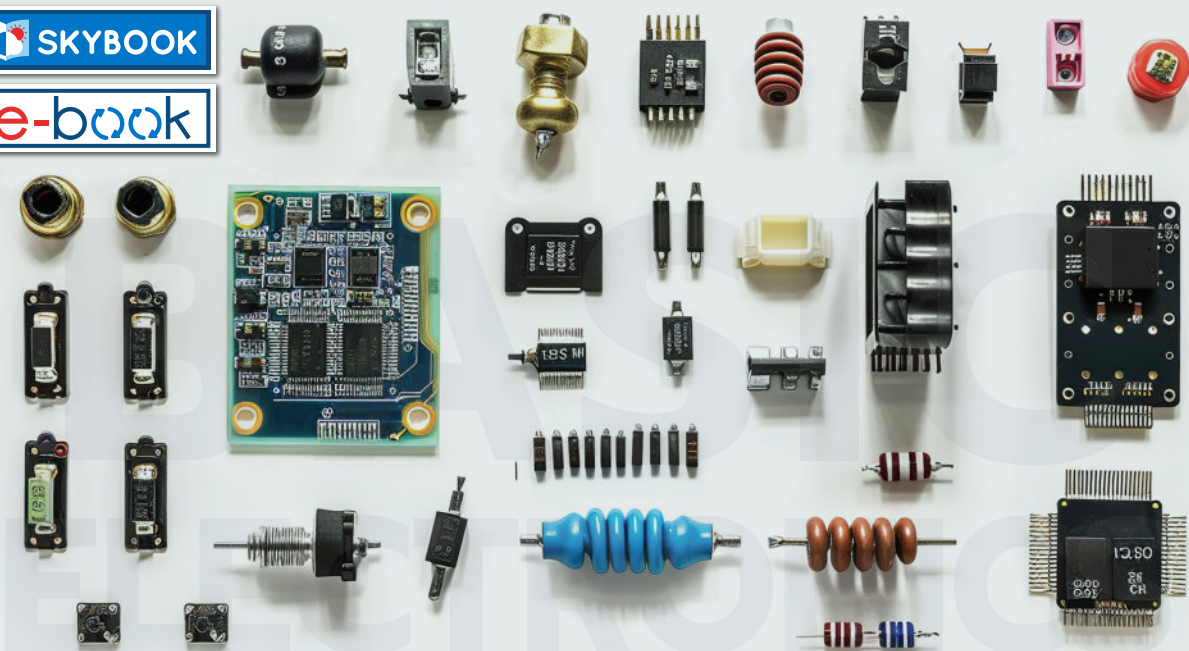
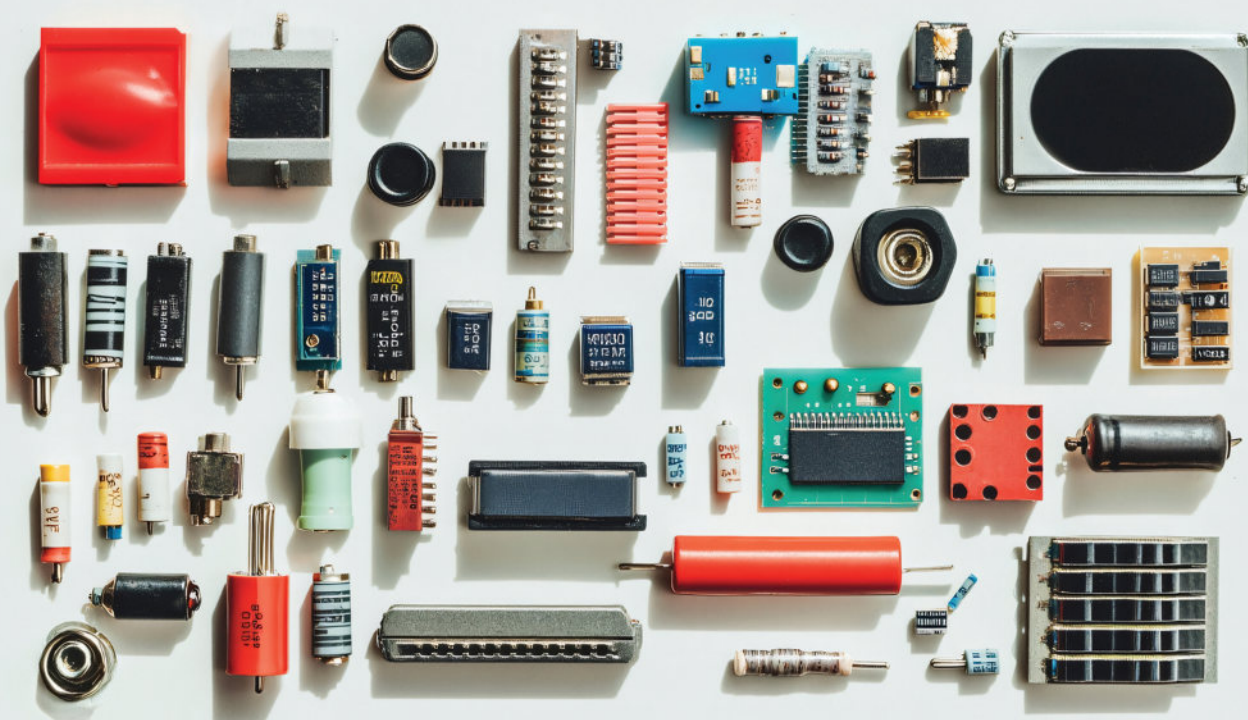
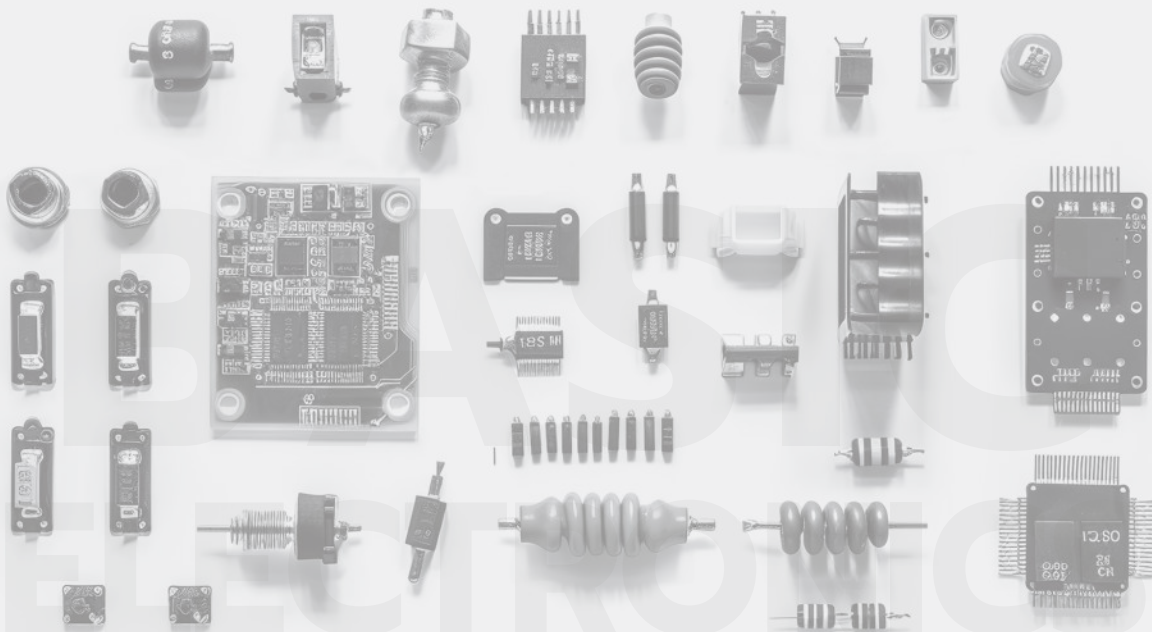


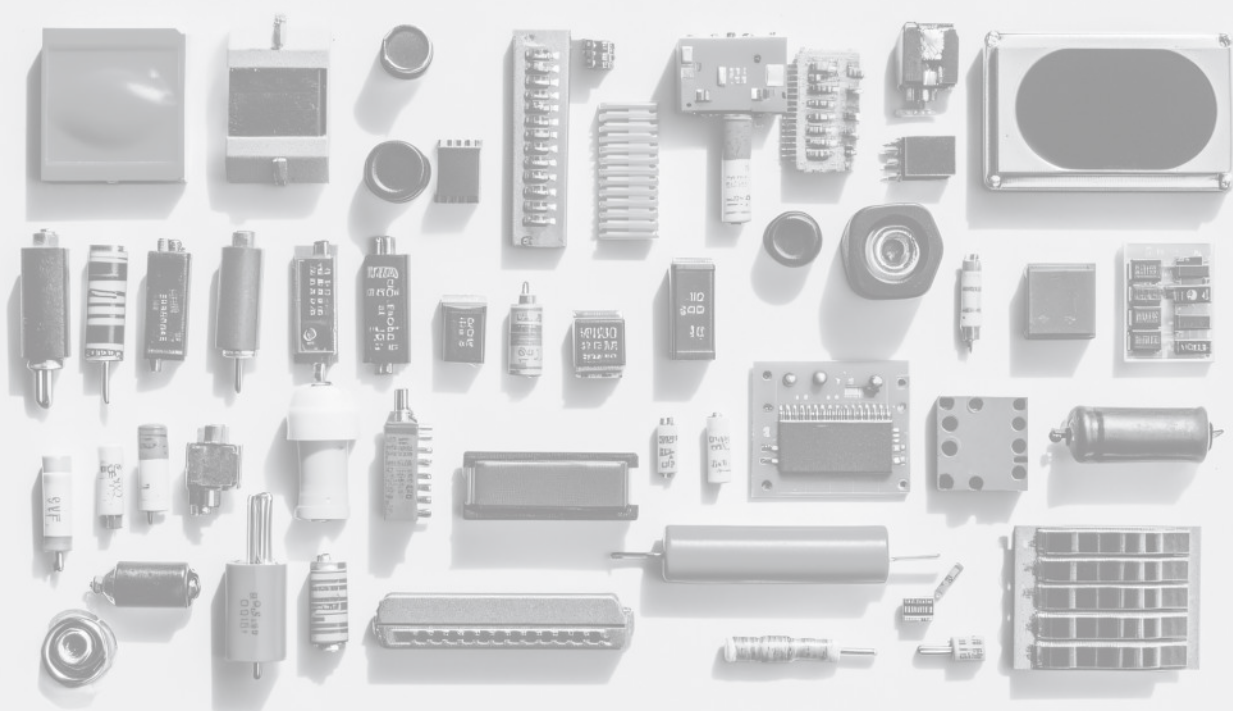


อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น





อิเล็กทรอนิกส์ เบื้องต้น



คำนำ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ได้เจริญขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ขยายตัวเข้าไปมีบทบาทอย่างมากในทุกเรื่อง อย่างเช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ระบบควบคุมกำลังงานไฟฟ้า ระบบเครื่องยนต์ ระบบเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ระบบการสื่อสารแบบไร้สาย ตลอดจนระบบสื่อสารดาวเทียม จนเราทุกคนได้ยินคำว่า “โลกาภิวัตน์” ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานจึงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จะพัฒนาผู้เรียนหรือบุคคลผู้ที่สนใจ ให้สามารถศึกษาถึงระบบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สับสนขึ้นได้

วิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่จัดทำขึ้น จะเป็นวิชาบังคับในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) รหัสวิชา ซอ.111 และหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส. 4 ปี) รหัสวิชา ทอ.2101 ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ศึกษาเกี่ยวกับพื้นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง ๆ เช่น การศึกษาคุณสมบัติโครงสร้าง สัญลักษณ์ การนำไปใช้งานของตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุ ตลอดจนอุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ เป็นต้น

อนึ่ง หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นเล่มนี้ที่สำเร็จผลได้ด้วยดีก็เพราะพระคุณครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้เขียน และขออุทิศผลความดีทั้งหลายทั้งปวง ที่เกิดขึ้นจากหนังสือเล่มนี้แก่ดวงวิญญาณท่านอาจารย์เจตศักดิ์ อินทร์ไธยวงศ์ อดีตหัวหน้าแผนกอิเล็กทรอนิกส์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี ด้วยความเคารพอย่างสูงยิ่ง

นายภูสิทธิ์ บวรวัฒนดิลก
กรกฎาคม 2538



บทที่ 1	ตัวต้านทาน	11
1.1	ชนิดของตัวต้านทาน	11
1.2	หน่วยของตัวต้านทาน	20
1.3	วิธีการอ่านค่าความต้านทาน	21
1.4	การต่อตัวต้านทาน	26
1.5	การใช้โอห์มมิเตอร์วัดความต้านทาน	31
	แบบฝึกหัดที่ 1	33
บทที่ 2	กฎของโอห์มและการใช้งาน	39
2.1	คำจำกัดความของกระแส แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทาน	39
2.2	ทฤษฎีกฎของโอห์ม	42
2.3	วิธีการใช้กฎของโอห์ม	44
2.4	การใช้กฎของโอห์มในวงจรไฟฟ้า	45
2.5	กำลังงานไฟฟ้า	47
2.6	พลังงานไฟฟ้า	50
	แบบฝึกหัดที่ 2	52
บทที่ 3	วงจรไฟฟ้า	55
3.1	ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า	56
3.2	ชนิดของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า	58
3.3	ชนิดของวงจรไฟฟ้า	64
3.4	การต่อแบตเตอรี่แบบอันดับและขนาน	84
	แบบฝึกหัดที่ 3	87

บทที่ 4	ตัวเหนี่ยวนำ	93
4.1	หลักการเบื้องต้นของแม่เหล็กไฟฟ้า	93
4.2	ความเหนี่ยวนำตัวเอง	95
4.3	หน่วยของความเหนี่ยวนำ	97
4.4	การพันตัวเหนี่ยวนำ	99
4.5	ความเหนี่ยวนำร่วม	102
4.6	การต่อตัวเหนี่ยวนำในวงจรอันดับ	105
4.7	การต่อตัวเหนี่ยวนำในวงจรขนาน	107
4.8	ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ	109
	แบบฝึกหัดที่ 4	115
 บทที่ 5	 หม้อแปลงและรีเลย์	 119
5.1	หลักการของหม้อแปลง	119
5.2	อัตราส่วนระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและจำนวนรอบ	120
5.3	ประสิทธิภาพของหม้อแปลง	123
5.4	การสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าในหม้อแปลง	125
5.5	หลักการของรีเลย์	127
5.6	หลักการของโซลินอยด์	128
	แบบฝึกหัดที่ 5	130
 บทที่ 6	 ตัวเก็บประจุ	 133
6.1	หลักการของตัวเก็บประจุ	133
6.2	ความจุของตัวเก็บประจุ	135
6.3	ชนิดของตัวเก็บประจุ	141
6.4	อัตราทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	147
6.5	การต่อตัวเก็บประจุแบบวงจรอันดับและขนาน	148
6.6	การประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ	151
6.7	การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุ	153
6.8	การตรวจเช็คตัวเก็บประจุด้วยมัลติมิเตอร์	156
	แบบฝึกหัดที่ 6	158

บทที่ 7	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	163
7.1	รีแอกแตนซ์	163
7.2	วงจรอันดับในไฟฟ้ากระแสสลับ	166
7.3	วงจรขนานในไฟฟ้ากระแสสลับ	181
	แบบฝึกหัดที่ 7	194
 บทที่ 8	 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และโซลิตสเตต	 201
8.1	หลอดสุญญากาศ	201
8.2	หลักการของหลอดสุญญากาศ	201
8.3	อุปกรณ์โซลิตสเตต	207
8.4	สารกึ่งตัวนำชนิด-P และชนิด-N	210
8.5	อุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ	211
8.6	วงจรรวม	219
	แบบฝึกหัดที่ 8	222
ภาคผนวก		227
บรรณานุกรม		234

ลักษณะรายวิชา

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. รหัสและชื่อ | ขอ.1111 ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น Basic Electronics |
| 2. สภาพรายวิชา | วิชาบังคับในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ |
| 3. ระดับรายวิชา | ภาคเรียนที่ 1 ชั้นปีที่ 1 |
| 4. พื้นฐาน | - |
| 5. เวลาศึกษา | 36 คาบ ตลอดภาคเรียน 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ/สัปดาห์ ให้
นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมอีก 2 คาบ/สัปดาห์ |
| 6. หน่วยกิต | 2 (2-0-2) |
| 7. จุดมุ่งหมายรายวิชา | 7.1 รู้จักสัญลักษณ์รีซิสเตอร์แบบต่าง ๆ
7.2 รู้จักสัญลักษณ์คาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ
7.3 รู้จักสัญลักษณ์อินดักเตอร์แบบต่าง ๆ
7.4 อธิบายโครงสร้างต่าง ๆ ของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์และอินดัก-
เตอร์
7.5 จำแนกประเภทของอุปกรณ์รีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ และอินดัก-
เตอร์ |
| 8. คำอธิบายรายวิชา | ศึกษาความรู้เบื้องต้นทางช่างอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาคุณสมบัติ โครงสร้าง
การนำไปใช้งานของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ |

ลักษณะรายวิชา

รหัสและชื่อวิชา

สภาพรายวิชา

ระดับวิชา

พื้นฐาน

เวลาเรียน

หน่วยกิต

จุดมุ่งหมายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชา

ทอ.2101 อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น Basic Electronic
วิชาชีพเฉพาะในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1

-

เรียนทฤษฎี 2 คาบ/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 คาบ/สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 90 คาบ
ตลอดภาคเรียน นักศึกษามีเวลาศึกษานอกเวลา 2 ชม./สัปดาห์

3 หน่วยกิต

1. รู้จักคุณสมบัติและโครงสร้างของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และหลอดสุญญากาศ
2. คำนวณค่าทางไฟฟ้าของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ในวงจร
3. บอกคุณสมบัติของไบแอสแก๊ไดโอด
4. ทดสอบหาคุณสมบัติของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์
5. ใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำไปประกอบวงจรได้
6. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาอิเล็กทรอนิกส์

ความรู้เบื้องต้นทางช่างอิเล็กทรอนิกส์ การใช้เครื่องมือสำหรับช่างอิเล็กทรอนิกส์ คุณสมบัติโครงสร้างของรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ หลอดสุญญากาศ คำนวณค่าทางไฟฟ้าของวงจรที่ประกอบด้วยรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ การให้ไบแอสแก๊ไดโอด การนำรีซิสเตอร์ คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ และไดโอด ไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1 ตัวต้านทาน

อุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์ที่ถูกใช้งานเกี่ยวกับความต้านทานเพียงอย่างเดียวในวงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรไฟฟ้า อุปกรณ์ชนิดนี้จะถูกเรียกชื่อว่า “ตัวต้านทาน” (Resistors) หรือเรียกชื่อทับศัพท์ว่า “รีซิสเตอร์” หรือ “อาร์” (R)

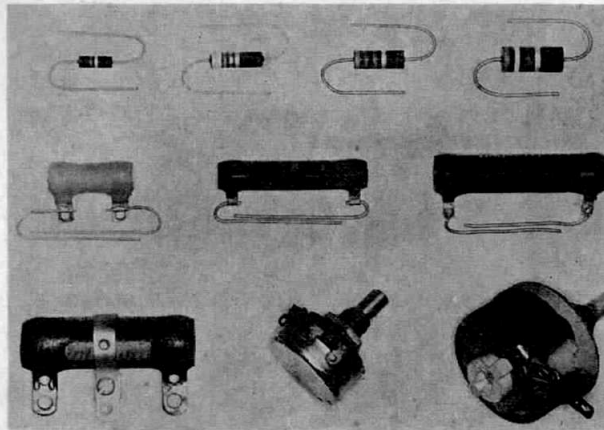
ตัวต้านทานจะมีหน้าที่ในการจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรตามที่กำหนดไว้ การนำเอาตัวต้านทานไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อันได้แก่ เครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง ไมโครคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เป็นต้น

1.1 ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่มีใช้งานในปัจจุบันนี้จะมีอยู่มากมายหลายชนิดและหลายรูปแบบ ซึ่งเราสามารถจำแนกตัวต้านทานตามลักษณะของการใช้งานได้ดังนี้คือ

1. ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistors)
2. ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ (Tapped Resistors)
3. ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistors)
4. ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistors)
5. ตัวต้านทานความร้อน (Thermal Resistors)
6. ตัวต้านทานพลังแสง (Photo Resistors)

1. ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ คือตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานคงที่ ซึ่งไม่สามารถทำการเปลี่ยนค่าของตัวต้านทานได้ โดยทั่วไปตัวต้านทานชนิดค่าคงที่จะมีชื่อเรียกตามวัสดุที่นำมาใช้ทำ เช่น เส้นลวด คาร์บอน ฟิล์มคาร์บอน และฟิล์มโลหะ



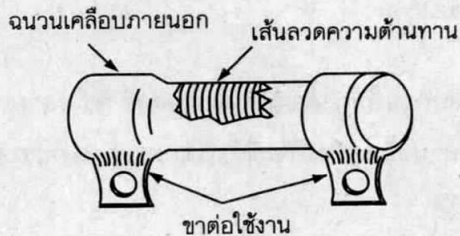
รูปที่ 1.1 แสดงตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ

จากรูปที่ 1.1 แกวบนจะเป็นตัวต้านทานแบบคาร์บอนขนาด 1/2 วัตต์ แบบไวร์-วาวด์ ขนาด 1 วัตต์ และแบบคาร์บอนขนาด 1 วัตต์ และ 2 วัตต์

แกวกลางจะเป็นตัวต้านทานแบบไวร์-วาวด์ ขนาด 5 วัตต์ 10 วัตต์ และ 20 วัตต์

แกวล่างจะเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดไวร์-วาวด์ โฟเทนซีอิมิตอร์ชนิดคาร์บอน และรีโอสแตตชนิดไวร์-วาวด์

- **ตัวต้านทานเส้นลวด (Wire-Wound Resistors)** เป็นตัวต้านทานที่มีโครงสร้างทำด้วยเส้นลวดโลหะผสม 2 หรือ 3 ชนิด อันได้แก่ เงิน (Silver) และนิโครม (Nichrome) เพราะว่าเป็นโลหะผสมที่มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเพียงเล็กน้อยขณะที่ตัวต้านทานมีความร้อนเกิดขึ้น เมื่อทำการพันเส้นลวดลงบนแท่งเซรามิคทรงกระบอกจะได้ตัวต้านทานแบบเส้นลวด หรือบางครั้งเรียกว่า “ไวร์-วาวด์ รีซิสเตอร์” และที่ปลายทั้งสองข้างของเส้นลวดความต้านทานจะถูกต่อเข้ากับขาโลหะเพื่อการนำไปใช้งาน ส่วนที่ผิวของเส้นลวดความต้านทานจะถูกเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบ ซีเมนต์ ปลอกแก้วหรือซิลิโคน เพื่อใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าและป้องกันมิให้เส้นลวดขาดง่ายเมื่อถูกขีดข่วนจากสิ่งภายนอก



(ก) โครงสร้างของตัวต้านทาน

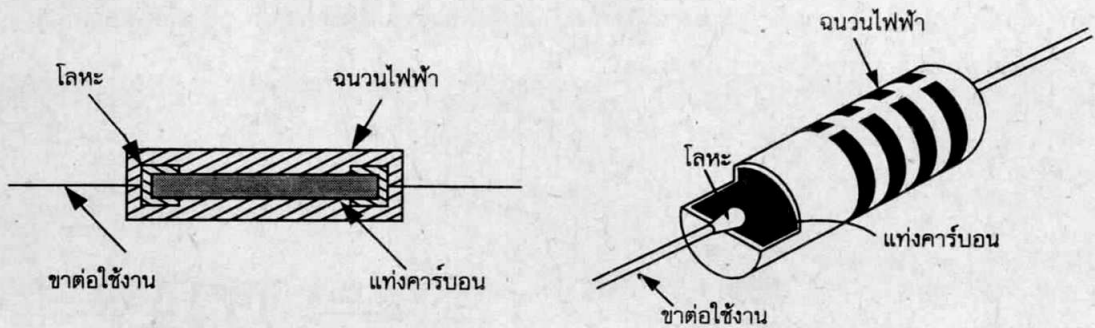


(ข) สัญลักษณ์ของตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

รูปที่ 1.2 ตัวต้านทานแบบเส้นลวด

ตัวต้านทานแบบเส้นลวดจะมีค่าความต้านทานที่เที่ยงตรง และมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด แต่จะเป็นตัวต้านทานที่มีขนาดใหญ่และมีอัตรากำลังงานไฟฟ้าได้สูงมาก

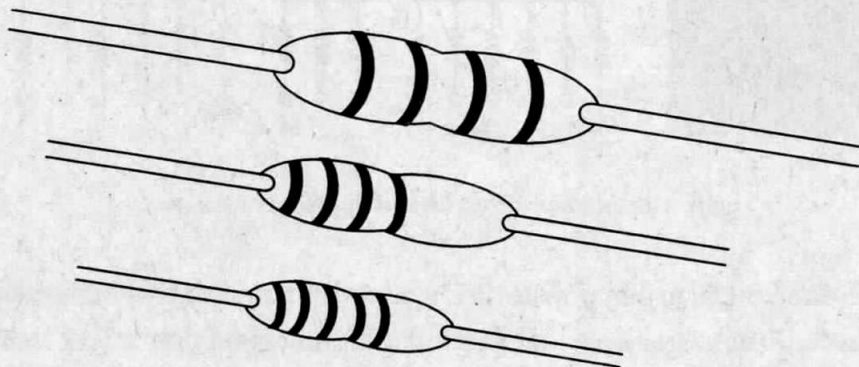
- **ตัวต้านทานแบบคาร์บอน (Carbon Resistors)** เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากผงคาร์บอนผสมกับตัวประสานพินอลลิคอัดแน่นเป็นแท่งทรงกระบอก ที่ปลายแท่งคาร์บอนทั้งสองข้างจะถูกยึดติดกับโลหะและต่อเส้นลวดออกมาเพื่อเป็นขาต่อใช้งาน ส่วนตัวแท่งคาร์บอนจะถูกเคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าซึ่งค่าของความต้านทานจะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในการผสมใช้งาน



รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างตัวต้านทานแบบคาร์บอน

ตัวต้านทานแบบคาร์บอนจะมีช่วงพิสัยความต้านทานการใช้งาน โอห์มต่ำ ๆ จนถึงหลายล้านโอห์มได้ ค่าความผิดพลาดของความต้านทานมีค่า $\pm 5\%$ ถึง 20% อัตราทนกำลังงานไฟฟ้าสูงไม่เกิน 5 วัตต์

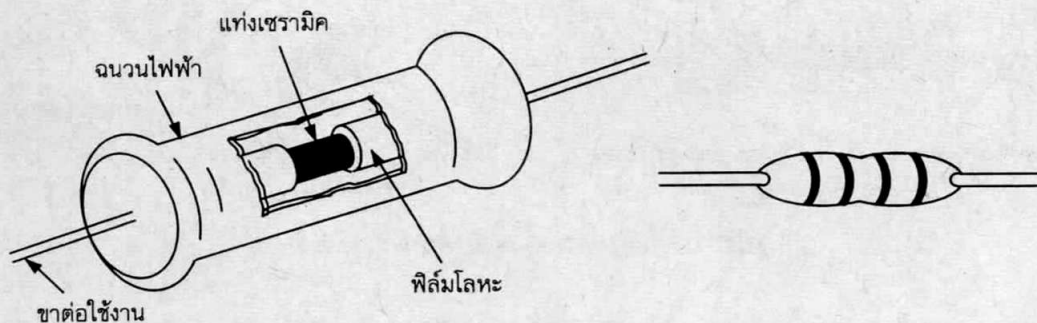
- **ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon Film Resistors)** เป็นตัวต้านทานที่มีการผลิตโดยการฉาบหมึกคาร์บอนลงบนแท่งแก้วหรือแท่งเซรามิคแล้วจึงนำไปเผาเพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มคาร์บอนขึ้นมา เมื่อได้แผ่นฟิล์มที่เคลือบอยู่บนแท่งเซรามิคแล้ว จึงต่อขาโลหะที่จุดขั้วสัมผัสที่ปลายทั้งสองด้านของฟิล์มคาร์บอนออกมาใช้งาน ตัวต้านทานนี้จะถูกปรับให้มีค่าเที่ยงตรงแล้วจึงเคลือบด้วยสารที่เป็นฉนวนไฟฟ้า



รูปที่ 1.4 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

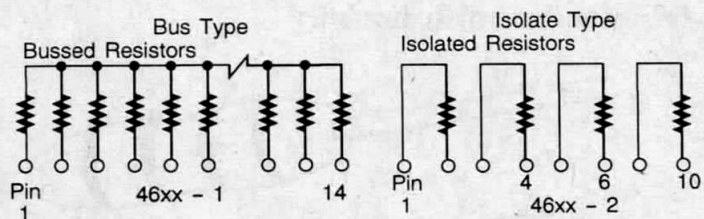
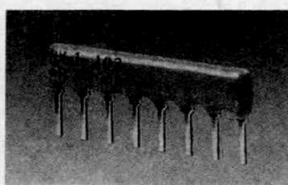
ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอนจะมีค่าความต้านทานที่ใช้งานตั้งแต่ 10 โอห์มถึง 25 เมกะโอห์ม ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ และอัตราทนกำลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 0.1 วัตต์ถึง 10 วัตต์

- **ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film Resistors)** เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างที่คล้ายกับตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน แต่ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะจะใช้วัสดุที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานเป็นสารจำพวกฟิล์มโลหะแทน เช่น กรรมวิธีการทำให้โลหะนิโครมร้อนแล้วบังคับให้มันวิ่งชนอะตอมของอาร์กอน ซึ่งจะมีผลทำให้อะตอมของโลหะที่ถูกชนกระเด็นไปฉาบรอบ ๆ ฐานที่ทำด้วยเซรามิคเกิดเป็นแผ่นฟิล์มโลหะขึ้นโดยรอบ การผลิตโดยวิธีนี้จะทำให้ได้ค่าความต้านทานที่มีความเที่ยงตรงสูง



รูปที่ 1.5 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

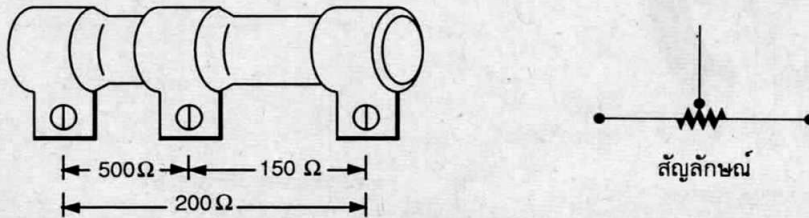
ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะจะมีค่าความต้านทานเที่ยงตรงสูงกว่าตัวต้านทานแบบคาร์บอนหรือฟิล์มคาร์บอน ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะจะมีค่าความต้านทานใช้งานตั้งแต่ 10 โอห์มถึง 30 เมกะโอห์ม ค่าความผิดพลาด 0.1% ถึง 2% และอัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงถึง 10 วัตต์



รูปที่ 1.6 แสดงตัวต้านทานชนิดเน็ตเวิร์ก (Resistors Network)

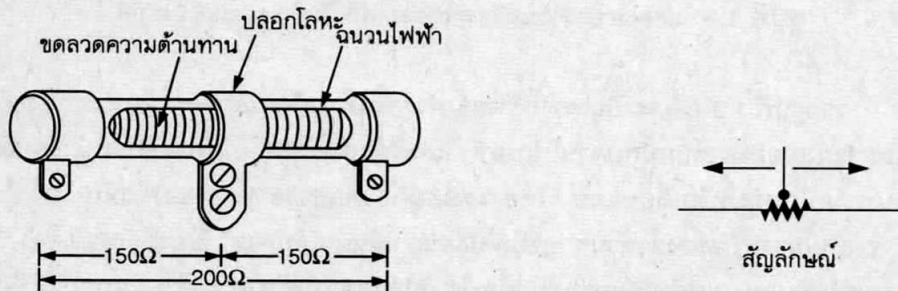
ฟิล์มโลหะที่นำมาใช้ทำตัวต้านทานนี้ สามารถทำเป็นแบบฟิล์มบางที่ต่อกันหลาย ๆ ตัว ภายในโครงสร้างเดียวกัน (Network) ได้ ซึ่งจะเหมาะกับงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และไมโครคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 1.6

2. ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ เป็นตัวต้านทานแบบเส้นลวดที่ถูกแท่งขีดลวดความต้านทานออกเป็นความต้านทานสองหรือสามค่าภายในตัวต้านทานเพียงตัวเดียว เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 1.7



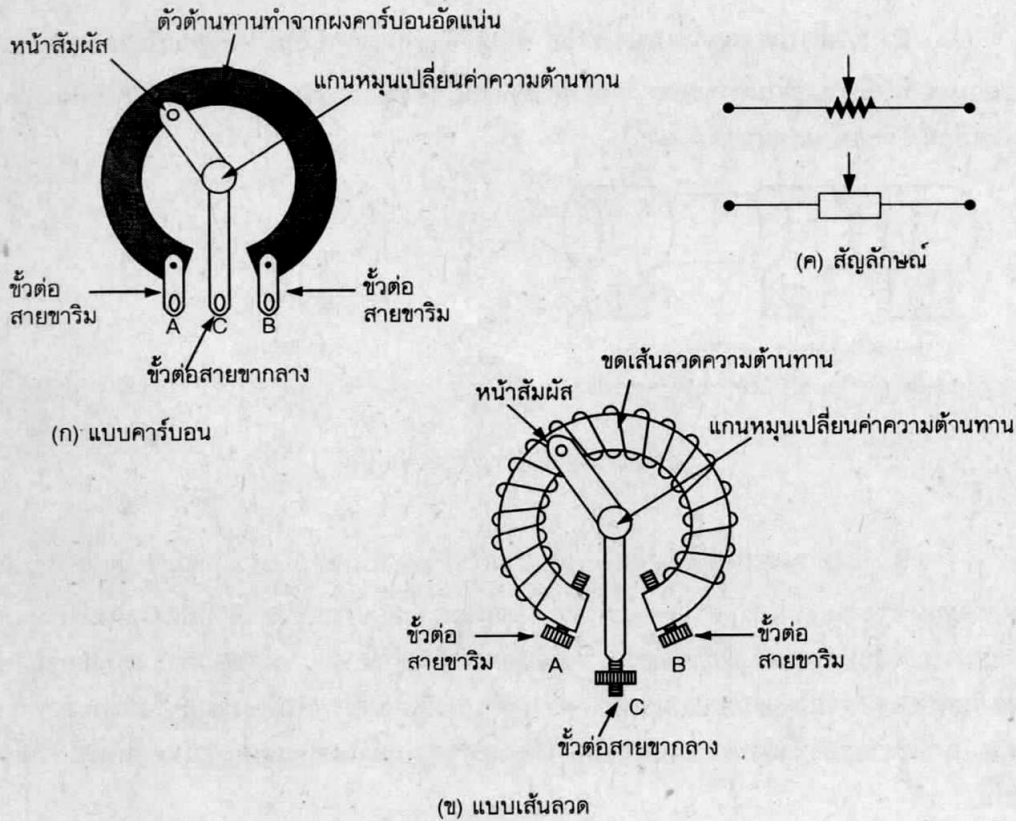
รูปที่ 1.7 ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้

3. ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ เป็นตัวต้านทานแบบเส้นลวดอีกชนิดหนึ่งที่สามารถปรับตำแหน่งค่าความต้านทานตามที่ต้องการได้ โดยที่บนตัวต้านทานชนิดนี้จะมีปลอกโลหะสวมอยู่ และสามารถเคลื่อนตำแหน่งเพื่อให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ต้องการ เสร็จแล้วทำการขันสกรูล็อกให้จุดสัมผัสของปลอกโลหะกดลงบนขดลวดความต้านทานให้แน่น เพื่อป้องกันการอาร์กของหน้าสัมผัส การใช้งานของตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้จะใช้ค่าความต้านทานเฉพาะค่าใดค่าหนึ่งที่ปรับไว้เท่านั้น



รูปที่ 1.8 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้

4. ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ เป็นตัวต้านทานชนิดที่สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ โดยการใช้แกนหมุนหรือเลื่อนแกน ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ทำตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้จะใช้วัสดุประเภทเดียวกันกับตัวต้านทานชนิดค่าคงที่คือ เส้นลวด หรือคาร์บอน



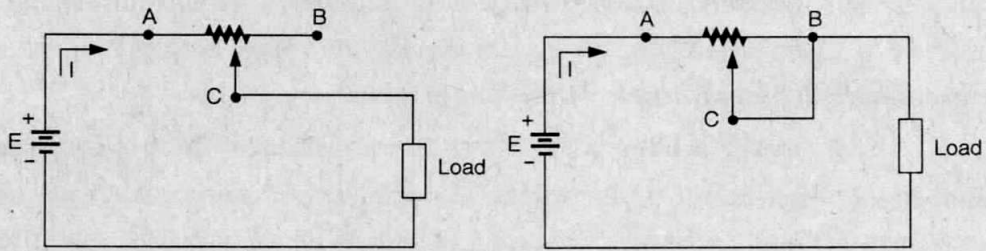
รูปที่ 1.9 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้

จากรูปที่ 1.9 (ก) จะเป็นโครงสร้างของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้แบบคาร์บอน ซึ่งทำขึ้นโดยดัดแปลงของคาร์บอนกับงานไฟเบอร์ และมีตัวสัมผัสเคลื่อนที่ได้ใช้ทำหน้าที่เปลี่ยนค่าความต้านทานเมื่อหมุนหรือเลื่อนแกน โดยจะต่ออยู่ที่ขั้วต่อสายขากลางของตัวมัน ส่วนในรูปที่ 1.9 (ข) จะเป็นโครงสร้างของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้แบบเส้นลวด ซึ่งจะมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายกับแบบคาร์บอน แต่ตัวต้านทานชนิดนี้จะใช้เส้นลวดความต้านทานพันบนแกนกระเบื้องหรือพลาสติกแข็ง ซึ่งทำเป็นรูปวงแหวนและตรงกลางวงแหวนจะมีแขนสัมผัส (Contact Arm) ที่ใช้ปรับค่าความต้านทานให้อยู่ในตำแหน่งใด ๆ บนวงแหวนนี้โดยการหมุนแกนและจะมีส่วนต่ออยู่กับขั้วต่อสายขากลางของตัวมันด้วยเช่นกัน

การใช้งานของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ จะมีลักษณะการใช้งานอยู่ 2 แบบคือ

1. การใช้งานแบบรีโอสแตต (Rheostat)
2. การใช้งานแบบโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

- **การใช้งานแบบรีโอสแตต** เพื่อใช้สำหรับการควบคุมการไหลของปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งนิยมใช้ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ที่ทำมาจากเส้นลวด ดังจะมีลักษณะการต่อวงจรอันดับกับโหลดในรูปที่ 1.10

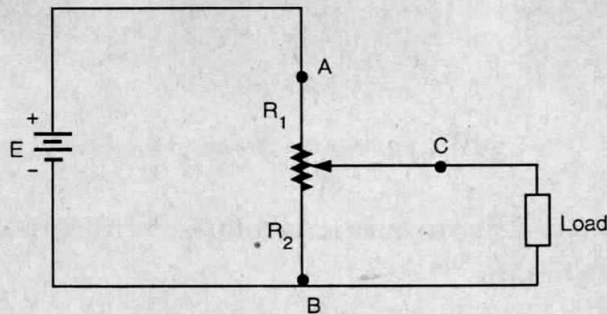


- (ก) วิธีใช้รีโอสแตต 2 ขาควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า (ข) วิธีใช้รีโอสแตต 3 ขาควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 1.10 แสดงการใช้งานแบบรีโอสแตต

- **การใช้งานแบบโพเทนชิโอมิเตอร์** เพื่อใช้สำหรับการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือใช้สำหรับปรับสัญญาณต่าง ๆ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องเสียง เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ

วงจรโพเทนชิโอมิเตอร์ จะมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกับวงจรตัวแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) โดยความต้านทานที่จุดต่อขั้ว A และ B จะถูกแบ่งความต้านทานออกเป็น R_1 กับ R_2 ด้วยตัวสัมผัสเคลื่อนที่ของขั้วต่อ C ดังแสดงในรูปที่ 1.11 ซึ่งค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์ที่ปรับใช้งาน



รูปที่ 1.11 แสดงการใช้งานแบบโพเทนชิโอมิเตอร์

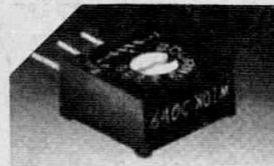
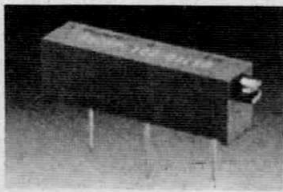
โพเทนชิโอมิเตอร์บางทีอาจจะเรียกชื่อสั้น ๆ ว่า “พ็อต” (Pot) ซึ่งจะมีคุณลักษณะของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานอยู่ 2 แบบคือ

1. **แบบ-เอ** จะมีการเพิ่มขึ้นของความต้านทานเป็นแบบอัตราทวีคูณหรือบางทีเรียกว่า “แบบล็อกสเกล” (Log Scale) คือเมื่อหมุนแกนตัวสัมผัสค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (Non Linear) โดยความต้านทานจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อหมุนแกนเกือบถึงปลายสุด ส่วนมากตัวโพเทนชิโอมิเตอร์แบบ-เอ นิยมใช้ใน

เครื่องขยายเสียง คือปุ่มปรับความดังเสียงหรือโวลุ่ม (Volume) เป็นต้น ตัวอย่างตัวโพเทนซีอมิเตอร์ที่มีใช้งานทั่ว ๆ ไป คือ VR 10 KA, VR 50 KA, VR 100 KA หรืออื่น ๆ ข้อสังเกตเกี่ยวกับตัวโพเทนซีอมิเตอร์ชนิดนี้คือจะมีอักษร A พิมพ์ติดไว้หลังค่าความต้านทานเสมอ

2. แบบ-บี จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่มีลักษณะที่เป็นเชิงเส้น (Linear Scale) คือความต้านทานที่มีการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าคงที่สม่ำเสมอเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับการหมุนแกนตัวสัมผัส ตัวโพเทนซีอมิเตอร์แบบ-บี นิยมใช้ในการปรับเสียงทุ้ม (Bass) และเสียงแหลม (Treble) ของเครื่องขยายเสียง เป็นต้น ตัวอย่างชนิดของตัวโพเทนซีอมิเตอร์ที่ใช้งาน เช่น VR 10 KB, VR 50 KB, VR 100 KB, VR 500 KB หรืออื่น ๆ ข้อสังเกตจะมีการพิมพ์อักษร B ติดไว้หลังค่าความต้านทานชนิดนี้

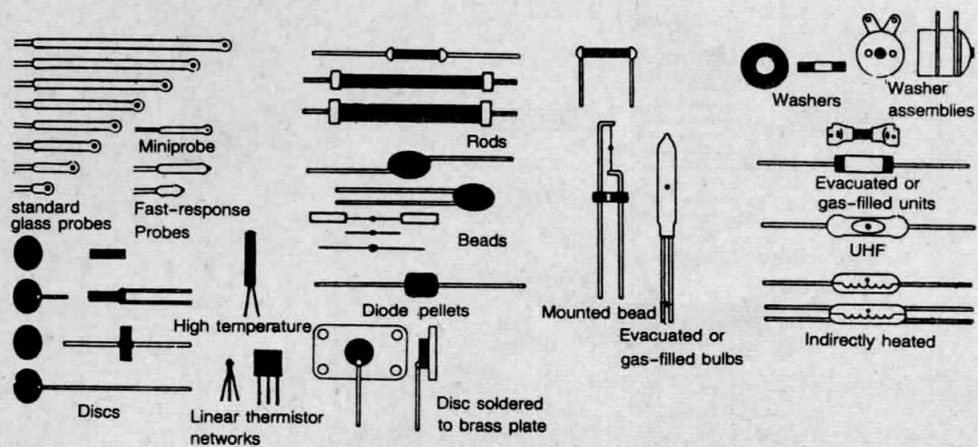
ทริมพ็อต (Trim Pot) หรือบางที่เรียกว่า “โวลุ่มเกือกม้า” จะเป็นตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้อีกชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานบนแผ่นวงจรหรือแผ่นปริ้นท์ โดยตัวต้านทานนี้จะใช้วัสดุความต้านทานที่ทำมาจากผงคาร์บอนอัดแน่นและไม่มีแกนหมุนเหมือนกับโพเทนซีอมิเตอร์ แต่จะมีการเปลี่ยนค่าความต้านทานทำได้โดยการใช้ไขควงปรับแต่ง



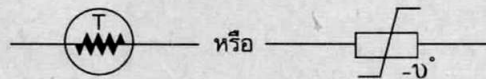
รูปที่ 1.12 ชนิดของทริมพ็อตแบบต่าง ๆ

ทริมพ็อตจะนิยมใช้ในการปรับแต่งแรงดันไฟไบแอสที่จ่ายให้แก่วงจรต่าง ๆ เพื่อให้การทำงานของวงจรมีเสถียรภาพดีขึ้น

5. ตัวต้านทานความร้อน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “เทอร์มิสเตอร์” (Thermistors) เป็นตัวต้านทานที่มีความไวในการเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ซึ่งคุณลักษณะของตัวต้านทานความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) และมีรูปร่างที่ผลิตใช้งานหลายชนิด เช่น รูปจาน แท่งทรงกระบอก ลูกประคำ หรืออื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.13



(ก) แสดงชนิดของตัวต้านทานความร้อน



(ข) สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

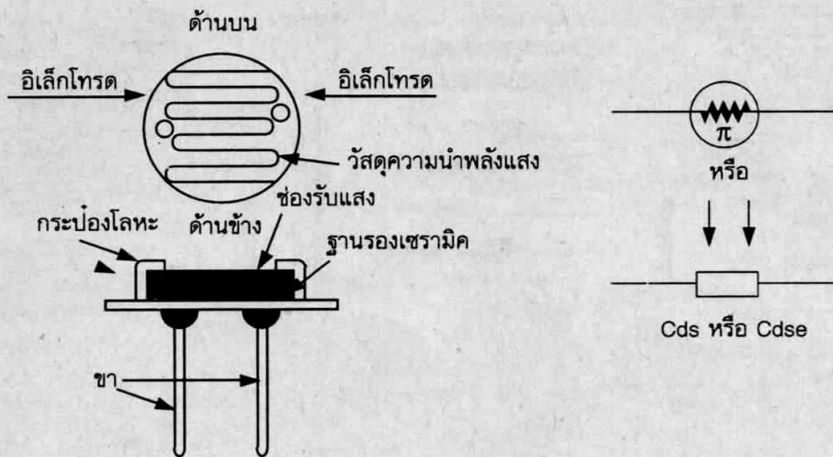
รูปที่ 1.13 ตัวต้านทานความร้อน

ตัวต้านทานความร้อนจะแบ่งการใช้งานตามลักษณะของสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ (Temperature Coefficient) อยู่ 2 ชนิดคือ

1. แบบเอ็น-ที-ซี (NTC : Negative Temperature Coefficient) คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานจะมีค่าลดลง

2. แบบพี-ที-ซี (PTC : Positive Temperature Coefficient) คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

6. ตัวต้านทานพลังแสง มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ “แอลดีอาร์” (LDR : Light Dependent Resistor) เป็นตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนสภาพความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบตัวมัน ตัวต้านทานชนิดนี้จะทำมาจากสารกึ่งตัวนำประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS : Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe : Cadmium Selenide).



รูปที่ 1.14 ตัวต้านทานพลังแสง

1.2 หน่วยของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานจะมีหน่วยวัดความต้านทาน (Resistance) เบื้องต้นเป็นโอห์ม (Ohm หรือ Ω) นิยามของความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานของวัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ไหลผ่านไปได้ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ หรือเป็นความต้านทานของวัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ไหลผ่านไปได้เป็นเวลา 1 วินาที แล้วเกิดพลังงานความร้อน 1 จูล

ตารางที่ 1.1 หน่วยของความต้านทาน (Unit of Resistance)

1,000 Ω	=	1 k Ω (Kilo Ohm)
10,000 Ω	=	10 k Ω
100,000 Ω	=	100 k Ω
1,000,000 Ω	=	1,000 k Ω หรือ 1 m Ω (Mega Ohm)

ตัวอย่างที่ 1.1 การแปลงหน่วยของความต้านทาน

10 Ω	=	10 Ω หรือ 10 E (แบบยุโรป)
1000 Ω	=	100 Ω หรือ 100 E (แบบยุโรป)
2,700 Ω	=	2.7 k Ω หรือ 2 K7 (แบบยุโรป)
10,000 Ω	=	10 k Ω หรือ 10 K (แบบยุโรป)
1,200,000 Ω	=	1.2 m Ω หรือ 1 M2 (แบบยุโรป)

1.3 วิธีการอ่านค่าความต้านทาน

การอ่านค่าความต้านทานของตัวต้านทานจะมีอยู่ 2 วิธีคือ

- **วิธีที่ 1** การอ่านจากค่าพิมพ์ที่ติดไว้บนตัวต้านทาน โดยจะบอกเป็นค่าความต้านทาน เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและอัตราทนกำลังงานไฟฟ้า ซึ่งส่วนมากจะเป็นตัวต้านทานแบบเส้นลวดหรือตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ชนิดต่าง ๆ

- **วิธีที่ 2** วิธีการอ่านค่าที่เป็นรหัสสีตัวต้านทาน (Resistor Colour Code) ซึ่งส่วนมากจะเป็นตัวต้านทานจำพวกคาร์บอน ฟิล์มคาร์บอน ฟิล์มโลหะ และแบบเส้นลวดที่มีขนาดเล็ก ในการอ่านค่าความต้านทานที่เป็นรหัสสีจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบคือ

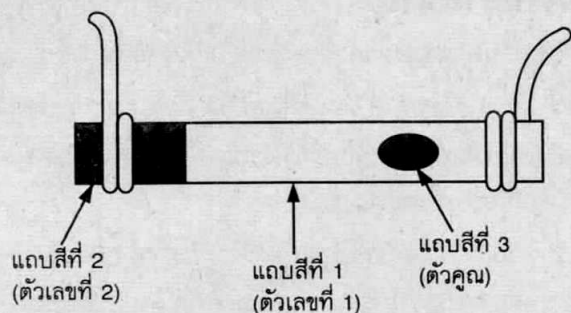
1. ระบบตัวหัวจุด (Body-End-Dot System) คือตัวต้านทานที่มีการต่อขาใช้งานในแนวรัศมีหรือทางด้านข้างของตัวต้านทาน

2. ระบบหัวถึงปลาย (End-To-Center Band System) คือตัวต้านทานที่มีลักษณะการต่อขาใช้งานตามความยาวของตัวต้านทาน

ตารางที่ 1.2 รหัสสีของตัวต้านทาน (Resistor Colour Code)

รหัสสี	แถบสีที่ 1 (ตัวเลขที่ 1)	แถบสีที่ 2 (ตัวเลขที่ 2)	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ (จำนวนศูนย์)	แถบสีที่ 4 (% ค่าความผิดพลาด)
ดำ	0	0	1	-
น้ำตาล	1	1	10	-
แดง	2	2	100	-
ส้ม	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	100,000	-
น้ำเงิน	6	6	1,000,000	-
ม่วง	7	7	-	-
เทา	8	8	-	-
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	0.1	± 5%
เงิน	-	-	00.1	± 10%
ไม่มีสี	-	-	-	± 20%

1. การอ่านรหัสสีของตัวต้านทานระบบตัวหัวจุด ตัวต้านทานแบบนี้ที่ตัวของมันจะมีสีพื้นเดียวกันตลอด และมีการแต้มสีไว้ที่ด้านหัว-ท้ายและตรงกลาง ซึ่งอาจจะทำเป็นจุดสีหรือทาสีไว้โดยรอบตัวต้านทาน



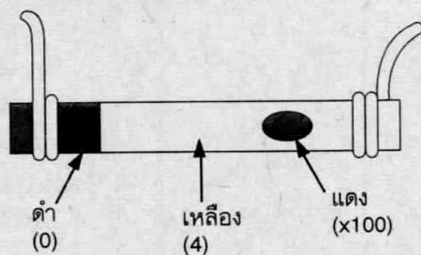
รูปที่ 1.15 แสดงตัวต้านทานแบบตัวหัวจุด

วิธีการอ่านค่าตัวต้านทานแบบตัวหัวจุดให้ปฏิบัติตามนี้

1. สังเกตสีพื้นของตัวต้านทานจะเป็นแถบสีที่ 1 (ตัวเลขที่ 1)
2. สีที่ปลายด้านหัวที่ไม่ใช่สีเงินและสีทองจะเป็นแถบสีที่ 2 (ตัวเลขที่ 2)
3. สีที่แต้มหรือจุดสีที่อยู่ตรงกลางตัวต้านทานจะเป็นแถบสีที่ 3 (ตัวคูณ)
4. สีที่ปลายด้านท้าย จะเป็นแถบสีที่ 4 ($\pm\%$ ความผิดพลาด)

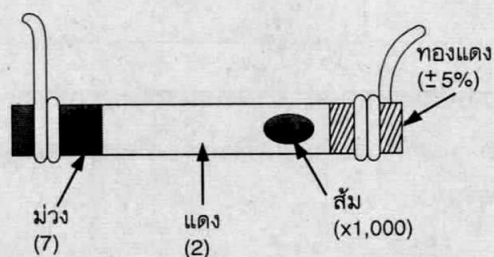
ในการอ่านรหัสสีของตัวต้านทานชนิดนี้จะมีทั้งแบบ 3 หรือ 4 แถบสี ซึ่งจะมีวิธีการอ่านที่เหมือนกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1.2 การอ่านรหัสสีตัวต้านทานแบบตัวหัวจุด 3 แถบสี



เพราะฉะนั้นจะได้ค่าความต้านทาน = $4,000 \Omega \pm 20\%$ ←

ตัวอย่างที่ 1.3 การอ่านรหัสสีตัวต้านทานแบบตัวหัวจุด 4 แถบสี



$$\therefore \text{จะได้ค่าความต้านทาน} = 27,000 \, \Omega \pm 5\%$$

$$\text{หรือ} = 27 \, \text{k}\Omega \pm 5\%$$

หมายเหตุ การอ่านค่าความต้านทานแบบนี้ในปัจจุบันไม่นิยมใช้แต่จะพบเห็นได้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์รุ่นเก่า

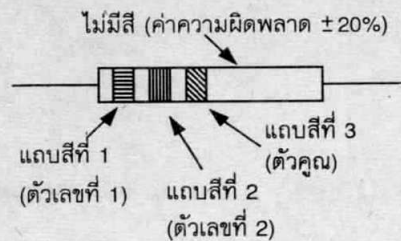
2. การอ่านรหัสสีของตัวต้านทานระบบหัวถึงปลาย การอ่านค่าตัวต้านทานแบบนี้

จะมีแถบสีเรียงกัน ซึ่งจะมีลักษณะของการอ่านอยู่ 2 แบบคือ

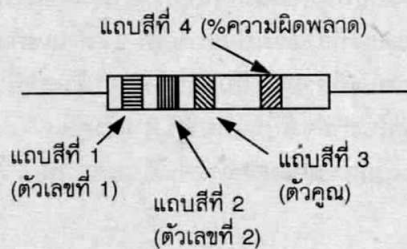
- การอ่านรหัสสีแบบ 3 หรือ 4 แถบสี
- การอ่านรหัสสีแบบ 5 แถบสี

วิธีการอ่านค่าตัวต้านทานแบบหัวถึงปลายรหัสสี 3 หรือ 4 แถบสีให้ปฏิบัติตามนี้

1. สังเกตแถบสีที่ขีดขอบข้างใดข้างหนึ่งที่ไม่ใช่สีเงินและสีทอง
2. ให้หันด้านสีขีดขอบตัวต้านทาน หันไปทางซ้ายมือตามแนวนอน
3. สีที่อยู่ขีดขอบจะเป็นแถบสีที่ 1 (ตัวเลขที่ 1)
4. สีที่อยู่ถัดมาตำแหน่งที่สองจะเป็นแถบสีที่ 2 (ตัวเลขที่ 2)
5. สีที่อยู่ถัดมาตำแหน่งที่สามจะเป็นแถบสีที่ 3 (ตัวคูณ)
6. สีที่อยู่ถัดมาอันดับท้ายสุดจะเป็นแถบสีที่ 4 ($\pm\%$ ความผิดพลาด)



(ก) การอ่านตัวต้านทานแบบ 3 แถบสี



(ข) การอ่านตัวต้านทานแบบ 4 แถบสี

รูปที่ 1.16 แสดงตัวต้านทานแบบหัวถึงปลาย