



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง
เพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบ
วงจรดิจิทัลและตรรกะ

โดย
ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ

ปี พ.ศ. 2556
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง
เพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบ
วงจรดิจิทัลและตรรกะ

คณะผู้วิจัย

สังกัด

ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2556

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์ยศวรธรณ์ จันทนา ที่ให้เอื้อเฟื้ออุปการะในการทำการวิจัยและแนวทางในด้านการจัดทำรายงาน ผลการวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลอง อีกทั้งขอขอบคุณอาจารย์และ เจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการวิจัยด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ

หัวข้อวิจัย	การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการ การออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ
ชื่อผู้วิจัย	ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ได้แนวคิดจากการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ได้แก่ การส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ นักศึกษามีองค์ความรู้มากขึ้นกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในเนื้อหารายวิชา หรือเกณฑ์มาตรฐานที่ผู้สอนคาดหวัง ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้นักศึกษาเกิดแรงกระตุ้นและพยายามพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง ให้ดียิ่งขึ้น โดยมีการใช้พื้นฐานจากการเรียนการสอนปกติในห้องเรียนมาเป็นตัวหลักต้น ซึ่งเท่ากับเป็นการสร้างและพัฒนาจิตพิสัยให้ใฝ่รู้อีกทางหนึ่ง โดยใช้ควบคู่กับการเรียนการสอนและให้นักศึกษาได้เรียนเสริม เพิ่มเติมที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างบุคคล อีกทั้งชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ ใช้งานง่าย วัสดุอุปกรณ์สามารถหาได้ภายในประเทศสามารถนำไปฝึกที่บ้านได้และเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายสามารถซ่อมแซม บำรุงรักษา เพื่อให้มีชุดทดลองไว้ใช้งานได้ตลอดเวลา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ประสิทธิภาพโดยค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.08 อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก

Research Title	Construction and Evaluation of the Efficiency of skill-extension of Experimental Sets on Digital Circuit and Logic Design Laboratory
Name	Acting Sub Lt.Worachai Srisamoodkham
University	Phetchabun Rajabhat University
Year	2013

ABSTRACT

Construction and Evaluation of the Efficiency of skill-extension of Experimental Sets on Digital Circuit and Logic Design Laboratory.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
บทคัดย่อ	(ง)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญภาพ	(ณ)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
คำสำคัญในการวิจัย	2
ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ดิจิทัล หรือ ดิจิทัล (Digital)	4
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	19
ชุดทดลองและการสอนแบบทดลอง	54
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	62
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	65
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	65
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล	66
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	66
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	68
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	68
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	70
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	70

สรุปผลการวิจัย	70
อภิปรายผล	70
ข้อเสนอแนะ	71

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก	73
ก. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย	74
ข. การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ	76
ค. ใบงาน	81
ง. หลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์	94
จ. ประวัติผู้วิจัย	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางความจริงของแอนด์เกต	4
2.2 ตารางความจริงของออร์เกต	6
2.3 ตารางความจริงของนอตเกต	7
2.4 ตารางความจริงของนอร์เกต	8
2.5 ตารางความจริงของแนนด์เกต	9
2.6 ตารางความจริงของ Ex-OR Gate	10
2.7 ตารางความจริงของ Ex-OR Gate	11
2.8 แสดง Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 2 ตัว	12
2.9 แสดง Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 3 ตัว	13
2.10 ตารางความจริงของลอจิกไดอะแกรม	18
2.11 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง	23
2.12 ค่าความต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง	24
2.13 ตารางการกำหนดบิตข้อมูลแสดงผล 7 Segment	27
2.14 แสดงอักษรที่บอกค่าผิดพลาดและอัตราทวนแรงดันบนตัวเก็บประจุ	36
2.15 ตารางการเทียบสีของตัวต้านทาน	40
4.1 ความคิดเห็นการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ทั้ง 3 ด้าน	68

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 วงจรเกตแอนด์	4
2.2 สัญลักษณ์ของแอนด์เกต (AND gate)	4
2.3 โครงสร้างภายในของแอนด์เกต	5
2.4 วงจรเสมือนของออร์เกต	5
2.5 สัญลักษณ์ของออร์เกต	6
2.6 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีออร์เกต 7432	6
2.7 สัญลักษณ์ของนอตเกต NOT gate	7
2.8 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีนอทเกต 7404	7
2.9 สัญลักษณ์ของนอร์เกต	8
2.10 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีนอร์เกต 7402	8
2.11 สัญลักษณ์ของแนนด์เกต	9
2.12 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีนแนนด์เกต 7400	9
2.13 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต	10
2.14 วงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต	10
2.15 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต	11
2.16 วงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต	11
2.17 แสดง Timing Diagram	18
2.18 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส	19
2.19 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N	20
2.20 การไบแอสให้ไดโอด	20
2.21 กราฟลักษณะสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส	20
2.22 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง	21
2.23 แสดงตัวอย่างไดโอด	21
2.24 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	22
2.25 ส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง	22
2.26 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง	23
2.27 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลัปแรงดันต่ำ	24
2.28 ตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง	25
2.29 แสดง 7 Segment	25
2.30 วงจรขับ 7 Segment	26
2.31 วงจรคอมมอนทั้ง 2 แบบ ของ 7 Segment	26

2.32 ตัวอย่าง 7 Segment	27
2.33 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	28
2.34 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.35 การจัดอินพุตและเอาต์พุต	30
2.36 การให้ไบแอสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	30
2.37 การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	31
2.38 อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์	32
2.39 แสดงรูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ	33
2.40 แสดงการเกิดความจุจากการป้อนแรงเคลื่อน	33
2.41 แสดงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่	34
2.42 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้	35
2.43 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้	35
2.44 ตัวต้านทาน	37
2.45 ตัวต้านทานแบบค่าคงที่	37
2.46 สัญลักษณ์ตัวต้านทานแบบค่าคงที่	37
2.47 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้	37
2.48 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้แบบเกือกม้า	38
2.49 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน	38
2.50 ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม	39
2.51 ตัวต้านทานชนิดลวดพันหรือเซรามิคหรือกระเบื้อง	39
2.52 คุณสมบัติของตัวไตรสเตอร์	41
2.53 แสดงผลจากวงจรแบบอาโนดและแบบคาโอด	43
2.54 ตัวอย่างหม้อแปลงไฟฟ้า	44
2.55 ส่วนประกอบหม้อแปลง	45
2.56 ตัวอย่างหม้อแปลง	47
2.57 โครงสร้าง IC	48
2.58 รูปร่าง IC Opamp	49
2.59 แสดงการต่อวงจรตัวต้านทาน	50
2.60 แสดงการต่อไดโอดเปล่งแสง	50

2.61 แสดงทรานซิสเตอร์	51
2.62 การทำงานวงจรเรกติไฟเออร์เบื้องต้น	52
2.63 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	53
2.64 วงจรเรกติไฟเออร์	54

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปรับเปลี่ยนของสังคมโลกาภิวัตน์ไปสู่สังคมเศรษฐกิจแบบพึ่งพาความรู้ (Knowledge Economy) ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนในระดับต่าง ๆ ของสถานศึกษาได้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในกระบวนการจัดการเรียนการสอนต่างไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทำให้บทบาทของสถานศึกษาและคณาจารย์ได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแต่เดิมนั้นมีบทบาทในฐานะผู้นำ และคอยกำกับติดตามกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนตามหลักสูตร กลายมาเป็นผู้สนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้ที่ผู้เรียนมีความสนใจและเสริมสร้างผู้เรียนให้มีศักยภาพเพียงพอในการเรียนรู้เพื่อบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามผู้เรียนต้องการให้ดีที่สุดซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในแนวทางใหม่ ๆ นี้เป็นที่มาของการจัดการเรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student Centered)

ทิศทางการจัดการเรียนการสอนที่ปรับเปลี่ยนไปนี้ ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นประเด็นที่น่าท้าทาย น่าที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มีความมุ่งหมายหลัก คือ การเสริมสร้างศักยภาพและมุ่งผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สามารถประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางหนึ่งในการเสริมสร้างศักยภาพความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สอดคล้องกับรูปแบบ การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ได้แก่ การส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักศึกษามีองค์ความรู้มากขึ้นกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในเนื้อหารายวิชา หรือเกณฑ์มาตรฐานที่ผู้สอนคาดหวัง ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้นักศึกษาเกิดแรงกระตุ้นและพยายามพัฒนาการเรียนรู้ของตัวเองให้ดียิ่งขึ้น โดยมีการใช้พื้นฐานจากการเรียนการสอนปกติในห้องเรียนมาเป็นตัวหลักดัน ซึ่งเท่ากับเป็นการสร้างและพัฒนาจิตพิสัยให้ไม่รู้ตัวอีกทางหนึ่ง

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นควรที่จะสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะในวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ เพื่อใช้ควบคู่กับการเรียนการสอนและให้นักศึกษาได้เรียนเสริม เพิ่มเติมที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างบุคคล อีกทั้งชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ ใช้งานง่าย วัสดุอุปกรณ์สามารถหาได้ภายในประเทศสามารถนำไปฝึกที่บ้านได้และเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายสามารถซ่อมแซม บำรุงรักษา เพื่อให้มีชุดทดลองไว้ใช้งานได้ตลอดเวลา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 เพื่อสร้างการสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ
- 2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

3. ขอบเขตของการวิจัย

- 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้แก่นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 หมู่เรียน
- 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ
- 3 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพได้แก่ ผู้สอน ผู้เชี่ยวชาญ และแบบประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

4. คำสำคัญในการวิจัย

ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ, ประสิทธิภาพ, วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

5. ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย

- 1 สามารถนำชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะไปใช้งานได้จริง สำหรับการเรียนรู้ในวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ
- 2 เป็นพื้นฐานในการออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการ ออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งหัวข้อได้ ดังนี้

ดิจิทัล หรือ ดิจิทัล (Digital)

ดิจิทัลเป็นการอธิบายเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สร้าง เกือบ และประมวลข้อมูลในลักษณะ 2 สถานะ คือ บวก (positive) และไม่บวก (non-positive) บวก (positive) แสดงด้วย เลข 1 และไม่บวก (non-positive) แสดงด้วย เลข 0 ดังนั้น ข้อมูลส่งผ่าน หรือเก็บด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นการแสดงด้วย ข้อความของ 0 และ 1 แต่ละค่าของตำแหน่งสถานะเหล่านี้ เป็นการอ้างแบบ binary digital

ก่อนหน้าเทคโนโลยีดิจิทัล การส่งผ่านอิเล็กทรอนิกส์ถูกจำกัดด้วยเทคโนโลยีอะนาล็อก ซึ่งนำส่ง ข้อมูลเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของความถี่ หรือความสูงซึ่งเพิ่มเข้าสู่ คลื่นตัวนำที่ให้ความถี่ การส่งผ่านการกระจาย และโทรศัพท์แบบดั้งเดิม ใช้เทคโนโลยีอะนาล็อก เทคโนโลยีดิจิทัล ได้รับการใช้ในตัวกลางการสื่อสารทางกายภาพ เช่นการส่งผ่านด้วยดาวเทียม และไฟเบอร์ออปติก โมเด็มใช้ในการแปลงสัญญาณโทรศัพท์ ให้เป็นสารสนเทศดิจิทัล สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์

ลอจิกเกต (Logic gate)

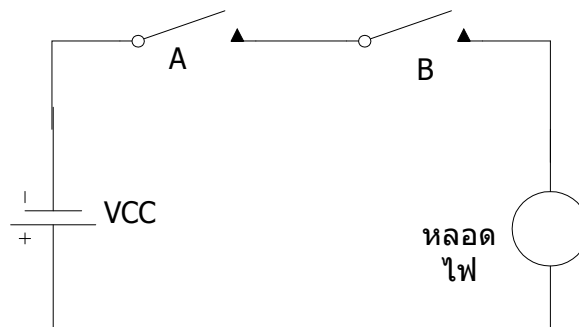
เกตต่าง ๆ ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาวงจรดิจิทัลนั้น แบ่งได้ตาม คุณสมบัติการทำงานได้ใหญ่ ๆ ดังนี้

1. เกตแอนด์ (AND gate)
2. เกตออร์ (OR gate)
3. เกตแนนด์ (NAND gate)
4. เกตนอร์ (NOR gate)
5. เกตนอต (NOT gate)

6. เกตพิเศษอื่น ๆ เช่น เกตเอกซ์คลูซีฟออร์เกต เอกซ์คลูซีฟนอร์เกต ลอจิก 3 สถานะ และเกต สวิตช์ผ่านสัญญาณ 2 ทาง เป็นต้นเกตต่าง ๆ เหล่านี้มีคุณสมบัติ สัญลักษณ์ และวงจรที่แตกต่างกัน บางเกตจะมีขั้วอินพุตมากกว่า 2 ขั้ว เช่นเกตในข้อ 1-4 และบางเกตอาจจะอินพุตเดียว เช่น เกตนอตหรือ เกตอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและหน้าที่ในการนำไปใช้งานส่วนขั้วเอาต์พุต ปกติจะมีเพียงขั้วเดียว ดังจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 เกตแอนด์ (AND gate)

เกตแอนด์ หรือแอนด์เกตนั้นเราสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ถ้าหากเขียนแทนด้วยสวิตช์หรือคอนแทคและหลอดไฟดังแสดงภาพที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยคอนแทค 2 คอนแทค คือ A และ B ต่อเป็นแบบอนุกรมกัน ส่วนหลอดไฟนั้นใช้แทนเอาต์พุต Y โดยกำหนดสถานะของลอจิกดังนี้



คอนแทคปิด (ครบวงจร) เป็น 1 หรือ H

คอนแทคเปิด (ไม่ครบวงจร) เป็น 0 หรือ L

หลอดไฟติดสว่าง เป็น 1 หรือ H

หลอดไฟดับ เป็น 0 หรือ L

ภาพที่ 2.1 วงจรเกตแอนด์

จากภาพที่ 2.1 เราพิจารณาการทำงานสถานะต่าง ๆ ได้จากตารางความจริง

ตารางที่ 2.1 ตารางความจริงของแอนด์เกต

A	B	Y = A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ผลลัพธ์ของวงจร AND สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ $Y = A . B$

ในทางปฏิบัติเครื่องหมาย . อาจจะไม่ใช่ก็ได้ จึงเขียนสมการได้เป็น $Y = A B$

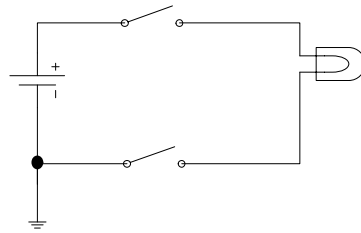
ภาพที่ 2.2 สัญลักษณ์ของแอนด์เกต (AND gate)

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายในของแอนด์เกต

ภาพที่ 2.3 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซี 7408 ที่ใช้เป็นแอนด์เกต

1.2 ออร์เกต (OR gate)

คุณสมบัติของออร์เกตนั้นเราสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย โดยการเขียนแทนด้วยคอนแทคและหลอดไฟ ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยให้คอนแทค A และ B ขนานกัน ซึ่งเปรียบเหมือนอินพุตของวงจร และหลอดไฟ Y เป็นเอาต์พุตของวงจร โดยกำหนดสถานะลอจิกทางด้านอินพุตเหมือนกับเกตแอนด์



ภาพที่ 2.4 วงจรเสมือนของออร์เกต

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงออร์เกต

Input		Output
A	B	$Y = A+B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

ภาพที่ 2.5 สัญลักษณ์ของออร์เกต

ผลลัพธ์ของวงจรออร์สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ $Y = A + B$

จากตารางอธิบายได้ว่า เมื่อ $A = 0, B = 0$ จะได้ $Y = 0 + 0 = 0$

$A = 0, B = 1$ จะได้ $Y = 0 + 1 = 1$

$A = 1, B = 0$ จะได้ $Y = 1 + 0 = 1$

$A = 1, B = 1$ จะได้ $Y = 1 + 1 = 1$

จึงสรุปได้ว่า Output ของวงจร OR จะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ Input (A หรือ B) ตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งหมด เป็น 1 และจะได้ Output เป็น 0 ก็ต่อเมื่อ Input ทั้งหมดเป็น 0

ภาพที่ 2.6 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีออร์เกต 7432

1.3 นอตเกต (NOT gate)

เกตนอต หรือบางครั้งเรียกว่าเกตอินเวอร์เตอร์ หรือนอตเกต หากต้องการศึกษาคุณสมบัติและการทำงาน โดยกำหนดสถานะลอจิกเหมือนกับเกตแอนด์หรือเกตออร์

ภาพที่ 2.7 สัญลักษณ์ของนอตเกต NOT gate

ตารางที่ 2.3 ตารางความจริงของนอตเกต NOT gate

Input	Output
A	$Y=A$
0	1
1	0

ผลลัพธ์ของวงจร NOT สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ $Y = A$ (อ่านว่า NOT A หรือ A Bar)

จากตารางอธิบายได้ว่า

เมื่อ $A = 0$ จะได้ $Y = 1$

$A = 1$ จะได้ $Y = 0$

จึงสรุปได้ว่า Output ของวงจร NOT เป็น Complement ของ Input นั่นเอง

ภาพที่ 2.8 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซินอทเกต 7404

1.4 นอร์เกต (NOR Gate)

จากภาพที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของ NOT Gate ที่มี 2 อินพุต ซึ่งการกระทำของ NOR Gate จะมีค่าเท่ากับการนำ OR Gate มาต่อรวมกันกับ NOT Gate ดังนั้นจึงเขียนสมการลอจิกสำหรับเอาต์พุตของ NOR Gate ได้ดังนี้

$$Y = \overline{A.B}$$

จากสมการลอจิกจะเห็นว่า NOR Gate มีการกระทำแรกเป็นการกระทำ OR ของอินพุตและการกระทำ NOT บนผลบวกแบบ OR เป็นการกระทำที่สอง สำหรับสัญลักษณ์ของ NOR Gate จะจำง่ายเพราะใช้สัญลักษณ์ของ OR Gate ร่วมกับวงกลมเล็กที่ปลายเอาต์พุต วงกลมเล็กนี้แสดงการกระทำ NOT (การกลับค่า)

ภาพที่ 2.9 สัญลักษณ์ของนอร์เกต

ตารางที่ 2.4 ตารางความจริงของนอร์เกต

Input		Output
A	B	—
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

ตารางความจริง NOR Gate ดังภาพจะเห็นว่าเอาต์พุตของเกต NOR ในแต่ละกรณีจะมีค่ากลับกันกับเอาต์พุตของเกต OR กล่าวคือ เอาต์พุตของเกต OR จะมีค่า High ก็ต่อเมื่ออินพุตใดๆ มีค่า High แต่เกต NOR มีเอาต์พุตเป็น Low เมื่ออินพุตใดๆ เป็น High

ภาพที่ 2.10 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซินอร์เกต 7402

1.5 แนนด์เกต (NAND Gate)

จากภาพที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์ของ NAND Gate ที่มี 2 อินพุต ซึ่งการกระทำของ NAND Gate จะมีค่าเท่ากับการนำ AND Gate มาต่อรวมกันกับ NOT Gate ดังรูป ดังนั้นจึงเขียนสมการลอจิกสำหรับเอาต์พุตของ NAND Gate ได้ดังนี้

$$Y = \overline{A.B}$$

จากสมการลอจิกของ NAND Gate จะเห็นว่าการกระทำแรกเป็นการกระทำของ AND ของอินพุต และการกระทำ NOT บนผลคูณแบบ AND เป็นการกระทำที่สอง

สำหรับสัญลักษณ์ของ NAND Gate จะใช้สัญลักษณ์ของ AND Gate ร่วมกับวงกลมเล็กที่ปลายเอาต์พุต วงกลมเล็กนี้แสดงการกระทำ NOT (การกลับค่า)

ภาพที่ 2.11 สัญลักษณ์ของแนนด์เกต

ตารางที่ 2.5 ตารางความจริงของแนนด์เกต

Input		Output
A	B	$Y = \overline{A.B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

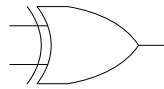
ตารางความจริงของ NAND Gate ดังรูปเอาต์พุตของเกต AND เป็น High ก็ต่อเมื่ออินพุตทั้งหมดที่ค่าเป็น High แต่เกต NAND มีเอาต์พุตเป็น Low เมื่ออินพุตทั้งหมดเป็น High

ภาพที่ 2.12 แสดงการแทนตำแหน่งของขาไอซีแนนด์เกต 7400

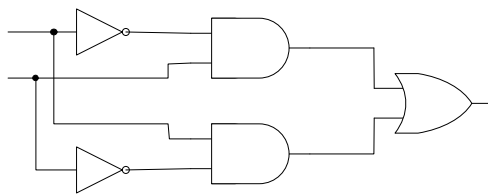
1.6 เกตชนิดพิเศษ

1.6.1 เอ็กส์คลูซีฟออร์เกต (Exclusive OR) : Ex-OR Gate

วงจร Ex-OR เป็นเกตที่นำเอาหลักการของเกตพื้นฐานมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังภาพ



ภาพที่ 2.13 สัญลักษณ์ของเอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต



ภาพที่ 2.14 วงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต

ตารางที่ 2.6 ตารางความจริงของ Ex-OR Gate

Input		Output
A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

เมื่อนำหลักการพื้นฐานมาพิจารณา ทำให้ได้สมการเอาต์พุตของวงจร Ex-OR คือ

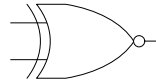
$$Y = A \oplus B$$

$$= \overline{A}B + A\overline{B}$$

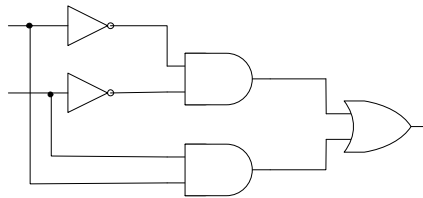
จากตารางความจริงแสดงว่าเมื่อ $Y = 1$ ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 ครั้งคือ เมื่อ $A = 1, B = 0$ และ $A = 0, B = 1$ กล่าวอีกนัยหนึ่ง วงจร Ex-OR จะมีเอาต์พุตเป็น 1 เมื่อ ตัวแปรอินพุตทั้งสองมีค่าต่างกัน

1.6.2 เอ็กส์คลูซีฟนอร์เกต (Exclusive NOR) : Ex-NOR Gate

วงจร Ex-NOR ก็เป็นเกตที่นำเอาหลักการของเกตพื้นฐานมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังภาพ



ภาพที่ 2.15 สัญลักษณ์ของเอ็กส์คลูซีฟนอร์เกต



ภาพที่ 2.16 วงจรภายในของเอ็กส์คลูซีฟนอร์เกต

ตารางที่ 2.7 ตารางความจริงของ Ex-OR Gate

Input		Output
A	B	$Y = \overline{A \oplus B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

เมื่อนำหลักการพื้นฐานมารวมพิจารณา ทำให้ได้สมการเอาต์พุตของวงจร Ex-OR คือ

$$\begin{aligned}
 Y &= \overline{A \oplus B} \\
 &= \overline{AB + \overline{A}B}
 \end{aligned}$$

จากตารางความจริงแสดงว่าเมื่อ $Y = 1$ ซึ่งเกิดขึ้นได้ 2 ครั้งคือ เมื่อ $A = B = 0$ และ $A = B = 1$ กล่าวอีกนัยหนึ่ง วงจร Ex-OR จะมีเอาต์พุตเป็น 1 เมื่อ ตัวแปรอินพุตทั้งสองมีค่าต่างกัน

นิพจน์บูลีนแบบ Minterm และ Maxterm

Minterm หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลคูณของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n นั้นโดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้งในรูปปกติหรือรูปของ Complement ก็ได้เช่นฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C และมี Minterm คือ $\overline{A}\overline{B}\overline{C}$, $\overline{A}\overline{B}C$, $\overline{A}B\overline{C}$, $\overline{A}BC$, $A\overline{B}\overline{C}$, $A\overline{B}C$, $AB\overline{C}$, ABC เป็นต้น

Maxterm หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลบวกของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ตัว ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n ตัวนั้น โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้ง ในรูปปกติหรือรูปของ Complement ก็ได้เช่นฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C และมี Maxterm คือ $A+B+C$, $A+B+\overline{C}$, $A+\overline{B}+C$, $A+\overline{B}+\overline{C}$, $\overline{A}+B+C$, $\overline{A}+B+\overline{C}$, $\overline{A}+\overline{B}+C$, $\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$ เป็นต้น

การสร้างสมการ จาก Minterm และ Maxterm

ก่อนที่เราจะสร้างสมการจาก Minterm และ Maxterm เราจะต้องแทนค่าสมการ Minterm และ Maxterm ด้วยเลข Binary ก่อน

ตัวแปรใน สมการ Minterm และ Maxterm มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ 2 ค่า คือ 0 หรือ 1 ดังนั้นในกรณีที่เป็น Minterm เราจะกำหนดว่า

ตัวแปรในรูปปกติเช่น A, B, C..... จะแทนด้วย 1

ตัวแปรในรูป Complement เช่น $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{C}$ จะแทนด้วย 0

ในกรณีที่ เป็น Maxterm เราจะกำหนดว่า

ตัวแปรในรูปปกติเช่น A, B, C..... จะแทนด้วย 0

ตัวแปรในรูป Complement เช่น $\overline{A}$, $\overline{B}$, $\overline{C}$ จะแทนด้วย 1

ตัวอย่างการเขียน Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 2 ตัว

ตารางที่ 2.8 แสดง Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 2 ตัว

เลขฐาน 10	ตัวแปร		Minterm	Maxterm
	A	B		

0	0	0	$\overline{A}\overline{B}$	$\overline{A} + \overline{B}$
1	0	1	$\overline{A}B$	$\overline{A} + B$
2	1	0	$A\overline{B}$	$A + \overline{B}$
3	1	1	AB	$A + B$

ตัวอย่างการเขียน Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 3 ตัว

ตารางที่ 2.9 แสดง Minterm และ Maxterm จากตัวแปร 3 ตัว

เลขฐาน 10	ตัวแปร			Minterm	Maxterm
	A	B	C		
0	0	0	0	$\overline{A}\overline{B}\overline{C}$	$A + B + C$
1	0	0	1	$\overline{A}\overline{B}C$	$A + B + \overline{C}$
2	0	1	0	$\overline{A}B\overline{C}$	$A + \overline{B} + C$
3	0	1	1	$\overline{A}BC$	$A + \overline{B} + \overline{C}$
4	1	0	0	$A\overline{B}\overline{C}$	$\overline{A} + B + C$
5	1	0	1	$A\overline{B}C$	$\overline{A} + B + \overline{C}$
6	1	1	0	$AB\overline{C}$	$\overline{A} + \overline{B} + C$
7	1	1	1	ABC	$\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$

มาตรฐานของสมการลอจิก

มาตรฐานของสมการลอจิก หรือ Switch function หรืออาจเรียกอีกอย่างว่า Boolean Expression มีมาตรฐานการเขียนอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) แบบที่ 2 เขียนอยู่ในรูปของผลคูณของผลบวก (Product of Sum)

ผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) หมายถึงการ OR กันระหว่างตัวแปรที่ AND กัน เช่น

$$\begin{aligned}f(A, B, C) &= \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} \\f(A, B, C, D) &= \overline{A}\overline{B} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D\end{aligned}$$

ผลคูณของผลบวก (Product of Sum) หมายถึงการ OR กันระหว่างตัวแปรที่ AND กัน เช่น

$$\begin{aligned}f(A, B, C) &= (A + \overline{B} + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(A + B + C) \\f(A, B, C, D) &= (A + \overline{B})(A + B + \overline{C})(\overline{A} + B + C + \overline{D})(A + B + C + D)\end{aligned}$$

ตัวอย่างการเขียนสมการ (Sum of Product)

ตัวอย่างที่ 1

$$F(A, B, C) = \sum m(0, 2, 4, 6)$$

วิธีทำ

โจทย์กำหนด $f(A, B, C)$ แสดงว่ามีตัวแปร 3 ตัว

$\sum m$ หมายถึง ผลบวกของตัว Minterm

$\sum m(0, 2, 4, 6)$ จึงหมายถึงการนำ Minterm ตัวที่ 0, 2, 4, 6 มาบวกกันโดยเขียนอยู่ในรูปของ Canonical sum of product form

$$\begin{aligned}f(A, B, C) &= \sum m(0, 2, 4, 6) \\&= \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2

$$F(A, B, C, D) = \pi m(0, 2, 4, 6)$$

$$\begin{aligned}\therefore f(A, B, C, D) &= \sum m(0, 2, 4, 6) \\&= \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}CD\end{aligned}$$

ตัวอย่างการเขียนสมการ(Product of Sum)

ตัวอย่างที่ 3

$$F(A, B, C) = \pi m(0, 2, 4, 6)$$

วิธีทำ

โจทย์กำหนด $f(A, B, C)$ แสดงว่ามีตัวแปร 3 ตัว

πm หมายถึง ผลคูณของตัว Maxterm

$\pi m(0, 2, 4, 6)$ จึงหมายถึงการนำ Maxterm ตัวที่ 0, 2, 4, 6 มาคูณกันโดยเขียนอยู่ในรูปของ Canonical sum of product form

$$\begin{aligned} f(A, B, C) &= \pi m(0, 2, 4, 6) \\ &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(\bar{A} + B + \bar{C})(A + \bar{B} + \bar{C})(A + B + \bar{C}) \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4

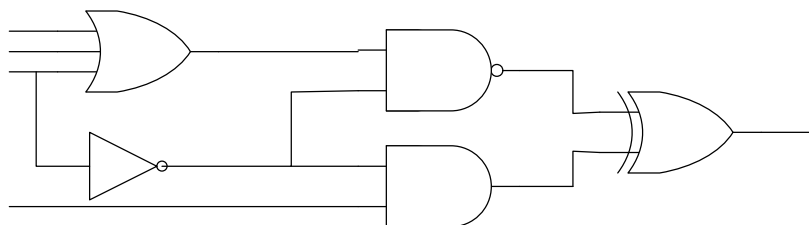
$$F(A, B, C, D) = \pi m(0, 2, 4, 6)$$

$$\begin{aligned} f(A, B, C, D) &= \pi m(0, 2, 4, 6) \\ &= (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D})(\bar{A} + \bar{B} + C + \bar{D})(\bar{A} + B + \bar{C} + \bar{D})(\bar{A} + B + C + \bar{D}) \end{aligned}$$

การเขียนสมการลอจิกจากวงจรลอจิก (การวิเคราะห์ห้วงจรลอจิก)

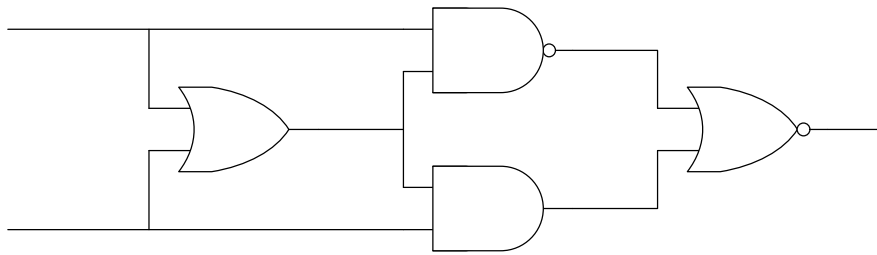
การเขียนสมการลอจิก (Switching function) หรือ Boolean expression จากลอจิกที่กำหนดให้ นั้นวิธีการเขียนต้องเริ่มต้นจาก Input มาทาง Output เรื่อยๆ ไปตามลำดับตั้งตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 5 จงหา function output ของ Gate ทุกตัวจากวงจร Logic ที่กำหนดให้



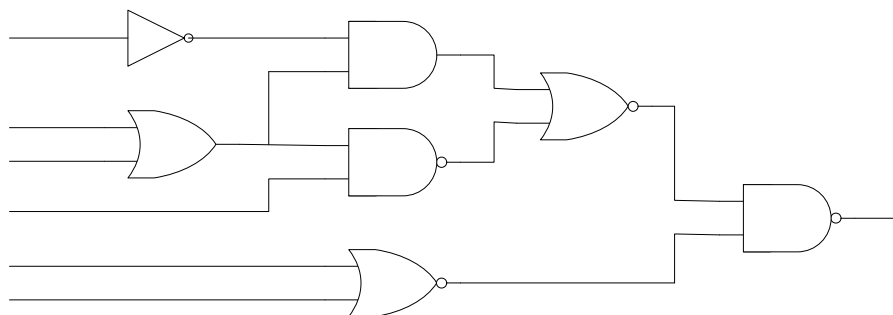
$$\begin{aligned}
 1 &= A+B+C \\
 2 &= \overline{C} \\
 3 &= \overline{(A+B+C)C} \\
 4 &= \overline{(A+B+C)C} \oplus \overline{CD}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 6 จงหา function output ของ Gate ทุกตัวจากวงจร Logic ที่กำหนดให้



$$\begin{aligned}
 1 &= A+B \\
 2 &= \overline{A(A+B)} \\
 3 &= \overline{B(A+B)} \\
 4 &= \overline{A(\overline{A+B})+B(A+B)}
 \end{aligned}$$

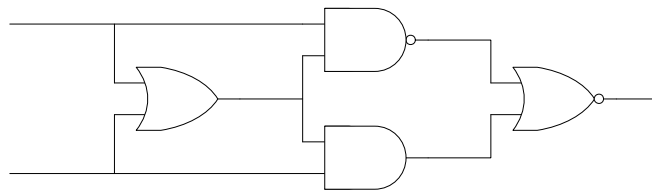
ตัวอย่างที่ 7 จงหา function output ของ Gate ทุกตัวจากวงจร Logic ที่กำหนดให้



หลักการเขียนตารางความจริง และไดอะแกรม

การเขียนตารางความจริง คือการเทียบค่าของอินพุตและเอาต์พุตโดยดูจากวงจรลอจิกเกต ซึ่งจะทำให้การเทียบค่าที่ละสเตป เช่นถ้ามี 2 ตัวแปรก็จะเริ่มจาก 00, 01, 10 และ 11 ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 8 จงเขียนตารางความจริงจากวงจรลอจิกที่กำหนดให้



เมื่ออินพุต $A=0$, $B=0$ จะได้เอาต์พุต $Y=0$

$A=0$, $B=1$ จะได้เอาต์พุต $Y=0$

$A=1$, $B=0$ จะได้เอาต์พุต $Y=1$

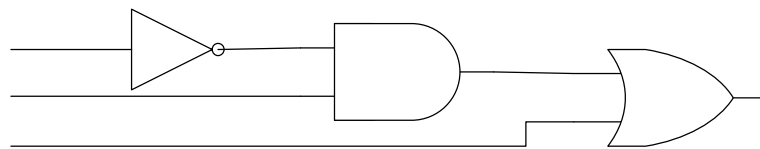
$A=1$, $B=1$ จะได้เอาต์พุต $Y=0$

นำค่าที่เทียบได้มาเขียนในตารางความจริงได้ดังนี้

Input		Output
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

$$\begin{aligned}
 1 &= \overline{A} \\
 2 &= B + C \\
 3 &= \overline{A}(B + C) \\
 4 &= \overline{D(B + C)} \\
 5 &= \overline{E + F} \\
 6 &= \overline{\overline{A(B + C) + D(B + C)}} \\
 7 &= (E + F) \left[\overline{\overline{A(B + C) + C(B + C)}} \right]
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 9 จงเขียนตารางความจริงจากวงจรลอจิกที่กำหนดให้



เมื่ออินพุต A=0 , B=0, C=0 จะได้เอาต์พุต Y=0

A=0 , B=0, C=1 จะได้เอาต์พุต Y=1

A=0 , B=1, C=0 จะได้เอาต์พุต Y=1

A=0 , B=1, C=1 จะได้เอาต์พุต Y=1

A=1 , B=0, C=0 จะได้เอาต์พุต Y=0

A=1 , B=0, C=1 จะได้เอาต์พุต Y=1

A=1 , B=1, C=0 จะได้เอาต์พุต Y=0

A=1 , B=1, C=1 จะได้เอาต์พุต Y=1

เขียนตารางความจริงได้ดังนี้

Input			Output
A	B		Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0

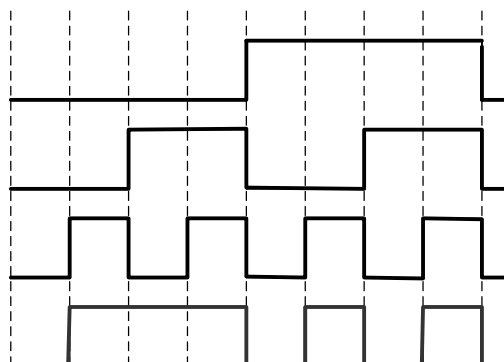
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

การเขียน Timing diadram

Timing diadram สามารถเขียนได้จากการการนำค่าจากวงจรลอจิกหรือจากตารางความจริงมาแทนค่าตามระดับของค่าอินพุตและเอาต์พุตดังตัวอย่าง

ตารางที่ 2.10 ตารางความจริงของลอจิกไดอะแกรม

Input			Output
A	B		Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1



ภาพที่ 2.17 แสดง Timing Diagram

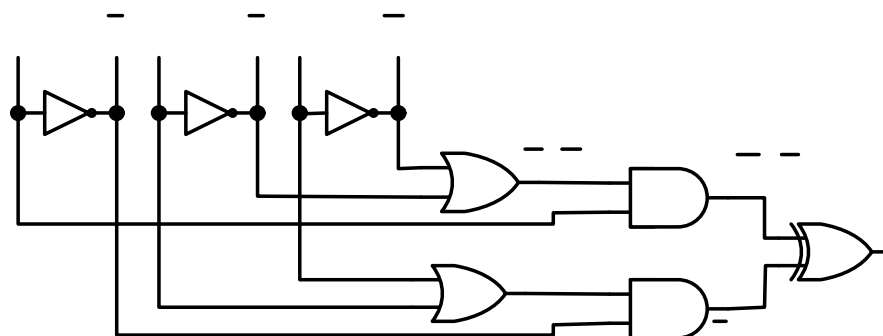
หลักการเขียนวงจรลอจิก

การเขียนวงจรลอจิกจาก Boolean expression หรือ Switching function ให้ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. รวมเทอมที่อยู่ในวงเล็บเข้ากับชนิดของ Gate นั้นๆ
2. เทอมที่คูณกันใช้ AND Gate
3. เทอมที่บวกกันใช้ OR Gate

ตัวอย่างการเขียนวงจรลอจิก

$$Y = A(\overline{B+C}) \oplus \overline{A}(B+C)$$



อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1. ไดโอด (Diode)

ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อสารที่ใช้ E เช่น เป็นชนิดเยอรมันเนียม หรือเป็นชนิดซิลิกอน นอกจากนี้ไดโอดยังแบ่งตามลักษณะตามกรรมวิธีที่ผลิตคือ

1.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส (Point-contact diode) ไดโอดชนิดนี้เกิดจากการนำสารเยอรมันเนียมชนิด N มาแล้วอัดสายเล็ก E ซึ่งเป็นลวดพลาตินัม (Platinum) เส้นหนึ่งเข้าไปเรียกว่า หนดแมว จากนั้นจึงให้กระแสค่าสูง E ไหลผ่านรอยต่อระหว่างสายและผลึก จะทำให้เกิดสารชนิด P ขึ้นรอบ E รอยสัมผัสในผลึกเยอรมันเนียมดังภาพที่ 2.18 (ยีน ภู่วรรณ . 2551)

ภาพที่ 2.18 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส

1.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาแล้วแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางชนิดเข้าไปในเนื้อสาร P ขึ้นบางส่วนแล้วจึงต่อขั้วออกใช้งาน ไดโอดชนิดนี้มีบทบาทในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ E และมีที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ดังภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.19 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N

ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของไดโอด

เนื่องจากความต้านทานของตัวไดโอด ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่าสิ่งประดิษฐ์ ไดโอดมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะ : สมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอด (I_D) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวไดโอด (V_D) ทั้งในทิศทางไบแอสตรงและไบแอสกลับดังภาพที่ 2.20

ภาพที่ 2.20 การไบแอสให้ไดโอด

ลักษณะ สมบัติทางด้านไบแอสตรงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านไดโอดเมื่อใส่แรงดันแกไดโอดด้วยค่า ๆ หนึ่งแรงดันนี้คือค่าแรงดันที่เราเรียกว่า แรงดันคัทอิน (Cutin voltage) ของไดโอด

ภาพที่ 2.21 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส

เนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อ P-N แบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดซิลิกอนและชนิดเยอรมันเนียม ดังนั้น ลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอดทั้งสองชนิด จะเห็นได้ชัดดังภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง

ค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับสำหรับซิลิกอนไดโอดกับของเยอรมันเนียมไดโอดยังมีค่าไม่เท่ากันด้วย ซิลิกอนไดโอดมีค่ากระแสอิ่มตัวน้อยกว่าของเยอรมันเนียมไดโอดประมาณ 1000 เท่า

สำหรับค่าแรงดันคัทอินทั้งของซิลิกอนและเยอรมันเนียมจะมีค่าไม่เท่ากัน ค่าแรงดันคัทอินของซิลิกอนไดโอดมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วนของเยอรมันเนียมไดโอดมีค่าประมาณ 0.2 โวลต์

ภาพที่ 2.23 แสดงตัวอย่างไดโอด

2. ไดโอดเปล่งแสง (LED)

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED นี้สามารถนำไปใช้งานในการแสดงผลโดยทั่วๆ ไป ถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้ สามารถทำงานโดยใช้แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้กระแสอยู่ช่วงระหว่าง 5 - 20 มิลลิแอมป์

ภาพที่ 2.24 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงนี้มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันตามการใช้งาน ไดโอดเปล่งแสงแบบหุ้มฉนวน โดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยพลาสติกโปร่ง และถ้าเป็นแบบสี่เหลี่ยมจะมีขนาด 5*2 มิลลิเมตร มุมในการมองเห็นของไดโอดเปล่งแสงแบบหุ้มฉนวนนี้จะอยู่ในช่วง 20 - 40 องศา แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมในการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นเป็นถึง 100 องศา คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป แสดงไว้ดังตารางที่ 2.11

ภาพที่ 2.25 ส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง

ตารางที่ 2.11 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง

ภาพที่ 2.26 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดังภาพที่ 2.26 สามารถคำนวณได้ดังสูตร $R = V_F$ คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงขณะนำกระแส เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะกำหนดค่า V_F เท่ากับ 2 โวลต์ จะได้ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่างๆ ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ค่าความต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง

จากสูตรข้างต้น $R =$ ค่าความต้านทานที่มีขายใกล้เคียงคือ 1.2 กิโลโอห์ม และค่ากำลังสูญเสียของตัวต้านทาน ก็สามารถประมาณได้จาก

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= (15 \text{ mA})^2 * 1.2 \text{ kW} \text{ ถ} \\ &= 0.27 \text{ W} \end{aligned}$$

ดังนั้นควรเลือกตัวต้านทานให้มีอัตรากำลังสูญเสียตั้งแต่ 0.5 วัตต์ขึ้นไป

ข้อควรระวังไดโอดเปล่งแสง

ข้อควรระวังอย่างหนึ่งในการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็คือ แรงดันย้อนกลับจะต้องมีค่า ไม่เกิน 5 โวลต์

สำหรับการใช้งานบางอย่างที่ใช้กับแบตเตอรี่นั้น จะต้องดูจำนวนของไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้ด้วย ถ้าต้องการให้ใช้ได้นานๆ ปกติจะกำหนดให้ไดโอดเปล่งแสงดวงหนึ่งกินกระแสเพียง 5 มิลลิแอมป์

สำหรับไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองและสีเขียวโดยปกติจะให้ความสว่างน้อยกว่าไดโอด เปล่งแสงสีแดง ที่ระดับกระแสเท่ากัน ถ้าต้องการให้ระดับความสว่างออกมาเท่ากัน ในกรณีที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแตกต่างกัน จะต้องเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจำกัด กระแสที่อนุกรม โดยคำนวณหาได้ตามสูตรปกติ จากนั้นลดค่าที่คำนวณได้ลงไปอีก 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ควรระวังปริมาณกระแสไฟฟ้าต้องไม่เกินค่าทนได้สูงสุดที่กำหนดไว้ด้วย

ภาพที่ 2.27 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลักระงด้นต่ำ

ไดโอดเปล่งแสงก็สามารถไปนำใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำขนาดน้อย กว่า 50 โวลต์ ได้ โดยใช้ไดโอดต่อขนานกับไดโอดเปล่งแสงดังภาพที่ 2.27

ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง

3. ส่วนแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

การแสดงผลในงานอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมมากอย่างหนึ่งคือการแสดงผลเป็นตัวเลข โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมา เพื่อใช้ในการแสดงเป็นตัวเลขนั้นก็คือ 7-Segment หรือที่ภาษาไทยเรียกว่า ตัวเลขเจ็ดส่วนซึ่งที่มาก็คือมีส่วนของการแสดงผลให้เป็นตัวเลขใดก็ได้โดยใช้เพียงส่วนในการติดสว่างเพียงเจ็ดส่วนเท่านั้น แต่ในความเป็น 7-Segment มีขาที่ควบคุมในการติดสว่างทั้งหมด 8 ขา โดยขาสุดท้ายเป็นขาที่ใช้ควบคุมการติดสว่างของจุด ดังภาพที่ 2.29

ภาพที่ 2.29 แสดง 7 Segment

วงจรที่ใช้ในการทดลองเป็นวงจรที่ต้องอาศัยไอซีช่วยขับหลอด ซึ่งไม่สามารถต่อหลอดตัวเลขเจ็ดส่วนโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอให้หลอดสว่างได้ โดยการเชื่อมต่อวงจรขับหลอดตัวเลขเจ็ดส่วนเป็นดังภาพที่ 2.30

ภาพที่ 2.30 วงจรขับ 7 Segment

ภาพที่ 2.31 วงจรคอมมอนทั้ง 2 แบบ ของ 7 Segment

จากวงจรเป็นการต่อเพื่อให้ใช้งานตัวเลขเพียงหลักเดียว โดยค่าข้อมูลที่ส่งให้แสดงเป็นตัวเลขได้นั้นสามารถหาค่าได้โดยการนำค่าการติดติดดับของแต่ละส่วนของตัวเลขมากำหนดบิตข้อมูล ซึ่งจากวงจรจะได้ค่าดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.13 ตารางการกำหนดบิตข้อมูลแสดงผล 7 Segment

ภาพที่ 2.32 ตัวอย่าง 7 Segment

4. ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ชนิดไบโพลาร์ ซึ่งความหมายของไบโพลาร์คือ อุปกรณ์หลายขั้วต่อ ทรานซิสเตอร์ได้จากการนำเอาสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นมาต่อเรียงกัน

ชนิดของทรานซิสเตอร์

การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งออกได้หลายวิธีแล้วแต่ผู้ผลิตว่าการแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์จะยึดถือรูปลักษณะแบบไหน ถ้าแบ่งในรูปของการใช้งานก็จะแบ่งออกเป็น ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิตซ์ ทรานซิสเตอร์กำลัง, ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง ฯลฯ การแบ่งอีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากใน ยุค แรกๆ คือ การแบ่งโดยใช้สารที่นำมาสร้างเป็นเกณฑ์ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

4.1 เยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์ (Germanium transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ยุคแรกๆ และเป็นชนิดที่มีกระแสรั่วไหลมากจึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้

4.2 ซิลิกอนทรานซิสเตอร์ (Silicon Transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีกระแสรั่วไหลน้อย (Leakage Current) เป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้กันมากในยุคปัจจุบัน

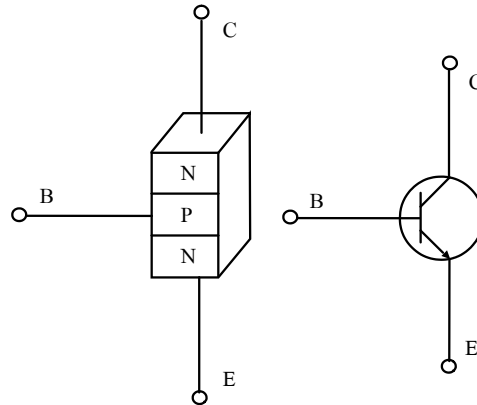
โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P) และเอ็น (N) ซึ่งนำมาต่อกัน 3 ชั้น ทำให้เกิดรอยต่อขึ้นระหว่างเนื้อสาร 2 รอยต่อ หรือเรียกว่าจังชัน (Junction) โดยที่สารที่อยู่ตรงกลางจะเป็นคนละชนิดกับสารที่อยู่หัวและท้าย มีขาต่อออกมาสำหรับนำไปใช้งาน 3 ขา ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามโครงสร้างของสารที่นำมาใช้คือ

1. ทรานซิสเตอร์ชนิด พี เอ็น พี (PNP)
2. ทรานซิสเตอร์ชนิด เอ็นพีเอ็น (NPN)

ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

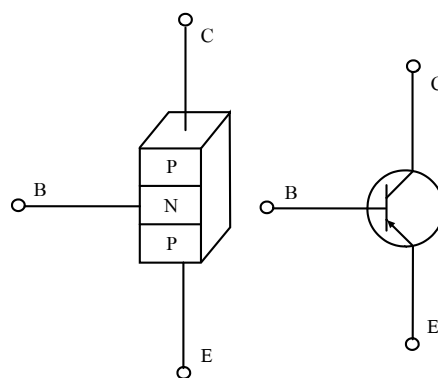
เป็นทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิด N ชนิด P และชนิด N มาต่อเรียงกันตามลำดับ แล้วต่อสายออกมา 3 สาย เพื่อเป็นขาต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งอยู่ตรงกลางจะเป็นจุดร่วม สารกึ่งตัวนำชนิด N จะทำหน้าที่จ่ายอิเล็กตรอนซึ่งจะไหลเป็นกระแสในวงจรส่วนนี้เราเรียกว่า อิมิตเตอร์ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งเราเรียกว่าเบสส่วนเบสนี้จะเป็นตัวคอยควบคุมอิเล็กตรอนให้ไหลไปยังสารกึ่งตัวนำชนิด N ถัดไปได้มากหรือน้อยอิเล็กตรอนส่วนที่ผ่านเบสมาก็จะเคลื่อนที่มายังสารกึ่งตัวนำชนิด N ซึ่งเราเรียกว่า คอลเลคเตอร์และกลายเป็นกระแสไหลในวงจรภายนอกต่อไป



ภาพที่ 2.33 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

คือทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็น และชนิดพี มาเรียงกันตามลำดับแล้ว ต่อสายจากแต่ละชั้นส่วนออกมาเป็น 3 สายเพื่อต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำเอ็นจะเป็นจุดร่วม



ภาพที่ 2.34 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

ขาของทรานซิสเตอร์

1. ขาคอลเลคเตอร์ (Collector) เรียกย่อๆ ว่าขา C เป็นขาที่มีโครงสร้างในการโต้ปสารใหญ่ที่สุด

2. ขาอิมิตเตอร์ (Emitter) เรียกย่อๆ ว่าขา E เป็นขาที่มีโครงสร้างใหญ่รองรับและจะอยู่คนละด้านกับขาคอลเลคเตอร์

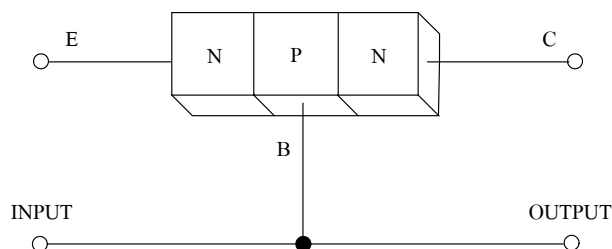
3. ขาเบส (Base) เรียกย่อๆ ว่าขา B เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่าง C และ E มีพื้นที่ของโครงสร้างแคบที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 ส่วน เมื่อจำแนกลักษณะการต่อตัวทรานซิสเตอร์จึงคล้ายกับการนำเอาไดโอด 2 ตัวมาต่อกัน

การทำงานของทรานซิสเตอร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของกระแสภายในวงจรสารกึ่งตัวนำ การที่เราจะทำให้เกิดการไหลของกระแสหรือให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้นจำเป็นจะต้องให้ไบแอสและกระแสที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุตเราต้องสามารถควบคุมค่าของกระแสได้ด้วยจึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้ตามความต้องการ การอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ ผู้เรียนจำเป็นจะต้องเข้าใจการไหลในรูปของโฮลและอิเล็กตรอนรวมถึงการไบแอสด้วยซึ่งการไบแอส เป็นวิธีการที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์พร้อมที่จะทำงานนั่นเอง ในกรณีของทรานซิสเตอร์มี 3 ขา การป้องกันแรงเคลื่อนที่เหมาะสมหรือไบแอสที่ถูกต้องจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แล้ว จะสามารถจัดรูปแบบการขยายสัญญาณโดยต้องมีอินพุตและเอาต์พุตเมื่อให้ขาหนึ่งเป็นอินพุตขาหนึ่งเป็นเอาต์พุตขาที่เหลือก็จะต้องเป็นจุดร่วม (Common) อินพุตกับเอาต์พุต จากหลักการดังกล่าวเรากำหนดให้ระหว่าง B กับ E เป็นอินพุต (Input) และระหว่าง B กับ C เป็นเอาต์พุต (Output) ดังนั้นจะสามารถจัดรูปแบบการขยายได้ 3 แบบหรือ 3 คอมมอน

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของทรานซิสเตอร์ สร้างมาจากหลักการที่ต้องการให้กระแสทางด้านอินพุตไปควบคุมกระแสเอาต์พุต ดังนั้นจะต้องไบแอสทางด้านเอาต์พุต เป็นไบแอสแบบย้อนกลับ (Reverse Bias) ถ้าให้ไบแอสตรงจะทำให้ทางด้านเอาต์พุตเป็นอิสระไม่ครบวงจร เอาต์พุตทางด้านอินพุตจะให้ไบแอสตรง (Forward Bias) และแรงเคลื่อนที่มาไบแอสนี้ไม่จำเป็นจะต้องเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าสูงแต่อย่างไร เพราะถ้าให้กระแสอินพุตสูงเกินไปจะทำให้กระแสเอาต์พุตเกิดการอิ่มตัว



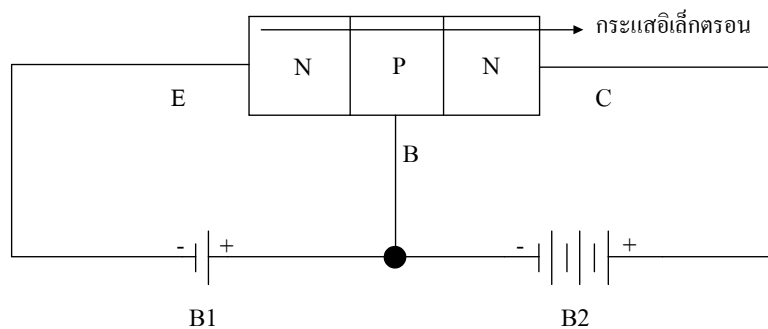
ภาพที่ 2.35 การจัดอินพุตและเอาต์พุต

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และ PNP เมื่อนำไปใช้งานไม่ว่าจะใช้ในวงจรขยายสัญญาณหรือทำงานเป็นสวิตช์จะต้องทำการจัดแรงไฟให้เหมาะสมหรือเรียกว่าการให้ไบแอส (Bias) ให้ทรานซิสเตอร์ก่อน ทรานซิสเตอร์จึงจะทำงานได้โดยใช้หลักการไบแอสดังนี้

1. ไบแอสตรง (Forward Bias) ให้กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส
2. ไบแอสกลับ (Reverse Bias) ให้กับรอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบส

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



ภาพที่ 2.36 การให้ไบแอสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

จากวงจร

B_1 และ B_2 เป็นแรงดันไฟฟ้าป้อนเป็นไบแอสให้ขาต่างๆ ของทรานซิสเตอร์ NPN

B_1 เป็นไบแอสตรงระหว่าง B-E ความต้านทานระหว่าง B-E จะต่ำมาก

B_2 เป็นไบแอสกลับระหว่าง B-C ความต้านทานระหว่าง B-C จะสูงมาก

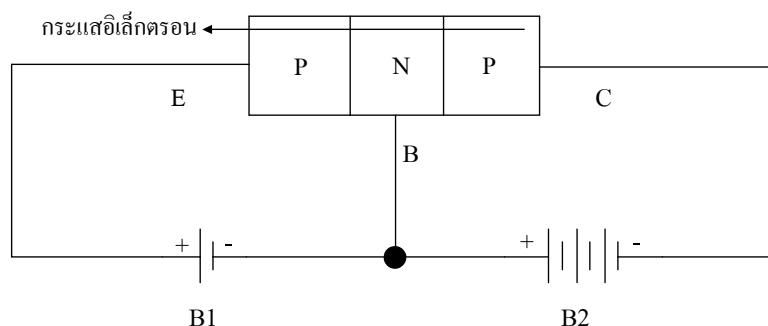
ฉะนั้นกระแสอิเล็กตรอนจะไหลในวงจร B-E ครบวงจรและอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะเข้าประจุในสาร P ทันทีทันใด จึงเกิดแรงดันผลักดันให้อิเล็กตรอนเลื่อนตัวไปขา C กระแสอิเล็กตรอนจะผ่าน B_1 - B_2 ครบวงจรทางขา E

จากภาพที่ 2.36 สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ก็เช่นกัน การให้ไบแอสทางด้านอินพุตเป็นแบบฟอร์เวิร์ดไบแอสให้ไบแอสทางเอาต์พุตเป็นแบบรีเวิร์สไบแอส ในลักษณะเช่นนี้ถ้าใช้กระแสนิยมเป็นก็จะได้ทิศทางการไหลของกระแสทางอินพุต จากขาเบสไปยังอิมิตเตอร์ อย่างไรก็ตามเราได้ทราบแล้วว่าที่ขาเบสนั้นถูกต่อไว้แคบมาก จึงทำให้ประจุส่วนใหญ่ไม่สามารถที่จะไหลได้จะต้องให้รีเวิร์สไบแอส ระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์เป็นบวกมาก ๆ เพื่อผลักประจุเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปยังอิมิตเตอร์ เช่นเดียวกันถ้าดูจากทิศทางการไหลของกระแสแล้วสามารถสรุปได้ว่า

$$I_E = I_B + I_C$$

การไล่ทิศทางการไหลของกระแสอีกแบบหนึ่งซึ่งนิยมไล่จากขั้วลบไปหาขั้วบวกซึ่งเราเรียกว่า การไล่แบบกระแสอิเล็กทรอนิกส์นั้น ทิศทางของกระแสจะทวนหัวลูกศรของสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ แต่ผลที่ออกมาจะเหมือนกันทุกประการทั้งนี้เพราะการไหลของกระแส ไปพลาร์ก็คือ การแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างโฮลกับอิเล็กตรอนนั่นเอง

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



ภาพที่ 2.37 การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

จากวงจร

B_1 และ B_2 เป็นแรงดันไฟฟ้าป้อนเป็นไบแอสให้ขาต่างๆ ของทรานซิสเตอร์ PNP

B_1 เป็นไบแอสตรงระหว่าง B-E ความต้านทานระหว่าง B-E จะต่ำมาก

B_2 เป็นไบแอสกลับระหว่าง B-C ความต้านทานระหว่าง B-C จะสูงมาก

ฉะนั้นกระแสอิเล็กตรอนจะไหลในวงจร B ไป E สนามไฟฟ้าลบใน N จึงลดต่ำลงอิเล็กตรอนจากขา C จึงผ่าน B ไป E ผ่าน B_2 - B_1 ครบวงจร ลักษณะการทำงานในตัวของทรานซิสเตอร์ PNP คล้ายกับหลอดหรือโซลทางขา E วิ่งผ่าน B ไปยังขา C รับเอาอิเล็กตรอนหรือโฟลนจาก B_1 จึงทำให้เกิดกระแสอิเล็กตรอนไหลครบวงจร

จากภาพที่ 2.37 เมื่อให้เบสกับอิมิตเตอร์ได้รับไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด ทำให้มีกระแสไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังเบส (ตามทิศทางหัวลูกศร) ซึ่งเราเรียกว่า กระแสเบส ย่อด้วย I_B กระแสที่ไหลมีค่า ประมาณ 2-5 % ของค่ากระแสทั้งหมด เนื่องจากที่ขาเบสนั้นสารที่ได้ปัมพ์พื้นที่น้อยมากจึงทำให้ประจุจำนวนมากของโฮลมารออยู่ที่ขาเบส ถ้าให้ไบแอสระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์แบบรีเวิร์สมากๆ จะทำให้มีกระแสไหลจากคอลเลคเตอร์ไปยังอิมิตเตอร์ได้ เรียกว่า กระแสคอลเลคเตอร์ ย่อด้วย I_C กระแสที่ไหลจะมีค่าประมาณ 95-98 % ของกระแสทั้งหมดซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

$$I_E = I_C + I_B$$

I_E คือ กระแสอีมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 100 %

I_C คือ กระแสคอลเลคเตอร์ มีค่าเท่ากับ 95-98 %

I_B คือ กระแสเบส มีค่าเท่ากับ 2-5 %

V_{BE} คือ แรงไฟไบแอสหรือศักย์ตกคร่อมระหว่างเบสกับอีมิเตอร์ในขณะที่

ทรานซิสเตอร์ทำงานปกติ

Bias ของเยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์มีค่า 0.2-0.3 โวลต์

Bias ของซิลิคอนทรานซิสเตอร์ มีค่า 0.6-0.7 โวลต์

(สุริย์ โปทาสาย. 2551)

ภาพที่ 2.38 อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์

5. ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

หลักการเบื้องต้น ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

ตัวอย่างเช่นวงจรกรองกระแส (Filter) วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass) วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter) วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling) ฯลฯ เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ แบบค่าคงที่ แบบเปลี่ยนแปลงค่าได้และแบบเลือกค่าได้ ตัวเก็บประจุเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคอนเดนเซอร์หรือเรียกย่อๆ ว่าตัวซี (C) หน่วยของตัวเก็บประจุคือ ฟารัด (Farad)

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้โดยนำสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางในลักษณะขนานใกล้ ๆ กัน แต่ไม่ได้ต่อกัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) ซึ่งไดอิเล็กตริกนี้อาจจะเป็นอากาศ ไมก้า พลาสติก เซรามิกหรือสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่นๆ เป็นต้น โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ แสดงดังภาพที่ 2.39

ภาพที่ 2.39 แสดงรูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ 2.39 (ข) แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวเก็บประจุโดยที่ 1 หมายถึงจุดที่ต่อใช้งานกับวงจร 2 หมายถึงสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท 3 หมายถึงฉนวน ในที่นี้คืออากาศ ความจุทางไฟฟ้าเกิดจากการป้อนแรงเคลื่อนให้กับขั้วทั้งสองของจุดที่ต่อใช้งานของสารตัวนำ ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท จะทำให้เกิดค่าความจุทางไฟฟ้าขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าการเก็บประจุ (Charge) เมื่อต้องการนำไปใช้งานเรียกว่าการคายประจุ (Discharge) ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นเพลทมีหน่วยเป็นคูลอมป์ (Coulomb) ส่วนค่าความจุทางไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) รายละเอียดดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2.40 (อภิชาติ อนุกุลเวช.2551)

ภาพที่ 2.40 แสดงการเกิดความจุจากการป้อนแรงเคลื่อน

ตัวเก็บประจุ ที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมาย เราสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุตามลักษณะทางโครงสร้างหรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริกเป็นวิธี การที่ค่อนข้างละเอียดเพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุตัวนั้น ๆ ว่าจะนำไปใช้งานในลักษณะใด ทนแรงดันเท่าใด แต่ถ้าหากแบ่งตามระบบเก่าที่เคยแบ่งกันมาจะสามารถแบ่งตัวเก็บประจุได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) คือตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟารัด (PF) 10 ไมโครฟารัด(mF) แผ่นเพลทตัวนำมักใช้โลหะและมีไดอิเล็กตริกประเภท ไมก้า เซรามิก อิเล็กโตรไลติกคั่นกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลติก ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่มีใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีดังนี้คือ

ภาพที่ 2.41 แสดงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ค่าการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่นหรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ไดอิเล็กตริกที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไม้ก้ำ เซรามิค และพลาสติก เป็นต้น

ภาพที่ 2.42 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าดังแสดงในภาพที่ 2.43

ภาพที่ 2.43 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

หน่วยความจุ หน่วยความจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุหมายถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด(Farad) เขียนแทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเอฟ (F) ตัวเก็บประจุที่มีความสามารถในการเก็บประจุได้ 1 ฟารัด หมายถึงเมื่อป้อนแรงเคลื่อนจำนวน 1 โวลต์ จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ ในเวลา 1 นาที่ ให้กับแผ่นเพลททั้งสอง สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ 1 คูลอมป์

1 ฟารัด(F)	เท่ากับ	1,000,000 ไมโครฟารัด(mF)
1 ไมโครฟารัด (mF)	เท่ากับ	1,000 นาโนฟารัด(nF)
1 นาโนฟารัด (nF)	เท่ากับ	1,000 พิโกฟารัด(pF)

จากความสัมพันธ์ของค่าการเก็บประจุ ประจุไฟฟ้าและแรงดัน สามารถเขียนเป็นสูตรความสัมพันธ์ได้ดังนี้คือ

$$C = - (V/Q)$$

C	=	ค่าการเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด (F)
Q	=	ประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมป์ (C)
V	=	แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

ตารางที่ 2.14 แสดงอักษรที่บอกค่าผิดพลาดและอัตราทนแรงดันบนตัวเก็บประจุ

อักษรตัวที่ 1	ค่าความผิดพลาด (%)	อักษรตัวที่ 2	อัตราทนแรงดัน (VDC)
D	5	A	50
F	1	B	125
G	2	C	160
H	2.5	D	250
J	5	E	350
K	10	G	700
M	20	H	1,000

(ที่มา ณรงค์ เลือหล้า.2551)

6. ตัวต้านทาน (Resister)

ตัวต้านทาน รีซิสเตอร์ หรือตัว อาร์ (R) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะใช้งานได้ที่กระแสไฟฟ้าระดับหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น จึงใช้ตัวต้านทาน กันไม่ให้มีกระแสไหลเข้าไปยังอุปกรณ์ดังกล่าวเกินความจำเป็น

ภาพที่ 2.44 ตัวต้านทาน

ค่าของตัวต้านทานจะมีหน่วยเป็น โอห์ม เช่น 10 โอห์ม 12 กิโลโอห์ม เป็นต้น และขนาดของตัวต้านทานจะเรียก เป็นกำลังวัตต์(W) และมีขนาดตั้งแต่ 1/8W 1/4W (เรานิยมใช้กัน) 1/2W 1W 2W 3W 5W ขึ้นไปเรื่อยๆ โดยการเลือก ใช้ตัวต้านทานนั้นต้องเลือกค่า เลือกขนาดกำลัง และชนิดของตัวต้านทานให้ถูกต้อง เพราะหากเลือกผิดจะเป็นผลเสียต่อวงจร

ภาพที่ 2.45 ตัวต้านทานแบบค่าคงที่

ภาพที่ 2.46 สัญลักษณ์ตัวต้านทานแบบค่าคงที่

ภาพที่ 2.47 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้

ภาพที่ 2.48 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้แบบเกือกม้า

ชนิดของตัวต้านทาน (Resistor)

ตัวต้านทานนั้นแบ่งไปเป็นหลายแบบ เช่น ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (เช่นพวก โวลุ่ม VR ต่างๆ) ตัวต้านทานเลือกค่าได้ ตัวต้านทานชนิดพิเศษ (เช่น LDR หรือ ตัวต้านทานไวแสง) แต่ในส่วนนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะส่วนตัวต้านทานแบบค่าคงที่ซึ่งที่เราพบเห็นบ่อย ๆ จะมีดังนี้คือ

- 1.ตัวต้านทานแบบคาร์บอน (ผิดพลาด 5%)
- 2.ตัวต้านทานแบบฟิล์ม (ผิดพลาด 1%)
- 3.ตัวต้านทานแบบกระเบื้อง หรือ เซรามิค (3W ขึ้นไป)

ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

ตัวต้านทานชนิดนี้เรามักจะพบเห็นอยู่เสมอในงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยสังเกตุดังต่อไปนี้ สีของตัวต้านทานจะเป็นสีน้ำตาล , แถบสีที่ปรากฏบนตัวต้านทานจะมี 4 แถบสี โดยมี 4 แถบสีจะบอกถึงค่าผิดพลาดของตัวต้านทาน 5 % หมายความว่าหากเราอ่านค่าได้ 100โอห์ม ค่าที่แท้จริงตัวตัวต้านทานจะอยู่ในช่วง 100โอห์ม $\pm 5\%$ ตัวต้านทานแบบนี้จะมีกำลังวัตต์ตั้งแต่ 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W และนิยมใช้ในงานทั่วไปเพราะหาซื้อง่ายราคาถูก

ภาพที่ 2.49 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม

ตัวต้านทานชนิดนี้จะเหมือนกับตัวต้านทานแบบคาร์บอน แต่สังเกตความแตกต่างคือ สีของตัวต้านทานจะเป็นสีน้ำเงิน , แถบสีที่ปรากฏบนตัวต้านทานจะมี 5 แถบสี โดยมี 5 แถบสีจะบอกถึงค่าผิดพลาดของตัวต้านทาน 1 % หมายความว่าหากเราอ่านค่าได้ 100โอห์ม ค่าที่แท้จริงตัวตัวต้านทานจะอยู่ในช่วง 100โอห์ม $\pm 1\%$ ตัวต้านทานแบบนี้จะมีกำลังวัตต์ตั้งแต่ 1/8W, 1/4W, 1/2W, 1W และนิยมใช้ในงานทั่วไปหรือในงานที่ต้องการค่าเที่ยงตรงสูงเช่น ในเครื่องมือวัด เครื่องมือแพทย์ โดยราคาจะสูงกว่าแบบคาร์บอน

ภาพที่ 2.50 ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม

ตัวต้านทานชนิดลวดพัน หรือ เซรามิค หรือ กระเบื้อง

ตัวต้านทานชนิดนี้ภายในจะพันด้วยขดลวด รูปร่างภายนอกจะเป็นกระเบื้อง และมีกำลังวัตต์สูงกว่า คือตั้งแต่ 3W , 5W ,10W, 15W ขึ้นไป และมีค่าผิดพลาดสูง คือ 5% 10% โดยค่าของตัวต้านทานจะพิมพ์ไว้ที่ตัวต้านทานเลย ตัวต้านทานชนิดนี้ใช้ในงานทั่วไป

ภาพที่ 2.51 ตัวต้านทานชนิดลวดพันหรือเซรามิกหรือกระเบื้อง

การอ่านค่าตัวต้านทานและการแปลงค่าตัวต้านทาน

ค่าของตัวต้านทานจะมีค่าในช่วง 0 โอห์ม - ประมาณ 5 เมกกะโอห์ม (ต่อไปจะแทน โอห์ม ด้วย E) ดังนั้นหากเราเขียนค่าที่มีค่ามากเช่น 1000E หรือ 1000000E คงจะยาวไป ดังนั้นจึงใช้หน่วยมาตรฐานแทนด้วยย่อ คือ 1000 เขียนแทนด้วย k (กิโล) เช่น 1000E จะเขียนเป็น 1kE (1 กิโลโอห์ม) 100,000 เขียนแทนด้วย 100kE (หนึ่งร้อยกิโลโอห์ม) 1,000,000 จะเขียนแทนด้วย M (เมกกะ) เช่น 2,000,000E จะเขียนเป็น 2M (2 เมกกะโอห์ม) , 3,300,000E เขียนแทน ด้วย 3.3ME (3.3เมกกะโอห์ม) ค่าของตัวต้านทานจะไม่เกินหน่วย เมกกะโอห์ม

การอ่านค่าตัวต้านทาน 4 แถบสี

แถบสีแบ่งออกเป็น 3 ช่วงแถบสีดังนี้ 2 แถบสีแรกเป็นค่าทั่วไป แถบสีต่อมา จะเป็นจำนวนเลข 0 เท่ากับจำนวนค่านั้นๆ ส่วนแถบสีสุดท้ายจะเป็นค่าความผิดพลาดซึ่ง โดยส่วนใหญ่จะเป็นสีทอง ซึ่งจะมีค่าผิดพลาด 5% แถบสีของตัวต้านทานจะเรียงลำดับจาก 1 ไป 4 โดยสังเกตุดำแหน่งที่ 1 จะอยู่ชิดด้านหน้า และตำแหน่งที่ 4 ส่วนใหญ่จะเป็นสีทอง code สีจะมีค่าดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.15 ตารางการเทียบสีของตัวต้านทาน

ตัวอย่างการอ่านค่าสี

น้ำตาล ดำ ส้ม	= 1 0 000	หรือ 10,000 หรือ 10K
น้ำตาล ดำ แดง	= 1 0 00	หรือ 1,000 หรือ 1K
แดง น้ำตาล น้ำตาล	= 2 1 1	หรือ 211โอ姆
ส้ม ส้ม ส้ม	= 3 3 000	หรือ 33,000 หรือ 33K
เหลือง ม่วง ดำ	= 4 7	หรือ 42โอ姆
เหลือง เขียว น้ำตาล	= 4 5 0	หรือ 450โอ姆
เขียว ดำ น้ำเงิน	= 5 0 000000	หรือ 50,000,000 หรือ 50M

(ลามลอย วานิซังกูร.2552)

7. ไทริสเตอร์ (Thyristor)

Thyristor Characteristics

characteristics ของ device จำเป็นต้องรู้ว่าจะเพียงพต่อการใช้งานหรือไม่ และสำหรับการป้องกันความเสียหาย characteristics สามารถระบุได้ โดยพิจารณา สาม state สำคัญของ device : revers bias, forward bias and blocking, forward bias and conducting.

The Thyristor reverse bias (cathode เป็นบวกเมื่อเทียบกับ anode) Junction หนึ่งและสามเกิด reverse bias และ Junction สองเกิด forward bias มีเพียง leakage current เพียงเล็กน้อยที่ไหลจาก cathode ไป anode เมื่อมีกระแสบวกเข้าที่ gate ของ thyristor ในขณะที่ anode เป็นลบ thyristor จะทำตัวเหมือน transistor และ leakage current จะเพิ่มจนถึงค่าที่เท่ากับกระแส gate ทำให้

เกิดการสูญเสียพลังงาน โดยเปล่าประโยชน์กระแส anode จะเท่ากับ reverse saturation current ของ junction หนึ่งบวกกับกระแส gate. saturation current ขึ้นกับอุณหภูมิคือเมื่ออุณหภูมิของ junction เพิ่มขึ้น saturation current จะเพิ่มขึ้นด้วย ค่าสูงสุดของ gate voltage ในขณะที่ thyristor เกิด reverse bias จะถูกกำหนดมาโดยผู้ผลิต การเพิ่ม reverse bias voltage ทำให้ depletion layer ของ junction หนึ่งและสามกว้างขึ้นปกติ junction หนึ่งจะ block voltage ระหว่าง anode กับ cathode ทำให้ junction หนึ่งมี depletion layer ที่กว้าง

The Thyristor forward biased and blocking (anode เป็นบวกเมื่อเทียบกับ cathode) junction หนึ่งและสามเกิด forward bias แต่ junction สองเกิด reverse bias โดยกระแส anode น้อยมาก หลังจาก p-n junction หนึ่งเกิด reverse bias และกระแส anode เท่ากับ saturation current ที่ junction สองบวกกับ gate current ขณะที่ gate current จะเพิ่มกระแส anode แต่ gate current ต้องมี ขนาดน้อยมาก The Thyristor forward biased and conducting มีวิธีการที่จะทำให้ thyristor on แต่ขณะที่ on จะเหมือน เกือบไม่มี impedance เลย เพื่อให้กระแสไหลผ่านดังภาพที่ 2.34

ภาพที่ 2.52 คุณสมบัติของตัวไทรสเตอร์

ขณะที่ thyristor นำกระแสจะมี voltage drop ระหว่าง anode กับ cathode ประมาณ 1 ถึง 1.5 และ ยังไม่ขึ้นกับ กระแส anode วิธีการที่จะ triggering thyristor มีโดย gate signals ทั้ง electric signals หรือ การกระตุ้นด้วยแสง โดยการ forward bias ด้วย high voltage หรือเพิ่ม forward voltage ในอัตราเร่งสูง การ triggering โดย gate signals สำคัญที่สุดและใช้มากที่สุดด้วยขณะที่ จะหลีกเลี่ยงวิธีอื่นๆ

Light turn-on ลำแสงฉายลงไปที่ junction ระหว่าง gate กับ cathode จนสามารถทำให้เกิดพลังงานที่เพียงพอที่จะทำให้ลายพันธะ electron ในสารกึ่งตัวนำและ minority carriers จะทำให้ thyristor on ขึ้นมา

Gate turn-on minority carrier จะถูกส่งไปในบริเวณ gate ทำให้ thyristor on ถ้ากระแส gate มากพอ thyristor จะ on ทันทีที่ anode เป็นบวกเมื่อเทียบกับ cathode โดย กระแส gate จะมีค่าระหว่างไม่กี่ mA จนถึง 250 mA หรือมากกว่านั้น thyristor ต้องการเวลาเล็กน้อยที่จะนำกระแสได้เต็มที่เมื่อ thyristor ถูก turn-on ที่ gate คุณสมบัติการขยายตัวที่จะเป็นตัวกำหนดความถี่สูงสุดของ thyristor อ้างอิงอัตราการ เพิ่มของพื้นที่ของสารกึ่งตัวนำผ่านที่ๆ เกิดการนำไฟฟ้าคุณสมบัติการแผ่ขยายนี้มีผลกระทบตรงข้ามกับ การเพิ่มความหนาของ thyristor

Turn-on time คือเวลาดั้งแต่ที่เริ่ม triggering ตั้งแต่ ที่ thyristor ยังมี impedance เป็น infinite จน เวลาที่ thyristor มี through put ที่อยู่ใน steady state. turn-on time จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 micro sec. สำหรับ thyristor ที่ใช้ในทางการค้าและมี thyristor ที่สร้างพิเศษสำหรับ radar-pulse modulators ที่จะมี rise time 300 nano sec.ถ้ากระแส gate น้อยกว่ากระแส gate ที่น้อยที่สุดที่จะทำให้ thyristor turn on ได้ thyristor จะไม่ on. Fast turn on times จะเกิดขึ้นเมื่อกระแสที่มากกว่ากระแสที่น้อยที่สุดที่ thyristor on ถูกป้อน ให้กับ gate เพราะการนำกระแสของ anode เริ่มหลังจากประจุถูกส่งเข้าสู่ gate ; กระแส gate ที่มีค่ามาก , เวลาที่น้อยนิดที่จะสร้าง minority carriers เพื่อจะ on thyristor ความเร็วในการ switch ถูกทำให้ ลดลงเพราะ load แบบ inductive ในวงจร anode ถ้ากระแสเท่ากับตอนที่ใช้ resistive load แต่จะสิ้น เปลืองพลังงานน้อยกว่ารูปร่างของ gate signals ที่ดีที่สุดคือ signals ที่มีลักษณะสันที่แหลมคมและ signals ที่สั้นกว่าที่สำคัญกว่าคือขนาดที่เชื่อว่าจะทำให้ thyristor on. ในขณะที่ thyristor on แล้ว กระแส gate จะไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป thyristor จะยังคง on อยู่ดังนั้น gate pulse จึงเพียงพอสำหรับ thyristor. สำหรับ thyristor ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป gate pulse ที่มี rise time ประมาณ 10 A/us จะ turn on thyristor ในเวลา 0.1 us แม้ว่าความยาวของ pulse น้อยกว่า 0.2 us จะไม่มีประสิทธิภาพพอก็ตาม thyristor สำหรับ application เช่น pulse modulators จะต้องการ gate signal ที่มี rise time ประมาณ 40 A/us ถ้า gate signal ลดลงเหลือศูนย์ก่อนที่กระแส anode จะถึง latching current, thyristor จะ turn off ถ้ากระแส anode มากกว่า latching current, thyristor จะยังคง on อยู่จนกว่ากระแส anode จะลดลงต่ำกว่า holding current โดย holding current จะต่ำกว่า latching current ตลอดเวลาการเริ่ม turn-on มีเพียงพื้นที่เล็กๆ ใกล้กับ gate ที่นำไฟฟ้ากระแส anode ที่เพิ่มขึ้นในเวลาอันสั้นทำให้เกิด di/dt มหาศาลจะทำให้ thyristor เสียหายเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องมีการกำหนดค่าสูงสุดของ di/dt ของการ turn-on ไว้ระหว่าง 3 ถึง 30 A/us แม้ว่า thyristor สามารถใช้ได้ถึง 1000 A/us. ตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออนุกรมกับ anode จะเป็นตัวลด di/dt ถ้า thyristor นำกระแสอย่างเต็มที่ที่จะทำให้ตัวเหนี่ยวนำ saturate ทำให้เกิด di/dt ขนาดมหาศาล ตัวเหนี่ยวนำนี้จะลดการสูญเสียพลังงานจาก turn-on และ turn-off แต่จะทำให้เกิด reverse voltage ขนาดใหญ่ที่จะทำให้เสียหายได้กระแส gate ที่สูงขึ้นจะเพิ่มความสามารถในการต้านทาน di/dt ที่ anode

ภาพที่ 2.53 แสดงผลจากวงจรแบบอานอดและแบบคาโอด

จากภาพที่ 2.53 แสดงให้เห็นลักษณะของกระแสที่เพิ่มขึ้นตลอดการเปลี่ยนแปลงจาก สภาวะที่ไม่นำกระแสจนถึงสภาวะที่นำกระแส เติบโตที่เวลา t_0 แสดงการเริ่ม ของ การ turn-on ที่สร้างโดย step function ของ voltage ที่ให้เข้ามาทาง gate. ช่วงเวลา T_1 เป็น delay time ระหว่าง pulse หนึ่งกับการเริ่มต้นของกระแส anode โดย gate pulse จะต้องมีความถี่อย่างน้อย T_1 วินาทีพลังงานจะสูญเสียมากที่สุดในช่วงเวลา T_2 เพราะว่ากระแสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วบนพื้นที่เล็กขณะที่ voltage drop ยังคงประเมินได้และช่วงเวลา T_3 เป็นช่วงเวลากำหนดไฟฟ้าและเป็นเวลาที่ voltage คงที่

Breakover voltage turn-on

การเพิ่ม กระแส forward ให้กับ anode ไปยัง cathode จะเป็นการเพิ่ม depletion layer ที่ junction สองและจะเพิ่ม accelerating voltage ให้กับ minority carriers ให้ข้าม junction นั้น carrier นี้จะชนกับ atom ที่อยู่กั้นที่และกระจายออกจากกันจนกระทั่งเกิดการ breakdown ของ junction ทำให้ junction สอง เกิด forward bias กระแส anode จะถูกจำกัดโดย impedance ของ load ที่นำมาต่อ ที่ forward breakover voltage นี้ thyristor จะเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของการ มี high voltage กับ leakage current ไปยังการมี low voltage กับ forward current ปริมาณมหาศาล ที่ voltage นี้ thyristor turn-on ผลกระทบของพื้นผิว ของแผ่น silicon อาจทำให้ space-charge layer ลดลงและลด breakdown voltage ผลกระทบนี้ปกติจะไม่ เหมือนกันรอบๆ junction ทำให้กระแส ทั้งหมดไหลผ่าน minute area และ p-n junction จะถูกทำลาย โดยความร้อนที่สูงเกินไปความบกพร่อง

รอบนอกมักจะเกิดในโครงสร้างที่ voltage สูงรูปร่างที่เหมาะสม ลาดเอียงที่ด้านของ wafer ที่ junction ขยายไป ถึง surface ทำให้การผลิต high voltage thyristor มีความน่าเชื่อถือ breakover voltage มีขนาด สูงกว่า reverse voltage rating และ ใช้เป็นเพียง วิธีเดียว ที่จะ turn-on diode ที่เป็น แบบ four-layer , n-p-n-p

dv/dt turn-on

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของ forward current ระหว่าง anode ไปยัง cathode จะทำให้เกิด transient gate current โดย capacitances ระหว่าง anode กับ gate และ gate กับ cathode จะทำให้ thyristor on ได้แต่ควรหลีกเลี่ยงวิธีนี้ thyristor จะถูก limit dv/dt ที่ anode เพียง 20 ถึง 200 V/us แม้ว่า จะมี device ที่ใช้ได้กับ high voltage (1600 V) และ dv/dt 500 V/us แต่มี gate sensitive ต่ำในทางปฏิบัติ แล้ว dv/dt สำหรับ switch จะเพิ่มขึ้น โดยใช้ความต้านทานภายนอกระหว่าง gate กับ cathode เล็กน้อย

(วิชย กาญจนโรจน์และสุวรา สุระประเสริฐ .2551)

8. หม้อแปลง (Transformer)

หลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า

ภาพที่ 2.54 (ก) แสดงรูปสัญลักษณ์ และวงจรพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ขดลวด 2 ชุดที่จัดให้อยู่ใกล้กัน ได้แก่ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทั้งนี้เพื่อให้เส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ และเกิดการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกันขึ้น โดยจัดให้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่อเข้ากับ ขดลวดปฐมภูมิ และโหลด (RL) ต่อเข้ากับด้านทุติยภูมิ

ภาพที่ 2.54 (ข) แสดงกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ซึ่ง กระแสไฟฟ้านี้ก็จะทำให้เกิดชั่วเหนื่อที่ส่วนบนของขดลวดปฐมภูมิ ถ้าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตนี้มีความเป็น ลบมาก (ช่วงครึ่งคลื่นลบ) ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่ ขดลวดปฐมภูมิมากขึ้น การขยายตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะไปตัดกับขดลวดทางด้านทุติยภูมิ และ เกิดการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าขึ้น จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรด้านทุติยภูมิผ่านไปยังโหลด จากนั้นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายเข้ามาก็จะมีความเป็นลบลดน้อยลงจนเป็นค่าศูนย์ และเปลี่ยนเป็น ค่าบวก

ภาพที่ 2.54 (ค) ในกรณีนี้กระแสไฟฟ้าในวงจรด้านปฐมภูมิจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับตอน แรก ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทิศทางที่เป็นบวก (ช่วงครึ่งคลื่นบวก) เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกระแสไฟฟ้าก็ไหลมากขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กเกิดการขยายตัวไปตัดกับ ขดลวดทุติยภูมิเกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงข้าม และไหลผ่าน ต่อไปยังโหลดเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 2.55 ส่วนประกอบหม้อแปลง

1. ถ้ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิเพิ่มขึ้นด้วย และถ้ากระแสไฟฟ้าด้านปฐมภูมิลดลงก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าด้านทุติยภูมิลดลงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นทางด้านทุติยภูมิ มีความถี่เท่ากับไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิ

2. ถึงแม้ขดลวดทั้งสองของหม้อแปลงไฟฟ้าจะแยกออกจากกัน แต่พลังงานจากด้านปฐมภูมิสามารถที่จะส่งผ่านไปยังด้านทุติยภูมิได้ ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิได้เปลี่ยนไปเป็นพลังงานแม่เหล็ก ส่วนทางด้านทุติยภูมิจะเปลี่ยนกลับจากพลังงานแม่เหล็กให้เป็นพลังงานไฟฟ้านั่นเอง

ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (k)

แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำข้ามไปยังขดลวดทุติยภูมินั้น ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และทุติยภูมิ ซึ่งจะถูกกำหนดโดยจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดด้านปฐมภูมิเคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดด้านทุติยภูมิ

อัตราส่วนระหว่างจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิเปรียบเทียบกับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิเรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (Coefficient of Coupling, k) ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

ตัวอย่างเช่น ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิเคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้ามีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กเพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้นที่เคลื่อนที่ไปตัดกับขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำที่ได้ก็จะมีค่าเท่ากับ 0.5

9. ความร้อน

ในระหว่างที่หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังทำงานจ่ายโหลดอยู่นั้น จะเกิดความสูญเสียพลังงานในตัวหม้อแปลงซึ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้นและแหล่งกำเนิดความสูญเสียพลังงานที่ตัวหม้อแปลง 2 สาเหตุใหญ่ คือ

9.1 วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าของหม้อแปลง เป็นที่หนึ่งของการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์กระแสสลับในแกนเหล็ก ซึ่งมีผลต่อการเหนี่ยวนำแรงดันที่ใช้งาน

9.2 ขดลวดหม้อแปลงเป็นที่ทำให้เกิดความสูญเสียในขดลวดและกระแสไหลวนในแกนเหล็ก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระแสและโหลด

วงจรแม่เหล็ก(Magnetic circuit)

1. ฟลักแม่เหล็ก
2. ความหนาแน่นของฟลักแม่เหล็ก
3. แรงดันแม่เหล็ก
4. ความซึมสนามแม่เหล็ก
4. ความซึมซาบจำเพาะ

