



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
จากขยะอิเล็กทรอนิกส์

โดย

นายสมคิด ฤทธิ์เนติกุล

ปี พ.ศ. 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
จากขยะอิเล็กทรอนิกส์

คณะผู้วิจัย

สังกัด

นายสมคิด ฤทธิ์เนติกุล คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สำหรับทุนสนับสนุนที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์อมรรัตน์ นิยมพลินภานนท์ ที่ให้เอื้อเฟื้ออุปการะในการทำการวิจัยและแนวทางในด้านการจัดทำ รายงานผลการวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา นักศึกษาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลอง อีกทั้งขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะ เทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือการวิจัยด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

นายสมคิด ฤทธิเนติกุล

หัวข้อวิจัย	พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อผู้วิจัย	นายสมคิด ฤทธิ์เนติกุล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์คือการนำวัสดุอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ตลอดจนครุภัณฑ์ที่ชำรุดและไม่มีประโยชน์แล้ว นำมาทดสอบอุปกรณ์ที่อยู่ภายใน เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ โดยการวิเคราะห์อุปกรณ์ที่อยู่ภายใน ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เพื่อพัฒนาชุดทดลอง สำหรับการเพิ่มทักษะให้กับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในตัวอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้น โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่สามารถนำมาใช้ได้ในการพัฒนาใบงาน ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด และการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ประสิทธิภาพโดยค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.07 อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก

Research Title	Basic electronic practical set development of the Electronic waste.
Name	Mr. Somkid Ritnathikul
University	Phetchabun Rajabhat University
Year	2012

ABSTRACT

Basic electronic practical set development of the Electronic waste is the electrical equipment which are damaged and useless. we testing device inside electrical appliances that can be used to develop basic electronic practical set for increase student s' skills and understanding of the Basic electronic equipment increases. Basic electronic devices are can be used in the development of the worksheet Including the resistors, capacitors and diodes. Analysis of survey data of Basic electronic practical set development of the Electronic waste average performance is 4.07. Levels are very reasonable.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
บทคัดย่อ	(ง)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ช)
สารบัญภาพ	(ณ)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	4
การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	38
ชุดทดลองและการสอนแบบทดลอง	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	53
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	53
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	53
การเก็บรวบรวมข้อมูล	54
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	54
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	56
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	58
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	58

สรุปผลการวิจัย	58
อภิปรายผล	58
ข้อเสนอแนะ	59

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	61
ก. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย	62
ข. การออกแบบและสร้างชุดฝึกปฏิบัติการ	64
ค. ใบงาน	71
ง. หลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์	95
จ. ประวัติผู้วิจัย	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง	8
2.2 ค่าความต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง	8
2.3 ตารางการกำหนดบิตข้อมูลแสดงผล 7 Segment	12
2.4 แสดงอักษรที่บอกค่าผิดพลาดและอัตราทวนแรงดันบนตัวเก็บประจุ	21
2.5 ตารางเทียบสีของตัวต้านทาน	25
4.1 ความคิดเห็นชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ด้าน	56

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส	4
2.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N	5
2.3 การไบแอสให้ไดโอด	5
2.4 กราฟลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส	5
2.5 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง	6
2.6 ภาพตัวอย่างไดโอด	6
2.7 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	7
2.8 ส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง	7
2.9 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง	8
2.10 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลับแรงดันต่ำ	9
2.11 ภาพตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง	10
2.12 ภาพแสดง 7 Segment	10
2.13 วงจรขับ 7 Segment	11
2.14 วงจรคอมมอนทั้ง 2 แบบของ 7 Segment	11
2.15 ตัวอย่าง 7 Segment	12
2.16 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	13
2.17 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	14
2.18 การจัดอินพุตและเอาต์พุต	15
2.19 การให้ไบแอสของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	15
2.20 การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	16
2.21 อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์	17
2.22 แสดงรูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ	18
2.23 แสดงการเกิดความจุจากการป้อนแรงเคลื่อน	18
2.24 แสดงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่	19
2.25 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้	20
2.26 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้	20
2.27 ตัวต้านทาน	21
2.28 รูปตัวต้านทานแบบค่าคงที่	22
2.29 สัญลักษณ์ตัวต้านทานแบบค่าคงที่	22
2.30 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้	22
2.31 ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้แบบเกือกม้า	23

2.31 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน	23
2.32 ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม	24
2.33 ตัวต้านทานชนิดลวดพันหรือเซรามิกหรือกระเบื้อง	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.34 คุณสมบัติของตัวไทรสเตอร์	26
2.35 แสดงผลจากวงจรแบบอนาไลต์และแบบคาไลต์	28
2.36 ตัวอย่างหม้อแปลงไฟฟ้า	29
2.37 ส่วนประกอบหม้อแปลง	30
2.38 ตัวอย่างหม้อแปลง	32
2.39 หน้าคอนแทคของรีเลย์	33
2.40 หน้าสัมผัสของรีเลย์	34
2.41 ส่วนประกอบหม้อแปลง	34
2.42 การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงของ LDR	35
2.43 แสดงความสัมพันธ์ของสองตัวแปร	36
2.44 รูปร่างของจริงของตัว LDR แบบต่างๆ	36
2.45 โครงสร้าง IC	37
2.46 รูปร่าง IC Opamp	38
2.47 รูปแสดงการต่อวงจรตัวต้านทาน	39
2.48 รูปแสดงการต่อไดโอดเปล่งแสง	39
2.49 รูปแสดงทรานซิสเตอร์	40
2.50 การทำงานวงจรเรกติไฟเออร์เบื้องต้น	41
2.51 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์	41
2.52 วงจรเรกติไฟเออร์	42

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาในการศึกษาด้านวิชาชีพอุตสาหกรรมนั้น จะมีลักษณะของการเรียนรู้ 2 อย่างด้วยกัน คือ การเรียนภาคทฤษฎี และการเรียนภาคปฏิบัติ ซึ่งจะมีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกัน จะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไม่ได้ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และประสบการณ์ตรง จากการฝึกปฏิบัติงาน สื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้โดยตรงของผู้เรียน สำหรับการเรียนการสอนในสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม ในภาคทฤษฎีนั้นผู้เรียนเองจะมีหนังสือเรียนหรือเอกสารประกอบการสอนของผู้สอน หนังสือหรือข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอน ส่วนในภาคปฏิบัตินั้นก็จะมีชุดปฏิบัติการที่จะเสริมสร้างให้เกิดทักษะในทางปฏิบัติให้ลุล่วงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ต่างๆ ที่ผู้สอนได้กำหนดเอาไว้ เพื่อความรู้ เข้าใจที่ลึกซึ้งมากขึ้น ตลอดจนผู้เรียนสามารถนำแนวทางในการเรียนรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติการณ์ไปประยุกต์ใช้งานได้

การเรียนการสอนในสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีรายวิชาที่ต้องมีส่วนของการปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดทักษะ ความรู้และความเข้าใจ เกี่ยวกับอุปกรณ์ วงจร และเครื่องมือทดลองต่างๆ หลายรายวิชาด้วยกันเช่น รายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัส 5581106, รายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รหัส 5581107, รายวิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 5583101, รายวิชาปฏิบัติการทางเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ รหัส 5582108, รายวิชาหลักการดิจิทัล รหัส 5581707 และยังมีกิจกรรมทดลองปฏิบัติการในรายวิชาอื่นอีกหลายวิชาที่นักศึกษาต้องค้นคว้าทดลองเพิ่มเติม ซึ่งแต่ละวิชาที่จะต้องมีส่วนของการฝึกปฏิบัติงานด้วยชุดทดลองฝึกปฏิบัติการทั้งสิ้น แต่จากสภาพการณ์ปัจจุบันที่จำนวนนักศึกษาของสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์นั้นยังมีจำนวนไม่มาก งบประมาณที่ได้จากการจัดสรรก็น้อยตามไปด้วย ไม่เพียงพอต่อการจัดหาชุดทดลองที่สามารถใช้งานได้ครอบคลุม อีกทั้งยังที่ราคาแพงเมื่อถูกจำหน่ายเป็นชุดการทดลอง ตลอดจนครุภัณฑ์ที่ได้ในแต่ละปียังไม่ได้ถูกจัดสรรมาเช่นกัน ประกอบกับปีนี้ประเทศไทยต้องประสบกับปัญหาทั้งการเมืองและปัญหาภัยธรรมชาติคือ อุทกภัย ทำให้เกิดความเสียหายไปเกือบทั้งประเทศ ทำให้งบประมาณที่เคยได้รับและกำลังจะได้รับในปีงบประมาณนี้ อาจจะต้องถูกเปลี่ยนไปเป็นการช่วยเหลือเยียวยาผู้ประสบภัย ซึ่งจะส่งผลให้งบประมาณที่ถูกจัดสรรมาเพื่อนำมาจัดหาวัสดุ เครื่องมือและครุภัณฑ์ต่าง ๆ ให้นักศึกษาได้ใช้นั้น ถูกกระทบหรือมีจำนวนน้อยลงไป ส่งผลให้เกิดปัญหาขาดแคลนวัสดุฝึกปฏิบัติการที่จำเป็นสำหรับนักศึกษา วัสดุสิ้นเปลืองที่มีการนำไปใช้ก็ร่อยหรอลงไป และหมดไปแล้วในบางประเภท ส่วนเครื่องมือที่เป็นชุดปฏิบัติการที่วางแผนเอาไว้ ก็ต้องรอไปถึงปีงบประมาณในปีต่อไป ซึ่งก็

ไม่ได้หมายความว่าในปีต่อๆ ไปนั้นจะไต่ระดับประมาณตามเป้าที่วางเอาไว้ ประกอบกับทางสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ได้รับครุภัณฑ์ล่าสุดที่ถูกแทงจำหน่ายเป็นของใช้การไม่ได้แล้วที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเปรียบเสมือนขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น จอคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ วิทยุ เทป ฯ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้ถึงแม้จะชำรุดและใช้การไม่ได้แล้ว แต่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นส่วนประกอบเช่น Resister (ตัวต้านทาน) Capacitor (ตัวเก็บประจุ) ขดลวด (Inductor) และอุปกรณ์จำพวก IC ต่าง ๆ ส่วนใหญ่ยังสามารถนำมาประกอบวงจรใหม่ให้ใช้งานเป็นชุดปฏิบัติการในการเรียนรู้ อุปกรณ์เบื้องต้นได้โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ส่วนนี้ลงไปได้ แต่แนวทางการแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวมานั้นยังขาดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนที่จะนำครุภัณฑ์ล่าสุดที่ถูกแทงจำหน่ายแล้ว ไปพัฒนาในแนวทางแบบใดได้บ้าง อันเนื่องมาจากสภาพของครุภัณฑ์ล่าสุดที่ถูกแทงจำหน่ายมานั้นไม่ได้มีรูปแบบเดียวกันหรือไม่ได้มีการชำรุดในแบบเดียวกัน และยังขาดเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สำคัญหลายอย่างสำหรับการสร้าง ทดสอบอุปกรณ์และวงจร เพราะการที่จะนำมาใช้ทำชุดปฏิบัติการนั้น อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ต้องมีความถูกต้องของการทำงานและเชื่อถือได้เสียก่อน จึงต้องมีการทดลอง ทดสอบ และหาแนวทางการพัฒนาออกมาว่าสามารถที่จะพัฒนาออกมาในรูปแบบใดได้บ้าง

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นแก่ผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ทักษะและประสบการณ์ในงานปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการนำขยะอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อประหยัดงบประมาณของสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ในอีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1 พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์และทดสอบประสิทธิภาพด้านการใช้งาน ความถูกต้องและความเหมาะสมในการนำไปใช้กับการทดลองในงาน
- 2 เพื่อหาศึกษาแนวทางการนำไปใช้งานของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทว่าสามารถนำชิ้นส่วนใดมาพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นอย่างไรบ้าง

3. ขอบเขตของการวิจัย

- 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้แก่ผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 1 หมู่เรียน
- 2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์
- 3 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพได้แก่แบบประเมินประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์

4. นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง วัสดุ ครุภัณฑ์ชำรุดที่ถูกทางจำหน่ายเป็นของใช้การไม่ได้แล้วที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเปรียบเสมือนขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น จอคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ วิทยุ เทป ฯ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้ถึงแม้จะชำรุดและใช้การไม่ได้แล้ว

5. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1 ได้ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์สำหรับประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
- 2 ลดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ทดลองที่เป็นวัสดุสิ้นเปลือง
- 3 ได้แนวทางในการพัฒนาชุดปฏิบัติการอื่น ๆ จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่สิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

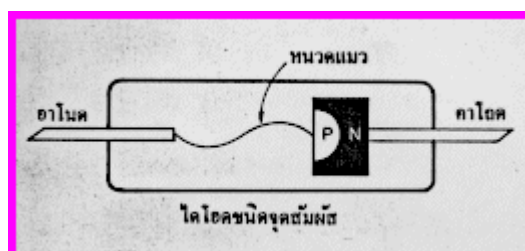
การศึกษาด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรมและสาขาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง จะหลีกเลี่ยงไม่ศึกษาด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ อันเนื่องจากการศึกษาด้านนี้จะต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือร่วมในการศึกษา สร้างนวัตกรรม อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semi Conductor Device) ที่อาศัยการทำงานของรอยต่อของสาร P และสาร N โดยการกระตุ้นจากกระแสไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์เหล่านั้นสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1. ไดโอด (Diode)

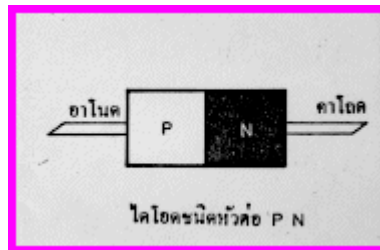
ไดโอดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบ่งได้ตามชนิดของเนื้อสารที่ใช้ E เช่น เป็นชนิดเยอรมันเนียม หรือเป็นชนิดซิลิกอน นอกจากนี้ไดโอดยังแบ่งตามลักษณะตามกรรมวิธีที่ผลิตคือ

1.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส (Point-contact diode) ไดโอดชนิดนี้เกิดจากการนำสารเยอรมันเนียมชนิด N มาแล้วอัดสายเล็ก E ซึ่งเป็นลวดพลาตินัม (Platinum) เส้นหนึ่งเข้าไปเรียกว่า หนวดแมว จากนั้นจึงให้กระแสค่าสูง E ไหลผ่านรอยต่อระหว่างสายและผลึก จะทำให้เกิดสารชนิด P ขึ้นรอบ E รอยสัมผัสในผลึกเยอรมันเนียมดังภาพที่ 2.1 (ยีน ภู่วรรณ . 2551)



ภาพที่ 2.1 ไดโอดชนิดจุดสัมผัส

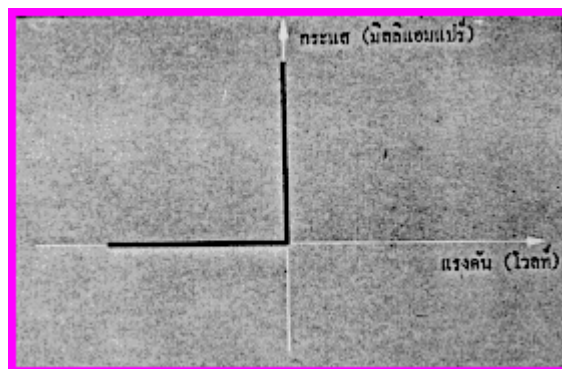
1.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N (P-N junction diode) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N มาแล้วแพร่อนุภาคอะตอมของสารบางชนิดเข้าไปในเนื้อสาร P ขึ้นบางส่วนแล้วจึงต่อขั้วออกใช้งาน ไดโอดชนิดนี้มีบทบาทในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ E และมีที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ไดโอดชนิดหัวต่อ P-N

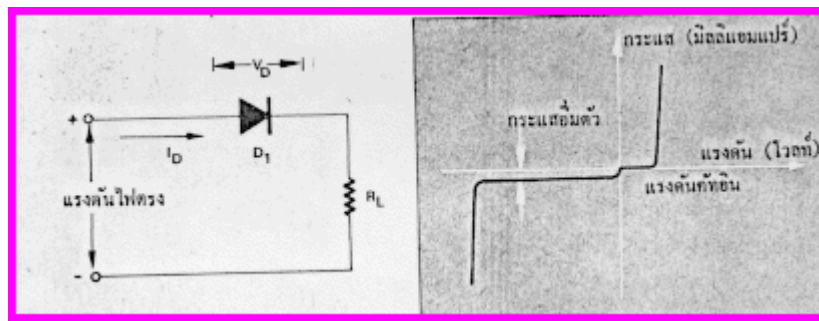
ลักษณะสมบัติระหว่างแรงดันและกระแสของไดโอด

เนื่องจากความต้านทานของตัวไดโอด ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงถือว่าสิ่งประดิษฐ์ ไดโอดมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ลักษณะ : สมบัติระหว่างแรงดันและกระแสจะเป็นตัวแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอด (ID) กับค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวไดโอด (VD) ทั้งในทิศทางไบแอสตรงและไบแอสกลับดังภาพที่ 2.3



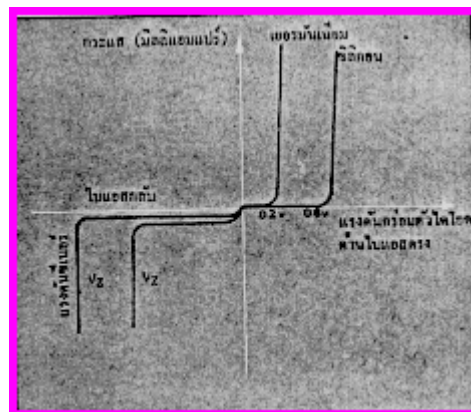
ภาพที่ 2.3 การไบแอสให้ไดโอด

ลักษณะ สมบัติทางด้านไบแอสตรงจะเริ่มมีกระแสไหลผ่านไดโอดเมื่อใส่แรงดันแก่ไดโอดด้วยค่า ๆ หนึ่งแรงดันนี้คือค่าแรงดันที่เราเรียกว่า แรงดันคัทอิน (Cutin voltage) ของไดโอด



ภาพที่ 2.4 กราฟลักษณะสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของวงจรไบแอส

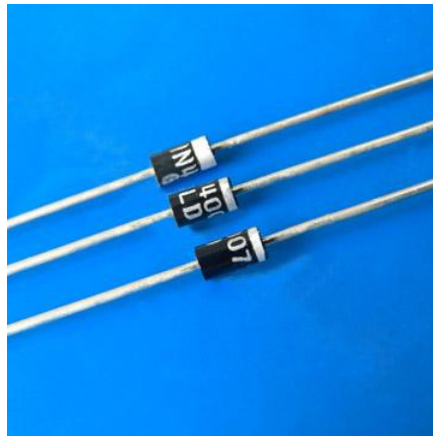
เนื่องจากไดโอดชนิดหัวต่อ P-N แบ่งเป็น 2 ชนิดคือชนิดซิลิกอนและชนิดเยอรมันเนียม ดังนั้นลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอดทั้งสองชนิด จะเห็นได้ชัดดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แรงดันคร่อมตัวไดโอดด้านไบแอสตรง

ค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับสำหรับซิลิกอนไดโอดกับของเยอรมันเนียมไดโอดยังมีค่าไม่เท่ากันด้วย ซิลิกอนไดโอดมีค่ากระแสอิ่มตัวน้อยกว่าของเยอรมันเนียมไดโอดประมาณ 1000 เท่า

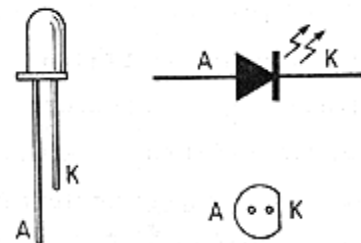
สำหรับค่าแรงดันคัทอินทั้งของซิลิกอนและเยอรมันเนียมจะมีค่าไม่เท่ากัน ค่าแรงดันคัทอินของซิลิกอนไดโอดมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วนของเยอรมันเนียมไดโอดมีค่าประมาณ 0.2 โวลต์



ภาพที่ 2.6 ภาพตัวอย่างไดโอด

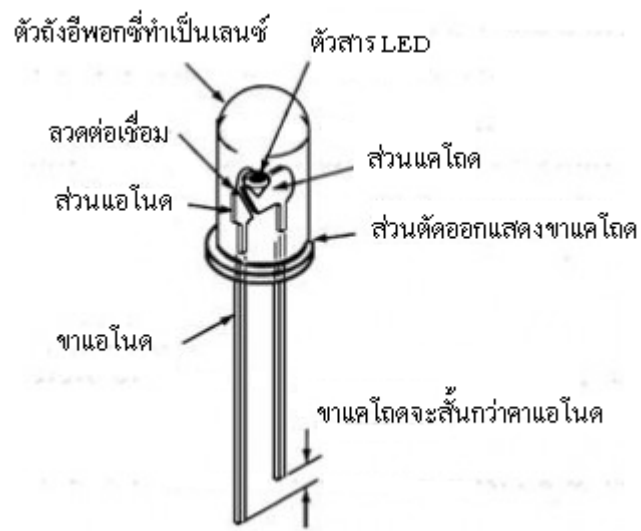
2. ไดโอดเปล่งแสง (LED)

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED นี้สามารถนำไปใช้งานในการแสดงผลโดยทั่วๆ ไป ถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถทำงานโดยใช้แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้กระแสอยู่ช่วงระหว่าง 5 - 20 มิลลิแอมป์



ภาพที่ 2.7 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง

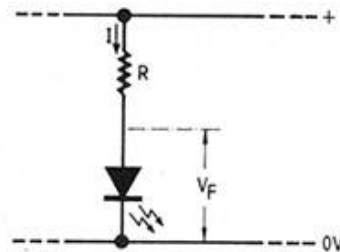
ไดโอดเปล่งแสงนี้มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันตามการใช้งาน ไดโอดเปล่งแสงแบบห้วมน โดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยพลาสติกโปร่งแสงดูตัวอย่างในรูปที่ 10 และถ้าเป็นแบบสี่เหลี่ยมจะมีขนาด 5*2 มิลลิเมตร มุมในการมองเห็นของไดโอดเปล่งแสงแบบห้วมนนี้จะอยู่ในช่วง 20 - 40 องศา แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมในการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นเป็นถึง 100 องศา คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วๆ ไป แสดงไว้ดังตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบของไดโอดเปล่งแสง

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง

Parameter	Type of LED			
	standard	standard	high efficiency	high intensity
Diameter (mm)	3	5	5	5
Max. forward current (mA)	40	30	30	30
Typical forward current (mA)	12	10	7	10
Typical forward voltage drop (V)	2.1	2.0	1.8	2.2
Max. reverse voltage (V)	5	3	5	5
Max. power dissipation (mW)	150	100	27	135
Peak wavelength (nm)	690	635	635	635



ภาพที่ 2.9 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดังภาพที่ 2.9 สามารถคำนวณได้ดังสูตร $R = \frac{V_F}{I_F}$ คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงขณะนำกระแส เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะกำหนดค่า V_F เท่ากับ 2 โวลต์ จะได้ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่างๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง

Supply voltage (V)	Series resistance (Ω)		
	low power LED (5mA nom)	standard LED (10mA nom)	high power LED (20mA nom)
3	220	180	56
5	680	270	150
6	820	390	220
9	1.5k	680	390
12	2.2k	1k	560
15	2.7k	1.2k	680
18	3.3k	1.5k	820
24	4.7k	2.2k	1.2k

ไดโอดเปล่งแสง

จากสูตรข้างต้น $R =$ ค่าความต้านทานที่มีขายใกล้เคียงคือ 1.2 กิโลโอห์ม และค่ากำลังสูญเสียของตัวต้านทาน ก็สามารถประมาณได้จาก

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

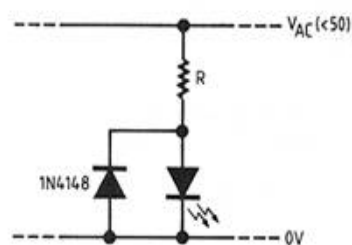
ดังนั้นควรเลือกตัวต้านทานให้มีอัตรากำลังสูญเสียตั้งแต่ 0.5 วัตต์ขึ้นไป

ข้อควรระวังไดโอดเปล่งแสง

ข้อควรระวังอย่างหนึ่งในการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็คือ แรงดันย้อนกลับจะต้องมีค่า ไม่เกิน 5 โวลต์

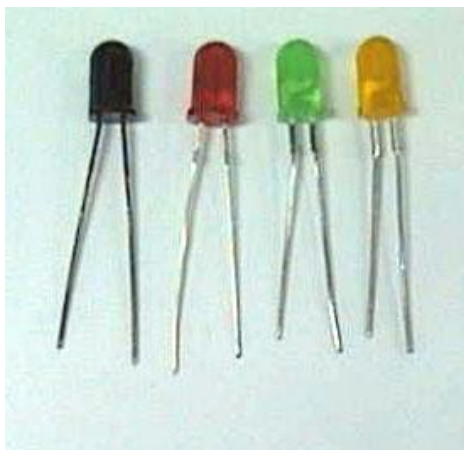
สำหรับการใช้งานบางอย่างที่ใช้กับแบตเตอรี่นั้น จะต้องดูจำนวนของไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้ด้วย ถ้าต้องการให้ใช้ได้นานๆ ปกติจะกำหนดให้ไดโอดเปล่งแสงดวงหนึ่งกินกระแสเพียง 5 มิลลิแอมป์

สำหรับไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองและสีเขียวโดยปกติจะให้ความสว่างน้อยกว่าไดโอด เปล่งแสงสีแดงที่ระดับกระแสเท่ากัน ถ้าต้องการให้ระดับความสว่างออกมาเท่ากัน ในกรณีที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีแตกต่างกัน จะต้องเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจำกัด กระแสที่อนุกรม โดยคำนวณหาได้ตามสูตรปกติ จากนั้นลดค่าที่คำนวณได้ลงไปอีก 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ควรระวังปริมาณกระแสไฟฟ้าต้องไม่เกินค่าหนดสูงสุดที่กำหนดไว้ด้วย



ภาพที่ 2.10 การนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้กับไฟสลัแสงแรงดันต่ำ

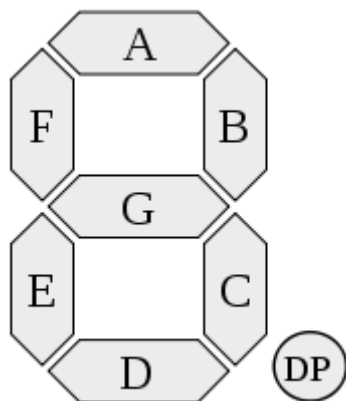
ไดโอดเปล่งแสงก็สามารถนำไปนำใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำขนาดน้อย กว่า 50 โวลต์ได้ โดยการใช้ไดโอดต่อขนานกับไดโอดเปล่งแสงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.11 ภาพตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง

3. ส่วนแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

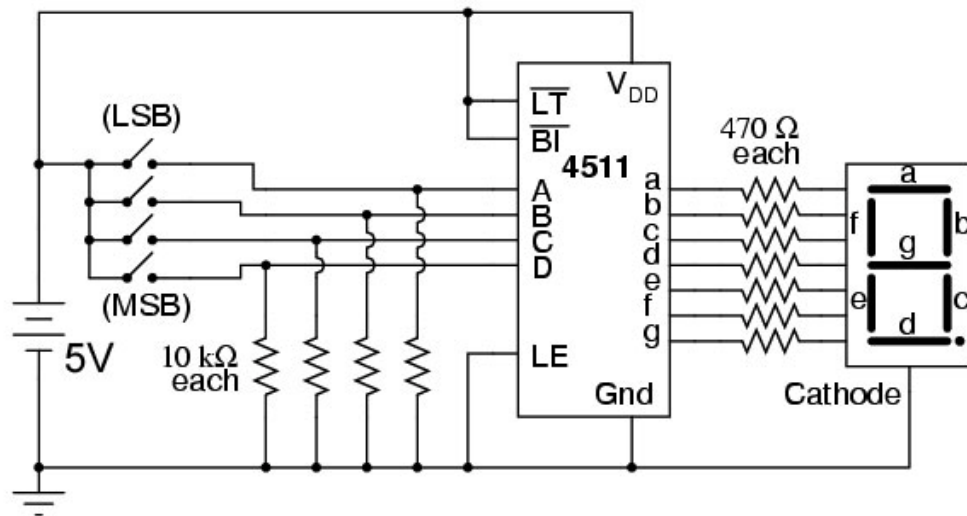
การแสดงผลในงานอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมมากอย่างหนึ่งคือการแสดงผลเป็นตัวเลข โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการแสดงเป็นตัวเลขนั้นก็คือ 7-Segment หรือที่ภาษาไทยเรียกว่า ตัวเลขเจ็ดส่วนซึ่งที่มาก็มีส่วนของการแสดงผลที่ให้เป็นตัวเลขใดก็ได้โดยใช้เพียงส่วนในการติดสว่างเพียงเจ็ดส่วนเท่านั้น แต่ในความเป็น 7-Segment มีขาที่ควบคุมในการติดสว่างทั้งหมด 8 ขา โดยขาสุดท้ายเป็นขาที่ใช้ควบคุมการติดสว่างของจุด ดังภาพที่ 2.12



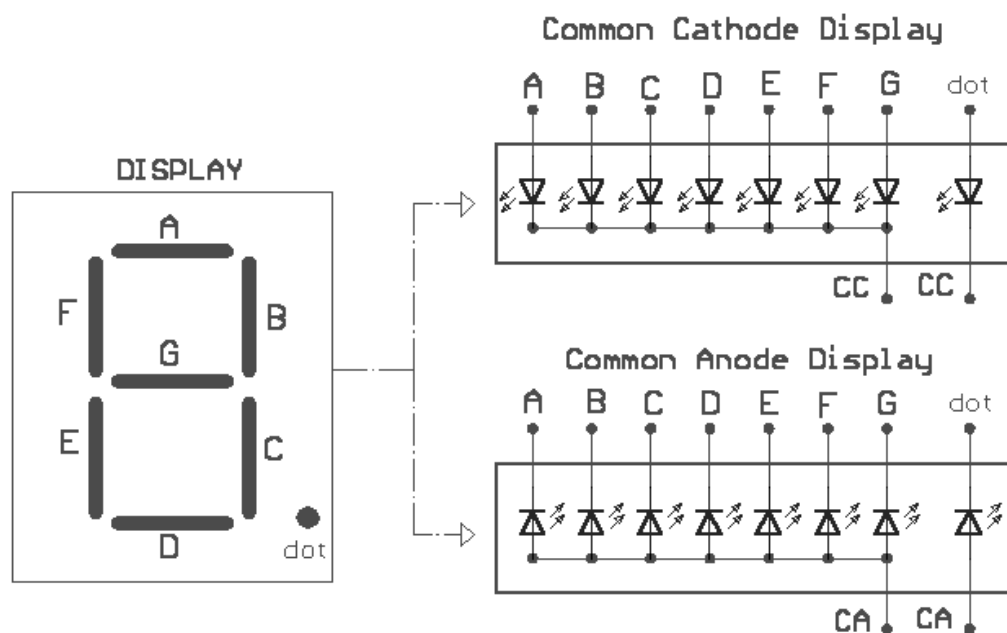
ภาพที่ 2.12 ภาพแสดง 7 Segment

วงจรที่ใช้ในการทดลองเป็นวงจรที่ต้องอาศัยไอซีช่วยขับหลอด ซึ่งไม่สามารถต่อหลอดตัวเลขเจ็ดส่วนโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถจ่ายกระแสได้เพียงพอให้หลอดสว่างได้ โดยการเชื่อมต่อวงจรขับหลอดตัวเลขเจ็ดส่วนเป็นดังภาพที่ 2.13

7-segment display and driver test circuit



ภาพที่ 2.13 วงจรขับ 7 Segment

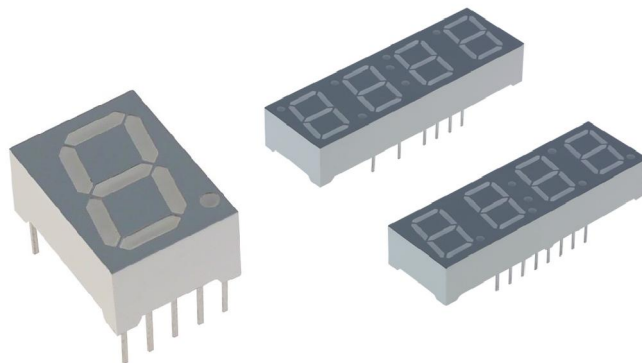


ภาพที่ 2.14 วงจรคอมมอนทั้ง 2 แบบของ 7 Segment

จากวงจรเป็นการต่อเพื่อให้ใช้งานตัวเลขเพียงหลักเดียว โดยค่าข้อมูลที่ส่งให้แสดงเป็นตัวเลขได้นั้นสามารถหาค่าได้โดยการนำค่าการติดติดดับของแต่ละส่วนของตัวเลขมากำหนดบิตข้อมูล ซึ่งจากวงจรจะได้ค่าดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางการกำหนดบิตข้อมูลแสดงผล 7 Segment

Digit Shown	Illuminated Segment (1 = illumination)						
	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่าง 7 Segment

4. ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ชนิดไบโพลาร์ ซึ่งความหมายของไบโพลาร์คือ อุปกรณ์หลายขั้วต่อ ทรานซิสเตอร์ได้จากการนำเอาสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นมาต่อเรียงกัน

ชนิดของทรานซิสเตอร์

การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งออกได้หลายวิธีแล้วแต่ผู้ผลิตว่าการแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์จะยึดถือรูปแบบไหน ถ้าแบ่งในรูปของการใช้งานก็จะแบ่งออกเป็น ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิทซ์ ทรานซิสเตอร์กำลัง, ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง ฯลฯ การแบ่งอีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากในยุค แรกๆ คือ การแบ่งโดยใช้สารที่นำมาสร้างเป็นเกนท์ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

4.1 เยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์ (Germanium transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ยุคแรกๆ และเป็นชนิดที่มีกระแสรั่วไหลมากจึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้

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

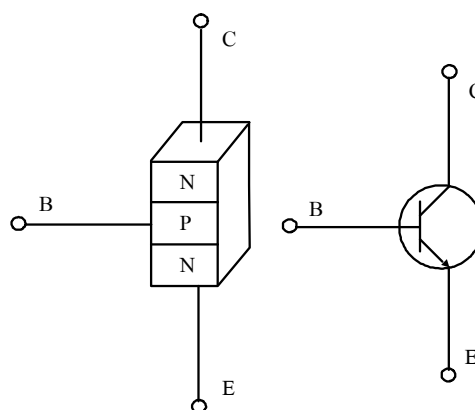
โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

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

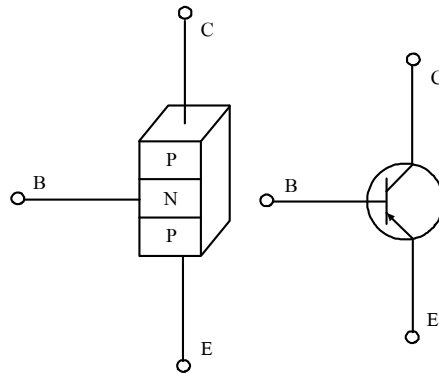
เป็นทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิด N ชนิด P และชนิด N มาต่อเรียงกันตามลำดับ แล้วต่อสายออกมา 3 สาย เพื่อเป็นขาต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งอยู่ตรงกลางจะเป็นจุดรวม สารกึ่งตัวนำชนิด N จะทำหน้าที่จ่ายอิเล็กตรอนซึ่งจะไหลเป็นกระแสในวงจรส่วนนี้เราเรียกว่า อิมีเตอร์ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งเราเรียกว่าเบสส่วนเบสนี้จะเป็นตัวคอยควบคุม อิเล็กตรอนให้ไหลไปยังสารกึ่งตัวนำชนิด N ถัดไปได้มากหรือน้อยอิเล็กตรอนส่วนที่ผ่านเบสมากก็จะเคลื่อนที่มายังสารกึ่งตัวนำชนิด N ซึ่งเราเรียกว่า คอลเลคเตอร์และกลายเป็นกระแสไหลในวงจรภายนอกต่อไป



ภาพที่ 2.16 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

คือทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็น และชนิดพี มาเรียงกันตามลำดับแล้ว ต่อสายจากแต่ละชั้นส่วนออกมาเป็น 3 สายเพื่อต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำเอ็นจะเป็นจุดร่วม



ภาพที่ 2.17 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

ขาของทรานซิสเตอร์

1. ขาคอลเลคเตอร์ (Collector) เรียกย่อๆ ว่าขา C เป็นขาที่มีโครงสร้างในการได้ปसारใหญ่ที่สุด
2. ขาอีมิเตอร์ (Emitter) เรียกย่อๆ ว่าขา E เป็นขาที่มีโครงสร้างใหญ่รองลงมาและจะอยู่คนละด้านกับขาคอลเลคเตอร์
3. ขาเบส (Base) เรียกย่อๆ ว่าขา B เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่าง C และ E มีพื้นที่ของโครงสร้างแคบที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 ส่วน เมื่อจำแนกลักษณะการต่อตัวทรานซิสเตอร์จึงคล้ายกับการนำเอาไดโอด 2 ตัวมาต่อกัน

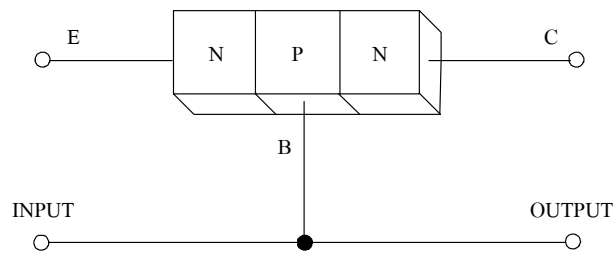
การทำงานของทรานซิสเตอร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของกระแสภายในวงจรสารกึ่งตัวนำ การที่เราจะทำให้เกิดการไหลของกระแสหรือให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้นจำเป็นจะต้องให้ไบแอสและกระแสที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุตเราต้องสามารถควบคุมค่าของกระแสได้ด้วยจึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้ตามความต้องการ การอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ ผู้เรียนจำเป็นจะต้องเข้าใจการไหลในรูปของโฮลและอิเล็กตรอนรวมถึงการไบแอสด้วยซึ่งการไบแอส เป็นวิธีการที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์พร้อมที่จะทำงานนั่นเอง ในกรณีของทรานซิสเตอร์มี 3 ขา การป้องกันแรงเคลื่อนที่เหมาะสมหรือไบแอสที่ถูกต้องจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แล้ว จะสามารถจัดรูปแบบการขยายสัญญาณโดยต้องมีอินพุตและเอาต์พุตเมื่อให้ขาหนึ่งเป็นอินพุตขาหนึ่งเป็นเอาต์พุตขาที่เหลือก็จะต้องเป็นจุดร่วม (Common) อินพุตกับเอาต์พุต จากหลักการดังกล่าวเรากำหนดให้ระหว่าง B กับ E เป็นอินพุต (Input)

และระหว่าง B กับ C เป็นเอาต์พุต (Out put) ดังนั้นจะสามารถจัดรูปแบบการขยายได้ 3 แบบหรือ 3 คอมมอน

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



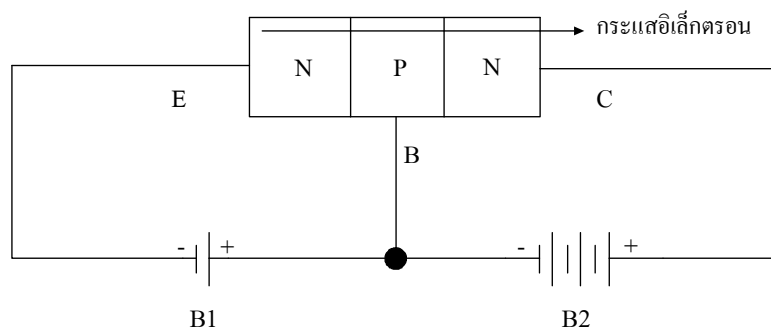
ภาพที่ 2.18 การจัดอินพุตและเอาต์พุต

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทั้งชนิด NPN และ PNP เมื่อนำไปใช้งานไม่ว่าจะใช้ในวงจรขยายสัญญาณหรือทำงานเป็นสวิตช์จะต้องทำการจัดแรงไฟให้เหมาะสมหรือเรียกว่าการให้ไบแอส (Bias) ให้ทรานซิสเตอร์ก่อน ทรานซิสเตอร์จึงจะทำงานได้โดยใช้หลักการไบแอสดังนี้

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

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



ภาพที่ 2.19 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

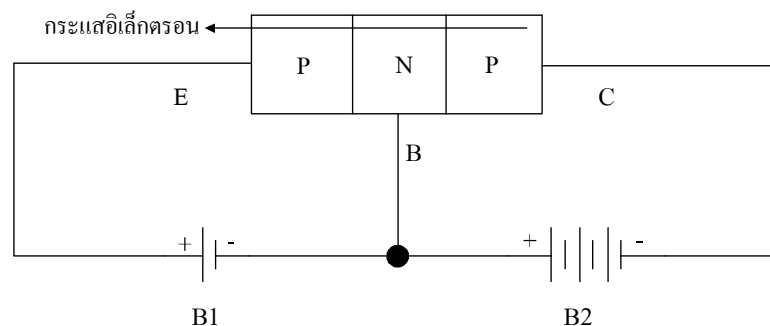
ฉะนั้นกระแสอิเล็กตรอนจะไหลในวงจร B-E ครอบวงจรและอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะเข้าประจุในสาร P ทันทีทันใด จึงเกิดแรงดันผลักดันให้อิเล็กตรอนเลื่อนตัวไปขา C กระแสอิเล็กตรอนจะผ่าน B_1 - B_2 ครอบวงจรทางขา E

จากภที่ 2.19 สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ก็เช่นกัน การให้ไบแอสทางด้านอินพุตเป็นแบบฟอร์เวิร์ดไบแอสให้ไบแอสทางเอาต์พุตเป็นแบบรีเวิร์สไบแอส ในลักษณะเช่นนี้ถ้าใช้กระแสนิยมเป็นก็จะได้ทิศทางการไหลของกระแสทางอินพุต จากขาเบสไปยังอิมิตเตอร์ อย่างไรก็ตามเราได้ทราบแล้วว่าที่ขาเบสนั้นถูกได้ปัว้แคบมาก จึงทำให้ประจุส่วนใหญ่ไม่สามารถที่จะไหลได้จะต้องให้รีเวิร์สไบแอส ระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์เป็นบวกมากๆ เพื่อผลักประจุเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปยังอิมิตเตอร์ เช่นเดียวกันถ้าดูจากทิศทางการไหลของกระแสแล้วสามารถสรุปได้ว่า

$$I_E = I_B + I_C$$

การไล่ทิศทางการไหลของกระแสอีกแบบหนึ่งซึ่งนิยมไล่จากขั้วลบไปหาขั้วบวกซึ่งเราเรียกว่า การไล่แบบกระแสอิเล็กตรอนนั้น ทิศทางของกระแสจะทวนหัวลูกศรของสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ แต่ผลที่ออกมาจะเหมือนกันทุกประการทั้งนี้เพราะการไหลของกระแส ไบโพลาร์ก็คือ การแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างโฮลกับอิเล็กตรอนนั่นเอง

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



ภาพที่ 2.20 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 คล้ายกับหลอดหรือโซลิตทางขา E วิ่งผ่าน B ไปยังขา C รับเอาอิเล็กตรอนหรือโฟลจาก B_1 จึงทำให้เกิดกระแสอิเล็กตรอนไหลครบวงจร

จากภาพที่ 2.20 เมื่อให้เบสกับอิมิตเตอร์ได้รับไบแอสแบบฟอร์เวิร์ด ทำให้มีกระแสไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังเบส (ตามทิศทางหัวลูกศร) ซึ่งเราเรียกว่า กระแสเบส ย่อด้วย I_B กระแสที่ไหลมีค่าประมาณ 2-5 % ของค่ากระแสทั้งหมด เนื่องจากที่ขาเบสนั้นสารที่โด๊ปมีพื้นที่น้อยมากจึงทำให้ประจุจำนวนมากของโฮลมารออยู่ที่ขาเบส ถ้าให้ไบแอสระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์แบบรีเวิร์สมากๆ จะทำให้มีกระแสไหลจากคอลเลคเตอร์ไปยังอิมิตเตอร์ได้ เรียกว่า กระแสคอลเลคเตอร์ ย่อด้วย I_C กระแสที่ไหลจะมีค่าประมาณ 95-98 % ของกระแสทั้งหมดซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

$$I_E = I_C + I_B$$

I_E คือ กระแสอิมิตเตอร์มีค่าเท่ากับ 100 %

I_C คือ กระแสคอลเลคเตอร์ มีค่าเท่ากับ 95-98 %

I_B คือ กระแสเบส มีค่าเท่ากับ 2-5 %

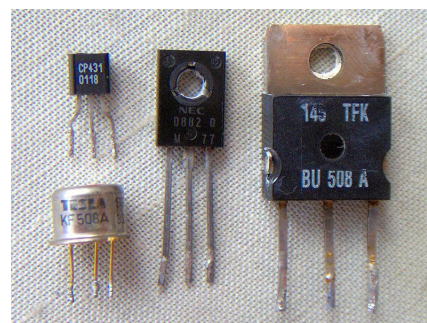
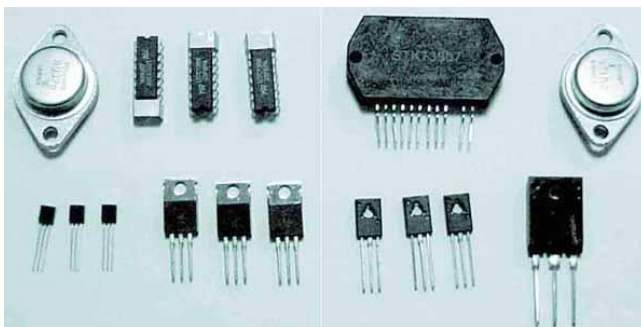
V_{BE} คือ แรงไฟไบแอสหรือศักย์ตกคร่อมระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ในขณะที่

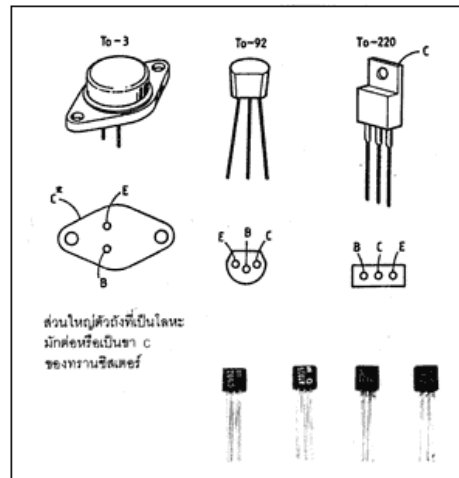
ทรานซิสเตอร์ทำงานปกติ

Bias ของเยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์มีค่า 0.2-0.3 โวลท์

Bias ของซิลิคอนทรานซิสเตอร์ มีค่า 0.6-0.7 โวลท์

(สุริย์ โปทาสาย. 2551)



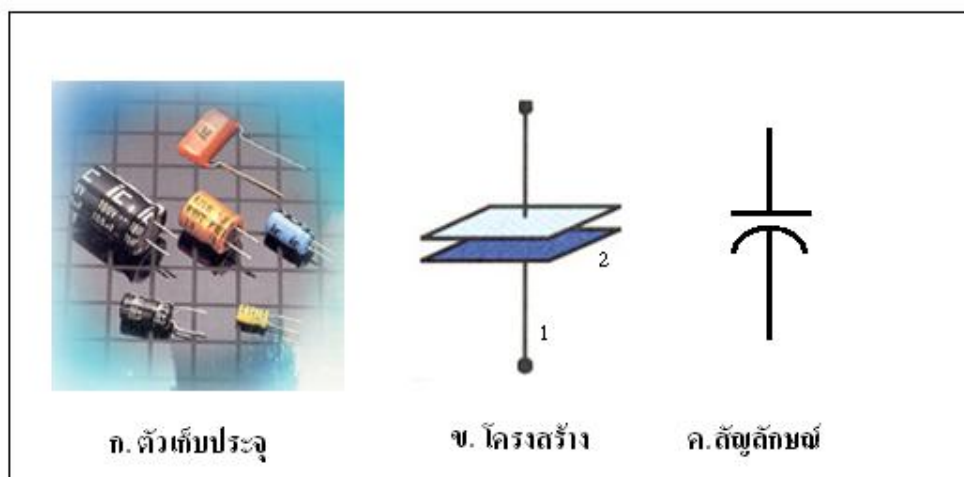


ภาพที่ 2.21 อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์

5. ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

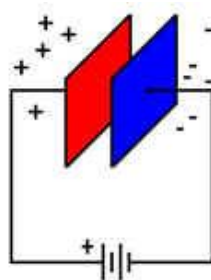
หลักการเบื้องต้น ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรกรองกระแส (Filter) วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass) วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter) วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling) ฯลฯ เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 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 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแสดงดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 แสดงรูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ 2.22 (ข) แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวเก็บประจุโดยที่ 1 หมายถึงจุดที่ต่อใช้งานกับวงจร 2 หมายถึงสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท 3 หมายถึงฉนวน ในที่นี้คืออากาศ ความจุทางไฟฟ้าเกิดจากการป้อนแรงเคลื่อนให้กับขั้วทั้งสองของจุดที่ต่อใช้งานของสารตัวนำ ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท จะทำให้เกิดค่าความจุทางไฟฟ้าขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าการเก็บประจุ (Charge) เมื่อต้องการนำไปใช้งานเรียกว่าการคายประจุ (Discharge) ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นเพลทมีหน่วยเป็นคูลอมป์ (Coulomb) ส่วนค่าความจุทางไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) รายละเอียดดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2.23 (อภิชาติ อนุกุลเวช.2551)



ภาพที่ 2.23 แสดงการเกิดความจุจากการป้อนแรงเคลื่อน

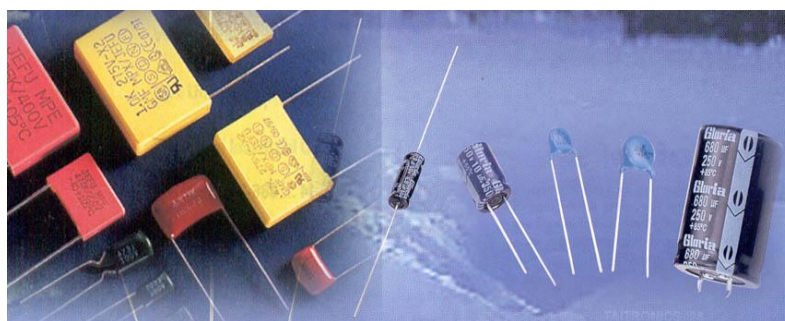
ตัวเก็บประจุ ที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมาย เราสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุตามลักษณะทางโครงสร้างหรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริกเป็นวิธี การที่ค่อนข้างละเอียดเพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุตัวนั้น ๆ ว่าจะนำไปใช้งานในลักษณะใด ทนแรงดันเท่าใด แต่ถ้าหากแบ่งตามระบบเก่าที่เคยแบ่งกันมาจะสามารถแบ่งตัวเก็บประจุได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor)

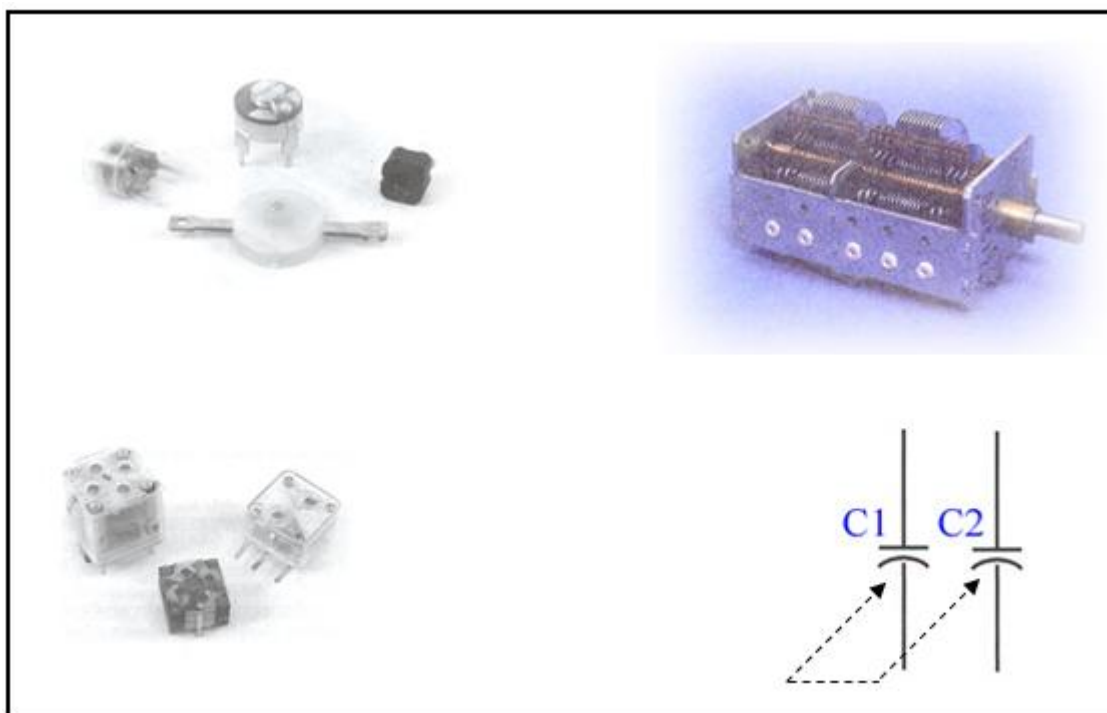
ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

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



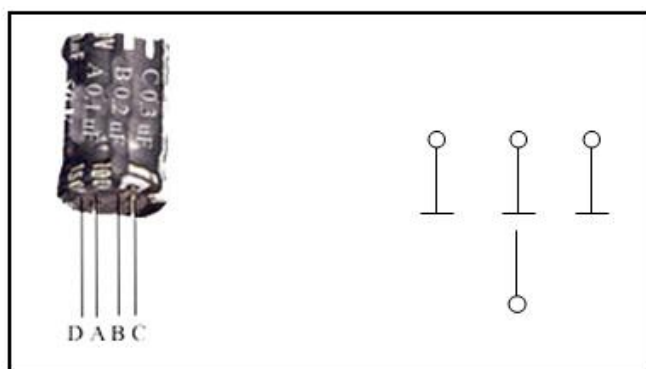
ภาพที่ 2.24 แสดงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

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



ภาพที่ 2.25 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้(Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าดังแสดงในภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

หน่วยความจุ หน่วยความจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุหมายถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด(Farad) เขียนแทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเอฟ(F) ตัวเก็บประจุที่มีความสามารถในการเก็บประจุได้ 1 ฟารัด

หมายถึงเมื่อป้อนแรงเคลื่อนจำนวน 1 โวลต์ จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ ในเวลา 1 นาที ให้กับแผ่นเพลททั้งสอง สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ 1 คูลอมป์

1 ฟาร์ด(F)	เท่ากับ	1,000,000 ไมโครฟาร์ด(mF)
1 ไมโครฟาร์ด (mF)	เท่ากับ	1,000 นาโนฟาร์ด(nF)
1 นาโนฟาร์ด (nF)	เท่ากับ	1,000 พิโกฟาร์ด(pF)

จากความสัมพันธ์ของค่าการเก็บประจุ ประจุไฟฟ้าและแรงดัน สามารถเขียนเป็นสูตรความสัมพันธ์ได้ดังนี้คือ

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

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

ตารางที่ 2.4 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) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแส ไฟฟ้า เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะใช้งานได้ที่กระแสไฟฟ้าระดับหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นเราจึงใช้ตัวต้านทาน กันไม่ให้มีกระแสไหลเข้าไปยังอุปกรณ์ดังกล่าวเกินความจำเป็น

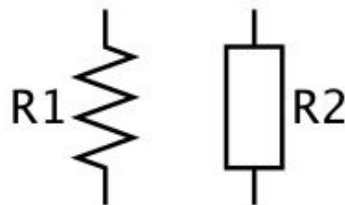


ภาพที่ 2.27 ตัวต้านทาน

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 2.28 รูปตัวต้านทานแบบค่าคงที่



ภาพที่ 2.29 สัญลักษณ์ตัวต้านทานแบบค่าคงที่



ภาพที่ 2.30 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้



ภาพที่ 2.31 (ก) 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 เซรามิต (3W ขึ้นไป)

ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

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



ภาพที่ 2.31 (ข) ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม

ตัวต้านทานชนิดนี้จะเหมือนกับตัวต้านทานแบบคาร์บอน แต่สังเกตุดความแตกต่างคือ 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 2.32 ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม

ตัวต้านทานชนิดลวดพัน หรือ เซรามิก หรือ กระเบื้อง

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



ภาพที่ 2.33 ตัวต้านทานชนิดลวดพันหรือเซรามิคหรือกระเบื้อง

การอ่านค่าตัวต้านทานและการแปลงค่าตัวต้านทาน

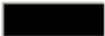
ค่าของตัวต้านทานจะมีค่าในช่วง 0 โอห์ม - ประมาณ 5 เมกกะโอห์ม (ต่อไปจะแทน โอห์ม ด้วย E) ดังนั้นหากเราเขียนค่าที่มีค่ามากเช่น 1000E หรือ 1000000E คงจะยาวไป ดังนั้นจึงใช้หน่วยมาตรฐาน แทนด้วยย่อ คือ 1000 เขียนแทนด้วย k (กิโล) เช่น 1000E จะเขียนเป็น 1kE(1 กิโลโอห์ม)100,000 เขียนแทนด้วย 100kE (หนึ่งร้อยกิโลโอห์ม) 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 2.5 ตารางเทียบสีของตัวต้านทาน

ตารางการเทียบสีของตัวต้านทาน

	รหัสสี	แถบสีที่ 1 เลขตำแหน่งที่ 1	แถบสีที่ 2 เลขตำแหน่งที่ 2	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ	แถบสีที่ 4 ค่าผิดพลาด
	ดำ	0	0	1	
	น้ำตาล	1	1	10	-
	แดง	2	2	100	1% (F)
	ส้ม	3	3	1,000 (1k)	-
	เหลือง	4	4	10,000 (10k)	-
	เขียว	5	5	100,000 (100k)	-
	น้ำเงิน	6	6	1,000,000 (1M)	-
	ม่วง	7	7	-	-
	เทา	8	8	-	-
	ขาว	9	9	-	-
	ทอง	-	-	-	5% (J)
	เงิน	-	-	-	10% (k)

*** การอ่านค่าตัวต้านทานชนิด 5 แถบสีจะใช้ code สีแบบเดียวกัน

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 วานิชอังกูร.2552)

7. ไทริสเตอร์(Thyristor)

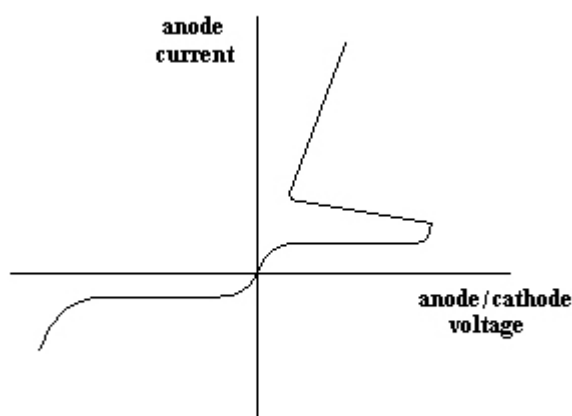
Thyristor Characteristics

characteristics ของ device จำเป็นต้องรู้ว่าจะเพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ 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



Steady-state thyristor characteristic

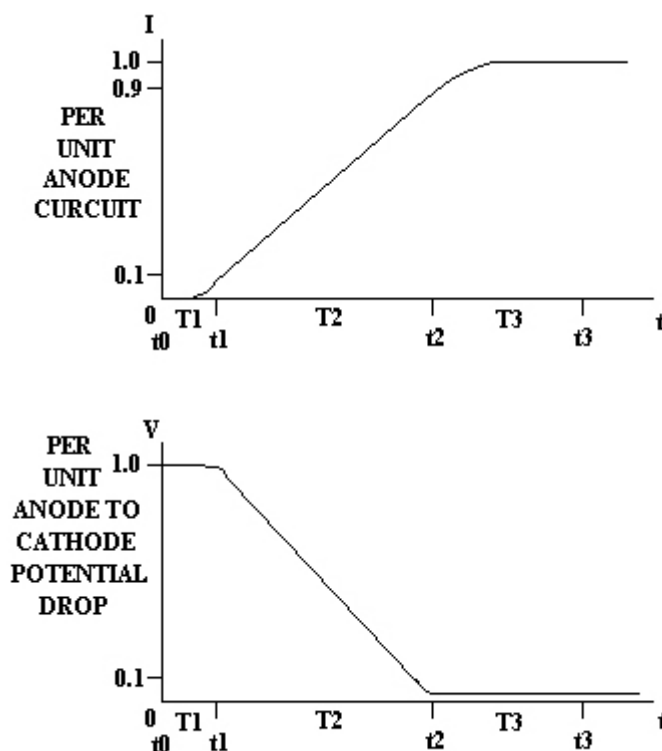
ภาพที่ 2.34 คุณสมบัติของตัวไทรสเตอร์

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 ,โดย การ forward bias ด้วย high voltage หรือ เพิ่ม forward voltage ในอัตราเร่งสูง การ triggering โดย gate signals สำคัญที่สุดและใช้มากที่สุดด้วยขณะที่จะหลีกเลี่ยงวิธีอื่นๆ

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 อ้างอิงอัตราการเพิ่มของพื้นที่ของสารกึ่งตัวนำผ่านที่ๆ เกิดการนำไฟฟ้าคุณสมบัติการแผ่ขยายนี้มีผลกระทบตรงข้ามกับ การเพิ่มความหนาของ thyristor

Turn-on time คือเวลาตั้งแต่ที่เริ่ม 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 แต่จะสั้น เปลืองพลังงานน้อยกว่ารูปร่างของ gate signals ที่ดีที่สุดคือ signals ที่มีลักษณะสั้นที่แหลมคมและ signals ที่สั้นกว่าที่สำคัญกว่าคือขนาดที่เชื่อได้ว่าจะทำให้ 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 ลดลงเหลือศูนย์ก่อนที่จะกระแส 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 เสียหายเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ต้องมีการกำหนดค่าสูงสุด ของ 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 2.35 แสดงผลจากวงจรแบบแอนดและแบบคาโอด

จากภาพที่ 2.35 แสดงให้เห็นลักษณะของกระแสที่เพิ่มขึ้นตลอดการเปลี่ยนแปลงจาก สภาวะที่ไม่นำกระแสจนถึงสภาวะที่นำกระแส เต็มที่เวลา t_0 แสดงการเริ่ม ของ การ turn-on ที่สร้างโดย step function ของ voltage ที่ให้เข้ามาทาง gate. ช่วงเวลา T_1 เป็น delay time ระหว่าง pulse หน้ากับการเริ่มต้นของกระแส anode โดย gate pulse จะต้องมียาวนานอย่างน้อย T_1 วินาทีพลังงานจะสูญเสียมากที่สุดในช่วงเวลา T_2 เพราะว่ากระแสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วบนพื้นที่เล็กขณะที่ voltage drop ยังคงประมินได้และช่วงเวลา T_3 เป็นช่วงเวลากำหนดไฟฟ้และเป็นเวลาที่ 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 ที่อยู่กับที่และกระจายออกจากกันจนกระทั่งเกิดการ breakdown ของ junction ทำให้ junction สอง เกิด forward bias กระแส anode จะถูกจำกัดโดย impedance ของ load ที่นำมาต่อ ที่ forward breakover voltage นี้ thyristor จะเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของการมี high voltage กับ leakage current ไปยังการมี low voltage กับ forward current ปริมาณมหาศาลที่ voltage นี้ thyristor turn-on ผลกระทบของพื้นผิว ของแผ่น silicon อาจทำให้ space-charge layer ลดลงและลด breakdown voltage ผลกระทบนี้ปกติกจะไม่ เหมือนกันรอบๆ junction ทำให้กระแสทั้งหมดไหลผ่าน minute area และ p-n junction จะถูกทำลาย โดยความร้อนที่สูงเกินไปความบกพร่อง

รอบนอกมักจะเกิดในโครงสร้างที่ voltage สูงรูปร่างที่เหมาะสม ลาดเอียงที่ด้านของ wafer ที่ที่ 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

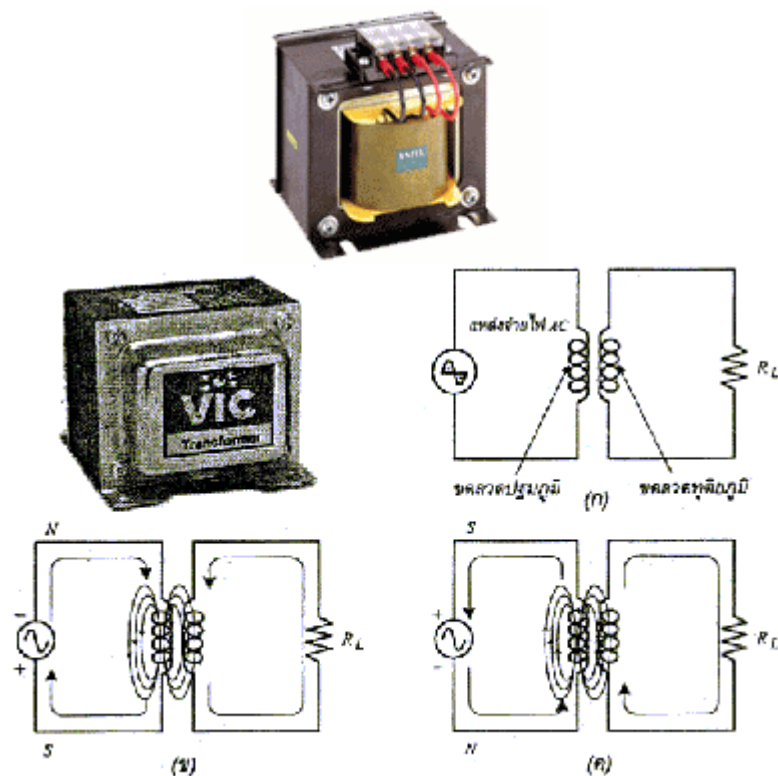
dv/dt turn-on

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 ต่ำ ในทางปฏิบัติ แล้ว dv/dt สำหรับ switch จะเพิ่มขึ้น โดยใช้ความต้านทานภายนอกระหว่าง gate กับ cathode เล็กน้อย

(วิชย กาญจนโรจน์และสุวรา สุระประเสริฐ .2551)

8. หม้อแปลง (Transformer)

หลักการพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า

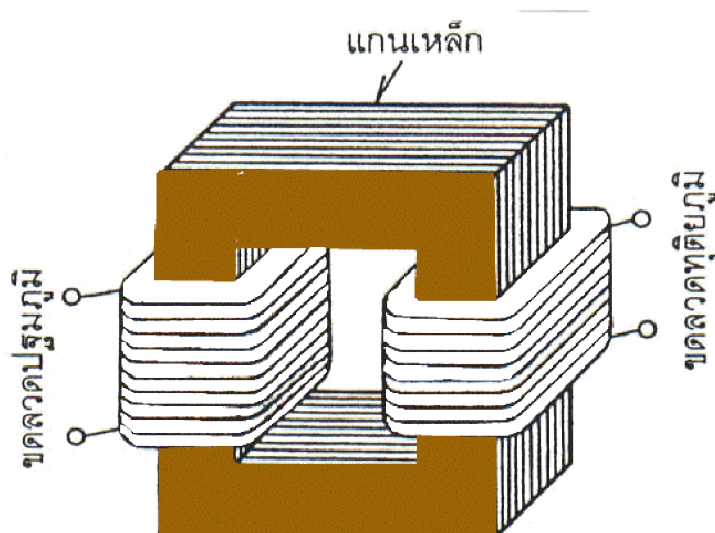


ภาพที่ 2.36 ตัวอย่างหม้อแปลงไฟฟ้า

ภาพที่ 2.36 (ก) แสดงรูปสัญลักษณ์ และวงจรพื้นฐานของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย ขดลวด 2 ขดที่จัดให้อยู่ใกล้กัน ได้แก่ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และ ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทั้งนี้เพื่อให้เส้นแรงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ และเกิดการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกันขึ้น โดยจัดให้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับต่อเข้ากับ ขดลวดปฐมภูมิ และโหลด (RL) ต่อเข้ากับด้านทุติยภูมิ

ภาพที่ 2.36 (ข) แสดงกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปเข้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ซึ่ง กระแสไฟฟ้านี้ก็จะทำให้เกิดชั่วเหวี่ยงที่ส่วนบนของขดลวดปฐมภูมิ ถ้าแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตนี้มีความเป็น ลบมาก (ช่วงครึ่งคลื่นลบ) ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นที่ ขดลวดปฐมภูมิมากขึ้น การขยายตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะไปตัดกับขดลวดทางด้านทุติยภูมิ และ เกิดการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าขึ้น จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรด้านทุติยภูมิผ่านไปยังโหลด จากนั้นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายเข้ามาก็จะมีความเป็นลบลดน้อยลงจนเป็นค่าศูนย์ และเปลี่ยนเป็น ค่าบวก

ภาพที่ 2.36 (ค) ในกรณีนี้กระแสไฟฟ้าในวงจรด้านปฐมภูมิจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับตอน แรก ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในทิศทางที่เป็นบวก (ช่วงครึ่งคลื่นบวก) เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกระแสไฟฟ้าก็ไหลมากขึ้น ส่งผลให้สนามแม่เหล็กเกิดการขยายตัวไปตัดกับ ขดลวดทุติยภูมิเกิดการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงข้าม และไหลผ่าน ต่อไปยังโหลดเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 2.37 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

$$k = \frac{\text{จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่าน ไปยังขดลวด ทุติยภูมิ}}{\text{จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กทั้งหมดที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิ}}$$

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
5. ความซึมซาบจำเพาะ

แกนแม่เหล็กหม้อแปลง(Transformer Core)

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

ขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวนำของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังจะมีลักษณะเป็นแผ่นทองแดงสีเหลืองผิวนำถูกหุ้มด้วยกระดาษฉนวนสีน้ำตาล

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 เช่น พัดลมหรือปั๊ม

ตัวถังแบบติดตั้งตัวระบายความร้อนแยกจากตัวถัง

ในกรณีที่หม้อแปลงมีพิกัดกำลังสูงมากจน ไม่สามารถติดตั้งแผงระบายความร้อนที่ตัวถังได้เพียงพอ จึงจำเป็นต้องติดตั้งตัวระบายความร้อนแยกออกจากตัวถังหม้อแปลง โดยเดินท่อน้ำมันระหว่างตัวถังหม้อแปลงกับแผงระบายความร้อน (ชาติ ทาสีทอง.2552)



ภาพที่ 2.38 ตัวอย่างหม้อแปลง

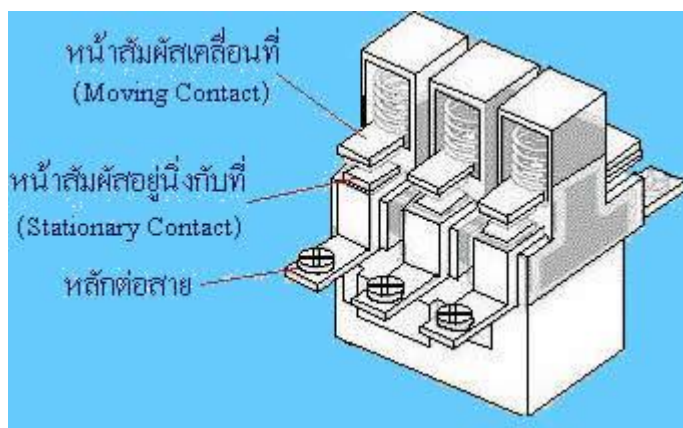
10. รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

10.1 รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

10.2 รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

10.3 หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

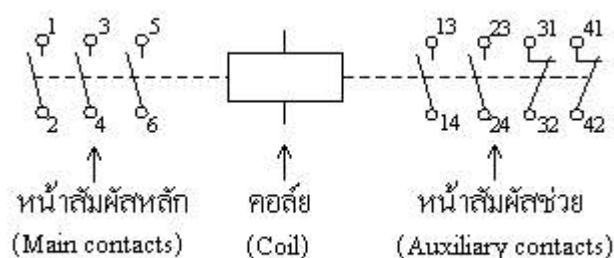


ภาพที่ 2.39 หน้าคอนแทคของรีเลย์

คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านผลกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open; N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3 ดังภาพที่ 2.45

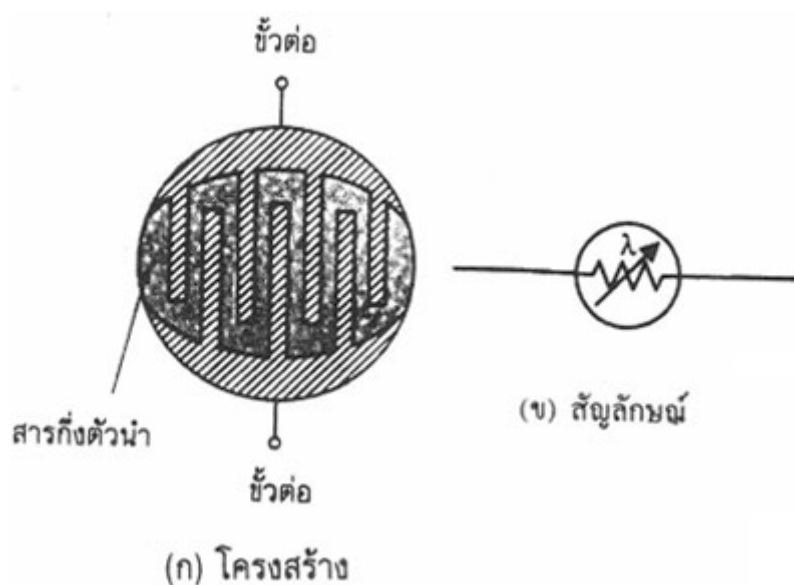
2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทางโดยจะถูกดึงขึ้นลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2 จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42 (นัฐกิจ โพธิชัย.2552)



ภาพที่ 2.40 หน้าสัมผัสของรีเลย์

11. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับแสงและความร้อน

ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง (Light Dependent Resistor) ใช้ตัวย่อ LDR มีชื่อเรียกหลายชื่อด้วยกัน เช่น เซลล์ที่เป็นสื่อไฟฟ้าตามแสง (Photo Conductive Cell) หรืออุปกรณ์เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตามแสง (Photoresistive Device) เป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำชนิด 2 ขั้วต่อ ที่ค่าความต้านทานระหว่างขั้วต่อทั้งสอง สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามความเข้มของแสงที่มากกระทบ โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง แสดงดังภาพที่ 2.41

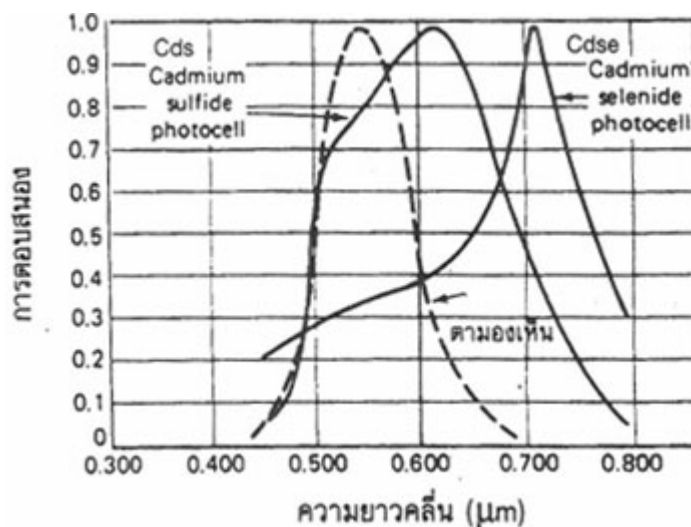


ภาพที่ 2.41 ส่วนประกอบหม้อแปลง

โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง

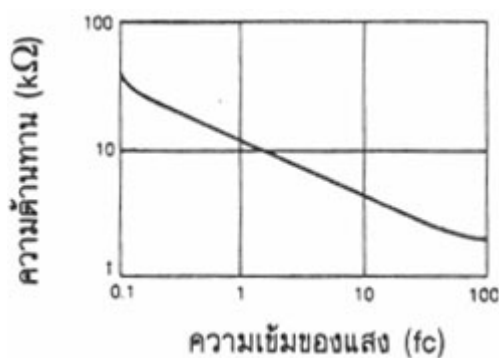
จากภาพที่ 2.41 เป็นโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานเปลี่ยนค่าตามแสง โครงสร้างทำมาจากสารกึ่งตัวนำประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium Sulfide) ใช้ตัวย่อ CdS และแคดเมียมเซเลไนด์ (Cadmium Selenide) ใช้ตัวย่อ CdSe ทั้งคู่เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้งาน เพราะมีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่มากกระทบ

การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงที่มากกระทบกับตัว LDR ชนิดแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) มีค่าตอบสนองที่ความยาวคลื่นแสงประมาณ $0.61 \mu\text{m}$ และชนิดแคดเมียมเซเลไนด์ (CdSe) มีค่าตอบสนองที่ความยาวคลื่นแสงประมาณ $0.71 \mu\text{m}$ เวลาที่ใช้ในการรับแสงเพื่อการเปลี่ยนค่าความต้านทานสำหรับชนิดแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) ประมาณ 100 ms และชนิดแคดเมียมเซเลไนด์ (CdSe) ประมาณ 10 ms การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงของ LDR แสดงดังภาพที่ 2.42



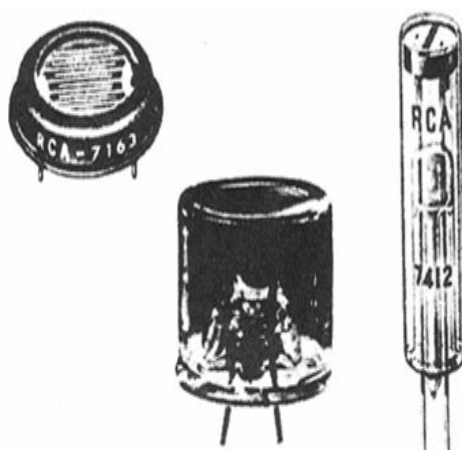
ภาพที่ 2.42 การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงของ LDR

โครงสร้างของ LDR ไม่มีรอยต่อของการชนกันระหว่างสารต่างชนิดเหมือนโฟโตไดโอด แต่เกิดขึ้นจากสารกึ่งตัวนำชั้นบางที่นำมาใช้งาน ต่อเรียงเป็นลำดับกันไป สารกึ่งตัวนำนี้ถูกต่อให้รับแสงโดยตรง คุณสมบัติของ LDR ค่าความต้านทานในตัว LDR จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสงที่มากกระทบ ความเข้มของแสงน้อย LDR มีค่าความต้านทานสูง และถ้าความเข้มของแสงมาก LDR มีค่าความต้านทานต่ำ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงและค่าความต้านทานของ LDR แสดงดังภาพที่ 2.43



ภาพที่ 2.43 แสดงความสัมพันธ์ของสองตัวแปร

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและค่าความต้านทานของ LDR จากภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของ LDR ค่าที่ได้ตามรูปเป็นคุณสมบัติของตัวสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำ LDR เมื่อแสงที่ส่องมากระทบ LDR มีความเข้มสูง ความเข้มแสงจะทำให้ไอเล็กตรอนในตัว LDR เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานภายในโครงสร้างสูง เป็นผลให้เกิดไอเล็กตรอนอิสระเพิ่มสูงขึ้น ค่าความต้านทานในตัว LDR ลดต่ำลง ในทางตรงข้ามเมื่อแสงที่ส่องมากระทบ LDR มีความเข้มต่ำ ความเข้มแสงทำให้ไอเล็กตรอนอิสระลดต่ำลง ค่าความต้านทานในตัว LDR เพิ่มสูงขึ้น รูปร่างของจริงของตัว LDR แสดงดังภาพที่ 2.44



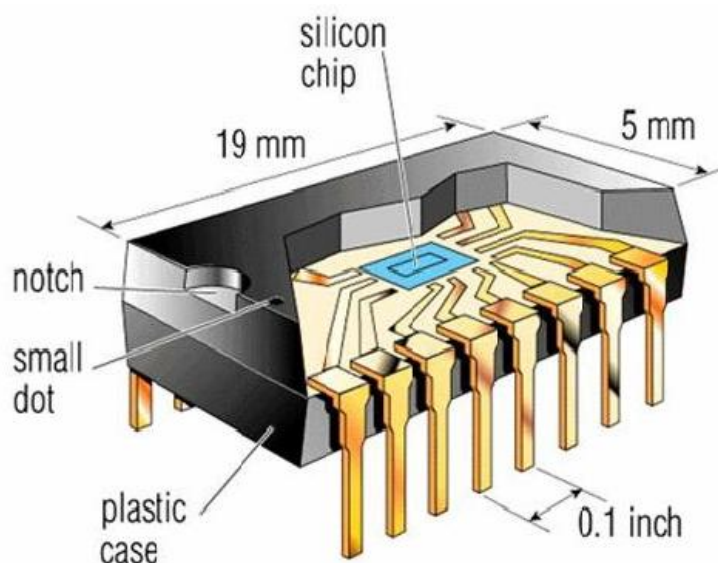
ภาพที่ 2.44 รูปร่างของจริงของตัว LDR แบบต่าง ๆ

12. ไอซี (IC)

ไอซีคืออะไร

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

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



ภาพที่ 2.45 โครงสร้าง IC

ไอซี เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ ที่สามารถสร้างรวมเอาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำหลายชนิดไว้ในตัวได้ พร้อมการต่อวงจรเรียบร้อย เนื่องจาก **ไอซี** มีข้อดีกว่าสารกึ่งตัวนำเป็นตัวๆ หลายประการ จึงทำให้ ไอซี เป็นที่นิยมใช้งาน

ออปแอมป์ คือ **ไอซี** ที่ถูกสร้างขึ้นมามีใช้งานในวงจรขยาย สามารถใช้อัตราขยายสูงมากและตัวออปแอมป์มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง ทำให้ออปแอมป์เป็นที่นิยมใช้งาน โครงสร้างภายในของออปแอมป์ในภาคแรก ๆ ทางอินพุต ประกอบด้วยวงจรขยายความแตกต่างหลายภาค เพื่อให้วงจรมีอัตราขยายและอัตราส่วนตัดทอนโหมตรงร่วมสูง การจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันให้ตัวออปแอมป์ต้องจ่ายแรงดัน 3 ขั้ว คือ บวก ลบ และกราวด์

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

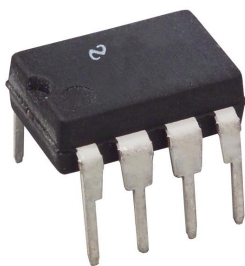
วงจรขยายแบบกลับเฟส เป็นการจัดวงจรขยายที่สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมีเฟสต่างกัน 180 องศา สัญญาณอินพุตถูกป้อนให้เข้าขาอินเวอร์ตติง

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส เป็นการจัดวงจรขยายที่สัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตมีเฟสเหมือนกัน สัญญาณอินพุตป้อนให้ขาอินเวอร์ตติงอินทิเกรตเตอร์ (IC) อินทิเกรตเตอร์ (Integrated Circuit) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า **ไอซี** (IC) เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่

ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ช่วยทำให้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนรูปแบบไป ตลอดจนทำให้ขนาดของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเล็กกะทัดรัดลง 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



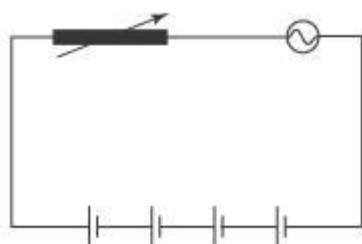
ภาพที่ 2.46 รูปร่าง IC Opamp

การเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์

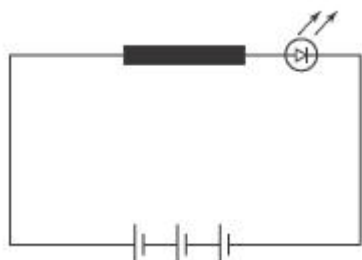
ในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เราควรจะเข้าใจการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อช่วยให้เข้าใจการทำงานของเครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ มากขึ้น และสามารถนำมาพัฒนาคุณภาพของอุปกรณ์ร่วมต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรศึกษาได้แก่

1. การต่อวงจรตัวต้านทาน ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์การต่อตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ ต้องต่อวงจรแบบอนุกรม เพราะตัวต้านทานชนิดนี้สามารถควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ให้ไหลมากหรือน้อยตามต้องการได้



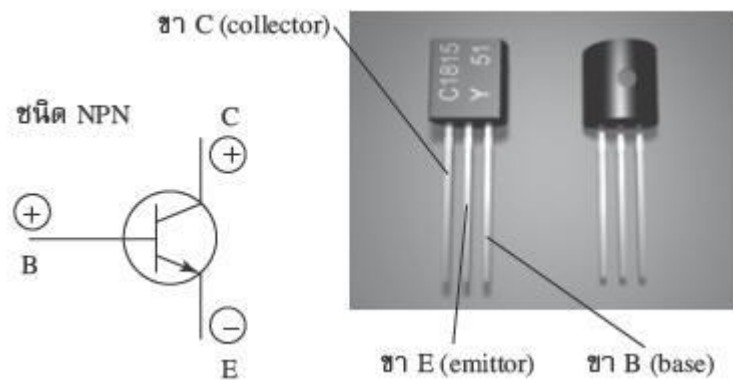
ภาพที่ 2.47 รูปแสดงการต่อวงจรตัวต้านทาน

2. การต่อวงจรไดโอดเปล่งแสง การต่อไดโอดเปล่งแสงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องต่อตัวต้านทานไว้ในวงจรด้วย เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยก็ทำให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานได้ ดังนั้นจึงต้องต่อตัวต้านทานไว้ในวงจรด้วยเพื่อลดปริมาณกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไดโอดในปริมาณที่พอเหมาะ



ภาพที่ 2.48 รูปแสดงการต่อไดโอดเปล่งแสง

3. การต่อวงจรทรานซิสเตอร์ การที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ ทำงานได้ต้องจ่ายไฟให้ที่ขาเบส (B) ซึ่งเป็นขาที่มีหน้าที่ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จะไหลจากขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขาคีมิตเตอร์ กล่าวคือหากให้กระแสไหลที่ขาเบสมาก จะทำให้กระแสไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขาคีมิตเตอร์มาก แต่ถ้าให้กระแสไหลที่ขาเบสน้อย กระแสที่จะไหลผ่านขาคอลเลกเตอร์ไปสู่ขาคีมิตเตอร์น้อยลงไปด้วย ดังนั้นด้วยหลักการการทำงานของทรานซิสเตอร์นี้ ก็จะสามารถนำทรานซิสเตอร์ไปประกอบในวงจรต่างๆ ได้มากมาย โดยเฉพาะในวงจรที่ต้องการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร



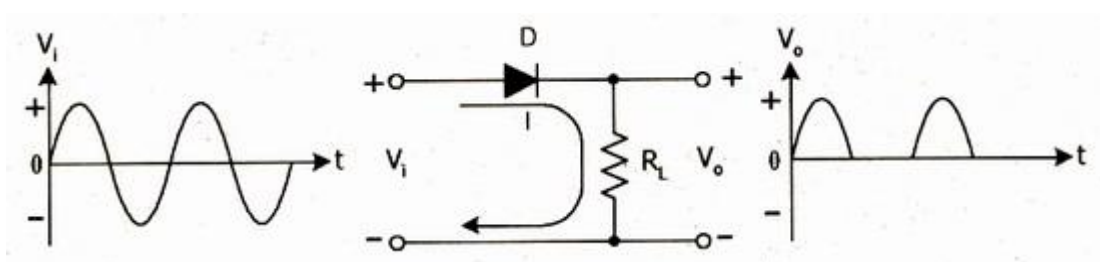
ภาพที่ 2.49 รูปแสดงทรานซิสเตอร์

การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ต้องรู้จักเครื่องมือที่จะใช้เป็นอย่างดีและรู้วิธีการบัดกรี เช่น การใช้หัวแร้ง การใช้ตะกั่วบัดกรี ตลอดจนเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการบัดกรีด้วยเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการต่อวงจร

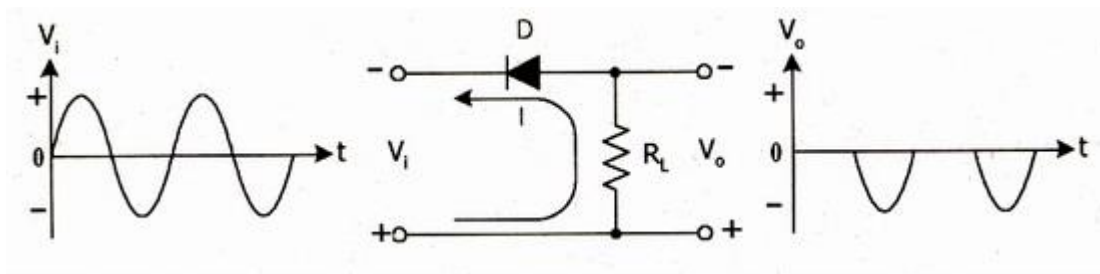
วงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) การแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จะต้องใช้แรงดันเลี้ยงวงจรเป็นแรงดันไฟตรง (DC) โดยทำการแปลงแรงดันไฟสลับ (AC) ให้เป็นแรงดันไฟตรง (DC) วงจรที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้เรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือไดโอด ไดโอดที่นิยมนำมาใช้ในงานในวงจรเรกติไฟเออร์เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

การทำงานของไดโอดเรกติไฟเออร์ใช้หลักการจ่ายไบอัสตรง และการจ่ายไบอัสกลับให้ตัวไดโอด เพื่อให้ไดโอดนำกระแสและหยุดนำกระแสตามสภาวะไบอัสที่จ่ายแรงดันที่ผ่านการเรกติไฟ-เออร์แล้ว ได้แรงดันออกมาเป็นไฟตรงซีกบวกหรือแรงดันไฟตรงซีกลบ แรงดันไฟตรงจะได้ออกมาซีกใดขึ้นอยู่กับการจัดวงจรไดโอดเรกติไฟเออร์ ถ้าไดโอดจัดให้ขาแคโทด (K) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกบวกออกมา และถ้าไดโอดจัดให้ขาแอนโนด (A) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกลบออกมา ลักษณะการเรกติไฟเออร์เบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 2.50



(ก) แรงดันไฟตรงซีกบวกออก



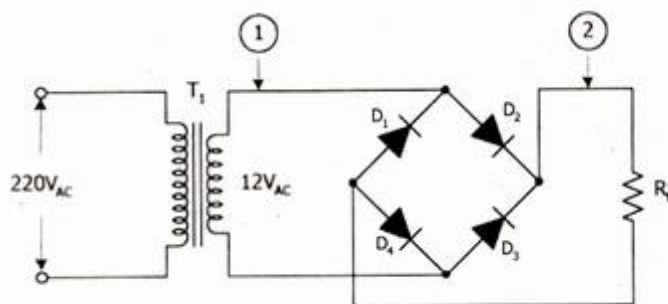
(ข) แรงดันไฟตรงซีกลบออก

ภาพที่ 2.50 การทำงานวงจรเรกติไฟเออร์เบื้องต้น

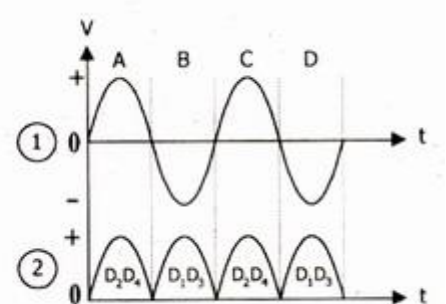
จากภาพที่ 2.50 (ก) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น ได้แรงดันไฟตรงซีกบวกออกเอาต์พุต โดยต่อขา A รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา K ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกบวกป้อนให้ขา A ไดโอด D นำกระแส มีกระแส I ไหลผ่านไดโอดไปตกคร่อมโหลด R_L เป็นแรงดันออกเอาต์พุต V_O ซีกบวก

ส่วนภาพที่ 2.50 (ข) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้นได้แรงดันไฟตรงซีกลบออกเอาต์พุต โดยต่อขา K รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา A ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซีกลบป้อนให้ขา K ไดโอด D นำกระแสมีกระแส I ไหลผ่านโหลด R_L ไหลผ่านไดโอด D เป็นแรงดันออกเอาต์พุต V_O ซีกลบ

เรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ คือวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นนั่นเอง เพียงแต่การจัดวงจรเรกติไฟเออร์มีความแตกต่างไปจากวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงมีแทปกกลาง วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ประกอบด้วยหม้อแปลงใช้ชนิดทางขดทุติยภูมิมี 2 ขั้วต่อไม่ต้องมีแทปกกลาง (CT) ใช้ไดโอดในการเรกติไฟเออร์ 4 ตัว การทำงานแต่ละครั้งไดโอดทำงานเป็นชุด 2 ตัว ลักษณะวงจรและแรงดันที่ได้แสดงดังภาพที่ 2.51



(ก) วงจร



(ข) แรงดันจุดต่าง ๆ

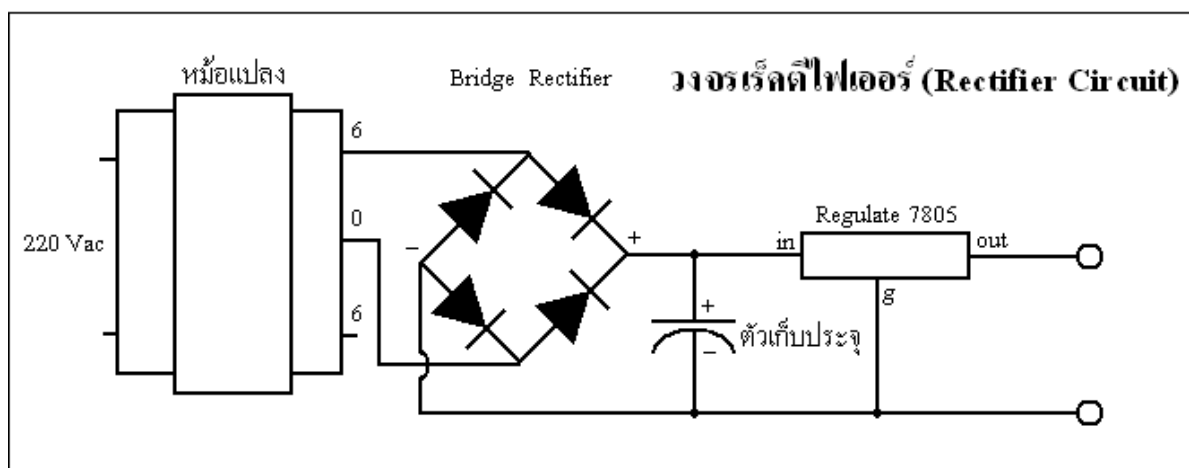
ภาพที่ 2.51 วงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากภาพที่ 2.51 แสดงวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ภาพที่ ง.11 (ก) เป็นวงจรเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นแบบบริดจ์ มีไดโอด D1-D4 เป็นวงจรเรกติไฟเออร์ หม้อแปลง T1 เป็นชนิดธรรมดาไม่มีแทปกลาง (CT) วัดสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 ออกมาได้เหมือนกับเรกติไฟเออร์เต็มคลื่นใช้หม้อแปลงแทปกลางทุกประการ

การทำงานของวงจรตามภาพที่ 2.51 อธิบายได้ดังนี้ ที่จุด 1 เมื่อมีแรงดันไฟสลับชีกบวกตำแหน่ง A ป้อนเข้ามา ไดโอด D2, D4 ได้รับไบอัสตรงนำกระแส มีกระแสไหลผ่าน D2, RL และผ่าน D4 ครบวงจร ได้แรงดันตกคร่อม RL ตามจุด 2 ที่ตำแหน่ง A ส่วนไดโอด D1, D3 ได้รับไบอัสกลับไม่นำกระแส

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

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



ภาพที่ 2.52 วงจรเรกติไฟเออร์

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 ที่ใช้เครื่องมือหรือช่องทางสำหรับทำให้การสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียน เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ ได้เป็นอย่างดี (วัลลภ, 2543: 1)

สรุป : จากการให้ความหมายของสื่อการสอน ของนักการศึกษาจึงพบสรุปได้ว่าสื่อการสอน หมายถึง เครื่องมือ หรือสิ่งใดก็ตามที่เป็นเครื่องทุ่นแรงทำให้ผู้สอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ อรรถอันวยความสะดวกแก่การเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ผู้สอนวางไว้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการเรียนการสอนด้วย

2 การเลือกใช้สื่อการสอน

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

2.1 ความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนการเรียนการสอนมีเป้าหมายต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ในด้านใด (สติปัญญา ทักษะ หรือทัศนคติ) และอยู่ในระดับใดได้กำหนดให้มีความสำคัญในการที่ต้องเรียนรู้เพียงใด

2.2 ความเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาวิชา เนื้อหาวิชาง่าย ๆ ไม่ยากซับซ้อนอาจเข้าใจได้โดยการใช้คำพูดก็อาจใช้เพียงการเขียนแสดงด้วยข้อความ แต่ถ้าเป็นเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนก็ต้องพยายามหาสื่อ

การสอนที่จะแสดงให้เห็นถึงหลักการ การทำงานของกลไกชิ้นส่วน หรือชุดทดลองสาธิตมาแสดงให้เห็นจริง หรือต้องถ่ายเป็นภาพยนตร์ วีดิทัศน์มาฉาย ควบคุมความเร็วให้เห็นอย่างชัดเจน

2.3 ความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อแต่ละประเภทอาจมีข้อจำกัดในการให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม และสื่อการสอนบางประเภทที่แทบจะไร้ค่า ถ้าหากผู้สอนไม่สามารถจะใช้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นคือ 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 ปฏิกิริยาอื่น ๆ ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียนหรือเป็นชุดฝึกสำหรับการเรียนรายบุคคลกันแพร่หลาย โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิชาทดลอง(Laboratory) แม้แต่การเรียนวิชาปกติในชั้นเรียนก็ตาม เนื่องจากผู้สอนได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่แท้จริง ของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่าทำให้การเรียนรู้เห็นจริงได้นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูงด้วย

เสาวนีย์ (2528 : 144) การทดลองหรือการปฏิบัติการ หมายถึง การกระทำที่เป็นประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับวัสดุหรือข้อเท็จจริง ดังนั้นการสอนแบบทดลองหรือปฏิบัติการหมายถึงกระบวนการการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรงเพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริง

สุชาติ (2526 : 32) การทดลอง หรือการประลอง เป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการและข้อเท็จจริงจากการที่คนอื่น ๆ ได้ค้นพบไว้แล้วเป็นการทบทวน และย้ำว่ามั่นใจไปตามที่ได้มีผู้ศึกษาแล้วไว้อย่างไรบ้าง เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน และส่วนใหญ่จะฝึกปฏิบัติในสิ่งที่คนอื่นฝึก และได้ผลมาแล้ว

จากสิ่งที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ชุดทดลอง หมายถึง เครื่องมือหรือสื่ออุปกรณ์ช่วยสอนชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนโดยเน้นให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน

4 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ (2543 : 10) ได้กล่าวไว้ว่า การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตก็นำหลักวิชาการทางด้านการออกแบบสร้างมาประยุกต์ หน่วยงานออกแบบสร้างแต่ละหน่วย

ก็อาจจะมีแนวทางแตกต่างกันไป แต่จะเห็นได้ว่ามีหลักการคล้ายคลึงกันซึ่งแบ่งขั้นตอนในการออกแบบดังต่อไปนี้

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

5 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

5.1 กิดานันท์ (2543 : 106) ได้กล่าวว่า การใช้สื่อการสอนอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจึงควรต้องมีการประเมินการใช้สื่อการสอนตามขั้นตอนดังนี้

1. ประเมินการวางแผนการใช้สื่อ เพื่อดูว่าสิ่งต่าง ๆ ที่วางไว้สามารถดำเนินการให้สามารถดำเนินตามแผนหรือไม่ หรือเป็นเพียงตามหลักทางทฤษฎีแต่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริงจึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงในการวางแผนครั้งต่อไป
2. การประเมินกระบวนการการใช้สื่อ เพื่อดูว่าการใช้สื่อในแต่ละขั้นตอนประสบปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไรบ้างมีสาเหตุมาจากอะไรและมีการเตรียมการป้องกันไว้หรือไม่
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) ไม่ใช้เนื้อหาที่มากเกินไป

1.2 น้ำหนัก

- ก) มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปสอนได้สะดวก

ข) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้าย ผู้สอนนำไปได้ด้วยตนเอง

1.3 ชิ้นส่วนประกอบ

- ก) ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ
- ข) นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถทำหน้าที่รอง
- ค) มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต
- ง) เป็นมาตรฐานหาอะไหล่ง่าย
- 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 ของ 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. ประเด็นทางการเรียนการสอน 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) ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียน
- ซ) มีคู่มือผู้เรียน

2.3 ต่อสื่อการสอน

- ก) เป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหา นั้น ๆ และควรมีอย่างยิ่ง
- 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 ความคุ้มทุนในการผลิต
- 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 เพื่อให้ให้นักเรียนค้นหาความจริงด้วยตนเอง ในการสอนโดยการทดลองนั้น ครูจะยกปัญหาขึ้นมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่หาคำตอบ ครูจะไม่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา แต่ครูจะให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง จากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนี้ จะทำให้ทราบคำตอบของปัญหา โดยดูจากผลที่ได้จากการทดลอง การสอนโดยวิธีทดลองนี้เป็นการเรียนที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการกระทำ เป็นการเรียนที่เรียกว่า Active Learning ผู้เรียนจะไม่เกิดความเบื่อหน่าย (ลำพอง, 2530: 148)

วิธีสอนโดยใช้การทดลอง คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลอง

ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง (ทิตินา, 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 ข้อความซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนได้แสดงออกหลังจากที่ได้เรียนรู้มาแล้วว่า เขาจะต้องทำอะไรอย่างใดบ้าง ซึ่งพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องแสดงออกดังกล่าวจะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและวัดได้ (สุราษฎร์, 2531: 17)

9 ประเภทของวัตถุประสงค์การสอน

สุราษฎร์ (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 การปฏิบัติตนตามระเบียบที่ได้วางไว้

10 ส่วนประกอบของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

สุราษฏร์ (2531: 18) กล่าวว่า วัดอุปประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นข้อความที่ระบุพฤติกรรมการ แสดงออกของผู้เรียนที่ชัดเจน เป็นพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ภายใต้สถานการณ์หนึ่งๆ ซึ่งพฤติกรรมนั้น จะต้องสามารถสังเกตและวัดได้ วัดอุปประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องประกอบด้วย 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 ระดับของวัดอุปประสงค์ (Taxonomic Levels)

สุราษฏร์ (2531: 27-30) กล่าวว่า จุดประสงค์หลักในการเรียนการสอน คือ ต้องการให้ผู้เรียน มีความรู้ มีทักษะ และมีเจตคติที่ดี ดังนั้นการเขียนวัดอุปประสงค์การสอนนอกจากจะต้องระบุพฤติกรรม แสดงออกของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ อย่างชัดเจนแล้วจะต้องระบุระดับความยากของวัดอุปประสงค์การสอน ที่ต้องการเองไว้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งแบ่งไว้ 3 ระดับ คือ ความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ความสามารถทางการใช้กล้ามเนื้อทำงาน (Physical Skill) และความสามารถในการปรับตัวเข้ากับ สิ่งแวดล้อม (Interactive Skill)

11.1 ในด้านความสามารถทางสติปัญญา เป็นวัดอุปประสงค์ที่กล่าวถึงความสามารถในการนำ ความรู้ที่มีอยู่ออกไปใช้คิดแก้ไขปัญหาต่าง ๆ แบ่งความยากเป็น 3 ระดับจากง่าย ไปยากคือ

ก) ขั้นฟื้นฟูคืนความรู้ (Recalled Knowledge) เป็นวัดอุปประสงค์ที่มุ่งเน้น ความสามารถของผู้เรียนในการฟื้นคืน (Recall) ความรู้ (Knowledge) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ออกมาใช้แก้ปัญหาใน ลักษณะการลอกเลียน จะโดยการเขียนหรือเล่าก็ตาม

ข) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge) เป็นวัดอุปประสงค์ที่มุ่งเน้น ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปแก้ปัญหาใหม่ ๆ ที่มีลักษณะเดียวกันกับสิ่งที่เคยได้มี ประสบการณ์มาแล้วได้อย่างถูกต้อง จะโดยวิธีการพูด เขียน อธิบาย แปลความ สรุปตีความ ขยายความ ฯลฯ ก็ตาม

ค) ขั้นส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) เป็นวัดอุปประสงค์ที่มุ่งเน้น ความสามารถของผู้เรียนในการส่งถ่ายความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสิ่งใหม่ ๆ ที่มีลักษณะแปลกไปจาก ลักษณะเดิม ซึ่งปัญหาดังกล่าวไม่เคยถูกถกกันมาก่อนเลย จะโดยการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ หรือสรุปผล ก็ตาม

11.2 ในด้านความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อทำงาน เป็นวัดอุปประสงค์ที่กล่าวถึง ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายปฏิบัติงาน ซึ่งอาจแบ่งระดับความยากเป็น 3 ระดับ จากง่ายไปยากได้ดังนี้

ก) ขั้นเลียนแบบ (Imitation) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล่ามนื้อเหมือนรูปแบบที่เคยได้เห็นได้ฟังมาได้ถูกต้อง ทักษะกล่ามนื้อระดับนี้แสดงท่าทางได้เหมือนต้นแบบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ข) ขั้นควบคุม (Control) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล่ามนื้อตามที่เคยได้ฝึกมา โดยอาจแปรเปลี่ยนรูปแบบการแสดงทักษะกล่ามนื้อก็ได้แต่ทว่าอาจมีเค้าโครงเดิมอยู่ และได้ผลงานที่ถูกต้องสมบูรณ์ด้วย

ค) ขั้นชำนาญ (Automatism) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล่ามนื้อตามที่เคยมีประสบการณ์มาได้ 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 ซึ่งความรู้สึกความสำนึกในคุณค่าของสิ่งต่าง 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

ในด้านความสามารถทางทักษะกล่ามนื้อ 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 โรงเรียนท่าปลาประชาอุทิศ จำนวน 25 คน รวมเป็น 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 1) ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบด้วยชุดฝึกทักษะ จำนวน 4 ชุด ได้แก่ ชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม และชุดฝึกทักษะการต่อวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง 2) แบบวัดผล สัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน 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 กลีบบุขบงศ์ . 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) เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาค้นคว้า 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 อีกทั้งผู้เรียนได้พัฒนาและแสดง

ความสามารถตามศักยภาพของตนเอง 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 สาขางานจักรยานยนต์ 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 และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนด้วยชุดฝึกปฏิบัติของกลุ่มทดลองสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยรถจักรยานยนต์จริงของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

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

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาศาสาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาศาสาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ชุดฝึกปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ 1 ชุด พร้อม ใบงาน ประกอบชุดฝึก 3 ใบงาน

2. แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อหาประสิทธิภาพชุดฝึกปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์

3. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

3.1 ศึกษาจากเอกสาร หนังสือ วิทยานิพนธ์ ตำราที่เกี่ยวข้อง การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาการสร้างชุดฝึก เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือ

3.2 ออกแบบและสร้างชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์
(รายละเอียดภาคผนวก ข)

3.3 สร้างใบงานประกอบชุดฝึกทักษะการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแผงวงจร
(รายละเอียดภาคผนวก ค)

3.4 สร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินหาแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.5 นำแบบสอบถามเพื่อประเมินหาแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเหมาะสมและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

3.5.1 อาจารย์อมรรัตน์ นิยมพลีนภานนท์ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีกาเกษตร

3.5.2 อาจารย์สนธยา วันชัย อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีกาเกษตร

3.5.3 อาจารย์โกศล พิทักษ์สัตยาพรต อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีกาเกษตร

3.4 จัดเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์และแบบสอบถามเพื่อประเมินหาแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้น ส่งให้กลุ่มตัวอย่างโดยเริ่มเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 11 มกราคม 2556 ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามคืน 20 ชุดคิดเป็นร้อยละ 100

2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์แบบสอบถามเพื่อหาแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม ดังนี้

ตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลและความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับคืนมา วิเคราะห์ข้อมูลโดยแจกแจงความถี่แล้วนำเสนอโดยใช้การหาค่าร้อยละ (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 แบบสอบถามเพื่อหาแนวทางการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) 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

$$\frac{\sum X^2}{N} \text{ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง}$$

$$\text{N แทน จำนวนทั้งหมด}$$

2. การแปลความหมาย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แปลความหมายผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งระดับออกเป็น 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึงความคิดเห็นชุดฝึกทักษะอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดฝึกทักษะอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดฝึกทักษะอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดฝึกทักษะอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึงความคิดเห็นชุดฝึกทักษะอยู่ในระดับน้อยที่สุด

(ที่มา รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2533 : 44-45)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านการออกแบบชุดปฏิบัติการ ด้านการใช้งาน และด้านใบงาน โดยได้เสนออยู่ในรูปตารางดังนี้

ตารางที่ 4.1 ความคิดเห็นชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ด้าน

ที่	ข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความคิดเห็น
1	ด้านการออกแบบชุดฝึกทักษะ			
	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ	4.27	0.59	มาก
	แผงต่อวงจรสำหรับทดลอง	4.13	0.35	มาก
	สายไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในแผงวงจร	3.73	0.59	มาก
	ข้อความและสัญลักษณ์บนแผงต่อวงจร	3.87	0.35	มาก
	รวม	4.00		มาก
2	ด้านการใช้งาน			
	ความสะดวกในการต่ออุปกรณ์กับแผงต่อวงจร	4.00	0.38	มาก
	ความสะดวกในการต่อสายไฟเชื่อมกับแผงต่อวงจร	4.00	0.00	มาก
	ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจร	3.73	0.70	มาก
	ความสะดวกในการวัดผลต่างๆ ด้วยมัลติมิเตอร์	4.13	0.35	มาก
	ความสะดวกในการแสดงผลด้วยไฟสถานะ	4.20	0.56	มาก
	รวม	4.01		มาก

ที่	ข้อคำถาม	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความคิดเห็น
3	ใบงาน			

	เนื้อหาของใบงาน	4.27	0.46	มาก
	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน	4.40	0.51	มาก
	ความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน	4.07	0.59	มาก
	รวม	4.24		มาก

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้านพบว่า

ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบชุดปฏิบัติการ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ สายไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในแผงวงจร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 ระดับปานกลาง

ด้านที่ 2 ด้านการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.01 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ความสะดวกในการแสดงผลด้วยไฟสถานะ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 ระดับมาก

ด้านที่ 3 ด้านใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.24 ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือเนื้อหาของใบงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ระดับมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 ระดับมาก

และจากการประเมินผลโดยแบบสำรวจนั้นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับตั้งแต่ 0 - 0.70 ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับค่อนข้างน้อย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์และทดสอบประสิทธิภาพด้านการใช้งาน ความถูกต้องและความเหมาะสมในการนำไปใช้กับการทดลองในงาน
2. เพื่อหาศึกษาแนวทางการนำไปใช้งานของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทว่าสามารถนำชิ้นส่วนใดมาพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นอย่างไรบ้าง

สรุปผลการวิจัย

จากผลในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้นเมื่อออกแบบและพัฒนาแล้วเสร็จสามารถปฏิบัติทดลองงานได้จริง แต่อาจจะต้องเพิ่มใบงานในส่วนของอุปกรณ์ที่ไม่สามารถนำอุปกรณ์เก่าที่ได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์มาเพิ่มเติมเพื่อให้ใบงานครอบคลุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นอื่น ๆ ในการทำการทดลองสำหรับประกอบการเรียนในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. การพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ประสิทธิภาพโดยค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.07 อยู่ในระดับ มาก
3. สำหรับการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้จากการแยกชิ้นเพื่อการนำมาประยุกต์เป็นชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นนั้น อุปกรณ์ที่สามารถนำมาทดลองได้นั้น เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์ที่ยังคงค่าคุณสมบัติสำหรับการทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด

อภิปรายผล

จากผลการดำเนินการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละด้านและทำการวิเคราะห์ ซึ่งจะขอกกล่าวถึงในแต่ละส่วนเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ด้านการออกแบบชุดปฏิบัติการ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบในการออกแบบเพื่อสร้างระบบการเรียนรู้ชิ้นส่วนนั้น ผลจากการประเมินที่ได้อยู่ในระดับคะแนน 4.00 ซึ่งเมื่อแปลผลออกมาแล้วอยู่ในระดับ

มาก เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้นั้น มีความง่ายและมีความใกล้เคียงกับการใช้อุปกรณ์ทั่วไป ทำให้ผู้เรียนมีความคุ้นเคยและสามารถใช้งานได้ง่าย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากตารางจะเห็นว่าการกระจายของความคิดเห็นค่อนข้างน้อย

2 ด้านการใช้งาน สำหรับการติดตั้งและการใช้งานนั้น เนื่องจากอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองต่างๆ ผู้เรียนค่อนข้างคุ้นเคยและมีคำอธิบายในการปฏิบัติงาน ทำให้การทดลองเป็นไปได้อย่างดี มีความสะดวกต่อการใช้งานพอสมควร แต่จากการสังเกตแล้ว ส่วนที่ยังมีส่วนของการประเมินที่น้อยนั้นคือการเชื่อมต่อสายนั้น สายไฟนั้นมีหลายขนาดทำให้การเชื่อมต่อเกิดความสับสน อีกทั้งสายเชื่อมต่อแบบหนึ่งซึ่งมีปลายสายแบบปากคิ๊บ แม้จะมีความง่ายในการจับสายไฟอื่น แต่มักจะเกิดปัญหาที่ต้องระวังส่วนปากคิ๊บด้วยเนื่องจากอาจจะเกิดการลัดวงจรกับปลายสายอื่นได้

3 ด้านใบงาน จากคะแนนในส่วนของใบงานที่อยู่ในระดับมาก คือมีคะแนน 4.24 สามารถกล่าวได้ว่ามีคะแนนมากที่สุด ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามได้ โดยใบงานนั้นถูกออกแบบมาในลักษณะการอธิบายถึงทฤษฎีก่อนในส่วนเริ่มต้นโดยผู้สอนร่วมด้วย ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้นเมื่อเข้าสู่การทำใบงาน และจากตารางจะเห็นว่าการกระจายของความคิดเห็นจะค่อนข้างน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้งานนั้นผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นคล้ายกัน

สำหรับการบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนนั้น ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 5581107 ที่เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาในส่วนของภาคทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เมื่อมาปฏิบัติงานทั้งในด้านของการถอดรื้ออุปกรณ์จากเครื่องใช้ไฟฟ้า แล้วนำมาทำการวัดหาตัวอุปกรณ์ที่ยังสามารถใช้งานได้เพื่อแยกออกจากอุปกรณ์ที่ชำรุด ทำให้เกิดทักษะในการวัดและวิเคราะห์อุปกรณ์มากขึ้น และเมื่อนักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติใบงานเสริมที่พัฒนาขึ้น จะสามารถทำให้เข้าใจในลักษณะของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นก่อนปฏิบัติตามใบงานตามรายวิชาที่เรียนในคาบเรียนปฏิบัติควบคู่ไปด้วย จึงจะให้ผลสัมฤทธิ์ที่ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

1 การพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้น สามารถพัฒนาใบงานให้มีความหลากหลายมากขึ้นทั้งรูปแบบการใช้งานที่อุปกรณ์ที่ดีและเพิ่มประสบการณ์ด้วยใบงานของอุปกรณ์ที่ชำรุดด้วย ดังนั้นจึงควรทำการจัดอุปกรณ์ที่ชำรุดมาเพื่อให้ผู้เรียนมีประสบการณ์เพิ่มเติมในเรื่องใบงานของอุปกรณ์ที่ชำรุด

2 พัฒนาการทดลองที่เป็นใบงานของอุปกรณ์ที่สำคัญในระดับกลางและระดับสูงด้วย เพื่อเสริมการเรียนรู้ในรายวิชาอื่นๆ เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทนี้ยังไม่ได้ถูกใช้งานในการพัฒนาใบงานนานวิจัยนี้

บรรณานุกรม

- ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2538.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒินานิตพงศ์. ทฤษฎีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2542.
- ไพบูลย์ นาคมหาชาสินธ์. หลักการและการประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ต อิงค์, 2542.
- มนต์ชัย เทียนทอง. การออกแบบและพัฒนาบอร์ดสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.
- วัลลภ จันทรตระกูล. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : ส.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. หลักการสอน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2537.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

แบบสอบถาม

การพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์

คำชี้แจง ระดับความเหมาะสมการพัฒนาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้กำหนดดังนี้

- | | | |
|-------|---|---|
| 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	ด้านการออกแบบชุดฝึกทักษะ					
	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ					
	แผงต่อวงจรสำหรับทดลอง					
	สายไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในแผงวงจร					
	ข้อความและสัญลักษณ์บนแผงต่อวงจร					
2	ด้านการใช้งาน					
	ความสะดวกในการต่ออุปกรณ์กับแผงต่อวงจร					
	ความสะดวกในการต่อสายไฟเชื่อมกับแผงต่อวงจร					
	ความสะดวกในการเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจร					
	ความสะดวกในการวัดผลต่างๆ ด้วยมัลติมิเตอร์					
	ความสะดวกในการแสดงผลด้วยไฟสถานะ					
3	ใบงาน					
	เนื้อหาของใบงาน					

	ขั้นตอนการปฏิบัติตามใบงาน					
	ความรู้และเข้าใจหลังการทำใบงาน					

ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

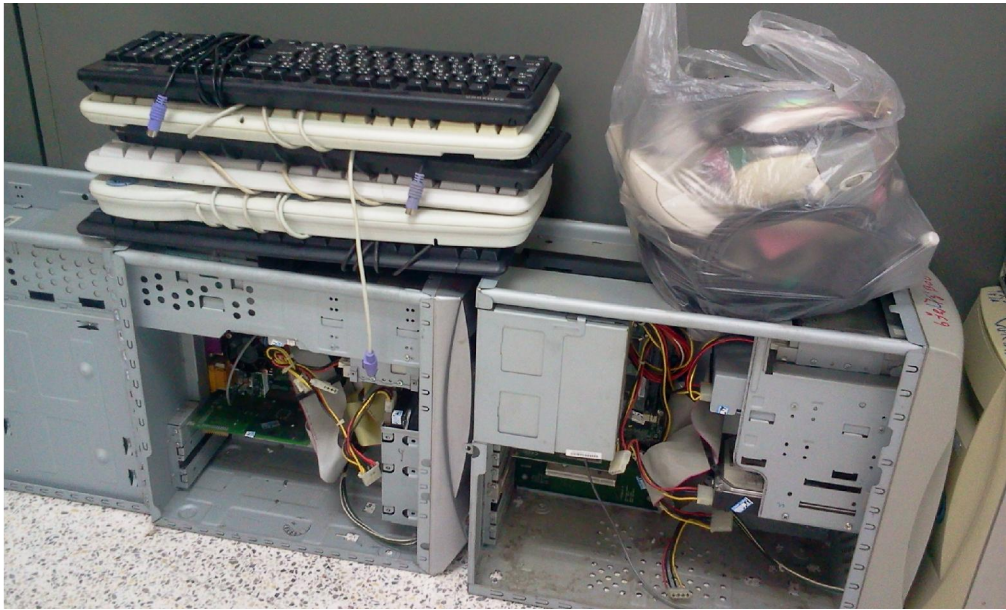
.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

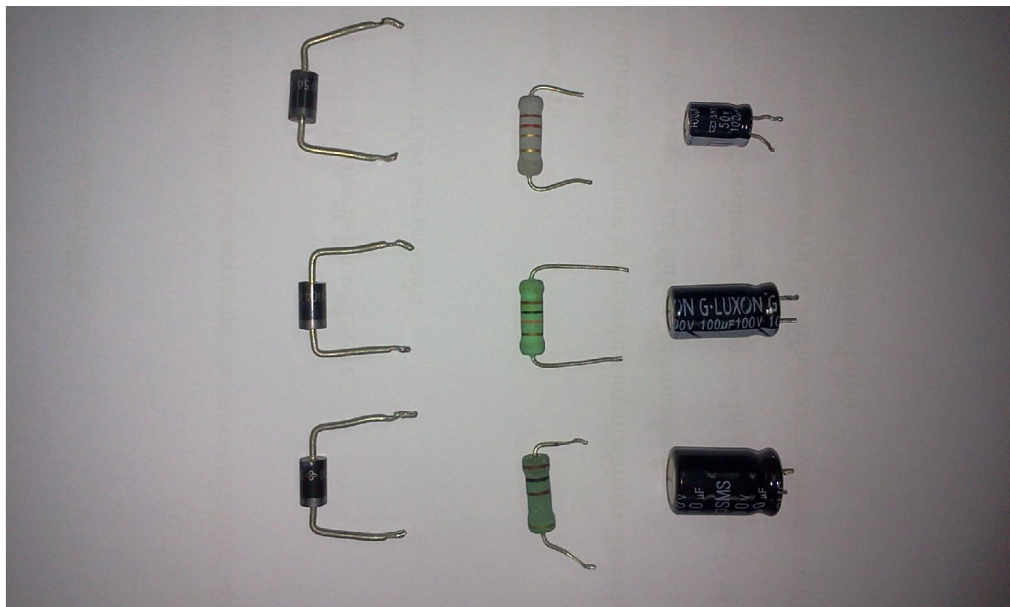
การออกแบบและการสร้างชุดฝึกปฏิบัติการ

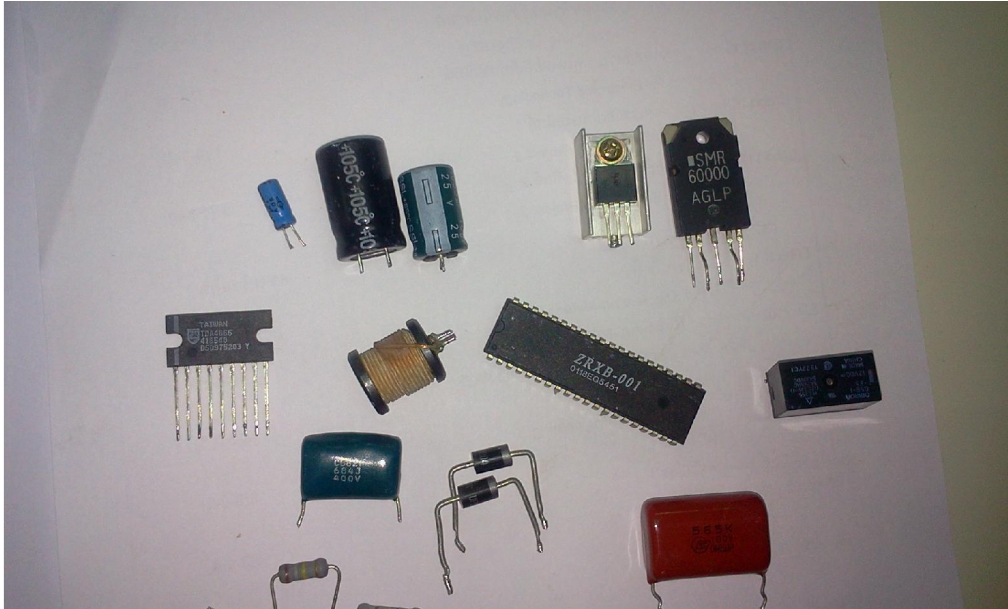


1.สำรวจอุปกรณ์ต่างๆ จากขยะอิเล็กทรอนิกส์

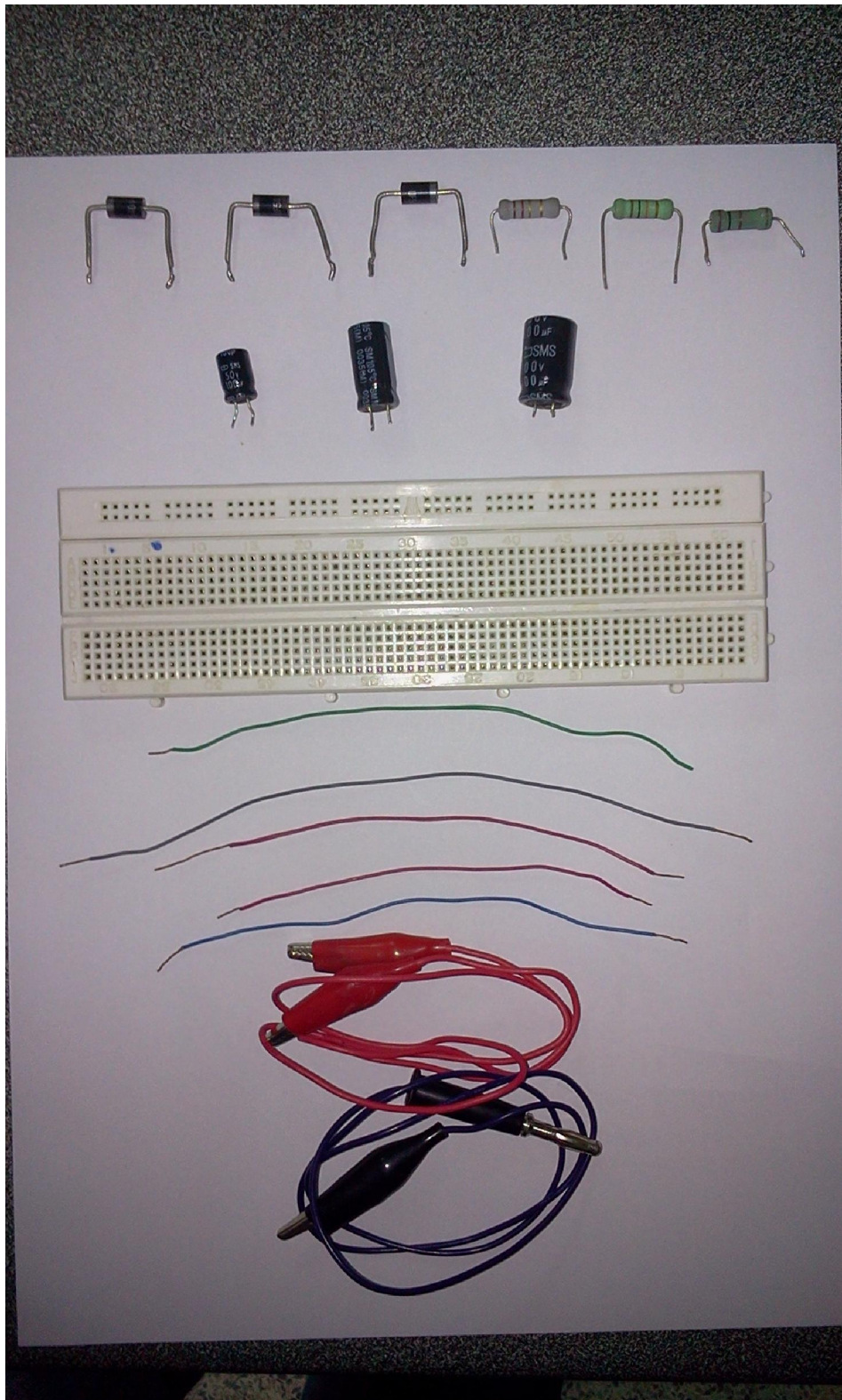


2. การถอดอุปกรณ์ที่ใช้งานได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์

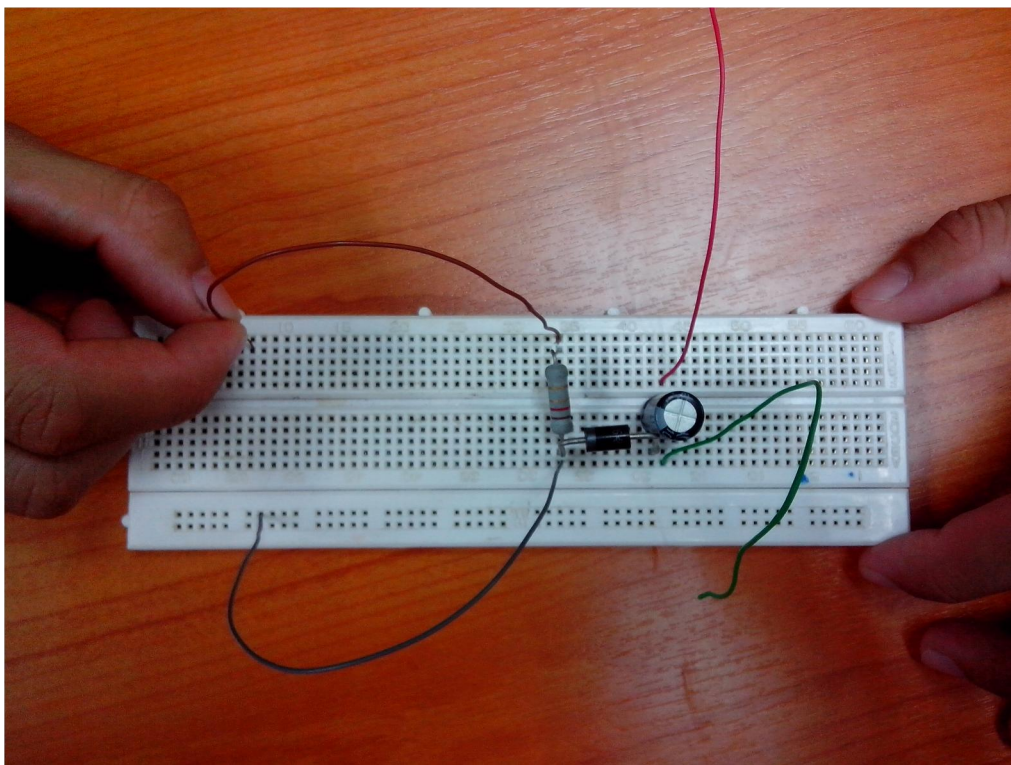




3. อุปกรณ์ที่ได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์



4. นำอุปกรณ์ที่ได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์มาทดลองตามใบงาน



5. นำอุปกรณ์ที่ได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์มาทดลองตามใบงาน (ต่อ)



6. เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและการสร้างชุดฝึกปฏิบัติการ

ภาคผนวก ค

ใบงาน

ใบงานที่ 1

เรื่อง ตัวต้านทาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงตัวต้านทานและคุณสมบัติได้
2. ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อตัวต้านทานในแบบต่างๆ และวัดค่าได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน 100 โอห์ม , 1 กิโลโอห์ม , 10 กิโลโอห์ม, 47 กิโลโอห์ม,
2. แผงต่อวงจรและสายไฟเชื่อมต่อ
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

คำชี้แจง

1. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้อย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัย
2. ควรตรวจสอบสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ ก่อนทำการปฏิบัติการเชื่อมต่ออุปกรณ์

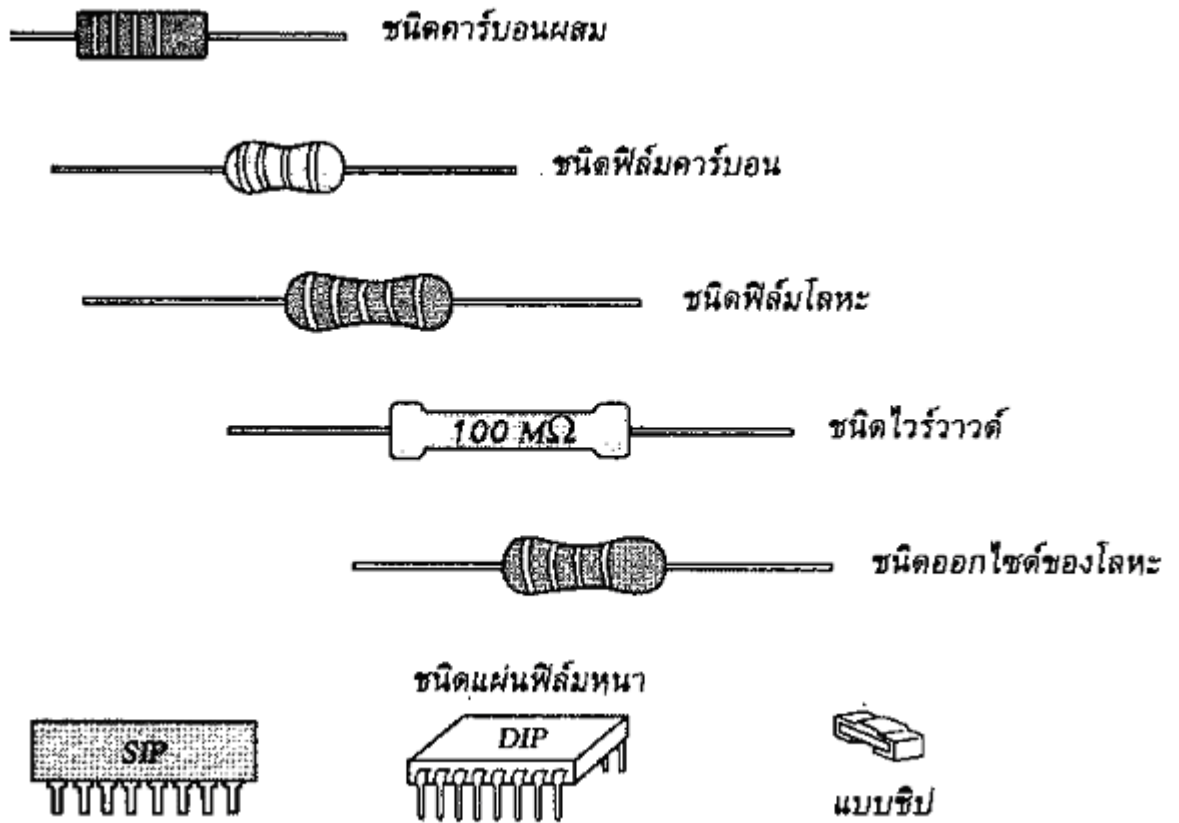
ทฤษฎีเบื้องต้น

ต้านทาน (Resistor)

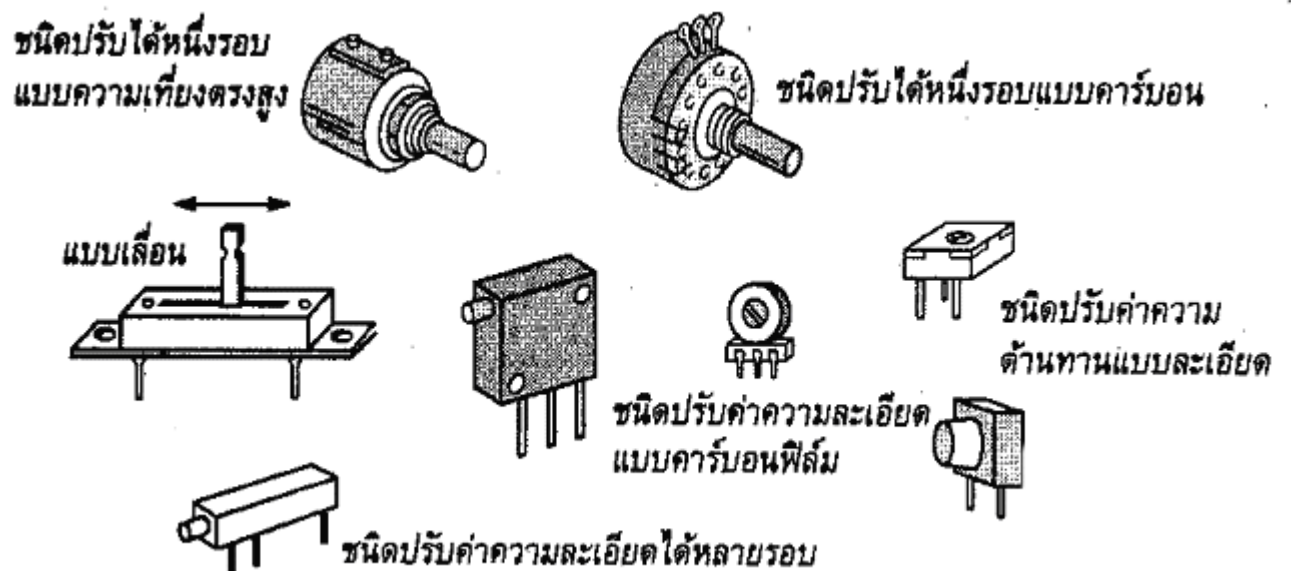
ตัวต้านทานเป็นวัตถุที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรตามที่ได้กำหนดเอาไว้ซึ่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้เป็น (R) และค่าความต้านทานมีหน่วยวัดทางไฟฟ้าเป็น (Ω)

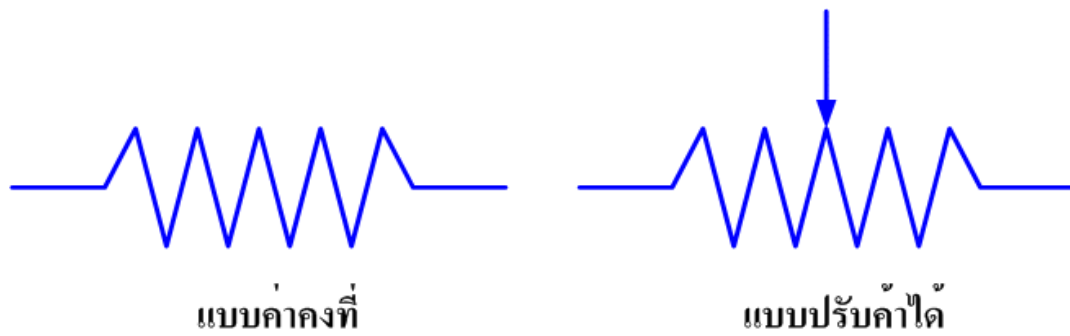
ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Value Resistor) และตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Variable Value Resistor) ซึ่งตัวต้านทานค่าคงที่นี้จะมีค่าความต้านทานที่แน่นอน และเป็นค่าที่นิยมมากในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์



สำหรับตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้นั้น จะสามารถเลือกค่าความต้านทานที่ต้องการได้โดยการหมุนที่ปุ่มปรับค่าความต้านทาน





สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

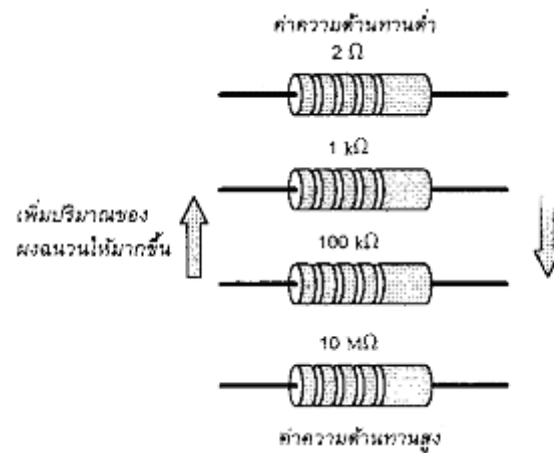
ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่แบ่งได้ดังนี้

ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม (Carbon Composition Resistor)

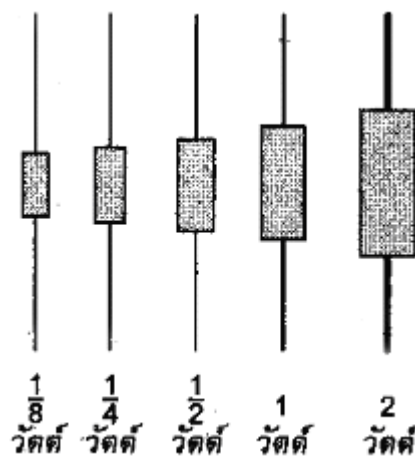
ตัวต้านทานชนิดนี้จะนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายซึ่งจะมีราคาถูก โครงสร้างภายในทำจากวัสดุซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทาน โดยที่ปลายทั้งสองข้างจะต่อลวดตัวนำออกมาและบริเวณผิวด้านนอกจะฉาบด้วยฉนวน มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก



การที่เรียกตัวต้านทานชนิดนี้ว่าตัวต้านทานแบบคาร์บอนผสม เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้ทำตัวต้านทานนี้เกิดจากการผสมกันระหว่างผงคาร์บอนและผงของฉนวน ซึ่งการเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดนี้จะให้ค่าความต้านทานที่ได้เปลี่ยนแปลงไป ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่จำนวน 4 ตัว ซึ่งมีค่าความต้านทานตั้งแต่ 2 โอห์ม จนถึง 10 เมกกะโอห์ม



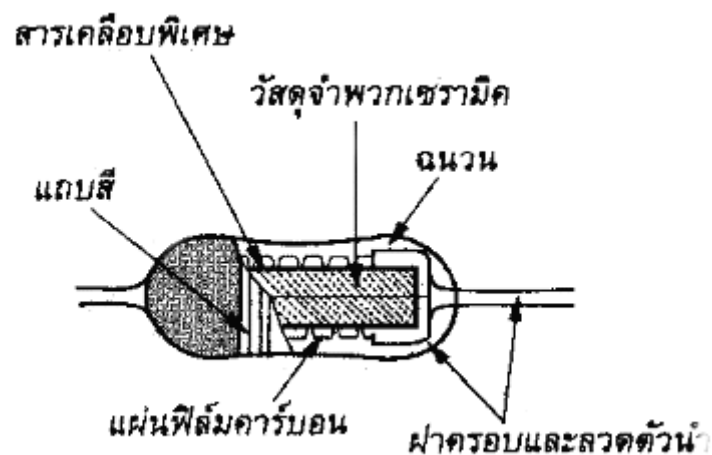
ขนาดของตัวต้านทานจะแสดงถึงกำลังงาน ซึ่งอยู่ในรูปของความร้อนที่สามารถแพร่กระจายออกมาได้ ความต้านทานทำหน้าที่จำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอน ดังนั้นสถานะของการต้านทานหรือ ขัดขวางการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดความร้อนขึ้น โดยปริมาณความร้อนที่แพร่กระจาย ออกมาเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยเวลาจะมีหน่วยเป็น วัตต์ (Watts) และตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่า อัตราทน กำลัง (Wattage Rating) เฉพาะที่แตกต่างกันออกไป โดยตัวต้านทานขนาดใหญ่จะสามารถที่จะแพร่กระจาย ความร้อนได้ดีกว่า เช่น ตัวต้านทานขนาดใหญ่มีอัตราการแพร่กระจายความร้อน 2 วัตต์ ในขณะที่ความ ต้านทานตัวเล็กสามารถกระจายความร้อนในอัตราแค่ 1/8 วัตต์



ค่าความคลื่อน เป็นปัจจัยที่จะต้องพิจารณาอีกประการหนึ่งที่จะต้องพิจารณา ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้เป็น ปริมาณความผิดพลาดของค่าความต้านทานที่แตกต่างกันออกไปจากค่าที่กำหนดไว้ เช่น ค่าความต้านทาน 1000 โอห์ม มีค่าความคลาดเคลื่อน 10 % ดังนั้นค่าความต้านทานที่วัดได้จะอยู่ระหว่าง 900 โอห์ม และ 1100 โอห์ม

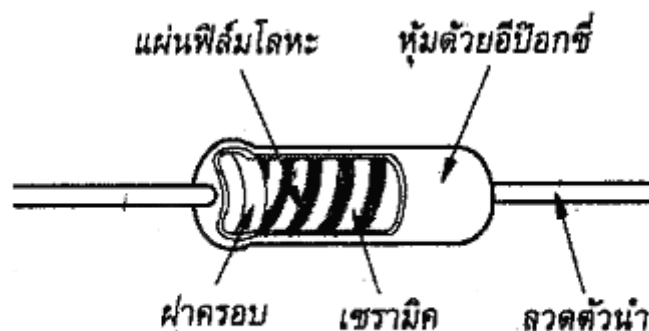
ตัวต้านทานชนิดฟิล์มคาร์บอน (Carbon Film Resistor)

ตัวต้านทานชนิดนี้ถูกสร้างโดยการเคลือบแผ่นฟิล์มคาร์บอนที่มีคุณสมบัติของค่าความต้านทานลงบนแกนเซรามิค ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวน หลังจากนั้นให้ทำการตัดแต่งฟิล์มคาร์บอนที่ได้ให้เป็นรูปร่างแหวนรอบแกนเซรามิค โดยถ้ามีอัตราส่วนของเนื้อคาร์บอนมีปริมาณมากกว่าฉนวนจะทำให้ค่าความต้านทานที่ได้มีค่าต่ำ แต่ถ้าฉนวนมีอัตราส่วนมากกว่าเนื้อของคาร์บอน ความต้านทานที่ได้ก็จะมีค่าสูง ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอนจะมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ และสามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงได้ โดยไม่ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการใช้ตัวต้านทานชนิดนี้ก็มีค่าน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม



ตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะ (Metal Film Resistor)

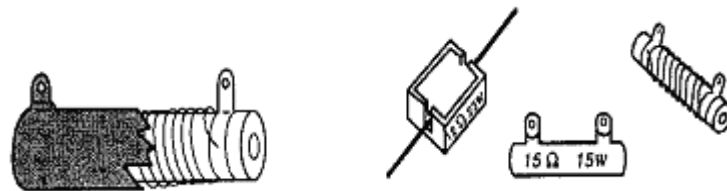
ตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะมีรูปร่างลักษณะ การสร้างทำได้โดยการพ่นฟิล์มโลหะให้เป็นแผ่นบางๆ ลงบนเซรามิครูปทรงกระบอก จากนั้นจึงตัดแผ่นฟิล์มนี้โดยให้มีส่วนที่เป็นแผ่นฟิล์มคั่นอยู่กับฉนวนซึ่งเป็นเซรามิค ตัวต้านทานชนิดฟิล์มโลหะนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก และยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกได้ดี นอกจากนี้ยังเกิดสัญญาณรบกวนได้น้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานคาร์บอนชนิดอื่นๆ



ตัวต้านทานชนิดไวร์วาวด์ (Wirewound Resistor)

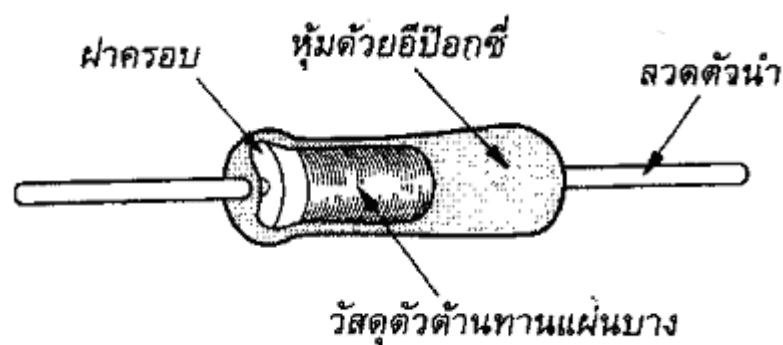
โครงสร้างภายในของตัวต้านทานชนิดนี้เกิดจากพันขดลวดรอบๆ แกนเซรามิก ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวน จากนั้นจึงต่อเข้าด้วยลวดตัวนำจากส่วนหัวและท้ายออกมา สำหรับค่าความต้านทานสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยขึ้นอยู่กับความยาวและขนาดของขดลวดที่ใช้พัน

ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์ ส่วนมากนิยมใช้ในงานที่ต้องการค่าความต้านทานต่ำๆ ทั้งนี้เพื่อให้กระแสไหลผ่านได้ดี ดังนั้นการออกแบบจึงควรให้มีขนาดใหญ่เพื่อช่วยให้สามารถกระจายความร้อนได้มากกว่า ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์นี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 1 % แต่ด้วยโครงสร้างที่ใหญ่และขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากจึงทำให้ตัวต้านทานชนิดนี้มีราคาแพง



ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ (Metal Oxide Resistor)

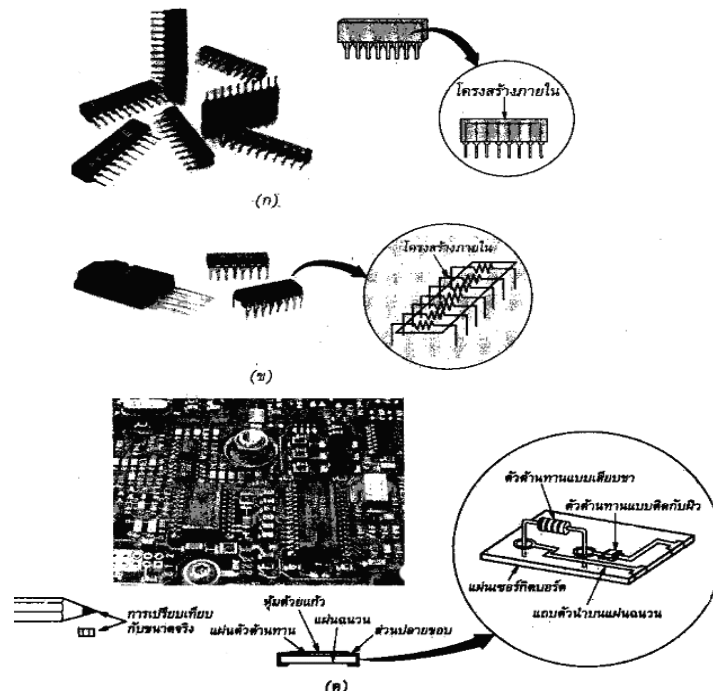
ตัวต้านทานชนิดนี้มีโครงสร้างตัวต้านทานที่เคลือบด้วยออกไซด์โลหะ ประเภทดีบุกกลบนวส์ที่ใช้เป็นฉนวน โดยอัตราส่วนของออกไซด์โลหะมีคุณสมบัติเป็นตัวนำต่อฉนวน จะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานให้กับตัวต้านทานชนิดนี้ คุณสมบัติพิเศษสำหรับตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ คือ สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้



ตัวต้านทานชนิดแผ่นฟิล์มหนา (Thick - Film Resistor)

ตัวต้านทานแบบฟิล์มหนามีอยู่ 2 แบบ คือ แบบ SIP (Single in - line Package) และ DIP (Dual in - Line Package) ตัวต้านทานแบบ SIP จะต่อลวดตัวนำออกจากความต้านทานภายในเพียงแถวเดียว ส่วนตัวต้านทานแบบ DIP จะมีลวดตัวนำ 2 แถว ต่อกันออกมาภายนอก ซึ่งตัวต้านทานแบบฟิล์มหนาทั้งสองแบบ

จะได้รับการปรับแต่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 2% โดยค่าความต้านทานที่ใช้ในงานทั่วไปของตัวต้านทานชนิดนี้อยู่ระหว่าง 22 โอห์ม ถึง 2.2 เมกะโอห์ม และมีอัตราทนกำลัง ประมาณ 1/2 วัตต์



การต่อตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานในวงจร สามารถทำได้ 2 แบบ ได้แก่ คือ การต่อแบบอันดับหรือ (แบบอนุกรม) และการต่อขนาน

การต่อตัวต้านทานแบบอันดับ (แบบอนุกรม)

ค่าความต้านทานรวมที่เกิดจากนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอันดับจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานของตัวต้านทานทุกตัวรวมกัน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความต้านทานที่ต่อกันแบบอันดับ

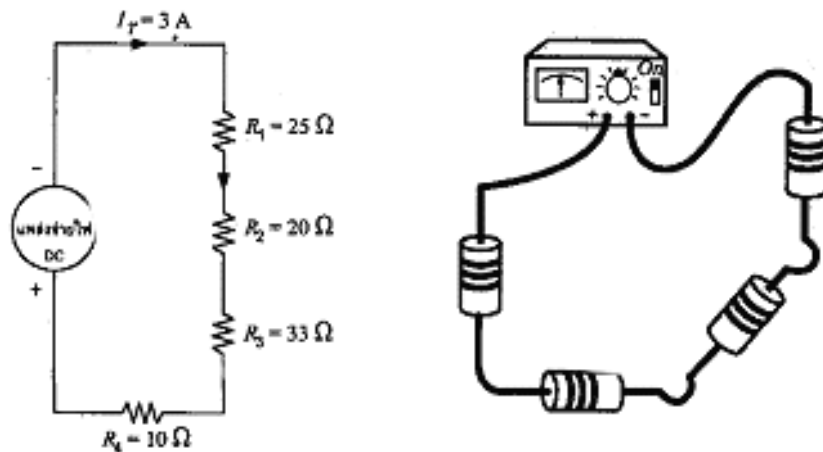
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

โดยที่

R_T	=	ค่าความต้านทานรวม
R_1	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 1
R_2	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 2
R_3	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 3

ตัวอย่าง

จากวงจรในรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม



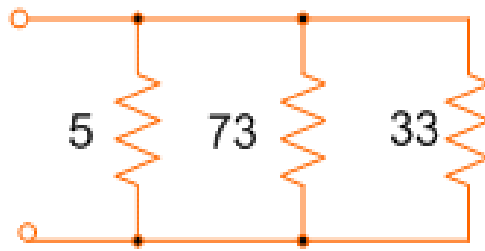
การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

ค่าความต้านทานรวมที่เกิดขึ้นจากการนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบขนานจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของส่วนกลับของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความต้านทานที่ต่อกันแบบขนาน

$$R_T = \frac{1}{(1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3) + \dots}$$

โดยที่	R_T	=	ค่าความต้านทานรวม
	R_1	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 1
	R_2	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 2
	R_3	=	ค่าความต้านทานตัวที่ 3



ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. นำตัวต้านทานทั้งหมดมาเขียนค่าสีลงในตารางที่ 1
2. อ่านค่าสีออกมาเป็นตัวเลขแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1
3. นำตัวต้านทานแต่ละตัวตามตารางต่อไว้ในแผงต่อวงจร แล้วใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวต้านทาน พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตัวที่	ค่าสี	ค่าที่อ่านได้	ค่าที่วัดได้
1			
2			
3			
4			

ตารางที่ 1 ค่าสีและค่าการวัดของตัวต้านทาน

4. นำตัวต้านทานซึ่งมีจำนวนตามตารางที่ 2 ต่ออนุกรมกัน ทำการอ่านค่าบันทึกผลลงในตารางที่ 2
5. ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวต้านทาน พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

จำนวนตัว	ค่าสีตัวที่ 1	ค่าสีตัวที่ 2	ค่าสีตัวที่ 3	ค่าสีตัวที่ 4	ค่าที่คำนวณได้	ค่าที่วัดได้
2						
3						
4						

ตารางที่ 2 ค่าสีและค่าการวัดของตัวต้านทานแบบอนุกรม

6. นำตัวต้านทานซึ่งมีจำนวนตามตารางที่ 2 ต่อขนานกัน ทำการอ่านค่าบันทึกผลลงในตารางที่ 3
7. ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวต้านทาน พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 3

จำนวนตัว	ค่าสีตัวที่ 1	ค่าสีตัวที่ 2	ค่าสีตัวที่ 3	ค่าสีตัวที่ 4	ค่าที่คำนวณได้	ค่าที่วัดได้
2						
3						
4						

ตารางที่ 3 ค่าสีและค่าการวัดของตัวต้านทานแบบขนาน

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2

เรื่อง ตัวเก็บประจุ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงตัวเก็บประจุและคุณสมบัติได้
2. ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อตัวเก็บประจุในแบบต่างๆ และวัดค่าได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตัวเก็บประจุ 10 $\mu\text{F}/50\text{V}$, 100 $\mu\text{F}/50\text{V}$, 4.7 $\mu\text{F}/50\text{V}$, 47 $\mu\text{F}/50\text{V}$
2. แผงต่อวงจรและสายไฟเชื่อมต่อ
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

คำชี้แจง

1. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้อย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัย
2. ควรตรวจสอบสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ ก่อนทำการปฏิบัติการเชื่อมต่ออุปกรณ์

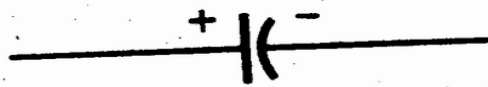
ทฤษฎีเบื้องต้น

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้า สามารถต้านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าและการขัดขวางการไหลผ่านของกระแสไฟตรง ตัวเก็บประจุแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ ตัวเก็บประจุ

ชนิดค่าคงที่ ตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ และตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการต่อตัวเก็บประจุนั้น สามารถต่อกันทั้งแบบอนุกรม และแบบขนานได้ เช่นเดียวกับตัวต้านทาน ส่วนการนำตัวเก็บประจุไปใช้งาน นั้นจะใช้ในวงจรหน่วงเวลา วงจรแต่งคลื่นสัญญาณ วงจรเลื่อนเฟส และวงจรกรองกระแส

ตัวเก็บประจุชนิดคงที่ Fixed capacitor

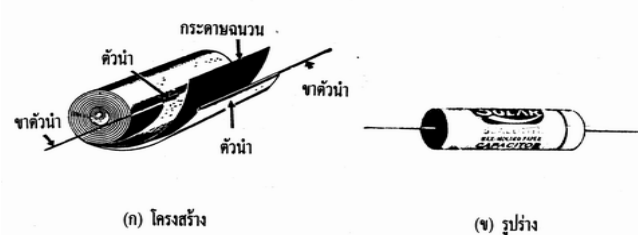
แบบ ที่ Fixed Capacitor เป็น Capacitor ชนิดนี้จะมีขั้วบวกและขั้วลบบอกไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบกลม ดังนั้น การนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงการต่อขั้วให้กับ Capacitor ด้วย จะสังเกตขั้วง่าย ๆ ขั้วไหนที่เป็นขั้วลบ จะมีลูกศรชี้ไปที่ขั้วนั้น และในลูกศรจะมีเครื่องหมายลบบอกไว้



รูปแสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบคงที่

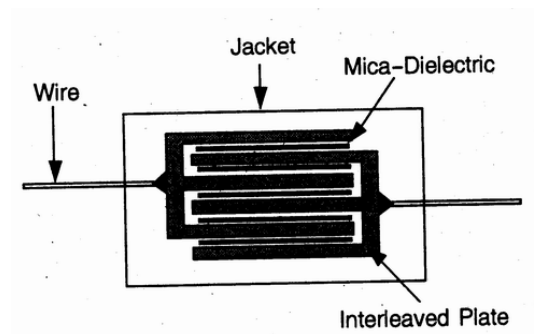
1 ตัวเก็บประจุแบบกระดาษ (Paper capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเปเปอร์ นำไปใช้งานซึ่งต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มี ค่าสูง และมี เสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิสูงได้ดี มีความจุที่ดีใน ย่านอุณหภูมิที่กว้าง (



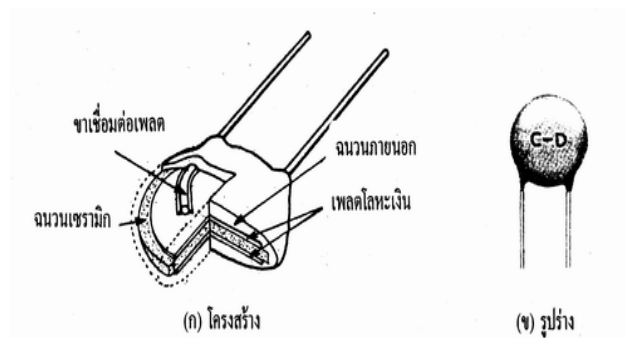
2 ตัวเก็บประจุแบบไมก้า (Mica capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบไมก้านี้ จะมีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ และความถี่ มีค่าตัวประกอบการสูญเสียต่ำ และสามารถทำงาน ได้ดีที่ความถี่สูง จะถูกนำมาใช้ในงานหลายอย่าง เช่น ในวงจรจูนวงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรกรองสัญญาณ และวงจรขยาย ความถี่วิทยุกำลังสูง จะไม่มีการผลิตตัวเก็บประจุแบบไมก้าค่าความจุสูงๆ ออกมา เนื่องจากไมก้ามีราคาแพง จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการ ผลิตสูงเกินไป



3 ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก (Ceramic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก โดยทั่วไปตัวเก็บประจุชนิดนี้มีลักษณะกลมๆ แบนๆ บางครั้งอาจพบแบบสี่เหลี่ยมแบนๆ ส่วนใหญ่ตัวเก็บประจุชนิดนี้ มีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด และเป็นตัวเก็บประจุชนิดที่ไม่มีขั้ว (ไม่ต้องคำนึงเวลาใช้งาน) และสามารถทนแรงดันได้ประมาณ 50-100 โวลต์ค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกที่มีใช้กันในปัจจุบันอยู่ในช่วง 1 พิโกฟารัด ถึง 0.1 ไมโครฟารัด

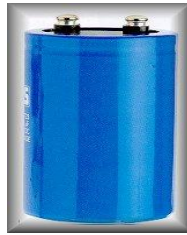


4 ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ตัวเก็บประจุชนิดนี้ต้องระวังในการนำไปใช้งานด้วย เพราะมีขั้วที่แน่นอนพิมพ์ติดไว้ด้านข้างตัวถังอยู่แล้ว ถ้าป้อนแรงดันให้กับตัวเก็บประจุผิดขั้วละก็ อาจเกิดความเสียหายกับตัวมันและอุปกรณ์ที่ประกอบร่วมกับตัวมันได้ ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดนี้สังเกตได้ง่ายๆ เมื่อตอนซื้อ มา คือ ขาที่ยาวจะเป็นขั้วบวก และขาที่สั้นจะเป็นขั้วลบ



5 ตัวเก็บประจุแบบน้ำมัน (Oil capacitor)



6 ตัวเก็บประจุแบบโพลีเอทิลีน (Polyethylene capacitor)



7 ตัวเก็บประจุ แทนทาลัม (Tantalum capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัม จะให้ค่าความจุสูงในขณะที่ตัวถังที่บรรจุมีขนาดเล็ก และมีอายุในการเก็บไว้เฉยๆ ตีมาก. ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัมนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น ชนิด โซลิต (solid type) ชนิด ชินเทอร์ สลัก (sintered slug) ชนิดฟอยล์ธรรมดา (plain foil) ชนิดเอ็ชฟอยล์ (etched foil) ชนิดเว็ทสลัก (wet slug) และ ชนิดชิ้นสี่เหลี่ยม (chip) การนำไปใช้งานต่างๆ ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณ ชนิด โซลิตนั้นไม่ไวต่ออุณหภูมิ และ มีค่าคุณสมบัติระหว่างค่าความจุอุณหภูมิต่ำกว่า ตัวเก็บประจุ แบบอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด ๆ

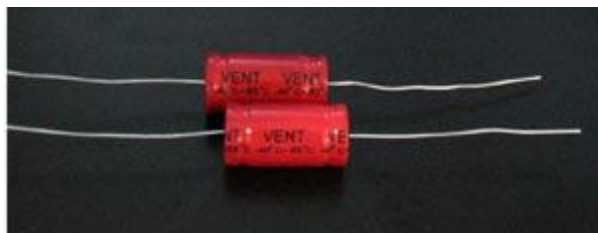
สำหรับงานที่ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัม ไม่เหมาะ ได้แก่ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้น (triggering system) หรือ วงจรเลื่อนเฟส (phase - shift net work) เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบนี้ มีค่าคุณสมบัติของการดูดกลืนของไดอิเล็กตริก สูง ซึ่งหมายถึงเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุ สารไดอิเล็กตริกยังคงมีประจุหลงเหลืออยู่. ดังนั้นแม้ว่าตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติของการดูดกลืนของสารไดอิเล็กตริกสูงจะถูกคายประจุ ประจุจนเป็นศูนย์แล้วก็ตาม จะยังคงมีประจุเหลืออยู่เป็นจำนวนมากพอ ที่ จะทำ ให้เกิดปัญหาในวงจรตั้งเวลา และ วงจรอื่นที่คล้ายกัน



8 ตัวเก็บประจุแบบไมลา (Milar capacitor)



9 ตัวเก็บประจุแบบไบโพลาร์ (Bipolar capacitor)



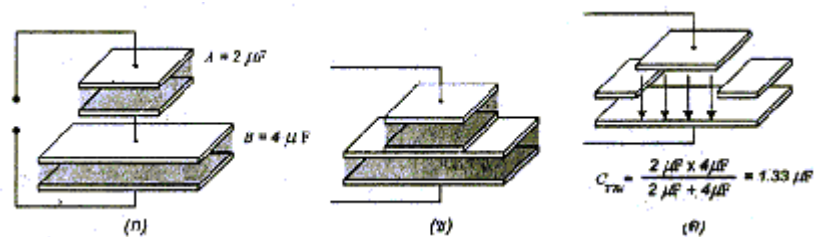
10 ตัวเก็บประจุแบบโพลีโพรไพลีน (Poiypropylene)



การต่อตัวเก็บประจุ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอันดับหรืออนุกรม

จากรูป (ก) แสดงการต่อตัวเก็บประจุค่า 2 mF และ 4 mF แบบอันดับ โดยต่อด้านล่างแผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ A เข้ากับด้านบนแผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ B ดังแสดงในรูป (ข)



จากการที่ด้านบนแผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ A และด้านล่างแผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ B ถูกต่อเข้ากับวงจรจึงทำให้แผ่นเพลตที่อยู่บริเวณตรงกลางทั้งสองแผ่นไม่มีผลใดๆ ดังแสดงในรูป (ค) แต่สิ่งที่ได้จากการต่อแบบอันดับนี้ คือ ความหนาของไดอิเล็กตริกที่เพิ่มขึ้น (d ญ) และทำให้ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่มีแผ่นเพลตรองรับในทิศทางตรงกันข้ามเท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะขึ้นอยู่กับแผ่นเพลตที่มีพื้นที่น้อย นั่นคือ แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ A

สรุปได้ว่า เมื่อทำการต่อตัวเก็บประจุแบบอันดับจะทำให้พื้นที่รวมของแผ่นเพลตลดลง (A ญ) และความหนาของไดอิเล็กตริกเพิ่มขึ้น (d ญ) ส่งผลให้ค่าการเก็บประจุรวมลดลง

การคำนวณหาค่าการเก็บประจุรวมของตัวเก็บประจุที่ต่อกันแบบอันดับ หาได้จากสูตร ดังนี้

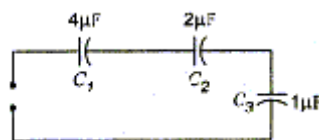
$$C_T = \frac{1}{(1/C_1) + (1/C_2) + (1/C_3) + \dots}$$

สำหรับตัวเก็บประจุ 2 ตัว จะใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

ตัวอย่าง

จงคำนวณหาค่าการเก็บประจุรวม ของวงจรในรูป



ตัวอย่างการต่อตัวเก็บประจุแบบอันดับ

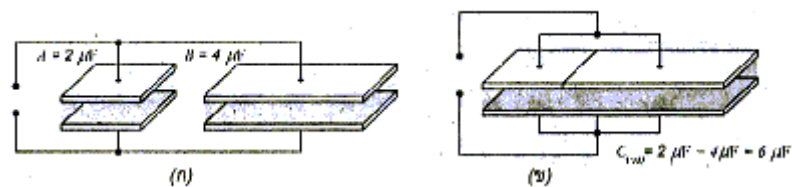
วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 C_T &= \frac{1}{(1/C_1) + (1/C_2) + (1/C_3)} \\
 &= \frac{1}{(1/4\mu F) + (1/2\mu F) + (1/1\mu F)} \\
 &= \frac{1}{1.75 \times 10^{-6}} = 5.7143 \times 10^{-7} \\
 \text{คำตอบ} &= 0.5714 \mu F
 \end{aligned}$$

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

รูป (ก) แสดงการต่อตัวเก็บประจุ 2 ตัว A และ B ค่า 2 mF และ 4 mF แบบขนาน ส่วนรูป (ข) แสดงการต่อตัวเก็บประจุ A และ B ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก และระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตเท่ากันเข้าด้วยกันแบบขนานจะเห็นว่า ทั้งด้านบนและด้านล่างแผ่นเพลตของตัวเก็บประจุทั้งสองถูกต่อเข้าด้วยกัน จึงเสมือนว่าแผ่นเพลตทั้งสองเป็นแผ่นเดียวกัน สรุปได้ว่า ถ้าต่อตัวเก็บประจุแบบขนานจะทำให้พื้นที่ของแผ่นเพลตเพิ่มขึ้น และเนื่องด้วยค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของแผ่นเพลต ดังนั้น จึงส่งผลให้ค่าการเก็บประจุเพิ่มขึ้นด้วย

$$C \uparrow = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \times K \times A \uparrow}{d}$$

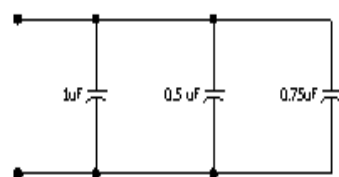


ค่าการเก็บประจุรวม คำนวณจากการรวมพื้นที่ของแผ่นเพลตทุกแผ่นรวมกัน ดังนั้นค่าการเก็บประจุรวมของตัวเก็บประจุที่ต่อกันแบบขนานจึงเท่ากับผลรวมของค่าการเก็บประจุของตัวเก็บประจุทุกตัว

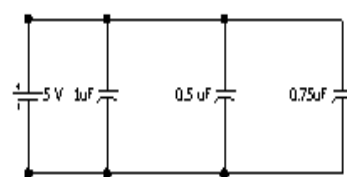
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

ตัวอย่าง

จงหาค่าการเก็บประจุรวมของวงจรในรูป (ก) และ (ข)



ก



ข

รูปแสดงตัวอย่างการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

วิธีทำ

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= 1 \mu F + 0.5 \mu F + 0.75 \mu F$$

คำตอบ

$$= 2.25 \mu F$$

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. นำตัวเก็บประจุทั้งหมดมาเขียนค่าสีลงในตารางที่ 1
2. อ่านค่าสีออกมาเป็นตัวเลขแล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 1
3. นำตัวเก็บประจุแต่ละตัวตามตารางต่อไว้ในแผงต่อวงจร แล้วใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวเก็บประจุ พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 1

ตัวที่	ค่าสีหรือค่าตัวเลข	ค่าที่อ่านได้	ค่าที่วัดได้
1			
2			
3			
4			

ตารางที่ 1 ค่าความจุและค่าการวัดของตัวเก็บประจุ

4. นำตัวเก็บประจุซึ่งมีจำนวนตามตารางที่ 2 ต่ออนุกรมกัน ทำการอ่านค่าบันทึกผลลงในตารางที่ 2
5. ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวเก็บประจุ พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2

จำนวนตัว	ค่าตัวที่ 1	ค่าตัวที่ 2	ค่าตัวที่ 3	ค่าตัวที่ 4	ค่าที่คำนวณได้	ค่าที่วัดได้
2						
3						
4						

ตารางที่ 2 ค่าความจุและค่าการวัดของตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

6. นำตัวเก็บประจุซึ่งมีจำนวนตามตารางที่ 2 ต่อขนานกัน ทำการอ่านค่าบันทึกผลลงในตารางที่ 3
7. ใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวเก็บประจุ พร้อมทั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 3

จำนวนตัว	ค่าตัวที่ 1	ค่าตัวที่ 2	ค่าตัวที่ 3	ค่าตัวที่ 4	ค่าที่คำนวณได้	ค่าที่วัดได้
2						
3						
4						

ตารางที่ 3 ค่าความจุและค่าการวัดของตัวเก็บประจุแบบขนาน

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 3

เรื่อง ไดโอด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงไดโอดและคุณสมบัติได้
2. ผู้เรียนสามารถวัดไดโอดและวิเคราะห์สภาพของไดโอดได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ไดโอดจำนวน 5 ตัว
2. แผงต่อวงจรและสายไฟเชื่อมต่อ
3. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์
4. ,มัลติมิเตอร์แบบเข็ม

คำชี้แจง

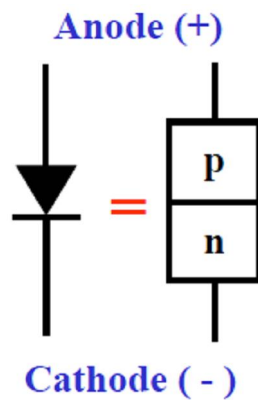
1. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้อย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัย
2. ควรตรวจสอบสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ ก่อนทำการปฏิบัติการเชื่อมต่ออุปกรณ์

ทฤษฎีเบื้องต้น

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มี 2 ขา ซึ่งมีลักษณะพิเศษคือ กระแสไหลผ่านได้ในทิศทางเดียว ซึ่งจากคุณสมบัติพิเศษนี้ จึงสามารถนำไดโอดมาใช้เป็นตัวแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง วงจรในภาครับของวิทยุ เป็นต้น

โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

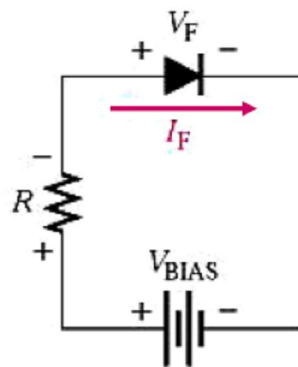
ไดโอดสามารถได้จากรอยต่อ p-n โดยการดึงขาที่ p-type เป็นขาแอโนด (Anode; A) และ n-type เป็นขาแคโทด (Cathode; K) สัญลักษณ์จะใช้ลูกศรแทนขาแอโนด โดยทิศทางของลูกศรเป็นทิศทางการไหลของกระแสสมมุติ (ตรงข้ามกับทิศทางการไหลของอิเล็กตรอน) และใช้ขีดแทนขาแคโทด



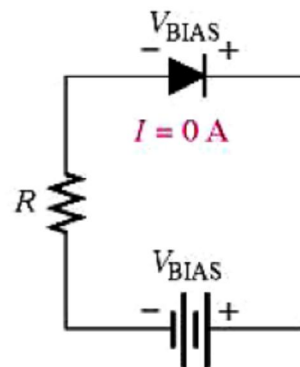
รูปที่ 1 โครงสร้างอย่างง่ายและสัญลักษณ์ของไดโอด

ไดโอดอุดมคติ

เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เราสามารถใช้แบบจำลองซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าแบบพื้นฐานมาแทนการทำงานของอุปกรณ์ที่เราพิจารณาอยู่ รูปที่ 2 เป็นภาพแสดงการไบอัสไดโอดทั้งแบบไบอัสตรงและไบอัสกลับ รูปที่ 3 ก แสดงการสวิตช์ปิดวงจรแทนไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรงและรูปที่ 3 ข ใช้สวิตช์เปิดวงจรแทนไดโอดเมื่อได้รับไบอัสกลับ

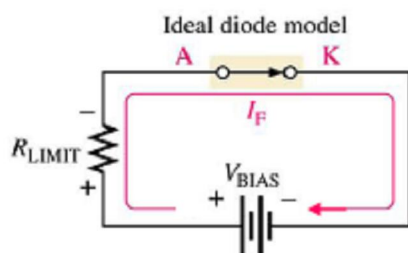


(ก)

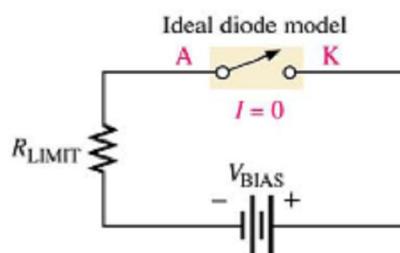


(ข)

รูปที่ 2 ก. วงจรไดโอดแบบไบอัสตรงและ ข. แบบไบอัสกลับ



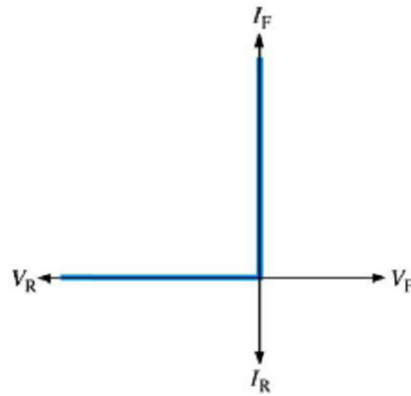
(ก)



(ข)

รูปที่ 3 ก. การสวิตช์ปิดวงจรแทนไดโอดและ ข. การใช้สวิตช์เปิดวงจรแทนไดโอด สำหรับรูปที่ 1

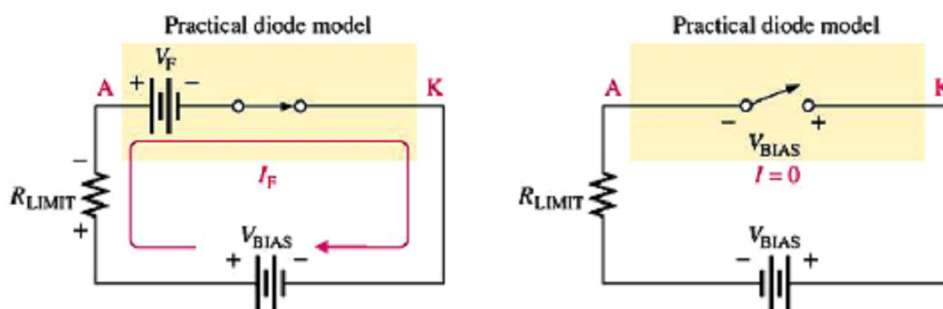
รูปที่ 4 เป็นกราฟ V-I ของไดโอดอุดมคติ ซึ่งจะเห็นว่าไดโอดอุดมคติไม่มีแรงดันตกคร่อมและความต้านทานเป็นศูนย์เมื่อไบอัสตรงและ ไดโอดอุดมคติมีกระแสรั่วไหลเป็นศูนย์และความต้านทานเป็นอนันต์เมื่อได้รับไบอัสกลับ



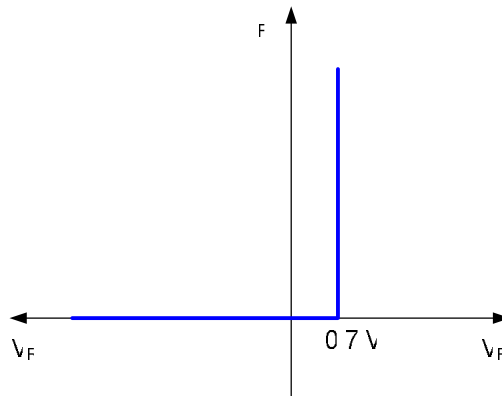
รูปที่ 4 คุณสมบัติ V-I ของไดโอดอุดมคติ

แบบจำลองไดโอดในทางปฏิบัติ

ในทางปฏิบัติเราสามารถพิจารณาไดโอดให้ใกล้เคียงยิ่งขึ้นด้วยการคำนึงถึงแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะไบอัสตรง โดยการแทนแรงดันตกคร่อมด้วยสัญลักษณ์แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง V_F ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะใช้ค่าแรงดัน 0.3 V สำหรับไดโอดที่ทำจาก Ge และ 0.7 V สำหรับไดโอดที่ทำจาก Si รูปที่ 6 แสดงกราฟคุณสมบัติ V-I ของซิลิกอนไดโอด



รูปที่ 5 แบบจำลองไดโอดในทางปฏิบัติอย่างง่าย



รูปที่ 6 คุณสมบัติ V-I ของแบบจำลองอย่างง่ายของซิลิกอนไดโอด

รูปร่างของไดโอด

รูปที่ 7 แสดงให้เห็นตัวถังของไดโอดโดยทั่วไป ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ขึ้นกับชนิด พิกัดกำลังไฟฟ้า ตัวถังของไดโอดบางชนิดสามารถสังเกตขาแคโทดได้ง่ายๆจากขีดที่แต้มไว้

รูปที่ 7

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. นำไดโอดทั้งหมดมาเขียนรหัสหรือเบอร์(หรือวาดรูป)ลงในตารางที่ 1
2. นำไดโอดแต่ละตัวตามตารางต่อไว้ในแผงต่อวงจร แล้วใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็มทำการวัดค่าด้วยย่านวัดตัวต้านทาน
3. ทำการวัดโดยวัดครั้งแรกโดยใช้สายวัดที่ขาของไดโอด พร้อมทั้งบันทึกผลการวัด (สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์เป็นอย่างไร ค่าที่ได้เป็นอย่างไร) ลงในตารางที่ 1
4. ทำการวัดโดยวัดครั้งที่สองโดยการสลับสายวัด (สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเข็มมิเตอร์เป็นอย่างไร ค่าที่ได้เป็นอย่างไร) ลงในตารางที่ 1
5. ทำการวิเคราะห์ว่าไดโอดตัวนั้นมีสถานะอย่างไร (เสียหรือดี) ลงในตารางที่ 1

ตัวที่	รหัส/เบอร์	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	สถานะ
1				
2				
3				
4				

ตารางที่ 1 ค่าความจุและค่าการวัดของไดโอด

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
หลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์

มคอ. 3 รายวิชา TEEC101 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
คณะ เทคโนโลยีการเกษตร

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

TEEC101.....อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

3.1...หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต...สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

3.2...ประเภทรายวิชา...วิชาชีพบังคับ

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

นายกฤษณ์พันธ์...พรรณรัตน์ชัย.....

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

1/2555

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคาร...TE2...คณะเทคโนโลยีการเกษตร...มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด

5. พฤศจิกายน 2556

1. แผนการสอน

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	-แนะนำรายวิชา...ข้อตกลง คะแนน...วิธีประเมินผลการเรียน	4	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน	
2	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน R.L C	4	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -ปฏิบัติการ.Lab ใบงาน จากพัฒนาชุดปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจาก ขยะอิเล็กทรอนิกส์	
3	-โครงสร้างของอะตอม.สารกึ่งตัวนำ โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะสมันติ ทางไฟฟ้าของไดโอด	4	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab ใบงาน จากพัฒนาชุดปฏิบัติการ อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นจาก ขยะอิเล็กทรอนิกส์	
4	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมันติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ ไดโอด	4	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab	
5-6	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมันติทางไฟฟ้าของ ทรานซิสเตอร์	8	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab	
7	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมันติทางไฟฟ้าของเฟต	4	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab	
8	สอบกลางภาค	3		

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
9-11	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมบัติทางไฟฟ้าไอซีชนิดต่างๆ	12	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab.	
12-13	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ ทรานซิสเตอร์	8	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab.	
14-15	โครงสร้าง,สัญลักษณ์ลักษณะ สมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อป โต	8	-การบรรยาย -อภิปรายกลุ่ม -เอกสารประกอบการสอน -ปฏิบัติการ.Lab.	
16	สอบปลายภาค	3		

ภาคผนวก จ
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายสมคิด ฤทธิเนติกุล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Somkid Ritnathikul.
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
5 6711 00040 16 7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
อาจารย์ประจำพิเศษ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
โทร. 0-5671-7151 โทรสาร. 0-5671-7151 มือถือ. 08-9959-6264
E-mail : cyberkamp@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปี 2542	ปวส.	อิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์
ปี 2544	ปริญญาตรี	วทบ. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์
ปี 2554	ปริญญาโท	วศ.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพใน
การทำการวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
 - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
 - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :
การพัฒนาระบบโทรศัพท์ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์โดยใช้ระบบโทรศัพท์ผ่าน
เครือข่ายอินเทอร์เน็ต, สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2553
การพัฒนาระบบวีดิโอถ่ายทอดสดเพื่อการศึกษาผ่านอินเทอร์เน็ต (วิจัยร่วม) 80%,
สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ , 2554
 - 7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -