efficiency of the Computer Assisted Instruction was 80.10/79.60 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิพนธ์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สำเร็จได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความกรุณาจาก ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.กันยา ต้นติวิสุทธิกุล และอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล และ ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ข้อเสนอแนะจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจแก้ไขเครื่องมือวิจัยจนมีประสิทธิภาพสูงสุด และผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเตรา อาจารย์แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่าน อาจารย์ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนอำนวยความสะดวก ขอขอบคุณนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 กลุ่ม 1 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ ปีการศึกษา 2545 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณพ่อประเสริฐ อนันตชัย คุณแม่รำไพ อนันตชัย ผู้ให้กำเนิด ให้การศึกษาให้ความรัก กำลังใจ แก่ผู้วิจัยอย่างคิดตลอดมา ขอขอบคุณคุณเนาวรัตน์ วรรณธนาสิน เพื่อนสนิทที่สุดที่ ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือที่ดี โดยเฉพาะช่วยเหลือในการสร้างเครื่องมือมาโดยตลอด สุดท้ายขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือ ด้านการติดต่อสื่อสาร และแบบฟอร์มเอกสารต่างๆ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และคุณยายระเบียบ เชื้อหอม ผู้ล่วงลับไปแล้ว

อนันตพัฒน์ อนันตชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	4
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009).....	8
2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	46
2.3 สถานการณ์จำลอง.....	59
2.4 โปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	64
2.5 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน.....	69
2.6 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์.....	71
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	72
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	76
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	76
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	76
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	85
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	89
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	89
5.2 อภิปรายผล.....	91
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	92
บรรณานุกรม.....	94
ภาคผนวก.....	98
ภาคผนวก ก ตัวอย่างบทเรียน.....	99
ภาคผนวก ข แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนการปฏิบัติการวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ.....	117
ภาคผนวก ค ตารางที่ 6.1 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์วิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จำแนกตามรายข้อ.....	122
ภาคผนวก ง แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ.....	124
ภาคผนวก จ ตารางที่ 6.2 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ.....	127
ประวัติผู้เขียน.....	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน่วยการเรียนรู้ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1.....	9
2.2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่นำมาสร้างเป็น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....	10
3.1 จำนวนข้อของแบบทดสอบใช้จริง และออกไว้เกิน จำแนกตามบทเรียน .....	83
4.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้กลุ่มตัวอย่าง 20 คน .....	88
6.1 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จำแนก ตามรายชื่อ .....	123
6.2 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ .....	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงกราฟลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดรอยต่อ.....	11
2.2 แสดงสัญลักษณ์ไดโอดและทิศทางกระแสไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และแสดงแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับไบแอสตรงและไบแอสกลับ.....	12
2.3 แสดงลักษณะภายนอกและการจัดวางของแอโนด และแคโทดของไดโอดแบบต่าง ๆ.....	13
2.4 แสดงการตรวจสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์.....	14
2.5 แสดงสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด.....	15
2.6 แสดงกราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของซีเนอร์ไดโอด.....	15
2.7 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของกระแสและแรงดันของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับ.....	16
2.8 แสดงวงจรสมมูลย์ของซีเนอร์ไดโอดและการหาค่าความต้านทานภายในของซีเนอร์ไดโอด.....	17
2.9 แสดงวงจร Zener Diode Voltage Regulator.....	17
2.10 แสดงโครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP.....	18
2.11 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์.....	18
2.12 แสดงการไบแอสทรานซิสเตอร์.....	19
2.13 แสดงโมเดลของทรานซิสเตอร์ NPN และ PNP และทิศทางของกระแส $I_E$ , $I_B$ , $I_C$ ที่เกิดขึ้นจากการไบแอสที่ถูกต้อง.....	19
2.14 แสดงลักษณะภายนอกของทรานซิสเตอร์แบบต่าง ๆ.....	20
2.15 โครงสร้างของเจฟต์ชนิด n-channel และชนิด p-channel.....	20
2.16 แสดงการไบแอสเจฟต์ n-channel.....	21
2.17 แสดงการใช้แรงดันไบแอสกลับที่เกิด ( $V_{GS}$ ) ความคุมการไหลของกระแสเดรน ( $I_D$ ).....	22
2.18 แสดงสัญลักษณ์ของเจฟต์.....	23
2.19 แสดงลักษณะสมบัติของเดรนของเจฟต์เมื่อ $V_{GS} = 0$ V.....	23
2.20 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของ D-MOSFET.....	25
2.21 แสดงการทำงานของดีมอสเฟตชนิด n-channel.....	25
2.22 แสดงสัญลักษณ์ของดีมอสเฟต.....	26
2.23 แสดงกราฟคุณลักษณะการถ่ายโอนของดีมอสเฟตทั้ง 2 ชนิด.....	27
2.24 แสดง เอส.ซี.อาร์. (The Silicon Controlled Rectifier) Copyright of Motorola, Inc.....	27
2.25 แสดงวงจรสมมูลย์ของ เอส.ซี.อาร์.....	28
2.26 แสดงกระบวนการจุดชนวนให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแส.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

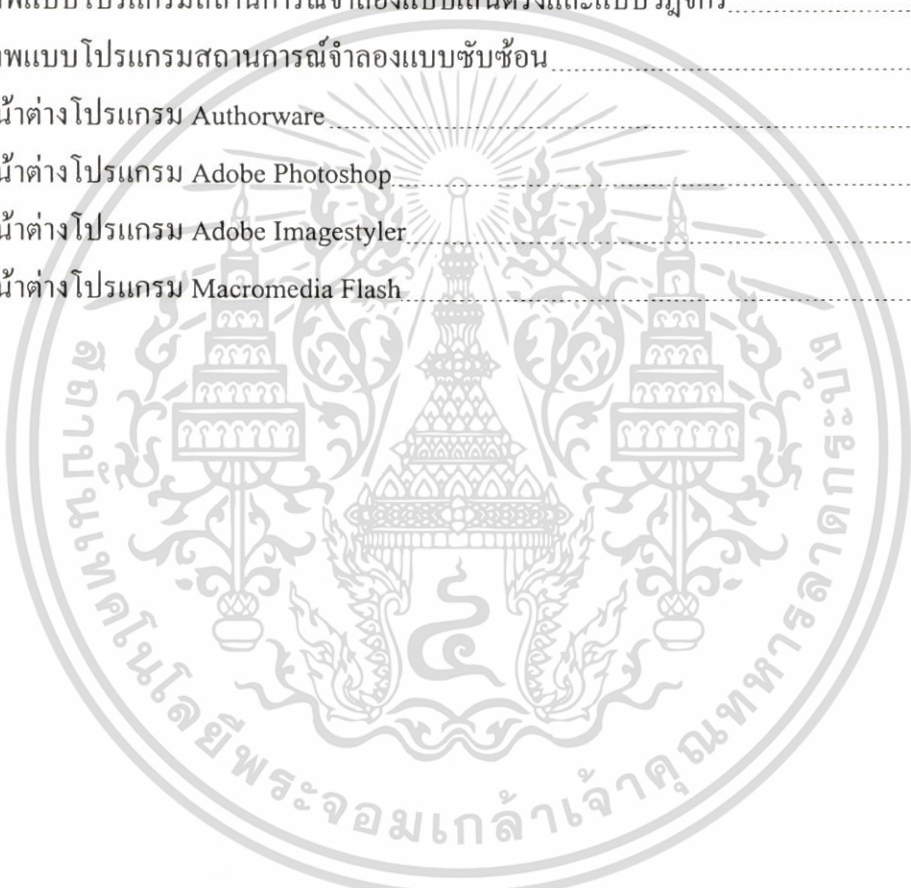
## สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.27 แสดงกราฟลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์.....	31
2.28 แสดงการบังคับให้ เอส.ซี.อาร์.หยุดนำกระแสโดยวิธี Anode Current Interruption.....	32
2.29 การบังคับให้ เอส.ซี.อาร์.หยุดนำกระแสโดยวิธี Forced Commutation.....	33
2.30 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไคแอก.....	33
2.31 กราฟแสดงคุณลักษณะของไคแอก.....	34
2.32 แสดงวงจรสมมูลย์ของไคแอกและการไบแอสไคแอก.....	34
2.33 แสดงโครงสร้างสัญลักษณ์และวงจรเปรียบเทียบระหว่างไทรแอกกับ เอส.ซี.อาร์.....	35
2.34 แสดงกราฟลักษณะสมบัติของไทรแอก.....	36
2.35 แสดงการนำกระแสได้ 2 ทางของไทรแอก เมื่อได้รับการจุดชนวนด้วยกระแสเกตบวก.....	37
2.36 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ ยู.เจ.ที.....	38
2.37 แสดงวงจรสมมูลย์ของ ยู.เจ.ที.....	39
2.38 แสดงกราฟลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที.เมื่อกำหนดค่าแรงดัน $V_{BB}$ คงที่.....	40
2.39 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของพัท.....	41
2.40 แสดงกราฟลักษณะสมบัติของพัท.....	42
2.41 แสดงปรากฏการณ์ที่รอยต่อของ LED เมื่อได้รับไบแอสตรง.....	43
2.42 สัญลักษณ์ไดโอดเปล่งแสง (LED).....	43
2.43 แสดงการทำงานของไดโอดเปล่งแสง (LED).....	44
2.44 แสดงกราฟความยาวคลื่นแสงที่ไดโอดเปล่งแสงเปล่งออกมา.....	44
2.45 แสดงกราฟการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง.....	45
2.46 แสดงลักษณะภายนอกของไดโอดเปล่งแสงแบบต่าง ๆ (ลิขสิทธิ์ของ Motorola Inc.).....	45
2.47 แสดงการต่อไดโอดเปล่งแสงอย่างปลอดภัย.....	45
2.48 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว.....	49
2.49 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกรอบ.....	49
2.50 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ.....	50
2.51 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ.....	50
2.52 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดียวหลายเส้น.....	51
2.53 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว.....	51
2.54 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.55 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง.....	52
2.56 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งคู่.....	53
2.57 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่งประกอบ.....	54
2.58 ภาพความสัมพันธ์ของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง.....	62
2.59 ภาพแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองแบบเส้นตรงและแบบวัฏจักร.....	63
2.60 ภาพแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองแบบซับซ้อน.....	64
2.61 หน้าต่างโปรแกรม Authorware.....	66
2.62 หน้าต่างโปรแกรม Adobe Photoshop.....	67
2.63 หน้าต่างโปรแกรม Adobe Imagestylar.....	68
2.64 หน้าต่างโปรแกรม Macromedia Flash.....	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันถือได้ว่าประเทศไทยกำลังอยู่ในยุคสารสนเทศ ซึ่งเป็นยุคที่มีการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการสื่อสารโทรคมนาคม ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม ทั้งการดำเนินชีวิตและหน้าที่การทำงาน เช่น ระบบเคเบิลใยแก้วนำแสง หรือการสื่อสารผ่านดาวเทียม และอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งการพัฒนาสิ่งเหล่านี้ จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการสื่อสารโทรคมนาคม โดยมีการจัดการที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการสื่อสารโทรคมนาคมนี้ ไม่จำกัดเฉพาะในวงการสังคมธุรกิจและอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ได้ไร้ขอบเขตขึ้นอยู่กับการสร้างสรรคขึ้นมา ในทางการศึกษาก็เช่นกัน เมื่อก้าวเข้าสู่ยุคสารสนเทศ ครูผู้สอนที่ทำหน้าที่สอนในห้องเรียน บางครั้งจะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย คอยให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนในการเรียนรู้ ตลอดจนการแก้ปัญหาการเรียนการสอนแบบเอกัตบุคคลที่พึ่งพาเทคโนโลยีสมัยใหม่ ที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบัน

นักเทคโนโลยีการศึกษาได้ทำการออกแบบ พัฒนา และได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบสื่อหรือเครื่องมือช่วยสอนกับการเรียนการสอนปกติ โดยใช้ครูเป็นผู้สอนเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากผลที่ได้ทำการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ลัดดา เต็มตุ้ม. 2532 : 62 ; ประเสริฐ เลิศขยันดี 2540 ; อารีย์ มิ้มงกิจ 2541 : บทคัดย่อ) โดยสื่อสามารถใช้ประกอบการสอนได้ดีเมื่อเทียบกับการเรียนการสอนโดยใช้ครูเป็นผู้สอนแบบปกติ และในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า สื่อที่มีการออกแบบและวางแผนอย่างมีระบบ สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีทางด้านพุทธิพิสัย เช่นเดียวกับที่ครูเป็นผู้สอนเพียงอย่างเดียว

การพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนซึ่งอาจจะทำได้โดยการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเน้นวิธีการแสวงหาความรู้ และการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มากยิ่งขึ้น ความแตกต่างกันทางด้านสติปัญญาของผู้เรียน ความถนัด สมรรถภาพร่างกาย ความแตกต่างด้านบุคลิกภาพ และความแตกต่างระหว่างบุคคลนี้ ทำให้นักการศึกษาต้องคิดหาวิธีการที่จะปรับปรุงหลักสูตร ปรับปรุงวิธีการสอนขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียน ได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา วิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการสอนคือการสอนแบบเอกัตบุคคล เป็นการสอนที่มุ่งจัดความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนการสอน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการสอนที่สำคัญ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินทักษะเบื้องต้นของผู้เรียน เพื่อช่วยในการค้นคว้าจุดเริ่มต้นของผู้เรียนแต่ละคนในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลำดับการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้การจัดวัสดุและสื่อให้เหมาะสมกับการเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง และเพื่อสะดวกต่อการประเมินผล และส่งเสริมให้เกิดความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI (Computer Assisted Instruction) เป็นสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสม ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดิทัศน์และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด โดยนำเสนอเนื้อหาที่ละหน้า สามารถดึงดูดความสนใจ และกระตุ้นให้ผู้เรียนนั้นเกิดความต้องการเรียนรู้ เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญคือ มีความเป็นสารสนเทศ สามารถตอบสนองกับความแตกต่างระหว่างบุคคล มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ และให้ผลป้อนกลับได้โดยทันที (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 8)

นอกจากนี้ สิริพร ทิพย์คง (2537 : 175) ยังได้กล่าวถึงประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอนของครูว่า จะช่วยให้ครูประหยัดเวลาในการสอน ใช้เวลาในการสอนด้วยตนเองน้อยลง และมีเวลาเหลือที่จะไปปรับปรุงการสอน ศึกษาตำรา งานวิจัย ทำให้ครูได้พัฒนาความสามารถของตนเองให้มากขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างเสริมนวัตกรรมเพื่อการศึกษา และช่วยให้การเรียนการสอนบางเรื่องที่ใช้งานกราฟิกชัดเจนยิ่งขึ้น

วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) จัดเป็นวิชาเฉพาะที่นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2538 ของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเรียน เนื้อหาบางเรื่องที่ทำให้เรียนนอกจากจะเป็นพื้นฐานสำหรับเรียนในชั้นสูงต่อไป และยังมี ความเกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการนำไปประกอบวิชาชีพเมื่อจบการศึกษา เนื่องจากการเรียนในวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 นี้ จำเป็นต้องมีการต่อวงจร และมีการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรหรือของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งปัญหาที่พบเห็นในการเรียนวิชานี้ คือ การที่นักศึกษาไม่มีทักษะในการต่อและการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแต่ละวงจร จึงทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ง่าย อีกทั้งนักศึกษายังไม่มีความรอบคอบเพียงพอที่จะระมัดระวังการต่อวงจร และการสับเปลี่ยนอุปกรณ์เพื่อไม่ให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนวิชานี้ คือ

1. นักศึกษาไม่มีความระมัดระวังในเรื่องการจ่ายกระแสหรือแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่อทดลอง ทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออาจจะเกิดการระเบิด ชำรุด หรือเป็นอันตรายต่อนักศึกษาผู้ใช้ได้
2. นักศึกษาทำการต่อวงจรไม่ถูกต้องทำให้กระแสไฟฟ้าได้เกิดการลัดวงจร และส่งผลให้แหล่งจ่ายไฟซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงอาจเกิดการชำรุดเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การต่อวงจรหรือสับเปลี่ยนโดยขาดทักษะและขาดประสบการณ์จะทำให้วัสดุฝึกที่ใช้ในการทดลองใช้งานได้ไม่นาน เนื่องจาก ขาดอุปกรณ์อาจงอหรือหัก ส่งผลให้อุปกรณ์นั้นกลายเป็นขยะไปในระยะเวลาอันสั้น

ในส่วนของการเบิกจ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการเบิกจ่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองของแต่ละใบงานเป็นชุด ๆ ซึ่งอุปกรณ์บางชนิดมีจำนวนจำกัด ทำให้ต้องมีการทดลองเป็นกลุ่ม และจากประสบการณ์ของผู้วิจัย ในการทดลองในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพจะเน้นให้ทดลองเป็นกลุ่ม เพื่อตรวจสอบว่าผลที่ได้ตรงกับทฤษฎีหรือไม่ โดยจะเป็นไปในลักษณะกลุ่มทดลองวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์มีจำกัดและจำนวนคนที่ทำการทดลองมีมากกว่าเครื่องมือและอุปกรณ์ ทำให้การลงมือปฏิบัติจะมีการลงมือทำภายในกลุ่มอยู่ไม่กี่คน ทำให้ความสนใจของนักศึกษาที่ไม่ได้ลงมือปฏิบัติลดลง จึงมีส่วนของนักศึกษาที่ได้ลงมือปฏิบัติ กับส่วนที่ไม่สนใจลงมือปฏิบัติ

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาปฏิบัติขึ้น เพื่อใช้ในการเรียนเสริมในวิชาปฏิบัติ เตรียมความพร้อมในการเรียนปฏิบัติจริง ให้เกิดทักษะ ลดอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย ลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในขณะที่ทำการปฏิบัติทดลองจริง สร้างความระมัดระวังรอบคอบให้กับผู้เรียน และเพื่อใช้เป็นส่วนกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าว โดยผู้วิจัยได้เลือกวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเท่านั้น ทั้งนี้เพราะบทปฏิบัติการเรื่องนี้จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ต่อวงจรอย่างมาก เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายจากการใช้อุปกรณ์จำนวนมากในการทดลอง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในรายวิชาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 ที่มีประสิทธิภาพ

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในรายวิชาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 มีประสิทธิภาพ 80 / 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

### 1.4.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในครั้งนี้ได้นำแนวคิดของประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 88-89) มาดัดแปลงเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหารายวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ กรมอาชีวศึกษา พ.ศ. 2538
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ วิธีการใช้วิธีการเลือกใช้อุปกรณ์ และการระมัดระวังรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ และมีเทคนิคการทดลองที่ถูกต้องก่อนการลงมือปฏิบัติการจริง
3. ศึกษาโปรแกรม Authorware Professional Version 6
4. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากตำรา เอกสาร วารสาร รวมทั้งผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง
5. กำหนดรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสอนเสริม (Tutorial Instruction) ผสมกับแบบเกมเพื่อการสอน (Instruction Game) และบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง (Simulation)
6. ออกแบบบทเรียน โดยเน้นในเรื่องการใช้ภาพ เนื้อหา คำถามที่สนใจความผสมผสานกับกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นสื่อกลางในการออกแบบบทเรียนแล้วนำมาสร้างเป็นผังงาน
7. นำผังงานที่สร้างเสร็จแล้วมาเขียนสคริปต์ (Scripts) เป็นการเตรียมการนำเสนอภาพตัวอักษร รวมทั้งสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบต่าง ๆ ลงบนกระดานบรรจุไว้ในกรอบ โดยประกอบด้วยกรอบนำเข้าสู่บทเรียน และแนะนำผู้วิจัย กรอบแนะนำการใช้บทเรียน กรอบเนื้อหา กรอบทบทวนและกรอบส่งท้าย ให้มีความเหมาะสมในการนำเสนอทางหน้าจอคอมพิวเตอร์
8. นำสคริปต์ที่สร้างมาเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Authorware Professional Version 6 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear program)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4.2 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา ปฏิบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1

ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดของ Bloom และคณะ (อ้างใน ภพ เลหาไพบูลย์. 2540 : 161- 165) มาใช้เป็นกรอบแนวความคิดในการสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยวัดพฤติกรรมทางด้านพุทธิพิสัย ในระดับ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 85 คน 2 ห้องเรียน แต่ละห้องเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่มห้องเรียน

### 1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่ม ห้องเรียน จำนวน 20 คน

### 1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 1.5.4 เนื้อหา

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในเนื้อหาวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) เรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีเนื้อหา ดังนี้

- ลักษณะสมบัติของไดโอด
- ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด
- ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์
- ลักษณะสมบัติของเฟด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์
- ลักษณะสมบัติของ ไดแอก
- ลักษณะสมบัติของ ไทรแอก
- ลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที.
- ลักษณะสมบัติของ พัท
- ลักษณะสมบัติของ ไดโอดเปล่งแสง

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ หมายถึง บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (21501009) เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Authorware Professional Version 6 ซึ่งได้บรรจุเนื้อหา ขั้นตอนการทดลอง แบบสถานการณ์จำลอง ซึ่งผู้เรียนจะเรียนบทเรียนไปตามลำดับขั้นตอนโดยผ่านทางจอภาพ (Monitor) และผู้เรียนต้องตอบสนองต่อกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการทดลอง หรือบททดสอบ เป็นต้น ที่ปรากฏบนจอภาพทางแป้นพิมพ์ (Keyboard) หรือเมาส์ (Mouse) ด้วยตนเอง โดยอาศัยเครื่องมือคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยสอน ประกอบด้วย 10 บทเรียนดังนี้

- บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของ ไดโอด
- บทเรียนที่ 2 ลักษณะสมบัติของ ซีเนอร์ไดโอด
- บทเรียนที่ 3 ลักษณะสมบัติของ ทรานซิสเตอร์
- บทเรียนที่ 4 ลักษณะสมบัติของ เฟด
- บทเรียนที่ 5 ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์
- บทเรียนที่ 6 ลักษณะสมบัติของ ไดแอก
- บทเรียนที่ 7 ลักษณะสมบัติของ ไทรแอก
- บทเรียนที่ 8 ลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที.
- บทเรียนที่ 9 ลักษณะสมบัติของ พัท
- บทเรียนที่ 10 ลักษณะสมบัติของ ไดโอดเปล่งแสง

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ทำแบบทดสอบ ในระหว่างเรียนกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบหลังเรียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ตั้งเกณฑ์ไว้เป็น 80 / 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียน ตอบถูกต้อง จากการทำกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทเรียนรวมกัน

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

3. นักศึกษา หมายถึง ผู้ที่ศึกษาสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา

2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนเสริมวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาดำรงเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเด็นต่อไปนี้

- 2.1 วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009)
- 2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 สถานการณ์จำลอง
- 2.4 โปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.5 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน
- 2.6 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009)

จากการศึกษาหลักสูตรรายวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) ของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ปี พ.ศ. 2538 มีการเรียนการสอนทั้งหมด 15 หน่วยการเรียนรู้ ใช้เวลาเรียนหน่วยละ 3 คาบ (คาบละ 50 นาที) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 2.1.1 คำอธิบายรายวิชา

ปฏิบัติการวัดและการตรวจอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบวงจรเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย เช่น วงจรทรานซิสเตอร์ สวิตช์ วงจรฟลิป-ฟลอป และวงจรขยายเบื้องต้น

##### 2.1.2 จุดประสงค์รายวิชา

เพื่อให้มีทักษะในการวัด ทดสอบ และการใช้งานอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

รายละเอียดเนื้อหาวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) สามารถแยกเป็น หัวข้อได้ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน่วยการเรียนรู้ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1

เรื่องที่	ชื่อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	- ลักษณะสมบัติของไดโอด	3
2	- ลักษณะสมบัติและการใช้งานซีเนอร์ไดโอด	3
3	- ไดโอดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	3
4	- วงจรเรียงกระแส 1 เฟสครึ่งคลื่นและเต็มคลื่น	3
5	- วงจรเรียงกระแสชนิดทวิแรงดัน	3
6	- ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์	3
7	- วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่รักษาแรงดันคงที่	3
8	- วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบรักษาแรงดันคงที่	3
9	- ลักษณะสมบัติของเฟด	3
10	- ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์	3
11	- ลักษณะสมบัติของไดแอก	3
12	- ลักษณะสมบัติของไทรแอก	3
13	- ลักษณะสมบัติและการใช้งานของยู.เจ.ที.	3
14	- ลักษณะสมบัติและการใช้งานของฟัท	3
15	- ลักษณะสมบัติของไดโอดเปล่งแสง	3

จากตารางที่ 2.1 นั้นเป็นเนื้อหาในเรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ทั้งหมด 15 เรื่อง ในการเรียนการสอนตามปกตินั้น ใช้เวลาปฏิบัติ หน่วยการเรียนรู้ละ 3 คาบ (คาบละ 50 นาที) ต่อสัปดาห์ ใช้เวลาเรียนทั้งสิ้น 45 คาบ

ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในเรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทั้งหมด 10 เรื่องจากเนื้อหาทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่นำมาสร้างเป็น  
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เรื่องที่	ชื่อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	- ลักษณะสมบัติของไดโอด	1
2	- ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด	1
3	- ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์	1
4	- ลักษณะสมบัติของเฟต	1
5	- ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์	1
6	- ลักษณะสมบัติของไดแอก	1
7	- ลักษณะสมบัติของไทแรนด	1
8	- ลักษณะสมบัติของยู.เจ.ที.	1
9	- ลักษณะสมบัติของพีท	1
10	- ลักษณะสมบัติของไดโอดเปล่งแสง	1

จากตารางที่ 2.2 นั้นเป็นเนื้อหา ที่นำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่จะต้องศึกษาในส่วนของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ต้องมีการใช้งานเป็นประจำและมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งให้มีหน่วยการเรียนรู้ละ 1 คาบ (คาบละ 30 นาที) ต่อสัปดาห์ ใช้เวลาเรียนทั้งสิ้น 10 คาบ

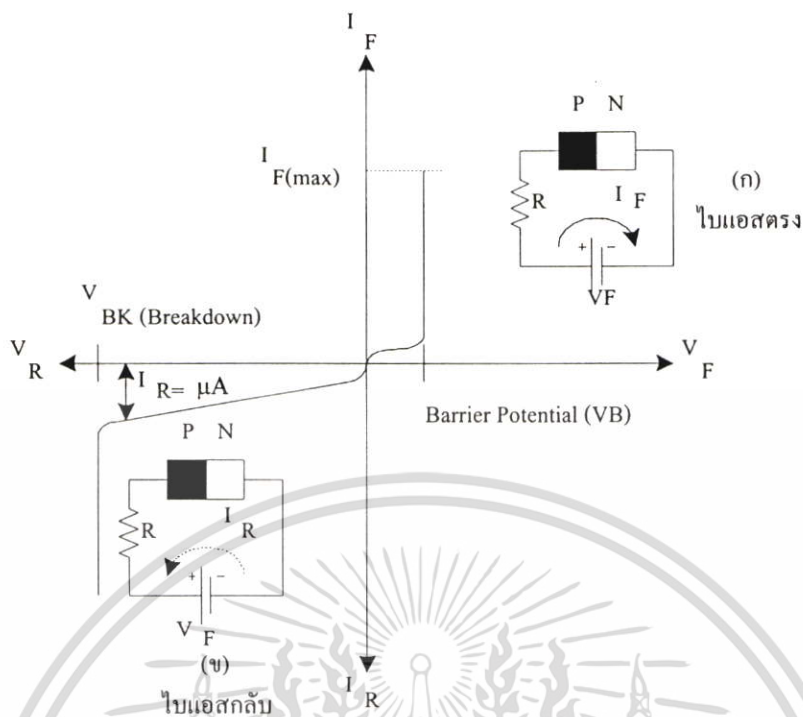
### 2.1.3 เนื้อหาวิชาที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เนื้อหาที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ทั้งหมด 10 เรื่องมีดังต่อไปนี้

#### 1. ลักษณะสมบัติของไดโอด

ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier Diodes) นับว่าเป็นการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชื่อว่า ไดโอด (Diodes) และนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพื่อทำหน้าที่เรียงกระแสไฟสลับเป็นกระแสตรง บางครั้งอาจเรียกไดโอดเรียงกระแสว่า ไดโอดใช้งานทั่วไป (General-purpose Diodes) เพราะสามารถใช้งานด้านอื่นๆ ได้ด้วยการทำงานที่ย่านความถี่ไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 กราฟลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดรอยต่อ

กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอด (Diode Characteristic Curve) สามารถหาได้จากการให้ไบแอสตรงและไบแอสกลับให้กับไดโอดชนิดรอยต่อ (PN Junction Diode) ไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรงจะเกิดกระแสไหลผ่านไดโอดในทิศทางจากรอยต่อที่ (P) ไปยังรอยต่อเอ็น (N) กระแสดังกล่าวเรียกว่ากระแสไบแอสตรง ( $I_F$ , Forward Current) และแรงดันดังกล่าวเรียกว่าแรงดันไบแอสตรงเรียกว่า ( $V_F$ , Forward Voltage) ดังภาพที่ 2.1

เมื่อใช้แรงดันไบแอสตรงกับไดโอดมากกว่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อของไดโอด ( $V_B$ ) จะทำให้ไดโอดนำกระแสได้ โดยมีกระแส  $I_F$  ไหลผ่านไดโอดดังภาพที่ 2.1 และค่า  $I_F$  สูงสุด คือ

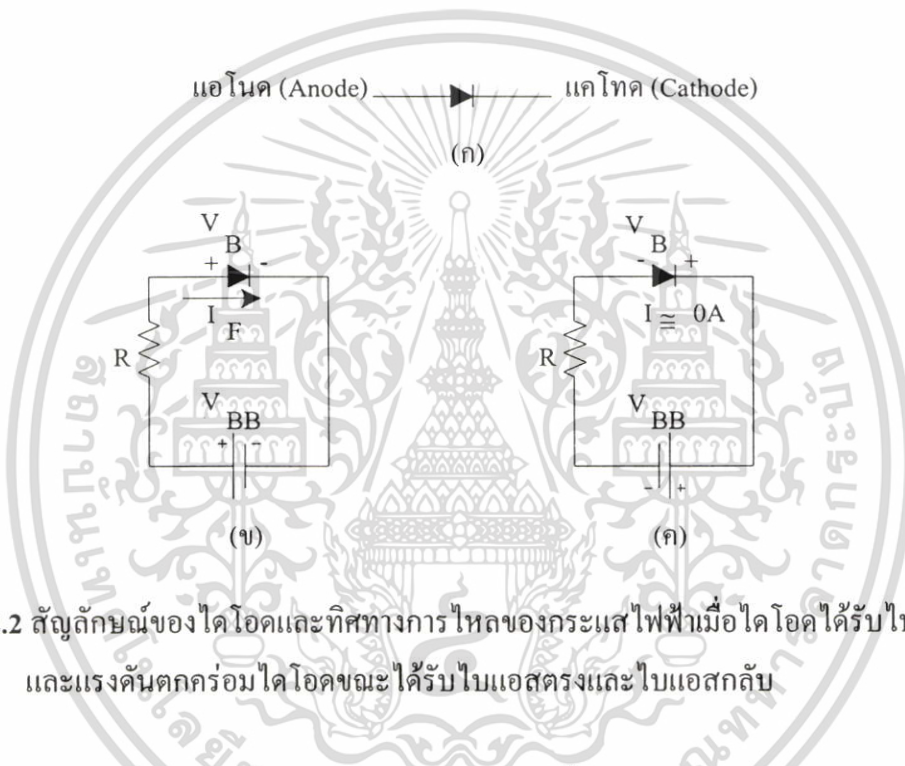
$$I_{F(MAX)} = \frac{V_F - V_B}{R}$$

การต่อตัวต้านทาน R เพื่อกำหนดกระแสสูงสุดที่ผ่านไดโอดไม่ให้เกิดทะลุเสียหายได้จะเห็นว่าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงจะนำกระแสได้ และเมื่อไดโอดนำกระแสจะมีแรงดันตกคร่อมรอยต่อ พี-เอ็น ของไดโอดเท่ากับ  $V_B$  (0.3V หรือ 0.7V) ขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างเป็นไดโอด

เมื่อให้ไบแอสกลับกับไดโอดดังภาพที่ 2.1 (ข) ในขณะที่ให้แรงดันไบแอสกลับ ( $V_R$ ) ให้กับไดโอดจะเกิดกระแสรั่วไหล ( $I_R$ ) ไหลผ่านไดโอดซึ่งกระแสดังกล่าวมีจำนวนน้อยมากเป็นไมโครแอมแปร์ ( $I_R = \mu A$ ) เปรียบได้ว่าขณะที่ไดโอดได้รับไบแอสกลับ ไดโอดไม่มีกระแสไหลผ่าน (ไม่นำกระแส) แต่ถ้าเพิ่มแรงดันไบแอสกลับ ( $V_R$ ) ให้สูงมากขึ้น ซึ่งเรียกว่าแรงดันจุดพังทลาย

(Breakdown Voltage,  $V_{BK}$ ) ไดโอดจะนำกระแสได้ ในสภาวะนี้รอยต่อ พี-เอ็น ของไดโอดจะทะลุ และมีกระแสไหลจำนวนมากผ่านรอยต่อพี-เอ็น ใน การใช้งานทั่วไปจะไม่ยอมให้แรงดันไบแอสกลับกับไดโอดเกินกว่าค่าแรงดันจุดพังทลาย ( $V_{BK}$ ) ของไดโอดเบอร์ นั้น ๆ

**สัญลักษณ์ของไดโอด (Diode Symbol)** สัญลักษณ์ของไดโอดโดยทั่วไป ประกอบด้วย หัวลูกศรเป็นขั้วแอนโนด (Anode) และอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วแคโทด (Cathode) หัวลูกศรนั้นแสดงให้เห็นว่ากระแส (Hole) จะไหลจากขั้วแอนโนดไปสู่ขั้วแคโทด (ไหลจากสารพีไปยังสารเอ็นในสภาวะได้รับไบแอสตรง) ดังภาพที่ 2.2 (ก)



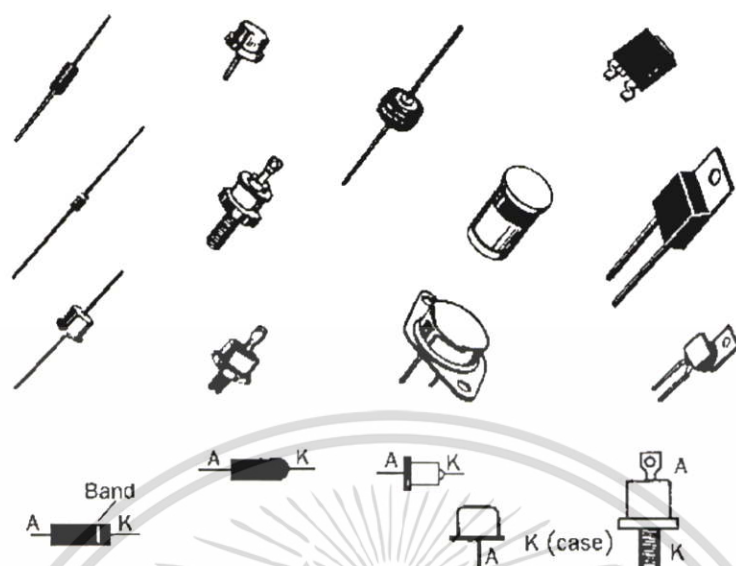
ภาพที่ 2.2 สัญลักษณ์ของไดโอดและทิศทางกระแสไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับไบแอสตรงและไบแอสกลับ

จากภาพที่ 2.2 (ข) เมื่อได้รับไบแอสตรงโดยต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ( $V_{BB}$ ) กับขั้วแอนโนดและต่อขั้วลบกับขั้วแคโทด จะเกิดกระแส ( $I_F$ ) ไหลผ่านไดโอดได้ และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับ  $V_B$  (0.3V หรือ 0.7V)

จากภาพที่ 2.2 (ค) เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับโดยการต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ( $V_{BB}$ ) กับขั้วแคโทดและต่อขั้วลบกับขั้วแอนโนด จะเกิดกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดซึ่งมีจำนวนน้อยมากอาจจะทิ้งได้ ดังนั้นประมาณว่าไม่มีกระแสไหลผ่าน ( $I \cong 0A$ ) และแรงดันตกคร่อมไดโอดจะเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่าย ( $V_{BB}$ )

เนื่องจากไดโอดมีหลายขนาดและหลายชนิด ดังนั้นจึงพบไดโอดภาพร่างภายนอกที่แตกต่างกันมากมาย ดังแสดงในภาพที่ 2.3

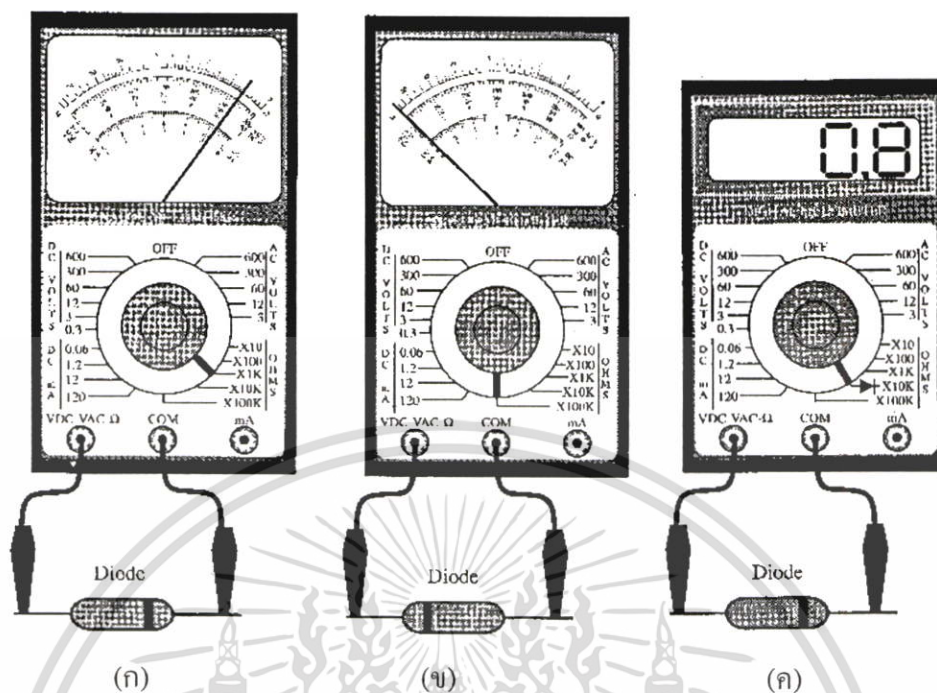
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะภายนอกและการจัดวางของแอด โนด และแคโทดของไดโอดแบบต่าง ๆ

**การทดสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์ (Testing The Diode-with a Multimeter)** การตรวจหาขั้วของไดโอด หรือการตรวจสอบว่าไดโอดนั้นใช้งานได้หรือไม่ ทำได้อย่างง่ายโดยใช้มัลติมิเตอร์ เนื่องจากไดโอดนั้นเมื่อได้รับไบแอสกลับจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดจำนวนหนึ่ง ( $I_F$ ) แสดงว่าความต้านทานของไดโอดมีค่าต่ำ (โดยทั่วไปค่าความต้านทานนี้เรียกว่า ความต้านทานด้านไบแอสตรง ( $R_F$ ) ปกติมีค่า 100  $\Omega$  หรือน้อยกว่า) แต่เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับจะไม่มีกระแสไหลเหมือนกับความต้านทานของไดโอดมีค่าสูงมาก (โดยทั่วไปค่าความต้านทานของไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับ ( $R_R$ ) จะมีค่าระหว่าง 100  $k\Omega$  ถึง  $M\Omega$ )

**การทดสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์แบบเข็ม (Analog Multimeter)** ทำได้โดยตั้งย่านวัดความต้านทานในย่าน  $R \times 1 \text{ k}\Omega$  เพื่อวัดความต้านทานด้านไบแอสตรง โดยต่อขั้วบวกของมิเตอร์เข้ากับแอด โนด และต่อขั้วลบของมิเตอร์เข้ากับแคโทด ดังภาพที่ 2.4 (ก) จะเห็นว่าเข็มมิเตอร์ชี้ไปย่านความต้านทานต่ำกว่า 100  $\Omega$  แสดงว่าไดโอดได้รับไบแอสตรง และให้ปรับย่านวัดไปย่าน  $R \times 100 \text{ k}\Omega$  เพื่อวัดความต้านทานไบแอสกลับของไดโอด โดยต่อขั้วมิเตอร์กลับจากเดิม คือ ต่อขั้วบวกของมิเตอร์เข้ากับแคโทด และต่อขั้วลบของมิเตอร์เข้ากับแอด โนด เข็มมิเตอร์จะชี้ที่ค่าความต้านทานสูงมากหรือค่าอนันต์ (Infinity,  $\infty$ ) ดังภาพที่ 2.4 (ข)

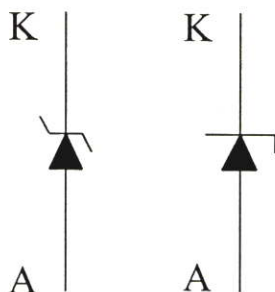


ภาพที่ 2.4 การตรวจสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์

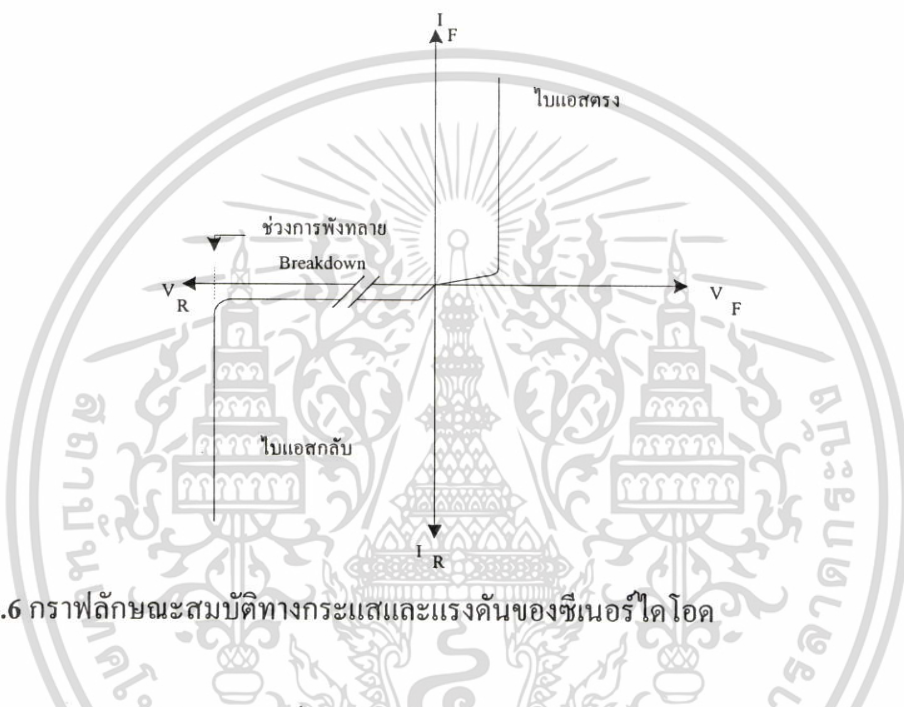
การทดสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล แสดงในภาพที่ 2.4 (ก) ให้ตั้งย่านวัดความต้านทาน  $R \times 10 \text{ k}\Omega$  หรือต่ำกว่าและวัดขั้วทั้งสองของไดโอดด้วยไบแอสตรง คือขั้วลบของมิเตอร์ต่อกับแคโทดและขั้วบวกของมิเตอร์ต่อกับแอนโนด มิเตอร์จะแสดงค่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อของแอนโนด ( $V_D$ ) จากตัวอย่างภาพที่ 2.4 (ก) คือ  $0.8 \text{ V}$  เป็นต้น

## 2. ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่สร้างให้มีความต่างศักย์ต่างจากไดโอดเรียงกระแสทั่วไป กล่าวคือ เมื่อให้ไบแอสตรงกับซีเนอร์ไดโอด การทำงานจะเหมือนกับไดโอดเรียงกระแส คือนำกระแสได้และมีแรงดันตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดขณะได้รับไบแอสตรงเท่ากับ  $V_D$  แต่เมื่อซีเนอร์ไดโอดได้รับไบแอสกลับถึงค่าแรงดันที่กำหนด (กำหนดค่าแรงดันขึ้นในกระบวนการสร้างซีเนอร์ไดโอด เช่น  $2.2 \text{ V}$ ,  $5.1 \text{ V}$ ,  $6 \text{ V}$ ,  $10 \text{ V}$ ,  $12 \text{ V}$  เป็นต้น) ซีเนอร์ไดโอดจะนำกระแสได้และจะเกิดแรงดันตกคร่อมตัวเองคงที่เท่ากับค่าที่แรงดันที่กำหนดจากบริษัทผู้ผลิต สัญลักษณ์และกราฟลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด แสดงในภาพที่ 2.5 และ 2.6



ภาพที่ 2.5 สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด



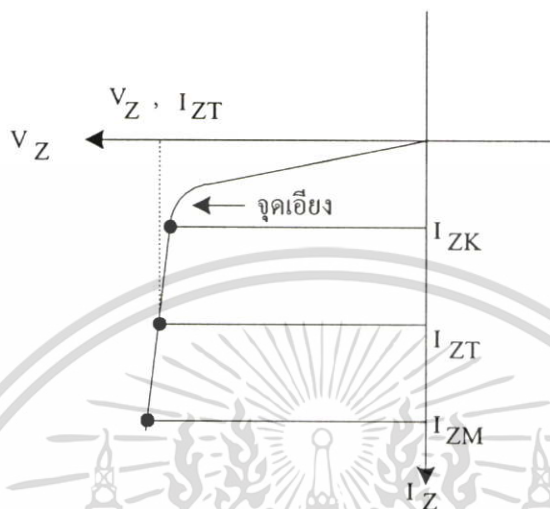
ภาพที่ 2.6 กราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของซีเนอร์ไดโอด

การพังทลายของซีเนอร์ไดโอด (Zener Breakdown) การพังทลายของ ไดโอดแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ การพังทลายแบบอะวาลานซ์ (Avalanche) เมื่อ ไดโอดได้รับ ไบแอสกลับแรงดันสูงมากทำให้มีกระแสไหลย้อนกลับผ่าน ไดโอดจำนวนมากทำให้รอยต่อของ ไดโอดทะลุและใช้งานไม่ได้ การพังทลายอีกแบบหนึ่ง คือ การพังทลายแบบซีเนอร์ เป็นการพังทลายที่เกิดขึ้นกับแรงดันไบแอส กลับค่าต่ำๆ ซึ่งกำหนดได้จากการโคปสารกึ่งตัวนำที่ใช้สร้างเป็นซีเนอร์ไดโอด การพังทลายแบบ ซีเนอร์นี้จะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดจำนวนหนึ่ง ซึ่งต้องรักษาไม่ให้เกิดค่าพิกัดสูงสุด และจะเกิดสภาวะที่แรงดันตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดมีค่าคงที่ เรียกว่า แรงดันซีเนอร์ (Zener Voltage,  $V_Z$ ) คุณสมบัติข้อนี้สามารถนำซีเนอร์ไดโอดไปสร้างเป็นวงจรควบคุมแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่าแรงดันคงที่ได้ (Zener Regulated Power Supply) ซีเนอร์ไดโอดที่มีอยู่ในท้องตลาดมีขนาดแรงดันซีเนอร์ตั้งแต่ 1.8 V ถึง 200 V

**คุณลักษณะของการพังทลาย (Breakdown Characteristics)** พิจารณาจากกราฟลักษณะสมบัติ โดยเฉพาะการพังทลายของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับดังภาพที่ 2.7 เมื่อเพิ่มแรงดันไบแอสกลับจนถึงค่าแรงดันซีเนอร์ ( $V_Z$ ) จะเกิดกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดมากขึ้น ที่จุดเอียงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทเอกชน การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย บริษัท ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟ (Knee Point) จะมีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเท่ากับ  $I_{ZK}$  และถ้าซีเนอร์ไดโอดได้รับแรงดันสูงขึ้นอีก กระแสจะเพิ่มขึ้นแต่แรงดันซีเนอร์ ( $V_Z$ ) จะคงที่ แต่ถ้าเพิ่มกระแสเกินกว่าค่ากระแสซีเนอร์สูงสุด ( $I_{ZM}$ ) แรงดันซีเนอร์ ( $V_Z$ ) จะไม่คงที่

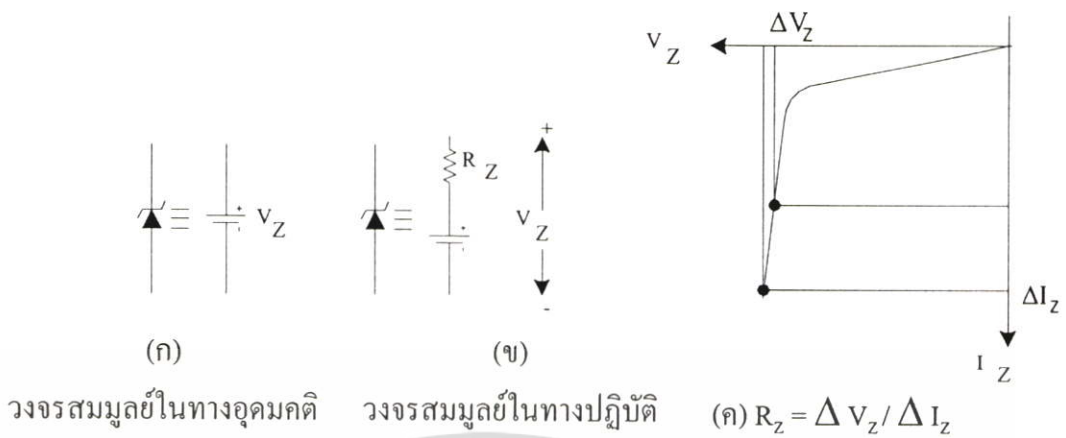


ภาพที่ 2.7 กราฟลักษณะสมบัติของกระแสและแรงดันของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไบแอสกลับ

ดังนั้นการนำซีเนอร์ไดโอดไปใช้ในการควบคุมให้แรงดันไฟตรงคงที่โดยใช้ค่าแรงดันซีเนอร์นั้น จึงต้องออกแบบวงจรควบคุมให้มีกระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดย่านระหว่างค่ากระแส  $I_{ZK}$  ถึงค่า  $I_{ZM}$  สำหรับกระแส  $I_{ZT}$  หมายถึง ค่ากระแสทดสอบที่แรงดันซีเนอร์ (Zener Test Current) ซึ่งเป็นค่ากระแสที่พิกัดของแรงดันซีเนอร์ตามค่าที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ใน Data Sheet

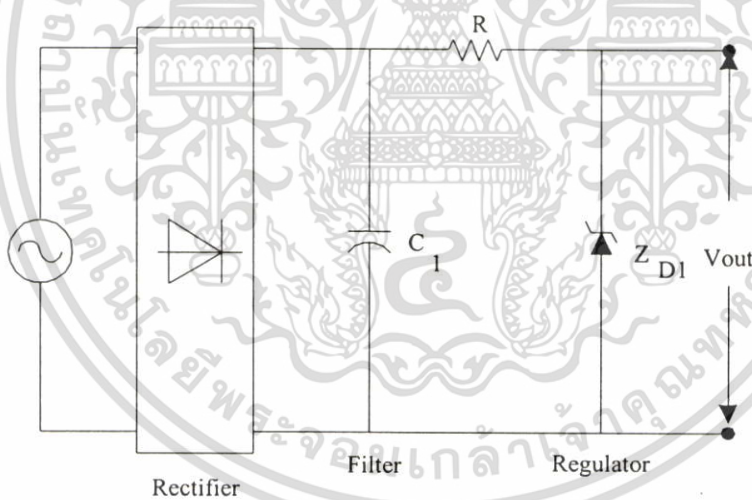
วงจรสมมูลย์ของซีเนอร์ไดโอด เนื่องจากซีเนอร์ไดโอดมีคุณสมบัติจ่ายแรงดันคงที่เมื่อได้รับไบแอสกลับนั้นในทางอุดมคติ (Ideal) ซีเนอร์ไดโอดจึงมีวงจรเทียบเท่าหรือวงจรสมมูลย์เป็นแบตเตอรี่มีขนาดแรงดันไฟตรงเท่ากับ  $V_Z$  อยู่ที่แคโทดและขั้วลบของ  $V_Z$  อยู่ที่แอนโอดดังภาพที่ 2.8 (ก) แต่ในทางปฏิบัติจะมีค่าความต้านทานภายในรอยต่อของซีเนอร์ไดโอดอยู่ด้วย ( $R_Z$ ) ดังนั้นวงจรสมมูลย์ของซีเนอร์ไดโอดในทางปฏิบัติจึงเป็นดังภาพที่ 2.8 (ข) ซึ่งค่าความต้านทานของซีเนอร์ไดโอด ( $R_Z$ ) นี้มีค่าเท่ากับสมการต่อไปนี้

$$R_Z = \Delta V_Z / \Delta I_Z$$



ภาพที่ 2.8 วงจรสมมุติของซีเนอร์ไดโอดและการหาค่าความต้านทานภายในของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอดถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในวงจรรักษาแรงดันไฟตรงให้คงที่ (DC Voltage Regulator) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยทั่วไปซีเนอร์ไดโอดที่ผลิตขึ้นในการค้าจะมีค่าแรงดันซีเนอร์ให้เลือกใช้อยู่ระหว่าง 2.4 โวลต์ จนถึง 200 โวลต์

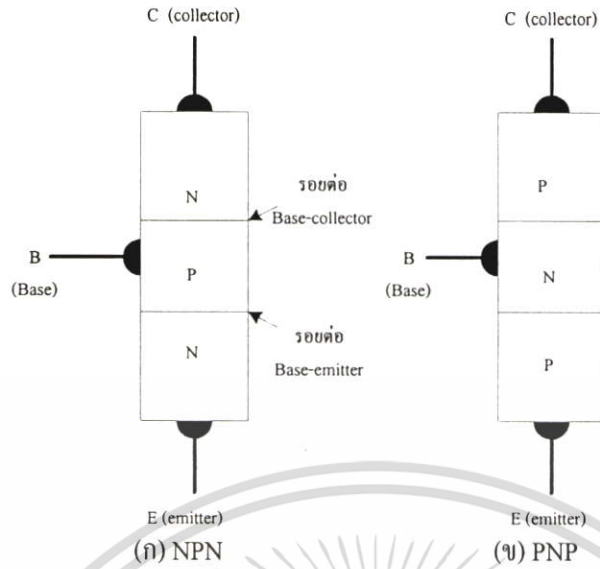


ภาพที่ 2.9 วงจร Zener Diode Voltage Regulator

3. ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์

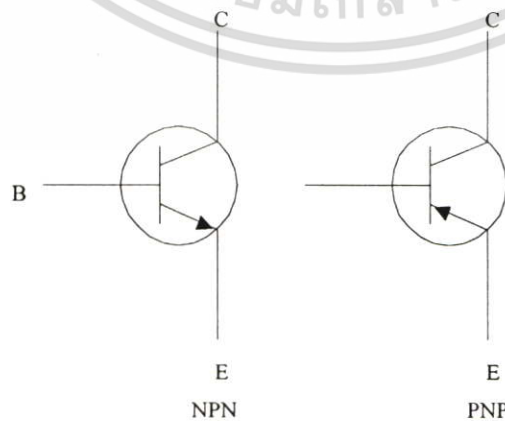
โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT นี้ย่อมาจากคำว่า (Bipolar Junction Transistor) ประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นต่อกัน โดยการเติมสารเจือปน (Doping) จำนวน 3 ชั้น ทำให้เกิดรอยต่อ (Junction) ขึ้นจำนวน 2 รอยต่อ การสร้างทรานซิสเตอร์จึงสร้างได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีสารชนิดเอ็น 2 ชั้น หรือเรียกว่าชนิด NPN แสดงในภาพที่ 2.10 (ก) และชนิด PNP แสดงในภาพที่ 2.10 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2.10 จะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้นแต่ละชั้นจะต่อลวดตัวนำจากเนื้อสารกึ่งตัวนำไปใช้งาน ชั้นที่เล็กที่สุด (บางที่สุด) เรียกว่าเบส (Base) ใช้ตัวอักษรย่อ B สำหรับสารกึ่งตัวนำชั้นที่เหลือคือคอลเลกเตอร์ (Collector หรือ C) และอิมิตเตอร์ (Emitter หรือ E) นั่นคือทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และชนิด PNP จะมี 3 ขา คือขาเบส ขาคอลเลกเตอร์และขาอิมิตเตอร์ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมเขียนทรานซิสเตอร์แทนสัญลักษณ์ ดังแสดงในภาพที่ 2.11 การสังเกตขาของทรานซิสเตอร์นั้นจะบอกชนิดของทรานซิสเตอร์ได้ ดูที่ขาอิมิตเตอร์ ถ้าหัวลูกศรชี้ออกจะเป็นสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แต่ถ้าหัวลูกศรของขา E ตรงกันข้ามจะเป็นทรานซิสเตอร์ PNP หัวลูกศรนั้นจะแสดงทิศทางกระแสไหลของกระแสในรอยต่อทรานซิสเตอร์

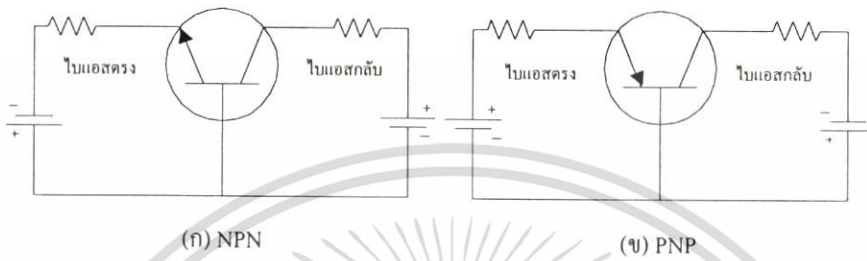


ภาพที่ 2.11 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานเบื้องต้นของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และชนิด PNP เมื่อนำไปใช้งานไม่ว่าจะใช้วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) หรือทำงานเป็นสวิตช์ จะต้องทำการไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ โดยใช้หลักการไบแอสดังนี้

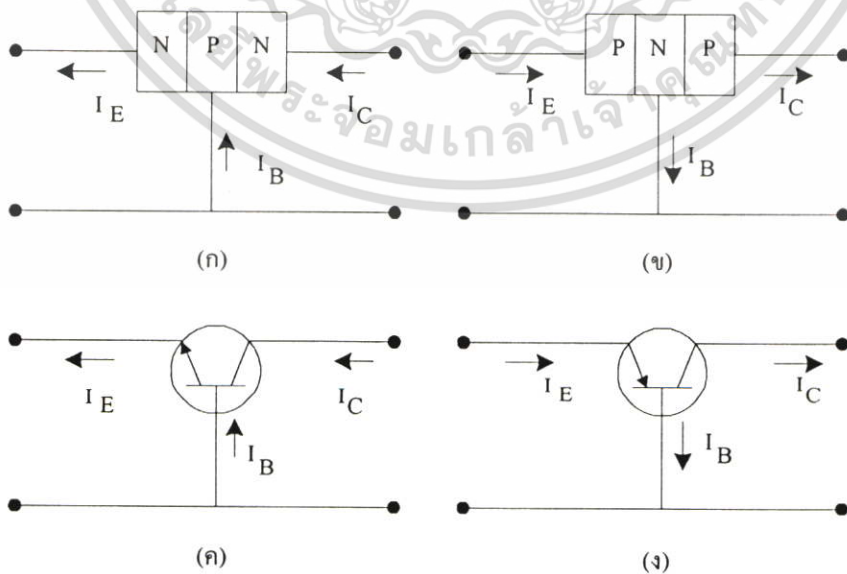
1. ไบแอสตรงให้กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส
2. ไบแอสกลับให้กับรอยต่อระหว่างคอลเลกเตอร์กับเบส ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 การไบแอสทรานซิสเตอร์

พิจารณาการไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ดังภาพที่ 2.12 (ก) จะเห็นว่าทำการไบแอสตรงให้กับรอยต่ออิมิตเตอร์-เบส โดยให้ศักยบวกกับเบส (เพราะเบสเป็น P) และให้ศักยลบกับอิมิตเตอร์ (เพราะอิมิตเตอร์เป็น N) เช่นเดียวกันต้องให้ไบแอสกลับกับรอยต่อคอลเลกเตอร์-เบส โดยให้ศักยบวกกับคอลเลกเตอร์ (เพราะคอลเลกเตอร์เป็น N) และให้ศักยลบกับเบส (เพราะเบสเป็น P) นี่คือการไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ถูกต้องตามเงื่อนไข 2 ข้อที่กำหนดไว้

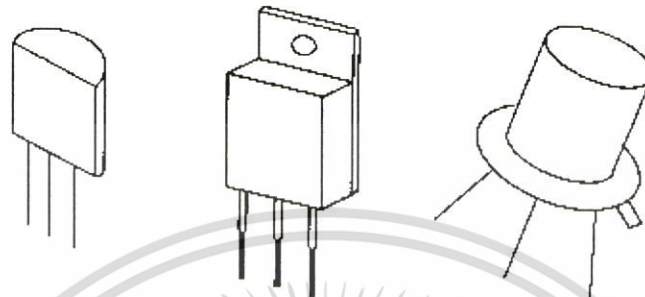
การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ก็กระทำเช่นเดียวกันดังภาพที่ 2.12 (ข) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เมื่อได้รับไบแอสที่ถูกต้องแล้วจะเกิดกระแสเบส ( $I_B$ ) กระแสคอลเลกเตอร์ ( $I_C$ ) และกระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) ไหลผ่านรอยต่อ ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 โมเดลของทรานซิสเตอร์ NPN และ PNP และทิศทางของกระแส  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารจากการไบแอสที่ถูกต้องใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในวงจรรขยายสัญญาณ (Amplifier) และวงจรถิวิตซ์ (Switching) ทรานซิสเตอร์มีหลายขนาดและมีบรรจุภัณฑ์ในหลาย ๆ ภาพแบบที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.14

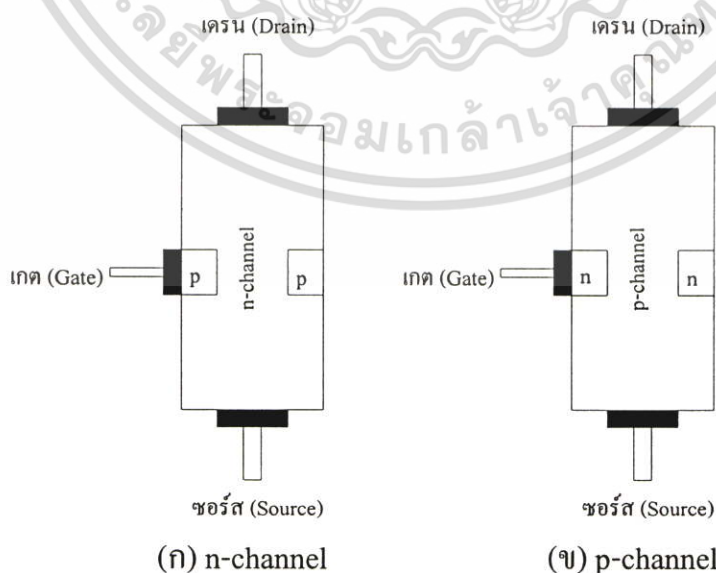


ภาพที่ 2.14 ลักษณะภายนอกของทรานซิสเตอร์แบบต่างๆ

4. ลักษณะสมบัติของเฟต

- ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าชนิดรอยต่อ, เจเฟต

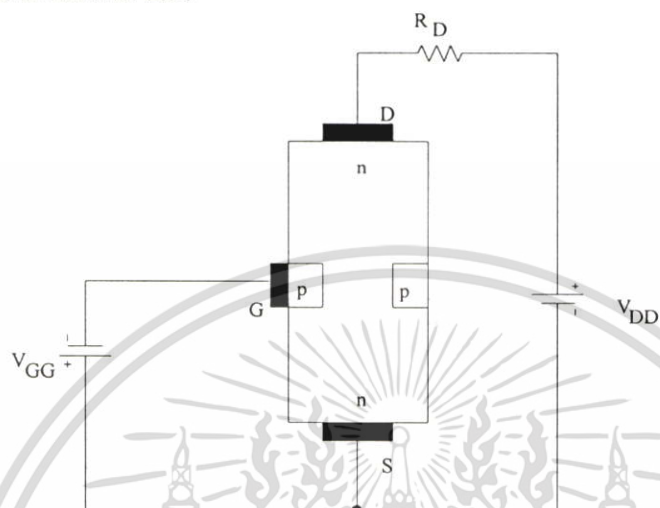
เจเฟตเมื่อพิจารณาตามโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.15 จะพบว่าเจเฟตมี 2 ชนิด คือ เจเฟต n-แชนเนล (n-channel) ดังภาพ (ก) และ p-แชนเนล (p-channel) ดังภาพ (ข) เจเฟตนั้นมี 3 ขา คือ ขาเดรน (Drain, D) ขากเกต (Gate) ขาซอร์ส (Source, S) เจเฟตชนิด n-channel ขึ้นสาร n จะต่อขาเดรนและขาซอร์ส สำหรับขากเกตจะเป็นชั้นสารชนิด p ดังภาพ (ก) ส่วน เจเฟตชนิด p-channel นั้นขาเดรนและขาซอร์สจะเป็นชั้นสารชนิด p แต่ขากเกตจะเป็นชนิด n



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างของเจเฟตชนิด n-channel และชนิด p-channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเจฟเฟต จะทำงานได้โดยป้อนแรงดันไบแอสที่เดรน และซอร์สโดยแหล่งจ่ายให้ขั้วบวกกับเดรนและขั้วลบกับซอร์ส สำหรับเกตของเจฟเฟตจะให้ไบแอสกลับ โดยเจฟเฟตชนิด n-channel จะมีเกตเป็น p ดังนั้นแรงดันไบแอสที่เกต  $V_{GG}$  ต้องให้ขั้วลบกับเกตและขั้วบวกกับซอร์สดังภาพที่ 2.16



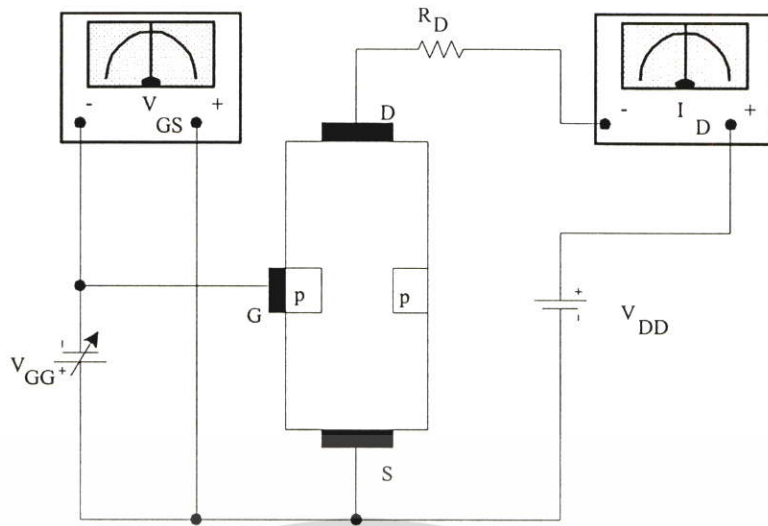
ภาพที่ 2.16 การไบแอสเจฟเฟต n-channel

การทำงานของเจฟเฟตนั้นเมื่อให้ไบแอสกลับที่เกต ( $V_{GS} = V_{GG}$ ) ดังภาพที่ 2.17 (ก) จะเกิดสนามไฟฟ้าที่รอยต่อพี-เอ็นจำนวนหนึ่งทำให้ช่องทางเดินของกระแสในสาร n (n-channel) ระหว่างเดรนกับซอร์สแคบลง กระแสเดรน ( $I_D$ ) จะไหลจากเดรนไปสู่ซอร์สได้จำนวนหนึ่ง

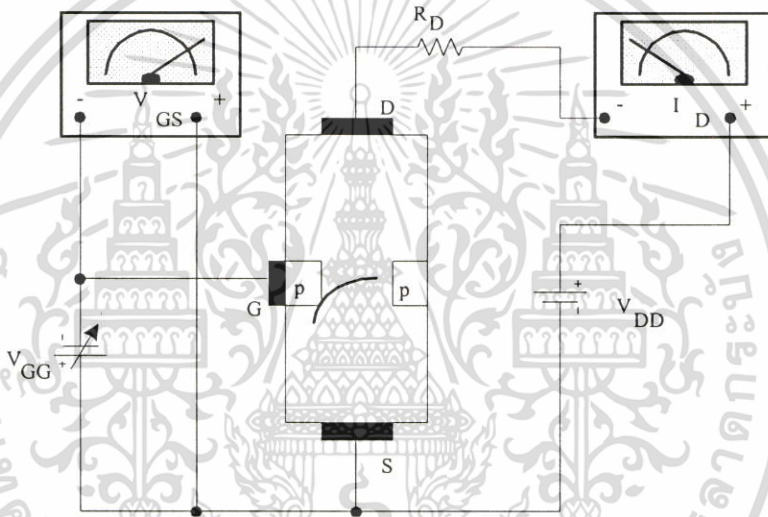
ถ้าปรับค่าแรงดัน  $V_{GS}$  ให้มีค่าไบแอสกลับมานี้ ผลคือสนามไฟฟ้าที่รอยต่อจะมีปริมาณมากขึ้นทำให้ช่องทางเดินกระแสแคบลง เป็นผลให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) มีปริมาณลดลง ดังภาพที่ 2.17 (ข)

แต่ถ้าปรับค่าแรงดัน  $V$  ให้มีค่าไบแอสน้อยลง จะทำให้ช่องทางเดินของกระแสระหว่างเดรนกับซอร์สมีขนาดกว้างขึ้น ทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้มากขึ้น ดังภาพที่ 2.17 (ค)

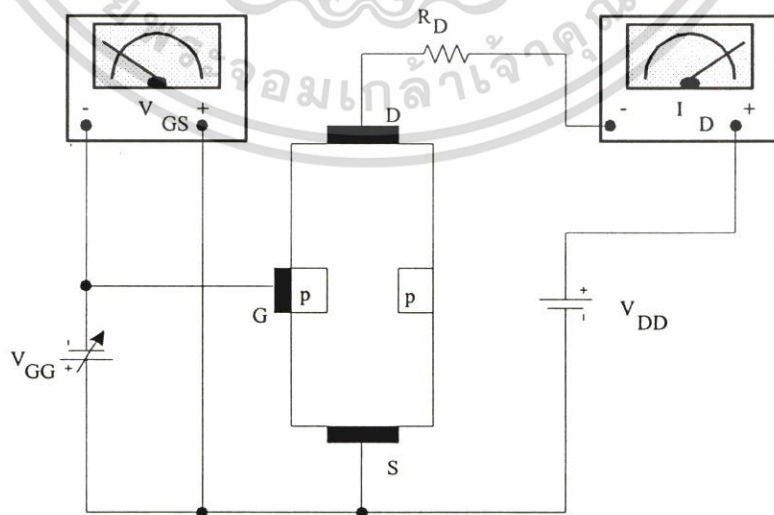
แสดงว่าสามารถควบคุมปริมาณกระแสเดรน ( $I_D$ ) ที่ไหลผ่านเจฟเฟตได้ โดยการควบคุมแรงดันไบแอสกลับที่เกตของเจฟเฟต



(ก)  $V_{GS}$  การให้ไบแอสกับ JFET



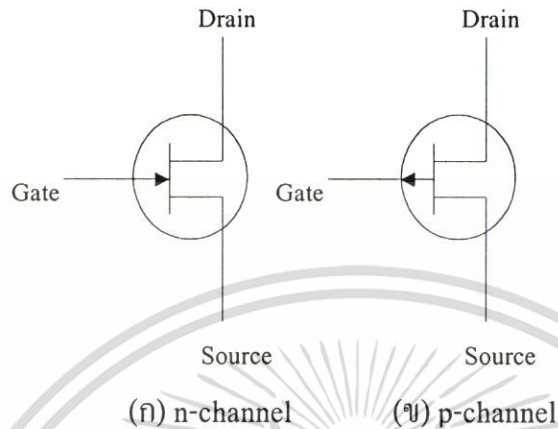
(ข)  $V_{GS}$  มากขึ้นทำให้ช่องทางเดินกระแส  $I_D$  แคบลง



(ค)  $V_{GS}$  น้อยลงเกิดช่องทางให้  $I_D$  ไหลผ่านได้ง่าย

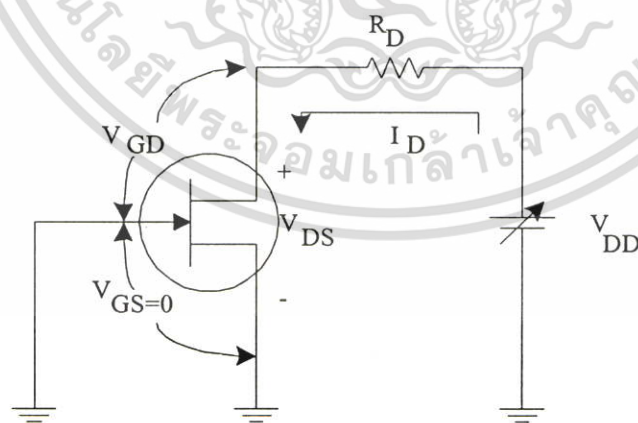
เอกสารภาพที่ 2.17 การใช้แรงดันไบแอสกลับที่เกต ( $V_{GS}$ ) ควบคุมการไหลของกระแสทรานซิสเตอร์ (ไอ) โยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สัญลักษณ์ของเจเฟต (JFET Symbols)** สัญลักษณ์ของเจเฟตชนิด n-channel และชนิด p-channel แสดงในภาพที่ 2.18 สังเกตได้ว่าชนิด n-channel นั้นหัวลูกศรที่ขาเกตจะพุ่งเข้า แต่ชนิด p-channel หัวลูกศรที่ขาเกตจะพุ่งออก



ภาพที่ 2.18 สัญลักษณ์ของเจเฟต

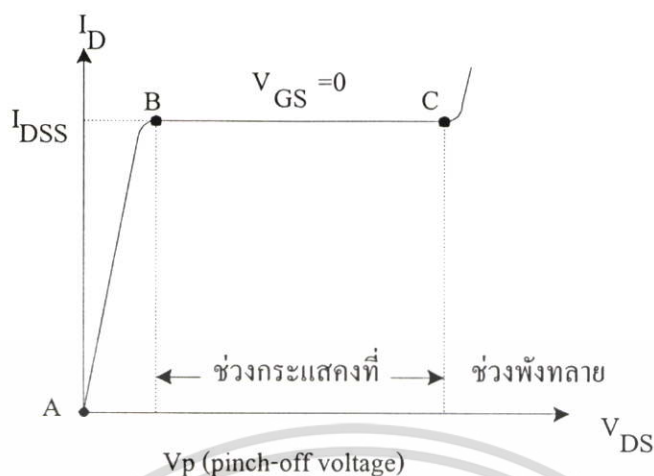
**ลักษณะสมบัติของเจเฟต** เพื่อศึกษาลักษณะสมบัติของเจเฟต ให้พิจารณาภาพที่ 2.19 (ก) เพื่อไบแอสเจเฟตโดยต่อขั้วบวกของ  $V_{DD}$  เข้าที่เดรน และต่อแรงดันที่เกิดของเจเฟตให้มีค่า 0 โวลต์ ( $V_{GS} = 0$  V) จะมีกระแสไหลผ่านเจเฟตคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่ากระแส  $I_{DSS}$  (Drain to Source Current with Gate Shorted) ดังภาพที่ 2.19 (ข) ในย่านระหว่างจุด B และ C ของกราฟในภาพ (ข) นี้ถ้าปรับค่าแรงดัน  $V_{DD}$  เพื่อให้  $V_{DS}$  เปลี่ยนแปลงไป กระแส  $I_D$  ที่ไหลผ่านเดรนของเจเฟตจะคงที่ เราจึงเรียกการทำงานในย่าน BC นี้ว่า ย่านกระแสคงที่ (Constant Current Region)



(ก) เมื่อ  $V_{GS} = 0$  V  $V_{DS}$  จะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับ  $V_{DD}$

ภาพที่ 2.19 ลักษณะสมบัติของเดรนของเจเฟตเมื่อ  $V_{GS} = 0$  V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

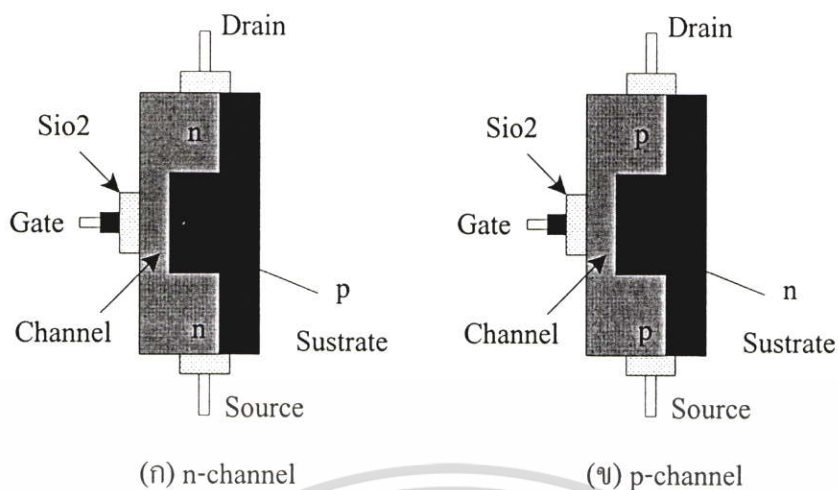
ภาพที่ 2.19 (ต่อ)

#### - เฟตชนิดออกไซด์ของโลหะ (มอสเฟต)

มอสเฟตแตกต่างจากเจเฟตที่โครงสร้างภายในของเจเฟตนั้น ระหว่างเกิดกับช่องทางเดินกระแส (Channel) มีโครงสร้างเป็นรอยต่อ พี-เอ็น แต่มอสเฟตนั้นระหว่างเกิดกับช่องทางเดินกระแสมีโครงสร้างเป็นชั้น (Layer) ของซิลิคอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) มอสเฟตมี 2 ชนิด คือ มอสเฟตดีพลีทชัน (Depletion, D) และมอสเฟตชนิดเอนแฮนซ์เมนต์ (Enhancement, E)

มอสเฟตชนิดดีพลีทชัน (Depletion MOSFET, D-MOSFET) ภาพที่ 2.20 คือ โครงสร้างพื้นฐานของดีมอสเฟต ถ้าเป็นชนิด n-channel ช่องทางเดินกระแสระหว่างเกรนและซอร์สจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด n และมีวัสดุฐานรอง (Substrate) เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้าม (p) ดังภาพที่ 2.20 (ก) สำหรับ D-MOSFET ชนิด p-channel จะมีช่องทางเดินกระแสระหว่างเกรนและซอร์สเป็นสารชนิด p และมีวัสดุฐานรองเป็นสารชนิด n ดังภาพที่ 2.20 (ข) และมีเกิดคิอยู่ระหว่างช่องทางเดินกระแสโดยมีซิลิคอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) เป็นฉนวนกั้นระหว่างเกิดกับช่องทางเดินกระแส

เนื่องจากดีมอสเฟตทำงานได้ในสองลักษณะ คือ ดีพลีทชัน โหมด (Depletion Mode) ด้วยการควบคุมกระแสเกรนด้วยแรงดันเกตที่เป็นลบ (Negative Gate Voltage) และเอนแฮนซ์เมนต์ โหมด (Enhancement Mode) โดยการใช้แรงดันเกตที่เป็นบวก (Positive Gate Voltage) ควบคุมการไหลของกระแสเกรน

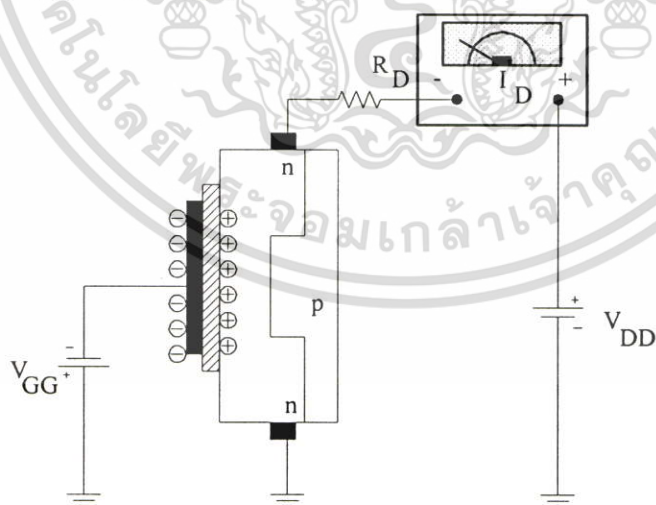


(ก) n-channel

(ข) p-channel

ภาพที่ 2.20 โครงสร้างพื้นฐานของ D-MOSFET

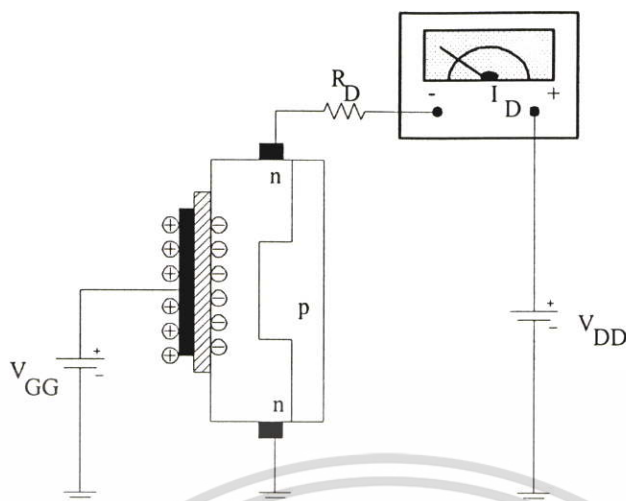
ดีฟลิทชันโหมด (Depletion Mode) ทำงานด้วยหลักการของคุณสมบัติตัวเก็บประจุเนื่อง จากเกตของคิมอสเฟตเป็นโลหะและมีฉนวน (ซิลิคอน ไดออกไซด์) กั้นกลางระหว่างเพลตของเกต กับแขนแนลของคิมอสเฟต ดังภาพที่ 2.21 (ก) เพื่อให้แรงดันเกตเป็นลบ ( $-V_{GG}$ ) จะเกิดประจุลบที่ เกตและประจุบวกที่แขนแนลภายในตัว คิมอสเฟตประจุบวกนี้จะทำให้ทางเดินของกระแสใน แขนแนลระหว่างเดรนกับซอร์สแคบลง ทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้น้อย แต่ถ้าให้  $V_{GG} = 0V$  กระแสเดรนจะไหลได้สูงสุด ดังนั้นจึงสามารถควบคุมกระแสเดรน ( $I_D$ ) ได้ด้วยค่าแรงดันที่เกต ระหว่างค่าของ  $V_{GG}$  เท่ากับ  $V_{GS(off)}$  จนถึงศูนย์โวลต์



(ก) ดีฟลิทชัน โหมด (Depletion Mode)

ภาพที่ 2.21 การทำงานของคิมอสเฟตชนิด n-channel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

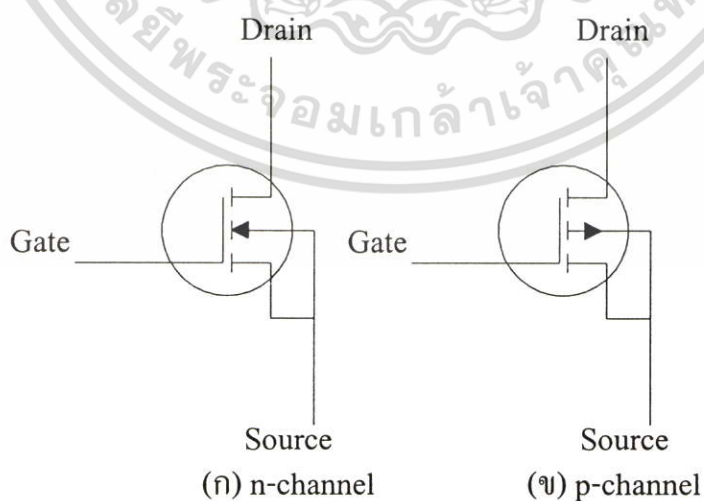


(ข) เอนแฮนซ์เมนต์โหมด (Enhancement Mode)

ภาพที่ 2.21 (ต่อ)

เอนแฮนซ์เมนต์โหมด (Enhancement Mode) คือการไบแอสเกตของดีมอสเฟตด้วยแรงดันบวก ดังแสดงในภาพที่ 2.21 (ข) จะเห็นว่าที่เกตของดีมอสเฟตจะได้รับประจุบวกจากแหล่งจ่าย  $V_{GG}$  ทำให้ในแกนเนลของดีมอสเฟตเป็นประจุลบ ทำให้ช่องทางเดินกระแสระหว่างเดรนกับซอร์สไม่มีประจุชนิดตรงข้ามกับแกนเนล คอยบีบแกนเนลให้แคบลง ทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้จำนวนมากและถ้าให้  $V_{GG} = 0V$  จะทำให้กระแสเดรน ( $I_D$ ) ไหลได้น้อยลง เพราะประจุลบในแกนเนลมีค่าลดลงเป็นศูนย์

สัญลักษณ์ของดีมอสเฟตทั้งชนิด n-channel และชนิด p-channel แสดงในภาพที่ 2.22



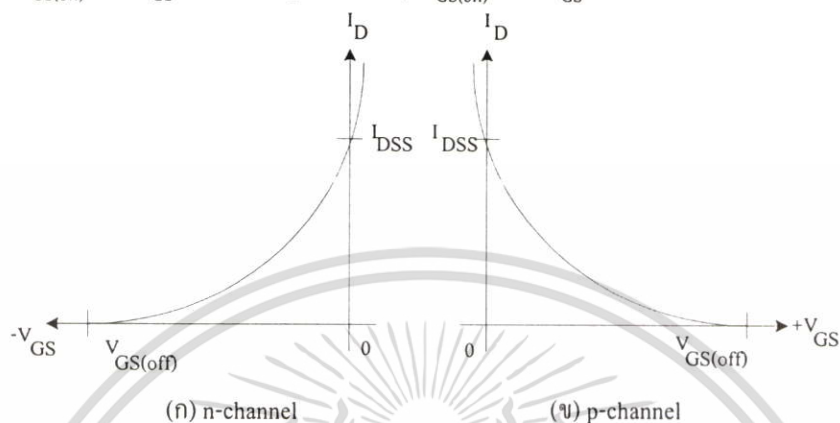
(ก) n-channel

(ข) p-channel

ภาพที่ 2.22 สัญลักษณ์ของดีมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

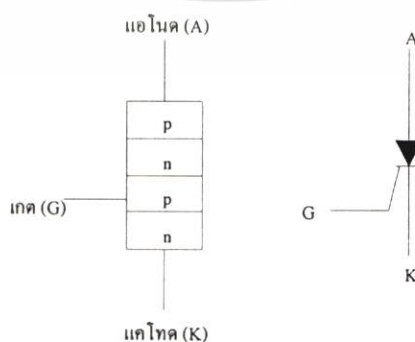
**คุณลักษณะการถ่ายโอนของดีมอสเฟต (D-MOSFET Transfer Characteristic) กราฟ**  
 คุณลักษณะการถ่ายโอนของดีมอสเฟตชนิด n-channel และชนิด p-channel แสดงในภาพที่ 2.23 (ก),  
 (ข) ที่จุด  $V_{GS} = 0V$  ของกราฟจะได้ค่าของ  $I_D = I_{DSS}$  และเมื่อ  $I_D = 0$  จะได้  $V_{GS(off)}$  จะเห็นว่ากรณี  
 n-channel,  $V_{GS(off)} = -V_{GS}$  และกรณี p-channel,  $V_{GS(off)} = +V_{GS}$  ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 กราฟคุณลักษณะการถ่ายโอนของดีมอสเฟตทั้ง 2 ชนิด

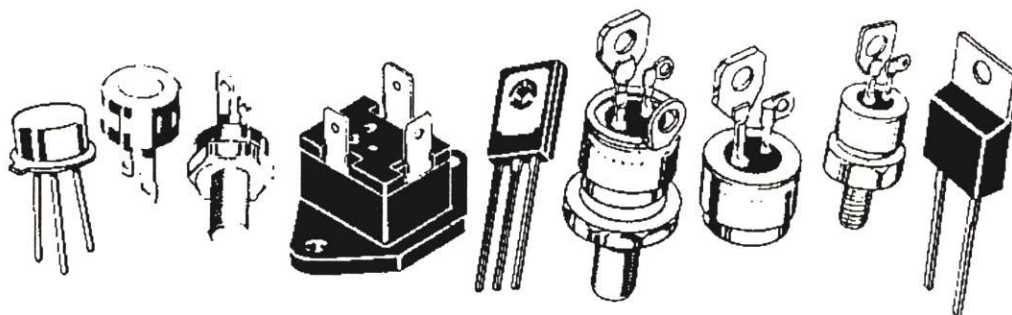
### 5. ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์.

เอส.ซี.อาร์. (The Silicon Controlled Rectifier, SCR) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มี 3 รอยต่อ มีขั้ว 3 ขั้วคือ แอนโอด (A), แคโทด (K) และเกต (G) เอส.ซี.อาร์. นั้นจะนำกระแสได้เมื่อมีการกระตุ้นกระแสที่เกต ( $I_G$ ) โดยจ่ายแรงดันบวกที่เกตให้มีกระแสไหลเข้าสู่ขั้วเกตของ เอส.ซี.อาร์. จะทำให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแสได้ เกิดกระแสไหลผ่านระหว่างขั้วแอนโอดสู่ขั้วแคโทดของ เอส.ซี.อาร์. โครงสร้างภายในของ เอส.ซี.อาร์. แสดงในภาพที่ 2.24 (ก) สัญลักษณ์ของ เอส.ซี.อาร์. แสดงในภาพที่ 2.24 (ข) และลักษณะภายนอกของ เอส.ซี.อาร์. แสดงในภาพที่ 2.24 (ค) เนื่องจาก เอส.ซี.อาร์. เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำไปใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้า เช่น ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ควบคุมแสงสว่างของหลอดไฟฟ้า ควบคุมปริมาณความร้อนของลวดความร้อน (Heater) เป็นต้น ดังนั้น เอส.ซี.อาร์. จึงมีหลายขนาด ดังแสดงในภาพที่ 2.24 (ค)



(ก) โครงสร้างของ เอส.ซี.อาร์. (ข) สัญลักษณ์ของ เอส.ซี.อาร์.

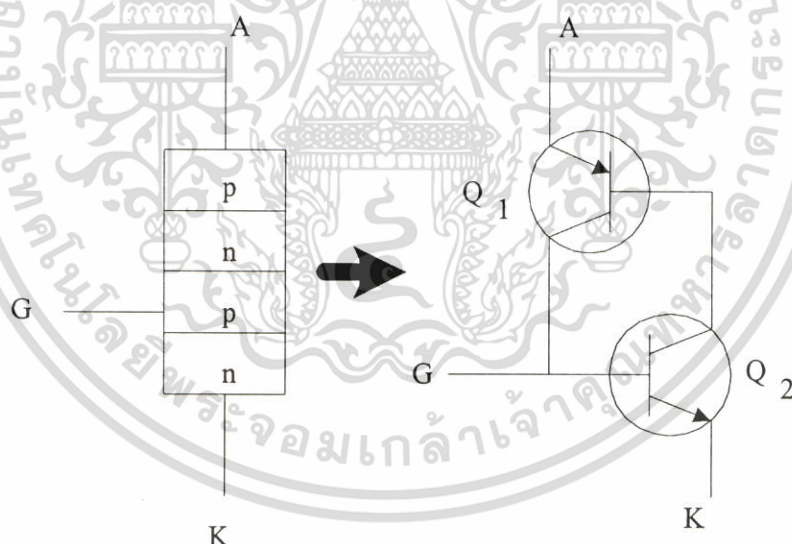
เอกสารนี้เผยแพร่โดย บริษัท มอเตอร์โรล จำกัด (The Silicon Controlled Rectifier) Copyright of Motorola, Inc. ขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) ลักษณะตัวถังของ เอส.ซี.อาร์.

ภาพที่ 2.24 (ต่อ)

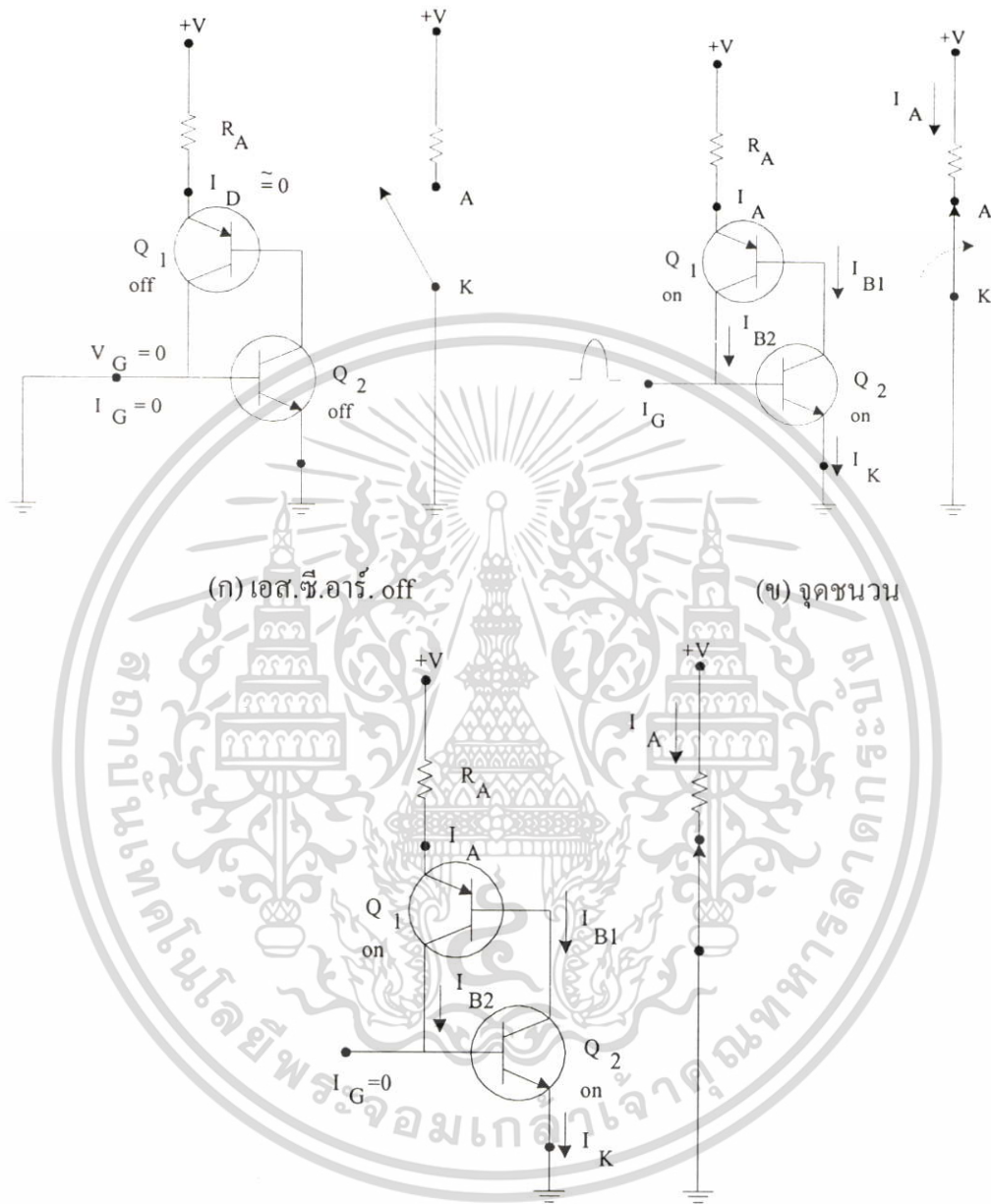
วงจรมมูลย์ของ เอส.ซี.อาร์. (SCR Equivalent Circuit) วงจรมมูลย์ของ เอส.ซี.อาร์. เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของชั้นสารกึ่งตัวนำทั้ง 4 ชั้นต่อกันทำให้เกิดรอยต่อ 3 รอยต่อแล้วจะพบว่าที่แอโนด (A) ของ เอส.ซี.อาร์. คล้ายกับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เมื่อพิจารณาภาพที่ 2.25 คือ  $Q_1$  และที่แคโทด (K) เปรียบเสมือนมีทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ต่ออยู่ คือทรานซิสเตอร์  $Q_2$  ในภาพที่ 2.25 โดยที่คอลเล็กเตอร์ของ  $Q_1$  ต่อกับเบสของ  $Q_2$  ต่อออกมาเป็นขั้วเกต (G) ของ เอส.ซี.อาร์.



ภาพที่ 2.25 วงจรมมูลย์ของ เอส.ซี.อาร์.

การทำให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแส (Turning The SCR On) พิจารณาจากภาพ 2.26 (ก) เมื่อกำหนดให้กระแสเกต ( $I_G$ ) เป็นศูนย์ ( $I_G=0$ ) และที่ขั้วแอโนด (A) และแคโทด (K) ได้รับไบแอสด้วยแรงดันที่ถูกต้อง คือ ได้รับไบแอสตรงที่แอโนดได้รับแรงดัน (+V) และที่แคโทดได้รับแรงดันลบ (GND) สภาวะของ เอส.ซี.อาร์. ในขณะที่กระแสเกตเป็นศูนย์นั้น คือสภาวะไม่นำกระแส ภายในโครงสร้างของ เอส.ซี.อาร์. จะพบว่าเมื่อ  $I_G = 0$  ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  จะ Off เป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Q_1$ , Off ไปด้วย จะไม่มีกระแส  $I_A$  ไหลผ่านจากขั้วแอโนดไปยังแคโทดเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตช์ นั้นคือเหมือนสภาวะที่สวิตช์เปิดวงจร (Open Circuit)



ภาพที่ 2.26 กระบวนการจุดชนวนให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแส

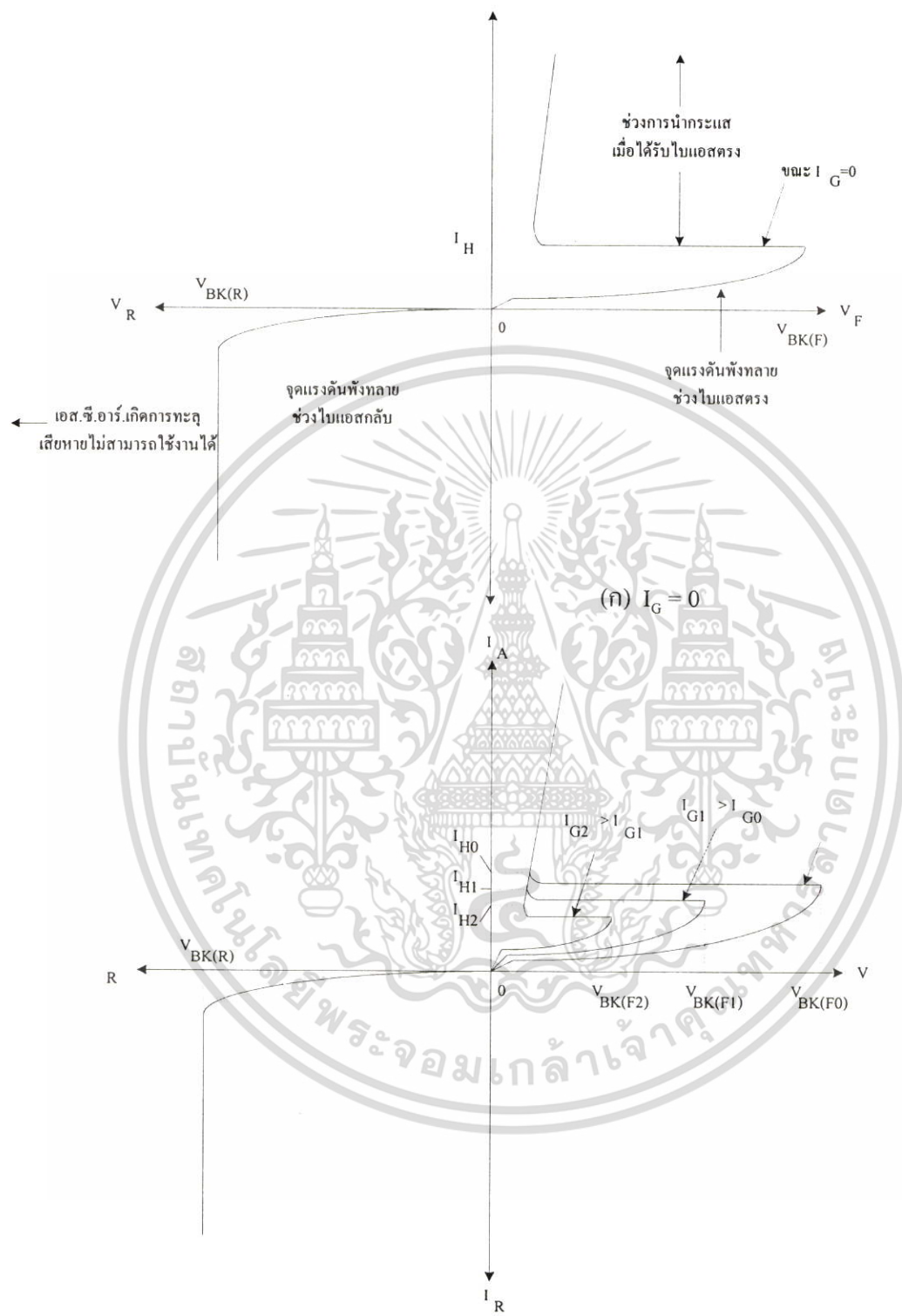
เมื่อต้องการบังคับให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแส โดยการป้อนกระแสเกต ( $I_G$ ) เข้าที่ขาเกตของ เอส.ซี.อาร์. ดังแสดงในภาพที่ 2.26 (ข) ทำให้เกิด  $I_{B2}$  ไหลเข้าเบสของทรานซิสเตอร์  $Q_2$  ทำให้  $Q_2$  อยู่ในสภาวะนำกระแส (On) จะเกิดกระแสคอลเลกเตอร์ไหลผ่าน  $Q_2$  ซึ่งก็คือกระแส  $I_{B1}$  ของ ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  นั้นเอง ดังนั้น  $Q_1$  จึงนำกระแสด้วย ผลคือเกิดกระแสแอโนด ( $I_A$ ) ไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมิตเตอร์ของ  $Q_1$  ไปออกที่อิมิตเตอร์ของ  $Q_2$  สภาวะการทำงานของ เอส.ซี.อาร์. ในขณะนี้เปรียบได้กับสวิตช์ปิดวงจร (Close Circuit)

การป้อนกระแสเกต ( $I_G$ ) ให้กับ เอส.ซี.อาร์. นั้นเรียกว่า การจุดชนวน (Triggered) เมื่อจุดชนวนให้ เอส.ซี.อาร์. นำกระแสได้แล้วนั้น ไม่จำเป็นต้องคงค่ากระแสเกต ( $I_G$ ) ไว้ตลอดไป สามารถทำกระแสเกตให้เป็นศูนย์ได้ ( $I_G = 0$ ) โดยที่ เอส.ซี.อาร์. ยังคงนำกระแสได้ต่อไปเพราะ  $I_{B2}$  ที่ไหลเข้าเบสของ  $Q_2$  จะไหลมาจากคอลเลกเตอร์ของ  $Q_1$  เมื่อ  $Q_2$  นำกระแสแล้ว ดังนั้นถึงแม้จะนำกระแสเกต ออก เอส.ซี.อาร์. ก็ยังคงนำกระแสอยู่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.26 (ค)

เมื่อพิจารณากราฟแสดงลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์. ในภาพที่ 2.27 เมื่อ เอส.ซี.อาร์. ได้รับไบแอสตรง เอส.ซี.อาร์. สามารถนำกระแสได้โดยไม่ต้องมีกระแสเกตมากระตุ้น ( $I_G = 0$ ) แต่ต้องจ่ายแรงดันไบแอสตรงให้กับ เอส.ซี.อาร์. จนกระทั่งถึงจุดแรงดันพังทลาย (Forward Blocking Region (Off)) หรือจุด  $V_{BK(F)}$  จากกราฟ และเมื่อกระแสแอโนดไหลผ่าน เอส.ซี.อาร์. โดยกระแสแอโนดมีค่าสูงกว่ากระแสขีด ( $I_A > I_H$ ) เอส.ซี.อาร์. จะนำกระแสได้ในย่านนำกระแส (Forward Conduction Region (On)) แต่เมื่อให้ไบแอสกลับกับ เอส.ซี.อาร์. ถ้าป้อนแรงดันไบแอสกลับให้มีค่ามากกว่าแรงดันพังทลาย (Reverse Blocking Voltage,  $V_{BK(R)}$ ) เอส.ซี.อาร์. จะนำกระแสได้เมื่อได้รับไบแอสกลับ บริเวณรอยต่อภายในตัว เอส.ซี.อาร์. จะทะลุและทำให้ เอส.ซี.อาร์. เสียหายได้



ภาพที่ 2.27 กราฟลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

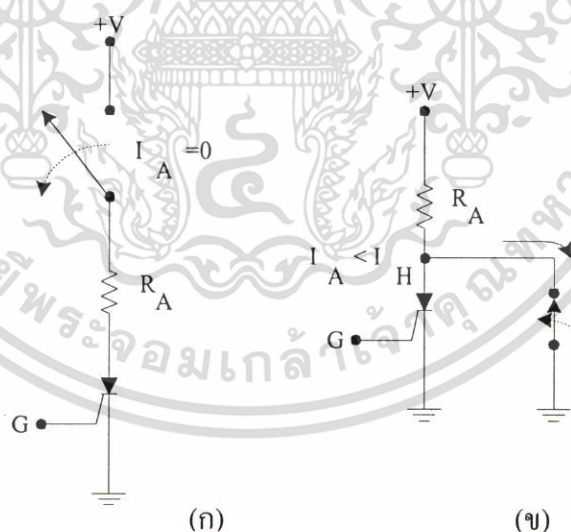
สำหรับกราฟในภาพที่ 2.27 (ข) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างปริมาณของกระแสเกต ที่จ่ายกระตุ้นให้กับ เอส.ซี.อาร์. จะเห็นว่าเมื่อจ่ายกระแสเกตปริมาณน้อย แรงดันไบแอสตรงที่จ่ายให้กับ เอส.ซี.อาร์. จะมีค่าต่ำกว่าแรงดันไบแอสตรงพังทลาย ( $V_{BK(F)}$ ) แต่ถ้าจ่ายกระแสเกตมากขึ้นแรงดันไบแอสตรงที่จ่ายให้กับ เอส.ซี.อาร์. เพื่อให้ เอส.ซี.อาร์. ทำงานได้จะลดลง

การทำให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดนำกระแส (Turning The SCR Off) วิธีการบังคับให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดนำกระแสได้มี 2 วิธี คือ

1. Anode Current Interruption

2. Forced Commutation

ทั้งสองวิธีมีหลักการเดียวกัน คือ ต้องการเทคนิควิธีที่ทำให้กระแสแอนโอด ( $I_A$ ) ลดลงจนกระทั่งต่ำกว่ากระแสยึด ( $I_H$ ) หรือ  $I_A < I_H$  จะทำให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดนำกระแสได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.28 คือการใช้วิธี Anode Current Interruption โดยการตัดกระแส  $I_A$  ไม่ให้ไหลผ่านแอนโอดของ เอส.ซี.อาร์. วิธีง่าย ๆ ดังภาพที่ 2.28 (ก) โดยมีสวิตช์ต่ออนุกรมกับแอนโอดของ เอส.ซี.อาร์. และเปิดสวิตช์เมื่อต้องการทำให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดทำงาน (Turn-off) หรือวิธีในภาพที่ 2.28 (ข) โดยการต่อสวิตช์ระหว่างขั้วแอนโอดและแคโทดของ เอส.ซี.อาร์. เพื่อเปลี่ยนทางเดินกระแสแอนโอดไม่ให้ไหลผ่าน เอส.ซี.อาร์. จะสามารถ Turn-off เอส.ซี.อาร์. ได้เช่นเดียวกัน



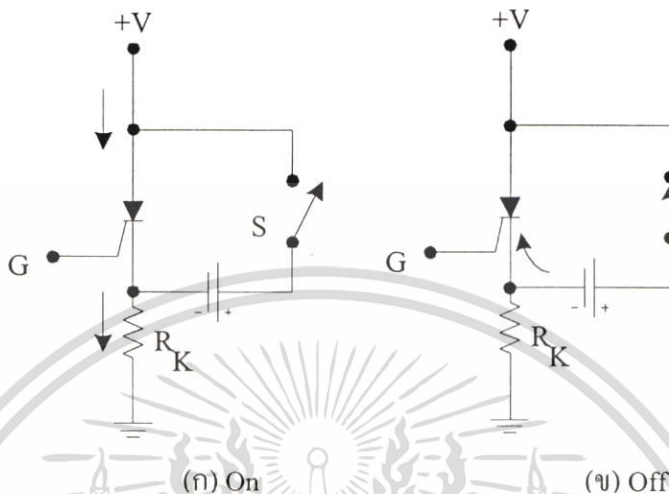
ภาพที่ 2.28 การบังคับให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดนำกระแสโดยวิธี Anode Current Interruption

สำหรับวิธี Forced Commutation ทำได้โดยการบังคับให้ เอส.ซี.อาร์. ได้รับไบแอสกลับ โดยใช้แหล่งจ่ายภายนอกต่อขนานกับ เอส.ซี.อาร์. และมีสวิตช์ (S) เป็นตัวควบคุมการหยุดนำกระแสของ เอส.ซี.อาร์. ดังแสดงในภาพที่ 2.29 ในสถานะที่ เอส.ซี.อาร์. นำกระแสอยู่ดังภาพที่ 2.29 (ก) สวิตช์จะเปิดวงจร แต่เมื่อต้องการบังคับให้ เอส.ซี.อาร์. หยุดนำกระแส ทำได้โดยการปิดสวิตช์

จะทำให้ เอส.ซี.อาร์. ได้รับไบแอสกลับตลอดเวลาที่สวิตช์ยังคงปิดอยู่ โดยปกติระยะเวลาใน

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

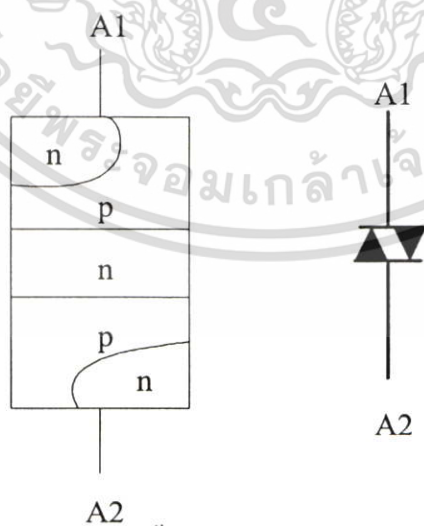
การบังคับ (Forced) ให้ เอส.ซี.อาร์.หยุดนำกระแสโดยให้ไบแอสกลับนี้ จะต้องให้มากกว่าระยะเวลา Turn off Time ซึ่งระบุไว้ในคู่มือโดยทั่วไประยะเวลา Turn off Time จะมีค่าน้อยมากประมาณ ( $\mu\text{s}$ ) ไมโคร วินาที



ภาพที่ 2.29 การบังคับให้ เอส.ซี.อาร์.หยุดนำกระแสโดยวิธี Forced Commutation

6. ลักษณะสมบัติของไดแอก

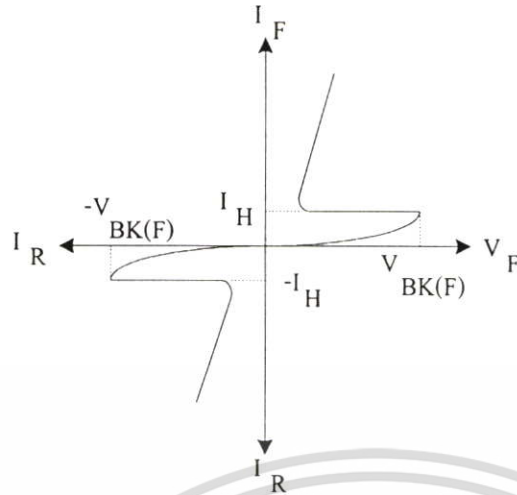
ไดแอก (Diac) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่อยู่ในกลุ่มของไทรสเตอร์ (Thyristor) มี 2 ขั้ว คือขั้วแอโนด 1 ( $A_1$ ) และขั้วแอโนด 2 ( $A_2$ ) เพราะไดแอกนำกระแสได้สองทางนั่นเอง จึงต้องใช้ชื่อขั้วนำกระแสว่าแอโนด 1 และแอโนด 2 ลักษณะ โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดแอก แสดงใน ภาพที่ 2.30 (ก), (ข)



(ก) โครงสร้างพื้นฐาน (ข) สัญลักษณ์

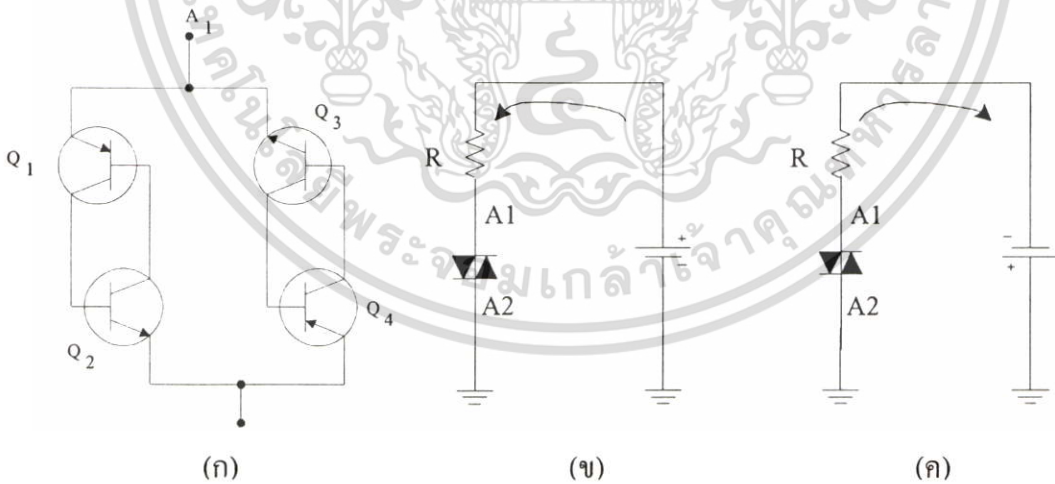
ภาพที่ 2.30 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.31 กราฟคุณลักษณะของไดโอด

การทำงานของไดโอดเปรียบเหมือนกับชอคเลย์ไดโอด 2 ตัวต่อกลับหัวกัน มีวงจรสมมูลย์ของไดโอดแทนด้วยทรานซิสเตอร์ 4 ตัว ดังภาพที่ 2.32 (ก) ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และ  $Q_2$  แทนชอคเลย์ไดโอดตัวที่ 1 จะเป็นตัวที่นำกระแสแอมโนดมาจากขั้ว  $A_1$  ไปสู่ขั้ว  $A_2$  สำหรับ ทรานซิสเตอร์  $Q_3$  และ  $Q_4$  จะเป็นชอคเลย์ไดโอดตัวที่ 2 นำกระแสแอมโนดกลับทางกับตัวแรกคือ จากขั้ว  $A_2$  ไปสู่  $A_1$  ดังนั้นกราฟแสดงลักษณะสมบัติของไดโอดจึงเหมือนกับชอคเลย์ไดโอด แต่สามารถนำกระแสได้ทั้งเมื่อได้รับไบแอสตรงที่แรงดัน  $V_{BK(F)}$  และเมื่อได้รับไบแอสกลับที่แรงดัน  $-V_{BK(F)}$  ดังแสดงในกราฟภาพที่ 2.32



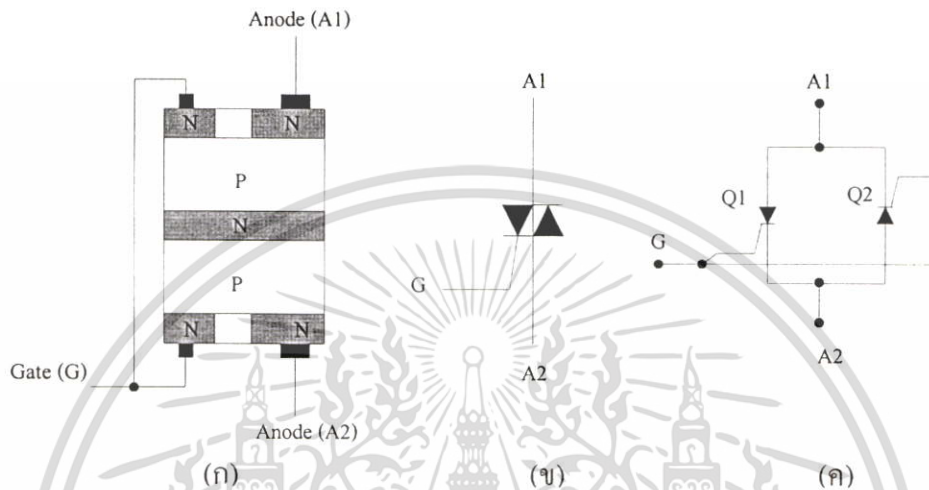
ภาพที่ 2.32 วงจรสมมูลย์ของไดโอดและการไบแอสไดโอด

สรุป เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง ดังภาพที่ 2.32 (ข) ต้องป้อนแรงดันไบแอสตรงให้ถึงค่า  $V_{BK(F)}$  ไดโอดจะนำกระแสได้มีกระแสไหลผ่านจากขั้ว  $A_1$  ไปยังขั้ว  $A_2$  และเมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับดังภาพที่ 2.32 (ค) ต้องป้อนแรงดันไบแอสกลับให้ถึงค่า  $-V_{BK(R)}$  ด้วยเช่นกันจึงจะทำให้ไดโอดนำกระแสได้มีกระแสไหลจากขั้ว  $A_2$  ไปยังขั้ว  $A_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. ลักษณะสมบัติของไทรแอก

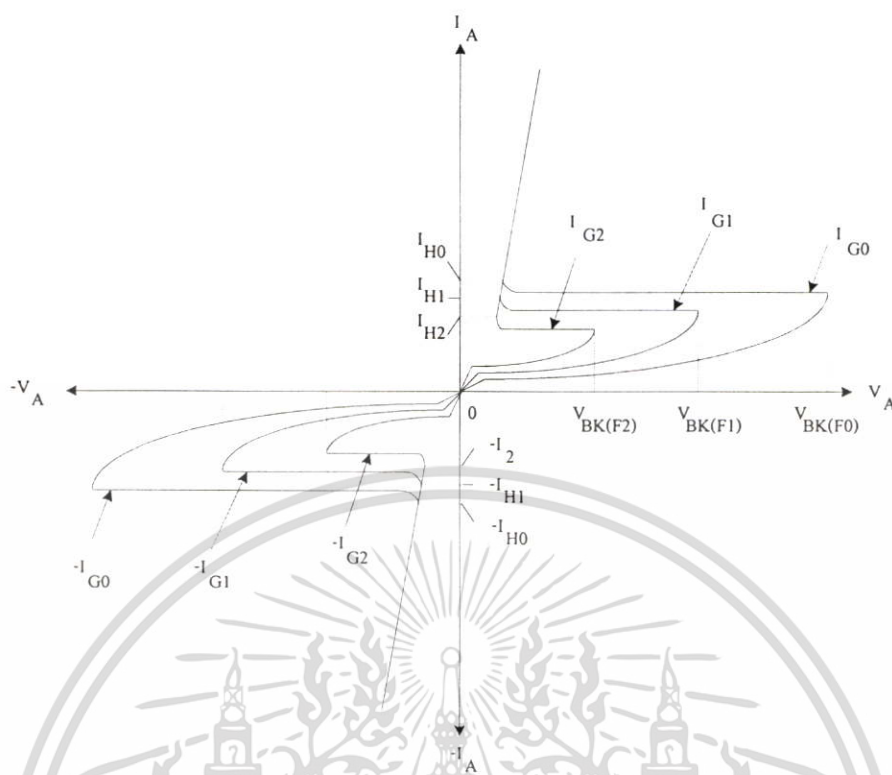
ไทรแอก (Triac) มีลักษณะโครงสร้างภายในคล้ายไดโอด แต่มีขาเกตเพิ่มขึ้นมาอีก 1 ขา ไทรแอกสามารถทำงานได้ทั้งไบแอสตรงและไบแอสกลับเหมือนไดโอด และต้องมีการจุดชนวนเกตของไทรแอกเหมือนกับการจุดชนวนเกตของ เอส.ซี.อาร์ โครงสร้างของไทรแอกแสดงในภาพที่ 2.33 (ก) และสัญลักษณ์ของไทรแอกแสดงในภาพที่ 2.33 (ข)



ภาพที่ 2.33 โครงสร้างสัญลักษณ์และวงจรเปรียบเทียบระหว่างไทรแอกกับ เอส.ซี.อาร์.

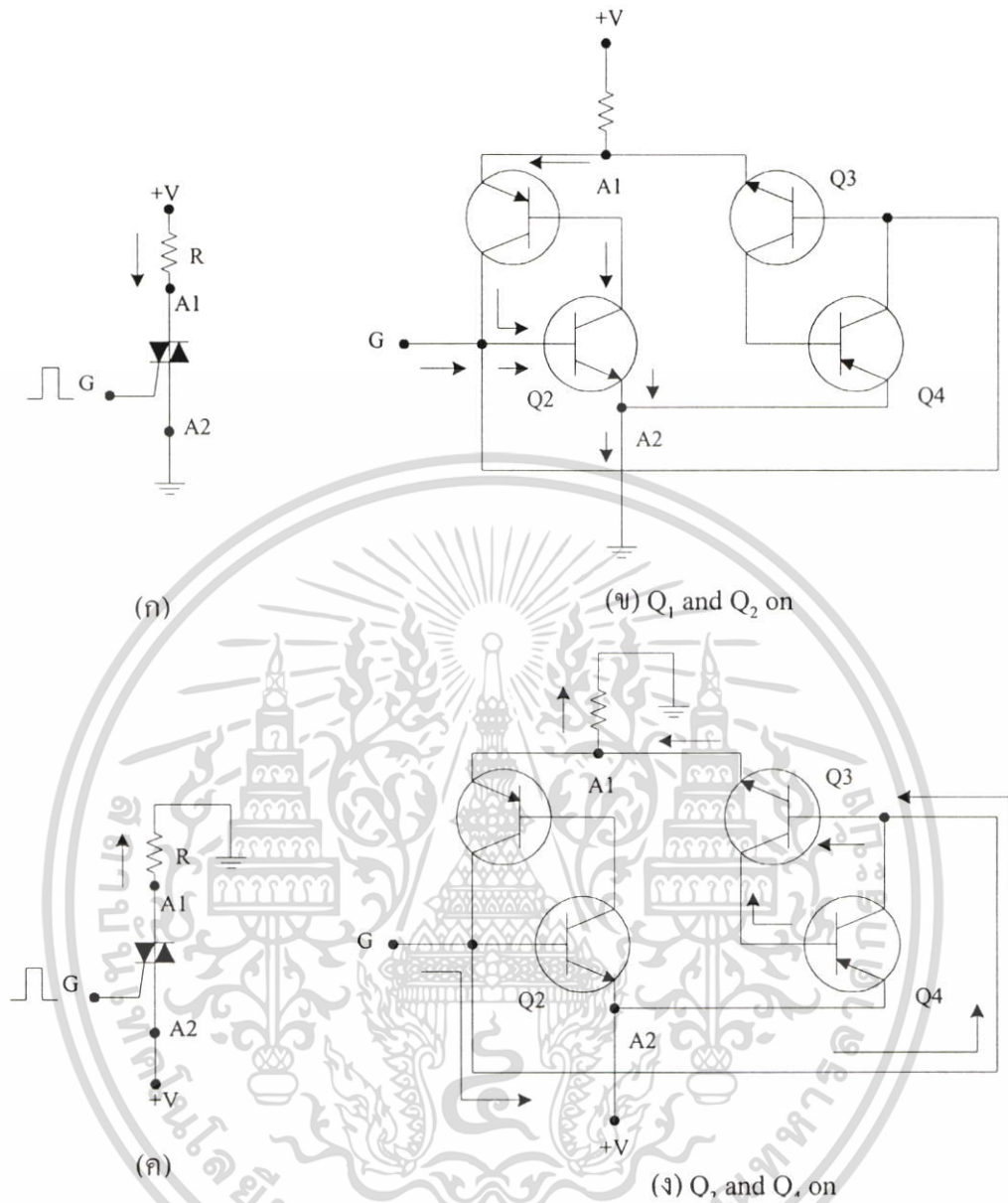
เพื่อศึกษาไทรแอกให้เข้าใจง่ายขึ้น ไทรแอกเปรียบเทียบได้กับ เอส.ซี.อาร์. 2 ตัวต่อกลับหัวกัน (Anti-parallel) โดยต่อขาเกตของ เอส.ซี.อาร์. ทั้ง 2 ตัวร่วมกัน ดังแสดงในภาพ 2.33 (ค) นั้น แสดงว่าไทรแอกนั้นนำกระแสได้ 2 ทางเหมือนไดโอด และต้องมีสัญญาณจุดชนวนเหมือน เอส.ซี.อาร์.

กราฟลักษณะสมบัติของไทรแอกแสดงให้เห็น ในภาพที่ 2.34



ภาพที่ 2.34 กราฟลักษณะสมบัติของไทรแอก

จากกราฟลักษณะสมบัติของไทรแอก จะเห็นว่าเมื่อให้แรงดันไบแอสตรงกับไทรแอก ( $V_{BK}$ ) โดยไม่ให้เกินกว่าค่าแรงดันพังทลาย  $V_{BK(F0)}$  และจ่ายกระแสเกตบวก ( $I_G$ ) ให้กับเกตของ ไทรแอกจะทำให้ไทรแอกนำกระแสได้โดยกระแสจะไหลจากขั้ว  $A_1$  ไปยังขั้ว  $A_2$  และเมื่อป้อน แรงดันไบแอสกลับให้กับไทรแอก ( $-V_{BK}$ ) โดยไม่ให้เกินกว่าค่าแรงดันพังทลายจากกราฟ คือ  $-V_{BK(F0)}$  สามารถจ่ายกระแสเกตลบ ( $-I_G$ ) เพื่อจุดชนวน ไทรแอกให้นำกระแสได้เช่นกัน แต่กระแส จะไหลจากขั้ว  $A_2$  ไปยังขั้ว  $A_1$  การจุดชนวน ไทรแอกไม่ว่าจะจุดชนวน ไทรแอกไม่ว่าจะจุดชนวน เกิดเมื่อไทรแอกได้รับแรงดันไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็สามารถจุดชนวนเกิดได้ 2 วิธีคือ จุดชนวนด้วยกระแสเกตบวกหรือกระแสเกตลบก็ได้ มีกระแสไหลจาก  $A_1$  ไปยัง  $A_2$  หรือจุดชนวน ไทรแอกในภาพที่ 2.35 (ค) ให้ไบแอสไทรแอกตรงกันข้ามกับภาพที่ 2.35 (ก) แต่ใช้กระแสเกตบวก เหมือนกันก็สามารถจุดชนวน ไทรแอกให้ทำงานได้ กระแสจะไหลจากขั้ว  $A_2$  ไปยังขั้ว  $A_1$  ดังภาพ 2.35



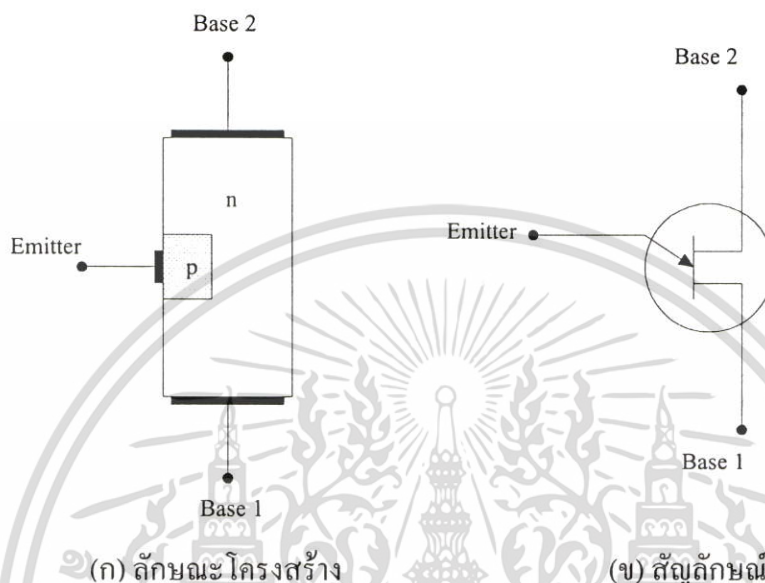
ภาพที่ 2.35 การนำกระแสได้ 2 ทางของไทรแอก เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสเทบวค

ได้กล่าวมาแล้วว่า โครงสร้างภายในวงจรไทรแอกนั้นคล้ายกับ เอส.ซี.อาร์. 2 ตัวต่อกลับหัวกันและใช้ขาเกตร่วมกัน ให้พิจารณาภาพที่ 2.35 (ก) และ (ข) จะพบว่าเมื่อกระแสแอโนดไหลจากขั้ว  $A_1$  ไปยัง  $A_2$  โครงสร้างภายในของไทรแอกทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และ  $Q_2$  จะทำงาน แต่เมื่อควบคุมให้ไทรแอกมีกระแสแอโนดไหลกลับทาง ดังภาพที่ 2.35 (ค) การทำงานของโครงสร้างภายในจะเกิดจากการนำกระแสของทรานซิสเตอร์  $Q_3$  และ  $Q_4$  แทน ส่วนทรานซิสเตอร์  $Q_1$  และ  $Q_2$  จะหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. ลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที.

ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งรอยต่อ (The Unijunction Transistor : UJT) หรือที่นิยมเรียกกันว่า ยู.เจ.ที. เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มี 3 ขั้ว คือขั้วเบส 1 (Base 1) เบส 2 (Base 2) และอิมิตเตอร์ (Emitter) ดังแสดงในภาพที่ 2.36 (ก) และมีสัญลักษณ์ของยูเจที ดังแสดงในภาพที่ 2.36 (ข)



ภาพที่ 2.36 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ ยู.เจ.ที.

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของ ยู.เจ.ที. ในภาพที่ 2.36 (ก) จะพบว่าชั้นส่วนที่เป็นฐานเรียกว่า เบส (Base) เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด n บริเวณปลายทั้งสองของเบสต่อขั้วออก 2 ขั้วคือ เบส 1 ( $B_1$ ) และเบส 2 ( $B_2$ ) โดยมีชั้นของสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่ออยู่บริเวณใกล้กับเบส 2 เรียกขั้วต่อที่สาร p นี้ว่า อิมิตเตอร์ (E) จะเห็นว่าในโครงสร้างของ ยู.เจ.ที. นั้นเพียงรอยต่อเดียวเท่านั้น จึงได้ชื่อว่า ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่งรอยต่อ

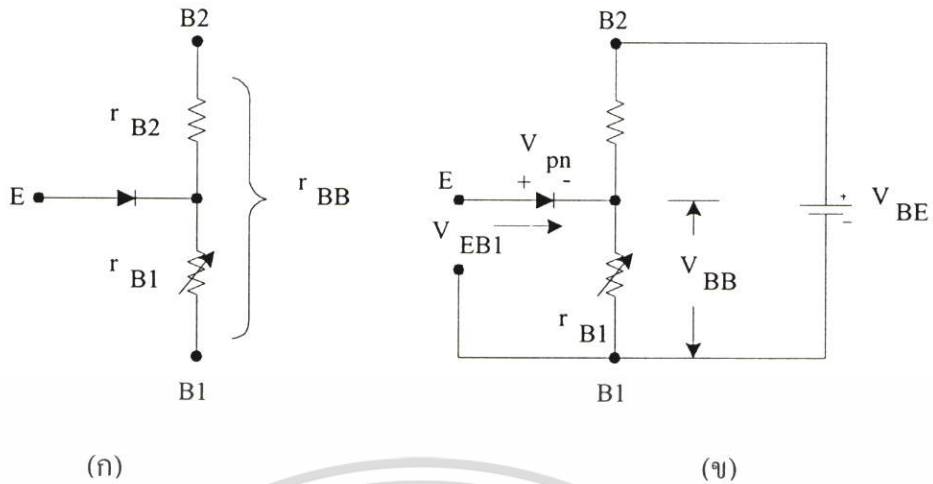
วงจรสมมูลย์ของ ยู.เจ.ที. (UJT Equivalent Circuit) เมื่อพิจารณาในภาพที่ 2.36 (ก) จะพบว่าระหว่างขั้วเบส 1 และเบส 2 ของ ยู.เจ.ที. ถ้าวัดค่าความต้านทานภายใน (Interbase Resistance,  $R_{BB}$ ) จะพบว่ามียุ.เจ.ที. โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 8-10 k $\Omega$  เมื่อเขียนวงจรสมมูลย์ของ ยู.เจ.ที. ได้ดังภาพที่ 2.37 (ก) คือระหว่างขั้ว  $B_2$  และ  $B_1$  มีค่าความต้านทานภายในคือ  $R_{BB}$  มีค่าเท่ากับ  $R_{B_2} + R_{B_1}$  เมื่อ  $R_{B_2}$  คือค่าความต้านทานภายในระหว่างขั้วเบส 2 กับอิมิตเตอร์และ  $R_{B_1}$  คือค่าความต้านทานภายในระหว่างขั้วเบส 1 กับอิมิตเตอร์ ความสัมพันธ์นั้นแสดงในสมการ

$$R_{BB} = R_{B_1} + R_{B_2}$$

สำหรับบริเวณรอยต่อพี-เอ็นภายในตัว ยู.เจ.ที. เปรียบได้ว่ามีไดโอดต่ออยู่ระหว่าง  $R_{B_1}$  และ  $R_{B_2}$  โดยขั้วแคโทดต่อกับ  $R_{B_1}$  และ  $R_{B_2}$  และขั้วแอนโอดคือขาอิมิตเตอร์ (E) ของ ยู.เจ.ที. ดังภาพที่

2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.37 วงจรสมมูลของ ยู.เจ.ที.

พิจารณาในภาพที่ 2.37 (ข) การไบแอสแรงดันให้กับ ยู.เจ.ที.นั้น ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า ดี.ซี. โดยไบแอสแรงดันบวกให้กับเบส 2 ( $B_2$ ) และให้แรงดันลบให้กับเบส 1 ( $B_1$ ) แรงดันไบแอสนี้ เรียกว่า  $V_{BB}$  ด้วยกฎของการแบ่งแรงดันตกคร่อม ซึ่งแรงดันตกคร่อม  $R_{B1}$  หาได้จากสมการ

$$V_{RB1} = \left( \frac{R_{B1}}{R_{BB}} \right) V_{BB}$$

อัตราส่วนเสตนด้อฟ (Standoff Ratio) สำหรับลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที. ได้กำหนดค่าอัตราส่วนของ  $\frac{R_{B1}}{R_{BB}}$  เอาไว้โดยเขียนแทนด้วยอักษรกรีก ตัวอีต้า ( $\eta$ ) หรือ  $\eta$

หรือเขียนแทนด้วยความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ดังสมการ

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{BB}}$$

$$\text{ดังนั้น } V_{RB1} = \eta \cdot V_{BB}$$

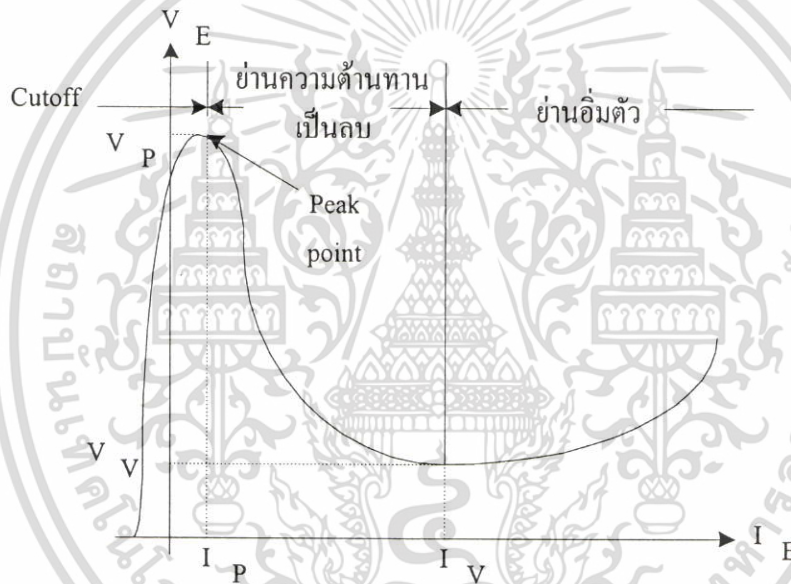
สำหรับการไบแอสที่อิมิตเตอร์ (E) ของ ยู.เจ.ที.ทำได้โดยป้อนแรงดันอิมิตเตอร์ คือ  $V_{EB1}$  (หรือหนังสือบางเล่มอาจใช้ว่าแรงดัน  $V_E$ ) ซึ่งจำนวนของแรงดันอิมิตเตอร์ ( $V_{EB1}$ ) จะทำให้ ยู.เจ.ที. ทำงานได้คือแรงดันที่ทำให้เกิดกระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) ไหลผ่านรอยต่อพี-เอ็นได้ (ไดโอดในวงจรสมมูล) ดังนั้นแรงดัน  $V_{EB1}$  จึงต้องมีค่ามากกว่าแรงดันตกคร่อมรอยต่อพี-เอ็น ( $V_{pn}$ ) รวมกับแรงดันตกคร่อม  $V_{RB1}$  ( $\eta \cdot V_{BB}$ ) ค่าแรงดันอิมิตเตอร์จำนวนนี้เรียกว่า แรงดันที่จุดสูงสุด (Peak-point Voltage,  $V_p$ ) เป็นไปตามสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_p = \eta \cdot V_{BB} + V_{pn}$$

สรุป อัตราส่วนแสดนค้อฟ คืออัตราส่วนระหว่างค่าความต้านทานภายในของขั้วเบส 1 และอิมิตเตอร์ กับค่าความต้านทานภายในระหว่างขั้วเบส 2 และ เบส 1

การทำงานของ ยู.เจ.ที. (UJT Operating) เมื่อให้ไบแอส ยู.เจ.ที.อย่างถูกต้องแล้ว ( $B_2$  เป็นบวก,  $B_1$  เป็นลบ) ที่แรงดันค่าหนึ่งทำการป้อนแรงดันอิมิตเตอร์ ( $V_E$ ) เมื่อเพิ่มค่าแรงดัน  $V_E$  ให้สูงขึ้นจนถึงค่า  $V_p$  จะทำให้รอยต่อพี-เอ็นภายในตัว ยู.เจ.ที.นำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านระหว่างขั้วอิมิตเตอร์และเบส 1 (กระแส  $I_E$ ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $I_p$  (Peak-Point Current) คุณลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที. และการทำงานที่จุด Peak จะแสดงค่าของ  $V_p$  และ  $I_p$  ได้จากกราฟภาพที่ 2.38 ที่จุดทำงานนี้เรียกว่า จุดทำงานในย่านคัตออฟ



ภาพที่ 2.38 กราฟลักษณะสมบัติของ ยู.เจ.ที.เมื่อกำหนดค่าแรงดัน  $V_{BB}$  คงที่

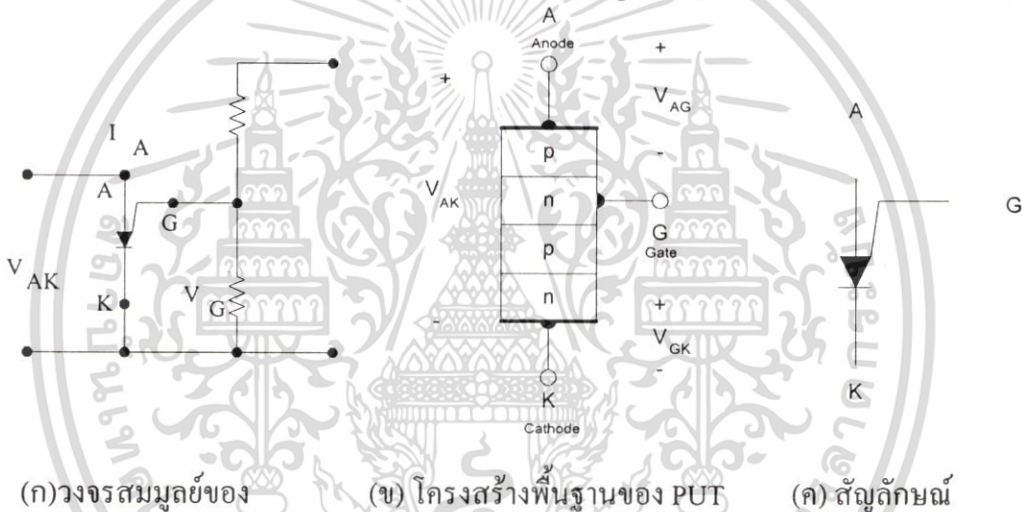
เมื่อป้อนแรงดันอิมิตเตอร์ให้สูงขึ้น ยู.เจ.ที.จะทำงานในย่านความต้านทานเป็นลบ (Negative Resistance Region) หมายความว่า กระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่แรงดันอิมิตเตอร์ ( $V_E$ ) จะมีค่าลดลง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้แสดงในกราฟภาพที่ 2.38 การทำงานในย่านความต้านทานเป็นลบนี้จะเกิดขึ้นจนกระทั่งถึงจุด Valley Point คือจุดที่กระแสอิมิตเตอร์มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $I_v$  (Valley Point Current) และแรงดันอิมิตเตอร์มีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $V_v$  (Valley Point Voltage)

แต่ถ้าเพิ่มแรงดันอิมิตเตอร์ให้สูงขึ้นอีก จะเข้าสู่การทำงานในย่านอิ่มตัว (Saturation) เพราะในย่านนี้แรงดัน  $V_E$  จะไม่เพิ่มขึ้น (ในทางปฏิบัติเพิ่มขึ้นเล็กน้อย) แต่กระแสอิมิตเตอร์ ( $I_E$ ) จะเพิ่มสูงขึ้นและถ้าไม่จำกัดกระแส  $I_E$  นี้ให้ต่ำกว่าพิกัดของ ยู.เจ.ที. อาจทำให้ ยู.เจ.ที.เสียหายได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน ยู.เจ.ที. (UJT Application) การนำ ยู.เจ.ที. ไปใช้งานที่พบเห็นกันมากคือ วงจร ออสซิลเลเตอร์ที่เรียกว่า รีแลกเซชันออสซิลเลเตอร์ (Relaxation Oscillator) คือวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ชวบกเพื่อนำไปใช้จุดชนวน (Trigger) สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Semiconductor Switch) เช่น เอส.ซี.อาร์. ไทแร็ก ฯลฯ

9. ลักษณะสมบัติของพัท

พัท (PUT) มีลักษณะสมบัติเหมือน ยู.เจ.ที. แต่โครงสร้างอยู่ในกลุ่มของไทรสเตอร์ คือเป็นสารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น (Layer) มีขั้วแอนโนด (A) ขั้วแคโทด (K) และขั้วเกต (G) ตำแหน่งของขั้วเกต (G) ต่างกับ เอส.ซี.อาร์. คือกระแสเกตของพัทจะติดอยู่ที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่รอยต่อพี-เอ็นของขั้วแอนโนดแสดงในภาพที่ 2.41 (ก) การไบแอสพัททำได้โดยป้อนแรงดันไบแอสตรงที่ A และ K ( $V_{AK}$ ) และป้อนแรงดันบวกให้กับเกตเมื่อเทียบกับแคโทด ( $V_G$  เป็น+) ดังแสดงในภาพที่ 2.41 (ข)



ภาพที่ 2.39 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของพัท

จากวงจรไบแอสพัท (PUT) ในภาพที่ 2.39 (ข) สามารถใช้สมการแบ่งแรงดันคำนวณหา ค่าแรงดันเกต ( $V_G$ ) ได้ดังสมการต่อไปนี้

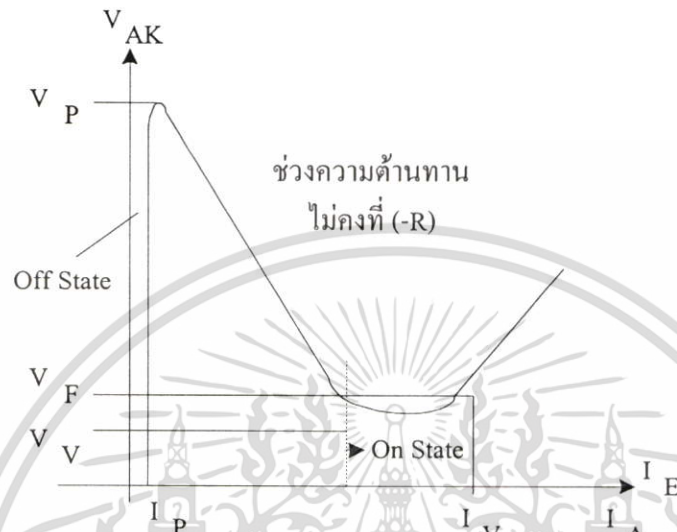
$$V_G = \left( \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \right) V_{BB}$$

$$V_G = \eta \cdot V_{BB}$$

เมื่อ  $\eta = \left( \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \right)$

ลักษณะสมบัติของพัทคล้ายกับ ยู.เจ.ที. ดังแสดงในภาพที่ 2.40 กล่าวคือ สภาวะไม่ทำงานจะเกิดขึ้นเมื่อแรงดันไบแอส  $V_{AK}$  น้อยกว่าแรงดัน  $V_p$  และการทำงานในย่านความต้านทานเป็นลบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(-R) สำหรับพัทธ์เรียกว่า สภาวะความต้านทานไม่คงที่ (Unstable Region) จะอยู่ในย่านตั้งแต่จุด Peak จนถึงจุด Valley เช่นเดียวกับ ยู.เจ.ที. สภาวะทำงานคือช่วงที่กระแสแอโนด ( $I_A$ ) มีค่ามากกว่ากระแสที่จุด Valley ( $I_V$ ) ไม่ให้เกินกว่าค่ากระแสฟอร์เวอร์ ( $I_F$ ) ตามค่าในคู่มือของพัทแต่ละเบอร์



ภาพที่ 2.40 กราฟลักษณะสมบัติของพัท

ค่าแรงดันในจุด Peak หาได้จากสมการ

$$V_P = \eta \cdot V_{BB} + V_D$$

และเนื่องจาก  $V_D = 0.7 \text{ V}$  เมื่อรอยต่อพี-เอ็นเป็นชนิดซิลิคอน  
ดังนั้น

$$V_P = \eta \cdot V_{BB} + 0.7$$

$$\text{แต่} \quad = \quad \cdot V_{BB}$$

$$\text{ดังนั้น } V_P = V_G + 0.7 \text{ V}$$

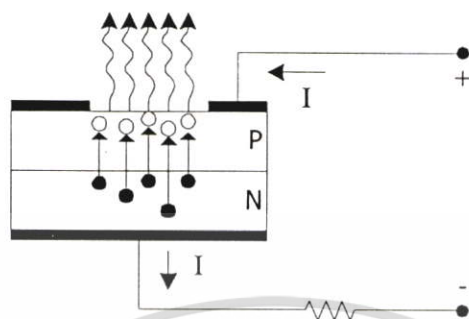
การประยุกต์ใช้งานพัท (PUT Application) เนื่องจากลักษณะสมบัติของพัท (PUT) เหมือนกันกับ ยู.เจ.ที. จึงนิยมนำพัทไปใช้เป็นวงจรรีเลย์เชิงอนาล็อก

## 10. ลักษณะสมบัติของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง (The light-Emitting Diode, LED) เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิด ซิลิคอน หรือเจอร์เมเนียมมาผสมกับแกเลียมอาเซไนด์ (Gallium Arsenide, GaAs) และเป็นรอยต่อพี-เอ็น

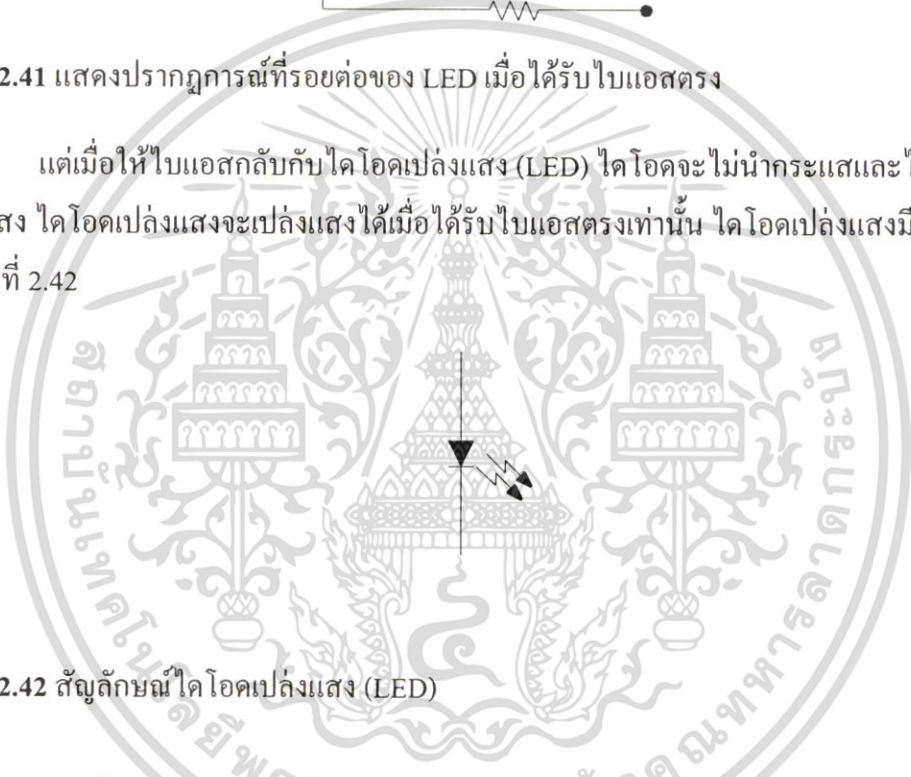
เมื่อนำรอยต่อพี-เอ็นดังกล่าวไปให้ไบแอสตรงจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านรอยต่อพี-เอ็น และ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กตรอนอิสระที่รอยต่อจะหลุดออกจากวงจรรโคจรเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง (Light Energy) ดังภาพที่ 2.41 ปรากฏการณ์นี้เกิดกับไดโอดเปล่งแสง (LED) เท่านั้น เรียกชื่อว่า Electroluminescence



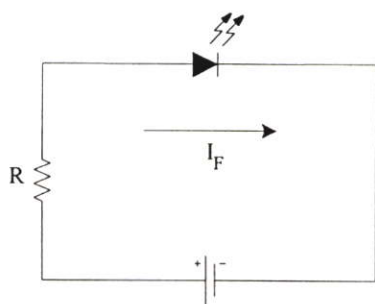
ภาพที่ 2.41 แสดงปรากฏการณ์ที่รอยต่อของ LED เมื่อได้รับไบแอสตรง

แต่เมื่อให้ไบแอสกลับกับไดโอดเปล่งแสง (LED) ไดโอดจะไม่นำกระแสและไม่เปล่งแสง ไดโอดเปล่งแสงจะเปล่งแสงได้เมื่อได้รับไบแอสตรงเท่านั้น ไดโอดเปล่งแสงมีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2.42

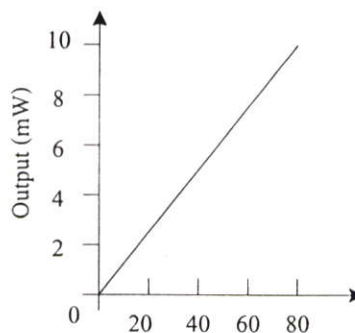


ภาพที่ 2.42 สัญลักษณ์ไดโอดเปล่งแสง (LED)

แสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสงมีหลายสี เกิดจากสารที่ผสมเข้ากับรอยต่อ พี-เอ็น เช่น แกลเลียมอาเซไนด์ (GaAs) ทำให้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IR, infrared) แกลเลียมอาเซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide, GaAsP) ทำให้เปล่งแสงสีแดงหรือสีเหลือง และ แกลเลียมฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide, GaP) ทำให้เปล่งเป็นสีเขียว เป็นต้น เมื่อให้ไบแอสตรงกับไดโอดเปล่งแสงดังภาพที่ 2.43 (ก) จะทำให้เกิดพลังงานแสงที่ไดโอดเปล่งออกมามีหน่วยเป็นมิลลิวัตต์ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะแปรไปตามค่าของกระแสไบแอสตรงที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง ดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 2.43 (ข)



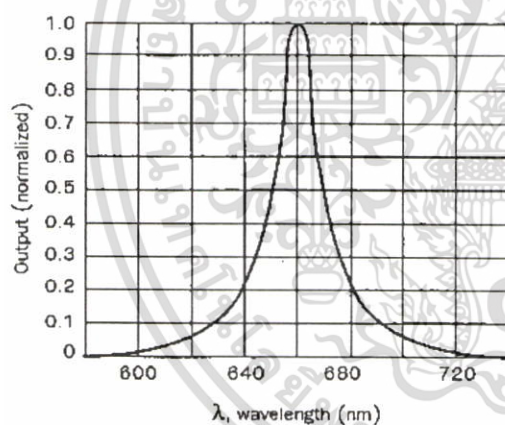
(ก) Forward-biased operation



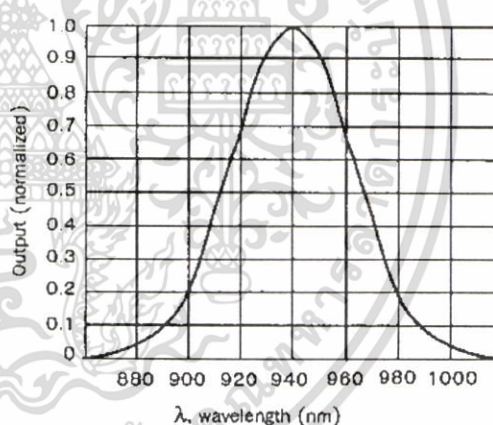
(ข) Typical light output versus forward current

### ภาพที่ 2.43 การทำงานของไดโอดเปล่งแสง (LED)

ความยาวคลื่น (Wave Length) ไดโอดเปล่งแสงชนิดที่เปล่งแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้ โดยมากจะเป็นสีแดง (Visible Red) ปกติจะมีความยาวคลื่นของแสงเท่ากับ 660 nm (นาโนเมตร) แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (Unvisible) จะมีความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 90 nm ดังภาพที่ 2.44



(ก) Visible red

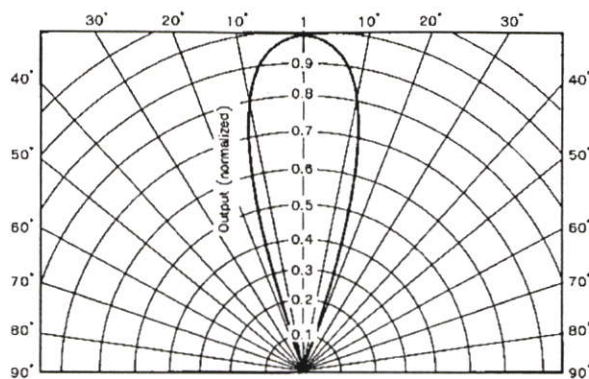


(ข) Infrared (IR)

### ภาพที่ 2.44 กราฟความยาวคลื่นแสงที่ไดโอดเปล่งแสงเปล่งออกมา

การกระจาย (Radiation) ของแสงที่เปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสง โดยทั่วไป การกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสงจะเบี่ยงเบนจากแนวกลางของตัวไดโอด (ของเลนส์) ไปทางซ้ายและทางขวาเท่า ๆ กัน ประมาณ 15 องศา ดังแสดงในภาพที่ 2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

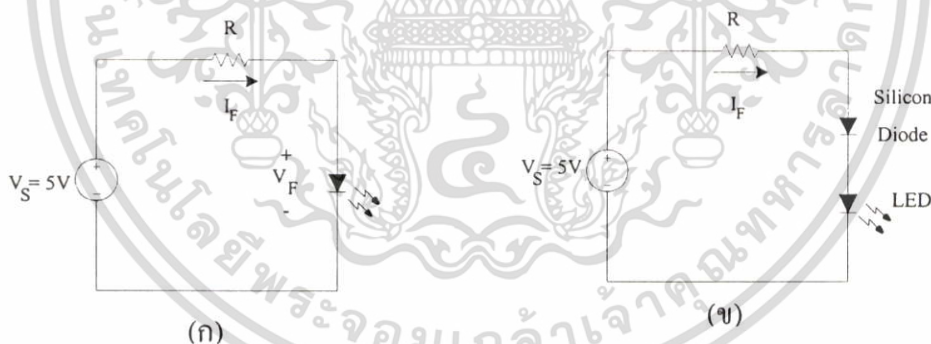


ภาพที่ 2.45 กราฟการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง



ภาพที่ 2.46 ลักษณะภายนอกของไดโอดเปล่งแสงแบบต่าง ๆ (ลิขสิทธิ์ของ Motorola Inc.)

การต่อไดโอดเปล่งแสงอย่างปลอดภัย ต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแสที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง ดังภาพที่ 2.47 (ก) และเมื่อต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงทนแรงดันไบแอสกลับได้สูงขึ้นทำได้โดยการต่อไดโอดซิลิคอนอนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง ดังภาพที่ 2.47 (ข)



ภาพที่ 2.47 การต่อไดโอดเปล่งแสงอย่างปลอดภัย

การคำนวณค่าตัวต้านทานจำกัดกระแส วงจรในภาพที่ 2.47 (ก) สมการหาค่าตัว R คือ

$$R = \frac{V_S + V_F}{I_F}$$

เมื่อ  $V_S$  = แรงดันแหล่งต่อไฟตรง (โวลต์)

$V_F$  = แรงดันไดโอดเปล่งแสง (โวลต์)

อ่านได้จากคู่มือของไดโอดเปล่งแสง

$I_F$  = กระแสไบแอสที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง (มิลลิแอมป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอน หรือ CAI เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้เป็นรายบุคคลโดยใช้หลักการเรียนรู้จากทฤษฎีการเรียนรู้ทั้งพฤติกรรมนิยมของ สกินเนอร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมของบันดูรา และทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม อินฟอร์เมชัน โพรเซสซิง (Information Processing) ฉะนั้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนจึงมีประโยชน์หลายอย่างเช่น ใช้ในการทบทวนบทเรียน การทำแบบฝึกหัด การคิดและการสร้างสถานการณ์จำลองช่วยในการสอนแก้ปัญหา (Simulation) เป็นต้น พัฒนาการของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนเกิดควบคู่กับพัฒนาการของการสร้างระบบคอมพิวเตอร์ แรกทีเดียวการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะติดตั้งอยู่ที่สถาบันที่มีผู้ริเริ่มการทำโปรแกรมการสอนหรือที่เรียกว่าซอฟต์แวร์ (Software) มหาวิทยาลัยหรือโรงเรียนที่จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องมีอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (Terminal) ปัจจุบันมีความก้าวหน้าในการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ผลิตเครื่องไมโครโปรคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขนาดเล็ก สะดวกกับการใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นอักษร (Keyboard) ซึ่งผู้เรียนใช้พิมพ์คำสั่ง หรือให้ ข้อมูลข่าวสารแก่คอมพิวเตอร์ จอภาพ (Video Display) แบบเครื่องโทรศัพท์และคาสเซตเทป (Cassette Tape) วีดีโอเทป (Video Tape) และวีดีโอดิสก์ (Video Disk) ซึ่งใช้เก็บหรือบันทึกข้อมูลข่าวสาร และเนื้อหาที่จะสอน (สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2533 : 237)

ชัยขงศ์ พรหมวงศ์ และนิคม ทาแดง (2523 : 13) กล่าวว่าบทเรียน โปรแกรมเป็น บทเรียนที่เสนอเนื้อหาในภาพของ “กรอบ” หรือ “เฟรม” (Frame) ที่บรรจุเนื้อหาทีละน้อย มีคำตอบทำทนายให้ผู้เรียนคิดและตอบ และมีเฉลยให้ทราบผลทันทีส่วนมากเป็นบทเรียนสำเร็จ ที่มีภาพ สิ่งพิมพ์ที่เสนอมนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดตามที่ได้วิเคราะห์แล้วเรียงลำดับไว้ดีแล้ว และได้อธิบายเพิ่มเติมว่าบทเรียน โปรแกรมจะประกอบด้วยบทเรียนขนาดเล็กหลายบทที่เสนอมนทัศน์หรือความคิดรวบยอดเพียงอย่างเดียว เรียกว่า “โมดูล” บทเรียน โปรแกรมหลายบทเรียนที่เสนอเนื้อหาสาระเกี่ยวเนื่องกันรวมกันเข้า จะเป็นบทเรียน โปรแกรมหรือตำราแบบ โปรแกรม (Programmed text) บทเรียน แบบ โปรแกรมบางประเภท ต้องใช้คู่กับเครื่องช่วยสอนจึงจะบรรลุจุดมุ่งหมาย

### 2.2.1 บทบาทของคอมพิวเตอร์ช่วยในการสอน

สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2533 : 239) ได้สรุปบทบาทของคอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนเป็นรายบุคคลไว้ดังนี้

1. ช่วยนักเรียนเป็นรายบุคคล ในการทบทวนและทำแบบฝึกหัด เพื่อเพิ่มความเข้าใจในวิชาที่เรียนหรือเกิดการเรียนรู้ (Drill and Practice)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำหน้าที่เป็นผู้ติวนักเรียน โดยอธิบายสิ่งที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือให้ข้อมูลข่าวสารเพิ่มเติมเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่กำลังศึกษา
3. ทำหน้าที่ทำการทดสอบนักเรียนก่อนที่จะเริ่มหน่วยเรียนในวิชาต่าง ๆ เพื่อจะวิเคราะห์ดูว่านักเรียนมีความรู้ระดับใด
4. ทำหน้าที่ทำการทดสอบนักเรียนก่อนที่จะเริ่มหน่วยเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับบอกให้นักเรียนทราบว่าทำผิดถูกอย่างไร
5. ช่วยจัดโปรแกรมการเรียนให้นักเรียนเป็นรายบุคคล โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบ
6. ช่วยสอนการแก้ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง โดยการสร้างสถานการณ์จำลอง
7. คอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลข่าวสารอย่างลึกซึ้งนอกเหนือไปจากเนื้อหาสาระในหลักสูตรหรือจากการสอนของครู จึงเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ที่ดี
8. คอมพิวเตอร์จะช่วยสอนนักเรียนที่ไม่สามารถจะมาโรงเรียนตามปกติโดยใช้ระบบ CAI ที่บ้าน
9. คอมพิวเตอร์สอนให้นักเรียนแก้ปัญหาโดย Algorithms คือ การสอนให้ผู้เรียนตั้งปัญหาได้ถูกต้อง วิเคราะห์ปัญหาเป็นส่วนย่อย

### 2.2.2 ประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการผสมผสานบทเรียน โปรแกรม (Programmed Instruction) ของ Skinner และ Pressey และได้มีการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อยมาเป็นลำดับเพื่อให้เกิดการเรียนจากคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพมากที่สุด คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ทักษิณา สวานานนท์. 2530 : 216 - 220 ; กิดานันท์ มลิทอง. 2531 : 169 - 173)

1. แบบฝึกหัดและแบบฝึกปฏิบัติ (Drill and Practice) เป็น โปรแกรมที่ทำให้ผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัดหลังจากได้เรียนเนื้อหา นั้น ๆ แล้ว เพื่อเป็นการทบทวนและฝึกฝนทักษะ ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนตามความสามารถและความเร็วของตนเอง
2. แบบสอนตัวต่อตัว (Tutorial instruction) บทเรียนแบบนี้จะเป็นการเสนอเนื้อหาใหม่ให้แก่ผู้เรียนเน้นให้เกิดความรู้ ความเข้าใจโดยอาศัยการให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ เช่น การตั้งคำถามและการตอบคำถาม เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน มีการให้การเสริมแรงตลอดการเรียน โปรแกรมแบบนี้คล้ายกับแบบที่ 1 ต่างกันตรงแบบที่ 1 เน้นฝึกให้เกิดทักษะ ความชำนาญ ส่วนแบบนี้เป็นการสอนบทเรียนใหม่เน้นให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
3. สถานการณ์จำลอง (Simulation) บทเรียนชนิดนี้จะจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ผู้เรียนมีโอกาสทดลองแก้ไขปัญหาและตัดสินใจหรือจัดกระทำ โดยใช้ความคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อควบคุมสถานการณ์การทดลองให้ได้ บทเรียนชนิดนี้มีประโยชน์ในแง่ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญโดยไม่ต้องทำการทดลองจริง ทำให้ประหยัดและมีความปลอดภัย

4. เกมการเรียนการสอน (Instruction games) การนำเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนเป็นการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน ผู้เรียนจะได้ทั้งความรู้ ทักษะ และความสนุกสนานไปในตัว มีการกำหนดเป้าหมายคือ ชัยชนะ เกมจึงมีประโยชน์ในการฝึกให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะ

5. แบบทดสอบ (Test) บทเรียนชนิดนี้ใช้เพื่อทดสอบนักเรียนโดยตรง หลังจากได้เรียนเนื้อหาหรือฝึกปฏิบัติไปแล้ว ผู้เรียนจะทำแบบทดสอบโดยผ่านคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์รับคำตอบและจัดบันทึกผล ตรวจสอบคะแนน ประมวลผล และเสนอผลให้นักเรียนทราบในทันทีที่ผู้เรียนทำเสร็จ

6. แบบสาธิต (Demonstration) บทเรียนชนิดนี้เหมาะอย่างยิ่งในการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพราะการสาธิตด้วยคอมพิวเตอร์สามารถสร้างภาพให้มีสีสันที่สวยงามและมีเสียงช่วยให้สะดวกและไม่ยุ่งยากในการเตรียมอุปกรณ์อื่น ๆ

7. การแก้ปัญหาคำ (Problem - solving instruction) เป็นการให้ผู้เรียนฝึกการคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้ แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามกฎเกณฑ์นั้น โปรแกรมเพื่อการแก้ปัญหาคำแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ โปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเอง และ โปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้ให้แล้ว ถ้าเป็นโปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหาและคอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณและหาคำตอบที่ถูกต้องให้ แต่ถ้าเป็นโปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้ให้แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณในขณะที่ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหาคำเอง

8. การค้นพบ (Discovery) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียน เรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูก หรือโดยวิธีการจัดระบบเข้ามาช่วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

9. การไต่ถาม (Inquiry) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถใช้ในการค้นหาข้อเท็จจริง ตามความคิดรวบยอดหรือข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ในแบบข้อมูลที่ป้อนข่าวสารนี้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีแหล่งเก็บข้อมูล และแสดงผลทันทีเมื่อผู้เรียนต้องการ

10. แบบรวบรวมวิธีการต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Combination) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถสร้างวิธีการสอนหลายแบบรวมกันได้ ตามธรรมชาติของการเรียนการสอน ซึ่งมีความต้องการวิธีสอนหลาย ๆ แบบ ความต้องการนี้มาจากการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนลักษณะของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนการสอน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหนึ่ง ๆ อาจมีทั้งลักษณะที่เป็นการใช้เพื่อการสอน การสอบ เกม การฝึกหัด การสาธิต การไต่ถามให้ข้อมูล รวมทั้งประสบการณ์ในการแก้ปัญหาคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุปผชาติ ทัพพิภรณ์ (อ้างใน อารีย์ มีมุงกิจ, 2541 : 15 - 21) ได้แบ่งการเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear Program) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้ เป็นการสร้างกรอบที่มีลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่องเป็นเทคนิควิธีการสร้างที่ใช้ได้ง่าย ประกอบด้วยกรอบเนื้อหา หรือกรอบคำถาม เรียงต่อกันไปในทิศทางเดียว ดังภาพที่ 2.48



ภาพที่ 2.48 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่ง (Branching program) บทเรียนลักษณะนี้ได้รับความนิยมจากผู้เรียนมากกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว เพราะมีลักษณะที่ ทำท่ายและน่าสนใจกว่า เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ให้ทางเลือกตามลำดับความรู้ความเข้าใจ และความสามารถของผู้เรียนซึ่งมีหลายภาพแบบดังต่อไปนี้

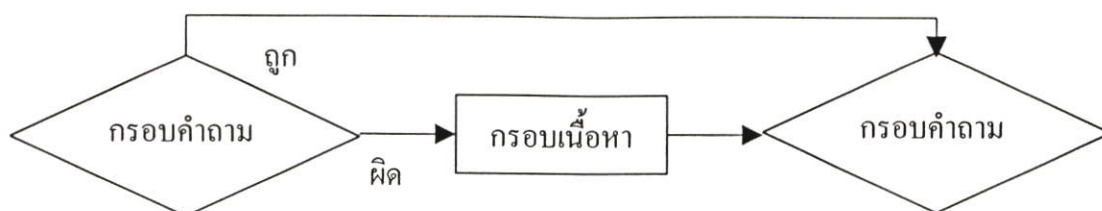
2.1 แบบย้อนกลับ (Linear format with repetition) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้คล้ายคลึงกับ โปรแกรมเส้นทางเดียว ต่างกันตรงที่มีคำถามแทรกระหว่างกรอบเนื้อหาถ้าผู้เรียนตอบคำถามถูกต้อง ผู้เรียนก็ผ่านไปยังกรอบเนื้อหาที่อยู่ถัดไป ถ้าตอบไม่ถูกต้อง โปรแกรมก็จะให้ผู้เรียนย้อนกลับไปยังกรอบเนื้อหาเดิมอีกครั้งและถามคำถามเดิมซ้ำอีกครั้ง ภาพที่ 2.49



ภาพที่ 2.49 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกรอบ

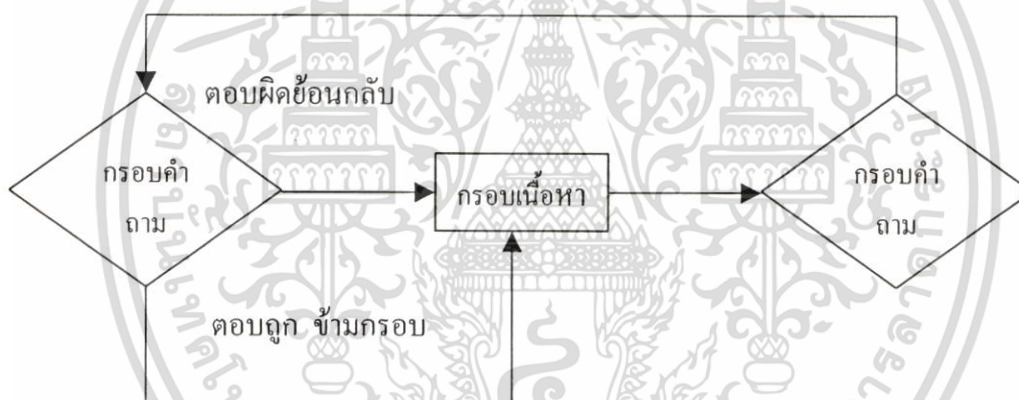
2.2 แบบสอบก่อนข้ามกรอบ (Pretest and skip format) บทเรียนลักษณะนี้จะมี การทดสอบก่อนเรียน ถ้าเรียนทดสอบก่อนเรียนเนื้อหาแล้วผ่าน ก็จะข้ามกรอบที่ผู้เรียนรู้เนื้อหานั้น แล้วไปยังกรอบเนื้อหาจุดประสงค์อื่น ๆ บทเรียนลักษณะนี้จึงมีประสิทธิภาพในการตอบสนอง

ความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังแสดงในภาพที่ 2.50 หมายความว่า... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.50 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ

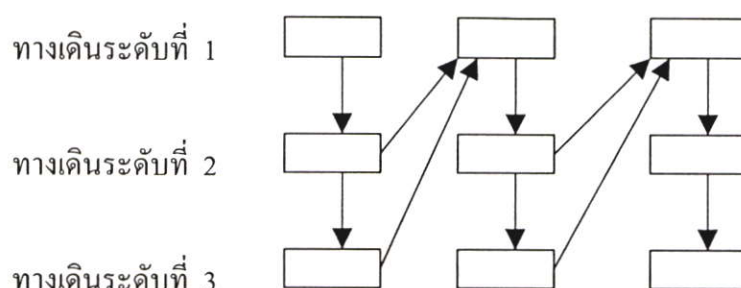
2.3 แบบข้ามและย้อนกรอบ (Gate frames) บทเรียนลักษณะนี้กำหนดผู้เรียนไปยังกรอบต่าง ๆ ตามระดับความสามารถและความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ให้ ในลักษณะเดียวกันกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว ทั้งนี้อาจให้ผู้เรียนข้ามกรอบไปได้หลายกรอบหรืออาจส่ง ผู้เรียนกลับไปยังกรอบที่ผ่านมาแล้ว เพื่อทบทวนเนื้อหาบางส่วนใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 2.51



ภาพที่ 2.51 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ

2.4 แบบทางเดินหลายทาง (Secondary tracks) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้ ประกอบด้วยกรอบในเส้นทางเดินในหลายระดับ เส้นทางเดินระดับที่ 1 เป็นเส้นทางเดินของกรอบ เนื้อหาหลักที่ไม่มีคำอธิบายละเอียดมากนัก ส่วนทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เป็นกรอบ เนื้อหาที่เพิ่มเติมรายละเอียดมากกว่าในกรอบที่อยู่ทางเดินระดับที่ 1 กรอบเนื้อหาที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 1 จะเชื่อมต่อกับกรอบเนื้อหาที่อยู่ทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เส้นทางเดินของผู้เรียนจึงมีหลายเส้นทาง ขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในกรอบทางเดินที่ 1 มากน้อยเพียงใดหรือไม่ กรอบทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 จะให้เนื้อหาระเอียดจากน้อยไปสู่มากตามลำดับ โดย เนื้อหาในกรอบส่วนนี้ จะเป็นเนื้อหาเรื่องเดียวกัน เพียงขยายความหมายของคำบางคำให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



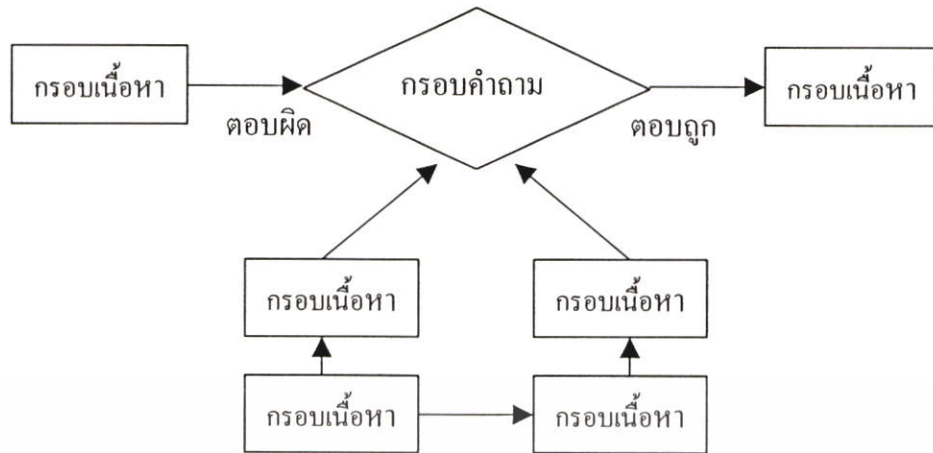
ภาพที่ 2.52 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดียวหลายเส้น

2.5 แบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว (Single remedial branch) บทเรียนลักษณะนี้เริ่มต้นด้วยกรอบเนื้อหา ตามด้วยกรอบคำถามถ้าผู้เรียนตอบถูก หากตอบผิดผู้เรียนก็ได้รับการ ซ่อมเสริมก่อนไปยังเนื้อหาในกรอบต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.53



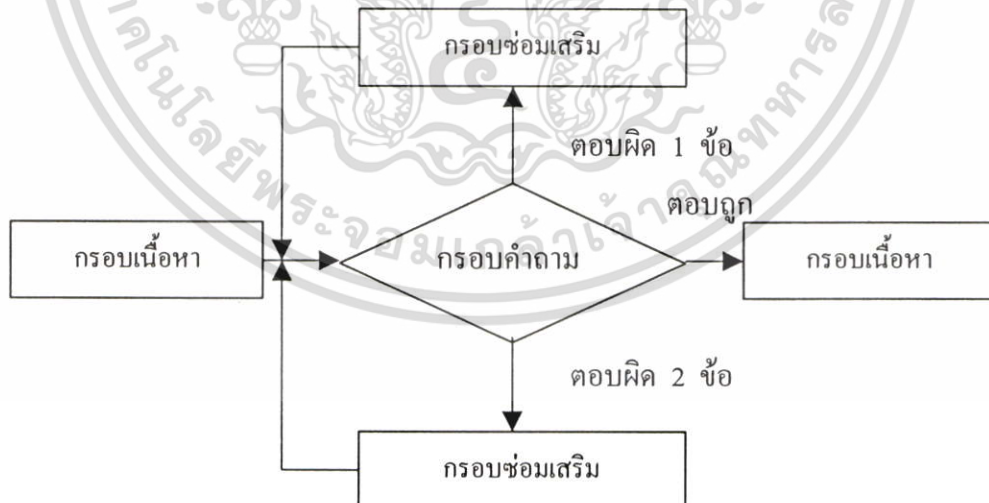
ภาพที่ 2.53 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว

2.6 แบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม (Remedial loops) ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้ คล้ายคลึงกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว ต่างกันที่ แทนที่จะแตกออกเป็นกรอบซ่อมเสริมกรอบเดียว กลับประกอบด้วยกรอบซ่อมเสริมหลายกรอบ เป็นชุดบทเรียนย่อย 5 - 6 กรอบ เพื่อให้ความรู้และข้อมูลที่ผู้เรียนยังขาดอยู่ ก่อนที่จะส่งผู้เรียนกลับไปกรอบเนื้อหาเดิม ดังแสดงในภาพที่ 2.54



ภาพที่ 2.54 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม

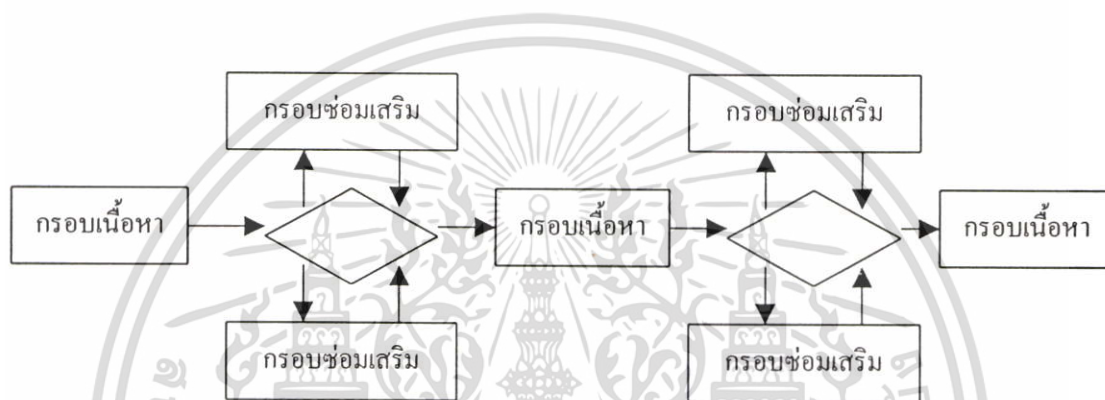
2.7 แบบซ่อมเสริมหลายกิ่ง (Multiple remedial branches) บทเรียนลักษณะเช่นนี้ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่ให้ข้อมูล แล้วตามด้วยกรอบจะมีกิ่งแยกออกมา ตามจำนวนข้อของตัวเลือกในคำถามแบบเลือกตอบนั้น โดยแยกออกมาอย่างน้อย 2 กิ่ง เพื่อไปยังกรอบซ่อมเสริมแล้วจึงจะส่งผู้เรียนมายังกรอบคำถามเดิม เพื่อให้ผู้เรียนตอบคำถามในกรอบนั้นใหม่ และเลือกคำตอบอื่น ดังนั้น จะมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียง 1 คำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกจะเป็นตัวกำหนดบทเรียนว่าจะไปกรอบใดต่อไป นั่นคือ ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้องก็จะไปยังกรอบเนื้อหาใหม่ต่อไป ถ้าผู้เรียนตอบผิด โปรแกรมก็จะส่งไปยังกรอบซ่อมเสริม ก่อนจะกลับมายังคำถามเดิมใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 2.55



ภาพที่ 2.55 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง

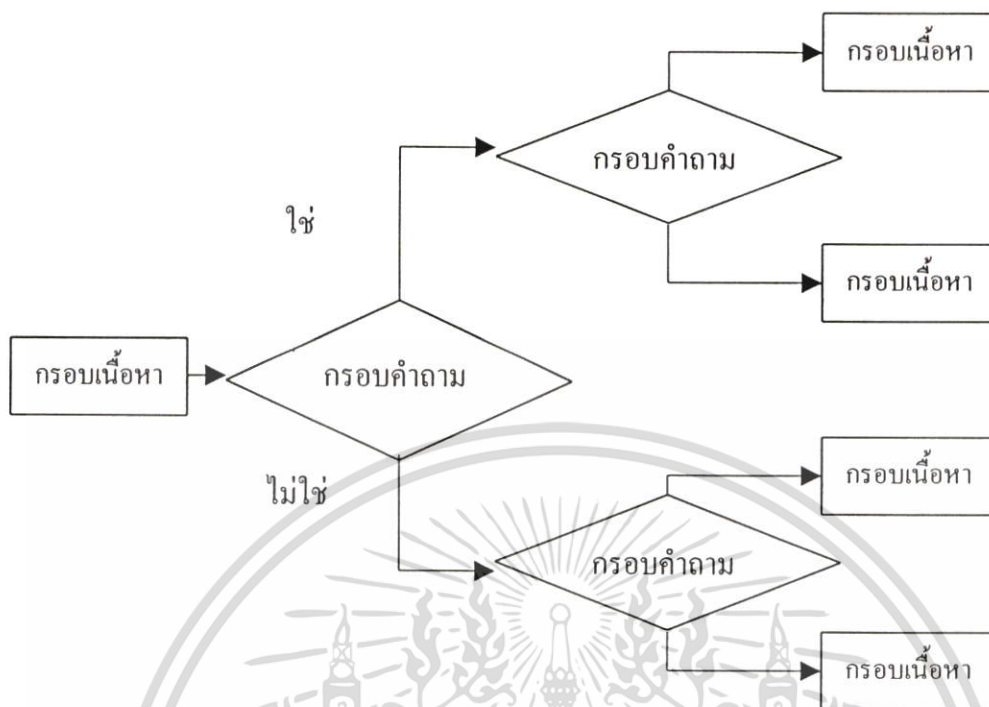
2.8 แบบแตกกิ่งคู่ (Branching frame sequences) บทเรียนในลักษณะนี้ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่แตกเป็นกรอบซ่อมเสริม 2 กรอบ ถ้าผู้เรียนตอบคำถามของกรอบเนื้อหาได้ถูกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องจะทำให้ผู้เรียนผ่านจากกรอบเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกกรอบเนื้อหาหนึ่ง กรอบเนื้อหาแต่ละกรอบ แสดงข้อความ 1 - 2 ย่อหน้า ซึ่งจะเป็นข้อมูล que ผู้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์การแก้ปัญหา และเลือกคำตอบที่มีอยู่ 3 คำตอบ โดยมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียง 1 คำตอบ และคำตอบที่ผู้เรียนเลือก จะเป็นตัวกำหนดว่าจะให้ไปยังกรอบใดต่อไป ถ้าผู้เรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องก็จะไปยังเนื้อหา กรอบต่อไป แต่ถ้าตอบผิดก็จะไปยังกรอบซ่อมเสริม แล้วจึงกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิม เพื่อศึกษา และตอบคำถามใหม่อีกครั้ง ดังนั้น การตอบสนองที่ถูกต้องของผู้เรียนนั้นขึ้นอยู่กับ ความรู้และ ความเข้าใจในเนื้อหา และกรอบซ่อมเสริมทุกรอบ บางคนที่ผ่านมากรอบเนื้อหา และกรอบซ่อมเสริม เพียงบางกรอบ ดังแสดงในภาพที่ 2.56



ภาพที่ 2.56 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งคู่

2.9 แบบกิ่งประกอบ (Compound branches) บทเรียนภาพแบบนี้ใช้กันมากใน การเรียนเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนหรือในสถานการณ์แก้ปัญหา คำถามอยู่ในภาพแบบที่มีคำ ตอบใช่หรือไม่ใช่ กิ่งที่แยกจากแต่ละกรอบคำถามจะแยกไปสู่กรอบเนื้อหาใหม่ ตามพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล ดังแสดงในภาพที่ 2.57



ภาพที่ 2.57 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกึ่งประกอบ

จากการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียนในภาพแบบการนำเสนอบทเรียนที่หลากหลายตามลักษณะเนื้อหาและกิจกรรมในบทเรียน กล่าวคือ ในหน่วยของการทบทวนความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ได้เสนอตามภาพแบบย้อนกรอบ โดยเริ่มต้นด้วยกรอบเนื้อหา ตามด้วยกรอบคำถาม ถ้าผู้เรียนตอบคำถามถูก ก็จะได้ไปยังกรอบเนื้อหาต่อไป หากตอบผิด ผู้เรียนกลับไปยังกรอบเนื้อหาเดิมเพื่อทบทวน

สำหรับเนื้อหาที่เสนอในบทเรียนได้จัดทำเป็นสารบัญชารายการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกเรียน ประกอบด้วย ทบทวนทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร และแบบทดสอบ ซึ่งเนื้อหาแต่ละเรื่องแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย คือการเสนอเนื้อหา ตัวอย่าง และแบบทดสอบท้ายบทเรียน มีภาพแบบการนำเสนอแบบเส้นทางเดียว (Linear program) คือเสนอเนื้อหาและตัวอย่างที่มีลำดับการนำเสนออย่างต่อเนื่องผู้เรียนสามารถเลือกเดินหน้าเพื่อไปยังกรอบต่อไปหรือเลือกเดินถอยหลังเพื่อย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาในกรอบเดิมซ้ำอีกครั้งหนึ่งได้

### 2.2.3 เทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2536 : 1-14) ได้อธิบายถึงเทคนิคในการออกแบบบทเรียนที่ดี คือ การเน้นในเรื่องความสำคัญของการใช้ภาพเพื่อเป็นสื่อกลางในการออกแบบบทเรียน และในขณะเดียวกันก็เน้นถึงการใช้คำถามที่สั้นและสื่อความหมายได้ดี ดังนั้นบทเรียนส่วนใหญ่จึงมีการ

ผสมผสานของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบการให้ตัวอย่างที่เป็นภาพธรรมและการให้

ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นภาพ สารสำคัญอย่างหนึ่งคือภาพแบบของการเขียนบทเรียนซึ่งเกี่ยวกับขั้นตอนของการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนดังกล่าวดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 เหตุการณ์ของ Gagne' คือ

1. ได้รับความสนใจ (Gain Attention) ก่อนจะเริ่มเรียนนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนควรได้รับแรงกระตุ้นและแรงจูงใจให้อยากที่จะเรียน ดังนั้นบทเรียนจึงควรเริ่มด้วยลักษณะการใช้ภาพสี และเสียงหรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่าง โดยสิ่งที่สร้างขึ้นมานั้นมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหา และน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลต่อความน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลต่อความน่าสนใจจากผู้เรียน และเป็น การเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาไปในตัวตามลักษณะบทเรียน CAI การเตรียมและการกระตุ้นผู้เรียนในขั้นแรกคือการสร้างบทนำของบทเรียนนั่นเอง ข้อสำคัญประการหนึ่งในขั้นนี้คือ บทนำนั้นควรจะออกแบบเพื่อให้สายตาสู่ผู้เรียนอยู่ที่จอภาพไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์ แต่หากว่าบทนำดังกล่าวต้องการตอบสนองจากผู้เรียน โดยผ่านทางแป้นพิมพ์ก็ควรเป็นการตอบสนองที่ง่าย ๆ เช่น การกดแคร่ยาว (Space bar) หรือด้วยการกดคีย์ตัวใดตัวหนึ่ง เพื่อที่จะได้รับความสนใจของผู้เรียน

2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) การบอกวัตถุประสงค์ของการเรียนในบทเรียน คอมพิวเตอร์นั้น นอกจากผู้เรียนจะารู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้วยังเป็นการบอกผู้เรียนถึงเค้าโครงของเนื้อหาด้วย และการที่ผู้เรียนทราบถึงเค้าโครงของเนื้อหาอย่างกว้าง ๆ นี้เองจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวความคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้อง และสัมพันธ์กับเนื้อหาในส่วนใหญ่ได้ ซึ่งจะมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้น นอกจากนี้จะมีผลดังกล่าวแล้ว การวิจัยยังพบว่าผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนบทเรียนจะสามารถจำและเข้าใจในเนื้อหาได้ดีอีกด้วย การบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียน CAI นั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความที่ปรากฏบนจอควรเป็นข้อความที่สั้น และได้ใจความและถ้าเป็นไปได้ควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ดังนั้นการบอกวัตถุประสงค์กว้าง ๆ ของบทเรียน CAI จึงนิยมใช้ข้อความสั้น ๆ และโน้มน้าวจิตใจผู้เรียน ส่วนจะบอกวัตถุประสงค์กว้าง ๆ หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เรียนและเนื้อหาของบทเรียน

3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) ก่อนที่จะให้ความรู้ใหม่แก่ผู้เรียนซึ่งในส่วนของเนื้อหาและแนวความคิดนั้นๆ ผู้เรียนอาจจะไม่มีพื้นฐานมาก่อน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบโปรแกรมควรต้องหาวิธีการประเมินความรู้เดิมในส่วนที่ จำเป็นก่อนที่จะรับความรู้ใหม่ ทั้งนี้ นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว ยังเป็นการทบทวนหรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนได้รู้มาก่อนในกรณีผู้เรียนมีพื้นฐานมาแล้ว เพื่อช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่อีกด้วย ในขั้นทบทวนความรู้เดิมนี้อาจจำเป็นต้องทำการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นเป็นชุดบทเรียนที่เรียนต่อกันไปตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิมอาจเป็นไปในภาพแบบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนมาก่อนหน้านี้ การกระตุ้นดังกล่าวต้องมีความเหมาะสมของเนื้อหาด้วย

4. การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การเสนอภาพเกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบด้วยคำพูดที่สั้น ๆ และได้ใจความ เป็นหัวใจที่สำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูด (คำอ่าน) เพียงอย่างเดียว ภาพช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้จริงอยู่ว่า บางมโนทัศน์นั้นมีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบวิธีหนึ่งที่ขอเสนอแนะในที่นี้คือ วิธีการสร้างภาพจากความหมายของมโนทัศน์ นอกจากจะใช้ภาพเปรียบเทียบเพื่อช่วยอธิบายความหมายนามธรรมดังกล่าว การใช้แผนภูมิ แผนภาพ หรือแผนสถิติเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบโปรแกรมควรคำนึงถึงอยู่เสมอ

5. ชี้นำทางการเรียนรู้ (Guide Learning) ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบการนำเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน ทฤษฎีบางทฤษฎีได้กล่าวว่าการเรียนรู้ที่กระจำซัดนั้น ทางเดียวที่จะเกิดขึ้นได้ก็คือการที่ผู้เรียนได้วิเคราะห์ และตีความในเนื้อหาใหม่บนพื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิมรวมกันเป็นความรู้ใหม่ หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนในขั้นนี้คือ พยายามหาเทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้นยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจำซัดเท่าที่จะทำได้ เทคนิคการให้ตัวอย่าง และให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง อาจช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจมโนทัศน์ต่าง ๆ ชัดเจนขึ้น ในบางเนื้อหาผู้ออกแบบบทเรียน CAI อาจใช้หลักของ “Guided Discovery” ซึ่ง หมายถึง การพยายามให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลค้นคว้า วิเคราะห์ หากคำตอบด้วยตนเอง โดยการออกแบบบทเรียนจะค่อย ๆ ชี้นำจากจุดกว้าง ๆ และแคบลง จนผู้เรียนหาคำตอบได้เอง เทคนิคการให้ตัวอย่าง และให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างจะช่วยในขั้นนี้ นอกจากนั้นการใช้คำพูดให้ผู้เรียนคิดก็เป็นเทคนิคอีกประการหนึ่งที่นำเข้าไปใช้

6. การกระตุ้นตอบสนอง (Elicit Responses) ทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎีกล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา การคิด การตอบ ในด้านของการจดจำนั้น ย่อมจะดีกว่าผู้เรียนโดยการอ่านหรือการคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว คอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์หลาย ๆ อย่าง เช่น วิดีทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์-เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบ Non-interactive คือการเรียนจากคอมพิวเตอร์นั้น ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมหลายลักษณะ แม้จะเป็นการแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรม และการโต้ตอบกับเครื่องก็สามารถทำได้ กิจกรรมเหล่านี้เองที่ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่าย และเมื่อมีส่วนร่วมส่วนคิด การคิดนำหรือคิดตาม ย่อมมีส่วนร่วมประสานให้โครงสร้างของการจำดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) การวิจัยพบว่าบทเรียน CAI นั้นจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนมากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทายผู้เรียน โดยการบอกจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนและให้ข้อมูลกลับเป็นภาพจะช่วยเร่งความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าภาพนั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นภาพอาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูว่าหากผิดพลาดมาก ๆ แล้วจะเกิดอะไรขึ้นวิธีหลีกเลี่ยงคือควรให้ภาพในทางบวกเมื่อตอบถูกเท่านั้นหากตอบผิดจะไม่เกิดอะไรขึ้น

8. ทดสอบความรู้ (Assess Performance) บทเรียน CAI จัดเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม การทดสอบความรู้ใหม่ อาจจะเป็นการทดสอบระหว่างเรียน หรือการทดสอบตอนท้ายของบทเรียน เป็นสิ่งที่จำเป็น การทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตัวเอง การทดสอบเพื่อเก็บคะแนน หรือจะเป็นการทดสอบเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไปหรือยังอย่างไรอย่างหนึ่งก็ได้ การทดสอบดังกล่าวนอกจากจะเป็นการประเมินการเรียนแล้ว ยังมีผลในการจำระยะยาวของผู้เรียนด้วย ข้อสอบจึงควรถามเรียงตามลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้น ๆ

9. การจำและการนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติ ตามข้อเสนอแนะของ Gagne' นั้นในขั้นสุดท้ายนี้จะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหาก่อนจบบทเรียน ในขั้นนี้เองที่ผู้สอนจะต้องแนะนำการนำความรู้ไปใช้ ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน CAI จึงควรบอกให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้ หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยอย่างไร ทบทวนแนวคิดที่สำคัญเพื่อเป็นการสรุป เสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจถูกนำไปใช้ประโยชน์ บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่ เป็นประโยชน์ต่อเนื้อ

ขั้นการสอน 9 เหตุการณ์ของ Gagne' นี้เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้ดีโดย วัตถุประสงค์ของโมเดลดังกล่าวนี้เป็นการวางแผนการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียน CAI คือการพยายามทำให้ผู้เรียนมีความรู้ใกล้เคียงกับการเรียนรู้จาก ผู้สอนโดยตรง ดังนั้นขั้นการสอนดังกล่าวจึงถูกนำมาดัดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของ คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ขั้นการออกแบบบทเรียนทั้ง 9 เหตุการณ์นี้ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไป เป็นลำดับและไม่เป็นลำดับและไม่จำเป็นว่าจะต้องครบทั้ง 9 ขั้น ใครจะออกแบบบทเรียนโดยใช้ เทคนิคการนำเสนอแบบใดหรือครอบคลุมขั้นการสอนอย่างไร ขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำเสนอและ เนื้อหาของบทเรียนนั้น ๆ ด้วย การยึดถือขั้นการออกแบบบทเรียนทั้ง 9 ขั้น เป็นหลักและในขณะ เดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำ ๆ กันจนน่าเบื่อก็เป็นวิธีอีกอย่างหนึ่งที่ผู้ออก แบบบทเรียน CAI ควรจะคำนึงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวิทย์ บึงสว่าง (2537) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ ดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหารายวิชา
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
3. ศึกษาโปรแกรม Authoware Professional
4. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยศึกษารายละเอียด

ตลอดจนวิธีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากตำรา เอกสาร วารสาร รวมทั้งผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. กำหนดภาพแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
6. ออกแบบบทเรียน โดยเน้นในเรื่องการใช้ภาพ เนื้อหา คำถามที่สั้น ได้ใจความ ผสมผสานกับกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นสื่อกลางในการออกแบบ บทเรียนแล้วนำมาสร้างเป็นผังงาน
7. นำผังงานที่สร้างเสร็จแล้วมาเขียนสคริปต์เป็นการเตรียมการนำเสนอภาพ ตัวอักษร รวมทั้งสื่อมัลติมีเดียในภาพแบบต่าง ๆ
8. นำสคริปต์ที่สร้างมาเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Authoware Professional ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของประวิทย์ บึงสว่าง มาเป็นแบบอย่างในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง 8 ขั้นตอน และการได้ใช้เทคนิคการนำเสนอโดยการยึดถือขั้นตอนการออกแบบบทเรียนทั้ง 9 เหตุการณ์เป็นหลัก เน้นในเรื่องความสำคัญของการใช้ภาพเพื่อเป็นสื่อกลางในการออกแบบบทเรียน และในขณะเดียวกันก็เน้นถึงการใช้คำถามที่สั้นและสื่อความหมายได้ดี ดังนั้นบทเรียนส่วนใหญ่จึงมีการผสมผสานของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบการให้ตัวอย่างที่เป็นภาพธรรมและการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นสำคัญ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น

#### 2.2.4 หลักการคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมุ่งที่จะนำมาใช้เป็นการเรียนการสอนที่จะเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตของการเรียนการสอนให้มีคุณภาพสูงสุด นักจิตวิทยาทางการศึกษาได้กล่าวว่าการเรียนการสอนที่ดีจะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ 5 ประการ คือ (สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดสระแก้ว. 2541 : 2 - 3)

1. แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นตอน ๆ มีความยาวเหมาะสมด้วยวุฒิภาวะทางการรับรู้ของผู้เรียน (Gradual Approximation)
2. จัดประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกิจกรรมอย่างกระฉับกระเฉง (Active Participation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จัดประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนและกิจกรรมที่ปฏิบัติทันทีที่ปฏิบัติสำเร็จ (Immediately Feedback)

4. จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์อย่างต่อเนื่อง (Successive Experience)

5. จัดประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์เสริม (Positive Reinforcement)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นบทเรียนที่ให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยตนเอง อาจจะเรียน 1 คน 2 คน หรือเรียนเป็นกลุ่ม มีหลักการสร้างบทเรียนเช่นเดียวกับการสร้างบทเรียนสำเร็จภาพทั่ว ๆ ไป คือยึดหลักทฤษฎีการวางเงื่อนไขหรือทฤษฎีการเสริมแรงของสกินเนอร์เป็นหลัก บทเรียนเป็น สิ่งเร้าหรือเงื่อนไข ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติหรือตอบสนอง โดยแบ่งเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ให้ผู้เรียนตอบสนอง และหลังจากได้ตอบสนองแล้ว มีการแจ้งผลย้อนกลับทันทีและให้แรงเสริม ดังนั้นในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพและบรรลุตามจุดประสงค์ของบทเรียนนั้น จำเป็นต้องออกแบบบทเรียนและมีการวางแผนอย่างดี

### 2.3 สถานการณ์จำลอง

Alessi and Trollip (1985 : 161-171) ได้กล่าวถึงการใช้สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนว่า “สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอน เป็นวิธีการเลียนแบบหรือสร้างสถานการณ์เพื่อทดแทนสภาพจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นการจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยมีส่วนเข้าไปร่วมเกี่ยวข้อง เช่น การควบคุมเหตุการณ์ การตัดสินใจ การโต้ตอบกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองได้ โดยที่ในชีวิตจริงผู้เรียนอาจไม่สามารถแสดงปฏิกิริยาในสิ่งที่ เป็นจริงได้ สถานการณ์จำลอง จะลดความยุ่งยากซับซ้อนของเหตุการณ์จริง เช่น ลดรายละเอียด โอกาสที่จะเกิดขึ้น เป็นต้น ในสถานการณ์จำลองผู้เรียนต้องเรียนรู้การปฏิบัติในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การใช้สถานการณ์จำลองมีจุดมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้นักเรียนได้สร้างภาพแบบ การตอบสนองที่เป็นประโยชน์กับเหตุการณ์จริงของโลก เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ”

โปรแกรมสถานการณ์จำลอง มีความแตกต่างจากโปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา ตรงที่โปรแกรมการสอนแบบเนื้อหา จะเน้นการช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการเสนอเนื้อหาให้ แล้วใช้คำถาม การตอบที่เหมาะสม เพื่อประเมินการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงในกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำลองสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

ดังนั้น สถานการณ์จำลอง จึงเป็นการจำลองเหตุการณ์เพื่อเลียนแบบ ให้มีลักษณะ คล้ายคลึงกับสภาพความเป็นจริง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาจากเหตุการณ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นงนุช วรธนวหะ (2535 : 27-28) ได้แบ่งประเภทคอมพิวเตอร์แบบสถานการณ์จำลอง เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ (Physical Simulation) โปรแกรมประเภทนี้มักจะจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกล เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้ วิธีการบังคับให้เครื่องกลนั้น ๆ ทำงานหรือเกี่ยวข้องกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ในห้องปฏิบัติที่จะต้องใช้ทดลอง เช่น สถานการณ์จำลองเกี่ยวกับการขับเครื่องบินที่ยุ่งยากซับซ้อน

2. การจำลองสถานการณ์เชิงขั้นตอนการทำงาน (Procedural Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเน้นการเรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการทำงานของเครื่องมือ โดยผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านเครื่องมือจำลอง เพื่อเน้นการฝึกทักษะ และการกระทำที่จำเป็นต่อการควบคุมให้เครื่องมือเหล่านั้นทำงาน เช่น โปรแกรมที่จำลองความสำคัญของอุปกรณ์การบินของเครื่องบิน เป็นต้น

3. การจำลองสถานการณ์เชิงเหตุการณ์ (Situational Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะเกี่ยวข้องกับทัศนคติ ความคิดเห็น และพฤติกรรมของมนุษย์ในเหตุการณ์ต่าง ๆ มากกว่าการเน้นการฝึกทักษะ ลักษณะโปรแกรมนี้จะแตกต่างจากโปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงขั้นตอนกระบวนการ ซึ่งเน้นการสอนกฎเกณฑ์ นั่นคือ โปรแกรมสถานการณ์จำลองเชิงเหตุการณ์ทั่วไป จะเน้นให้ผู้เรียนค้นหาผลลัพธ์ เนื่องจากการใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ผู้เรียนอาจเป็นส่วนหนึ่งหรือ อาจให้ผู้เรียนเล่นบทบาทหนึ่ง และมีผู้เรียนอื่นเล่นอีกบทบาทหนึ่งของฝ่ายตรงข้ามใน โปรแกรมเดียวกัน

4. การจำลองสถานการณ์เชิงกระบวนการ (Process Simulation) โปรแกรมลักษณะนี้จะแตกต่างจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์ประเภทอื่น ๆ คือ ผู้เรียนไม่ได้ร่วมมีบทบาทในโปรแกรม เช่นเดียวกับประเภทที่ได้กล่าวมาแล้วทั้ง 3 ลักษณะ โปรแกรมลักษณะนี้ ผู้เรียนจะสังเกตกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่เข้าไปขัดจังหวะ เพียงแต่เลือกค่าของตัวแปรในการจำลอง โดยสามารถเร่งลดความเร็วของสถานการณ์จำลองนั้น เช่น โปรแกรมด้านเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต หรือโปรแกรมสำหรับการคาดคะเนจำนวนประชากร กลุ่มต่าง ๆ เป็นต้น

Ellington, Addinall and Percival (1981 : 77-8) อ้างถึงใน ประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 66-77) ได้แบ่งสถานการณ์จำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สถานการณ์จำลองการทดลองที่ทำได้ยากลำบาก หรือทำไม่ได้ เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการเคลื่อนที่ของดาวเทียม เป็นต้น

2. สถานการณ์จำลองที่ไม่สามารถจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้ หรือวัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาแพง เช่น การสร้างสถานการณ์จำลองการทดลองด้านนิวเคลียร์เตาปรมาณู และกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการ Haber ซึ่งเป็นกระบวนการทางอุตสาหกรรมทางเคมี ในการผลิตก๊าซแอมโมเนียมาจากก๊าซไนโตรเจน และก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การควบคุมอุณหภูมิ และใช้ความดันสูงมากในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สถานการณ์จำลองการทดลองที่ไม่สามารถปฏิบัติจริงได้ เพราะอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ทดลอง และสภาพแวดล้อม เช่น การทดลองเกี่ยวกับสารกัมมันตภาพรังสี หรือสารพิษที่มีอันตราย

4. สถานการณ์จำลองการทดลองที่เป็นการทดลองจริง ต้องใช้เวลาในการทดลองยาวนานมาก เช่น การสำรวจจำนวนประชากร หรืออายุของสิ่งต่าง ๆ โดยวัดจากการเสื่อมสลายของสารกัมมันตภาพรังสีในวัตถุต่าง ๆ

Alessi and Trollip (1985 : 176-192) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบโดยทั่วไปของโปรแกรมสถานการณ์จำลอง ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ

### 1. ส่วนนำ

ส่วนนำได้แก่

วัตถุประสงค์ โดยปกตินักเรียนจะคุ้นเคยวิธีการเรียนรู้แบบสถานการณ์จำลองน้อยกว่า การเรียนรู้แบบการสอน การฝึกปฏิบัติ และแบบทดสอบ ดังนั้น การเน้นวัตถุประสงค์ในโปรแกรมสถานการณ์จำลอง จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการแนะนำนักเรียน เพื่อไปสู่เป้าหมายของการสอน และควรทำให้ทราบอย่างชัดเจนว่าอะไรคือวัตถุประสงค์ของกิจกรรมด้วย

คำแนะนำ การให้คำแนะนำอย่างชัดเจนและสมบูรณ์เป็นสิ่งที่สำคัญเพราะนักเรียนจะสนใจในกิจกรรม ซึ่งซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อย ๆ จึงมีการให้คำแนะนำมากกว่าการเฉลยคำแนะนำจะต้องมีการอธิบายอย่างละเอียดก่อนที่นักเรียนจะเริ่มเรียนในบทเรียนสถานการณ์จำลอง

เปิดฉาก หลังจากหน้าชื่อเรื่อง วัตถุประสงค์ และคำแนะนำแล้ว การเรียนรู้แบบสถานการณ์จำลองควรมีการสร้างภาพ สำหรับบทเรียนด้วย เรียกว่า “การเปิดฉาก” ซึ่งอธิบายถึงเนื้อหาของสถานการณ์จำลองที่มีอยู่จริงทางกายภาพ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ศึกษาอย่างชำนาญ

### 2. การนำเสนอเนื้อเรื่องและปฏิกริยาตอบโต้

แบบสถานการณ์จำลอง ไม่สามารถแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ เหมือนกับแบบการสอนเนื้อหาและแบบการฝึก เพราะแบบสถานการณ์จำลองจะเป็นการรวมทุกอย่างเข้ามาไว้ในสถานการณ์ ลักษณะสำคัญของสถานการณ์ประกอบด้วยเนื้อหาของสถานการณ์จำลอง คือระบบหรือปรากฏการณ์ที่กำลังถูกจำลองเป็นภาพธรรมทางกายภาพ วิธีการ และส่วนของสถานการณ์ ที่ผู้เรียนก็เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่โปรแกรมนั้นจำลองอยู่ เนื้อหาแต่ละอย่าง สร้างขึ้นมาจากองค์ประกอบจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นตัวกำหนดตามธรรมชาติของตัวมันเอง และธรรมชาติของการมีส่วนร่วมกับสถานการณ์นั้น ๆ องค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่

วัตถุ วัตถุในเนื้อหา คือภาพธรรมทางกายภาพ ภาพภาพ หรือคำอธิบายนั่นเอง ตัวอย่างของวัตถุ ได้แก่ เครื่องบิน อุปกรณ์และสารเคมี โทรศัพท์ เครื่องยนต์รถยนต์ วัตถุที่ไม่มีใครรู้จัก การสมัครงาน ป้ายบอกทาง สัตว์ สถานการณ์อาจจะเกี่ยวข้องกับวัตถุประเภทเดียว เช่น เปียโนหนึ่งตัว ในขณะที่สิ่งอื่นอาจจะเกี่ยวข้องกับหลาย ๆ สิ่ง เช่น ผู้คนหลายประเภทในโรงเรียนประถม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่บนเว็บไซต์ของสถาบันการศึกษา  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ใช่เป็นสิ่งจำเป็น ที่จะทำให้สถานการณ์จำลองซับซ้อนมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น การจัดสร้าง โปรแกรมหรือทำขึ้นเพื่อใช้ แต่เป็นสิ่งปกติธรรมดา ที่การดำรงอยู่ หรือการขาดหายไปของ ประชาชน ในฐานะของวัตถุเป็นการเพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น กฎระเบียบที่ควบคุมพฤติกรรม มนุษย์นั้น มีความเข้าใจน้อยกว่ากฎระเบียบที่ควบคุมพฤติกรรมของเครื่องบิน เปียโน และสัตว์

**ความชัดเจน** การดำรงอยู่หรือขาดหายไปของประชาชนซึ่งอยู่ฐานะของวัตถุในเนื้อหานั้น จะ เกี่ยวข้องกับความชัดเจนของเนื้อหา คำว่าความชัดเจนจะเกี่ยวโยงถึงความเข้าใจที่มีต่อสิ่งที่ถูก กระตุ้นว่าดีเพียงใด เนื้อหาที่มีความชัดเจนที่สุดจะอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ เช่น เมื่ออุปกรณ์ในการกลั่น ถูกทำให้ร้อน หรือเมื่อน้ำหนัก 8 ปอนด์ ตกจากที่สูง 10 ฟุต หรือสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ อาจ จะมีองค์ประกอบของโอกาสหรือความเป็นไปได้ด้วย นั่นคือ องค์ประกอบบางอย่าง ซึ่งมีอิทธิพล ต่อวัตถุอาจจะไม่ทราบ หรือกำหนดไม่ได้

**ระดับความเป็นจริง** ระดับของความเป็นจริง ของสถานการณ์จำลองนั้นเกี่ยวข้องกับ เนื้อหาที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริง ซึ่งระดับของความเป็นจริงมีอยู่ 3 ระดับ คือ

1. เนื้อหาที่เกิดขึ้นในขณะที่ถูกจำลองสถานการณ์ ซึ่งรวมทั้งสถานการณ์จำลองที่ได้ถูก อธิบาย
2. เนื้อหาที่เกิดขึ้นแต่ไม่ได้ถูกจำลองสถานการณ์ เช่น เมื่อนักเรียนแสดงเป็นปลาใน ทะเลสาบ หรืออัตราการเกิดของประชากรเพิ่มขึ้น 2 เท่า ในประเทศ
3. เนื้อหาที่เกิดจากจินตนาการ ซึ่งจะเกิดขึ้นไม่ได้เลย เช่นปราสาทที่มีมังกร สงคราม ยานอวกาศ เป็นต้น เนื้อหาที่เป็นจริงนั้น จะ ไม่น้อยกว่า เนื้อหาในจินตนาการ แต่เนื้อหาเป็นจริง จะมีจุดประสงค์และข้อดีต่าง ๆ มากกว่า

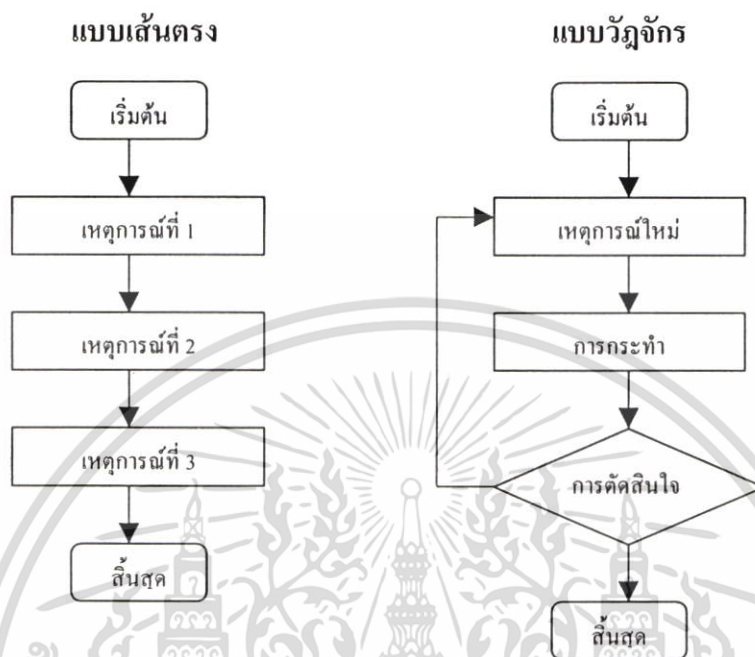
**ความสัมพันธ์ของเนื้อหา กับเป้าหมายในการสอน** ถ้าเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ โดยตรงกับสิ่งที่ จะ ต้องเรียน เราเรียกว่า “สิ่งที่เป็นตัวตน” ถ้าเกี่ยวข้องกับเฉพาะสิ่งซึ่งกำลังถูกเรียน เราเรียกว่า “สิ่งที่ เกี่ยวข้อง” และถ้าไม่มีความเกี่ยวพันโดยตรงของทั้งสองอย่าง จะเรียกว่า “สิ่งที่เลือกตามความ พอใจ” ความสัมพันธ์ทั้งสามนี้ จะสามารถ แสดงได้ด้วยภาพในลักษณะของภาพสามเหลี่ยม



ภาพที่ 2.58 ภาพความสัมพันธ์ของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์จำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

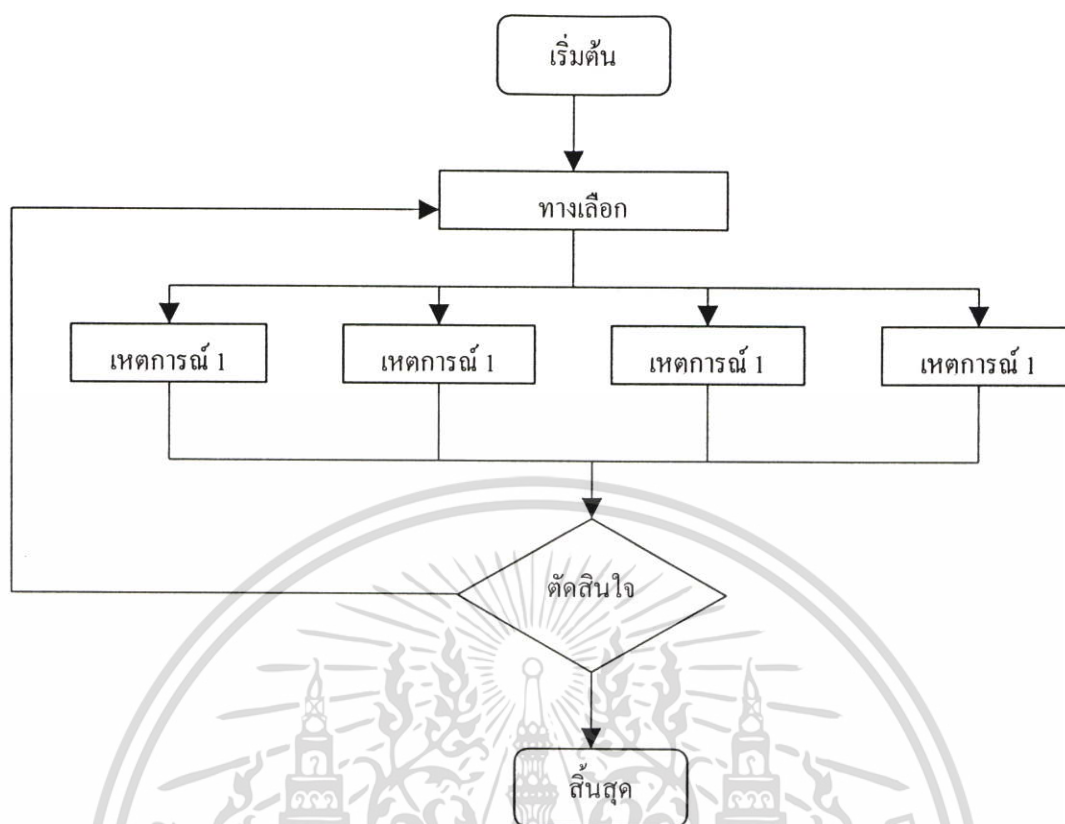
ลำดับขั้นตอน ขั้นตอนของเนื้อหา เกี่ยวข้องกับว่าเหตุการณ์เกิดขึ้นใกล้จะเป็นเส้นตรง เป็นวัฏจักร หรือว่ามีลักษณะซับซ้อนหรือไม่



ภาพที่ 2.59 ภาพแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองแบบเส้นตรงและแบบวัฏจักร

จำนวนคำตอบ การค้นพบของสถานการณ์จำลอง จะเกี่ยวข้องอย่างมากกับความเชื่อถือของสถานการณ์ เนื้อหาบางอย่างไม่มีคำตอบเพราะ ไม่มีคำตอบที่ถูกและผิด กรณีเช่นนี้นักเรียนสามารถใช้สถานการณ์จำลองในการสังเกตผลได้ง่ายดาย เนื้อหาอื่น ๆ โดยเฉพาะเรื่องวิธีการขั้นตอนที่มีลำดับที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว หรือไม่ถูกต้อง เมื่อมีการสร้างสถานการณ์จำลอง ต้องทำให้เนื้อหาที่แท้จริง มีความเป็นไปได้ในภาพแบบของความสะดวกและมีประสิทธิภาพ

กรอบของเวลา กรอบของเวลาเนื้อหา ก็คือระยะเวลาซึ่งจะเกิดขึ้นตามปกติเหตุการณ์ในด้านสาขาวิชาฟิสิกส์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น แสงเดินทางผ่านเลนส์ เกิดขึ้นหนึ่งส่วนพันล้านวินาที การผสมพันธุ์และการเลี้ยงแมวที่ใช้เวลาสัปดาห์ การก่อตัวของภูเขาและแม่น้ำใช้เวลา 1 ล้านปี สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้สามารถจำลองได้ แต่ยังมีกรอบของเวลาปรากฏการณ์จริงสูงเท่าไรการจำลองที่เป็นจริง ในมิติเหล่านี้ยิ่งน้อยลง อย่างไรก็ตามเป็นที่แน่ชัดแล้วว่า เหตุการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งเกิดเร็วสุดหรือช้าที่สุด สถานการณ์จำลองก็จะทำได้ดีแบบซับซ้อน



ภาพที่ 2.60 ภาพแบบโปรแกรมสถานการณ์จำลองแบบซับซ้อน

## 2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมใช้งานในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่

### 2.4.1 โปรแกรม Authorware Version 6

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมประเภท Authoring System ที่ใช้สำหรับการสร้างแอปพลิเคชันในระบบมัลติมีเดีย ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอผลงาน การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือแม้กระทั่งเกม ด้วยการออกแบบการทำงานที่ใช้หลักการวางสัญลักษณ์หรือไอคอน (Icon) บนเส้นลำดับบทเรียน (Flowline) ตามลำดับ การทำงานเหมือนกับการเขียนผังงาน (Flowchart) เพื่อที่จะออกแบบโปรแกรม หรือการวางแผนงานต่าง ๆ ทำให้แม้แต่ผู้ที่ไม่ได้เป็นโปรแกรมเมอร์ก็สามารถที่จะสร้างงานขึ้นมาได้โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับภาษาโปรแกรม (สุธีร์ กิจฉวี และ อรนุช อุทานนท์. 2541 : 9) ทั้งนี้เพราะว่ามีคุณสมบัติสามประการที่สนับสนุนงานสร้าง ออกแบบแอปพลิเคชัน รวมทั้งการกระจายไปยังผู้ใช้ได้แก่

**Object Authoring** ด้วยการออกแบบโปรแกรมด้วยเทคนิค Object Authoring ทำให้ผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคยกับการออกแบบโปรแกรม หรือผู้ที่มีประสบการณ์มาแล้วก็ตาม สามารถทุ่มเทความสนใจไปยังรายละเอียดของเนื้อหาวิชา และวิธีการ ได้ตอบของผู้เรียน โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับ

การเขียนโปรแกรม การใช้สัญลักษณ์ แทนคำสั่งทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรแกรมที่มีคุณภาพสูง ได้อย่างง่ายดาย โดยภายในแต่ละแอปพลิเคชันที่สร้างโดยโปรแกรม Authorware สามารถใช้ไอคอนได้ถึง 16,000 ไอคอน หรือมากกว่าใน Version ใหม่ ๆ

**Multimedia Tools** ในโปรแกรม Authorware ประกอบด้วยเครื่องมือด้านมัลติมีเดียอย่างพร้อมมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างแอปพลิเคชัน ที่ประกอบด้วยข้อความ ภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอ เข้าด้วยกัน ทำให้เป็นแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียนการสอน การอ้างอิง จำลองการทำงานในการนำเสนอ สินค้า และการโฆษณา

การออกแบบโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้หลายระบบ ทำให้ผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นบนเครื่อง Macintosh หรือภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ที่อยู่บนเครื่อง PC มีการทำงานที่เหมือนกัน และสามารถติดต่อไปยังทรัพยากรภายนอกระบบได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระบบฐานข้อมูล หรือระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย คำสั่งในการทำงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง Macintosh หรือรุ่นที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในส่วนของมัลติมีเดีย และการทำงานของโปรแกรมในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

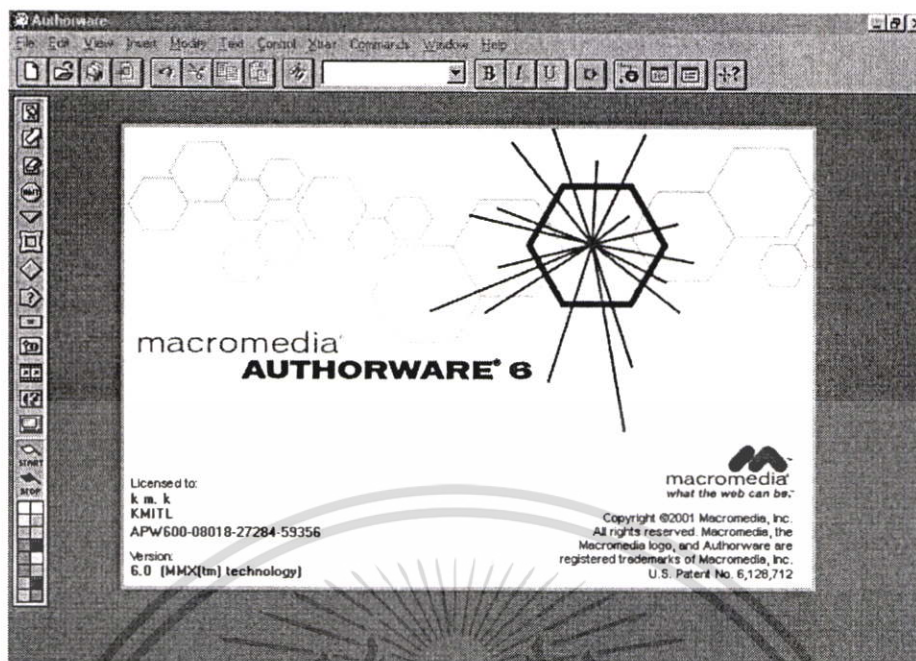
การทำงานด้วยการใช้สัญลักษณ์ คำสั่งในโปรแกรม Authorware ถูกออกแบบไว้ในลักษณะที่เป็นสัญลักษณ์จำนวน 14 ตัว ซึ่งสัญลักษณ์แต่ละตัวจะใช้แทนคำสั่งในการพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งมีความง่ายในการใช้งานเมื่อเลือกสัญลักษณ์ หรือคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดหรือคำสั่งเพิ่มเติมที่จำเป็นในการทำงานของสัญลักษณ์นั้น ๆ ให้เลือกไม่ว่าเป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับลอจิกของโปรแกรม หรือคำสั่งในที่ทำงานเป็นมัลติมีเดีย

**วิธีพัฒนาโปรแกรม** ลักษณะการทำงานประกอบด้วยไอคอน ที่จะเรียงลงบนเส้นลำดับบทเรียน เป็นการกำหนดลอจิกในการทำงาน โปรแกรม นอกจากนี้ยังมีคำสั่งที่เป็นเมนูเพื่อกำหนดรายละเอียดของการทำงาน สามารถกำหนดรายละเอียดของโปรแกรม เช่น ขนาด หรือภาพแบบของ Presentation Window เลือกลักษณะการทำงานของโปรแกรมว่าให้ทำต่อจากที่ค้างไว้ หรือเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งที่เราเรียก รวมทั้งสามารถกำหนดชื่อของโปรแกรม เป็นต้น

คำสั่ง **Try it** ทำให้ผู้ที่พัฒนาโปรแกรมสามารถทดสอบโปรแกรมได้โดยง่าย คำสั่ง Start Flag, Stop Flag ช่วยให้การทดสอบและแก้ไขโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ ได้ รวมทั้งการเลือกทดสอบโปรแกรมในแต่ละส่วน

คำสั่ง **Package** เป็นคำสั่งที่ช่วยในการจัดเตรียมแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้โดยไม่ต้องติดตั้งตัวโปรแกรมไปด้วย ทำให้การกระจายแอปพลิเคชันเป็นไปอย่างสะดวก หรือในกรณีที่ต้องการลดขนาดของแอปพลิเคชันลงก็สามารถทำได้ แต่ในการเรียกใช้งานต้องเรียกผ่านระบบของโปรแกรม Authorware เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.61 หน้าต่างโปรแกรม Authorware

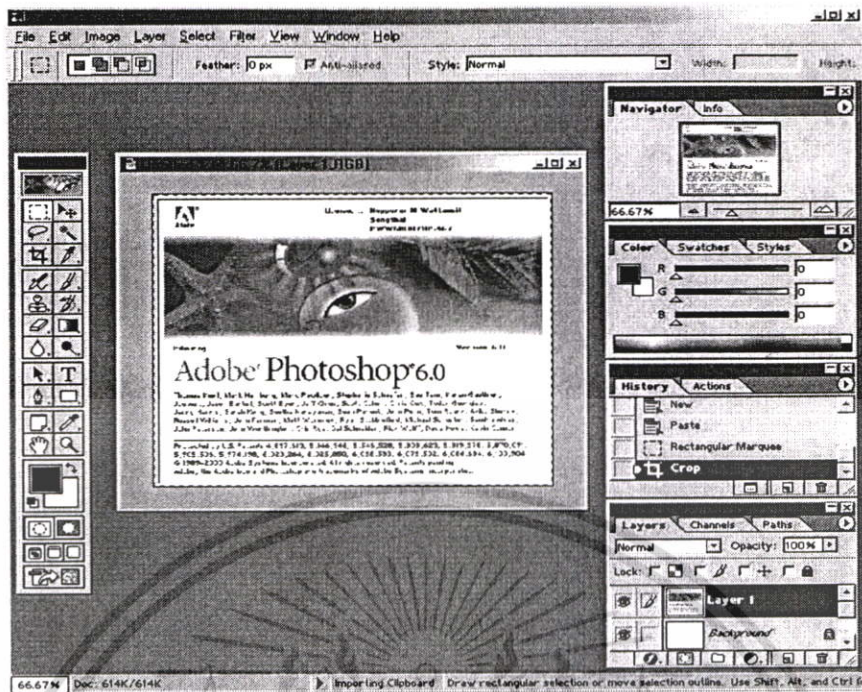
#### 2.4.2 โปรแกรม Adobe Photoshop Version 6.0

โปรแกรม Photoshop เป็นโปรแกรมตกแต่งภาพที่เรียกว่า Photo Retouching ได้รับการยอมรับว่าเป็นโปรแกรมมาตรฐานสำหรับตกแต่งภาพที่มีความสามารถยอดเยี่ยมที่สุด เพื่อนำไปใช้กับงานด้านสิ่งพิมพ์ หรือกับงานด้านมัลติมีเดีย การทำงานของโปรแกรมสามารถสร้างภาพที่มีความซับซ้อนได้อย่างดีเยี่ยม สานฝัน และจินตนาการให้กับศิลปิน รวมทั้งผู้ที่ใช้ทั้งมืออาชีพ และมีมือสมัครเล่นได้อย่างไร้ขีดจำกัด (กองบรรณาธิการ QuickPC. 2542 : 61)

จุดเด่นของโปรแกรม Photoshop ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ มีจำนวนฟิลเตอร์สำหรับการปรับแต่งภาพมากมาย สามารถสร้างภาพเทคนิคได้ภายในขั้นตอนเดียว (จิตติมา นโหม่นศรีทธา และจิตเกษม พัฒนาศิริ. 2537 : 23-24)

โปรแกรมสนับสนุนการทำงานของโปรแกรม Photoshop มีมากมายหลายตัวด้วยกัน เช่น Metacreations, Alien Skin, Xaos Tools, Andromeda, Auto F/X, Ultimatte KnockOut และ Digital Frontiers เป็นต้น แต่ละโปรแกรมสนับสนุนใช้งานแตกต่างกัน ซึ่งแล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้งาน (กองบรรณาธิการ Internet 2543 : 58-62)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



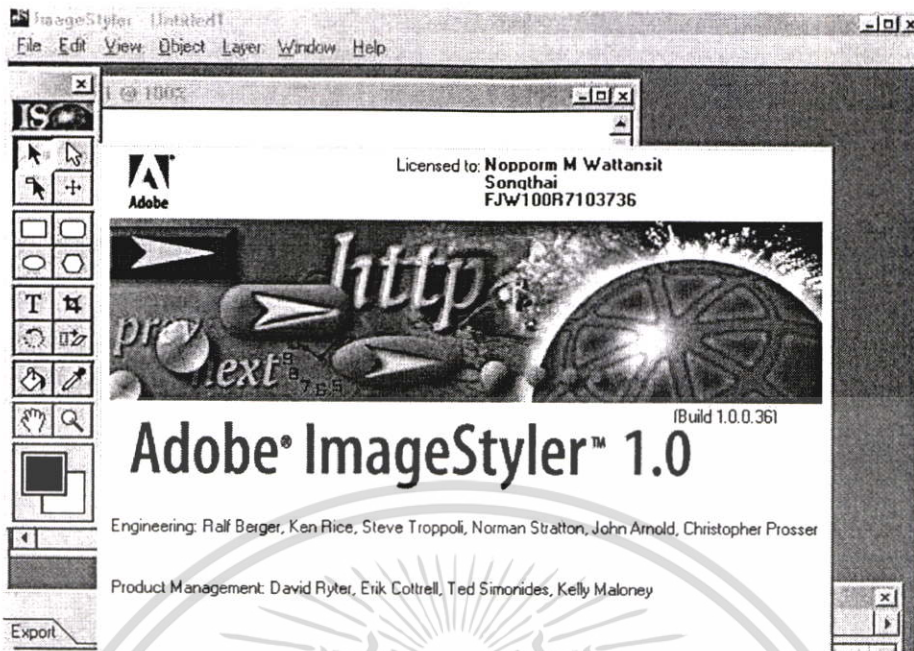
ภาพที่ 2.62 หน้าต่างโปรแกรม Adobe Photoshop

### 2.4.3 โปรแกรม Adobe ImageStyler Version 1.0

โปรแกรม ImageStyler เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างเว็บไซต์ชนิดหนึ่งที่สามารถออกแบบภาพหน้าตาเว็บได้สวยงามไม่แพ้โปรแกรมสร้างเว็บไซต์อื่น ๆ แต่ด้วยข้อดีที่ว่าโปรแกรมนี้สามารถสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ให้เป็นภาพที่สวยงาม มีลูกเล่นให้ใช้เหมือนกับโปรแกรม Photoshop เลยทีเดียว และโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้ง่ายกว่า แต่มีข้อเสียเหมือนกัน คือ ถ้าต้องการสร้างภาพที่มีความซับซ้อนแล้ว โปรแกรมตัวนี้สามารถทำได้ยากมาก และเมื่อสร้างเสร็จจะได้ตัวชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่าโปรแกรมสร้างเว็บไซต์ชนิดอื่น (กองบรรณาธิการ QuickPC. 2541 : 37-38)

การทำงานของโปรแกรมจะเป็นในลักษณะการทำงานแบบ Drag and Drop ทั้งหมด ตั้งแต่การสร้างวัตถุ การกำหนด Effect ให้กับวัตถุ และเนื่องจากตัวโปรแกรมสามารถทำงานร่วมกับภาษาไทยได้ดี แต่มีปัญหาอยู่ตรงที่ไม่สนับสนุนอักษรในตระกูล UPC แต่จะทำงานกับอักษรไทยตระกูลอื่น ๆ ได้ไม่ว่าจะเป็น PSL DB หรือ JS เป็นต้น

แต่ด้วยข้อดีที่ว่ามาทั้งหมด สามารถสร้างสรรค์ผลงานภาพต่าง ๆ ได้เร็ว และสวยงาม รวมทั้งการทำงานร่วมกับภาษาไทย ทำให้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรมนี้เพื่อสร้างลักษณะของข้อความและปุ่มใช้งานต่าง ๆ ให้ดูน่าสนใจมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.63 หน้าต่างโปรแกรม Adobe ImageStyler

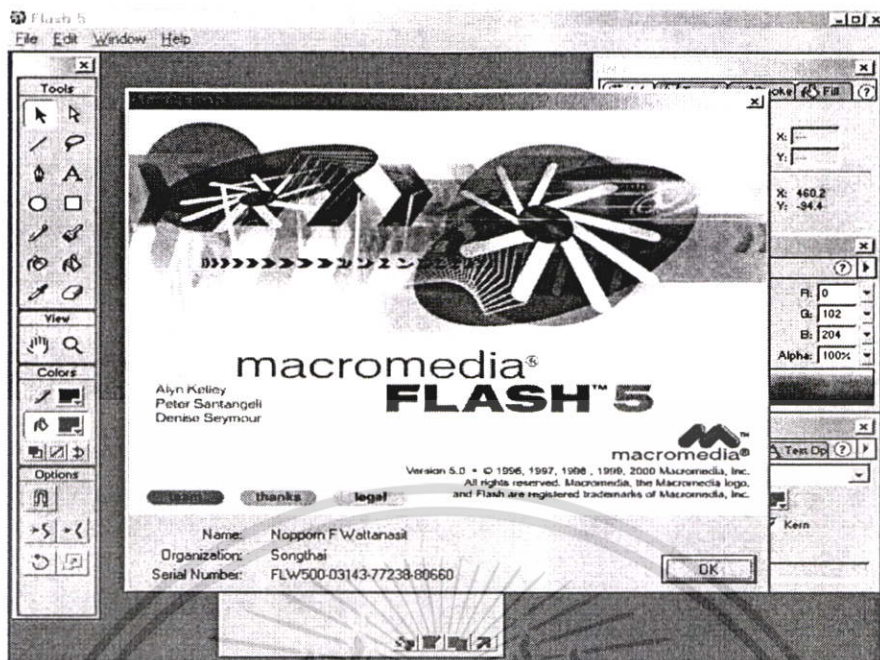
#### 2.4.4 โปรแกรม Macromedia Flash Version 5.0

กองบรรณาธิการ Internet. (2543 : 51-58) โปรแกรม Macromedia Flash เป็นโปรแกรมภาพกราฟิกชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถมากกว่าภาพกราฟิกทั่ว ๆ ไป ที่ไม่ใช่แค่แสดงภาพได้ก็พอแล้ว แต่ Flash ยังสามารถส่งข้อมูลไปยัง CGI หรือแม้แต่ทำการประมวลผลเล็ก ๆ น้อย ๆ ได้ แต่คุณสมบัติของ Flash ไม่ได้มีแค่นี้ Flash ใช้กราฟิกแบบเวกเตอร์ (Vector) ซึ่งจะใช้ CPU ประมวลผลจากข้อมูลในไฟล์ Flash ให้เป็นภาพ ภาพที่ได้จะคมชัด ภาพที่เห็นจะไม่แตกเป็นริ้ว ๆ เมื่อซูมภาพเข้าไปมาก ๆ แต่มีข้อแม้ว่าภาพนั้นจะต้องสร้างจากเครื่องมือที่มีอยู่ใน Flash เท่านั้น ถ้าใช้วิธี Import ภาพบิตแมพ (Bitmap) เข้ามา ผลที่ได้จะเหมือนภาพบิตแมพทั่ว ๆ ไป คือ ภาพไม่ชัด ข้อดีของ Flash อีกประการคือ ขนาดที่ได้จะเล็กกว่าภาพบิตแมพทั่ว ๆ ไป ทำให้โหลดได้เร็ว

อันที่จริงแล้ว Flash ไม่ได้เป็นเพียงภาพกราฟิกธรรมดา แต่ยังสามารถกำหนดการทำงานให้กับ Flash ได้โดยง่าย หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าใส่สคริปต์ให้ Flash ได้นั่นเอง และสามารถใส่ Flash ในงานอื่นได้ ไม่จำเป็นว่าจะต้องนำมาใช้ในเว็บเท่านั้น แต่ยังสามารถนำ Flash ไปสร้างสื่อการเรียนการสอนได้ โดยการวาดภาพแล้วใส่สคริปต์ลงไปอีกหน่อยเท่านั้น แต่มีข้อเสียตรงที่ Flash ไม่สามารถเขียนข้อมูลลงบนไฟล์ได้ อาจจะทำให้ยากต่อการเก็บข้อมูลบางอย่าง ยกเว้นจะนำไปใส่ร่วมกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา ซึ่งถ้าใช้วิธีนี้จะสามารถเก็บข้อมูลได้ง่าย

ดังนั้น ผู้วิจัยตัดสินใจในการใช้โปรแกรมนี้ ในการทำภาพกราฟิกเคลื่อนไหวบางส่วนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้ภาพแบบการนำเสนอเนื้อหาหรือภาพบางภาพ น่าสนใจยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.64 หน้าต่างโปรแกรม Macromedia Flash

สรุปได้ว่าโปรแกรม Authorware Professional Version 6 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาใด ๆ สามารถที่จะสร้างบทเรียนที่มีประสิทธิภาพได้ และมีปฏิสัมพันธ์ได้หลายภาพแบบ มีสัญลักษณ์ภาพที่นำไปใช้ในการออกแบบ ช่วยให้การทำงานเป็นไปโดยง่าย แต่สัญลักษณ์ภาพจะมีกล่องโต้ตอบปรากฏรายการให้เลือกหรือให้ป้อนข้อมูลหรือมีกล่องเครื่องมือสำหรับสร้างภาพและมีตัวแปรให้ใช้เพื่อกำหนดให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่ โปรแกรม Adobe Photoshop Version 6.0 โปรแกรม Adobe Imagestyler Version 1.0 โปรแกรม Snagit Version 5.0 และโปรแกรม Macromedia Flash Version 5.0 ในการสร้างสรรค์ผลงานลักษณะของข้อความและปุ่มใช้งานต่าง ๆ การบันทึกภาพเคลื่อนไหว การบันทึกภาพนิ่ง การบันทึกภาพต่าง ๆ ที่ค้นหาได้จากเว็บไซต์ หรือจากสื่อวิดีโอ แล้วนำมาผสมผสานกัน เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมามีประสิทธิภาพ ความสวยงาม และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

## 2.5 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคือการตรวจสอบว่าบทเรียนมีคุณภาพหรือไม่โดยการนำบทเรียนที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายขนาดต่าง ๆ ตามลำดับขั้นตอน ได้แก่ (อารีย์ มีมุงกิจ. 2541 : 33)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดลองใช้ในชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one testing) เป็นการศึกษาถึงข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขในด้านสำนวนภาษา กราฟฟิกส์ที่ใช้ ความเหมาะสมของระยะเวลาที่กำหนดในบทเรียน และข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

2. การทดลองในชั้นทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small group testing) เป็นการศึกษาถึงความเหมาะสมของบทเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ภาษาในบทเรียน นักเรียนในกลุ่มเล็กมีความเข้าใจที่ตรงกันหรือไม่ ภาษาที่ใช้มีความคลุมเครือหรือไม่ ระยะเวลาที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร เมื่อนำผลมาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและผลการทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพแล้ว ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ นำข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนนี้ไปปรับปรุงแก้ไขในบทเรียนต่อไป

3. การทดลองในชั้นทดลองกับกลุ่มใหญ่ (Field-testing) เพื่อนำผลการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและผลการทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียน ไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum x$  แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดระหว่างเรียน  
 $N$  แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  
 $A$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน  
 $N$  แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  
 $B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

สำหรับเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น มีนักการศึกษาได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับเกณฑ์ประสิทธิภาพที่เหมาะสมไว้ เช่น ไชยยศ เรืองสุวรรณ

ให้ความเห็นว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนนั้น ควรใช้เกณฑ์ 90/90 ส่วน ฉลองชัย สุรวัฒนบูรณ์  
 เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายแก่ผู้สนใจศึกษาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความเห็นว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เป็นความรู้ความเข้าใจควรใช้เกณฑ์ 90/90 สำหรับเนื้อหาที่เป็นวิชาทักษะควรใช้เกณฑ์ 80/80 (อารีย์ มีมุงกิจ. 2541 : 33) การยอมรับ ประสิทธิภาพของบทเรียนหรือไม่นั้น ให้ถือค่าแปรปรวน 2.5-5% นั่นคือ ประสิทธิภาพของ บทเรียนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ 5% แต่โดยปกติจะกำหนดไว้ 2.5% เช่น ตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ 90/90 เมื่อทดลองแบบ 1:100 แล้ว บทเรียนนั้นมีประสิทธิภาพ 87.5/87.5 เราก็สามารถยอมรับได้ ว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช. 2525 : 247 - 252) การยอมรับ ประสิทธิภาพของบทเรียนมี 3 ระดับ คือ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520 : 52)

- (1) สูงกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ มีค่าเกิน 2.5% ขึ้นไป
- (2) เท่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่ไม่เกิน 2.5 %
- (3) ต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของชุดการสอนต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5 % ถือว่ายังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้วิจัยในครั้งนี้ ใช้เกณฑ์ 80/80 เนื่องจากเป็นบทเรียนซึ่งเสนอเนื้อหาวิชาที่จัดอยู่ในประเภทวิชาทักษะ และในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มุ่งใช้ประโยชน์ในการสอนเสริมและ ทบทวนเนื้อหา ให้สามารถศึกษาเนื้อหา และฝึกหัดทักษะต่างๆ ได้ด้วยตนเอง

## 2.6 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ในด้านความรู้ – ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ตามแนวคิดของ Bloom และคณะ (อ้างใน ภพ เลหาไพบูลย์. 2540 : 161-165) ซึ่งได้แบ่งวัตถุประสงค์ทางด้านพุทธิพิสัยออกเป็น 6 ระดับดังนี้

1. ด้านความรู้ - ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถที่ระลึกออกมาได้ หรือจำได้นั่นเอง เช่น จำศัพท์ นิยาม สถานที่ ขนาด ปริมาณ บุคคล ระเบียบ ประเพณี ลำดับขั้นของการทำอย่างใดอย่างหนึ่ง แนวโน้ม จัดกลุ่ม เกณฑ์ วิธีการ หลักวิชา โครงสร้าง ทฤษฎี และสามารถขยายความสิ่งเหล่านี้ได้
2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง การมีความเข้าใจในความรู้ที่เรียน โดยสามารถอธิบายด้วยคำพูดของตนเองได้ หรืออาจจะสามารถแปลความหมาย (Translation) หรือตีความหมาย (Interpretation) ได้ หรืออาจจะบอกผลของการกระทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) หมายถึง ความสามารถนำสิ่งที่เรารู้มาใช้ในประสบการณ์ชีวิตประจำวันได้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถที่จะแบ่งสิ่งที่จะต้องเรารู้ออกเป็น ส่วนย่อย และแสดงความสัมพันธ์ของส่วนย่อยเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น สามารถที่จะหยิบยกข้อความจริง (Fact) ต่าง ๆ จากสมมติฐาน ขณะของข้อความจริงเหล่านั้นได้เดียวกันก็จะสามารถชี้ความสัมพันธ์ของข้อความจริงเหล่านั้นได้ หรือสามารถจะวิเคราะห์ว่าประโยคใดเป็นข้อความจริง และประโยคใดเป็นข้อความแสดงความคิดเห็นเฉย ๆ

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถที่จะรวบรวมสิ่งที่เรารู้หรือประสบการณ์เข้ารวมกันเป็นสิ่งใหม่ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถจะเขียนเรียงความเรียงประสบการณ์ที่ได้จากการไปเยี่ยมสถานที่เลี้ยงดูเด็กกำพร้า หรือประสบการณ์ของตนเองตอนโรงเรียนเปิดเทอม หรือการเขียน Term paper เกี่ยวกับวิชาเรียน

6. การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง ความสามารถที่ใช้ความรู้ที่เรียนมาในการตัดสินใจ วิเคราะห์ คุณค่าของสิ่งที่ได้เรารู้ หรือประสบการณ์จากการอ่าน หรือฟัง ตัวอย่างเช่น หลังจากอ่านหนังสือจบแล้วสามารถตัดสินใจว่าหนังสือดีหรือไม่อย่างไร

จากงานของ Bloom สรุปได้ว่า ในการเรียนการสอนและการวัดผลควรประกอบด้วย วัดดูประสงค์พุทธิพิสัยทั้งหกอย่าง คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปประยุกต์ ความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลด้วย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เรื่อง ลักษณะสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ทางด้านพุทธิพิสัย ในชั้นความรู้ ความเข้าใจและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในครั้งนี้เป็นความรู้ใหม่ที่นักศึกษาไม่เคยเรารู้มาก่อน และมีความสำคัญมากซึ่งนักศึกษาจำเป็นต้องมีความรู้ในด้านการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์การทดลองและเทคนิคการทดลองที่ถูกต้องก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการทดลองจริง เพื่อผลการทดลองถูกต้องรวดเร็วยิ่งขึ้น

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมี นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนซ่อมเสริม โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนปกติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (วีระพงษ์ แสงชูโต. 2532 : 76-77)

การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอน เรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวด้านทาน โดยทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ของโรงเรียนสุราษฎร์เทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรม อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี (โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน) พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.88/80.12 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้ตั้งไว้ (สุทธิพงษ์ ฉายากุล. 2544 : 71-72)

การสร้างและหาประสิทธิภาพในการฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โปรแกรมโฟโต้ชอป เรื่อง การตกแต่งภาพด้วยอุปกรณ์ในกล่องเครื่องมือ นักศึกษาที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ปรากฏว่านักศึกษาที่ผ่านการอบรมผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 (บุทรศักดิ์ สันตมาศ. 2543 : 60-62)

การสร้างและหาประสิทธิภาพในการสอนเรื่อง ไดโอด นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.67/54.56 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (ขงยุทธ สุทธิชาติ. 2544 : 48-49)

การสร้างและหาประสิทธิภาพในการสอนการใช้งานออกซิด โลส โกลบ นักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ของวิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี พบว่าประสิทธิภาพเท่ากับ 84.11/82.10 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 (วีระพงษ์ เศรษฐสมบัติ. 2544 : 51)

การสร้างและหาประสิทธิภาพ โปรแกรมเรียนด้วยตนเองภาษาแอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองกับนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส. ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนโปรแกรมเรียนด้วยตนเองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.32/79.92 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (อดิเทพ ไช้เพชร. 2533 : 32)

การวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 63 คน ที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและชุดแบบเรียนสำเร็จภาพ กับกลุ่มที่ไม่ได้เรียนเสริม ในเนื้อหาเรื่องวงจรคอมบินเนชัน วิชาดิจิทัลเทคนิค ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยสื่อการเรียนสองชนิดกับการเรียนโดยการฟังบรรยายตามปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยนักศึกษากลุ่มที่ใช้สื่อการสอนเสริมหลังการบรรยายตามปกติ มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า กลุ่มที่ไม่ได้เรียนเสริม (สมสิน วางขุนทด. 2538 : 49)

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องวงจรคอมบินเนชัน วิชาปฏิบัติวงจรดิจิทัล ทำการทดลองกับนักเรียนวิทยาลัยเทคนิคมินบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 90 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนโปรแกรมเรียนด้วยตนเองที่สร้างขึ้น มีเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนักผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพ 78.50/79.90 (ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5 % ถือว่ายังมีประสิทธิภาพยอมรับได้, ฉลองชัย สุรวัฒนบุรณ. 2528 : 215) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มที่ 1 ที่ได้รับการเรียนเสริมโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ที่เรียนตามปกติแต่เพียงอย่างเดียว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ (สุธีร์ กิจฉวี. 2543 : 69-70)

อารีย์ มีมุงกิจ (2541 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรม Authorware พบว่าเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง บทเรียนมีประสิทธิภาพ 82.33/87.67 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนที่มีผลการเรียนในระดับต่ำ บทเรียนมีประสิทธิภาพ 78.82/70.67 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 60/60 ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของนักเรียนที่มีผลการเรียนทั้งสองระดับสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลัดดา เต็มคุ้ม (2532 : 62) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “เส้นขนานและความคล้าย” โดยใช้สื่อประสมกับการสอนปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุชานุสรณ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “เส้นขนานและความคล้าย” ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุชานุสรณ์ กลุ่มที่สอน โดยใช้สื่อประสมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่สอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ประเสริฐ เลิศชยันดี (2540) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรม เรื่อง การแยกแรงแรงและการหาแรงลัพธ์ผลการวิจัยสรุปว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ สูงขึ้น

วันเพ็ญ เขียนเอี่ยม (2539) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย วิชาฟิสิกส์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน ผลการวิจัยสรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบไฮเปอร์มีเดีย เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการใช้

สถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอน สามารถส่งผลโดยตรงต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฝึกทักษะในด้านต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาสูงขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการคิดอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้สถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ยังใช้เวลาในการเรียนรู้น้อยกว่าการปฏิบัติทดลองจริง ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่ายและเกิดความสนุกสนาน และพบว่าในทางชีววิทยา สถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์จะสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับการทำการทดลองกับสิ่งมีชีวิต สามารถใช้สถานการณ์จำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีที่ไม้อาจทำการทดลองด้วยสิ่งมีชีวิตได้ จากการตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีความคิดว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง สามารถสร้างเป็นโปรแกรม เพื่อให้ใช้ในการสอนเสริมและทบทวนได้ นักเรียนที่เรียนกับคอมพิวเตอร์จะมีเจตคติต่อวิชาเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นหรือไม่แตกต่างจากการสอนของครูโดยวิธีปกติ และถ้าใช้คอมพิวเตอร์ควบคู่กัน กับการเรียนการสอนตามวิธีปกติก็จะให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ดีกว่าวิธีใดวิธีหนึ่ง ที่มีความเหมาะสมต่อการสอนปฏิบัติ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ง่าย โดยเรียนรู้จากการปฏิบัติจริงในกิจกรรมต่าง ๆ ที่จำลองจากของจริง ทำให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหา จนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการวิจัยออกเป็นลำดับขั้นตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1(รหัสวิชา 21051009) จำนวน 85 คน 2 ห้องเรียน แต่ละห้องเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่มห้องเรียน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่มห้องเรียน จำนวน 20 คน

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

2. แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

#### 3.2.1.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 (รหัสวิชา 21051009) เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในครั้งนี้ได้นำแนวคิดของประวิทย์ บึงสว่าง (2537 : 88-89) มาเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหารายวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

- ลักษณะสมบัติของไดโอด
- ลักษณะสมบัติและการใช้งานของซีเนอร์ไดโอด
- ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์
- ลักษณะสมบัติของเฟด
- ลักษณะสมบัติของ เอส.ซี.อาร์
- ลักษณะสมบัติของ ไดแอก
- ลักษณะสมบัติ ไทรแอก
- ลักษณะสมบัติและการใช้งานของ ยู.เจ.ที.
- ลักษณะสมบัติและการใช้งานของ พัท
- ลักษณะสมบัติของ ไดโอดเปล่งแสง

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ วิธีการใช้ และเลือกใช้อุปกรณ์ การระมัดระวังรักษาอุปกรณ์ต่างๆ และมีเทคนิคการทดลองที่ถูกต้องก่อนการลงมือปฏิบัติการจริง

3. ศึกษาโปรแกรม Authorware Professional Version 6

4. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยศึกษารายละเอียด ตลอดจนวิธีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากตำรา เอกสาร วารสาร รวมทั้งผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กำหนดรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสอน (Tutorial Instruction) ผสมกับแบบเกมเพื่อการสอน (Instruction Game) และบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง (Simulation)

6. ออกแบบบทเรียน โดยเน้นในเรื่องการใช้ภาพ เนื้อหา คำถามที่สั้น ได้ใจความผสมผสานกับกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียง เป็นสื่อกลางในการออกแบบบทเรียน

7. ทำการเขียนสคริปต์เพื่อเตรียมการนำเสนอภาพ ตัวอักษร รวมทั้งสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบต่างๆ ลงบนกระดาษบรรจุไว้ในกรอบ โดยประกอบด้วยกรอบนำเข้าสู่บทเรียน และแนะนำผู้วิจัย กรอบแนะนำการใช้บทเรียน กรอบเนื้อหา กรอบทบทวนและกรอบส่งท้าย ให้มีความเหมาะสมในการนำเสนอทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

8. นำสคริปต์ที่สร้างมาเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Authorware Professional Version 6 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear program) มี 10 บทเรียน ดังนี้คือ

บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

บทเรียนที่ 2 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด

บทเรียนที่ 3 ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์

บทเรียนที่ 4 ลักษณะสมบัติของเฟลต

บทเรียนที่ 5 ลักษณะสมบัติของ เอส. ซี. อาร์

บทเรียนที่ 6 ลักษณะสมบัติของไดแอก

บทเรียนที่ 7 ลักษณะสมบัติของไทรแอก

บทเรียนที่ 8 ลักษณะสมบัติของยู.เจ.ที.

บทเรียนที่ 9 ลักษณะสมบัติของพัท

บทเรียนที่ 10 ลักษณะสมบัติของ ไดโอดเปล่งแสง

โดยในแต่ละบทเรียนจะประกอบด้วย

1. วัตถุประสงค์
2. ทฤษฎี
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
4. ขั้นตอนการทดลอง
5. แบบทดสอบ

นอกจากบทเรียนทั้ง 10 บทเรียนแล้วผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนเสริม เรื่อง การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง เพื่อใช้เสริมความรู้ในการใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้องและปลอดภัย

9. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ข้อมูลด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านเทคนิค การผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาและประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของ บทเรียน ความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาพ เสียง การดำเนินเรื่อง และอื่นๆ ในบทเรียน ทั้งหมด

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ประกอบด้วย

1. อาจารย์ประสาธ ใหม่เอี่ยม  
อาจารย์ 2 ระดับ 7 หัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา  
จังหวัดฉะเชิงเทรา
2. อาจารย์สุชิน อาจหาญ  
อาจารย์ระดับ 4 ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์โกศล ตราชู  
อาจารย์ระดับ 4 ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาวิชา ความถูกต้องตรงกับ เนื้อหาวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 และความสอดคล้องเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยผู้ทรงคุณวุฒิตพบว่เนื้อหา ที่ใช้ในแต่ละบทเรียนถูกต้องตรงตามหลักสูตร แต่เนื่องจากวิชาที่ทำการสร้างเป็น บทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เป็นวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 พบว่าเนื้อหาที่ประกอบ อยู่ในทฤษฎีของแต่ละบทเรียนมีมากเกินไปจนเกือบจะกลายเป็นวิชาทฤษฎีไป ควรปรับเนื้อหา ทฤษฎีในแต่ละบทเรียนให้กระชับสั้นและครอบคลุมในส่วนของการปฏิบัติเท่านั้น โดยเนื้อหาหลัก จะมีเรียนในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 ซึ่งมีการเรียนการสอนอยู่แล้ว นอกจากนี้ยังช่วย พิจารณา และแนะนำในการปรับปรุงข้อคำถาม รวมทั้งสำนวนภาษาที่ใช้ของบทเรียนแต่ละบทให้ สอดคล้องเหมาะสมกับวัตถุประสงค์มากขึ้น

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ประกอบด้วย

1. อาจารย์ลิขสิทธิ์ ทองเพ็ญ  
ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
จังหวัดขอนแก่น
2. นายวัชรินทร์ คงพิบูลย์  
นักวิชาการ โสตทัศนศึกษา ระดับ 6 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. อาจารย์ชัชเชนศ ภิรมย์การ

อาจารย์ระดับ 4 ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อได้ตรวจสอบการลำดับภาพ กราฟิกที่ใช้ เสียงที่ใช้ ประกอบในแต่ละบทเรียน และสี่สัรต่างๆ เพื่อชี้ข้อบกพร่อง และแนะนำปรับปรุงให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่ดีขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีรูปภาพ กราฟิกที่ดึงดูดความสนใจน้อยเกินไป และเสียงประกอบขั้นตอนต่างๆ มีน้อยเกินไป ส่วนสี่สัรที่ใช้และการลำดับภาพมีความเหมาะสมดีแล้ว

10. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามคำแนะนำของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น ดังนี้คือ

1. ปรับเปลี่ยนเนื้อหาในส่วนทฤษฎีให้กระชับและครอบคลุมในส่วนของ การปฏิบัติทั้งหมดเท่านั้นเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น
2. ปรับปรุงข้อคำถามให้ถูกต้องในส่วนของ การใช้สำนวนภาษา เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มากยิ่งขึ้น
3. แบ่งแยกพื้นที่ส่วนที่เป็นข้อความรูปประกอบให้เป็นสัดส่วนที่ชัดเจน เพื่อให้บทเรียนดูเป็นระเบียบเรียบร้อย
4. ปรับเปลี่ยนรูปภาพ กราฟิก เพื่อให้ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนให้มากขึ้น รวมทั้งเพิ่ม รูปภาพประกอบให้ดูสวยงาม ปรับสีให้ดูสบายตามากขึ้น
5. เพิ่มเสียงประกอบของแต่ละบทเรียนให้ดึงดูดความสนใจของผู้เรียนมากขึ้น

3.2.1.2 ทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา ปฏิบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในการทดลองชั้นหนึ่ง ต่อหนึ่ง และกลุ่มเล็ก

ในการทดลองและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้อย่างได้ ดำเนินการทดลองดังนี้

1. การทดลองใช้ในชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง (One to one testing) ทำการทดลองกับนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ที่คัดเลือกมาจากนักศึกษาที่มีระดับความสามารถต่างกัน โดยพิจารณาจากคะแนนสอบเข้าศึกษาต่อระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิชา ความถนัดช่างสูงสุด 1 คน ปานกลาง 1 คน และต่ำ 1 คน ให้ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ทำการทดลองครั้งละ 1 คน การทดลองครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อจะหาข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขในด้านสำนวนภาษา กราฟิกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ ความเหมาะสมของระยะเวลาที่กำหนดในบทเรียน และข้อเสนอแนะอื่น ๆ โดยผู้วิจัยสังเกตและ สอบถามปัญหาที่นักศึกษาพบในระหว่างการใช้บทเรียนนี้และนำมาปรับปรุงแก้ไขในด้านต่างๆ ที่ บกพร่อง คือ

1) ในส่วนของทฤษฎีประกอบด้วยเนื้อหาของบทเรียนนั้นๆ ผู้เรียนจะต้องทำ การอ่านทฤษฎีให้จบก่อนทำการทดลอง จึงทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนใจในเนื้อหาน้อยลง ควรมีเสียง ประกอบอธิบายเนื้อหาในบทเรียนบทนั้นๆ เพื่อลดความเบื่อหน่ายที่เกิดในการศึกษาของส่วนทฤษฎี

2) ในส่วนของขั้นตอนการทดลองเป็นการทดลองครั้งละ 1 การทดลอง บาง บทเรียนมี 2 ถึง 3 การทดลอง เมื่อทำการทดลองจึงต้องทดลองเรียงลำดับครั้งละการทดลอง เมื่อ ต้องการทดลองในการทดลองสุดท้ายอีกครั้ง จึงต้องเริ่มทำการทดลองแรกก่อน ในแต่ละบทเรียน จึงควรมีส่วนเชื่อมโยงการทดลองของแต่ละการทดลองด้วย

2. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองรายบุคคลมาปรับปรุงแก้ไขในบทเรียนคอมพิวเตอร์ แล้วนำไปทดลองในชั้นทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small group testing) กับนักศึกษาที่ไม่เคยเรียนวิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และไม่ใช่กลุ่ม ตัวอย่าง จำนวน 6 คน ที่คัดเลือกมาจากนักศึกษาที่มีระดับความสามารถต่างกัน โดยพิจารณาจาก คะแนนสอบเข้าศึกษาต่อระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิชา ความถนัดช่าง สูงสุด 2 คน ปานกลาง 2 คน และต่ำ 2 คน ให้ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพร้อมกัน โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อ 1 คน แล้วทำการเก็บคะแนนจากการทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบท ซึ่งมีลักษณะเป็น ข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวมทั้งหมด 50 คะแนน โดยมี 10 บทเรียน แต่ละบทเรียนมีจำนวนข้อสอบ 5 ข้อ เพื่อหาประสิทธิภาพของกระบวนการ

หลังจากนักศึกษาได้ศึกษาครบทุกบทเรียนแล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน โดยให้ นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ เพื่อหาประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์

3. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกลุ่มย่อยมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน ตามเกณฑ์  $E_1/E_2 : 80/80$

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียน ตอบถูกต้อง จากการทำกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบระหว่าง เรียนในแต่ละบทเรียนรวมกัน

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของ จำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน  
 $N$  แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  
 $A$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน  
 $N$  แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  
 $B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

สรุปประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนี้ คือ  $E_1/E_2 : 76.48/75.02$

### 3.2.2 แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเนื้อหา จุดประสงค์ หลักการ และความคิดรวบยอด ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

2. สร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว ให้สอดคล้องและครอบคลุม เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมในระดับ “ความรู้ความจำ” “ความเข้าใจ” และ “การนำไปใช้” ซึ่งในระดับความรู้ความจำวัดพฤติกรรมในขั้นความสามารถในการอธิบาย คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ทำการทดลอง ในระดับความเข้าใจวัดพฤติกรรมใน ขั้นความสามารถในการต่ออุปกรณ์ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และในระดับการนำไปใช้วัดพฤติกรรมใน ขั้นความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องตามการใช้งาน และขั้นความสามารถคำนวณ ออกแบบวงจรเบื้องต้น จำนวน 50 ข้อ รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนข้อสอบปรากฏดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนข้อของแบบทดสอบที่ใช้จริง และออกไว้เกิน จำแนกตามบทเรียน

บทเรียน	ความรู้ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		รวม	
	ใช้จริง	ออกไว้เกิน	ใช้จริง	ออกไว้เกิน	ใช้จริง	ออกไว้เกิน	ใช้จริง	ออกไว้เกิน
บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด	1	1	1	1	-	1	2	3
บทเรียนที่ 2 ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด	1	1	1	1	-	1	2	3
บทเรียนที่ 3 ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์	1	2	1	1	-	-	2	3
บทเรียนที่ 4 ลักษณะสมบัติของเฟด	2	1	-	1	-	1	2	3
บทเรียนที่ 5 ลักษณะสมบัติของเอส.ซี.อาร์	1	-	2	1	-	1	3	2
บทเรียนที่ 6 ลักษณะสมบัติของไดแอก	1	1	1	1	1	-	3	2
บทเรียนที่ 7 ลักษณะสมบัติของไทรแอก	1	1	1	1	1	-	3	2
บทเรียนที่ 8 ลักษณะสมบัติของยู.เจ.ที.	1	2	-	1	1	-	2	3
บทเรียนที่ 9 ลักษณะสมบัติของฟัท	1	2	1	-	-	1	2	3
บทเรียนที่ 10 ลักษณะสมบัติของไดโอดเปล่งแสง	2	-	1	1	1	-	4	1
รวม	12	11	9	9	4	5	25	25

3. นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิค่านเนื้อหา ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับที่พิจารณาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหา โดยหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเพื่อนำไปทดลองใช้ โดยตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและความถูกต้องด้านการใช้ภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยใช้หลักเกณฑ์ที่กำหนดความคิดเห็น ดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

4. บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาดัชนีความสอดคล้อง

ระหว่าง ข้อสอบกับ จุดประสงค์ โดยใช้เกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ

จุดประสงค์ 0.5 ขึ้นไป (พร้อมพรรณ อุคมสิน. 2538 : 117) ซึ่งใช้สูตรดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นในแต่ละข้อของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา  
 N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เมื่อพิจารณาแล้วปรากฏว่าได้ค่า IOC ระหว่าง 0.33-1.00 ได้ข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ จำนวน 35 ข้อ ข้อสอบที่ไม่มีความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ 15 ข้อ

5. คัดเลือกข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา คือ มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ระหว่าง 0.67-1.00 และนำข้อสอบที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ไปปรับปรุงแก้ไข

6. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เคยเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง วิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเตตรา จังหวัดจะเชิงเตตรา จำนวน 40 คน และตรวจให้คะแนน ให้ข้อที่ถูกต้องได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบในข้อเดียวหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

7. นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50 % ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

7.1 หาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (กานดา พูลลาภทวี, 2528 : 159)

$$p = \frac{f_H + f_L}{n_H + n_L}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ  
 $f_L$  แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มต่ำ  
 $n_H$  แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง  
 $n_L$  แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ  
 $f_H$  แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (กานดา พูลลาภทวี. 2528 : 159)

$$r = \frac{f_H - f_L}{n_H}$$

เมื่อ $r$	แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
$f_L$	แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มต่ำ
$n_H$	แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง
$f_H$	แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในคนกลุ่มสูง

8. คัดเลือกข้อสอบมาใช้เป็นแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ จำนวน 25 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.83 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.05-0.45

9. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่เคยเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และไมโครกลุ่มตัวอย่าง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 30 คน โดยใช้สูตร  $K - R_{20}$  ของ Kuder Richardson (พร้อมพรรณ อุคมสิน. 2538 : 126) ดังนี้

$$K - R_{20} : r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[ \frac{1 - \sum p_i q_i}{S_i^2} \right]$$

เมื่อ $r_{tt}$	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
$K$	แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$p_i$	แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูก
$q_i$	แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด
$S_i^2$	แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

สำหรับแบบทดสอบทั้งฉบับที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.48

10. นำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้จริง

### 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเองที่ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยสถานที่ที่ทดลองคือห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ของวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 ซึ่งมี ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำวิธีการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยตนเอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยเรียน 1 คน ต่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
2. ให้ผู้เรียนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จำนวน 10 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 นาที ในคาบแรกของวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 ตามตารางสอนของภาคการศึกษาที่ 1/2545 โดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในลักษณะต่อเนื่องจากบทเรียนที่ 1 จนถึงบทเรียนที่ 10 ตามลำดับ เมื่อเรียนจบแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ซึ่งมีจำนวนข้อสอบบทเรียนละ 5 ข้อ รวมจำนวน 50 ข้อ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของกระบวนการ
3. หลังจากทีกลุ่มตัวอย่างได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตัวเองจนครบแล้ว ให้ กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังเรียน
4. ผู้วิจัยตรวจคะแนนจากแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียน โดยให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูกต้อง และให้ 0 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบผิดหรือไม่ได้ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้สูตร

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

เมื่อ $E_1$	แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ
$\sum X$	แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน
$N$	แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด
$A$	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

- เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum F$  แทน คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน  
 $N$  แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  
 $B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 โดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Authorware Professional Version 6 เมื่อทำการสร้างเสร็จแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คะแนน	คะแนนสอบ		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของบทเรียน
	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้		
แบบทดสอบระหว่างเรียน	50	40.05	80.10	80.10/79.60
แบบทดสอบหลังเรียน	25	19.90	79.60	

จากตารางที่ 4.1 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสอนเพื่อสอนเสริมก่อนการปฏิบัติการ วิชา ปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้น นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 40.05 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.10 และทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ย 19.90 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.60 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.10/79.60 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนเสริมก่อนการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ สำหรับนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในรายวิชาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 ที่มีประสิทธิภาพ

##### 5.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิค ฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 85 คน 2 ห้องเรียน แต่ละห้องเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่มห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปี ที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้ วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่มห้องเรียน จำนวน 20 คน

##### 5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
2. แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.1.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ประจำปีการศึกษา 2545 โดยได้ดำเนินการทดลองดังนี้

1. ให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตรวจสอบเครื่องมือที่นำไปใช้
2. กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง
3. แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
4. ให้กลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นด้วยตนเอง โดยให้ 1 คนต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง เมื่อผู้เรียนเรียนจบแต่ละบทเรียนให้ทำแบบทดสอบประจำบทเรียน มีจำนวน 50 ข้อ เมื่อกลุ่มตัวอย่างเรียนจบทุกบทเรียนแล้วให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 25 ข้อ และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

#### 5.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำคะแนนที่ได้คิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ทำแบบทดสอบในระหว่างเรียน และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบหลังเรียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ตั้งเกณฑ์ไว้เป็น 80 / 80

80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียน ตอบถูกต้อง จากการทำกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบระหว่างเรียนในแต่ละบทเรียนรวมกัน

80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

#### 5.1.6 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.10/79.60 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.10/79.60 จะเห็นว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ผลที่ได้จึงเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วีระพงษ์ เศรษฐสมบัติ (2544 : 51) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพในการสอนการใช้งานออสซิลโลสโคป นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ของวิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี พบว่าประสิทธิภาพเท่ากับ 84.11/82.10 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 อติเทพ ไช้เพชร (2533 : 32) การสร้างและหาประสิทธิภาพโปรแกรมเรียนด้วยตนเองภาษาแอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองกับนักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ปวส. ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนโปรแกรมเรียนด้วยตนเองที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.32/79.92 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ยงยุทธ สุทธิชาติ (2544 : 48-49) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพในการสอนเรื่อง ไดโอด นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 86.67/84.56 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ สุทธิพงษ์ ฉายากุล (2544 : 71-72) ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอน เรื่อง ตัวต้านทาน โดยทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ของโรงเรียนสุราษฎร์เทคโนโลยีช่างอุตสาหกรรม อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี (โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน) พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.88/80.12 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ได้ตั้งไว้ นอกจากนี้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวกับวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เป็นเนื้อหาที่ใหม่สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 นักศึกษาเหล่านี้สำเร็จ การศึกษาจากระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ซึ่งการเรียนในระดับมัธยมศึกษาจะเป็นการเรียนทางด้านวิชาการ สายสามัญ แต่เมื่อเปลี่ยนไปเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ซึ่งเป็นการเรียนทางด้านอาชีพหรือสายอาชีพ ซึ่งเน้นการปฏิบัติ เมื่อได้เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักศึกษาจึงมีความสนใจและมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมาก นอกจากนี้นักศึกษามีความสนใจมากกับเนื้อหาวิชาที่ใหม่ เนื่องจากเปลี่ยนสายวิชาเรียนจากสายสามัญมาเป็นสายอาชีพ และจากการใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังจากนักศึกษาได้เรียนครบทุกบทเรียนแล้ว ผลปรากฏว่านักศึกษาเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในภาพรวมอยู่ในระดับดี มีเพียงเรื่องเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบการเรียนอยู่ในระดับปานกลางเพียงเรื่องเดียว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(แบบสอบถามและผลการแสดงความคิดเห็นฯ ปรากฏในภาคผนวก ง และภาคผนวก จ)นอกจากนี้ได้ทำการสัมภาษณ์นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาได้ให้ข้อมูลว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีการนำเสนอที่น่าสนใจ มีความสะดวก และทำให้รู้สึกปลอดภัย และมั่นใจก่อนการนำไปทดลองปฏิบัติกับอุปกรณ์จริงๆ นักศึกษายังได้เสนอแนะว่าต้องการให้มีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ครอบคลุมทั้งรายวิชา มิใช่เป็นเพียงบางเรื่องเท่านั้น หรือดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ในลักษณะนี้ ในหัวข้ออื่นๆ ต่อไปด้วย นอกจากนี้ การดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พยายามวิเคราะห์เนื้อหา วิธีการคิดให้เป็นส่วนย่อยๆ มีการใช้ภาพเคลื่อนไหวประกอบ มีส่วนที่เป็นแบบทดสอบเพื่อทดสอบความเข้าใจของนักศึกษาขั้นสุดท้าย จึงทำให้บทเรียนนี้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำมาสอนเสริมก่อนการปฏิบัติวิชาปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 ด้วยตนเอง

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสามารถนำไปใช้เรียนเสริมก่อนหรือใช้ทบทวนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 จากการเรียนปกติแล้ว นักศึกษาสามารถที่จะเรียนเสริมหรือทบทวนความรู้ที่เรียนมาด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเองโดยไม่จำกัดเวลา เพื่อให้ นักศึกษาเกิดความเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การเรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. อาจารย์ผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไปใช้ประกอบเป็นสื่อการสอนในห้องเรียนได้ โดยอาจจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวและแสดงภาพผ่าน โสตทัศนอุปกรณ์ เช่น เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะหรือโทรทัศน์ เพื่อให้ นักศึกษาทั้งชั้นมองเห็นได้ชัดเจน และได้เรียนไปพร้อมกับคำอธิบายของอาจารย์ผู้สอน ซึ่งจะสร้างความสนใจให้กับนักศึกษาได้ ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจในบทเรียนมากขึ้นก่อนการปฏิบัติจริง

#### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเนื้อหาวิชาอื่นๆ หรือระดับชั้นอื่นๆ เช่น วิชาปฏิบัติวงจรพัลส์ วิชาปฏิบัติวงจรดิจิทัล วิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วิชาปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อที่จะเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเน้นให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อ

เอกสารผลิตภัณฑ์ทางการเรียน โดยใช้ในลักษณะอื่นๆ เช่น การสอนแทนครู การสอนซ่อมเสริม อัตราการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

3. ผู้วิจัยที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาอื่นๆ ต่อไป ควรเน้นการใช้เสียงบรรยายให้มากขึ้น และองค์ประกอบของเสียงให้น่าสนใจ เพื่อเพิ่มความสนใจ และเร้าให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กฤษฎา วิศวธีรานนท์. 2532. **เรียน/เล่น/ใช้ ไอซีดีจิตอล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- กองบรรณาธิการ QuickPC. 2541. “โปรแกรมที่ทำให้คุณเป็นมืออาชีพ ในการสร้างกราฟิก สำหรับเว็บ.” **Adobe ImageStyler 1.0 (Bata)**. 33 : 37-38.
- กองบรรณาธิการ QuickPC. 2542. “สองประสานเพื่องานออกเว็บ.” **Adobe Photoshop 5.5**. 54 : 61.
- กองบรรณาธิการ QuickPC. 2543. “ทั้งจับและแต่งเสร็จครบสรรพในโปรแกรมเดียว.” **Snagit 5.0**. 67 : 47-50.
- กองบรรณาธิการ Internet. 2543. “แอปคู Macromedia Flash 5.0 Bata.” **นิตยสารอินเทอร์เน็ต**. 5 (10) : 51-58.
- กองบรรณาธิการ Internet. 2543. “สอนการใช้งาน โปรแกรม Macromedia Flash 4.” **นิตยสาร อินเทอร์เน็ต**. 5 (6) : 58-62.
- กองบรรณาธิการ Internet. 2543. “รวมสุดยอดปลั๊กอินบน Photoshop.” **นิตยสารอินเทอร์เน็ต**. 5(5) : 58-62.
- กานดา พูลลาภทวี. 2528. **การประเมินผลการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2531. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยขันธ์ พรหมวงศ์ และนิคม ทาแดง. 2523. **เทคโนโลยีการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.
- จิตติมา มโนหมั่นศรีธาและจิตเกษม พัฒนาศิริ. 2537. **การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบ GIF Animation**. กรุงเทพฯ : โอเอวัน.
- ทักษิณา สนวนานนท์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกลมโปรดักชั่น.
- นงค์นุช เพ็ชรรัตน์. 2543. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเรื่องความปลอดภัยของโปรแกรม.” **วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นภัทร วัจนเทพินทร์. 2542. **คู่มือการทดลองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.
- ประวิทย์ บึงสว่าง. 2537. “การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเรื่องปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประเสริฐ เลิศชยันตี. 2538. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ช่างอุตสาหกรรม เรื่องการแยกแรงแและการหาแรงลัพธ์.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2538. **การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภพ เลหาไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มนัส สัจจวิมล. 2533. **ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ : อิเล็กทรอนิกส์วิลด์.
- ยงยุทธ สุทธิชาติ. 2544. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไดโอด.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ยีน ภู่วรรณ. 2530. **เทคนิคการประยุกต์และใช้งานไอซีทีทีแอล**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ยุทธศักดิ์ สัจจามาศ. 25430. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์โปรแกรมโฟโต้ชอป เรื่อง การตกแต่งภาพด้วยอุปกรณ์ในกล่องเครื่องมือ.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540. **วิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- ลัดดา เต็มดุ่ม. 2532. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “เส้นขนานและความคล้าย.” โดยมีสื่อประสมกับการสอนแบบปกติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอนุชานุสรณ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันเพ็ญ เขียนเอี่ยม. 2539. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบไฮเปอร์มีเดียในการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วีระพงษ์ เชนฐสมบัติ. 2544. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ออสซิลโลสโคป.” วิทยานิพนธ์  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและ  
เทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีระพงษ์ แสงชูโต. 2532. “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมีโดยใช้  
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต  
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์สิทธิ์ วงศ์ตรง. 2544. **เรียนัด Macromedia Authorware** ครอบคลุมเวอร์ชัน 5.2. กรุงเทพฯ :  
เอช เอ็น กรุป.

สมสิน วางขุนทด. 2538. “การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องวงจรคอมบินชันวิชา  
ดิจิทัลเทคนิค ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอนและชุดแบบเรียนสำเร็จรูป กับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเรียนเสริม.” วิทยานิพนธ์  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ.

สิริพร ทิพย์คง. 2537. **แนวโน้มการสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2536. “เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงวิชาการการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้  
ในการศึกษานอกโรงเรียน.” กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุดา ดำรงโกภักดิ์. 2543. “ผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนตามคู่มือ  
ครูที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง  
กลไกรมณูญ์ หน่วยย่อย การหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุทธิพงษ์ ฉายากุล. 2544. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ตัวต้านทาน.” วิทยานิพนธ์  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและ  
เทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุธีร์ กิจฉวี. 2543. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องวงจรคอมบินชัน.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา  
บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุธีร์ กิจฉวี และอรนุช อุทานนท์. 2541. **คู่มือการใช้ Authorware 4 ด้วยตนเอง**. กรุงเทพฯ :  
ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เอกสารอ้างอิง : **สุรางค์ โค้วตระกูล. 2541. จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิเทพ ไช้เพชร. 2533. “การสร้างและหาประสิทธิภาพโปรแกรมเรียนด้วยตนเองเรื่องภาษาเอสแซมบลี Z-80 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ.

อารีย์ มีมุงกิจ. 2541. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
วิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1  
เรื่องลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION  
ON ELECTRONIC EQUIPMENT AND CIRCUIT  
EXAMPLE CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR EQUIPMENT

s  
k  
i  
p

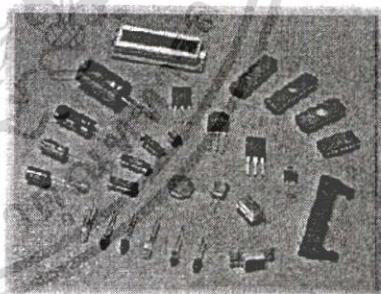
Presentation Window

File

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์  
ดร.วิไลพร วรจิตตานนท์

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม  
พศ.ดร.กัญญา ตันตวิสุทธีกุล  
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

จัดทำโดย  
นายอนันตพัฒน์ อนันตชัย  
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม



Start




EXIT


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File




# Electronics Devices Laboratory



INDUSTRIAL EDUCATION


- บกเรียนที่ 1 ลักษณะ:สมบัติของไดโอด
- บกเรียนที่ 2 ลักษณะ:สมบัติของซีเนอร์ไดโอด
- บกเรียนที่ 3 ลักษณะ:สมบัติของทรานซิสเตอร์
- บกเรียนที่ 4 ลักษณะ:สมบัติของเฟต
- บกเรียนที่ 5 ลักษณะ:สมบัติของ เอส.ซี.อาร์.
- บกเรียนที่ 6 ลักษณะ:สมบัติของไดแอก
- บกเรียนที่ 7 ลักษณะ:สมบัติของโทรแอก
- บกเรียนที่ 8 ลักษณะ:สมบัติของ ยู.เจ.ที.
- บกเรียนที่ 9 ลักษณะ:สมบัติของ พี.ยู.ที.
- บกเรียนที่ 10 ลักษณะ:สมบัติของไดโอดเปล่งแสง

● บกเรียนเสริม  
การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง



Help


KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG



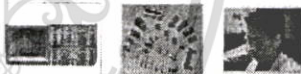
EXIT

Presentation Window

File



# Electronics Devices Laboratory



INDUSTRIAL EDUCATION

บทเรียนที่ 1 ลักษณะ:สมบัติของไดโอด


วัตถุประสงค์

เริ่มเรียนบทเรียนที่ 1 โดยเลือกหัวข้อตามเมนู โปรดเลือกหัวข้อตามลำดับ

เมื่อต้องการกลับไปยัง เมนูหัวข้อของบทเรียน โปรดคลิกที่ "กลับ"


หากต้องการออกจากโปรแกรม โปรดคลิกที่ "EXIT"

กลับ



Help

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG



EXIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

Electronics Devices Laboratory

บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

INDUSTRIAL EDUCATION

- ← วัตถุประสงค์
- ← ทฤษฎี
- ← อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
- ← ขั้นตอนการทดลอง
- ← แบบทดสอบ

กลับ

Help

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG

EXIT

Presentation Window

File

Electronics Devices Laboratory

บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

INDUSTRIAL EDUCATION

วัตถุประสงค์

1. สามารถบอกลักษณะและชนิดของไดโอดได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถอธิบายคุณลักษณะทางกระแสและแรงดัน เมื่อได้รับไบแอสตรง และไบแอสกลับได้
3. สามารถอธิบายการทำงานของไดโอด ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้

กลับ

Help

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG

EXIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

## บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

### ทฤษฎี

#### ลักษณะสมบัติของไดโอด

ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier Diodes) เกิดจากการนำเอาสารกึ่งตัวนำ มาสร้างเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชื่อว่า ไดโอด (Diodes) และนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพื่อทำหน้าที่เรียงกระแส ไฟสลับเป็นกระแสตรง บางครั้งอาจเรียกไดโอดเรียงกระแสว่า ไดโอดใช้งานทั่วไป (General-purpose Diodes) เพราะสามารถใช้งานด้านอื่นๆ ได้ด้วยการทำงานที่ขยัน ความถี่ไม่สูงมากนัก โดยทั่วไปไดโอดจะผลิตจากสารซิลิกอน หรือเจอร์มันเนียม

กลับ

Forward

Back

Presentation Window

File

Electronics Devices Laboratory

## บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

### อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. มัลติมิเตอร์	2 เครื่อง
2. ออสซิลโลสโคป	1 เครื่อง
3. ตัวต้านทาน 1 กิโลโห์ม, 47 โห์ม อย่างละ	1 ตัว
4. ไดโอดเบอร์ 1N4001 หรือ 1N4148	1 ตัว

กลับ

Help

EXIT


INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File



Start

**ข้อเสนอแนะก่อนการทดลอง**

1. ทดลองและสังเกตในขั้นตอนการทดลองเรียงไปทีละข้อ
2. ในการทดลองบางขั้นตอนให้จับอุปกรณ์ลากไปประกอบใน  
พื้นที่ห้อยและวางอุปกรณ์ สังเกตจากโครงสร้างที่ปรากฏขึ้น
3. การเปลี่ยนขั้นตอนการทดลองในข้อต่อไป ให้คลิกที่ปุ่ม NEXT  
เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติในขั้นนั้นๆ
4. เพื่อได้ผลการทดลองออกมา ให้สังเกต จดจำ และทำ  
ความเข้าใจกับผลที่ได้


Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

การทดลองที่ 1 การทดสอบขั้วไดโอด

การทดลองที่ 2 ลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดซิลิกอน



กลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

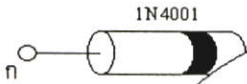
Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 1, การทดสอบขั้วไดโอด

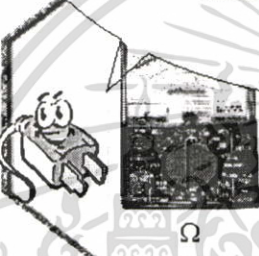
1. กำหนดขั้วสมมติของไดโอดที่ใช้ในการทดลอง




พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์

ก ช

คุณยังไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองในข้อนี้  
ทำการเคลื่อนที่อุปกรณ์ตามขั้นตอนการทดลอง  
หรือตรวจสอบว่าได้ปฏิบัติตามคำสั่งหรือยัง



Ω



ไดโอด


Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง


การทดลองที่ 1, การทดสอบขั้วไดโอด

1. กำหนดขั้วสมมติของไดโอดที่ใช้ในการทดลอง

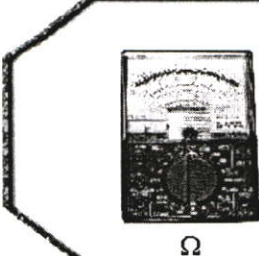


พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์

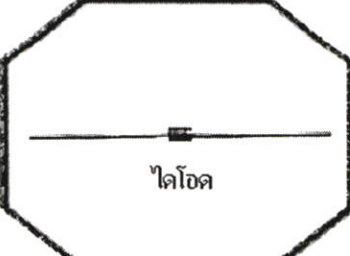
ก ช



**Next**



Ω



ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Presentation Window**

File

บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง

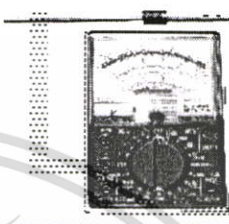
2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของไดโอด  
ที่ย่านวัด Rx10k บันทึกผลลงในตาราง

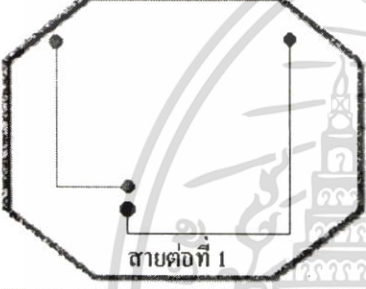
ขั้วแรงดัน (+) สายแดง	ขั้วแรงดัน (-) สายดำ	ค่าความต้านทาน $\Omega$
ก	ข	
ข	ก	

**Next**


พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์

ก
ข

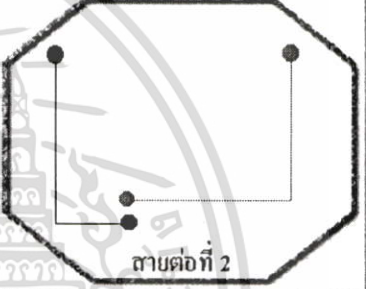




สายต่อที่ 1



$\Omega$



สายต่อที่ 2

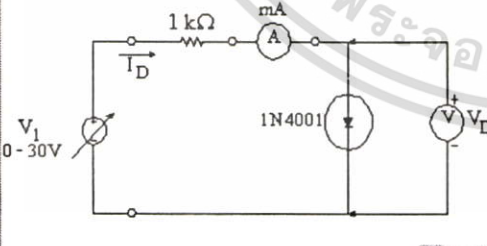
**Presentation Window**

File

บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง

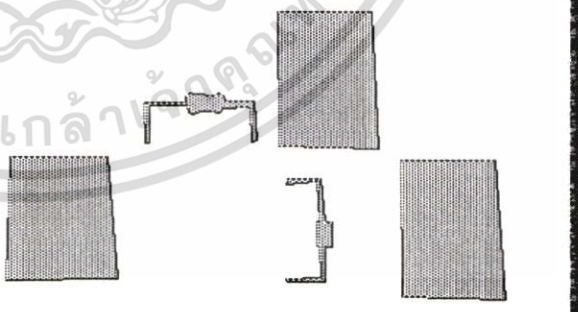
การทดลองที่ 2, ลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดซิลิคอน


1. ต่อวงจรการทดลองตามรูป



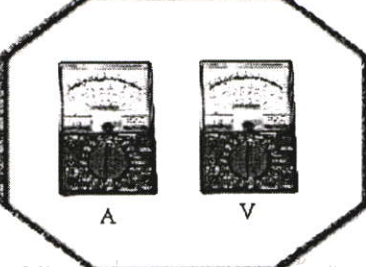
**Next**

พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์

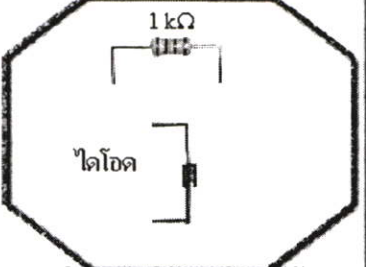




Supply



A
V



ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของสถาบันฯ ห้ามเผยแพร่โดยไม่อนุญาตจากทางสถาบันฯ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

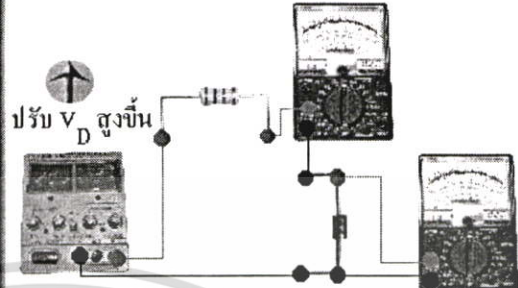
บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 2, ลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดซิลิคอน

2. ปรับค่าแรงดัน  $V_1$  ตามตาราง และวัดค่า  $V_D, I_D$   
สังเกตผลที่ได้ในตาราง

**Next**

พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์



ปรับ  $V_D$  สูงขึ้น

$V_1$ (Volts)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	3	4	5
$V_D$ (Volts)	0	0.17	0.35	0.42	0.45	0.45	0.50	0.55	0.55	0.60
$I_D$ (mA)	0	0	0.02	0.25	0.35	0.50	1.35	2.50	3.50	4.00

Presentation Window

File

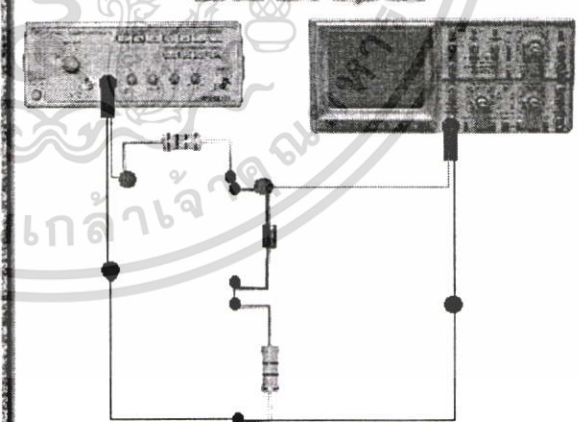
บทเรียนที่ 1, ลักษณะสมบัติของไดโอด  
ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองที่ 2, ลักษณะสมบัติของไดโอดชนิดซิลิคอน

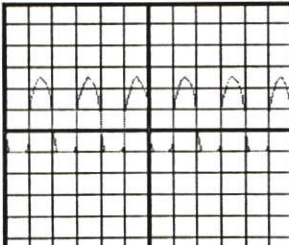
6. จากการทดลองจะใช้ข้อสวิตช์สโคปวัดสัญญาณ  
ที่จุด XY วัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันที่ได้ทาง  
ด้าน Output สังเกตสัญญาณที่วัดได้

**Next**

พื้นที่ต่อ และวางอุปกรณ์



ค่าที่อ่านได้แรงดัน = 7 Vp-p  
ค่าเวลา 1 รูปคลื่น = 2 ms



Time/DIV = 1ms  
Volts/DIV = 2V

Presentation Window

File


บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

---

แบบทดสอบ

กรุณาลงทะเบียนก่อนทำแบบทดสอบ

ชื่อ สกุล  อนันตพัฒน์ อนันตชัย




Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1 ลักษณะสมบัติของไดโอด

---

แบบทดสอบ




ขอต้อนรับคุณ อนันตพัฒน์ อนันตชัย

เข้าสู่แบบทดสอบประจำบทเรียน

ทุกขพร้อมแล้วกรุณาคลิกที่ปุ่ม Start

**Start**

 ไม่พร้อม กลับไปบทก่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1 | ลักษณะสมบัติของไดโอด


---

แบบทดสอบ

แบบทดสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ

ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

(ข้อ: 1 คะแนน)



Next

Presentation Window

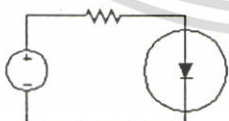
File

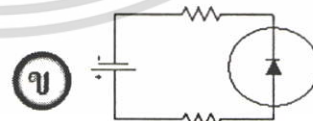
บทเรียนที่ 1 | ลักษณะสมบัติของไดโอด

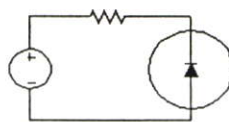
---

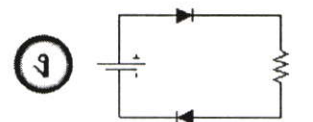
แบบทดสอบ

1. วงจรตามข้อใดเป็นการต่อวงจรในลักษณะไบแอสกลับ

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

## บทเรียนที่ 1: ลักษณะสมบัติของไดโอด

### แบบทดสอบ

1. วงจรตามข้อใดเป็นการต่อวงจรในลักษณะไบแอสกลับ

ก

ข

ค

ง

เสียใจด้วย คุณตอบผิด

Next

Presentation Window

File

## บทเรียนที่ 1: ลักษณะสมบัติของไดโอด

### แบบทดสอบ

2. ตารางตามข้อใดต่อไปนีที่สามารจนำมาผลิตไดโอดได้

ก

แคดเมียม

ข

เจอร์มันเนียม

ค

โคบอล

ง

...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

บทเรียนที่ 1: ลักษณะสมบัติของไดโอด

แบบทดสอบ

คุณ อนันต์พัฒน์ อนันต์ชัย

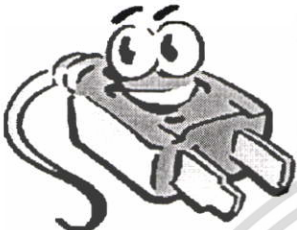

ตอบถูก 4 ข้อ

ตอบผิด 1 ข้อ

คุณทำได้ 80 %

จบบทเรียนที่ 1

กลับสู่เมนูบทเรียน

Presentation Window

File

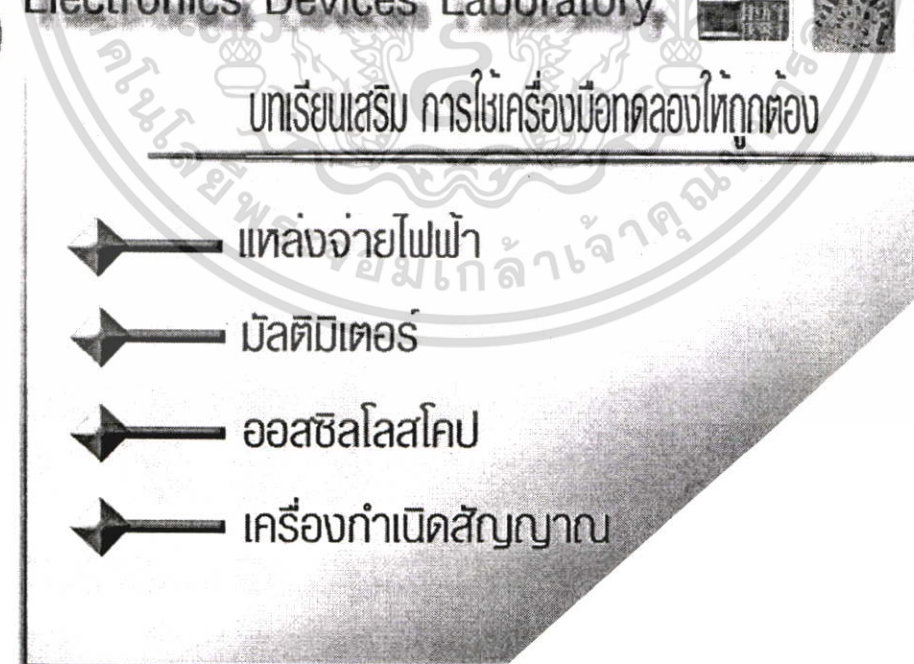
Electronics Devices Laboratory

บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองที่ถูกต้อง

INDUSTRIAL EDUCATION

- ← แหล่งจ่ายไฟฟ้า
- ← มัลติมิเตอร์
- ← ออสซิลโลสโคป
- ← เครื่องกำเนิดสัญญาณ

KING MONGKUT'S INSTTT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตัดสิทธิ์จนถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง

### แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power supply)

---



แหล่งจ่ายไฟฟ้า เป็นเครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีส่วนสำคัญในการทดลองอย่างมาก โดยใช้ในการจ่ายแรงดันและกระแสให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์



กลับ

Forward

Back


Presentation Window

File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง


### แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power supply)

---



ส่วนประกอบหลักของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคือ

1. ตัวปรับเพิ่มลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า
2. ตัวปรับเพิ่มลดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า
3. Scale บอกค่าแรงดัน ไฟฟ้าที่จ่ายออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า



กลับ

Forward

Back

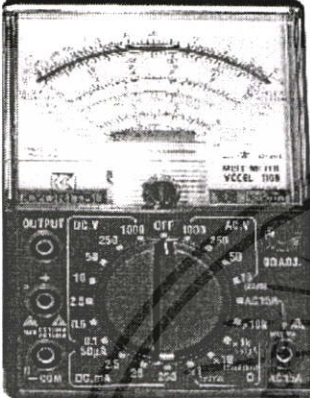
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดสอบที่ถูกต้อง

### มัลติมิเตอร์ (Multimeter)



มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการตรวจวัดขนาดของแรงดันและขนาดของกระแสจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือขนาดของความต้านทานด้วย

กลับ

Forward

Back

Presentation Window

File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดสอบที่ถูกต้อง

### มัลติมิเตอร์ (Multimeter)



ส่วนประกอบหลักที่ใช้งานของมัลติมิเตอร์ คือ

1. Scale เข็มบอกขนาดของหน่วยวัดต่างๆ
2. ตัวเลือกชนิดและระดับในการตรวจวัดต่างๆ
3. ขั้วบวกในการตรวจวัด
4. ขั้วลบในการตรวจวัด

กลับ

Forward

Back

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

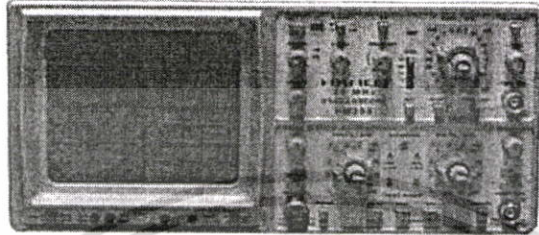
Presentation Window


File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง

### ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

---



  
 กลับ

ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือตรวจจับสัญญาณที่เกิดขึ้นภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนต่างๆ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดสัญญาณที่เกิดจากการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

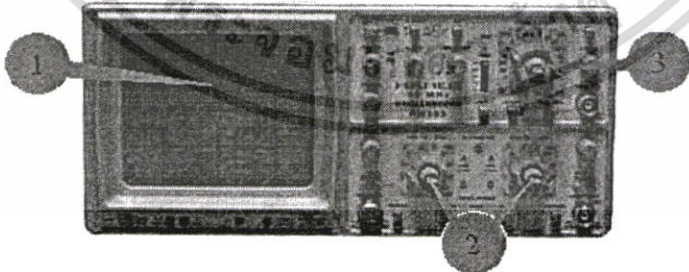
Presentation Window


File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง

### ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)

---



  
 กลับ

ส่วนประกอบหลักของออสซิลโลสโคป คือ

1. จอแสดงรูปสัญญาณ
2. ส่วนปรับอัตราส่วนของขนาดแรงดันของรูปคลื่นสัญญาณ
3. ส่วนปรับอัตราส่วนของขนาดช่วงเวลาของรูปคลื่นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File


## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองที่ถูกต้อง

### เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator)

---



เครื่องกำเนิดสัญญาณเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในส่วนที่มีสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีหน้าที่หลักในการจ่ายสัญญาณในลักษณะต่างๆ เช่น สัญญาณรูปคลื่นไซน์ สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม และสัญญาณรูปฟันเลื่อย ให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในที่ทำการศึกษาตรวจสอบสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุต



กลับ

Forward

Back

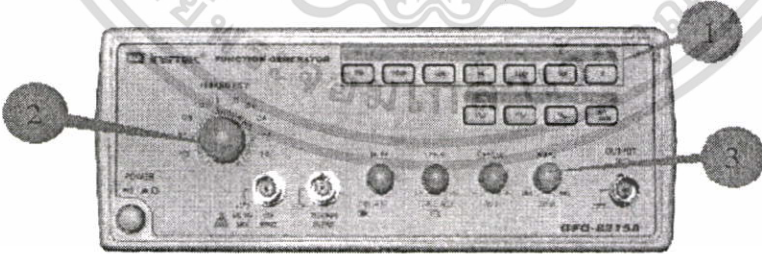
Presentation Window

File

## บทเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองที่ถูกต้อง


### เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Function Generator)

---



ส่วนประกอบหลักของเครื่องกำเนิดสัญญาณ คือ

1. ปุ่มปรับอัตราส่วนของสัญญาณที่จ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2. ตัวปรับขนาดความถี่ของสัญญาณที่จ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. ตัวปรับขนาดแรงดันของสัญญาณที่จ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์



กลับ

Forward

Back

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Presentation Window

File



Electronics Devices Laboratory

ภาเรียนเสริม การใช้เครื่องมือทดลองให้ถูกต้อง

INDUSTRIAL EDUCATION

ออกจากบทเรียน

ตกลง ยกเลิก

← เครื่องกำเนิดสัญญาณ

← KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY, LADKRABANG

← กลับ Help

EXIT

Presentation Window

File

ออกจากบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์  
 ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนการปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์  
 อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่ง  
 ตัวนำ

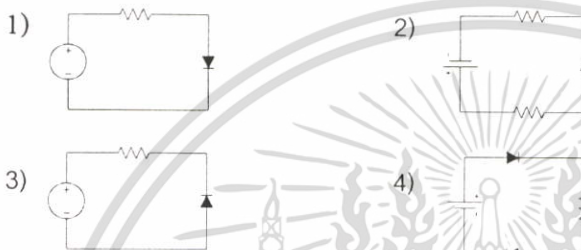
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม  
ก่อนการปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1  
เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อแล้วเขียนเครื่องหมายวงกลม (O) ลงในข้อที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด  
เพียงข้อเดียว

1. วงจรตามข้อใดเป็นการต่อวงจรในลักษณะไบแอสกลับ



2. เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง จะเกิดผลตามข้อใด

- |                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1) กระแสไหลผ่านไดโอด     | 2) กระแสไม่ไหลผ่านไดโอด               |
| 3) เกิดค่าความต้านทานสูง | 4) เกิดแรงดันตกคร่อมไดโอดเป็นจำนวนมาก |

3. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- 1) ซีเนอร์ไดโอดสามารถทำงานโดยการไบแอสกลับเท่านั้น
- 2) หากให้ไบแอสตรงกับซีเนอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอดจะพัง
- 3) ซีเนอร์ไดโอดและไดโอดมีลักษณะสมบัติไม่แตกต่างกัน
- 4) ซีเนอร์ไดโอดสามารถนำกระแสได้ทั้งแบบไบแอสตรงและไบแอสกลับ

4. ซีเนอร์ไดโอดจะเกิดการพังทลายและมีแรงดันคงที่เมื่อได้รับแรงดันไบแอสแบบข้อใด

- |                  |                     |
|------------------|---------------------|
| 1) ไบแอสตรง      | 2) ไบแอสกลับ        |
| 3) ไบแอสทางเดียว | 4) ไบแอสแบบไหนก็ได้ |

5. ขั้วทั้งสามของทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อ คือข้อใด

- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1) p,n,p               | 2) n,p,n                  |
| 3) Input,Output,Ground | 4) Base,Emitter,Collector |

6. แรงดันตกคร่อม ระหว่างขา เบสและอิมิตเตอร์ ขณะทรานซิสเตอร์นำกระแส คือข้อใด

- |          |          |
|----------|----------|
| 1) 0.3 V | 2) 0.7 V |
| 3) 0.9 V | 4) 0 V   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



14. การทำงานของไดโอดขึ้นอยู่กับข้อใด

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1) ขั้วของไดโอด   | 2) อุณหภูมิต่อพ่วง |
| 3) ทิศทางของกระแส | 4) แรงดันพ่วงหลาย  |

15. ตามโครงสร้างของไทรแอกเปรียบเสมือนอุปกรณ์ตามข้อใด

- |                   |          |
|-------------------|----------|
| 1) เอส. ซี. อาร์. | 2) เฟต   |
| 3) ทรานซิสเตอร์   | 4) ไดโอด |





16. ไทรแอกสามารถประยุกต์จำนวนวงจรได้ตามข้อใด

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1) วงจรรีไฟ       | 2) วงจรเรียงกระแส |
| 3) วงจรกรองสัญญาณ | 4) วงจรขยาย       |

17. ข้อใดคือวิธีทำให้ไทรแอกหยุดนำกระแส

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1) ลดกระแสที่จ่ายให้ Gate   | 2) ตัดกระแสที่จ่ายให้ขา Gate           |
| 3) ตัดกระแสที่จ่ายให้ Anode | 4) เพิ่มกระแสที่ Gate จนเลยจุดพ่วงหลาย |

18. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ ยู.เจ.ที.

- |  |  |
|--|--|
| 1)   | 2)   |
| 3)  | 4)  |

19. คุณสมบัติของ ยู.เจ.ที. สามารถนำไปสร้างเป็นวงจรตามข้อใด

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1) วงจรขยาย          | 2) วงจรเรียงกระแส  |
| 3) วงจรออสซิลเลเตอร์ | 4) วงจรแหล่งจ่ายไฟ |

20. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสัญลักษณ์ของ PUT


- |  |  |
|--|--|
| 1)  | 2)  |
| 3)  | 4)  |

21. ข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวถึง PUT ได้ถูกต้อง

- |                            |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 1) ทำงานเหมือนยู.เจ.ที.    | 2) ส่วนประกอบเหมือน SCR           |
| 3) on-off ได้ด้วยแรงดันเกต | 4) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง

- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 

23. ไดโอดเปล่งแสงชนิดใดที่สามารถนำไปประยุกต์เป็นรีโมทคอนโทรลได้

- 1) ไดโอดสีแดง                      2) ไดโอดสีเขียว
- 3) ไดโอดอินฟราเรด                4) ไดโอดสีเหลือง

24. ปกติไดโอดเปล่งแสงที่ตามนุษย์มองเห็นมีความยาวคลื่นตามข้อใด

- 1) 550 nm                              2) 660 nm
- 3) 670 nm                              4) 880 nm

25. คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงเหมือนกับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำข้อใด

- 1) ไดโอดเรียงกระแส                2) ซีเนอร์ไดโอด
- 3) ทรานซิสเตอร์                      4) ไดแอค


ภาคผนวก ค

ตารางที่ 6.1 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบ  
ทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์วิชาปฏิบัติ  
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติ  
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จำแนกตามรายชื่อ

ตารางที่ 6.1 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์วิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จำแนกตามรายชื่อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.78	0.25
2	0.60	0.30
3	0.65	0.30
4	0.48	0.25
5	0.43	0.05
6	0.75	0.20
7	0.55	0.30
8	0.35	0.10
9	0.33	0.05
10	0.80	0.30
11	0.18	0.05
12	0.43	0.15
13	0.90	0.10
14	0.25	0.20
15	0.43	0.05
16	0.48	0.25
17	0.78	0.15
18	0.28	0.15
19	0.55	0.20
20	0.38	0.15
21	0.20	0.10
22	0.83	0.35
23	0.73	0.45
24	0.35	0.10
25	0.45	0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง  
แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมินคุณภาพ  
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการ  
วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติ  
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
4. เนื้อหาของการดำเนินเรื่อง					
4.1 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง					
4.2 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
4.3 ความชัดเจนของการอธิบายเนื้อหา					
4.4 ความน่าสนใจของการดำเนินเรื่อง					
5. แบบฝึกปฏิบัติ					
5.1 ความน่าสนใจของภาพที่ใช้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ					
5.2 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกปฏิบัติ					
5.3 ความสะดวกและคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติกับการฝึกปฏิบัติจริง					
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ					
5.5 แบบฝึกหัดทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์					
6. แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ					
6.1 ความชัดเจนของข้อคำถามของคำสั่ง					
6.2 ความชัดเจนของคำสั่ง					
6.3 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ					

ความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

ตารางที่ 6.2 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมิน  
คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม  
ก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1  
เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ตารางที่ 6.2 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. การจัดการบทเรียน			
1.1 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน	3.91	0.97	ดี
1.2 ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน	3.77	0.87	ดี
1.3 ภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบการเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้เป็นพิมพ์ การหนดวงเวลา	3.73	0.83	ดี
1.4 ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้บทเรียน	3.68	1.25	ดี
1.5 ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน	3.73	1.08	ดี
การจัดการบทเรียน โดยรวม	3.76	0.81	ดี
2. ความเหมาะสมของภาพ ภาษา เสียง			
2.1 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการหน่วยการเรียนรู้	4.05	0.38	ดี
2.2 ความสัมพันธ์ของกราฟิกกับเนื้อหา	3.68	0.72	ดี
2.3 ความสัมพันธ์ของภาพเคลื่อนไหวกับเนื้อหา	3.77	0.81	ดี
2.4 ความน่าสนใจของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว	3.73	0.88	ดี
2.5 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน	3.55	1.06	ดี
2.6 เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบการเรียน	3.23	1.11	ปานกลาง
ความเหมาะสมของภาพ ภาษา เสียง โดยรวม	3.67	0.59	ดี
3. ความเหมาะสมของตัวอักษรและสี			
3.1 รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	4.00	0.83	ดี
3.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้	4.27	0.80	ดี
3.3 สีของตัวอักษร โดยภาพรวม	3.82	0.92	ดี
3.4 สีของพื้นหลัง โดยภาพรวม	3.77	0.81	ดี
3.5 สีของภาพและกราฟิก โดยภาพรวม	4.09	0.84	ดี
ความเหมาะสมของอักษรและ โดยรวม	3.99	0.62	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
4. เนื้อหาของการดำเนินเรื่อง			
4.1 ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง	4.32	0.84	ดี
4.2 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.45	0.60	ดี
4.3 ความชัดเจนของการอธิบายเนื้อหา	3.95	0.90	ดี
4.4 ความน่าสนใจของการดำเนินเรื่อง	4.09	0.61	ดี
เนื้อหาของการดำเนินเรื่อง โดยรวม	4.20	0.63	ดี
5. แบบฝึกปฏิบัติ			
5.1 ความน่าสนใจของภาพที่ใช้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ	4.00	0.54	ดี
5.2 ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกปฏิบัติ	3.86	0.77	ดี
5.3 ความสะดวกและคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติกับการฝึกปฏิบัติจริง	3.77	0.81	ดี
5.4 สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ	3.55	0.96	ดี
5.5 แบบฝึกหัดทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์	4.14	0.71	ดี
แบบฝึกปฏิบัติ โดยรวม	3.86	0.57	ดี
6. แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ			
6.1 ความชัดเจนของข้อความของคำสั่ง	4.14	0.64	ดี
6.2 ความชัดเจนของคำสั่ง	4.09	0.91	ดี
6.3 ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ	4.05	0.79	ดี
แบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ โดยรวม	4.09	0.57	ดี
เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม	3.90	0.50	ดี

หมายเหตุ

เกณฑ์การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ

4.50-5.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดีมาก

3.50-4.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ดี

2.50-3.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ปานกลาง

1.50-2.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ พอใช้

1.00-1.49 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

จากตารางที่ 6.1 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนเพื่อประเมินคุณภาพสื่อบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยภาพรวมอยู่ในระดับโดยมีค่าเฉลี่ย 3.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

ด้านการจัดบทเรียน คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3.91 คือ 1.1) ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องหลักของบทเรียน รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.77 ได้แก่ 1.2) ความน่าสนใจในการนำเสนอชื่อเรื่องย่อยของบทเรียน รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.73 มี 2 รายการ คือ 1.3) ภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบการเรียน เช่น การใช้เมาส์ การใช้แป้นพิมพ์ การหนด่วงเวลา และ 1.5) ความน่าสนใจชวนให้ติดตามบทเรียน และรายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.68 คือ 1.4) ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้บทเรียน

ด้านความเหมาะสมของภาพ ภาษาและเสียง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.59 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.05 คือ 2.1) ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบหน่วยการเรียนรู้ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.77 คือ 2.3) ความสัมพันธ์ของภาพเคลื่อนไหวกับเนื้อหา รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.73 คือ 2.4) ความน่าสนใจของกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.68 คือ 2.2) ความสัมพันธ์ของกราฟิกกับเนื้อหา รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.55 คือ 2.5) เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน และรายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.23 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเพียงรายการเดียว คือ 2.6) เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบการเรียน

ด้านความเหมาะสมของตัวอักษรและสี คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.99 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.27 คือ 3.2) ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.09 คือ 3.5) สีของภาพและกราฟิก โดยภาพรวม รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.00 คือ 3.1) รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.82 คือ 3.3) สีของตัวอักษร โดยภาพรวม และรายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.77 คือ 3.4) สีของพื้นหลัง โดยภาพรวม

ด้านเนื้อหาของการดำเนินเรื่อง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.45 คือ 4.2) ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.32 คือ 4.1) ปริมาณของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.09 คือ 4.4) ความน่าสนใจของการดำเนินเรื่อง และรายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.95 คือ 4.3) ความชัดเจนของการอธิบายเนื้อหา

ด้านแบบฝึกปฏิบัติ คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.86 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.14 คือ 5.5) แบบฝึกหัดทำให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.00 คือ 5.1) ความน่าสนใจของภาพที่ใช้เป็นแบบฝึกปฏิบัติ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.86 คือ 5.2) ความชัดเจนของคำสั่งของแบบฝึกปฏิบัติ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.77 คือ 5.3) ความสะดวกและคล่องตัวระหว่างการใช้แบบฝึกปฏิบัติกับการฝึกปฏิบัติจริง และรายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.55 คือ 5.4) สิ่งอำนวยความสะดวกในการฝึกปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านแบบวัดผลการฝึกปฏิบัติ คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.09 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.14 คือ 6.1) ความชัดเจนของข้อความของคำสั่ง รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.09 คือ 6.2) ความชัดเจนของคำสั่ง และ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.05 คือ 6.3) ความน่าสนใจเกี่ยวกับวิธีการวัดผลการฝึกปฏิบัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นายอนันตพัฒน์ อนันตชัย
วัน เดือน ปี เกิด	8 กุมภาพันธ์ 2520
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 82 ซอยสวาทอุทิศ ถนนฉะเชิงเทรา - บางน้ำเปรี้ยว ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2540 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

สาขาวิชาโทรคมนาคม

แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

พ.ศ. 2542 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ เอกคอมพิวเตอร์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้