แกนแม่เหล็กหม้อแปลง(Transformer Core)

แกนแม่เหล็กหม้อแปลงจะทำจากเหล็กผสมซิลิกอน 4-5% โดยถูกทำให้เป็นแผ่นบางๆ หนาประมาณ 0.33 มิลลิเมตร แล้วนำมาเรียงซ้อนกันเพื่อลดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทางแกนเหล็ก และจะต้องมีความต้านทานสูงเพื่อช่วยลดอีกทาง มีค่าความสูญเสียฮิสเตอร์ซิสต่ำ

ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวนำของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังจะมีลักษณะเป็นแผ่นทองแดงสีเหลืองผิวน้ำตาล ถูกหุ้มด้วยกระดาษฉนวนสีน้ำตาล

ตัวถังหม้อแปลง

วัสดุที่ใช้คือเหล็กที่มีความแข็งแรงและสามารถระบายความร้อนได้ดีแบ่งออกได้ 4 ชนิดคือ

ตัวถังแบบเรียบ

ใช้กับฉนวนน้ำมันระบายความร้อนผ่านผิวตัวถังใช้กับระบบจำหน่ายขนาดเล็กประมาณ 50 กิโลโวลต์-แอมป์ตัวถังมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร

ตัวถังแบบมีท่อไหลเวียนน้ำมัน

ใช้กับฉนวนน้ำมันโดยตรงจะมีท่อทรงกลมยื่น ออกมาตัวต่อระหว่างตัวถังด้านบนกับด้านล่าง เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวถังให้สัมผัสอากาศภายนอกโดยอาศัยหลักการน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำมันจากบนลงล่าง ตัวถังแบบนี้ใช้กับหม้อแปลงที่มีพิกัดไม่เกิน 3000 กิโลโวลต์-แอมป์

ตัวถังแบบมีแผงระบายความร้อน

ใช้กับหม้อแปลงที่พิกัดตั้งแต่ 5000-10000 กิโลโวลต์-แอมป์ ที่ตั้งถังจะมีแผงระบายความร้อนและอาศัยการระบายความร้อนตามธรรมชาติ ถ้ามีขนาดใหญ่กว่า 10000 กิโลโวลต์ ขึ้นไป จะใช้อุปกรณ์ระบายความร้อน เช่นพัดลมหรือปั๊ม

ตัวถังแบบติดตั้งตัวระบายความร้อนแยกจากตัวถัง

ในกรณีที่หม้อแปลงมีพิกัดกำลังสูงมากจน ไม่สามารถติดตั้งแผงระบายความร้อนที่ตัวถังได้เพียงพอ จึงจำเป็นต้องติดตั้งตัวระบายความร้อนแยกออกจากตัวถังหม้อแปลง โดยเดินท่อน้ำมันระหว่างตัวถังหม้อแปลงกับแผงระบายความร้อน (ขาลี ทาสีทอง.2552)

ภาพที่ 2.56 ตัวอย่างหม้อแปลง

10. ไอซี (IC)

ไอซีคืออะไร

ไอซีคือ วงจรรวม หรือภาษาอังกฤษเรียกว่า Integrated Circuit หมายถึงวงจรที่นำเอาตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ มาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ในปัจจุบันแผ่นวงจรนี้จะทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางที่อาจเรียกว่าชิป (Chip) องค์ประกอบวงจรต่าง ๆ จะฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียดผสมกับกระบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดสูงมาก สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมาก ภายในไอซี จะมีส่วนของลอจิกมากมายและซับซ้อนมาก ไอซีนี้นักพบเห็นได้ภายในคอมพิวเตอร์และ ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งใช้ทำงานควบคุม คอมพิวเตอร์ จนถึงโทรศัพท์มือถือ หรือแม้กระทั่งหน่วยความจำ (RAM) และอุปกรณ์อื่นๆอีกมากมาย ซึ่งถือว่าไอซีนี้นับมีบทบาทและมีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน

(Web master www.tube-silicon.com .2552)

ภาพที่ 2.57 โครงสร้าง IC

ไอซี เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ ที่สามารถสร้างรวมเอาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิดไว้ในตัวได้ พร้อมการต่อวงจรเรียบร้อย เนื่องจาก ไอซี มีข้อดีกว่าสารกึ่งตัวนำเป็นตัวย่อยๆ หลายประการ จึงทำให้ ไอซี เป็นที่นิยมใช้งาน

ออปแอมป์ คือ ไอซี ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งานในวงจรขยาย สามารถใช้อัตราขยายสูงมากและตัวออปแอมป์มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง ทำให้ออปแอมป์เป็นที่นิยมใช้งาน โครงสร้างภายในของ ออปแอมป์ ในภาคแรก ๆ ทางอินพุต ประกอบด้วยวงจรขยายความแตกต่างหลายภาค เพื่อให้วงจรมีอัตราขยายและอัตราส่วนตัดทอนโหมคร่วมสูง การจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันให้ตัวออปแอมป์ต้องจ่ายแรงดัน 3 ขั้ว คือ บวก ลบ และกราวด์

คุณสมบัติทางอุดมคติของออปแอมป์ เป็นคุณสมบัติตามความนึกคิดของผู้สร้างออปแอมป์ ทำให้คุณสมบัติของออปแอมป์ดีมาก แต่เมื่อนำไปใช้งานจริงจะมีหลายประการที่แตกต่างไป ทำให้การนำออปแอมป์ไปใช้งานจริงต้องมีการจัดอุปกรณ์ต่อร่วมภายนอก เพื่อเป็นการกำหนดอัตราขยายและกำหนด ให้มีการทำงานที่คงที่ตลอดเวลา วงจรขยายออปแอมป์สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งแรงดันและกระแส วงจรขยายออปแอมป์ทำการขยายสัญญาณแบบเชิงเส้น สามารถจัดวงจรขยายได้ 2 ลักษณะ คือขยายสัญญาณแบบกลับเฟส และขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

วงจรขยายแบบกลับเฟส เป็นการจัดวงจรขยายที่สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมีเฟสต่างกัน 180 องศา สัญญาณอินพุตถูกป้อนให้เข้าขาอินเวอร์ติง

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส เป็นการจัดวงจรขยายที่สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมีเฟสเหมือนกัน สัญญาณอินพุตป้อนให้ขาอินเวอร์ติงอินติเกรตเต็ดเซอร์กิต (IC) อินติเกรตเต็ดเซอร์กิต (Integrated Circuit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ไอซี (IC) เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่

ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ช่วยทำให้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนรูปแบบไป ตลอดจนทำให้ขนาดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเล็กลง เพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานได้มากขึ้น ไอซีเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่รวมเอาชิ้นส่วนของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิดไว้ในตัว พร้อมกับการต่อวงจรตามต้องการ โดยอุปกรณ์และวงจรจะถูกสร้างขึ้นบนฐานของสารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกัน ภายในส่วนประกอบของไอซีจะประกอบด้วยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นทั้งตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวไดโอด ตัวทรานซิสเตอร์ ตัวเฟส และอื่น ๆ อีกมากมาย และมีจำนวนมาก ๆ

ธาตุที่นำมาผลิต ไอซี คือธาตุซิลิคอน ขนาดของสารกึ่งตัวนำที่สร้างเป็น ไอซี บางตัวมีขนาดเล็กถึง 0.05×0.05 นิ้ว ซึ่งขนาดของสารกึ่งตัวนำที่ทำเป็น ไอซี จะมีขนาดใหญ่เล็กขึ้นอยู่กับปริมาณของอุปกรณ์ที่ใส่ลงไป สาเหตุที่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำถูกพัฒนาไปในลักษณะของ ไอซี เพราะ ไอซี มีข้อดีกว่าอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นตัว ๆ หลายประการด้วยกัน ดังนี้

1. มีความเชื่อถือในการทำงานสูง
2. มีอายุการใช้งานยาวนานและทนทาน
3. มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ทำงานได้รวดเร็ว
4. ราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นตัว ๆ
5. มีขนาดเล็กกะทัดรัด น้ำหนักเบา
6. ใช้กำลังงานน้อย ไม่มีส่วนที่ทำให้เกิดความร้อนสูง
7. การนำไปใช้งานได้ง่ายและรวดเร็ว

ภาพที่ 2.58 รูปร่าง IC Opamp

การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์

ในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เราควรจะเข้าใจการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อช่วยให้เข้าใจการทำงานของเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ มากขึ้น และสามารถนำมาพัฒนาคุณภาพของอุปกรณ์ร่วมต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรศึกษาได้แก่

1. การต่อวงจรตัวต้านทาน ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์การต่อตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ ต้องต่อวงจรแบบอนุกรม เพราะตัวต้านทานชนิดนี้สามารถควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ให้ไหลมากหรือน้อยตามต้องการได้

ภาพที่ 2.59 แสดงการต่อวงจรตัวต้านทาน

2. การต่อวงจรไดโอดเปล่งแสง การต่อไดโอดเปล่งแสงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องต่อตัวต้านทานไว้ในวงจรด้วย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยก็ทำให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ดังนั้นจึงต้องต่อตัวต้านทานไว้ในวงจรด้วยเพื่อลดปริมาณกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไดโอดในปริมาณที่เหมาะสม

ภาพที่ 2.60 แสดงการต่อไดโอดเปล่งแสง

3. การต่อวงจรทรานซิสเตอร์ การที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ ทำงานได้ต้องจ่ายไฟให้ที่ขาเบส (B) ซึ่งเป็นขาที่มีหน้าที่ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จะไหลจากขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขามิตเตอร์ กล่าวคือหากให้กระแสไหลที่ขาเบสมาก จะทำให้กระแสไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขามิตเตอร์มาก แต่ถ้าให้กระแสไหลที่ขาเบสน้อย กระแสที่จะไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขามิตเตอร์น้อยลงไปด้วย ดังนั้นด้วยหลักการการทำงานของทรานซิสเตอร์นี้ ก็จะสามารถนำทรานซิสเตอร์ไปประกอบในวงจรต่างๆ ได้มากมาย โดยเฉพาะในวงจรที่ต้องการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร

ภาพที่ 2.61 แสดงทรานซิสเตอร์

การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ต้องรู้จักเครื่องมือที่จะใช้เป็น อย่างดีและรู้วิธีการบัดกรี เช่น การใช้หัวแร้ง การใช้ตะกั่วบัดกรี ตลอดจนเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการบัดกรี ด้วยเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการต่อวงจร

วงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) การแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จะต้องใช้แรงดันเลี้ยงวงจรเป็นแรงดันไฟตรง (DC) โดยทำการแปลง แรงดันไฟสลับ (AC) ให้เป็นแรงดันไฟตรง (DC) วงจรที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้เรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือไดโอด ไดโอดที่นิยมนำมา ใช้งานในวงจรเรกติไฟเออร์เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

การทำงานของไดโอดเรกติไฟเออร์ใช้หลักการจ่ายไบอัสตรง และการจ่ายไบอัสกลับให้ตัวไดโอด เพื่อทำให้ไดโอดนำกระแสและหยุดนำกระแสตามสภาวะไบอัสที่จ่ายแรงดันที่ผ่านการเรกติไฟ-เออร์แล้ว ได้แรงดันออกมาเป็นไฟตรงซีกบวกหรือแรงดันไฟตรงซีกลบ แรงดันไฟตรงจะได้ออกมาซีกใดขึ้นอยู่กับ การจัดวงจรไดโอดเรกติไฟเออร์ ถ้าไดโอดจัดให้ขาแคโทด (K) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกบวกออกมา และถ้า ไดโอดจัดให้ขาแอนอด (A) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกลบออกมา ลักษณะการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น แสดงดังภาพที่ 2.62

(ก) แรงดันไฟตรงซีกบวกออก

(ข) แรงดันไฟตรงซีกลบออก

ภาพที่ 2.62 การทำงานวงจรเรกติไฟเออร์เบื้องต้น

จากภาพที่ 2.62 (ก) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น ได้แรงดันไฟตรงซีกบวกออกเอาต์พุต โดยต่อขา A รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา K ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกบวกป้อนให้ขา A ไดโอด D นำกระแส มีกระแส I ไหลผ่านไดโอดไปตกคร่อมโหลด RL เป็นแรงดันออกเอาต์พุต VO ซีกบวก

ส่วนภาพที่ 2.62 (ข) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้นได้แรงดันไฟตรงซีกลบออกเอาต์พุต โดยต่อขา K รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา A ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกลบป้อนให้ขา K ไดโอด D นำกระแสมีกระแส I ไหลผ่านโหลด RL ไหลผ่านไดโอด D เป็นแรงดันออกเอาต์พุต VO ซีกลบ

เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ คือวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นนั่นเอง เพียงแต่การจัดวงจรเรกติไฟเออร์มีความแตกต่างไปจากวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแทปกลาง วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ประกอบด้วยหม้อแปลงใช้ชนิดทางขดทุติยภูมิมี 2 ขั้วต่อไม่ต้องมีแทปกลาง (CT) ใช้ไดโอดในการเรกติไฟเออร์ 4 ตัว การทำงานแต่ละครั้งไดโอดทำงานเป็นชุด 2 ตัว ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้แสดงดังภาพที่ 2.63

(ก) วงจร

(ข) แรงดันจุดต่าง ๆ

ภาพที่ 2.63 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากภาพที่ 2.63 แสดงวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ภาพที่ 2.63 (ก) เป็นวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีไดโอด D1-D4 เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ หม้อแปลง T1 เป็นชนิดธรรมดาไม่มีแทปกลาง (CT) วัดสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 ออกมาได้เหมือนกับเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงแทปกลางทุกประการ

การทำงานของวงจรตามภาพที่ 2.63 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกดตำแหน่ง A ป้อนเข้ามา ไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D2, RL และผ่าน D4 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง B ของจุด 1 ป้อนเข้ามาไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแสมีกระแสไหลผ่าน D3, RL และผ่าน D1 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง B ส่วนไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

เมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกบวกดตำแหน่ง C ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง A ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง C และเมื่อมีแรงดันไฟสลับชุกลบตำแหน่ง D ของจุด 1 ป้อนเข้ามาอีกครั้ง ไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส เป็นการทำงานซ้ำเหมือนกับที่ตำแหน่ง B ทุกประการ ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง D

ภาพที่ 2.64 วงจรเร็กติไฟเออร์

ชุดทดลองและการสอนแบบทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับสื่อการสอน มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้และเพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับชุดทดลองสามารถแยกออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

1 ความหมายของสื่อการสอน

จากการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับความหมายของสื่อการสอน ที่มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ดังนี้

สื่อ หมายถึง ตัวกลาง หรือพาหนะที่จะทำให้สิ่งหนึ่งเดินทางไปถึงอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง เช่น การส่งข่าวสาร ข้อมูลต่าง ๆ เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดส่งและจุดรับสารการสอน เป็นการกระทำของผู้สอนเพื่อที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการส่งสาร หรือสิ่งบอกกล่าว (Information) ต่างๆ แต่การให้สิ่งบอกกล่าวต่างๆ ได้นั้นจะต้องอาศัยตัวกลางหรือพาหนะเป็นเครื่องช่วยจึงเรียกสิ่งนี้ว่าเป็นสื่อการสอน

ตัวกลางที่ใช้ในการส่งสิ่งบอกกล่าวนี้ นอกจากเรียกว่าสื่อการสอนแล้ว ยังมีชื่ออื่น ๆ ที่เรียกแตกต่างกันออกไป แต่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น อุปกรณ์ช่วยสอน (Teaching Aids) สื่อการเรียนการสอน โสตทัศนวัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งที่ใช้ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียน เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ ได้เป็นอย่างดี (วัลลภ, 2543: 1)

สรุป : จากการให้ความหมายของสื่อการสอน ของนักการศึกษาจึงพบสรุปได้ว่าสื่อการสอน หมายถึง เครื่องมือ หรือสิ่งใดก็ตามที่เป็นเครื่องทุ่นแรงทำให้ผู้สอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

เอื้ออำนวยความสะดวกแก่การเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ผู้สอนวางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการเรียนการสอนด้วย

2 การเลือกใช้สื่อการสอน

การเลือกสื่อการสอน เพื่อสอนในวิชาใดวิชาหนึ่งในบทเรียนต่าง ๆ มีความยุ่งยากสำหรับผู้สอน ฉะนั้นก่อนที่จะเลือกสื่อการสอนจะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ที่สำคัญก่อนดังที่ (วัลลภ 2543:10-11) ได้กล่าวไว้ว่า ก่อนที่จะนำสื่อการสอนไปใช้ควรจะต้องศึกษาพิจารณาในสิ่งต่าง ๆ มีตำราหลาย ๆ เล่มได้ให้ข้อแนะนำไว้อย่างมากมาย แต่ถ้าสรุปอย่างเป็นระบบควรจะทำให้ความสนใจในเรื่องเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆ ในการเรียนการสอนคือ

2.1 ความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนการเรียนการสอนมีเป้าหมายต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ในด้านใด (สติปัญญา ทักษะ หรือทัศนคติ) และอยู่ในระดับใดได้กำหนดให้มีความสำคัญในการที่ต้องเรียนรู้เพียงใด

2.2 ความเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาวิชา เนื้อหาวิชาง่าย ๆ ไม่ยากซับซ้อนอาจเข้าใจได้โดยการใช้คำพูดก็อาจใช้เพียงการเขียนแสดงด้วยข้อความ แต่ถ้าเป็นเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนก็ต้องพยายามหาสื่อการสอนที่จะแสดงให้เห็นถึงหลักการ การทำงานของกลไกชิ้นส่วน หรือชุดทดลองสาธิตมาแสดงให้เห็นจริงหรือต้องถ่ายเป็นภาพยนตร์ วิดีทัศน์มาฉาย ควบคุมความเร็วให้เห็นอย่างชัดเจน

2.3 ความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อแต่ละประเภทอาจมีข้อจำกัดในการให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม และสื่อการสอนบางประเภทที่แทบจะไร้ค่า ถ้าหากผู้สอนไม่สามารถจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นคือ ผู้สอนละโอกาสที่จะให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมโดยปกติผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมร่วมในการใช้สื่อการสอนให้มากที่สุด

2.4 ความเหมาะสมสอดคล้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2.2.3 เช่นเกี่ยวกับตัวผู้เรียน สิ่งอำนวยความสะดวกในห้องเรียน หรือในสถานศึกษา โดยแต่ละองค์ประกอบก็มีเงื่อนไขแตกต่างกันควรพิจารณาในลักษณะความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

3 ความหมายของชุดทดลอง

จากการศึกษาค้นคว้ารายละเอียดเกี่ยวกับ ความหมายของชุดทดลองนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของชุดทดลองไว้ดังนี้

มนต์ชัย (2530 : 67) ชุดทดลอง (Experiment Set) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎสูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์สร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ โดยแสดงผลให้เห็นจริงได้ในรูปของค่าที่แสดง ความร้อนแสง เสียง หรือ ปฏิกริยาอื่น ๆ ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียนหรือเป็นชุดฝึกสำหรับการเรียนรายบุคคลกันแพร่หลาย โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิชาประลอง(Laboratory) แม้แต่การเรียนวิชาปกติ

ในชั้นเรียนก็ตาม เนื่องจากผู้สอนได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่แท้จริง ของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่า ทำให้การเรียนรู้เห็นจริงได้นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูงด้วย

เสาวนีย์ (2528 : 144) การทดลองหรือการปฏิบัติการ หมายถึง การกระทำที่เป็นประสบการณ์ ตรงเกี่ยวกับวัสดุหรือข้อเท็จจริง ดังนั้นการสอนแบบทดลองหรือปฏิบัติการหมายถึงกระบวนการการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรงเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริง

สุชาติ (2526 : 32) การทดลอง หรือการประลอง เป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ หลักการและข้อเท็จจริงจากการที่คนอื่น ๆ ได้ค้นพบไว้แล้วเป็นการทบทวน และย้ำว่ามั่นใจเป็นไปตามที่ได้มี ผู้ศึกษาแล้วไว้อย่างไรบ้าง เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน และส่วนใหญ่จะฝึกปฏิบัติใน สิ่งที่คนอื่นฝึก และได้ผลมาแล้ว

จากสิ่งที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ชุดทดลอง หมายถึง เครื่องมือหรือสื่ออุปกรณ์ช่วยสอน ชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนโดยเน้นให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ ศึกษาแล้วในชั้นเรียน

4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ (2543 : 10) ได้กล่าวไว้ว่า การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลอง หรือสาธิตก็ได้นำหลักวิชาการทางด้านการออกแบบสร้างมาประยุกต์ หน่วยงานออกแบบสร้างแต่ละหน่วย ก็อาจจะมีแนวทางแตกต่างกันไป แต่จะเห็นได้ว่ามีหลักการคล้ายคลึงกันซึ่งแบ่งขั้นตอนในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง-สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน (Technical drawing)
7. การเตรียมเอกสารประกอบ (Software)

5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

5.1 กิตานันท์ (2543 : 106) ได้กล่าวไว้ว่า การใช้สื่อการสอนอย่างเหมาะสมและเป็นไปตาม วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจึงควรต้องมีการประเมินการใช้สื่อการสอนตามขั้นตอนดังนี้

1. ประเมินการวางแผนการใช้สื่อ เพื่อดูว่าสิ่งต่าง ๆ ที่วางไว้สามารถดำเนินการให้สามารถ ดำเนินตามแผนหรือไม่ หรือเป็นเพียงตามหลักทางทฤษฎีแต่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริงจึงต้องเก็บรวบรวม ข้อมูลไว้ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงในการวางแผนครั้งต่อไป

2. การประเมินกระบวนการการใช้สื่อเพื่อดูว่าการใช้สื่อในแต่ละขั้นตอนประสบปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไรบ้างมีสาเหตุมาจากอะไรและมีการเตรียมการป้องกันไว้หรือไม่

3. ประเมินผลที่ได้จากการใช้สื่อเป็นผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยตรง เมื่อเรียนแล้วผู้เรียนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้หรือไม่ และผลที่ได้นั้นเป็นไปตามเกณฑ์

