

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

ตัวเก็บประจุ

หัวข้อเนื้อหา

1. บทนำ
2. ตัวเก็บประจุ
3. ชนิดของตัวเก็บประจุ
4. การอ่านค่าความจุ
5. วงจรตัวเก็บประจุ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่ออธิบายทฤษฎีตัวเก็บประจุและการนำไปใช้งาน
2. เพื่ออธิบายชนิดของตัวเก็บประจุ
3. เพื่ออธิบายการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
4. เพื่อกำหนดวงจรตัวเก็บประจุ

วิธีสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. วิธีสอน
 - 1.1 วิธีสอนแบบบรรยาย
 - 1.2 วิธีสอนแบบอภิปราย
 - 1.3 วิธีสอนแบบทดลอง
 - 1.4 วิธีสอนแบบเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. กิจกรรมการเรียนการสอน
 - 2.1 อธิบายทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวเก็บประจุ
 - 2.2 ทดลองการทำงานตัวเก็บประจุ

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1
2. กระดานไวท์บอร์ด
3. โปรเจ็คเตอร์
4. บอร์ดทดลอง แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ

การวัดผลและการประเมินผล

1. การเข้าเรียน

2. การบ้าน
3. สอบกลางภาค
4. สอบปลายภาค

บทที่ 2

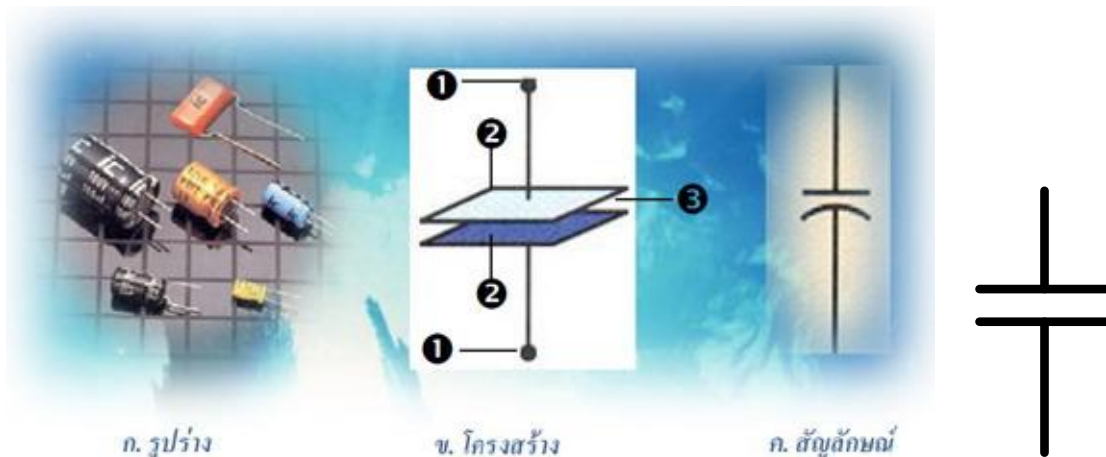
ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

2.1 บทนำ

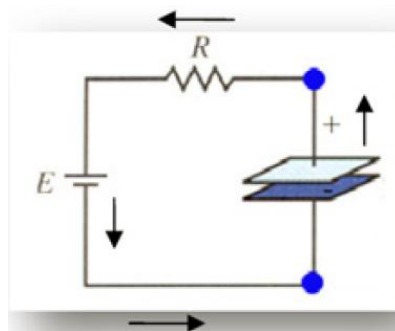
บทที่ 1 ได้กล่าวถึงตัวต้านทาน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน บทนี้ได้กล่าวถึงตัวเก็บประจุ ชนิดของตัวเก็บประจุ การอ่านค่าตัวเก็บประจุ และวงจรตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานมีความสำคัญเช่นเดียวกับตัวต้านทาน ซึ่งถูกนำไปออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในวิทยุ โทรศัพท์ เครื่องขยายเสียง โทรศัพท์ทันสมัย และเครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ อีกมากมาย

2.2 ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บประจุ (Charge) และคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เช่น วงจรกรองสัญญาณ (Filter) วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter) วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling) ฯลฯ เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบค่าคงที่ แบบเปลี่ยนแปลงค่าได้ และแบบเลือกค่าได้ ตัวเก็บประจุเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคอนเดนเซอร์ หรือเรียกย่อ ๆ ว่าตัวซี (C) หน่วยของตัวเก็บประจุคือ ฟารัด (Farad) ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ ภาพที่ 2.1 (ข) แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวเก็บประจุ ซึ่งมีตัวนำ 2 ชั้น มาวางขนานใกล้ ๆ กัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) ได้แก่อากาศ ไม้ก้ำ พลาสติก เซรามิกหรือสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่น ๆ เป็นต้น โดยที่ 1 หมายถึงจุดที่ต่อใช้งานกับวงจร 2 หมายถึงสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท 3 หมายถึงฉนวนในที่นี้คืออากาศ ความจุทางไฟฟ้า เกิดจากการป้อนแรงเคลื่อนให้กับขั้วทั้งสอง ของจุดที่ต่อใช้งาน ของสารตัวนำซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท จะทำให้เกิดค่าความจุทางไฟฟ้าขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าการเก็บประจุ (Charge) เมื่อต้องการนำไปใช้งานเรียกว่าการคายประจุ (Discharge) ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นเพลท มีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (Coulomb) ส่วนค่าความจุทางไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (Farad)



ภาพที่ 2.1 รูปร่าง โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 2.2 วงจร RC

2.3.1 ค่าความจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ประการคือ

2.3.1.1 พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท เขียนแทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากแสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมาก ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดมากนั่นเอง

2.3.1.2 ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง เขียนแทนด้วยอักษร d ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ความจุจะมีค่ามาก ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

2.3.1.3 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถ ในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น เมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัว จะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกัน ถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ค่าความจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น การจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินไปอาจทำให้ไดอิเล็กตริกสูญเสียสภาพ จากฉนวนกลายเป็นตัวนำได้

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ (Material)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Relative permittivity; ϵ_r)	วัสดุ (Material)	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Relative permittivity; ϵ_r)
Air	1.0006	Mica	5.6 – 8
Aluminum Oxide	8.5	Paper	3.85
Barium Strontium Titanate	500	Polyester PET	3.3
Ceramic porcelain	4.5 – 6.7	Polypropylene	2.25
Glass	3.7 – 10	Tantalum Oxide	27.7

จากปัจจัยดังที่กล่าวมา ค่าความจุของตัวเก็บประจุสามารถเขียนได้ว่า

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_o A}{d} \quad (2.1)$$

เมื่อ C คือ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ (ฟารัด)

ϵ_r คือ ค่า relative permittivity

ϵ_o คือ ค่า vacuum permittivity ($\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12}$) (ฟารัด/เมตร)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท (ตารางเมตร)

d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลท (เมตร)

ตัวอย่างที่ 2.1 กำหนดให้ตัวเก็บประจุมี พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลทเท่ากับ 10 mm^2 ห่างกัน 1 mm และมีวัสดุเซรามิกเป็นตัวกลาง จงค่าความจุของตัวเก็บประจุ

วิธีทำ ค่าความจุของตัวเก็บประจุเขียนได้ว่า

$$C = \frac{\epsilon_o \epsilon_r A}{d} \quad (2.2)$$

แทนค่า ϵ_o , ϵ_r , A และ d ค่าความจุมีค่าเท่ากับ

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 4.5 \times 10 \text{ mm}^2}{1 \text{ mm}} \quad (2.3)$$

$$C = 4.5 \text{ pF}$$

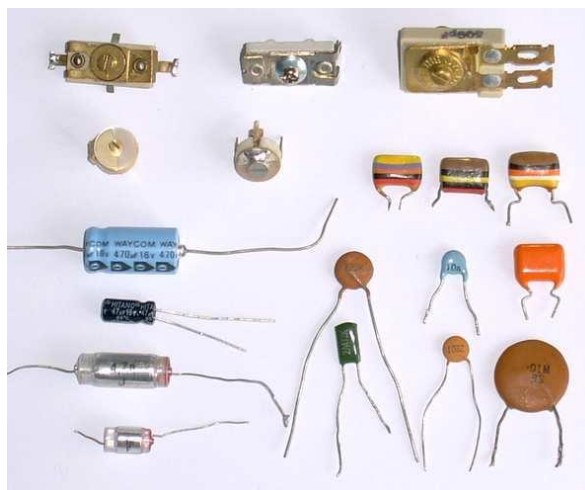
2.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมาย เราสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุ ตามลักษณะทางโครงสร้าง หรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริก เป็นวิธีการที่ค่อนข้างละเอียด เพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุตัวนั้น ๆว่าจะนำไปใช้งานในลักษณะใด ทนแรงดันเท่าใด แต่ถ้าหากแบ่งตามระบบเก่า ที่เคยแบ่งกันมาจะสามารถแบ่งตัวเก็บประจุได้เป็น 3 ชนิด ด้วยกันคือ

- ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed capacitor)
- ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor)
- ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select capacitor)

2.3.1 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed capacitor) คือตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งค่าตัวเก็บประจุจะแสดงค่าคงที่ เช่น 5 พิโกฟารัด (pF) 10 ไมโครฟารัด (μ F) แผ่นเพลทตัวนำเป็นโลหะ และมีไดอิเล็กตริกประเภท ไมก้า เซรามิก อิเล็กโตรไลต์กึ่งกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์ ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

2.3.2 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์

ภาพที่ 2.4 แสดงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte capacitor) ซึ่งใช้วัสดุตรงกลางระหว่างแผ่นเพลทเป็นสารอิเล็กโตรไลต์ ตัวเก็บประจุดังกล่าวเป็นที่นิยมใช้เพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวก และขั้วลบ เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสีย คือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก



ภาพที่ 2.4 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์

2.3.3 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้องการให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีความผิดพลาดน้อย ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์สามารถใช้แทนชนิดอิเล็กโทรไลต์ธรรมดาได้เพราะให้ค่าความจุสูงเช่นกัน โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำ ทำมาจากสารแทนทาลัม และแทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์ เงิน และเคลือบด้วยเรซินดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์

2.3.4 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) บางครั้งเรียกว่าไบแคป นิยมใช้ในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโทรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวก และขั้วลบ



ภาพที่ 2.6 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

2.3.5 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

ภาพที่ 2.7 แสดงตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ตัวกลางเป็นวัสดุเซรามิก ซึ่งมีค่าความจุไม่เกิน $1\ \mu\text{F}$ นิยมใช้ทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกตรงที่มีการสูญเสียมาก



ภาพที่ 2.7 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

2.3.6 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ตัวเก็บประจุที่ใช้ตัวกลางเป็นวัสดุชนิดไมลาร์ ซึ่งมีค่าความจุมากกว่า $1\ \mu\text{F}$ เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมลาร์แทนเซรามิก เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสต่ำกว่าชนิดเซรามิก เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคโอเอฟของวิทยุ โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิกในอัตราทนแรงดันที่เท่ากัน



ภาพที่ 2.8 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

2.3.7 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดทรู

ตัวเก็บประจุชนิดฟีดทรู (Feed-through Capacitor) มีลักษณะโครงสร้างเป็นตัวถังทรงกลมมีขาใช้งานหนึ่งหรือสองขา ใช้ในการกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์มักใช้ในวิทยุรถยนต์



ภาพที่ 2.9 ตัวเก็บประจุชนิดฟิวดร

2.3.8 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene Capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อยระดับนาโนฟารัด (nF) มีข้อดี คือให้ค่าการสูญเสีย และกระแสรั่วไหลน้อยมาก นิยมใช้ในงานคับปลิ่งความถี่วิทยุ และวงจรจูนที่ต้องการความละเอียดสูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนี้อันดับเกรด A



ภาพที่ 2.10 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน

2.3.9 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า (Silver Mica Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่า 10 pF ถึง 10 nF เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อย นิยมใช้กับวงจรความถี่สูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนี้อันดับเกรด A อีกชนิดหนึ่ง



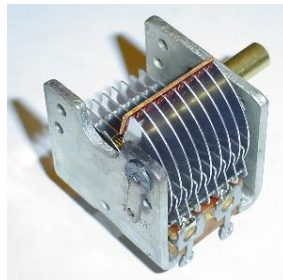
ภาพที่ 2.11 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

2.3.10 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) คือตัวเก็บประจุที่สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่น หรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่

ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ได้อิเล็กตริกที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไม้ก้ำ เซรามิก และพลาสติก เป็นต้น

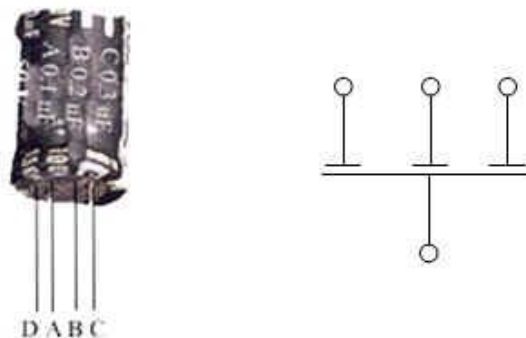
ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้อีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดี คือทริมเมอร์ (Trimmer) และแพดเดอร์ (Padder) โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่น วางขนานกัน ในกรณีที่ต้องการปรับค่าความจุ ให้ใช้ไขควงหมุนสลักตรงกลางค่าที่ปรับจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 pF ถึง 20 pF การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบนี้ว่าทริมเมอร์หรือแพดเดอร์นั้นขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปต่อในลักษณะใด ถ้านำไปต่อขนานกับตัวเก็บประจุตัวอื่นจะเรียกว่า ทริมเมอร์ แต่ถ้านำไปต่ออนุกรมจะเรียกว่า แพดเดอร์



ภาพที่ 2.12 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

2.3.11 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าดังแสดงในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

2.4 การอ่านค่าความจุ

การอ่านค่าความจุสามารถกระทำได้ตามวิธีที่อธิบายดังกล่าว แต่ในปัจจุบันตัวเก็บประจุได้ผลิตออกมามากมาย วิธีการอ่านก็มีหลากหลายวิธีมาก ดังนั้นผู้เขียนจะแสดงรูปและอธิบายวิธีการอ่านแต่ละตัวพอสังเขป เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้ตัวเก็บประจุได้แสดงค่าผิดพลาด และอัตราทนแรงดันไว้บนตัวเป็นอักษรภาษาอังกฤษเอาไว้แต่ละตัวมีความหมายดังนี้คือ

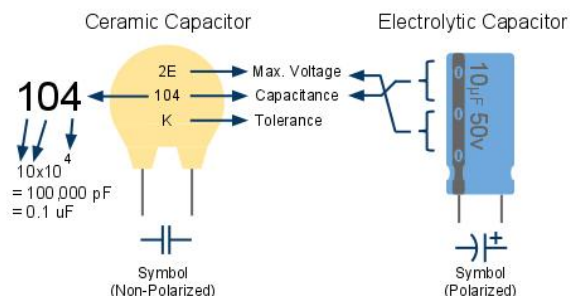
ค่าความจุจะพิมพ์ติดไว้บริเวณตัวเก็บประจุ เช่น 100 V 150 uF 10 uF 50 V 0.01 uF ตัวเก็บประจุบางตัวแสดงค่าเป็นรหัสตัวเลข เช่น 103 วิธีการอ่านค่าจะใช้วิธีเดียวกับการอ่านค่าแถบสีตัว

ด้านทาน สีที่ 1 และ 2 จะเป็นตัวตั้ง ส่วนสีที่ 3 หมายถึงตัวคูณ แล้วอ่านค่าหน่วยพิโกฟารัด จากรูปที่ 3.7 เขียนตัวเลข 103 บนตัวเก็บประจุจะอ่านค่าได้ 10 และเติม 0 ไปอีก 3 ตัว ทำให้ได้ค่า 10,000 pF หรือมีค่าเท่ากับ 0.01 μF

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวอักษรอ่านค่าความผิดพลาด และอัตราทนแรงดัน

อักขรตัวที่ 1	อัตราทนแรงดัน (VDC)	อักขรตัวที่ 1	อัตราทนแรงดัน (VDC)	อักขรตัวที่ 2	ค่าความผิดพลาด (%)
A	50	1H	50	B	0.1
B	125	2A	100	C	0.25
C	160	2T	150	D	0.5
D	250	2D	200	F	1
E	350	2E	250	G	2
G	700	2G	400	H	2.5
H	1,000	2J	630	J	5
				K	10
				M	20

Capacitors



Max. Operating Voltage

Code	Max. Voltage
1H	50V
2A	100V
2T	150V
2D	200V
2E	250V
2G	400V
2J	630V

Capacitance Conversion Values

Microfarads (μF)	Nanofarads (nF)	Picofarads (pF)
0.000001 μF	0.001 nF	1 pF
0.00001 μF	0.01 nF	10 pF
0.0001 μF	0.1 nF	100 pF
0.001 μF	1 nF	1,000 pF
0.01 μF	10 nF	10,000 pF
0.1 μF	100 nF	100,000 pF
1 μF	1,000 nF	1,000,000 pF
10 μF	10,000 nF	10,000,000 pF
100 μF	100,000 nF	100,000,000 pF

Tolerance

Code	Percentage
B	± 0.1 pF
C	± 0.25 pF
D	± 0.5 pF
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
Z	+80%, -20%

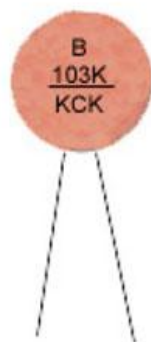
ตัวอย่างที่ 2.1 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 100 μF
 ค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์
 อัตราทนแรงไฟ 40 V
 ผลิตที่ประเทศเยอรมัน
 MF หมายถึง ไมโครฟารัด
 D ค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์
 W-GERMANY ประเทศผู้ผลิต

ภาพที่ 2.14 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.2 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.01 μF
 B อัตราทนแรงดัน 125 V
 103 มีความหมายดังนี้คือ
 1 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 1
 0 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 2
 3 หมายถึงเติม 0 ไป 3 ตัว
 อ่านค่าได้ 10,000 pF หรือ 0.01 μF
 K ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 2.15 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.3 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ภาพที่ 2.16 ตัวเก็บประจุ

ทนแรงดันเท่ากับ 100 V
 ค่าความจุเท่ากับ 15 pF
 ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 5%

ตัวอย่างที่ 2.4 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 150 μF

อัตราทนแรงไฟ 100 V

μF หมายถึง ไมโครฟารัด

ภาพที่ 2.17 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.5 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.1 μF

ค่าผิดพลาด 0.1 เปอร์เซ็นต์

μF หมายถึง ไมโครฟารัด

63 หมายถึงอัตราทนแรงไฟ 63 V

B ค่าผิดพลาด 0.1 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 2.18 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.6 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุต่อไปนี้



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.02 μF

ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

อัตราทนแรงไฟ 60 V

กรณีที่มิจุดทศนิยมนำหน้าให้อ่าน

หน่วยออกมาเป็นไมโครฟารัด

K ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 2.19 ตัวเก็บประจุ

หน่วยความจุที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยพิโกฟารัดและไมโครฟารัด เมื่ออ่านค่าเป็นพิโกฟารัด และต้องการแปลงเป็นหน่วยไมโครฟารัด สามารถทำการเทียบหน่วยจาก 1,000,000 พิกะฟารัด เท่ากับ 1 ไมโครฟารัด แล้วทำการคำนวณค่าผลลัพธ์

ตัวอย่างที่ 2.7 จงแปลงค่าความจุ 50,000 พิโกฟารัด ให้เป็นหน่วยไมโครฟารัด

$$1,000,000 \text{ พิโกฟารัดมีค่า} = 1 \text{ ไมโครฟารัด}$$

$$50,000 \text{ พิโกฟารัดมีค่า} = \frac{50,000 \times 1}{1,000,000}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นตัวเก็บประจุมีค่า} = 0.05 \mu\text{F}$$

ตัวอย่างที่ 2.8 จงแปลงค่าความจุ 470,000 พิโกฟารัด ให้เป็นหน่วยไมโครฟารัด

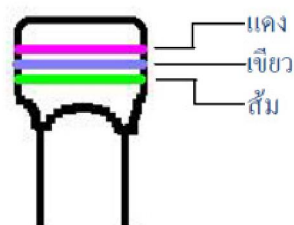
$$1,000,000 \text{ พิโกฟารัดมีค่า} = 1 \text{ ไมโครฟารัด}$$

$$470,000 \text{ พิโกฟารัดมีค่า} = \frac{470,000 \times 1}{1,000,000}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นตัวเก็บประจุมีค่า} = 0.47 \mu\text{F}$$

ในกรณีที่ตัวเก็บประจุแสดงค่าเป็นแถบสีนิยมใช้กับตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมซึ่งจะมีแบบ 3 แถบสี และ 5 แถบสี วิธีการอ่านก็จะคล้าย ๆ กับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน

ตัวอย่างที่ 2.9 จงหาค่าความจุต่อไปนี้



แถบที่ 1 สีแดงมีค่าเท่ากับ 2

แถบที่ 2 สีเหลืองมีค่าเท่ากับ 5

แถบที่ 3 สีเขียมีค่าเท่ากับ 3

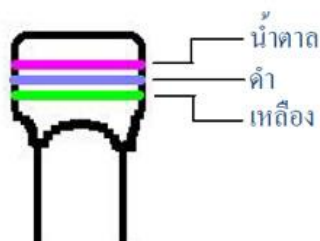
สีที่ 1 และสีที่ 2 เป็นตัวตั้ง

สีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือตัวเติมศูนย์

อ่านค่าได้ 25,000 พิโกฟารัด

ภาพที่ 2.20 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.10 จงหาค่าความจุต่อไปนี้



แถบที่ 1 สีน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 1

แถบที่ 2 สีดำมีค่าเท่ากับ 0

แถบที่ 3 สีแดงมีค่าเท่ากับ 4

สีที่ 1 และสีที่ 2 เป็นตัวตั้ง

สีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือตัวเติมศูนย์

อ่านค่าได้ 100,000 พิโกฟารัด

ภาพที่ 2.21 ตัวเก็บประจุ

ตัวอย่างที่ 2.11 จงหาค่าความจุต่อไปนี้



ภาพที่ 2.22 ตัวเก็บประจุ

2.5 วงจรตัวเก็บประจุ

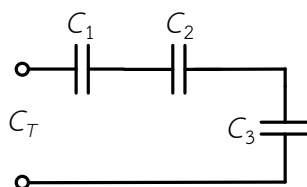
การต่อวงจรตัวเก็บประจุมีอยู่ 3 แบบ คือ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม ในรายละเอียดบางอย่างอาจจะไม่เหมือนกับการต่อตัวต้านทาน เพราะฉะนั้นผู้เรียนจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจการต่อทั้ง 3 แบบ ดังนี้

2.5.1 วงจรอนุกรม

การต่อวงจรอนุกรม คือการนำเอาตัวเก็บประจุตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่ออนุกรมหรืออันดับ การต่อลักษณะนี้จะทำให้พื้นที่รวมของแผ่นเพลทลดลง แต่ความหนาของไดอิเล็กทริกจะเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การเก็บประจุรวมมีค่าน้อยลง อัตราทนแรงไฟมากขึ้น ค่าการเก็บประจุรวมหาได้จากสูตร

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (2.4)$$

ตัวอย่างที่ 2.12 ภาพที่ 2.23 แสดงวงจรตัวเก็บประจุต่ออนุกรม กำหนดให้ $C_1 = 60 \mu\text{F}$ $C_2 = 30 \mu\text{F}$ และ $C_3 = 20 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม



ภาพที่ 2.23 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะอนุกรม

วิธีทำ จากสมการค่าความจุรวม

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (2.5)$$

$$= \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20}$$

$$= \frac{6}{60}$$

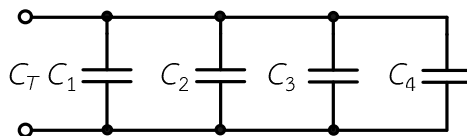
$$C_T = 10 \mu\text{F}$$

2.5.2 วงจรขนาน

การต่อวงจรขนาน คือการนำเอาตัวเก็บประจุมาต่อขนานกัน การต่อลักษณะนี้จะทำให้พื้นที่รวมของแผ่นเพลทเพิ่มขึ้น มีผลทำให้การเก็บประจุรวมมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย อัตราหนาแน่นไฟ (W) สูงสุดของวงจรมีค่าเท่ากับตัวที่มีอัตราหนาแน่นไฟน้อยที่สุด ค่าการเก็บประจุรวมคำนวณจากการรวมพื้นที่ของแผ่นเพลททุกแผ่นรวมกันหาได้จากสูตร

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots + C_n \quad (2.6)$$

ตัวอย่างที่ 2.24 ตัวเก็บประจุต่อขนานดังแสดงในภาพที่ 2.24 กำหนดให้ $C_1 = 20 \mu\text{F}$ และ $C_2 = C_3 = C_4 = 30 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม



ภาพที่ 2.24 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะขนาน

วิธีทำ จากสมการค่าความจุรวม

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (2.7)$$

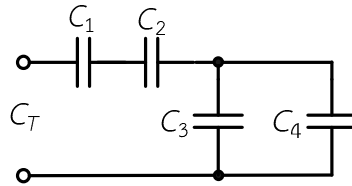
$$= 20 + 30 + 30 + 30$$

$$C_T = 110 \mu\text{F}$$

2.5.3 วงจรผสม

การต่อวงจรผสมคือการนำเอาตัวเก็บประจุมาอนุกรม และขนานในวงจรเดียวกัน การวิเคราะห์หาค่าความจุรวมต้องหาค่าความจุที่ละส่วนแล้วหาผลรวมของค่าความจุรวมในขั้นตอนสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 2.25 ตัวเก็บประจุต่อผสมดังแสดงในภาพที่ 2.25 กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 4 \mu\text{F}$ และ $C_3 = C_4 = 1 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม



ภาพที่ 2.25 ตัวเก็บประจุต่อลักษณะผสม

วิธีทำ หาค่าความจุรวมของ C_1 อนุกรมกับ C_2

$$\frac{1}{C_{T1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (2.8)$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

$$C_{T1} = 2 \mu\text{F}$$

หาค่าความจุรวมของ C_3 ขนานกับ C_4

$$C_{T2} = C_3 + C_4 \quad (2.9)$$

$$= 1 + 1$$

$$C_{T2} = 2 \mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{T1}} + \frac{1}{C_{T2}} \quad (2.10)$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$C_T = 1 \mu\text{F}$$

2.6 การตรวจสอบตัวเก็บประจุ

การตรวจสอบตัวเก็บประจุว่าดีหรือเสียนั้นจะใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็มวัดตัวเก็บประจุที่มีค่าตั้งแต่ 1 ไมโครฟารัด ขึ้นไป ในกรณีที่ค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด เข็มมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงน้อย ทำให้ดูยาก วิธีการวัดนั้นเริ่มจากปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่าน $R \times 1k$ แล้วนำสายมิเตอร์ไปสัมผัสที่ขาของตัวเก็บประจุ ในกรณีที่ตัวเก็บประจุมีขั้วต้องวัดให้ถูกขั้วด้วย แล้วสังเกตเข็มมิเตอร์ดังนี้

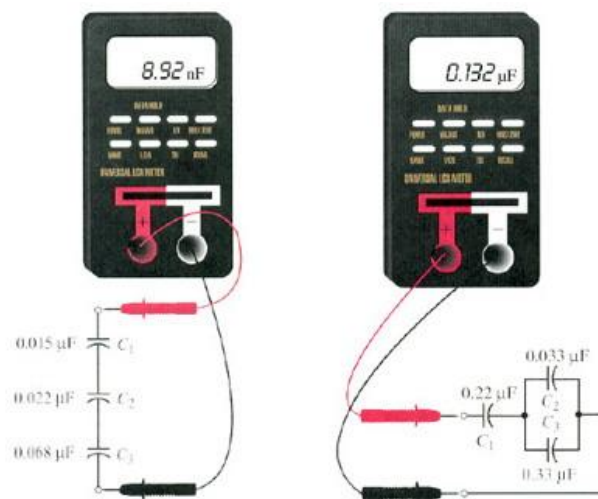
2.6.1 วัดแล้วเข็มชี้ไปทางขวามือ ถ้าความจุมากเข็มจะชี้ไปมาก รอเวลาระยะหนึ่ง เข็มมิเตอร์จะตกกลับมาทางซ้ายเหมือนเดิม อย่างนี้แสดงว่าใช้งานได้

2.6.2 วัดแล้วเข็มไม่ขึ้น ถ้าสลับสายมิเตอร์แล้วยังไม่ขึ้นอีก แสดงว่าตัวเก็บประจุขาด

2.6.3 วัดแล้วเข็มขึ้นค้าง ถ้าสลับสายมิเตอร์แล้วยังเหมือนเดิม แสดงว่าตัวเก็บประจุรั่ว

2.6.4 เข็มชี้ไปทางขวาสุดแล้วค้าง แสดงว่าตัวเก็บประจุช็อต

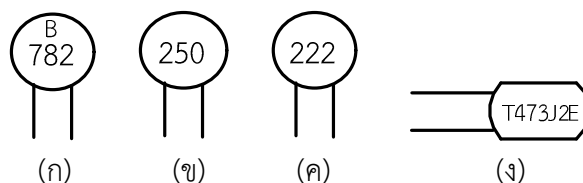
การวัดค่าต่าง ๆ เช่น ความจุ ความต้านทาน แรงดัน และค่าคงที่ไดโอดเล็กทรอนิกส์ สามารถใช้เครื่องมือทดสอบตัวเก็บประจุวัดค่าได้ ภาพที่ 2.26 แสดงเครื่องมือที่ชื่อว่ายูนิเวอร์แซลแอลซีอาร์มิเตอร์ (Universal LCR Meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ทดสอบ วิเคราะห์ค่าของตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ



ภาพที่ 2.26 การตรวจวัดตัวเก็บประจุ

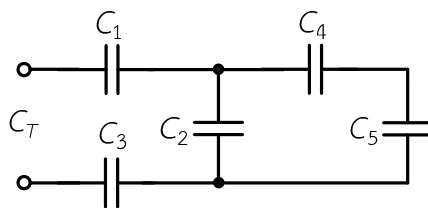
แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ให้นักศึกษาอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุในภาพที่ 2.27



ภาพที่ 2.27 ตัวเก็บประจุค่าต่าง ๆ

2. ภาพที่ 2.28 แสดงวงจรตัวเก็บประจุแบบผสม กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 10 \mu\text{F}$ และ $C_3 = C_4 = C_5 = 20 \mu\text{F}$ จงหาค่าความจุรวม



ภาพที่ 2.28 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม