แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1
ตัวต้านทาน

หัวข้อเนื้อหา

1. บทนำ
2. ตัวต้านทาน
3. ชนิดของตัวต้านทาน
4. การอ่านค่าความต้านทาน
5. วงจรตัวต้านทาน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อฝึกทักษะการต่อวงจรไดโอดแบบไบแอสตรง และไบแอสกลับ
2. เพื่อทดลองการทำงานของไดโอดที่ใช้ในวงจรกระแสสลับ
3. เพื่อทดลองวงจรที่ประยุกต์ใช้งานไดโอด

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน
   1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย
   1.2 วิธีสอนแบบอภิปราย
   1.3 วิธีสอนแบบปฏิบัติการ
   1.4 วิธีสอนแบบเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. กิจกรรมการเรียนการสอน
   2.1 อธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวต้านทาน
   2.2 คำนวณค่าความตัวต้านทาน
   2.3 คำนวณวงจรตัวต้านทาน

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1
2. กระดานไวท์บอร์ด
3. โปรเจ็คเตอร์

การวัดผลและการประเมินผล

1. การเข้าเรียน
2. การบ้าน

3. สอบกลางภาค
4. สอบปลายภาค

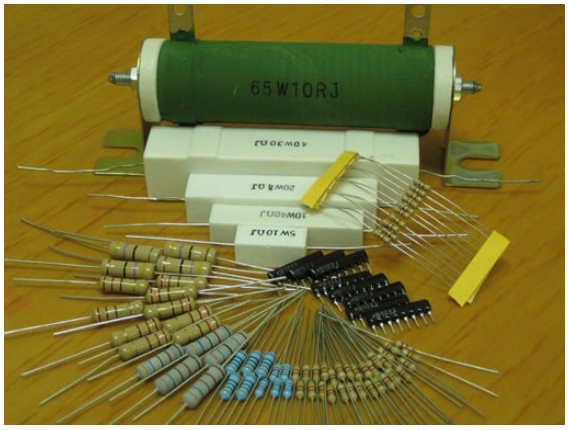
บทที่ 1
ตัวต้านทาน
(Resistors)

1.1 บทนำ

ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานอุปกรณ์แรกที่ควรศึกษา บทนี้กล่าวถึงตัว ตัวต้านทาน ตัวต้านทาน 3 แบบ ตัวต้านทานคงที่แต่ละชนิดที่ถูกสร้างจากวัสดุที่แตกต่างกัน การอ่านค่าตัวต้านทานทั้งแบบแถบสี 4 สี และ 5 สี และลักษณะการต่อตัวต้านทาน ตัวต้านทานถูกนำไปใช้ในวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก

1.2 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) คืออุปกรณ์ที่ใช้ต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 1.1 นิยมนำมาประกอบในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรเครื่องรับวิทยุ, โทรทัศน์, เครื่องขยายเสียง ฯลฯ เป็นต้น ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานมีรูปแบบ และขนาดแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นชนิดค่าคงที่ และชนิดปรับค่าได้ ภาพที่ 1.2 แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทาน



ภาพที่ 1.1 ตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ

ภาพที่ 1.2 สัญลักษณ์ตัวต้านทาน

หน่วยของความต้านทานวัดเป็นหน่วย “โอห์ม” เขียนแทนด้วยอักษรกรีกซ์ คือตัวโอเมก้า ค่าความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึงการป้อนแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1 โวลต์ แล้วกระแสไหลผ่านตัวต้านทานเท่ากับ 1 แอมแปร์

1.3 ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด ในกรณีที่แบ่งโดยยึดเอาค่าความต้านทานเป็นหลักจะแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

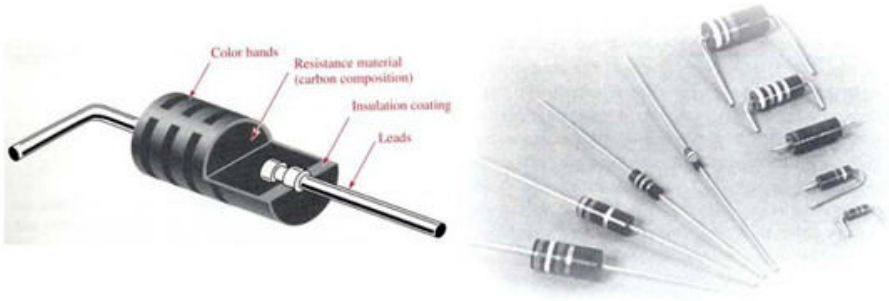
- ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ (Fixed resistor)
- ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (Adjustable resistor)
- ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable resistor)

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่มีหลายประเภท ตัวต้านทานที่นิยมในการนำมาประกอบใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

- ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม (Carbon composition)
- ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal film)
- ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film)
- ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์ (Wire wound)
- ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา (Thick film network)
- ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง (Thin film network)

1.3.1 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม

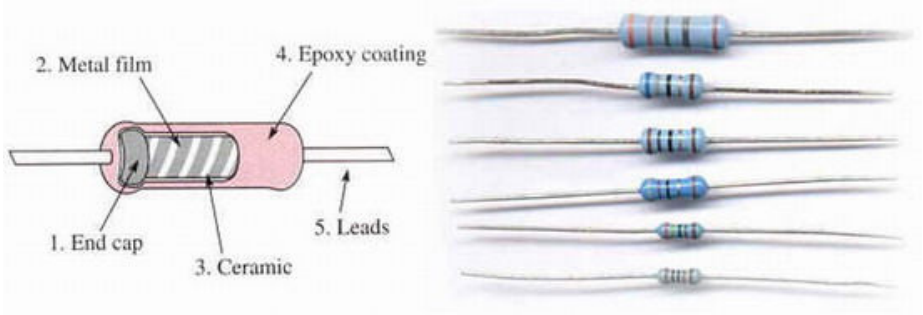
ภาพที่ 1.3 แสดงตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม (Carbon composition) เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมาก มีราคาถูก โครงสร้างทำมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวต้านทาน ผสมกันระหว่างผงคาร์บอนและผงของฉนวน อัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดนี้ จะทำให้ค่าความต้านทานมีค่ามากน้อยเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ บริเวณปลายทั้งสองด้านของตัวต้านทานต่อด้วยลวดตัวนำ บริเวณด้านนอกของตัวต้านทานจะฉาบด้วยฉนวน



ภาพที่ 1.3 ตัวต้านทานชนิดคาร์บอนผสม

1.3.2 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

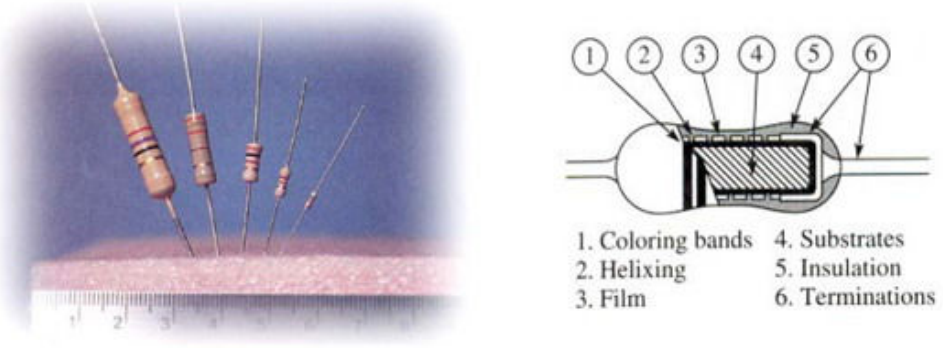
ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะทำมาจากแผ่นฟิล์มบางของแก้ว และโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบที่เซรามิค ทำเป็นรูปทรงกระบอก แล้วตัดแผ่นฟิล์มที่เคลือบออกให้ได้ค่าความต้านทานตามที่ต้องการ ขั้นตอนสุดท้ายจะทำการเคลือบด้วยสารอีป๊อกซี (Epoxy) ตัวต้านทานชนิดนี้มีค่าความผิดพลาดบวกลบ 0.1 % ถึงประมาณบวกลบ 2% ซึ่งถือว่ามีค่าความผิดพลาดน้อยมาก นอกจากนี้ยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากภายนอกได้ดี สัญญาณรบกวนน้อยเมื่อเทียบกับตัวต้านทานชนิดอื่น ๆ



ภาพที่ 1.4 ตัวต้านทานชนิดโลหะ

1.3.3 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film) เป็นตัวต้านทานแบบค่าคงที่โดยการฉาบผงคาร์บอน ลงบนแท่งเซรามิคซึ่งเป็นฉนวน หลังจากที่ทำการเคลือบแล้ว จะตัดฟิล์มเป็นวงแหวนเหมือนเกลียวน๊อต ในกรณีที่เคลือบฟิล์มคาร์บอนในปริมาณน้อย จะทำให้ได้ค่าความต้านทานสูง แต่ถ้าเพิ่มฟิล์มคาร์บอนในปริมาณมากขึ้น จะทำให้ได้ค่าความต้านทานต่ำ ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะมีค่าความผิดพลาด บวกลบ 5% ถึงบวกลบ 20% ทนกำลังวัตต์ตั้งแต่ 1/8 วัตต์ ถึง 2 วัตต์ มีค่าความต้านทานตั้งแต่ 1 โอห์ม ถึง 100 เมกกะโอห์ม



ภาพที่ 1.5 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

1.3.4 ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์

ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์ (Wire wound) โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้เกิดจากการใช้ลวดพันลงบนเส้นลวดแกนเซรามิค หลังจากนั้นต่อลวดตัวนำด้านหัวและท้ายของเส้นลวดที่พัน ส่วนค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับวัสดุ ที่ใช้ทำเป็นลวดตัวนำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนเซรามิคและความยาวของลวดตัวนำ ขั้นตอนสุดท้ายจะเคลือบด้วยสารประเภทเซรามิค บริเวณรอบนอกอีกครั้งหนึ่ง ค่าความต้านทานของตัวต้านทานแบบนี้ จะมีค่าต่ำเพราะต้องการให้มีกระแสไหลได้สูง ทนความร้อนได้ดี สามารถระบายความร้อนโดยใช้อากาศถ่ายเท

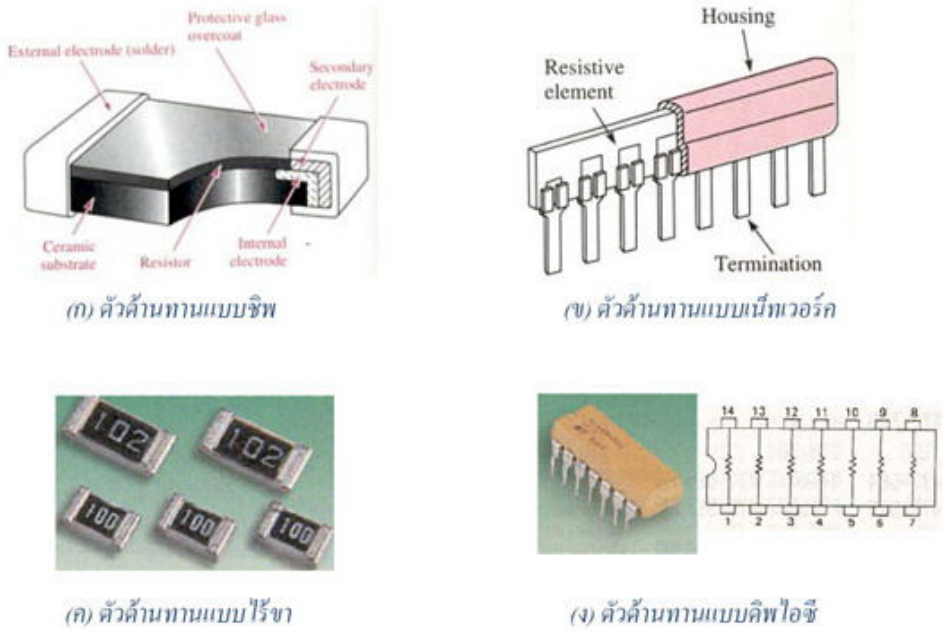
ภาพที่ 1.6 ตัวต้านทานแบบไวร์วาวด์

1.3.5 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา

ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา (Thick film network) โครงสร้างของตัวต้านทานแบบนี้ทำมาจากแผ่นฟิล์มหนา มีรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการใช้งาน ภาพที่ 2.6 แสดงตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนาประเภทไร้ขา (Chip resistor) ตัวต้านทานแบบนี้ต้องใช้เทคโนโลยี SMT (Surface mount technology) ในการผลิต มีอัตราทนกำลังประมาณ 0.063 วัตต์ ถึง 500 วัตต์ ค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 1 % ถึง บวกลบ 5 %

1.3.6 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง

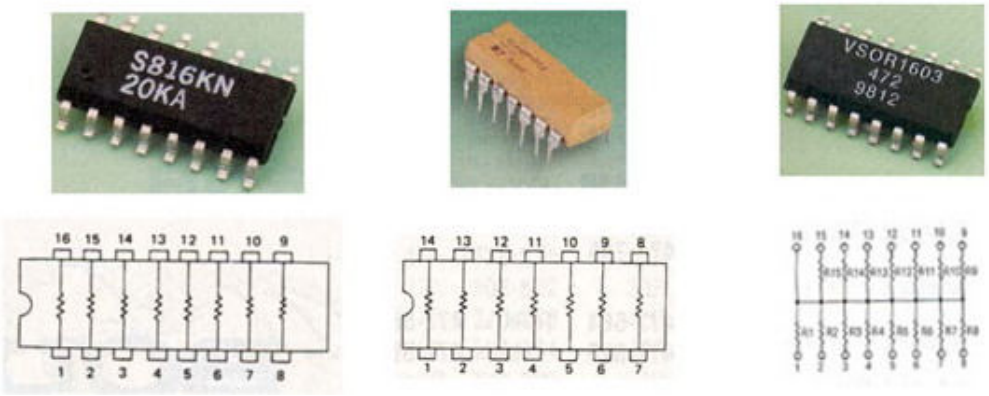
ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง (Thin film network) ซึ่งทำมาจากแผ่นฟิล์มบางดังแสดงในภาพที่ 1.8 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง มีลักษณะรูปร่างเหมือนกับตัวไอซี (Integrated circuit) ใช้เทคโนโลยี SMT (Surface mount technology) ในการผลิตเช่นเดียวกับตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา โดยส่วนใหญ่จะมีขาทั้งหมด 16 ขา การใช้งานต้องบัดกรีเข้ากับแผ่นลายวงจร อัตราทนกำลัง 50 มิลลิวัตต์ มีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 0.1 % และอัตราทนกำลัง 100 มิลลิวัตต์ จะมีค่าความคลาดเคลื่อนบวกลบ 5 % ที่แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 50 V_{DC}



(ก) ตัวต้านทานแบบชิพ (ข) ตัวต้านทานแบบเน็ทเวอร์ค

(ค) ตัวต้านทานแบบไร้ขา (ง) ตัวต้านทานแบบดิพไอซี

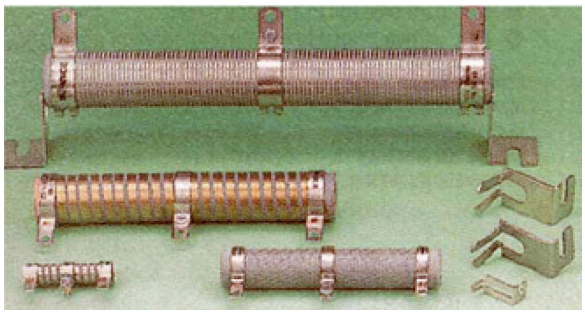
ภาพที่ 1.7 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มหนา



ภาพที่ 1.8 ตัวต้านทานแบบแผ่นฟิล์มบาง

1.3.7 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

ภาพที่ 1.9 แสดงตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (Variable resistor) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับแบบไวร์วาวด์ บริเวณลวดตัวนำส่วนใหญ่จะไม่เคลือบด้วยสารเซรามิคและมีช่องว่างทำให้มองเห็นเส้นลวดตัวนำ เพื่อทำการลัดเข็มขัดค่อมตัวต้านทาน โดยจะมีขาปรับให้สัมผัสเข้ากับจุดใดจุดหนึ่ง บนเส้นลวดของความต้านทาน ตัวต้านทานแบบนี้ส่วนใหญ่มีค่าความต้านทานต่ำ แต่อัตราทนกำลังวัตต์สูง การปรับค่าความต้านทานค่าใดค่าหนึ่ง สามารถกระทำได้ในช่วงของความต้านทานตัวนั้น ๆ เหมาะกับงาน ที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเสมอ ๆ



ภาพที่ 1.9 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

1.3.8 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้

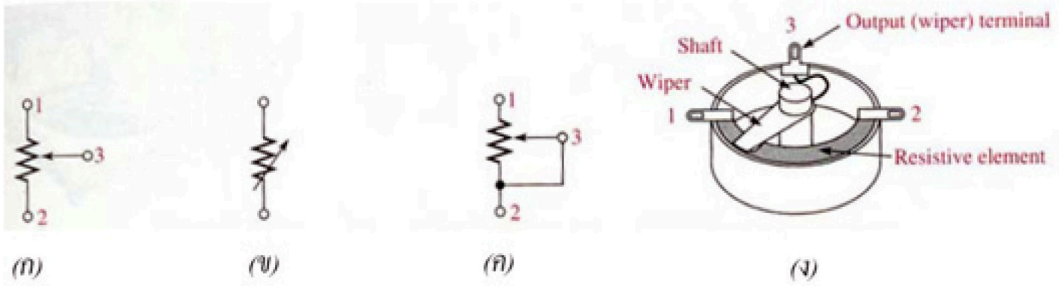
ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable resistor) โครงสร้างภายในทำมาจากคาร์บอน เซรามิค หรือพลาสติกตัวนำ ใช้ในงานที่ต้องการเปลี่ยนค่าความต้านทานบ่อย ๆ เช่น ในเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ เพื่อปรับลดหรือเพิ่มเสียง ปรับลดหรือเพิ่มแสงในวงจรหรี่ไฟ มีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือพอต (Pot) สำหรับชนิดที่มีแกนเลื่อนค่าความต้านทาน หรือแบบที่มีแกนหมุนเปลี่ยนค่าความต้านทานคือโวลลุ่ม (Volume) เพิ่มหรือลดเสียงมีหลายแบบให้เลือกคือ 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น เป็นต้น ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบที่ไม่มีแกนปรับโดยทั่วไปจะเรียกว่า โวลลุ่มเกือกม้า หรือทิมพอต (Trimpot) ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) และเซนเซอร์รีซิสเตอร์ (Sensor resistor)

ภาพที่ 1.10 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนค่าได้

1.3.9 โพเทนชิโอมิเตอร์

ภาพที่ 1.11 แสดงโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือพอต (Pot) คือตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ในวงจรต่าง ๆ โครงสร้างส่วนใหญ่จะใช้วัสดุประเภทคาร์บอน ผสมกับเซรามิค และเรซินวางบนฉนวน ส่วนแกนหมุนขา กลางใช้โลหะที่มีการยืดหยุ่นตัวได้ดี โดยทั่วไปจะเรียกว่าโวลลุ่ม (Variable resistor : VR) มีหลายแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือแบบ A B และ C ภาพที่ 1.11 (ก) แสดงโพเทนชิโอมิเตอร์มี 3 ขา ขาที่ 1 และ 2 จะมีค่าคงที่ส่วนขาที่ 3 เปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามที่ต้องการ ส่วนรีโอสตาทนั้นจะมี 2 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ข) กรณีที่ต้องการต่อโพเทนชิโอมิเตอร์ให้เป็นรีโอสตาทก็ทำได้โดย

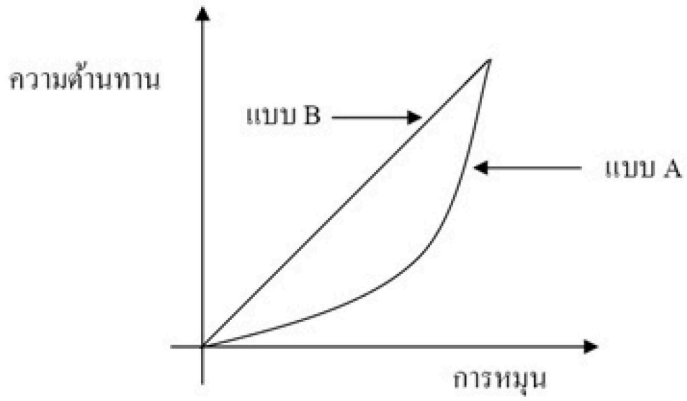
การต่อขาที่ 3 เข้ากับขาที่ 2 ก็จะกลายเป็นรีโอสตาทดังแสดงในภาพที่ 1.11 (ค) ภาพที่ 1.11 (ง) แสดงโครงสร้างทั่ว ๆ ไปของโพเทนชิโอมิเตอร์ ภาพที่ 1.12 ตัวต้านทานชนิดแบบรีโอสตาท



ภาพที่ 1.11 โพเทนชิโอมิเตอร์

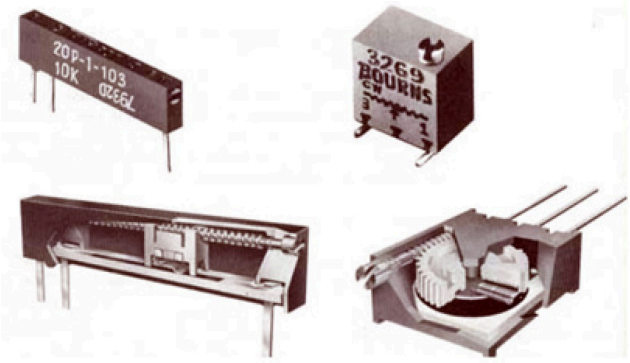
ภาพที่ 1.12 ตัวต้านทานชนิดแบบรีโอสตาท

โพแทนชิโอมิเตอร์แบบฟิล์มคาร์บอนใช้วิธีการฉาบหรือพ่นฟิล์มคาร์บอนลงในสารที่มีโครงสร้างแบบเฟโนลิค (Phenolic) ส่วนแกนหมุนจะใช้โลหะประเภทที่ใช้ทำสปริงเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น VR 100 kΩ ภาพที่ 1.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแบบ A และแบบ B ค่าความต้านทานแบบ A มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานต่อการหมุนในลักษณะของลอกการิทึม (Logarithmic) หรือแบบล็อก กล่าวคือ เมื่อหมุนค่าความต้านทานจะค่อย ๆ เปลี่ยนค่า พอถึงระดับกลางค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนิยมใช้เป็นโวลลุ่มเร่งความดังของเสียง ค่าความต้านทานแบบ B จะเปลี่ยนไปในลักษณะแบบเชิงเส้น (Linear) หรือเชิงเส้น กล่าวคือ ค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นตามการหมุนที่เพิ่มขึ้น ส่วนมากนิยมใช้ในวงจรชุดควบคุมความทุ้มแหลม และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า



ภาพที่ 1.13 กราฟความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแบบ A และแบบ B

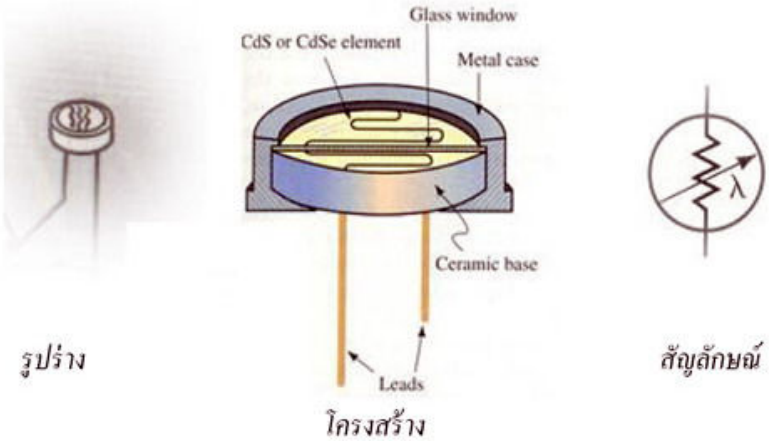
ตัวต้านทานแบบโพเทนชิโอมิเตอร์อีกประเภทหนึ่งคือ ตัวต้านทานแบบปรับละเอียด (Trimmer potentiometers) ดังแสดงในภาพที่ 1.14 ตัวต้านทานแบบนี้ส่วนมากมักใช้ประกอบในวงจรประเภทเครื่องมือวัดและทดสอบ เพราะสามารถปรับหมุน เพื่อต้องการเปลี่ยนค่าความต้านทานได้ทีละน้อย และสามารถหมุนได้ 15 รอบ หรือมากกว่า ซึ่งเมื่อเทียบกับโพเทนชิโอมิเตอร์ แบบที่ใช้ในเครื่องรับวิทยุและเครื่องเสียง ซึ่งจะหมุนได้ไม่ถึง 1 รอบ ก็จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 1.14 โพเทนชิโอมิเตอร์ชนิดปรับละเอียด

1.3.10 แอลดีอาร์

แอลดีอาร์ (Light dependent resistor; LDR) คือตัวต้านทานชนิดที่มีความไวต่อแสงมาก บางครั้งเรียกว่าตัวต้านทานแบบโฟโต้คอนดัคตีฟเซล (Photoconductive cells) หรือโฟโต้เซล ภาพที่ 1.15 แสดงโครงสร้างภายในแอลดีอาร์ ซึ่งทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟต์ (Cadmium sulfide) หรือแคดเมียมเซลีไนต์ (Cadmium selenide) มีความเข้มของแสงระหว่าง 4,000 A (Blue light) ถึง 10,000 A (Infrared) 1 A เท่ากับ 1 x 10-10 M Light



ภาพที่ 1.15 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของแอลดีอาร์

การทำงานของ LDR สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ LDR จะทำให้ค่าความต้านทานภายในตัว LDR ลดลง จะลดลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแสงที่ตกกระทบ ในกรณีที่ไม่มีแสง

หรืออยู่ในตำแหน่งที่มืดค่าความต้านทานภายในตัว LDR จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น การทดสอบ LDR อย่างง่าย ๆ คือต่อสายมิเตอร์เข้ากับ LDR ตั้งย่านวัดโอห์ม หาอุปกรณ์ให้แสงสว่างเช่นไฟฉายหรือหลอดไฟ โดยให้แสงตกกระทบที่ตัว LDR ตรงด้านหน้า แล้วสังเกตค่าความต้านทานจากมิเตอร์จะมีค่าลดลง ถ้ามีอุปกรณ์ไปบังแสงทำให้มืด ค่าความต้านทานจะเพิ่มขึ้น

1.4 การอ่านค่าความต้านทาน

การอ่านค่าความต้านทานจะใช้วิธีการอ่านจากรหัสแถบสี ตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังวัตต์สูงจะพิมพ์ค่าติดไว้บนตัวต้านทาน ตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังวัตต์ต่ำจะใช้รหัสแถบสี ซึ่งนิยมใช้ 4 แถบสีดังแสดงในตารางที่ 1.1 และ 5 แถบสีดังแสดงในตารางที่ 1.2 การอ่านค่ารหัสแถบสีจะใช้หลักในการพิจารณาแถบสีที่ 1 2 และ 3 จะมีระยะห่างของช่องไฟเท่ากัน ส่วนแถบสีที่ 4 จะมีระยะห่างของช่องไฟมากกว่าเล็กน้อย

ตารางที่ 1.1 รหัสแถบสีของตัวต้านทานแบบ 4 สี

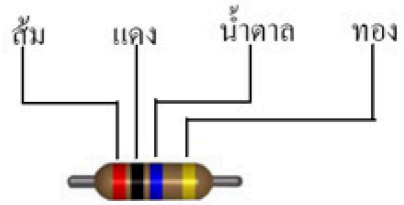
รหัสสี	แถบที่ 1 ตัวตั้ง	แถบที่ 2 ตัวตั้ง	แถบที่ 3 ตัวคูณ	แถบที่ 4 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
ดำ	0	0	1	20% (M)
น้ำตาล	1	1	10	1% (F)
แดง	2	2	10^2	2% (G)
ส้ม	3	3	10^3	-
เหลือง	4	4	10^4	-
เขียว	5	5	10^5	0.5% (D)
น้ำเงิน	6	6	10^6	0.25% (C)
ม่วง	7	7	10^7	0.1% (B)
เทา	8	8	10^8	0.05% (A)
ขาว	9	9	10^9	-
ทอง	จุดทศนิยม	จุดทศนิยม	10^{-1}	5% (J)
เงิน	-	-	10^{-2}	10% (K)

ตารางที่ 1.2 รหัสแถบสีของตัวต้านทานแบบ 5 สี

รหัสสี	แถบที่ 1 ตัวตั้ง	แถบที่ 2 ตัวตั้ง	แถบที่ 3 ตัวตั้ง	แถบที่ 4 ตัวคูณ	แถบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
ดำ	0	0	0	1	-
น้ำตาล	1	1	1	10	1% (F)
แดง	2	2	2	10^2	2% (G)
ส้ม	3	3	3	10^3	-

รหัสสี	แถบที่ 1 ตัวตั้ง	แถบที่ 2 ตัวตั้ง	แถบที่ 3 ตัวตั้ง	แถบที่ 4 ตัวคูณ	แถบที่ 5 เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
เหลือง	4	4	4	10^4	-
เขียว	5	5	5	10^5	0.5% (D)
น้ำเงิน	6	6	6	10^6	0.25% (C)
ม่วง	7	7	7	10^7	0.1% (B)
เทา	8	8	8	10^8	0.05% (A)
ขาว	9	9	9	10^9	-
ทอง	จุดทศนิยม	จุดทศนิยม	จุดทศนิยม	10^{-1}	-
เงิน	-	-	-	10^{-2}	-

ตัวอย่างที่ 1.1 ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี ส้ม แดง น้ำตาล และทอง มีความต้านทานกี่โอห์ม ?



ภาพที่ 1.16 แถบสีของตัวต้านทาน

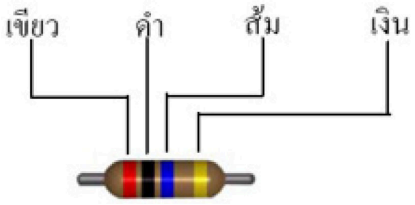
วิธีทำ

แถบสีที่	1	2	3	4
สี	ส้ม	แดง	น้ำตาล	ทอง
ค่า	3	2	X 10	5 %

อ่านค่ารหัสแถบสีได้ 320 โอห์ม

ตัวต้านทานนี้มีความต้านทาน 320 โอห์ม ค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 1.2 ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี เขียว ดำ ส้ม และเงิน มีความต้านทานกี่โอห์ม ?



ภาพที่ 1.17 แถบสีของตัวต้านทาน

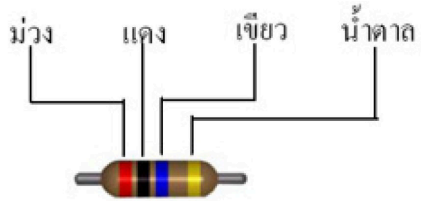
วิธีทำ

แถบสีที่	1	2	3	4
สี	เขียว	ดำ	ส้ม	เงิน
ค่า	5	0	X 1000	10 %

อ่านค่ารหัสแถบสีได้ 50,000 โอห์ม

ตัวต้านทานนี้มีความต้านทาน 50 กิโลโอห์ม ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 1.3 ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี ม่วง แดง เขียว และน้ำตาล มีความต้านทานกี่โอห์ม ?



ภาพที่ 1.18 แถบสีของตัวต้านทาน

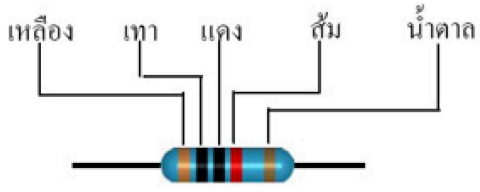
วิธีทำ

แถบสีที่	1	2	3	4
สี	ม่วง	แดง	เขียว	น้ำตาล
ค่า	7	2	X 100,000	1 %

อ่านค่ารหัสแถบสีได้ 7,200,000 โอห์ม

ตัวต้านทานนี้มีความต้านทาน 7.2 เมกกะโอห์ม ค่าผิดพลาด 1 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 1.4 ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี เหลือง เทา แดง ส้ม และน้ำตาลมีความต้านทานกี่โอห์ม ?



ภาพที่ 1.19 แถบสีของตัวต้านทาน

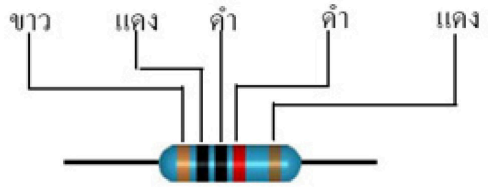
วิธีทำ

แถบสีที่	1	2	3	4	5
สี	เหลือง	เทา	แดง	ส้ม	น้ำตาล
ค่า	4	8	2	X 1,000	1 %

อ่านค่ารหัสแถบสีได้ 482,000 โอห์ม

ตัวต้านทานนี้มีความต้านทาน 482 กิโลโอห์ม ค่าผิดพลาด 1 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 1.5 ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี ขาว แดง ดำ ดำ และแดง มีความต้านทานกี่โอห์ม ?



ภาพที่ 1.20 แถบสีของตัวต้านทาน

วิธีทำ

แถบสีที่	1	2	3	4	5
สี	ขาว	แดง	ดำ	ดำ	แดง
ค่า	9	2	0	X 1	2 %

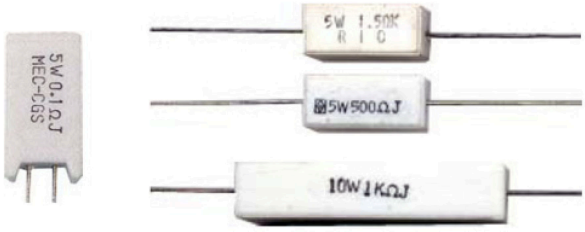
อ่านค่ารหัสแถบสีได้ 920 โอห์ม

ตัวต้านทานนี้มีความต้านทาน 920 โอห์ม ค่าผิดพลาด 2 เปอร์เซ็นต์

ค่าผิดพลาด หมายถึงความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ตัวต้านทานที่มีค่าผิดพลาด 2% หมายความว่าความต้านทาน 100 โอห์ม ถ้าวัดด้วยมัลติมิเตอร์แล้วอ่านค่าได้ตั้งแต่ 98 โอห์ม ถึง 102 โอห์ม ถือว่าตัวต้านทานตัวนั้นอยู่ในสถานะปกติใช้งานได้ นอกจากนี้ยังมีตัวต้านทาน ประเภทที่พิมพ์ค่าของความต้านทานไว้บนตัวต้านทานซึ่งในตารางที่ 1.1 และ 1.2 ได้เขียนเป็นอักษรภาษาอังกฤษเอาไว้ แต่ละตัวมีความหมายดังนี้คือ

J	ค่าผิดพลาดบวกลบ	5	เปอร์เซ็นต์
K	ค่าผิดพลาดบวกลบ	10	เปอร์เซ็นต์
M	ค่าผิดพลาดบวกลบ	20	เปอร์เซ็นต์
F	ค่าผิดพลาดบวกลบ	1	เปอร์เซ็นต์
G	ค่าผิดพลาดบวกลบ	2	เปอร์เซ็นต์
D	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.5	เปอร์เซ็นต์
C	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.25	เปอร์เซ็นต์
B	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.1	เปอร์เซ็นต์
A	ค่าผิดพลาดบวกลบ	0.05	เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 1.21 แสดงตัวต้านทานที่มีการพิมพ์ค่าอัตราทนกำลัง ค่าความต้านทาน และค่าผิดพลาด ซึ่งจะเห็นว่ามีการพิมพ์อักษรภาษาอังกฤษเป็นตัว J คือผิดพลาด 5 % และตัว K คือผิดพลาด 10 %



ภาพที่ 1.21 ตัวต้านทานแสดงค่าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ

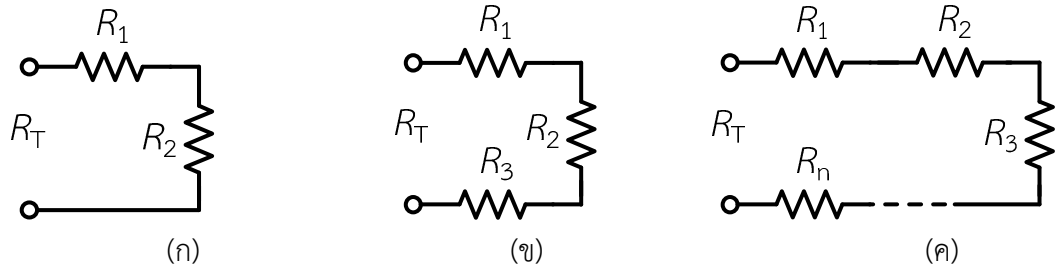
1.5 การต่อวงจรตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานมีอยู่ 3 แบบคือ วงจรอนุกรม, วงจรขนาน และวงจรผสม วงจรตัวต้านทานพื้นฐานถูกแบ่งออกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

- การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series circuit)
- การต่อตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel circuit)
- การต่อตัวต้านทานแบบผสม (Compound circuit)

1.5.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม (Series resistor connection circuit) คือการนำตัวต้านทานมาต่อเรียงลำดับกันในลักษณะหัวต่อท้าย ซึ่งจำให้วงจรมีค่าความต้านทานรวมมากขึ้น ภาพที่ 1.22 (ก) แสดงการต่อตัวต้านทาน 2 ตัว ภาพที่ 1.22 (ข) แสดงการต่อตัวต้านทาน 3 ตัว และภาพที่ 1.22 (ค) แสดงการต่อตัวต้านทาน n ตัว ซึ่งค่าความต้านทานรวมของวงจรดังแสดงในภาพที่ 1.22 (ก) มีค่าเท่ากับ



ภาพที่ 1.22 ตัวต้านทานต่อลักษณะอนุกรม (ก) 2 ตัว (ข) 3 ตัว และ (ค) n ตัว

$$R_T = R_1 + R_2 \tag{1.1}$$

ค่าความต้านทานรวมของวงจรในภาพที่ 2.19 (ก) เท่ากับ

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \tag{1.2}$$

ค่าความต้านทานรวมของวงจรในภาพที่ 1.19 (ค) เท่ากับ

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \tag{1.3}$$

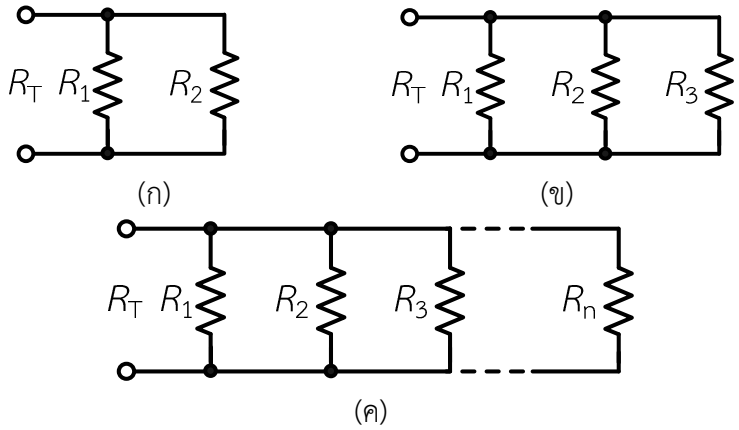
1.5.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel resistor connection circuit) คือการนำตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อลักษณะต้นเข้ากับต้น ปลายเข้ากับปลาย ซึ่งผลการต่อตัวต้านทานจะทำให้ค่าความต้านทานรวมลดลง ภาพที่ 1.23 (ก) แสดงการต่อตัวต้านทานขนาน 2 ตัว ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \tag{1.4}$$

ค่าความต้านทานรวม R_T เท่ากับ

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \tag{1.5}$$



ภาพที่ 1.23 ตัวต้านทานต่อลักษณะวงจรขนาน (ก) 2 ตัว (ข) 3 ตัว และ (ค) n ตัว

ภาพที่ 1.23 (ข) แสดงการต่อตัวต้านทานขนาน 3 ตัว ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \tag{1.6}$$

ค่าความต้านทานรวม R_T เท่ากับ

$$R_T = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \tag{1.7}$$

ภาพที่ 1.23 (ค) แสดงการต่อตัวต้านทานขนาน n ตัว ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ

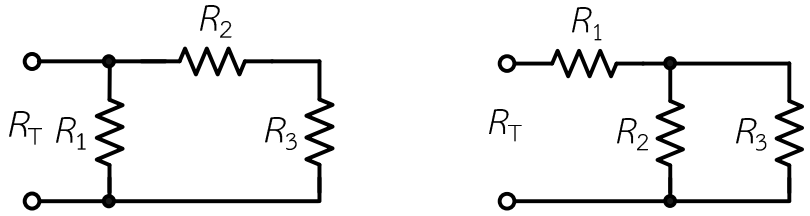
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \tag{1.8}$$

ค่าความต้านทานรวม R_T เท่ากับ

$$R_T = \frac{R_1 R_2 R_3 \cdots R_n}{R_2 R_3 \cdots R_n + R_1 R_3 \cdots R_n + R_1 R_2 \cdots R_n + \cdots} \tag{1.9}$$

1.5.3 การต่อตัวต้านทานแบบผสม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม (Compound resistor connection circuit) คือการนำตัวต้านทานมาต่อลักษณะอนุกรม และขนาน ซึ่งมีการต่อได้ 2 ลักษณะ



ภาพที่ 1.24 ตัวต้านทานต่อลักษณะผสม

1.5.3.1 การต่อตัวต้านทานอนุกรม – ขนาน

ภาพที่ 1.24 (ก) แสดงลักษณะการต่อตัวต้านทานอนุกรม – ขนาน ซึ่งเป็นการนำตัวต้านทานมาต่อลักษณะอนุกรมแล้วต่อขนานกับตัวต้านทานอีกตัว ค่าความต้านทานรวม R_T มีค่าเท่ากับ

$$R_T = R_1 \,//\, (R_2 + R_3) \tag{1.10}$$

1.5.3.2 การต่อตัวต้านทานขนาน – อนุกรม

การต่อตัวต้านทานขนาน – อนุกรม ซึ่งเป็นการนำตัวต้านทานมาต่อลักษณะขนานแล้วต่ออนุกรมกับตัวต้านทานอีกตัวดังแสดงในภาพที่ 1.22 (ข) ค่าความต้านทานรวม R_T เขียนได้ว่า

$$R_T = R_1 + (R_2 \,//\, R_3) \tag{1.11}$$

แบบฝึกหัดท้ายบท

1.

2.

3.

4. ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี เขียว ดำ ส้ม และเงิน มีความต้านทานกี่โอห์ม ?

5. ตัวต้านทานมีรหัสแถบสี เขียว ดำ ส้ม และเงิน มีความต้านทานกี่โอห์ม ?

6. จงหาค่าความต้านทานรวม

7. จงหาค่าความต้านทาน R_2

8. จงหาค่าความต้านทานรวม

9. จงหาค่าความต้านทาน R_2

10. จงหาค่าความต้านทานรวม

11. จงหาค่าความต้านทาน R_2

12. จงหาค่าความต้านทานรวม

13. จงหาค่าความต้านทาน R_2

14. จงหาค่าความต้านทานรวม

15. จงหาค่าความต้านทาน R_2

เอกสารอ้างอิง

1. Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith “Microelectronic Circuit”