5.2 วัลลภ (2543 : 131) ได้กล่าวว่า ประเด็นในการประเมินอาจแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน และด้านการพาณิชย์ในแต่ละประเด็นสามารถแตกออกเป็นประเด็นย่อย การคิดค้นประเด็นต่าง ๆ อาจใช้แผ่นภูมิปะการัง เป็นเครื่องมือ ร่วมประชุม ระดมความคิด หรืออาจค้นคว้าประเด็นได้จากงานวิจัยต่าง ๆ ด้านการประเมินสื่อการสอนประเด็นที่น่าสนใจนี้ เป็นประเด็นหลัก ๆ รวม ๆ สามารถเลือกไปใช้กับสื่อประเภทต่าง ๆ ได้ และจะเขียนในลักษณะด้านบวก หรืออุดมคติ

1. ประเด็นด้านเทคนิค มีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ขนาดสื่อ

- ก) ไม่ใหญ่ ไม่เล็ก มีขนาดเหมาะสม ลอดคล้องกับมาตรฐาน
- ข) สะดวกต่อการเก็บรักษา
- ค) ไม่ใช่เนื้อหาที่มากเกินไป

1.2 น้ำหนัก

- ก) มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปสอนได้สะดวก
- ข) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้าย ผู้สอนนำไปได้ด้วยตนเอง

1.3 ชิ้นส่วนประกอบ

- ก) ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ
- ข) นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถที่หน้าที่รอง
- ค) มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต
- ง) เป็นมาตรฐานหาอะไหล่่าย
- จ) มีจำนวนชิ้นไม่มาก
- ฉ) การเคลื่อนที่ ของชิ้นส่วนมั่นคง
- ช) รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน
- ซ) มีอายุการใช้งานเหมาะสม
- ณ) มีความเรียบร้อยสวยงาม

1.4 ชนิดวัสดุ

- ก) มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทสื่อ
- ข) เป็นวัสดุหาง่าย
- ค) คุณสมบัติวัสดุ มีความแข็งแรงคงทน

- ง) ราคาไม่แพง
- จ) ทนต่อความร้อน ฝุ่น ความชื้น
- ฉ) ไม่เป็นอันตราย ต่อผู้ใช้ และตัวสื่อ

1.5 การดูแลรักษา

- ก) ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง
- ข) มีระบบการจัดเก็บ การจำแนก
- ค) มีถุง ซอง กล่อง ในการจัดเก็บ
- ง) มีระบบการเบิก ยืม ที่มีประสิทธิภาพ
- จ) ไม่สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

1.6 กระบวนการผลิต

- ก) ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่าย
- ข) มีระบบแบบงาน ระบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ)
- ค) ผลิตออกมาเรียบร้อยสวยงาม
- ง) สอดคล้องตามหลักการสอน สามารถใช้สอนกับวิธีการต่าง ๆ
- จ) นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้
- ฉ) ชิ้นงานออกมา มีขนาด คุณภาพผิวงานมีความละเอียดสูง
- ช) สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตเชิงพาณิชย์

1.7 มาตรฐาน

- ก) สอดคล้องกับมาตรฐาน ในหน่วยงาน
- ข) มีความเป็นสากล
- ค) มี Format
- ง) ความปลอดภัย
- จ) มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และต่อสื่อ

2. ประเด็นทางด้านการเรียนการสอน จะเกี่ยวข้องกับผู้สอน ผู้เรียน และตัวสื่อเอง ดังนี้

2.1 ต่อผู้สอน

- ก) ใช้ง่าย
- ข) ใช้เวลาในการสอนน้อย
- ค) ไม่มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมด้านการใช้งาน
- ง) สอดคล้อง ตามรายการวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชา

จ) มีคู่มือการสอน สำหรับครู

2.2 ต่อผู้เรียน

ก) เข้าใจง่าย

ข) สอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์

ค) ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ น่าสนใจ อยากเรียน

ง) กระตุ้นให้ค้นคว้าเพิ่มเติม

จ) เกิดความคิดสร้างสรรค์

ฉ) สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา

ช) ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้

ซ) มีคู่มือผู้เรียน

2.3 ต่อสื่อการสอน

ก) เป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหา นั้น ๆ และควรมีอย่างยิง

ข) มีความสำคัญต่อการเรียนรู้

ค) มีเนื้อหาสาระที่ทันสมัย ตามวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ง) สามารถนำไปใช้สอนในหัวเรื่องอื่นได้ด้วย

จ) ให้เนื้อหาสาระชัดเจน ในตัว ไม่ต้องอธิบายเพิ่มเติมมาก

ฉ) ใช้เวลาในการประกอบน้อย

ช) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นประกอบช่วย

ซ) มีคู่มือแนะนำในการใช้ การดูแลรักษา

ณ) ต้องมี Software ประกอบ

ญ) ตัวอักษร สี สัน ฟอนท์ Format ชัดเจน

3. ประเด็นทางด้านพาณิชย์ เป็นการศึกษาข้อมูลก่อนดำเนินการผลิต ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือประกอบการตัดสินใจ ก่อนเริ่มงานการออกแบบ ไม่ใช้การประเมินด้วยความรู้สึก มีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

3.1 เป็นสื่อที่ตลาดมีความต้องการสูง

3.2 ความเหมาะสมในการผลิตเชิงพาณิชย์

3.3 ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่นค่าออกแบบ ค่าดำเนินการ ค่าวัสดุ

3.4 ค่าเครื่องมือ

3.5 ความคุ้มค่าในการผลิต

3.6 ราคาสื่อเหมาะสม สามารถเทียบกับคู่แข่ง

3.7 ปริมาณด้านการตลาด การจำหน่ายในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค

3.8 เอกสารในการประชาสัมพันธ์

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จะเห็นได้ว่าหัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมินชุดทดลองนั้นประกอบด้วยด้านต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ด้านวิชาการ เช่น ตรงตามเนื้อหาวิชา ครอบคลุมวัตถุประสงค์
2. ด้านการออกแบบ เช่น วัสดุหาง่าย ราคาถูก
3. ด้านการนำไปใช้งาน เช่น ใช้งานง่าย สะดวก และมีความปลอดภัย

6 การสอนแบบทดลอง

การสอนแบบทดลองเป็นการสอนที่ต้องอาศัยหลักการและองค์ประกอบจากหลายๆ องค์ประกอบ มาพิจารณาในการสอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งมีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

6.1 วิธีสอนแบบทดลอง (Experimental Method)

วิธีสอนแบบทดลอง หมายถึง วิธีสอนที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าด้วยการทดลอง เพื่อพิสูจน์หลักการ ทฤษฎี ที่ผู้อื่นได้ค้นพบไว้ (อาภรณ์, 2537: 114)

วิธีสอนแบบทดลอง เป็นวิธีสอนที่นิยมใช้ในการสอน เพื่อให้ นักเรียน ค้นหาความจริงด้วยตนเอง ในการสอนโดยการทดลองนั้น ครูจะยกปัญหาขึ้นมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่หาคำตอบ ครูจะไม่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา แต่ครูจะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง จากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนี้ จะทำให้ทราบคำตอบของปัญหา โดยดูจากผลที่ได้จากการทดลอง การสอนโดยวิธีทดลองนี้เป็นการเรียนที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการกระทำ เป็นการเรียนที่เรียกว่า Active Learning ผู้เรียนจะไม่เกิดความเบื่อหน่าย (ลำพอง, 2530: 148)

วิธีสอนโดยใช้การทดลอง คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตาม วัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลอง ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปราย ผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง (ทิศนา, 2543: 25) สรุปวิธีการสอนแบบทดลอง คือ กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนใช้ชุดทดลองเป็นสื่อ และให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตาม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด โดยพิสูจน์หลักการทฤษฎีที่ผู้อื่นได้ค้นพบไว้

7 วัตถุประสงค์ของการสอนแบบทดลอง

อาภรณ์ (2537: 115) กล่าวว่า วิธีสอนแบบทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลอง ค้นคว้าด้วยตนเอง
2. ให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ให้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง และเป็นแนวทางในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ต่อไป
3. ฝึกปฏิบัติงานทดลองค้นคว้าหาข้อเท็จจริงอย่างมีระบบขั้นตอน และรอบคอบ

4. ฝึกการสังเกต คิด วิเคราะห์ สรุปผล และรายงานตามความเป็นจริงที่ค้นพบ

8 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หมายถึง ข้อความซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนได้แสดงออก หลังจากที่ได้เรียนรู้มาแล้วว่า เขาจะต้องทำอะไรอย่างใดบ้าง ซึ่งพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องแสดงออกดังกล่าว จะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและวัดได้ (สุราษฏร์, 2531: 17)

9 ประเภทของวัตถุประสงค์การสอน

สุราษฏร์ (2531: 74) กล่าวว่าในการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ หากพิจารณาดูจะพบว่า วัตถุประสงค์การสอนนั้นมุ่งให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ

1.) ด้านความรู้ ถ้าต้องการเน้นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ไปใช้งานไปแก้ไขปัญหาหรือความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) นั้น ก็จะต้องเขียนวัตถุประสงค์การสอนในเชิงความคิด

2.) ด้านทักษะ ที่ต้องการเน้นความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำงานหรือทักษะฝีมือ (Physical Skill) รวมถึงการปฏิบัติงานให้เกิดความเชี่ยวชาญนั้นก็ต้องเขียนวัตถุประสงค์การสอนในแนวการปฏิบัติงาน

3.) ด้านเจตคติ การเขียนวัตถุประสงค์อาจทำได้ยากกว่าในด้านความรู้และทักษะ ทั้งนี้ก็เพราะว่า พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีเจตคติที่ต้องการนั้น สังเกตและวัดได้ยากกว่า อย่างไรก็ตามการเขียนวัตถุประสงค์การสอนด้านเจตคติ เพื่อระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนอาจกล่าวถึง ความตระหนัก ความรับผิดชอบ การปฏิบัติตามระเบียบที่ได้วางไว้

10 ส่วนประกอบของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

สุราษฏร์ (2531: 18) กล่าวว่า วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นข้อความที่ระบุพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนที่ชัดเจน เป็นพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ภายใต้สถานการณ์หนึ่งๆ ซึ่งพฤติกรรมนั้นจะต้องสามารถสังเกตและวัดได้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ

2.5.10.1 พฤติกรรมการแสดงออก (Task or Behavior)

2.5.10.2 เงื่อนไขหรือขอบเขต (Condition)

2.5.10.3 มาตรฐานหรือเกณฑ์ (Standard or Criteria)

11 ระดับของวัตถุประสงค์ (Taxonomic Levels)

สุราษฏร์ (2531: 27-30) กล่าวว่า จุดประสงค์หลักในการเรียนการสอน คือ ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ มีทักษะ และมีเจตคติที่ดี ดังนั้นการเขียนวัตถุประสงค์การสอนนอกจากจะต้องระบุพฤติกรรม

แสดงออกของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ อย่างชัดเจนแล้วจะต้องระบุระดับความยากของวัตถุประสงค์การสอนที่ต้องการเองไว้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งแบ่งไว้ 3 ระดับ คือ ความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ความสามารถทางการใช้กล้ามเนื้อทำงาน (Physical Skill) และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม (Interactive Skill)

11.1 ในด้านความสามารถทางสติปัญญา เป็นวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึงความสามารถในการนำความรู้ที่มีอยู่ออกไปใช้คิดแก้ไขปัญหาต่าง ๆ แบ่งความยากเป็น 3 ระดับจากง่าย ไปยากคือ

ก) ขั้นฟื้นฟูคืนความรู้ (Recalled Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการฟื้นคืน (Recall) ความรู้ (Knowledge) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ออกมาใช้แก้ปัญหาในลักษณะการลอกเลียน จะโดยการเขียนหรือเล่าก็ตาม

ข) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่มีลักษณะเดียวกันกับสิ่งที่เคยได้มีประสบการณ์มาแล้วได้อย่างถูกต้อง จะโดยวิธีการพูด เขียน อธิบาย แปลความ สรุปตีความ ขยายความ ฯลฯ ก็ตาม

ค) ขั้นส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการส่งถ่ายความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสิ่งใหม่ ๆ ที่มีลักษณะแปลกไปจากลักษณะเดิม ซึ่งปัญหาดังกล่าวไม่เคยถูกถกกันมาก่อนเลย จะโดยการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ หรือสรุปผลก็ตาม

11.2 ในด้านความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อทำงาน เป็นวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึงความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายปฏิบัติงาน ซึ่งอาจแบ่งระดับความยากเป็น 3 ระดับ จากง่ายไปยากได้ดังนี้

ก) ขั้นเลียนแบบ (Imitation) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล้ามเนื้อเหมือนรูปแบบที่เคยได้เห็นได้ฟังมาได้ถูกต้อง ทักษะกล้ามเนื้อระดับนี้แสดงท่าทางได้เหมือนต้นแบบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ข) ขั้นควบคุม (Control) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล้ามเนื้อตามที่เคยได้ฝึกมา โดยอาจแปรเปลี่ยนรูปแบบการแสดงทักษะกล้ามเนื้อก็ได้แต่ทว่าอาจมีเค้าโครงเดิมอยู่ และได้ผลงานที่ถูกต้องสมบูรณ์ด้วย

ค) ขั้นชำนาญ (Automatism) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล้ามเนื้อตามที่เคยมีประสบการณ์มาได้ โดยถูกต้องชำนาญเป็นไปโดยอิสระซึ่งอาจแตกต่างจากรูปแบบเดิมบางส่วนหรือทั้งหมดก็ได้

11.3 ในด้านพฤติกรรมในการปรับตัว เป็นวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึงพฤติกรรมในการแสดงออกซึ่งความรู้สึกต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งระดับการแสดงออกเป็น 3 ระดับ จากง่ายไปยากดังนี้

1. ขั้นยอมรับ (Reception) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกซึ่งความสนใจความเอาใจใส่ต่อสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เห็น ได้ทำ โดยมีความยินดีหรือภาวะจิตใจที่พร้อมจะรับสิ่งเร้าหรือให้ความสนใจในสิ่งเร้านั้น

2. ขั้นตอบสนอง (Response) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความเต็มใจ ความพอใจสนองตอบ ซึ่งผู้เรียนจะพยายามทำปฏิกิริยาตอบสนองบางอย่างที่เขายอมรับ

3. ขั้นลักษณะนิสัย (Internalization) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการแสดงออก ซึ่งความรู้สึกรู้สึกสำนึกในคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ด้วยความพอใจจนกลายเป็นความนิยมชมชอบเชื่อถือในสิ่งนั้นเป็นลักษณะนิสัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พอจะสรุปได้ดังนี้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สมบูรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วน สำคัญ คือ พฤติกรรมการแสดงออก เงื่อนไขในการแสดงออก และเกณฑ์หรือมาตรฐานขั้นต่ำที่ยอมรับได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ด้านสติปัญญา ด้านการใช้ทักษะ และด้านพฤติกรรมในการปรับตัว ซึ่งในแต่ละด้านสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับที่มีความยากง่ายแตกต่างกันไป

ในด้านความสามารถทางสติปัญญา แบ่งระดับจากง่ายไปหายาก 3 ระดับ คือ ขั้นการฟื้นคืนความรู้ ขั้นการประยุกต์ความรู้ ขั้นส่งถ่ายความรู้

ในด้านความสามารถทางทักษะกล้ามเนื้อ แบ่งระดับความยากเป็น 3 ระดับ คือ ขั้นการเลียนแบบ ขั้นทำด้วยความถูกต้อง ขั้นชำนาญ

ส่วนในด้านความสามารถในการปรับตัวนั้น ในการจัดการเรียนการสอน ส่วนใหญ่เราจะพิจารณาว่าตัวผู้เรียนมีการแสดงออกพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เฉลิม โตโสภณ. 2551. บทคัดย่อเรื่อง รายงานการใช้ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทคัดย่อ รายงานการใช้ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน ประกอบด้วย ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลับแลพิทยาคม อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่เรียนวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จำนวน 20 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนท่า

ปลาประชาอุทิศ จำนวน 25 คน รวมเป็น 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 1) ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยชุดฝึกทักษะ จำนวน 4 ชุด ได้แก่ ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม และชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น แบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งได้ผ่านการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและหาค่าความยากง่าย 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแตกต่างของคะแนน และร้อยละ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย

ผลการศึกษาพบว่า

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 81.37/82.16 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้
2. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนด้วยชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่า คะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนที่ใช้ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด

พิษณุ กลีบบุษบงศ์ . 2551. บทคัดย่องานวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

บทคัดย่อ . การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 / 80 2) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล ของชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และ4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนโรงเรียนบ้านห้วยทรายมิตรภาพที่ 150 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพัทลุง เขต 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้องเรียน คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 26 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการศึกษานี้ มี 3 ชนิด ได้แก่ ชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้รายงานพัฒนาขึ้น จำนวน 3 ชุด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 40 ข้อ เป็นชนิด 4

ตัวเลือก และหาคุณภาพแล้ว มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.99 แบบทดสอบย่อยท้ายชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 ชุดที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.76 ชุดที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.74 และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการเรียน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า แบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยข้อคำถาม 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.92 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐาน ใช้ t - test (Dependent Samples)

ผลการศึกษาปรากฏ ดังนี้

1. ชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.55 / 91.169 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80 / 80 ที่ตั้งไว้
2. ดัชนีประสิทธิผลของชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.4925 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 49.25
3. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนโดยภาพรวม มีค่าเฉลี่ย = 4.61 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.49 อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่ง ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีความก้าวหน้าในการเรียนสูงขึ้น และมีความพึงพอใจในการเรียน อีกทั้งผู้เรียนได้พัฒนาและแสดงความสามารถตามศักยภาพของตนเอง และมีความเหมาะสมมากที่สุด ที่จะนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ณรงค์ หมั่นเจริญ . 2551 . บทคัดย่อ เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติระบบไฟฟ้ารถจักรยานยนต์

บทคัดย่อ . การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดฝึกปฏิบัติระบบไฟฟ้ารถจักรยานยนต์ เพื่อใช้สอนในรายวิชางานจักรยานยนต์ รหัส 2100-2104 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2546)และหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัตินี้โดยกำหนดให้ชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้น จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกปฏิบัตินี้จะต้องมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้รถจักรยานยนต์จริง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 สาขางานยานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคอุดรดิตถ์ จำนวน 35 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 18 คน ในการสร้างชุดฝึกปฏิบัติผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดต่างๆเพื่อนำมาสร้างเป็นชุดฝึกปฏิบัติ ก่อนนำไปใช้งานได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เป็นผู้ประเมินคุณภาพ จากนั้นจึงนำไปใช้สอนจริง

ผลการวิจัยพบว่าผู้เชี่ยวชาญ ประเมินชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีคุณภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับที่ดีมาก ส่วนการนำชุดฝึกปฏิบัติไปใช้สอนปรากฏว่าชุดฝึกปฏิบัติที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.58/83.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกปฏิบัติของกลุ่มทดลองสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยรถจักรยานยนต์จริงของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการ
การออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี
อิเล็กทรอนิกส์

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี
อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ 1 ชุด พร้อม ใบงานประกอบชุดฝึก 3 ใบงาน
2. แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน

ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ

3. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

3.1 ศึกษาจากเอกสาร หนังสือ วิทยานิพนธ์ ตำราที่เกี่ยวข้อง การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาการสร้างชุดฝึก เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ

3.2 ออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ (รายละเอียดภาคผนวก ข)

3.3 สร้างใบงานประกอบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ
(รายละเอียดภาคผนวก ค)

3.4 สร้างแบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ

3.5 นำแบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

3.5.1 อาจารย์ยศวรธรณ์ จันทนา ประธานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีกาเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.5.2 อาจารย์สมคิด ฤทธิ์เนติกุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีกาเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.5.3 อาจารย์กฤษฎิ์พันธ์ พรรณรัตน์ชัย หัวหน้าวิชาเอกเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีกาเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

3.4 จัดเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ และแบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ ที่สร้างขึ้น ส่งให้กลุ่มตัวอย่างโดยเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3 มีนาคม 2557 ถึงวันที่ 14 มีนาคม 2557

ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามคืน 20 ชุดคิดเป็นร้อยละ 100

2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ สำหรับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้

ตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลและความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับคืนมา วิเคราะห์ข้อมูล โดยแจกแจงความถี่แล้วนำเสนอโดยใช้การหาค่าร้อยละ (Percentage) ดังสูตร

ค่าร้อยละ (Percentage)

$$\text{สูตร} \quad p = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ p แทน ค่าร้อยละ
 f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ
 N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

(ที่มา บุญชม ศรีสะอาด.2543 :101)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

หาค่าเฉลี่ย (Mean)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนทั้งหมด

2. การแปลความหมาย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แปลความหมายผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งระดับออกเป็น 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึงความคิดเห็นชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ อยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ อยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ อยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ อยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ อยู่ในระดับน้อยที่สุด

(ที่มา รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2533 : 44-45)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านการออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ ด้านการใช้งานและด้านใบงาน โดยได้เสนออยู่ในตารางดังนี้

ตารางที่ 4.1 ความคิดเห็นการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการ การออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ทั้ง 3 ด้าน

ที่	ข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความคิดเห็น
1	ด้านการออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ			
	อุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติการ	4.20	0.56	มาก
	แผงต่อวงจรสำหรับชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ	4.00	0.38	มาก
	สายไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในแผงวงจร	4.07	0.59	มาก
	ข้อความและสัญลักษณ์บนแผงต่อวงจร	3.87	0.35	มาก
	รวม	4.04		มาก
2	ด้านการใช้งาน			
	ความสะดวกในการต่ออุปกรณ์กับแผงต่อวงจร	3.87	0.35	มาก
	ความสะดวกในการต่อสายไฟเชื่อมกับแผงต่อวงจร	3.73	0.59	มาก
	ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจร	4.27	0.46	มาก
	ความสะดวกในการวัดผลต่างๆ ด้วยมัลติมิเตอร์	4.27	0.59	มาก
	ความสะดวกในการแสดงผลด้วยไฟสถานะ	4.13	0.35	มาก
	รวม	4.05		มาก

ที่	ข้อความถาม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความคิดเห็น
3	ใบงาน			
	เนื้อหาของใบงาน	4.00	0.70	มาก
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน	4.13	0.35	มาก
	ความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน	4.40	0.51	มาก
	รวม	4.18		มาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้านพบว่า

ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.04 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ อุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ข้อความและสัญลักษณ์บนแผงต่อวงจร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 ระดับมาก

ด้านที่ 2 ด้านการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.05 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรและความสะดวกในการวัดผลต่างๆ ด้วยมัลติมิเตอร์ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ความสะดวกในการต่อสายไฟเชื่อมกับแผงต่อวงจร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 ระดับมาก

ด้านที่ 3 ด้านใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.18 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เนื้อหาของใบงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ระดับมาก

และจากการประเมินผลโดยแบบสำรวจนั้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับตั้งแต่ 0 - 0.70 ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับค่อนข้างน้อย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 เพื่อการสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ และตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมในการนำไปใช้กับการทดลองในงาน
- 2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ จากกลุ่มตัวอย่างและผู้เชี่ยวชาญ

สรุปผลการวิจัย

จากผลในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะนั้นเมื่อออกแบบและสร้างแล้วเสร็จ สามารถปฏิบัติการทดลองงานได้จริง แต่อาจจะต้องเพิ่มใบงานในส่วนของอุปกรณ์ที่ไม่สามารถนำอุปกรณ์นั้นๆ มาเพิ่มเติมเพื่อให้ใบงานครอบคลุมเนื้อหาของรายวิชาได้ทั้งหมด ในการทำการทดลองสำหรับประกอบการเรียนในรายวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ
2. การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ประสิทธิภาพโดยค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.08 อยู่ในระดับ มาก
3. สำหรับการนำอุปกรณ์ต่างๆ มาทดสอบกับชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะนั้น สามารถนำอุปกรณ์นั้นๆ มาต่อได้อย่างสะดวก แต่กลุ่มตัวอย่างยังใช้โฟโตบอร์ดยังไม่ชำนาญ

อภิปรายผล

จากผลการดำเนินการสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ แต่ละด้านและทำการวิเคราะห์ ซึ่งจะขอกกล่าวถึงในแต่ละส่วนเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

- 1 ด้านการออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบในการออกแบบเพื่อสร้างระบบการเรียนรู้ขึ้นมานั้น ผลจากการประเมินที่ได้อยู่ในระดับคะแนน 4.04 ซึ่งเมื่อแปลผลออก

มาแล้วอยู่ในระดับมาก เนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ใช้นั้น มีความง่ายและมีความใกล้เคียงกับการใช้อุปกรณ์ทั่วไป ทำให้ผู้เรียนมีความคุ้นเคยและสามารถใช้งานได้ง่าย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากตารางจะเห็นว่าการกระจายของความคิดเห็นค่อนข้างน้อย

2 ด้านการใช้งาน สำหรับการติดตั้งและการใช้งานนั้น เนื่องจากอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองต่างๆ ผู้เรียนค่อนข้างคุ้นเคยและมีคำอธิบายในการปฏิบัติงาน ทำให้การทดลองเป็นไปได้ด้วยดี มีความสะดวกต่อการใช้งานพอสมควร แต่จากการสังเกตแล้ว ส่วนที่ยังมีส่วนของการประเมินที่น้อยนั้น คือการเชื่อมต่อสายนั้น สายไฟนั้นมีหลายขนาดทำให้การเชื่อมต่อเกิดความสับสน อีกทั้งสายเชื่อมต่อแบบหนึ่งซึ่งมีปลายสายแบบปากคิ๊บ แม้จะมีความง่ายในการจับสายไฟอื่น แต่มักจะเกิดปัญหาที่ต้องระวังส่วนปากคิ๊บด้วยเนื่องมาจากอาจจะเกิดการลัดวงจรกับปลายสายอื่นได้

3 ด้านใบงาน จากคะแนนในส่วนของใบงานที่อยู่ในระดับมาก คือมีคะแนน 4.18 สามารถกล่าวได้ว่ามีคะแนนมากที่สุด ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามได้ โดยใบงานนั้นถูกออกแบบมาในลักษณะการอธิบายถึงทฤษฎีก่อนในส่วนเริ่มต้นโดยผู้สอนร่วมด้วย ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้นเมื่อเข้าสู่การทำใบงาน และจากตารางจะเห็นว่าการกระจายของความคิดเห็นจะค่อนข้างน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้งานนั้นผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นคล้ายกัน

สำหรับการบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนนั้น ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของรายวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ที่เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาในส่วนของภาคทฤษฎีเกี่ยวกับวงจรดิจิทัลและอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อมาทดลองต่อตามใบงานแล้วทำให้เกิดทักษะในการต่ออุปกรณ์มากขึ้น และเมื่อนักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติใบงานเสริมที่พัฒนาขึ้นจะสามารถทำให้เข้าใจในลักษณะของอุปกรณ์ก่อนปฏิบัติตามใบงานตามรายวิชาที่เรียนในคาบเรียนปฏิบัติควบคู่ไปด้วย จึงจะให้ผลสัมฤทธิ์ที่ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ผู้วิจัยขอเสนอ ดังนี้

1 การสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะวิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะนั้นสามารถพัฒนาใบงานให้มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งรูปแบบการใช้งานที่อุปกรณ์ที่ดีและเพิ่มประสบการณ์ด้วยใบงานของอุปกรณ์ที่หลากหลาย ดังนั้นจึงควรทำการจัดหาอุปกรณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีประสบการณ์เพิ่มเติมในเรื่องใบงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

2 พัฒนาการทดลองที่เป็นใบงานของอุปกรณ์ที่สำคัญในระดับกลางและระดับสูงด้วย เพื่อเสริมการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ เช่น มีพอร์ตต่าง ๆ ที่สามารถนำไปเชื่อมต่อกับชุดคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้ยังไม่ได้ถูกใช้งานในการพัฒนาใบงานในวิจัยนี้

บรรณานุกรม

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **ดิจิทัลลอจิก**. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, 2555.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2542.

มนต์ชัย เทียนทอง. **การออกแบบและพัฒนาบอร์ดสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน**.

กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.

วัลลภ จันทร์ตระกูล. **สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : ส.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,
2543.

วิฑูร มะลิวัลย์. **ดิจิทัลเทคนิค**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2550.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. **หลักการสอน**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2537.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

แบบสอบถาม

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ

วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

คำชี้แจง ระดับความเหมาะสมการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ได้กำหนดดังนี้

- คะแนน 5 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
- คะแนน 4 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
- คะแนน 3 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
- คะแนน 2 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
- คะแนน 1 หมายถึง ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุดหรือควรปรับปรุง

กรุณาทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับคะแนนที่ท่านเห็นสมควรในแต่ละข้อ

ที่	ความเหมาะสมในด้านต่างๆ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ด้านการออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ					
	อุปกรณ์ที่ใช้ปฏิบัติการ					
	แผงต่อวงจรสำหรับชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะ					
	สายไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในแผงวงจร					
	ข้อความและสัญลักษณ์บนแผงต่อวงจร					
2	ด้านการใช้งาน					
	ความสะดวกในการต่ออุปกรณ์กับแผงต่อวงจร					
	ความสะดวกในการต่อสายไฟเชื่อมกับแผงต่อวงจร					
	ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจร					
	ความสะดวกในการวัดผลต่างๆ ด้วยมัลติมิเตอร์					
	ความสะดวกในการแสดงผลด้วยไฟสถานะ					

3	ใบงาน					
	เนื้อหาของใบงาน					
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน					
	ความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

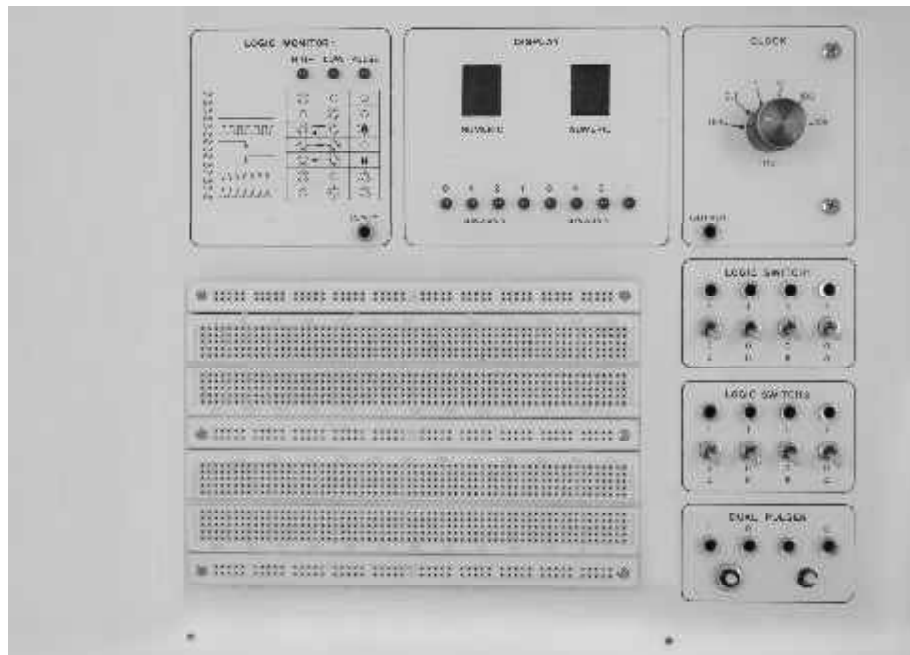
.....

.....

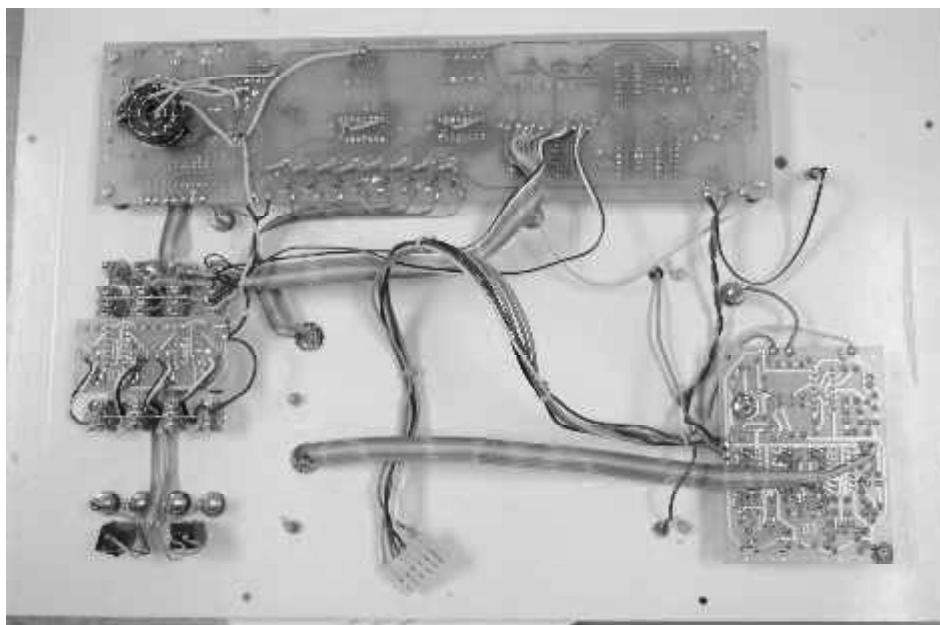
.....

ภาคผนวก ข

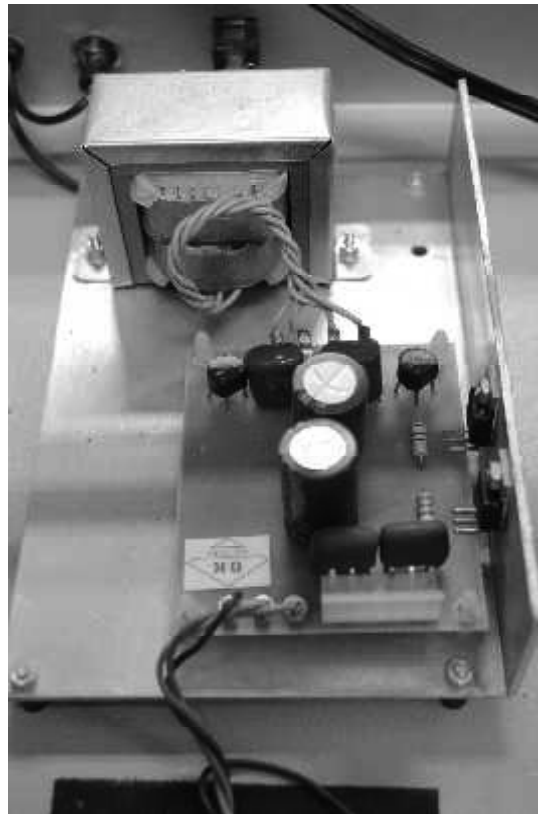
การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ



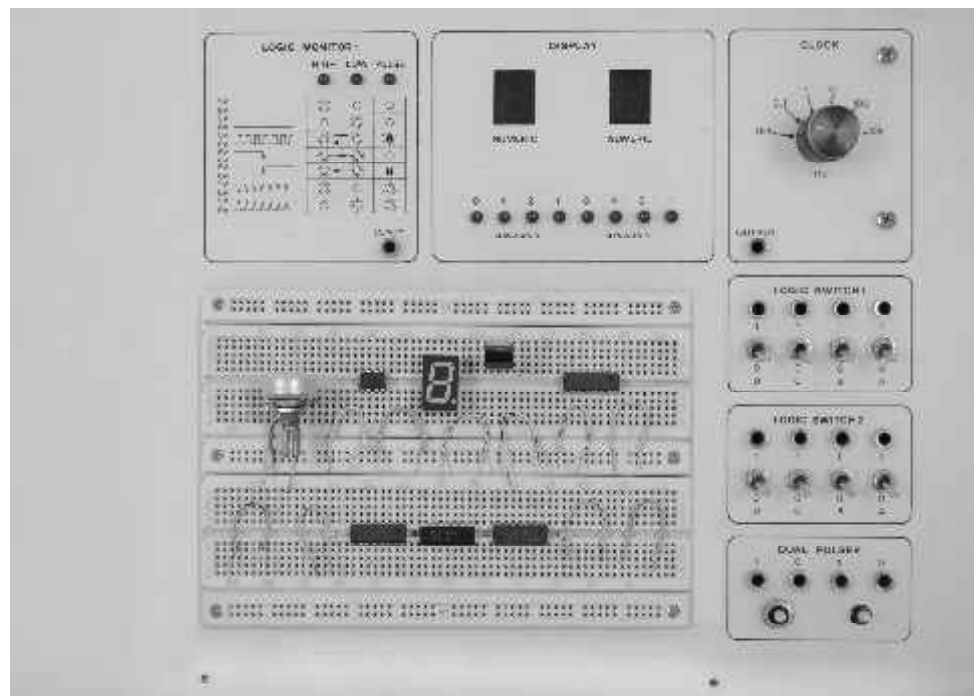
1. ออกแบบชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ



2. ประกอบอุปกรณ์และแผงวงจรต่าง ๆ



3. ประกอบแหล่งจ่ายไฟ



4. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ และอุปกรณ์การทดลอง



5. นำชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ มาทดลองตามใบงาน



6. เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและการสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ



7. เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและการสร้างชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ (ต่อ)

ภาคผนวก ค

ใบงาน

ใบงานที่ 1

เรื่อง วงจรเบื้องต้นโดยใช้สวิตช์

วัตถุประสงค์

1. สามารถเขียนวงจรลอจิกเกตพื้นฐานได้
2. สามารถต่อวงจรลอจิกเกตพื้นฐานโดยใช้สวิตช์ได้

เนื้อเรื่อง

เกตต่าง ๆ ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นที่เป็นพื้นฐานในการศึกษาวงจรดิจิทัลนั้น แบ่งได้ตามคุณสมบัติการทำงานได้ใหญ่ ๆ ดังนี้

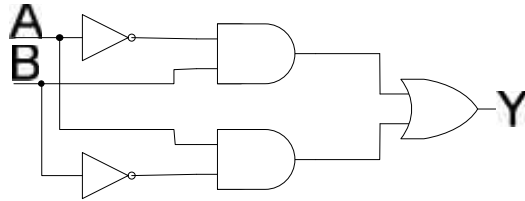
1. เกตแอนด์ (AND gate)
2. เกตออร์ (OR gate)
3. เกตแนนด์ (NAND gate)
4. เกตนอร์ (NOR gate)
5. เกตนอต (NOT gate)
6. เกตพิเศษอื่น ๆ เช่น เกตเอกซ์คลูซีฟออร์เกต เอกซ์คลูซีฟนอร์เกต ลอจิก 3 สถานะ และเกตสวิตช์ผ่านสัญญาณ 2 ทาง เป็นต้นเกตต่าง ๆ เหล่านี้มีคุณสมบัติ สัญลักษณ์และวงจรที่แตกต่างกัน บางเกตจะมีขาอินพุตมากกว่า 2 ขั้ว เช่นเกตในข้อ 1-4 และบางเกตอาจจะอินพุตเดียว เช่น เกตนอตหรือเกตอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและหน้าที่ในการนำไปใช้งานส่วนขาเอาต์พุตปกติจะมีเพียงขั้วเดียว ดังจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

อุปกรณ์การทดลอง

- | | | |
|---------------------------------------|---|---------|
| 1. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ | 1 | เครื่อง |
| 2. ตัวต้านทาน 150 , 180 โอห์ม อย่างละ | 1 | ตัว |
| 3. LED สีแดง , สีเหลืองอย่างละ | 1 | ตัว |
| 4. มัลติมิเตอร์ | 1 | เครื่อง |
| 5. สายประกอบวงจร | | |

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามภาพที่ 1



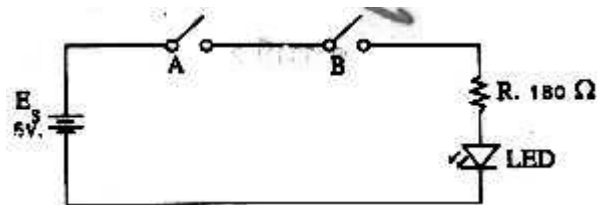
ภาพที่ 1 วงจรสวิตช์แบบขนานเทียบได้กับ OR GATE

2. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 1

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 1

3. ประกอบวงจรตามภาพที่ 2



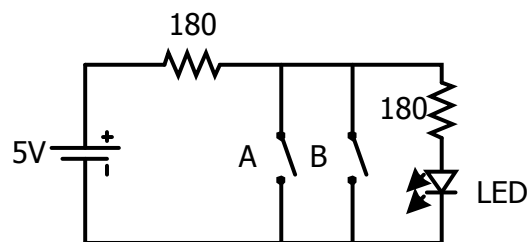
ภาพที่ 2 วงจรสวิตช์อันดับแบบ AND GATE

4. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 2

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 2

5. ประกอบวงจรตามภาพที่ 3



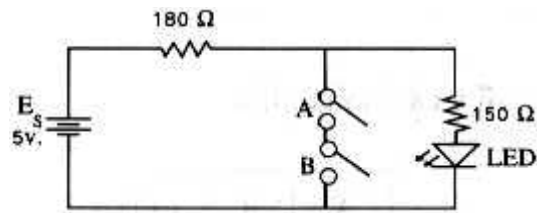
ภาพที่ 3 วงจรสวิตช์อันดับแบบ NOR GATE

6. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 3

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 3

7. ประกอบวงจรตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรสวิตช์อันดับแบบ NAND gate

8. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 4

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 4

คำถาม

1. จงอธิบายผลการทำงานของวงจรออร์เกตแบบใช้สวิตช์ ที่ได้จากการทดลอง

.....

.....

2. จงอธิบายผลการทำงานของวงจรแอนกตแบบใช้สวิตช์ ที่ได้จากการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

ใบงานที่ 2

เรื่อง ลอจิกเกตและพีชคณิตบูลีน
สมการลอจิกและวงจรลอจิก

วัตถุประสงค์

1. สามารถเขียนสัญลักษณ์และตารางความจริงของเกทพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถเขียน สร้างสมการ จาก Minterm และ Maxterm ได้

เนื้อเรื่อง

นิพจน์บูลีนแบบ Minterm และ Maxterm

Minterm หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลคูณของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n นั้นโดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้งในรูปปกติหรือรูปของ Complement ก็ได้เช่นฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C และมี Minterm คือ $\overline{A}\overline{B}\overline{C}$, $\overline{A}\overline{B}C$, $\overline{A}B\overline{C}$, $\overline{A}BC$, $A\overline{B}\overline{C}$, $A\overline{B}C$, $AB\overline{C}$, ABC เป็นต้น

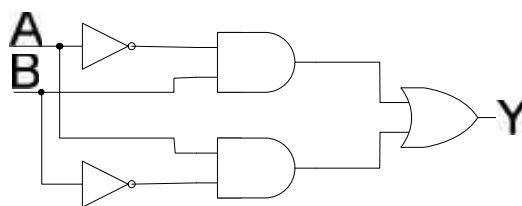
Maxterm หมายถึง เทอมใดเทอมหนึ่งของเทอมผลบวกของฟังก์ชันที่มีตัวแปร n ตัว ประกอบด้วยตัวแปรทั้ง n ตัวนั้น โดยที่ตัวแปรแต่ละตัวเกิดขึ้น 1 ครั้ง ในรูปปกติหรือรูปของ Complement ก็ได้เช่นฟังก์ชันที่มีตัวแปร 3 ตัว คือ A,B,C และมี Maxterm คือ $A+B+C$, $A+B+\overline{C}$, $A+\overline{B}+C$, $A+\overline{B}+\overline{C}$, $\overline{A}+B+C$, $\overline{A}+B+\overline{C}$, $\overline{A}+\overline{B}+C$, $\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$ เป็นต้น

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ | 1 เครื่อง |
| 2. ตัวต้านทาน 150 , 180 โอห์ม อย่างละ | 1 ตัว |
| 3. LED สีแดง , สีเหลืองอย่างละ | 1 ตัว |
| 4. มัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 5. สายประกอบวงจร | |

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามภาพที่ 1



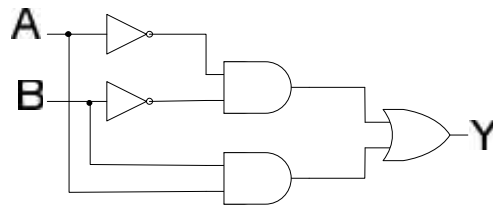
ภาพที่ 1 วงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต

2. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 1

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 1

3. ประกอบวงจรตามรูปที่ 2



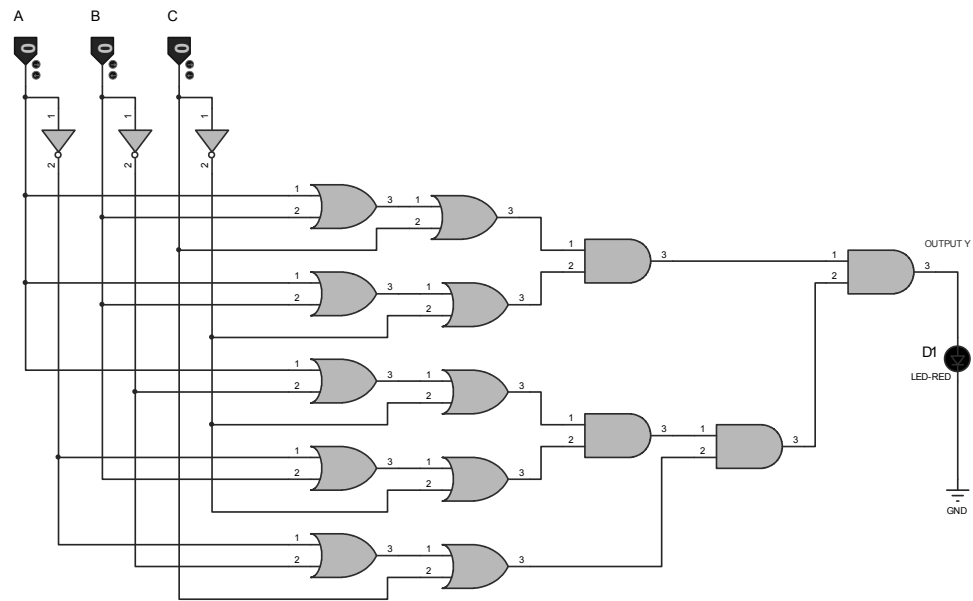
ภาพที่ 2 วงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต

4. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 2

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 2

5. ประกอบวงจรตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรดิจิทัลแบบ Maxterm

6. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 3

เลขฐาน 10	INPUT			OUTPUT
	A	B	C	Y
0	0	0	0	
1	0	0	1	
2	0	1	0	
3	0	1	1	
4	1	0	0	
5	1	0	1	
6	1	1	0	
7	1	1	1	

ตารางที่ 3

คำถาม

1. จงอธิบายผลการทำงานของวงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต ที่ได้จากการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายผลการทำงานของวงจรภายในของเอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต ที่ได้จากการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 3

เรื่อง สมการลอจิกและวงจรถลอจิก

จุดประสงค์การสอน

1. สามารถเขียนรูปแบบมาตรฐานของสมการลอจิกได้
2. สามารถเขียนสมการลอจิกจากวงจรถลอจิก (การวิเคราะห์ห้วงจรถลอจิก) ได้
3. สามารถเขียนตารางความจริง และไดอะแกรมได้
4. สามารถเขียนวงจรถลอจิกได้

เนื้อหา

มาตรฐานของสมการลอจิก

มาตรฐานของสมการลอจิก หรือ Switch function หรืออาจเรียกอีกอย่างว่า Boolean Expression มีมาตรฐานการเขียนอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เขียนอยู่ในรูปของผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) แบบที่ 2 เขียนอยู่ในรูปของผลคูณของผลบวก (Product of Sum)

ผลบวกของผลคูณ (Sum of Product) หมายถึงการ OR กันระหว่างตัวแปรที่ AND กัน เช่น

$$f(A, B, C) = \overline{A}BC + A\overline{B}C + ABC$$

$$f(A, B, C, D) = \overline{A}\overline{B} + ABC\overline{D} + \overline{A}BCD + ABCD$$

ผลคูณของผลบวก (Product of Sum) หมายถึงการ OR กันระหว่างตัวแปรที่ AND กัน เช่น

$$f(A, B, C) = (A + \overline{B} + C)(A + \overline{B} + \overline{C})(A + B + C)$$

$$f(A, B, C, D) = (A + \overline{B})(A + B + \overline{C})(\overline{A} + B + C + \overline{D})(A + B + C + D)$$

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองเพื่อเสริมทักษะฯ

2. ตัวต้านทาน 150 , 180 โอห์ม อย่างละ

1 ตัว

3. LED สีแดง , สีเหลืองอย่างละ

1 ตัว

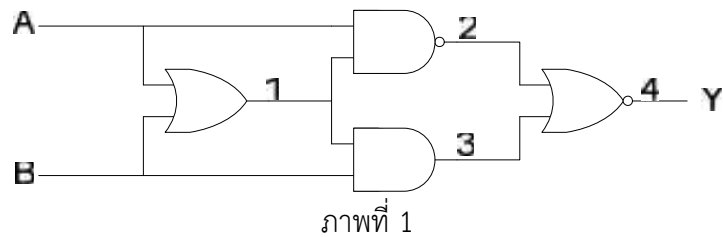
4. มัลติมิเตอร์

1 เครื่อง

5. สายประกอบวงจร

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามภาพที่ 1

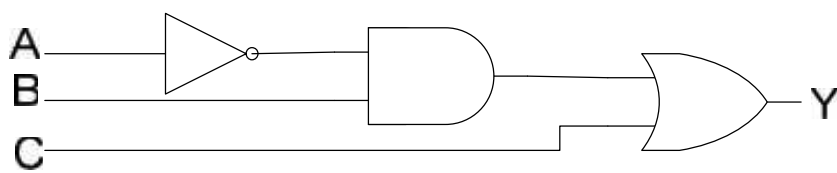


2. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 1

Input		Output
A	B	LED
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ตารางที่ 1

3. ประกอบวงจรตามภาพที่ 2



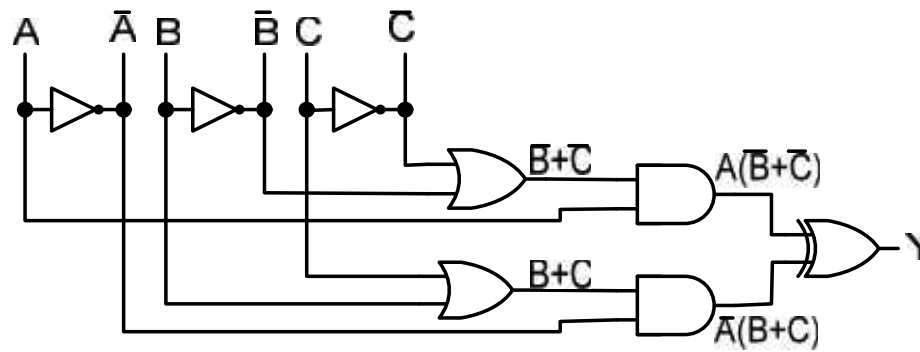
ภาพที่ 2

4. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 2

Input			Output
A	B	C	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

ตารางที่ 2

5. ประกอบวงจรตามรูปที่ 3



ภาพที่ 3

6. ทำการทดลองตาม Input และบันทึกผลลงตารางที่ 3

Input			Output
A	B	C	Y

2. จงอธิบายขั้นตอนการเขียนวงจรลอจิก ที่ได้จากการทดลอง

[illegible]

สรุปผลการทดลอง

[illegible]

ภาคผนวก ง
หลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์

มคอ. 3 รายวิชา ENCE504..ปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา
คณะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
เทคโนโลยีการเกษตร

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ENCE504 ปฏิบัติการการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

2. จำนวนหน่วยกิต

1 (0-3-2)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

3.1 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

3.2 ประเภทรายวิชา วิชาเฉพาะด้าน

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

2/2556

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 1 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด

27 กันยายน 2556

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้ นักศึกษารู้และเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ ในเรื่องของวงจรสวิตชิง คณิตศาสตร์แบบบูล ตารางความจริง การลดรูปสมการบูลีน โดยใช้แผนที่แบบคาร์นอและวิธีควีนแม็ค คลอสกี้ แผนผังแบบเวเน วงจรเกท วงจรฟลิปฟล็อป วงจรนับ วงจรซีพรีจิสเตอร์ การออกแบบวงจรคอมไบเนชันและวงจรซีควเอนเชียล

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

พัฒนารายวิชาเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพการศึกษาและพัฒนาผู้เรียนให้ครบทั้งด้านคุณธรรม จริยธรรม ความรู้ ทักษะทางปัญญา ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ทักษะทางด้านวงจรดิจิทัลและตรรกะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ปฏิบัติการที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กับรายวิชา ENCE503 การออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้/ภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งาน ภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วย ตนเอง
	สอนเสริมตามความ	45 ชั่วโมง	30 ชั่วโมง
-	ต้องการของนักศึกษา	(3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

- อาจารย์ประจำรายวิชา ประกาศเวลาให้คำปรึกษาแก่นักศึกษา
- อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- (1) ตระหนักในคุณค่าและคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต
- (2) มีวินัย ตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- (3) มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งและลำดับความสำคัญ
- (4) เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
- (5) เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่าง ๆ ขององค์กรและสังคม
- (6) สามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ต่อบุคคล องค์กร และสังคม
- (7) มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ

1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้

กำหนดให้มีวัฒนธรรมองค์กร เพื่อเป็นการปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย โดยเน้นการเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลาตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบของมหาวิทยาลัย นักศึกษาต้องมีความรับผิดชอบโดยในการทำงานกลุ่มนั้นต้องฝึกให้รู้หน้าที่ของการเป็นผู้นำกลุ่มและการเป็นสมาชิกกลุ่ม มีความซื่อสัตย์โดยต้องไม่กระทำการทุจริตในการสอบหรือลอกการบ้านของผู้อื่น เป็นต้น นอกจากนี้ อาจารย์ผู้สอนทุกคนต้องสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรมในการสอนทุกรายวิชา รวมทั้งมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม เช่น การยกย่องนักศึกษาที่ทำความดี ทำประโยชน์แก่ส่วนรวม เสียสละ เป็นต้น

1.3 วิธีการประเมินผล

- 1) ประเมินจากการตรงเวลาของนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน การส่งงานตามกำหนดระยะเวลาที่มอบหมาย และการร่วมกิจกรรม
- 2) ประเมินจากการมีวินัยและพร้อมเพรียงของนักศึกษาในการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร
- 3) ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

นักศึกษาต้องมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และความรู้เกี่ยวกับสาขาวิชาที่ศึกษานั้น ต้องเป็นสิ่งที่นักศึกษาต้องรู้เพื่อใช้ประกอบอาชีพและช่วยพัฒนาสังคม ดังนั้นมาตรฐานความรู้ต้องครอบคลุมสิ่งต่อไปนี้

- 1) มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาสาขาวิชาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- 2) สามารถวิเคราะห์ปัญหา เข้าใจและอธิบายความต้องการทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งประยุกต์ความรู้ ทักษะ การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหา
- 3) สามารถวิเคราะห์ ออกแบบ ติดตั้ง ปรับปรุงและ/หรือประเมินงานทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ให้ตรงตามข้อกำหนด
- 4) สามารถติดตามความก้าวหน้าและวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
- 5) รู้ เข้าใจ และสนใจพัฒนาความรู้ ความชำนาญทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ อย่างสม่ำเสมอ
- 6) มีความรู้ในแนวกว้างของสาขาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง และเข้าใจผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่ ๆ
- 7) มีประสบการณ์ในการพัฒนาและ/หรือการประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหาเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- 8) สามารถบูรณาการความรู้เทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ กับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 วิธีการสอน

ใช้การเรียนการสอนในหลากหลายรูปแบบ โดยเน้นหลักการทางทฤษฎี และประยุกต์ทางปฏิบัติในสภาพแวดล้อมจริง โดยทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ทั้งนี้ให้เป็นไปตามลักษณะของรายวิชาตลอดจนเนื้อหาสาระของรายวิชานั้น ๆ นอกจากนี้ควรจัดให้มีการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงโดยการศึกษาดูงานหรือเชิญผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตรงมาเป็นวิทยากรพิเศษเฉพาะเรื่อง ตลอดจนการฝึกปฏิบัติงานจริง

2.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปฏิบัติของนักศึกษาในด้านต่างๆ คือ

- (1) การทดสอบย่อย
- (2) การสอบกลางภาคเรียนและปลายภาคเรียน
- (3) ประเมินจากรายงานที่นักศึกษาจัดทำ
- (4) ประเมินจากการนำเสนอรายงานในชั้นเรียน
- (5) ประเมินจากรายวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพและสหกิจศึกษา

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

นักศึกษาต้องสามารถพัฒนาตนเองและประกอบวิชาชีพได้โดยพึ่งตนเองได้ เมื่อสำเร็จการศึกษาแล้ว ดังนั้นนักศึกษาจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะทางปัญญาไปพร้อมกับคุณธรรม จริยธรรม และความรู้เกี่ยวกับสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ในขณะที่สอนนักศึกษา อาจารย์ต้องเน้นให้นักศึกษาคิดหาเหตุผล เข้าใจที่มาและสาเหตุของปัญหา วิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งแนวคิดด้วยตนเอง ซึ่งนักศึกษาต้องมีคุณสมบัติต่างๆ จากการสอนเพื่อให้เกิดทักษะทางปัญญาดังนี้

- 1) คิดอย่างมีวิจารณญาณและอย่างเป็นระบบ
- 2) สามารถสืบค้น ตีความ และประเมินสารสนเทศ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์
- 3) สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
- 4) สามารถประยุกต์ความรู้และทักษะกับการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม

3.2 วิธีการสอน

- 1) ศึกษาโดยการประลองการทําโครงการและงานวิจัย
- 2) การอภิปรายกลุ่ม
- 3) ให้นักศึกษามีโอกาสปฏิบัติจริง

3.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินตามสภาพจริงจากผลงาน และการปฏิบัติของนักศึกษา เช่น ประเมินจากการนำเสนอรายงานในชั้นเรียน การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบหรือสัมภาษณ์ การประเมินการทําโครงการและงานวิจัย เป็นต้น

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

นักศึกษาที่ออกไปประกอบอาชีพทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สามารถปรับตัวให้เข้ากับกลุ่มคนต่าง ๆ ที่มาจากสถาบันอื่นๆ ผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน ผู้ใต้บังคับบัญชา หรือคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายและสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) สามารถให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแก่การแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในกลุ่มทั้งในบทบาทของผู้นำ หรือในบทบาทของผู้ร่วมทีมทำงาน
- 3) สามารถใช้ความรู้ในศาสตร์มาชี้นำสังคมในประเด็นที่เหมาะสม

- 4) มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและรับผิดชอบต่องานในกลุ่ม
 - 5) สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวม พร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่ม
 - 6) มีความรับผิดชอบการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
- คุณสมบัติต่างๆ นี้สามารถวัดร่วมกับคุณสมบัติในข้อ (1), (2), และ (3) ได้ในระหว่างการทำกิจกรรมร่วมกัน

4.2.วิธีการสอน

ใช้การสอนที่มีการกำหนดกิจกรรมให้มีการทำงานเป็นกลุ่ม การทำงานที่ต้องประสานงานกับผู้อื่น ข้ามหลักสูตร หรือต้องค้นคว้าหาข้อมูลจากการสัมภาษณ์บุคคลอื่น หรือผู้มีประสบการณ์ โดยมีความคาดหวังในผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างตัวบุคคลและความสามารถในการรับผิดชอบ ดังนี้

- 1) สามารถทำงานกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
- 2) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
- 3) สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์และวัฒนธรรมองค์กรที่ไปปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี
- 4) มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ร่วมงานในองค์กรและกับบุคคลทั่วไป
- 5) มีภาวะผู้นำ

4.3.วิธีการประเมินผล

ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาในการนำเสนอรายงานกลุ่มในชั้นเรียน และสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกในการร่วมกิจกรรมต่าง ๆ และความครบถ้วนชัดเจนตรงประเด็นของข้อมูลที่ได้

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1.ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

- (1) มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- (2) สามารถแนะนำประเด็นการแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ ต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์
- (3) สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อและการนำเสนออย่างเหมาะสม
- (4) สามารถใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม

การวัดมาตรฐานนี้อาจทำได้ในระหว่างการสอน โดยอาจให้นักศึกษาแก้ปัญหา วิเคราะห์ประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหา และให้นำเสนอแนวคิดของการแก้ปัญหา ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ต่อนักศึกษาในชั้นเรียน อาจมีการวิจารณ์ในเชิงวิชาการระหว่างอาจารย์และกลุ่มนักศึกษา

5.2.วิธีการสอน

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาต่าง ๆ ให้นักศึกษาได้วิเคราะห์สถานการณ์จำลอง และสถานการณ์เสมือนจริง และนำเสนอการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เรียนรู้เทคนิคการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศในหลากหลายสถานการณ์

5.3.วิธีการประเมินผล

- 1) ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยใช้ทฤษฎี การเลือกใช้เครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ประเมินจากความสามารถในการอธิบาย ถึงข้อจำกัด เหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือต่างๆ การอภิปราย กรณีศึกษาต่างๆ ที่มีการนำเสนอต่อชั้นเรียน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

ลำดับ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	-แนะนำรายวิชา ข้อตกลง คะแนน วิธีประเมินผลการเรียน -ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจร สวิตชิง	3	-บรรยาย สาคิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
2	-ระบบตัวเลข -การเปลี่ยนฐานของระบบตัวเลข -การบวกและลบเลขฐาน -Complement	3	-บรรยาย สาคิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
3	-รหัส BCD-8421 -รหัส Octal และ Hexadecimal -รหัสเกิน 3 -รหัสแบบ Gray	3	-บรรยาย สาคิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
4	-พีชคณิตบูลีน -การพิสูจน์ทฤษฎีของพีชคณิต บูลีน -การใช้ทฤษฎีของบูลีนลดรูป Switching Function	3	-บรรยาย สาคิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
5	-หลักการเบื้องต้นของวงจรลอจิก -ตารางความจริง	3	-บรรยาย สาคิต -เอกสารประกอบการสอน	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
	-การออกแบบวงจรลอจิก		-ปฏิบัติการ Lab	
6	-แผนผังคาร์โนห์ -การลดรูป Switching Function -การเขียน Canonical Form	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
7	-วงจร Half/Full Adder - วงจร Half/Full Subtractor -Don't Care Term	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
8	สอบกลางภาค	3	-สอบปฏิบัติการ	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
9	-การเข้ารหัส -การถอดรหัส -วงจร Multiplex -วงจร Demultiplex	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
10	-RS Flip Flop -Clock Pulse -D Flip Flop -T Flip Flop -JK Flip Flop	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
11	-วงจรรนับ -Shift Register	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
12	-การออกแบบวงจร Combination Logic	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
13	-ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวงจร Sequential	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
14	-การวิเคราะห์วงจร Synchronous Sequential	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
15	-การออกแบบวงจร Synchronous Sequential	3	-บรรยาย สาธิต -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ Lab	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ
16	สอบปลายภาค	3	-สอบปฏิบัติการ	ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ระบุวิธีการประเมินผลการเรียนรู้หัวข้อย่อยแต่ละหัวข้อตามที่ปรากฏในแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบของรายวิชา (Curriculum Mapping) ตามที่กำหนดในรายละเอียดของหลักสูตร สัปดาห์ที่ประเมินและสัดส่วนของการประเมิน

กิจกรรม ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ ประเมิน	สัดส่วนของการ ประเมินผล
1	1.1.1.6	ทดสอบย่อยครั้งที่ 1	4	10%
	17.2.1	สอบกลางภาค	8	20%
	2.4.2.6	ทดสอบย่อยครั้งที่ 2	12	10%
	3.2	สอบปลายภาค	16	20%
2	1.1.1.6	วิเคราะห์กรณีศึกษา คำนวณ การ นำเสนอ		20%
	17.2.1	รายงาน	4	
	2.4.2.6	การทำงานกลุ่มและผลงาน	8	
	3.2	การอ่านและสรุปบทความ	12	
	4.6.5.3.5.4	การส่งงานตามที่มอบหมาย	16	

3	1.1.1.7 3.1	การเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วม อภิปราย เสนอความ คิดเห็น		20%

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

1.1 หนังสือวิชาการออกแบบวงจรดิจิทัลและตรรกะ

1.2 ตำรา/เอกสารประกอบการบรรยายรายวิชาที่อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้เขียน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 หนังสืออ่านเพิ่มเติม

2.1.1 ดิจิตอลเทคนิค 1

2.1.2 ดิจิตอลเทคนิค 2

2.1.3 ดิจิตอลเบื้องต้น

2.2 บทความวิจัย/บทความวิชาการ (Research/Academic Articles) ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม

2.2.1 บทความเกี่ยวกับเรื่องระบบดิจิทัล

2.2.2 บทความเกี่ยวกับเรื่องการออกแบบวงจรดิจิทัลและการประยุกต์ใช้งาน

2.3 แหล่งอ้างอิงที่สำคัญอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม

2.3.1 “Digital Logic Circuits and Sytem” FRED HILSENATH

2.3.2 “Digital Electronics” RAY RYAN

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- | | |
|---|---|
| ☐ เอกสารวิชาการ | ☐ Internet |
| ☐ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ | ☐ การใช้ภาพผ่าน Visualizes |
| ☐ เว็บไซต์ | ☐ E-Learning |
| ☐ โปรแกรมคอมพิวเตอร์และแหล่งอ้างอิงที่สำคัญอื่นๆ | |

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- ☐ จากผู้สังเกตการณ์ ☐ ทีมผู้สอน ☐ ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา
☐ คณะกรรมการประเมินการสอน ☐ การสัมภาษณ์ตัวแทนนักศึกษา

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจาก ผลการประเมินการสอน โดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอน

ภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่

สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อคณะกรรมการบริหารหลักสูตร เพื่อพิจารณาให้ความคิดเห็นและสรุปวางแผนพัฒนาปรับปรุงสำหรับใช้ในปีการศึกษาถัดไป

ภาคผนวก จ
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ว่าที่ร้อยตรีวรชัย ศรีสมุดคำ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Acting Sub Lt. Worachai Srisamoodkham

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

3 5406 00450 32 5

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

โทร. 0 5671 7151 ต่อ 1491 โทรสาร. 0 5671 7151 มือถือ 08 1440 6109

E-mail : hs5xij@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปี 2546 ปวส. ช่างอิเล็กทรอนิกส์

วิทยาลัยเทคนิคอุดรดิตถ์

ปี 2549 ปริญญาตรี ค.อ.บ.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปี 2553 ปริญญาโท วศ.ม.วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

กลุ่มวิชาไฟฟ้า

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพใน
การทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สาย
สองย่านความถี่

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สาย
สองย่านความถี่ การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8 22-23
เมษายน 2553

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -