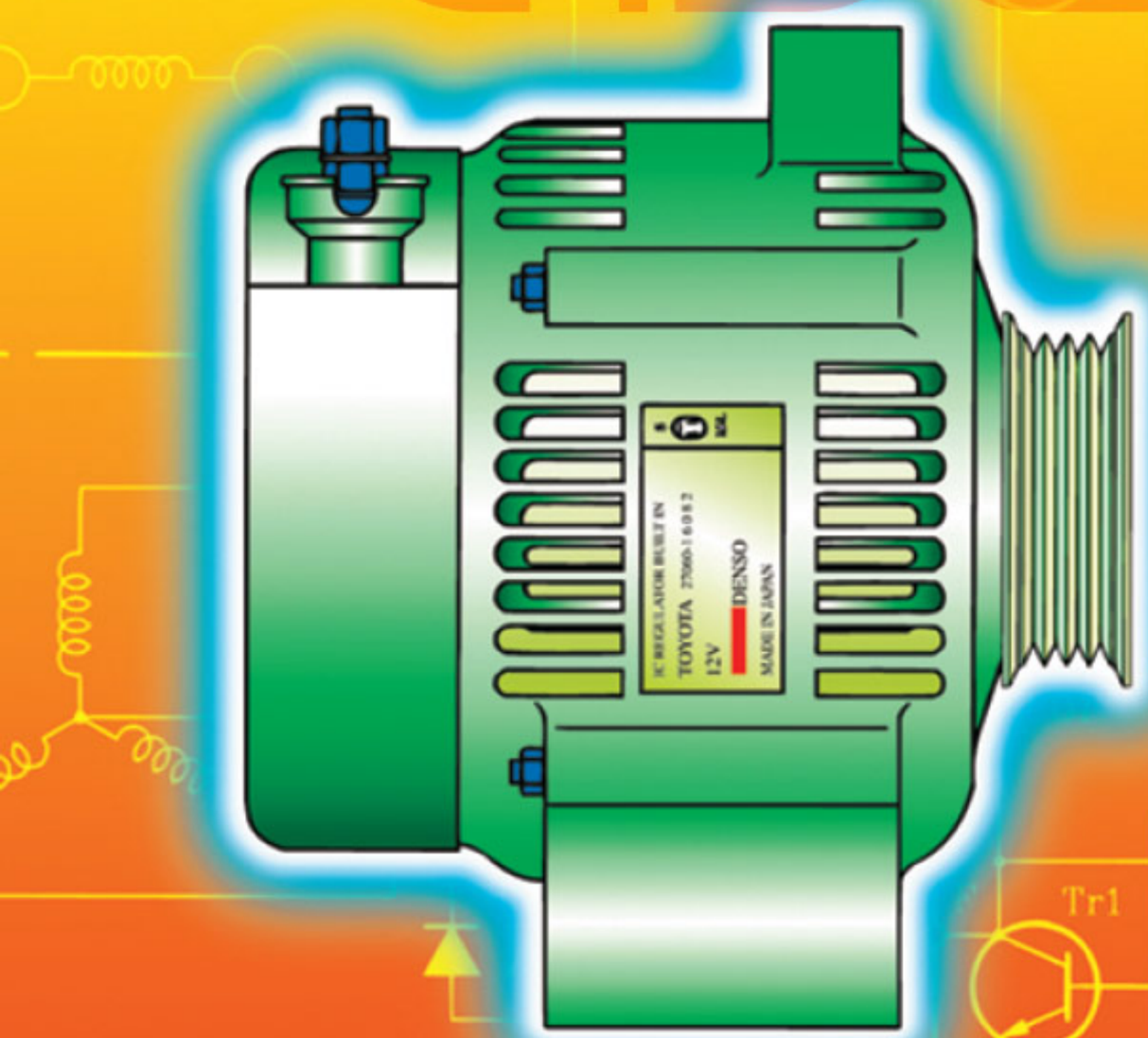
ระบบไฟฟ้าในรถยนต์ 2

สำหรับประกอบการเรียนการสอน
วิชา ไฟฟ้ายานยนต์
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)



โดย... นพดล เวชวิฐาน

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ระบบไฟฟ้าในรถยนต์ 2

โดย นพดล เวชวิฐาน

ราคา 130 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤษภาคม 2545
พิมพ์ครั้งที่ 2 ธันวาคม 2545
พิมพ์ครั้งที่ 3 พฤษภาคม 2552

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

นพดล เวชวิฐาน.

ระบบไฟฟ้าในรถยนต์ 2. - - กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

160 หน้า.

1. รถยนต์ - - เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้า.

629.254

ISBN 974-8329-71-2

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)
เสนองานเขียน • งานแปลได้ที่ www.tpa.or.th/publisher/new
ติดต่อสั่งซื้อหนังสือได้ที่ www.tpabookcentre.com

พิมพ์ด้วยระบบ Digital Printing โดย โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

"ถ้าหนังสือมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ" โทร. 0-2258-0320, 0-2259-9160 ต่อ 1560, 1570

■ **บรรณาธิการบริหาร** ทวิยา วัณณะวิโรจน์ **หัวหน้ากองบรรณาธิการ** แทนพร เลิศวุฒิภัทร **บรรณาธิการ** สุนีนุช อร่ามพจมาน, รินดา คันธวร, พรรณพิมล กิจไพฑูรย์, อังคณา อรรถพงศ์ธร **ออกแบบปก** ภาณุพันธ์ โนวยุทธ **ออกแบบรูปเล่ม** อรุณศรี ศุขจิตต์, ประเทือง คชเสนีย์, คุณาภรณ์ เนสุสินธุ์, รัชชนก ศุภศรี

คำนำนายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 ด้วยความร่วมมือร่วมใจกันของกลุ่มบุคคลที่ได้ผ่านการศึกษาระดับต่าง ๆ จากประเทศญี่ปุ่น โดยได้รับความร่วมมือทางด้านทุนทรัพย์บางส่วนจาก The Japan-Thailand Economic Cooperation Society (JTECS) เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานกิจกรรมของสมาคมฯ ซึ่งประกอบด้วย ฝ่ายสำนักพิมพ์ ฝ่ายภาษาและวัฒนธรรม ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม ฝ่ายบริการสอบเทียบและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายวินิจฉัยและให้คำปรึกษาสถานประกอบการ และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งแต่ละฝ่ายจัดดำเนินการโดยสมาชิกของสมาคมฯ ทำหน้าที่เป็นคณะที่ปรึกษารับผิดชอบบริหารงานให้เป็นไปตามเป้าหมาย

สำหรับฝ่ายสำนักพิมพ์ฯ โดยแผนกตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม มีนโยบายพื้นฐานคือการส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทางเทคโนโลยีทุกประเภท รวมถึงหนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปลเรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่ง และงานสำรวจวิจัยทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่สมาคมฯ มีความเห็นว่า หนังสือตำราภาษาไทย โดยเฉพาะในระดับอาชีวศึกษาแขนงวิชาเทคโนโลยีต่าง ๆ ยังมีอยู่ในปริมาณจำกัดไม่พอเพียง ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มขึ้นย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาทางเทคโนโลยีให้สูงขึ้นและแพร่หลายขึ้นโดยปริยาย อีกทั้งยังช่วยสร้างสรรค์ปัญญา ความคิดริเริ่ม และความรู้ความเข้าใจอันถูกต้อง ซึ่งจะเป็นการปูรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยเป็นประโยชน์แก่สังคมอุตสาหกรรมโดยส่วนรวม

ปัจจุบัน สมาคมฯ ยังคงมีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานทุก ๆ ฝ่ายต่อไปอย่างไม่หยุดยั้ง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าด้วยเจตนาอันบริสุทธิ์ของสมาคมฯ ในการดำเนินกิจการที่มิใช่การแสวงหาผลกำไร หากมุ่งมั่นที่จะให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือตำราในราคาย่อมเยาเช่นนี้ คงเกิดประโยชน์แก่สังคมส่วนรวมทั้งในทางตรงและทางอ้อม และหากสถาบันการศึกษาใดต้องการใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดเพื่อใช้ประกอบการศึกษา ทางสมาคมฯ ก็มิได้ขัดข้อง แต่ใคร่ขอให้ทำเรื่องขออนุญาตต่อทางสมาคมฯ ก่อน

อนึ่ง สมาคมฯ ใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและคณะผู้จัดทำที่ได้พากเพียรจนทำให้ตำราชุดนี้สำเร็จขึ้นมาได้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

(นายประยูร เชี่ยววัฒนา)

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำแถลงของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยแผนกตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม วิวัฒนาการมาจากโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อว่า โครงการตำรา ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมุ่งหวังที่จะให้มีตำราทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ทั้งในระดับอาชีวศึกษา และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านช่างที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

ในระยะแรกนั้น ตำราที่ผลิตโดยโครงการตำราส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น ต่อมาจึงได้ขยายขอบข่ายของการจัดพิมพ์ครอบคลุมไปถึงงานแปลและเรียบเรียงจากต้นฉบับภาษาอื่น งานเรียบเรียง-เขียนตำราจากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาจารย์จากสถาบันการศึกษา

ต่อมาในระยะ 4 - 5 ปีหลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้วิวัฒนาการเป็นโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และเป็นส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์เพิ่มเติม ได้แก่ หนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบริหาร-จัดการคุณภาพ และอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โดยที่หนังสือที่จัดพิมพ์โดยสมาคมฯ ได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทางสมาคมฯ จึงใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้เชี่ยวชาญในวงการอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาได้ช่วยกันเขียน-เรียบเรียงหนังสือทางด้านเทคนิคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ให้แพร่หลายยิ่งขึ้น โดยสมาคมฯ ยินดีให้การสนับสนุนในด้านการจัดพิมพ์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ขอขอบคุณท่านผู้เขียน-เรียบเรียงและเจ้าหน้าที่ของสมาคมฯ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนำ

ตำรา **“ระบบไฟฟ้าในรถยนต์ 2”** นี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงขึ้นมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) หรือ สำหรับผู้อ่านที่มีความสนใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในรถยนต์

เนื้อหาภายในตำราเล่มนี้จะต่อเนื่องมาจากตำรา *“ระบบไฟฟ้าในรถยนต์ 1”* ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการไฟฟ้าเบื้องต้น และระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานในรถยนต์ทั่วไป

บทที่ 1 เป็นหลักการเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่ควรทราบ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานก่อนการเรียนรู้เรื่องระบบไฟฟ้าในรถยนต์ หากผู้อ่านหรือผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นดีแล้ว ก็สามารถข้ามไปศึกษาในบทต่อไปได้เลย

บทที่ 2 - 8 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับหลักการทำงานและวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบต่าง ๆ ในรถยนต์ คือ ระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ระบบประจุไฟแบบใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ ระบบควบคุมกระจกหน้าต่างไฟฟ้า ระบบควบคุมกระจกมองข้าง ระบบควบคุมการล็อกประตู ระบบไล่ฝ้ากระจกหลัง และระบบควบคุมพัดลมหม้อน้ำ

เนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าในรถยนต์ในตำราเล่มนี้ เป็นเพียงระบบไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์โตโยต้า และรถยนต์นิสสันบางส่วน ที่ผู้เขียนได้เลือกมาอธิบายให้ผู้อ่านศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ ดังนั้นเนื้อหาจึงไม่สามารถครอบคลุมระบบไฟฟ้าในรถยนต์ที่มีอยู่ทั้งหมดในปัจจุบันได้

ผู้เขียนหวังว่าตำราเล่มนี้ คงจะช่วยให้นักศึกษาหรือผู้อ่านได้มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในรถยนต์มากยิ่งขึ้น

นพดล เวชวิฐาน

สารบัญ

บทที่ 1 หลักการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 1

1.1 ตัวต้านทาน 1

1.1.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ 2

1.1.2 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ 8

1.2 ตัวเก็บประจุไฟฟ้า 10

1.2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ 11

1.2.2 ชนิดของคาปาซิเตอร์ 16

1.3 สารกึ่งตัวนำ 18

1.3.1 ชนิดของสารกึ่งตัวนำ 20

1.4 เทอร์มิสเตอร์ 22

1.5 ไดโอด 23

1.5.1 ไดโอดแปลงกระแส 24

1.5.2 ซีเนอร์ไดโอด 34

1.5.3 ไดโอดเปล่งแสง 35

1.5.4 โฟโตไดโอด 36

1.6 ไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ 38

1.7 โฟโตทรานซิสเตอร์ 43

1.8 ไทริสเตอร์ 43

1.9 ไอซี 47

บทที่ 2 ระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 49

2.1 ระบบจุดระเบิดแบบกึ่งทรานซิสเตอร์ 49

2.2 ระบบจุดระเบิดแบบทรานซิสเตอร์ 53

2.2.1 ชุดกำเนิดสัญญาณจังหวะจุดระเบิด 53

2.2.2 ตัวช่วยจุดระเบิด 56

2.2.3 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบทรานซิสเตอร์ 57

2.3 ระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 59
2.3.1 หน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 60
2.3.2 ระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของโตโยต้า 61
2.3.3 ระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ของนิสสัน 69
2.4 ระบบจุดระเบิดแบบ IIA 79
2.5 ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้จานจ่าย 81
2.5.1 ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้จานจ่ายของโตโยต้า 81
2.5.2 ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้จานจ่ายของนิสสัน 83

บทที่ 3 ระบบประจุไฟแบบใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ 87
3.1 ไอซีเรกูเลเตอร์ 87
3.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบประจุไฟแบบใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ 89
3.3 หลักการทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ 90
3.4 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้าระบบประจุไฟ 96

บทที่ 4 ระบบควบคุมกระจกไฟฟ้า 97
4.1 มอเตอร์และกลไกเลื่อนกระจกหน้าต่าง 98
4.2 สวิตช์ควบคุมมอเตอร์กระจกไฟฟ้า 99
4.2.1 สวิตช์ควบคุมหลัก 99
4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์กระจกไฟฟ้า 102

บทที่ 5 ระบบควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้า 109
5.1 กระจกมองข้างไฟฟ้า 110
5.2 สวิตช์ควบคุมกระจกมองข้าง 112
5.2.1 สวิตช์ควบคุมกระจกมองข้างแบบไม่มีสวิตช์ควบคุมการพับกระจก 112
5.2.2 สวิตช์ควบคุมกระจกมองข้างแบบมีสวิตช์ควบคุมการพับกระจก 114

5.3 วงจรควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้า 116
5.3.1 วงจรควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้าแบบไม่มีตัวพับกระจก 116
5.3.2 วงจรควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้าแบบมีตัวพับกระจก 120
5.3.3 วงจรควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้าแบบมีตัวพับกระจก (ไม่ใช้รีเลย์ควบคุม) 124

บทที่ 6 ระบบควบคุมการล็อกประตู 129
6.1 มอเตอร์ล็อกประตู 130
6.2 สวิตช์ควบคุมการล็อกประตู 131
6.3 รีเลย์ควบคุมการล็อกประตู 132
6.4 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบการล็อกประตู 133

บทที่ 7 ระบบไล่ฝ้ากระจกหลัง 137
7.1 สวิตช์ไล่ฝ้ากระจก 138
7.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมไล่ฝ้ากระจกหลัง 138

บทที่ 8 ระบบไฟฟ้าควบคุมพัดลมหม้อน้ำ 141
8.1 พัดลมระบายความร้อนหม้อน้ำ 142
8.2 วงจรไฟฟ้าควบคุมพัดลมระบายความร้อนหม้อน้ำ 143

บรรณานุกรม 146

บทที่ 1
หลักการอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

นอกจากการนำเอาระบบไฟฟ้ามาใช้ในรถยนต์แล้ว ปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น ระบบจ่ายเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ ระบบจุดระเบิด ระบบประจุไฟ ระบบปรับอากาศ ระบบเบรก ระบบควบคุมเกียร์อัตโนมัติ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาช่างยนต์จะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นไว้เพื่อเป็นพื้นฐาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เราพบอยู่โดยทั่วไป ได้แก่ ตัวความต้านทาน ตัวเก็บประจุไฟฟ้าหรือคอนเดนเซอร์ เทอร์มิสเตอร์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ไทริสเตอร์ และไอซี เป็นต้น

1.1 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานหรือรีซิสเตอร์ (resistor) หรือเรียกกันสั้น ๆ ว่า R เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้กับวงจรไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ โดยตัวความต้านทานจะทำหน้าที่ลดกระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจร

ตัวต้านทานที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดตามวัสดุที่ใช้ผลิตหรือตามลักษณะของค่าความต้านทาน หากแบ่งตามชนิดของค่าความต้านทานจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (fixed resistor) และตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (variable resistor)

1.1.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

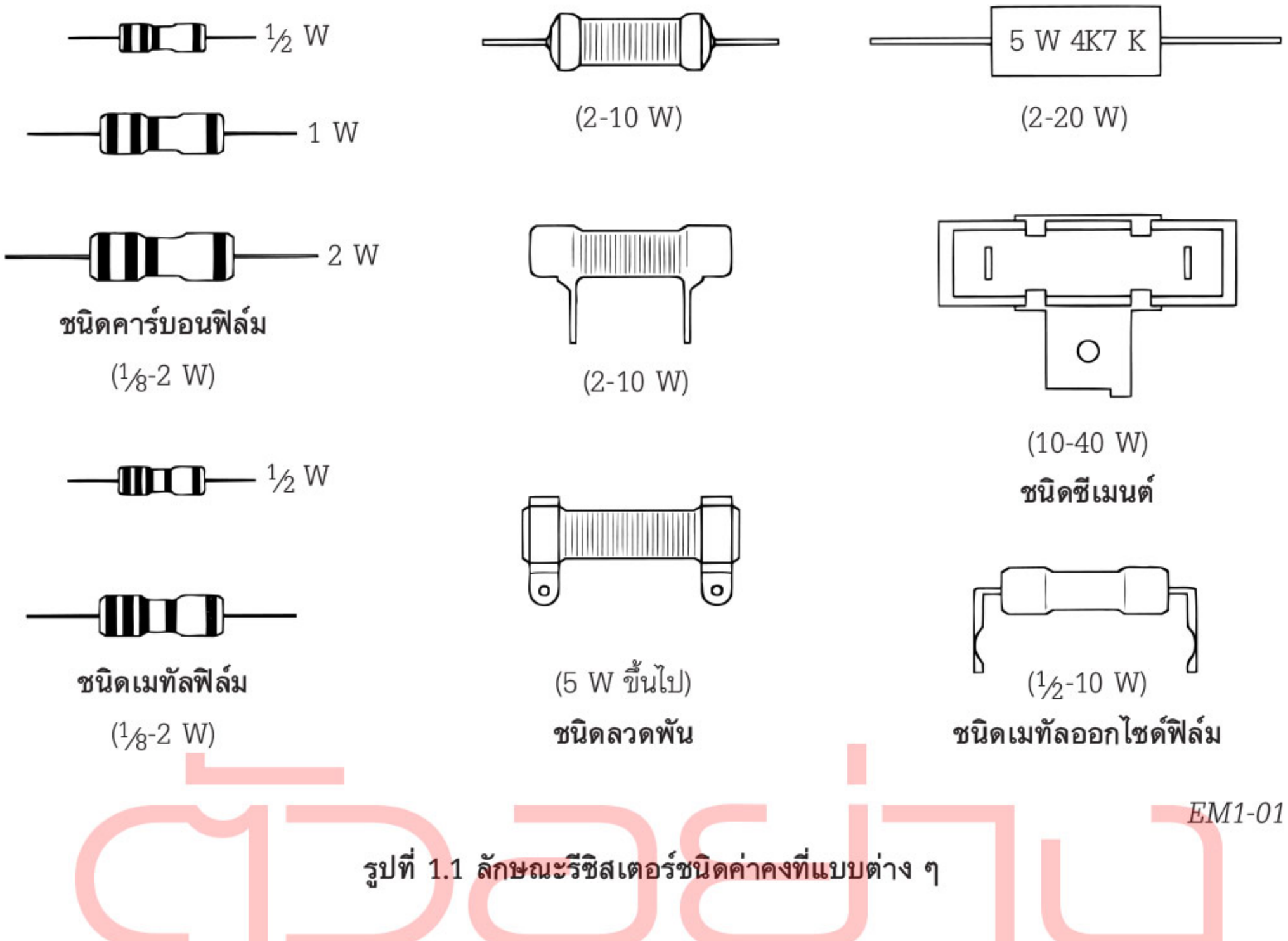
ตัวความต้านทานชนิดนี้ จะมีค่าความต้านทานคงที่ ไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ เราจะพบเห็นตัวต้านทานชนิดค่าคงที่นี้ได้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ตัวต้านทานจะมีชื่อเรียกตามวัสดุที่ใช้ผลิต เช่น

1. **รีซิสเตอร์แบบไวร์วาวด์** (wire - wound resistor) **หรือแบบลวดพัน** เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะเป็นขดลวดที่ทำจากโลหะนิกเกิลผสมโครเมียม พันอยู่บนฉนวนเซรามิก รีซิสเตอร์แบบนี้มีใช้ในวงจรที่มีกำลังไฟสูง สามารถทนกำลังไฟได้ตั้งแต่ 2 วัตต์ (watt) ถึง 100 วัตต์ หรือมากกว่า และมีค่าความต้านทานสำหรับใช้งานตั้งแต่น้อยกว่า 1 โอห์ม ถึงหลายพันโอห์ม การบอกค่าความต้านทานจะเขียนเป็นตัวเลขไว้บริเวณภายนอกของตัวรีซิสเตอร์

2. **รีซิสเตอร์แบบซีเมนต์** (cement resistor) **หรือเรียกว่า ตัวต้านทานแบบกระเบื้อง** มีลักษณะเฉพาะต่าง ๆ เหมือนกับรีซิสเตอร์แบบแรกเกือบทุกประการ มีขนาดตั้งแต่ 2 - 40 วัตต์ เปลือกนอกเคลือบด้วยซีเมนต์ ทำให้สามารถทนความร้อนได้สูง การบอกค่าความต้านทานจะแสดงเป็นตัวเลขพิมพ์ไว้ที่ภายนอกตัวรีซิสเตอร์

3. **รีซิสเตอร์แบบคาร์บอน** (carbon - composition resistor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากผงคาร์บอนหรือแกรไฟต์ ที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน รีซิสเตอร์แบบคาร์บอนจะเป็นตัวต้านทานที่มีใช้มากที่สุดในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะการใช้งานจะใช้ในวงจรที่มีกำลังไฟต่ำตั้งแต่ $\frac{1}{32}$ ถึง 2 วัตต์ มีค่าความต้านทานใช้งานตั้งแต่น้อยกว่า 1 Ω จนถึง 22 MΩ มีค่าผิดพลาดตั้งแต่ 5% 10% และ 20% สำหรับค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์นิยมบอกเป็นรหัสแถบสี 4 แถบ พิมพ์ติดไว้ที่ตัวรีซิสเตอร์

4. **รีซิสเตอร์แบบเมทัลฟิล์ม** (metal - film resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีโครงสร้างเป็นฟิล์มบาง ๆ ของแก้วและโลหะหลอมรวมกัน หรือฟิล์มโลหะเคลือบอยู่บนแกนเซรามิก รีซิสเตอร์แบบนี้จะมีความเที่ยงตรงสูง การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงมีน้อย มีค่าความผิดพลาดเพียง 1-2 % เหมาะกับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ๆ เช่น ในเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์นิยมบอกเป็นรหัสแถบสี 5 แถบ พิมพ์ติดไว้ที่ตัวรีซิสเตอร์

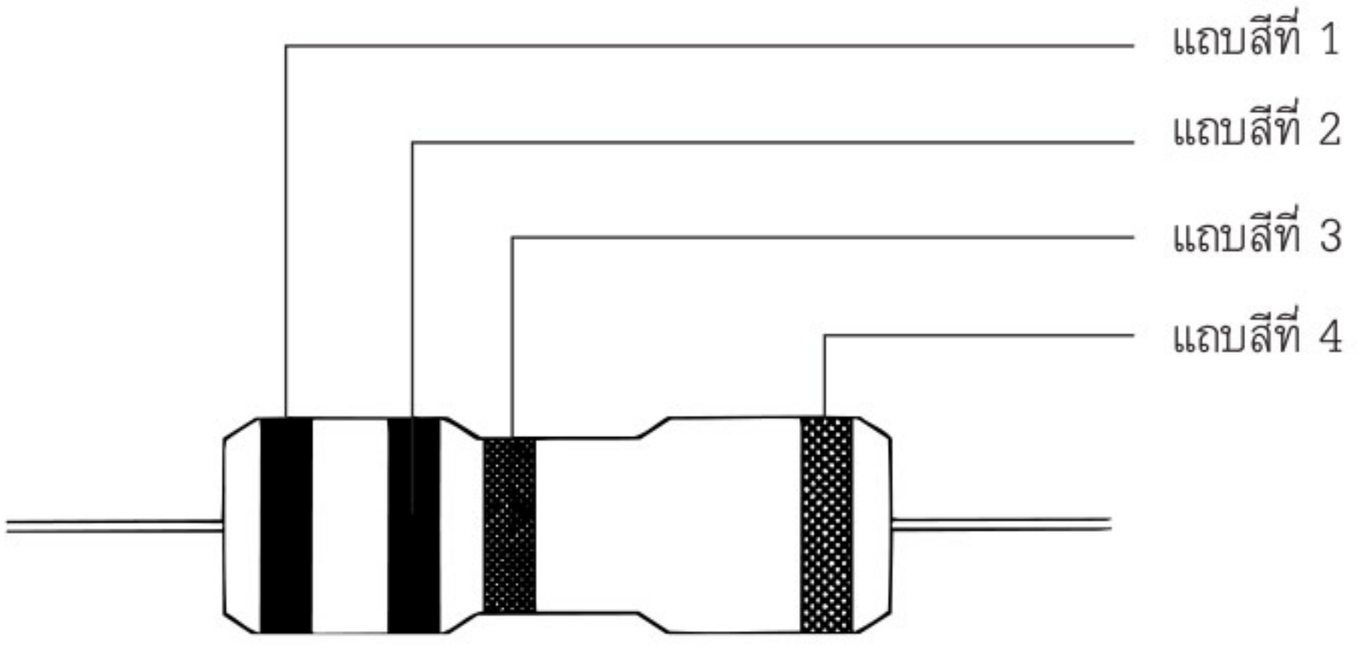


EM1-01

รูปที่ 1.1 ลักษณะรีซิสเตอร์ชนิดค่าคงที่แบบต่าง ๆ

การอ่านค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์ชนิดค่าคงที่จากรหัสแถบสี

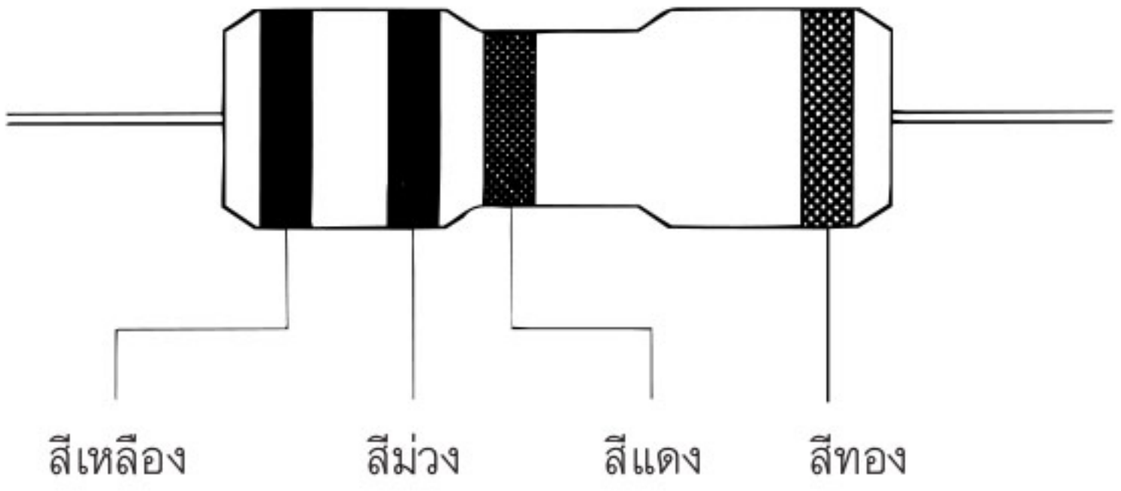
ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่แบบคาร์บอน จะบอกค่าความต้านทานเป็นรหัสสี 4 แถบ พิมพ์ติดไว้ดังแสดงในรูปที่ 1.2



EM1-02

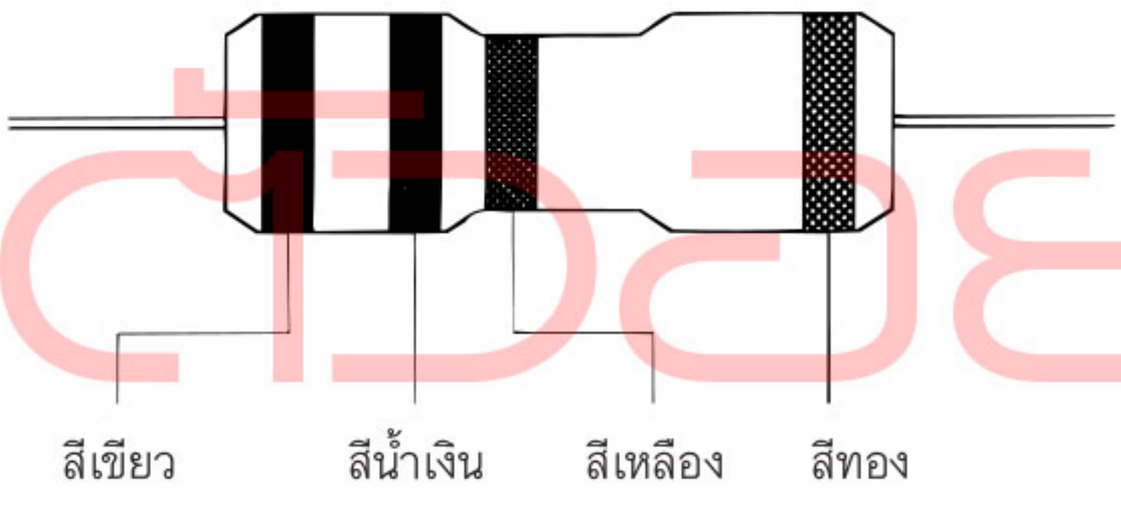
รูปที่ 1.2 รหัสค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์ชนิดค่าคงที่แบบคาร์บอน

ในการอ่านค่าความต้านทานจะใช้วิธีดูรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ แล้วแปลความหมายจากรหัสสีเป็นตัวเลขและตัวคูณ ตามรายละเอียดในตารางหน้าถัดไป สีแถบที่ 1 เป็นเลขหลักสิบ สีแถบที่ 2 เป็นเลขหลักหน่วย สีแถบที่ 3 เป็นตัวคูณ สีแถบที่ 4 เป็น % ค่าผิดพลาด



ค่าที่อ่านได้ = 47 × 100
= 4700 Ω
= 4.7 KΩ
ค่าผิดพลาด = ±5%

(ก)



ค่าที่อ่านได้ = 56 × 10000
= 560000 Ω
= 560 KΩ
ค่าผิดพลาด = ±5%

(ข)

EM1-02

รูปที่ 1.3 ตัวอย่างการอ่านรหัสสีของรีซิสเตอร์ชนิด 4 แถบสี

ตัวอย่างการอ่าน

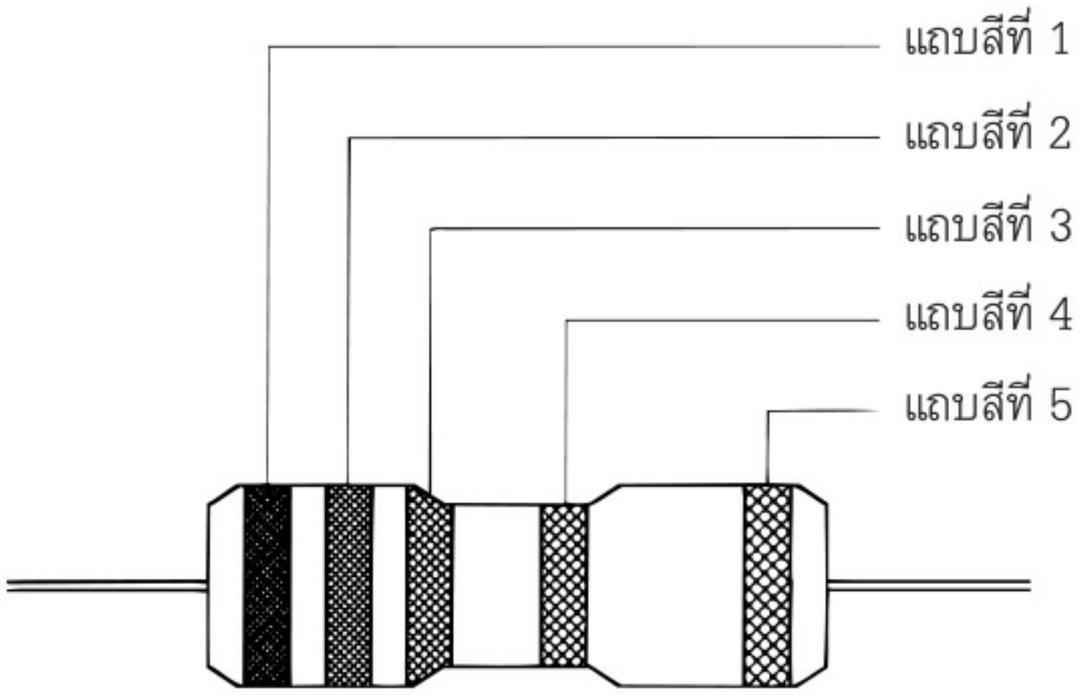
จากรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ในรูปที่ 1.3 (ก) นำไปแปลความหมายของแถบสีจากตารางได้ดังนี้ แถบที่ 1 สีเหลือง = เลข 4 แถบที่ 2 สีม่วง = เลข 7 แถบที่ 3 สีแดง = ตัวคูณ 100 แถบที่ 4 สีทอง = ค่าผิดพลาด 5 % จะได้ค่าความต้านทาน 4.7 KΩ ดังรายละเอียดในรูป

จากรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ในรูปที่ 1.3 (ข) นำไปแปลความหมายของแถบสีจากตารางได้ดังนี้ แถบที่ 1 สีเขียว = เลข 5 แถบที่ 2 สีน้ำเงิน = เลข 6 แถบที่ 3 สีเหลือง = ตัวคูณ 10000 แถบที่ 4 สีทอง = ค่าผิดพลาด 5 % จะได้ค่าความต้านทาน 560 KΩ

ตารางการอ่านค่าความต้านทานที่มีรหัสสี 4 แถบสี

รหัสสี	ตัวเลขแทน แถบสีที่ 1	ตัวเลขแทน แถบสีที่ 2	ตัวคูณแทน แถบสีที่ 3	% ค่าผิดพลาด แถบสีที่ 4
ไม่มีสี (ว่าง)	-	-	-	± 20%
สีเงิน	-	-	× 0.01	± 10%
สีทอง	-	-	× 0.1	± 5%
สีดำ	0	0	× 1	
สีน้ำตาล	1	1	× 10	± 1%
สีแดง	2	2	× 100	± 2%
สีส้ม	3	3	× 1000	
สีเหลือง	4	4	× 10000	
สีเขียว	5	5	× 100000	± 0.50%
สีน้ำเงิน	6	6	× 1000000	± 0.25%
สีม่วง	7	7	-	± 0.10%
สีเทา	8	8	-	± 0.05%
สีขาว	9	9	-	

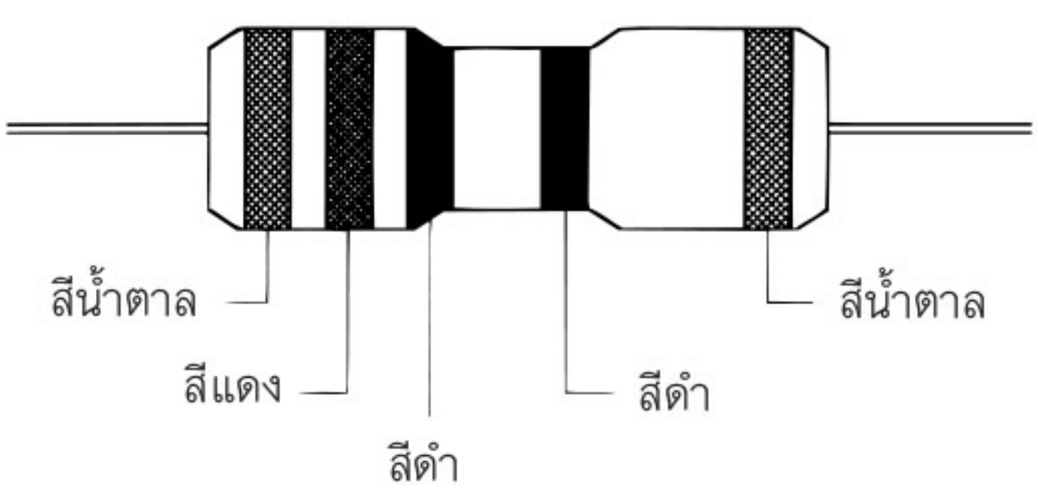
สำหรับตัวรีซิสเตอร์แบบเมทัลฟิล์ม หรือเมทัลออกไซด์ฟิล์ม ซึ่งมีความเที่ยงตรงสูง จะใช้รหัสสี 5 แถบสีบอกค่าความต้านทาน ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.4



EM1-03

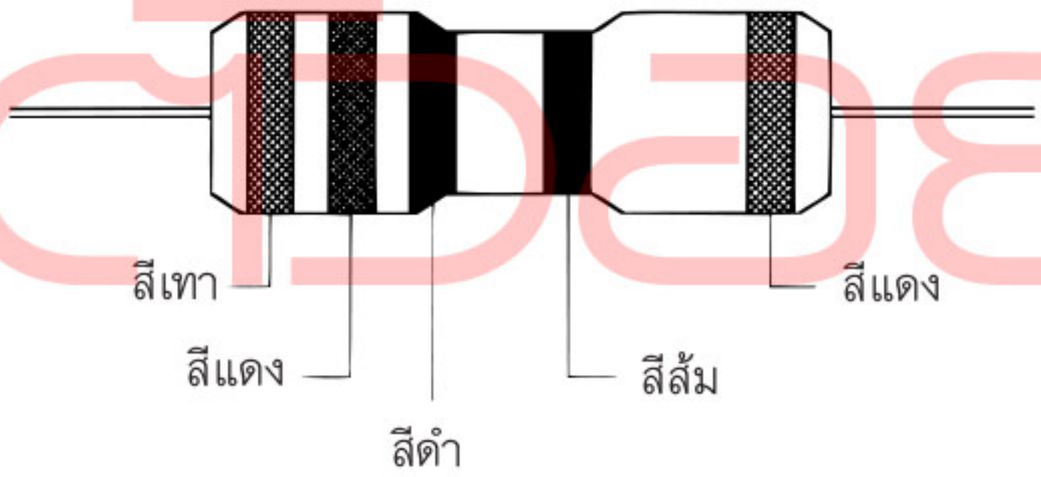
รูปที่ 1.4 รหัสแถบสีชนิด 5 แถบสี

ในการอ่านค่าความต้านทานจะใช้วิธีดูรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ แล้วแปลความหมายจากรหัสสีเป็นตัวเลขและตัวคูณเหมือนกับแบบที่มี 4 แถบสี แต่จะแตกต่างกันเล็กน้อยที่ตัวเลขมีมากกว่า 1 หลัก คือ สีแถบที่ 1 เป็นเลขหลักร้อย สีแถบที่ 2 เป็นเลขหลักสิบ สีแถบที่ 3 เป็นเลขหลักหน่วย สีแถบที่ 4 เป็นตัวคูณ สีแถบที่ 5 เป็น % ค่าผิดพลาด



ค่าที่อ่านได้ = 120 × 1
= 120 Ω
ค่าผิดพลาด = ±1%

(ก)



ค่าที่อ่านได้ = 820 × 1000
= 820000 Ω
= 820 KΩ
ค่าผิดพลาด = ±2%

(ข)

EM1-03

รูปที่ 1.5 ตัวอย่างการอ่านรหัสสีของรีซิสเตอร์ชนิด 5 แถบสี

ตัวอย่างการอ่าน

จากรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ ในรูปที่ 1.5 (ก) นำไปแปลความหมายของแถบสีจากตารางได้ดังนี้ แถบที่ 1 สีน้ำตาล = เลข 1 แถบที่ 2 สีแดง = เลข 2 แถบที่ 3 สีดำ = เลข 0 แถบที่ 4 สีดำ = ตัวคูณ × 1 แถบที่ 5 สีน้ำตาล = ค่าผิดพลาด ±1% จะได้ค่าความต้านทาน = 120 Ω ±1%

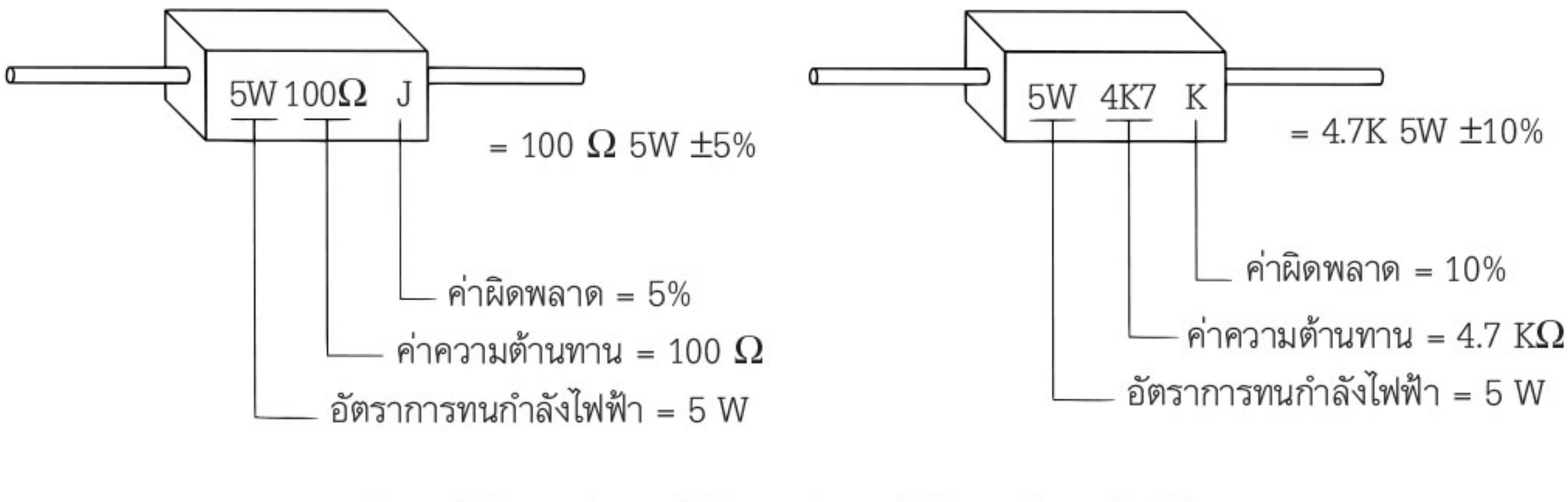
จากรหัสสีที่ตัวรีซิสเตอร์ ในรูปที่ 1.5 (ข) นำไปแปลความหมายของแถบสีจากตารางได้ดังนี้ แถบที่ 1 สีเทา = เลข 8 แถบที่ 2 สีแดง = เลข 2 แถบที่ 3 สีดำ = เลข 0 แถบที่ 4 สีส้ม = ตัวคูณ × 1000 แถบที่ 5 สีแดง = ค่าผิดพลาด ±2% จะได้ค่าความต้านทาน = 820 KΩ ±2%

ตารางการอ่านค่าความต้านทานที่มีรหัสสี 5 แถบสี

รหัสสี	ตัวเลขแทน แถบสีที่ 1	ตัวเลขแทน แถบสีที่ 2	ตัวเลขแทน แถบสีที่ 3	ตัวคูณแทน แถบสีที่ 4	% ค่าผิดพลาด
สีเงิน	-	-	-	× 0.01	-
สีทอง	-	-	-	× 0.1	-
สีดำ	0	0	0	× 1	-
สีน้ำตาล	1	1	1	× 10	± 1%
สีแดง	2	2	2	× 100	± 2%
สีส้ม	3	3	3	× 1000	-
สีเหลือง	4	4	4	× 10000	-
สีเขียว	5	5	5	× 100000	± 0.50%
สีน้ำเงิน	6	6	6	× 1000000	± 0.25%
สีม่วง	7	7	7	-	± 0.10%
สีเทา	8	8	8	-	± 0.05%
สีขาว	9	9	9	-	-

การอ่านค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์แบบตัวเลข

รีซิสเตอร์บางชนิด เช่น แบบไวร์วาวด์ แบบซีเมนต์ จะแสดงค่าความต้านทานและอัตราการทนกำลังไฟฟ้าเป็นตัวเลข และค่าความผิดพลาดเป็นรหัสตัวอักษร ดังตัวอย่างในรูปที่ 1.6



EM1-04

รูปที่ 1.6 การอ่านค่าความต้านทานของรีซิสเตอร์แบบไวร์วาวด์และซีเมนต์

ประวัติผู้เขียน

นพดล เวชวิฐาน

การศึกษา

- ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
  เกียรตินิยมอันดับ 2
  จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเครื่องกล
  จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การทำงาน

พ.ศ. 2528 - 2535	รับราชการเป็นอาจารย์สอนประจำแผนกช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิค สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
พ.ศ. 2535 - 2536	เป็นวิศวกร บริษัท โกลด์ฟอร์ด เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
พ.ศ. 2536 - 2538	เป็นวิศวกร บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน)
พ.ศ. 2538 - 2539	เป็นผู้จัดการโรงงาน บริษัท ไทยแมททีเรียล แฮนดลิ่ง จำกัด
พ.ศ. 2540 - ปัจจุบัน	ประกอบธุรกิจส่วนตัว เกี่ยวกับการออกแบบสร้างเครื่องจักร

ที่ทำงาน

บริษัท เอ็นบีเอส เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
125/127 หมู่ที่ 5 ถ.บางกรวย-ไทรน้อย ต.บางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130
โทร. 446-1473-4