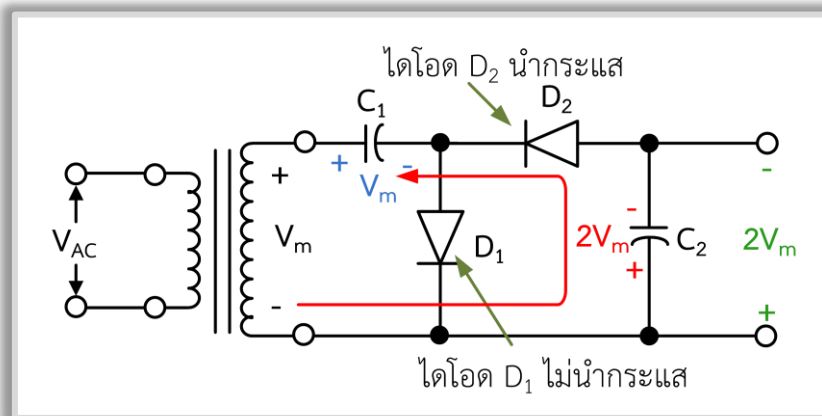
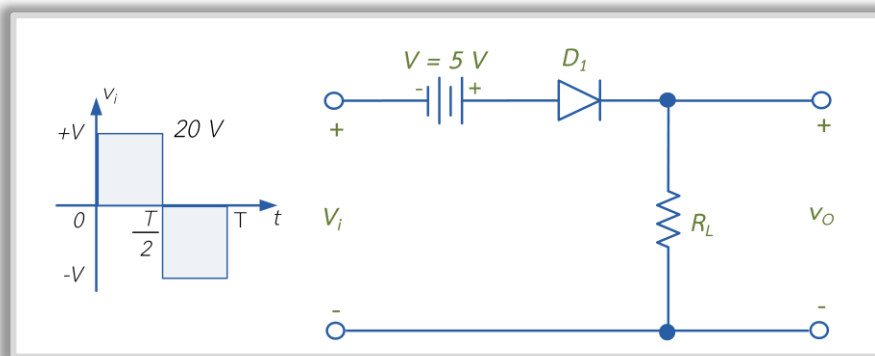


หน่วยที่ 2 ไดโอดและวงจรการใช้งาน (Diodes and Circuits)



โดย

นายเอกนรินทร์ พลาชีวะ

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

หน่วยที่ 2

ไดโอดและวงจรการใช้งาน (Diodes and Circuits)

สาระสำคัญ

ไดโอดทางอุดมคติ (Ideal Diode) มีอยู่เฉพาะในทางทฤษฎีเท่านั้น ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถสร้างไดโอดที่ใช้งานจริงให้มีคุณสมบัติการทำงานได้เหมือนกับไดโอดทางอุดมคติ โดยในทางอุดมคติเราเปรียบเทียบไดโอดเหมือนกับสวิตช์ไฟฟ้า ซึ่งการทำงานของสวิตช์ไฟฟ้านี้ จะเป็นไปตามการจ่ายไบอัสให้ตัวไดโอด ขณะจ่ายไบอัสตรง ไดโอดนำกระแสเปรียบเสมือนกับสวิตช์อยู่ในสภาวะต่อวงจร (ON) มีกระแสไหลผ่านไดโอดเท่ากับ I_D และแรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนขณะจ่ายไบอัสกลับ ไดโอดไม่นำกระแสเปรียบเสมือนกับสวิตช์อยู่ในสภาวะตัดวงจร (OFF) ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดในทางอุดมคติจะมีค่า I_S เท่ากับศูนย์

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด ผลของอุณหภูมิต่อตัวไดโอด การใช้คู่มือไดโอด การใช้งานไดโอดทำเป็นวงจร เรกตีไฟเออร์แบบ ครึ่งคลื่น เต็มคลื่น บริดจ์ วงจรตัดรูปคลื่น วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ และวงจรทวีแรงดัน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (พุทธิพิสัย)

- อธิบายคุณสมบัติของไดโอดขณะที่ได้รับไบอัสตรงและไบอัสกลับได้อย่างถูกต้อง
- อธิบายผลกระทบของอุณหภูมิต่อลักษณะสมบัติทางแรงดัน และกระแสของไดโอดได้อย่างถูกต้อง
- คำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง และค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสลับภายในไดโอดได้อย่างถูกต้อง
- แปลความหมายของข้อมูลทางไฟฟ้า และอัตราทนไฟของไดโอดได้อย่างถูกต้อง
- คำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนระดับของสัญญาณได้อย่างถูกต้อง
- เขียนรูปคลื่นทางด้านเอาต์พุตของวงจรตัดรูปคลื่นได้อย่างถูกต้อง
- อธิบายการทำงานของวงจรทวีแรงดันได้อย่างถูกต้อง
- อธิบายการทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง
- คำนวณหาค่าแรงดันดีซีที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

หัวข้อเนื้อหา

- 2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด
- 2.2 วงจรไดโอดเปลี่ยนระดับสัญญาณ (Clamper Circuit)
- 2.3 วงจรไดโอดตัดรูปคลื่นสัญญาณ (Clipper Circuit)
- 2.4 วงจรทวีแรงดัน (Voltage Multiplier Circuits)
- 2.5 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuits)

แบบทดสอบก่อนเรียน
หน่วยที่ 2 ไดโอดและวงจรการใช้งาน
(Diodes and Circuits)

คำชี้แจง

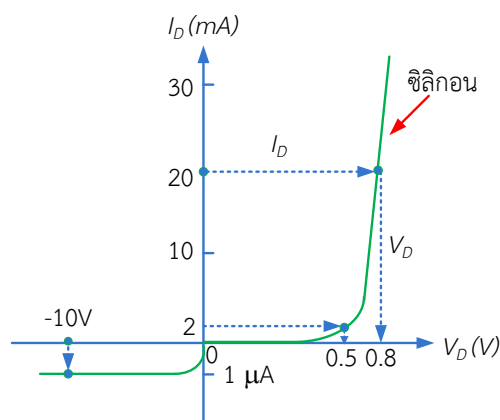
1. จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
2. แบบทดสอบมีจำนวน 18 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

-
1. คุณสมบัติของไดโอดขณะที่ได้รับแรงดันไบอัสตรงตรงกับข้อใด
 - ก. กระแสไหลผ่านไดโอดได้
 - ข. มีกระแสไหลกลับทิศทางจากเดิมและมีค่ามาก
 - ค. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็น
 - ง. ไม่เกิดเป็นแบตเตอรี่สมมุติ หรือดีพลีชันรีจินขึ้นที่บริเวณรอยต่อ
 - จ. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อยมาก
 2. คุณสมบัติของไดโอดขณะที่ได้รับแรงดันไบอัสกลับตรงกับข้อใด
 - ก. ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดได้เลย
 - ข. มีกระแสไหลกลับทิศทางจากเดิม และค่าน้อยมาก
 - ค. เกิดเป็นแบตเตอรี่สมมุติหรือดีพลีชันรีจินขึ้นที่บริเวณรอยต่อ
 - ง. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อย
 - จ. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อยมาก
 3. จงคำนวณหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดที่มี I_D เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงต่ำสุด 10 mA สูงสุด 25 mA และมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน V_D ต่ำสุด 0.4 V สูงสุด 0.6 V
 - ก. 10.11 Ω
 - ข. 12.22 Ω
 - ค. 13.33 Ω
 - ง. 14.44 Ω
 - จ. 15.55 Ω
 4. อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อไดโอดอย่างไร
 - ก. ทำให้กระแสไหลลดลง
 - ข. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดสูงขึ้น
 - ค. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นลดลง
 - ง. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเพิ่มขึ้น
 - จ. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเท่ากับแหล่งจ่าย

5. อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อไดโอดขณะได้รับไบอัสกลับอย่างไร

- ก. ทำให้กระแสไหลสูงขึ้นมาก
- ข. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดเพิ่มขึ้น
- ค. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดไม่คงที่
- ง. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นลดลง
- จ. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเพิ่มขึ้น

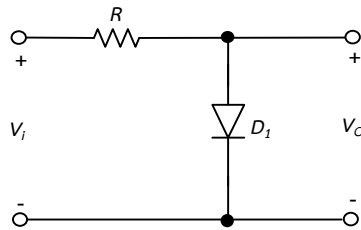
6. จงคำนวณค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง (R_D) จากกราฟการทำงานของไดโอดต่อไปนี้
ที่ตำแหน่ง $I_D = 20 \text{ mA}$



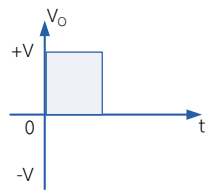
รูปที่ 1 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 6

- ก. 20Ω
 - ข. 30Ω
 - ค. 40Ω
 - ง. 50Ω
 - จ. 60Ω
7. ความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านไดโอดและค่าแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตรงกับข้อใด
- ก. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_{BV}
 - ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_{BV}
 - ค. การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_K
 - ง. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_K
 - จ. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับที่แหล่งจ่าย

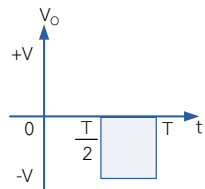
8. ข้อใดเป็นรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัวคูณแบบขนาน จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 3



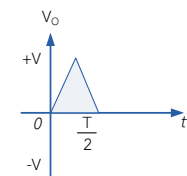
รูปที่ 2 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 8



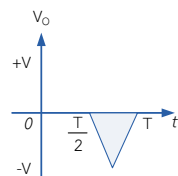
ก.



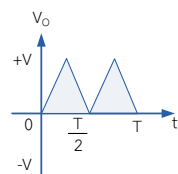
ข.



ค.



ง.



จ.

9. การเลือกใช้งานไดโอดเพื่อให้สามารถทนแรงดันไฟตรงไบอัสกลับสูงสุดโดยไม่พัง เราจะต้องพิจารณาจากค่าใดในคู่มือใช้งานไดโอด

ก. V_D

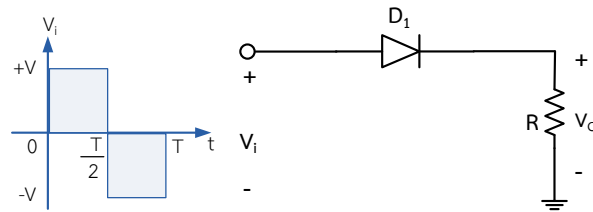
ข. V_{DS}

ค. V_F

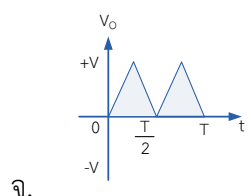
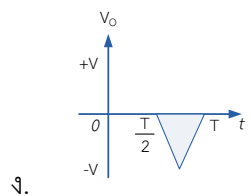
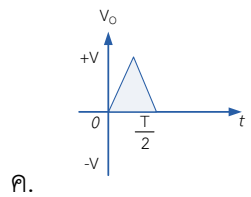
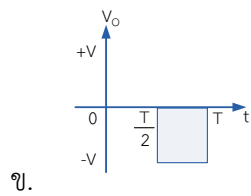
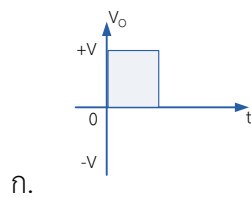
ง. V_R

จ. V_{FS}

10. ข้อใดเป็นรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัวคูณแบบอนุกรมจากวงจรดังแสดงในรูปที่ 4



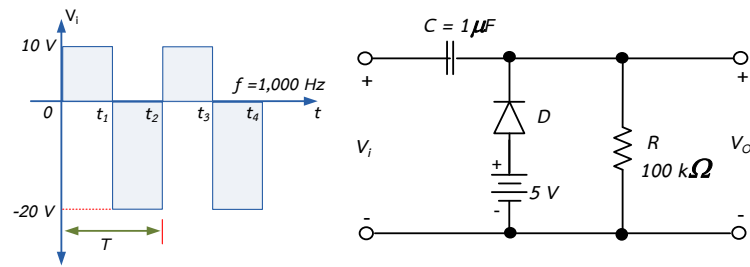
รูปที่ 3 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 10



11. ถ้าเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีค่า $V_m = 200$ V ค่าเฉลี่ยแรงดันดีซีที่เอาต์พุตจะมีค่าเท่าไร

- ก. 63.66 V
- ข. 87.93 V
- ค. 96.24 V
- ง. 101.31 V
- จ. 127.22 V

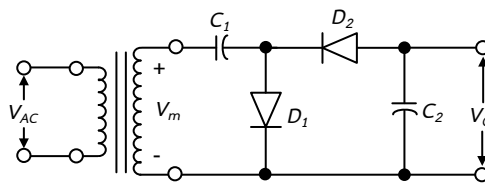
12. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 2 จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต V_O



รูปที่ 4 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 12

- ก. 20 V
- ข. 25 V
- ค. 30 V
- ง. 35 V
- จ. 41 V

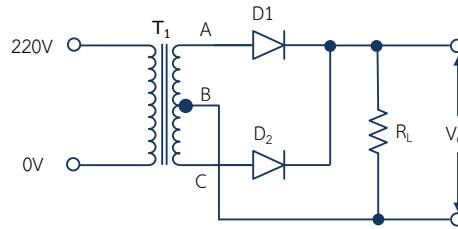
13. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงชุกบวกเข้ามา ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง



รูปที่ 5 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 13

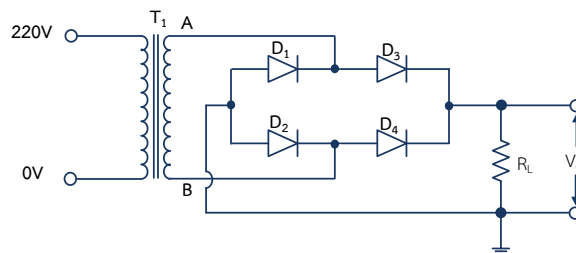
- ก. ไดโอด D_1 นำกระแสและ ไดโอด D_2 นำกระแส
- ข. ไดโอด D_1 ไม่นำกระแสและ ไดโอด D_2 นำกระแส
- ค. ไดโอด D_1 นำกระแสและ ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส
- ง. ไดโอด D_1 ไม่นำกระแสและ ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส
- จ. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

14. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบใด



รูปที่ 6 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 14

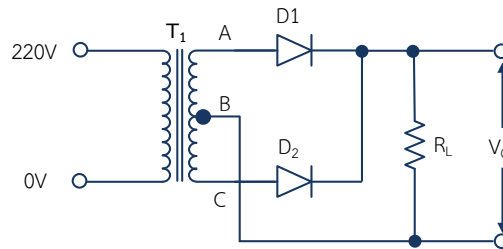
- ก. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
 - ข. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น
 - ค. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบรีดจ์
 - ง. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่ไม่มีเซนเตอร์แทป
 - จ. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนเตอร์แทป
15. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 7 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบใด



รูปที่ 7 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 15

- ก. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
- ข. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น
- ค. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบรีดจ์
- ง. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่ไม่มีเซนเตอร์แทป
- จ. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนเตอร์แทป

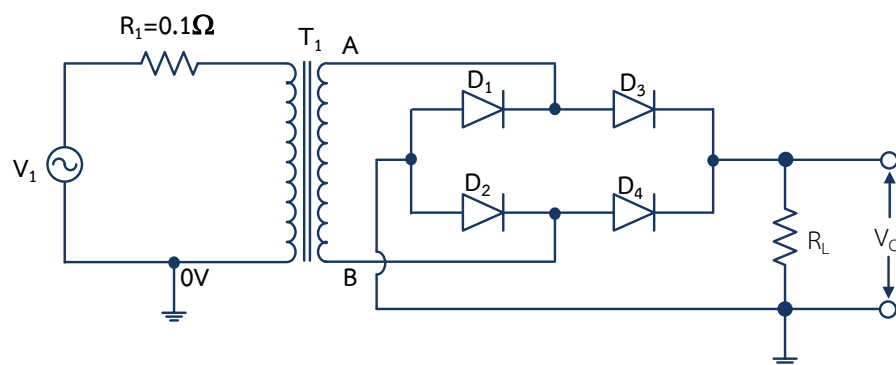
16. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 8 ถ้าป้อนแรงดันเอซีเท่ากับ $35\text{ V} - 0 - 35\text{ V}$ ค่าแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตมีค่าเท่าไร



รูปที่ 8 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 16

- ก. 15.26 V
- ข. 17.81 V
- ค. 22.26 V
- ง. 24.17 V
- จ. 26.28 V

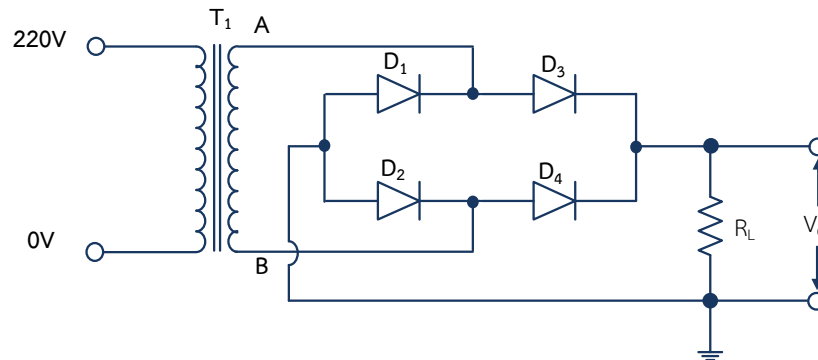
17. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 9 ถ้าป้อนแรงดันเอซีเท่ากับ $48\text{ V} - 0$ ค่าแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตมีค่าเท่าไร



รูปที่ 9 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 17

- ก. 12.72 V
- ข. 19.08 V
- ค. 30.53 V
- ง. 32.17 V
- จ. 35.26 V

18. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 10 กำหนดให้ตำแหน่ง A มีความต่างศักย์เป็นลบ ตำแหน่ง B มีความต่างศักย์เป็นบวก ทิศทางของกระแสจะเป็นอย่างไร



รูปที่ 10 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 18

- ก. ตำแหน่ง B D_1 R_L ตำแหน่ง A
- ข. ตำแหน่ง A D_1 R_L D_3 ตำแหน่ง B
- ค. ตำแหน่ง A D_2 R_L D_3 ตำแหน่ง B
- ง. ตำแหน่ง B D_4 R_L D_1 ตำแหน่ง A
- จ. ตำแหน่ง B D_2 R_L D_3 ตำแหน่ง A

หน่วยที่ 2

ไดโอดและวงจรการใช้งาน

(Diodes and Circuits)

เนื้อหาสาระ

วิวัฒนาการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่ผ่านมา ไดโอด (Diode) ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำตัวแรกที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่มีความสำคัญในงานอิเล็กทรอนิกส์ และทำให้เกิดการพัฒนาในการสร้างอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอื่น ๆ ต่อมาอีกมากมาย โดยมีพื้นฐานจากไดโอด ซึ่งไดโอดได้ถูกนำไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ตั้งแต่วงจรง่าย ๆ มีอุปกรณ์เพียงไม่กี่ตัว ไปจนถึงวงจรที่มีอุปกรณ์มากมายเป็นวงจรที่มีขนาดใหญ่มีการทำงานสลับซับซ้อน ดังนั้นเราจึงต้องศึกษา เรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับไดโอด เพื่อสามารถนำเอาไดโอดไปใช้งาน และแก้ปัญหาในการใช้งานไดโอดได้ต่อไป

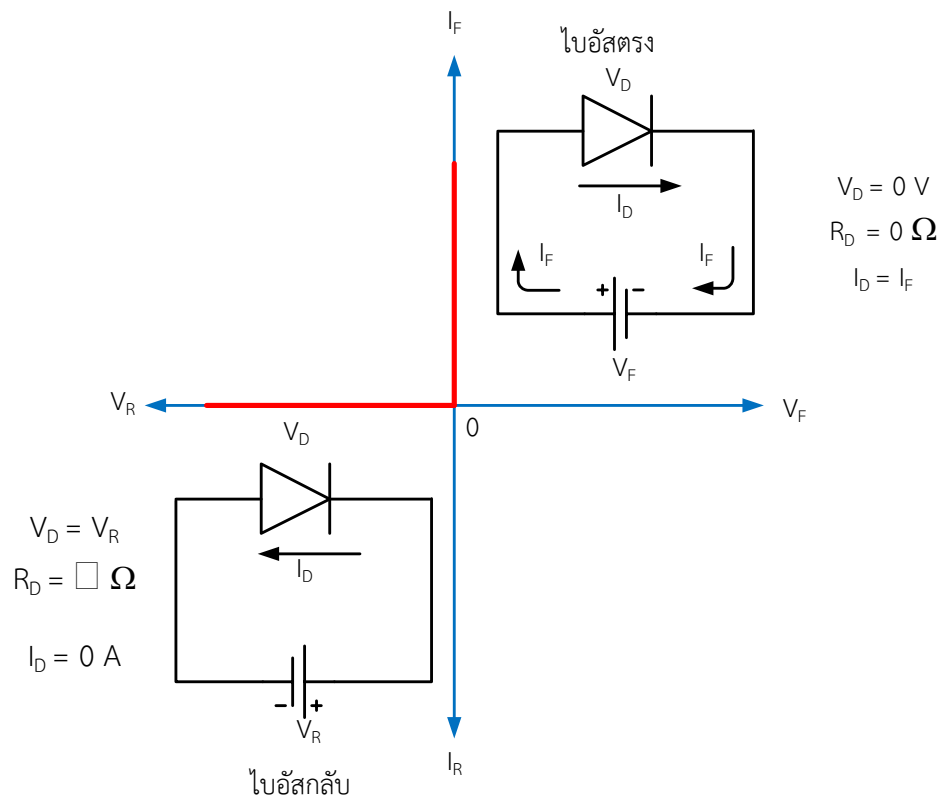
2.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

2.1.1 การจ่ายไบอัสให้ไดโอด

การใช้งานไดโอดจะต้องมีการจ่ายไบอัสให้กับไดโอด โดยการทำงานของไดโอดขึ้นอยู่กับสถานะการจ่ายไบอัสให้ตัวไดโอด ซึ่งสถานะการจ่ายแรงดันให้ตัวไดโอดแบ่งได้เป็น 2 สถานะ ได้แก่

ไบอัสตรง (Forward Bias) เป็นสถานะที่จ่ายแรงดันไบอัสโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และ จ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วลบให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น การให้ไบอัสแบบนี้จะทำให้ความต้านทานของไดโอดต่ำมากไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_D จะดึงอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และโฮล ในสารกึ่งตัวนำชนิดพีให้เกิดการรวมตัวกับประจุใกล้เคียง และทำให้บริเวณดีพลีชันรีจันแคบลง อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะเคลื่อนที่ข้ามบริเวณรอยต่อดีพลีชันรีจันด้วยแรงดึงดูดจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย V_D ที่จ่ายแรงดันให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี การเพิ่มแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_D จะทำให้อิเล็กตรอนสามารถข้ามรอยต่อดีพลีชันรีจันไปได้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ก)

ไบอัสกลับ (Reverse Bias) เป็นสถานะที่จ่ายแรงดันไบอัส โดยต่อขั้วของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (V_D) ที่ขั้วลบให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และต่อขั้วบวกให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมีประจุบวก (โฮล) เพิ่มมากขึ้น เพราะอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเคลื่อนที่ไปหาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกและเช่นกันบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดพีมีประจุลบ (อิเล็กตรอน) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดพีเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าส่งผลให้รอยต่อของสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นกว้างมากขึ้น ทำให้กระแสจากแหล่งจ่ายไม่

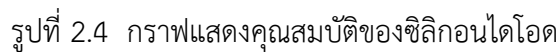


รูปที่ 2.3 กราฟคุณสมบัติของไดโอดทางอุดมคติ

ที่มา : พันธศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2543.

2.1.3 ไดโอดในการใช้งานจริง

ไดโอดในการใช้งานจริง (Real Diode) เป็นไดโอดที่มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากไดโอดทางอุดมคติ เนื่องจากในการนำเอาไดโอดไปใช้งานจริง คุณสมบัติของตัวไดโอดในขณะจ่ายไบอัสตรง เราต้องพิจารณาถึงค่าความต้านทานภายในตัวไดโอดกับแรงดันที่เกิดขึ้นตรงบริเวณรอยต่อพี-เอ็น ในขณะที่จ่ายไบอัสกลับเราก็ต้องมาพิจารณาถึงค่าความต้านทานภายในตัวไดโอดกับกระแสรั่วไหล (leakage current)



ความต้านทานของไดโอดจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น จึงถือได้ว่า ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยลักษณะคุณสมบัติระหว่างแรงดัน และกระแสจะเป็นตัวที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ทั้งในขณะจ่ายไบอัสตรงและไบอัสกลับ การจ่ายไบอัสตรงด้วยแรงดันตกคร่อมไดโอดน้อยกว่า 0.5 V ไดโอดจะมีกระแสไหลน้อยมากในระดับไมโครแอมป์ เมื่อแรงดันตกคร่อมไดโอดมากกว่า 0.5 V แต่น้อยกว่า 0.7 V ไดโอดเริ่มมีกระแสไหลเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแรงดันตกคร่อม ไดโอดเท่ากับ 0.7 V ไดโอดจะมีกระแสไหลคงที่ การจ่ายไบอัสกลับ ไดโอดจะมีกระแสไหลน้อยมากประมาณไมโครแอมป์ (μA) หรือไม่มีกระแสไหลจนกระทั่งแรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเท่ากับแรงดันพัง (Breakdown Voltage) ใช้ตัวย่อว่า V_{BR} ไดโอดจะมีกระแสไหลจำนวนมากเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่แรงดันไบอัสกลับมีค่าคงที่

จากกราฟคุณสมบัติของซิลิกอนไดโอด แแกนแนวตั้งแสดงค่าของกระแสจากการวัดมีหน่วยเป็น มิลลิแอมแปร์ (mA) แแกนแนวนอนแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีค่าสูงสุด 1 V ด้วยเหตุนี้แสดงว่า แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดจะมีค่าน้อยกว่า 1 V และช่วงโค้งของเส้นกราฟกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านไดโอด (I_D) และ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไดโอด (V_D) ด้วยสมการของ Shockley ดังนี้

$$I_D = I_S \left(\frac{V_D}{e^{nV_T} - 1} \right) \quad \dots 2.1$$

เมื่อ I_S คือ กระแสย้อนกลับอิ่มตัว มีค่าโดยประมาณ 1×10^{-15} A มีหน่วย เป็นแอมแปร์ (A)

V_D คือ แรงดันตกคร่อมไดโอด มีหน่วย เป็นโวลต์ (V)

n คือ ค่าของสารที่นำมาสร้างไดโอด โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2

V_T คือ ค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal voltage) มีหน่วย เป็นโวลต์ (V)

$$V_T = \frac{kT_k}{q} \quad \dots 2.2$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของ Boltzmann's constant มีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} Joules/Kelvin ; J/K

T_k คือ ค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ ($=273 + ^\circ\text{C}$) มีหน่วยเป็นเคลวิน (Kelvin $^\circ\text{K}$)

q คือ ค่าประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-19} Coulomb

ตัวอย่างที่ 2.1 จงหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal voltage) ; V_T ถ้ากำหนดอุณหภูมิที่ 30°C
วิธีทำ

จากโจทย์กำหนดให้อุณหภูมิที่ 30°C หาค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ได้ดังนี้

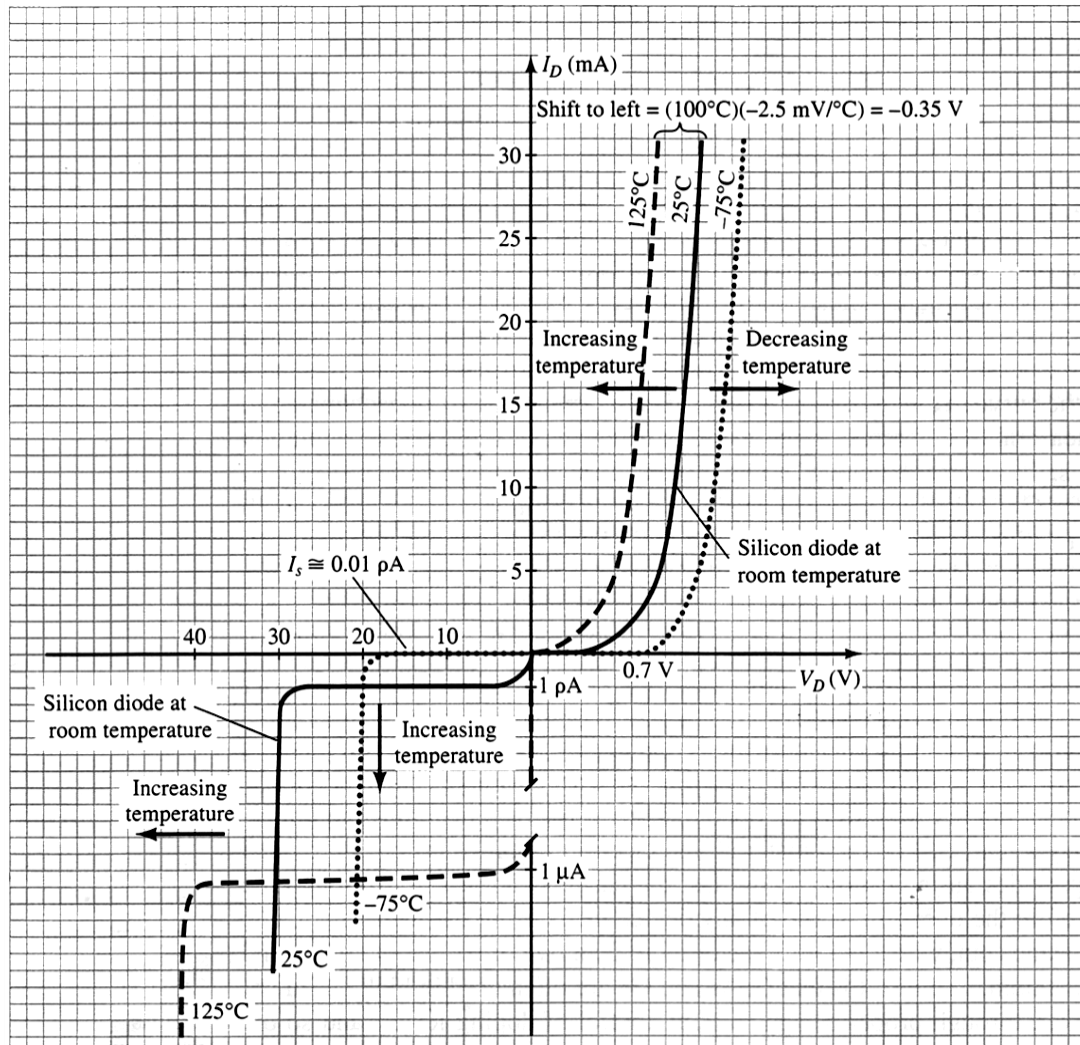
$$\begin{aligned} T_k &= 273 + ^\circ\text{C} \\ &= 273 + 30^\circ\text{C} \\ &= 303 ^\circ\text{K} \end{aligned}$$

จากนั้นหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิได้จากสมการที่ 2.2 ดังนี้

$$\begin{aligned} V_T &= \frac{kT_k}{q} \\ &= \frac{(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(303 ^\circ\text{K})}{1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}} \\ &= 26.133 \text{ mV} \\ &\cong 26 \text{ mV} \end{aligned}$$

ตอบ

2.1.4 กราฟอุณหภูมิของไดโอด



รูปที่ 2.5 กราฟอุณหภูมิของไดโอด

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

เมื่ออุณหภูมิแวดล้อมไดโอดเปลี่ยนแปลงไป ย่อมมีผลกระทบต่อลักษณะสมบัติทางแรงดันและกระแสของไดโอด (Temperature Effects) จากกราฟรูปที่ 2.5 ในช่วงไบอัสตรงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันตกคร่อมไดโอดจะเปลี่ยนแปลง 25 mV ต่อองศาเซนติเกรด

เส้นกราฟด้านไบอัสตรงที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นจาก 25°C ไปเป็น 125°C ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นลดลง 0.25 mV

$$100^\circ\text{C} (-2.5 \text{ mV}/^\circ\text{C}) = -0.25 \text{ mV}$$

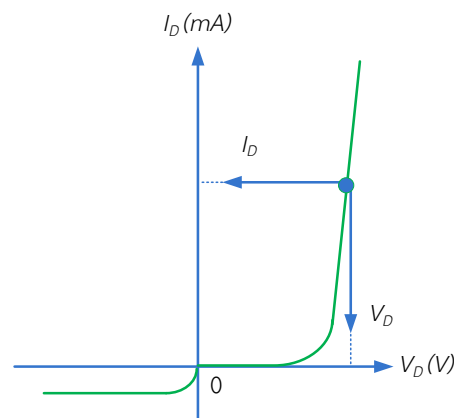
ด้านไบอัสกลับที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นจาก 25°C ไปเป็น 125°C เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแส I_s ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ($I_s \cong 1 \text{ pA}$) และที่อุณหภูมิ 125°C ($I_s \cong 1 \mu\text{A}$) ซึ่งมีค่าต่างกันมาก

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25°C พบว่ากระแสรั่วไหลในตัวไดโอดชนิดซิลิคอน I_S (Si) มีค่าเพิ่มขึ้น ประมาณ 2 เท่าทุก ๆ ครั้งที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10°C ส่วนกระแสรั่วไหลในไดโอดชนิดเยอรมาเนียม I_S (Ge) มีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของกระแสรั่วไหลต่ออุณหภูมิมากกว่าไดโอดชนิดซิลิคอน เช่นที่ อุณหภูมิ 25°C กระแส I_S (Ge) มีค่าประมาณ $1\ \mu\text{A} - 2\ \mu\text{A}$ และที่อุณหภูมิ 100°C กระแส I_S (Ge) มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ $100\ \mu\text{A}$ จะเห็นว่ากระแส I_S (Ge) เพิ่มขึ้นประมาณ 50 - 100 เท่า ขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียง 4 เท่า

2.1.5 ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด

ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอดสามารถหาได้จากจุดการทำงานของไดโอด เมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} \quad \dots 2.3$$



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงการหาค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

ช่วงกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดมากค่าความต้านทาน R_D มีค่าต่ำ ปกติจะอยู่ในช่วง $10\ \Omega$ ถึง $80\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 2.2 จากรูปที่ 2.7 กราฟการทำงานของไดโอด จงคำนวณค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงที่ตำแหน่ง $I_D = 2\ \text{mA}$, $I_D = 20\ \text{mA}$ และ $V_D = -10\ \text{V}$

วิธีทำ ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงที่ตำแหน่ง $I_D = 2\ \text{mA}$ เมื่อ $V_D = 0.5\ \text{V}$

$$\begin{aligned} R_D &= \frac{V_D}{I_D} \\ &= \frac{0.5\ \text{V}}{2\ \text{mA}} \\ &= 250\ \Omega \end{aligned}$$

ตอบ

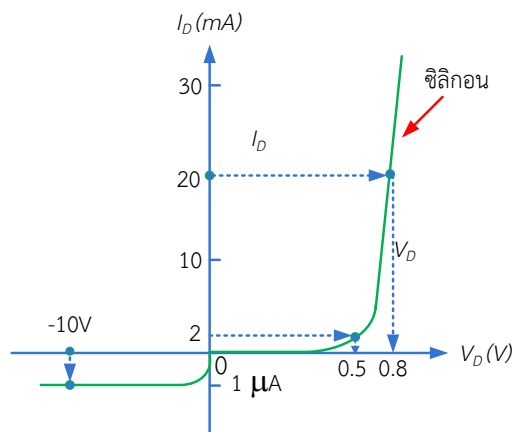
ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงที่ตำแหน่ง $I_D = 20 \text{ mA}$ เมื่อ $V_D = 0.8 \text{ V}$

$$\begin{aligned} R_D &= \frac{V_D}{I_D} \\ &= \frac{0.8 \text{ V}}{20 \text{ mA}} \\ &= 40 \Omega \end{aligned}$$

ตอบ

ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงที่ตำแหน่ง $V_D = -10 \text{ V}$ เมื่อ $I_D = -I_S = -1 \mu\text{A}$

$$\begin{aligned} R_D &= \frac{V_D}{I_D} \\ &= \frac{-10 \text{ V}}{-1 \mu\text{A}} \\ &= 10 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

ตอบ

รูปที่ 2.7 กราฟการทำงานของไดโอด

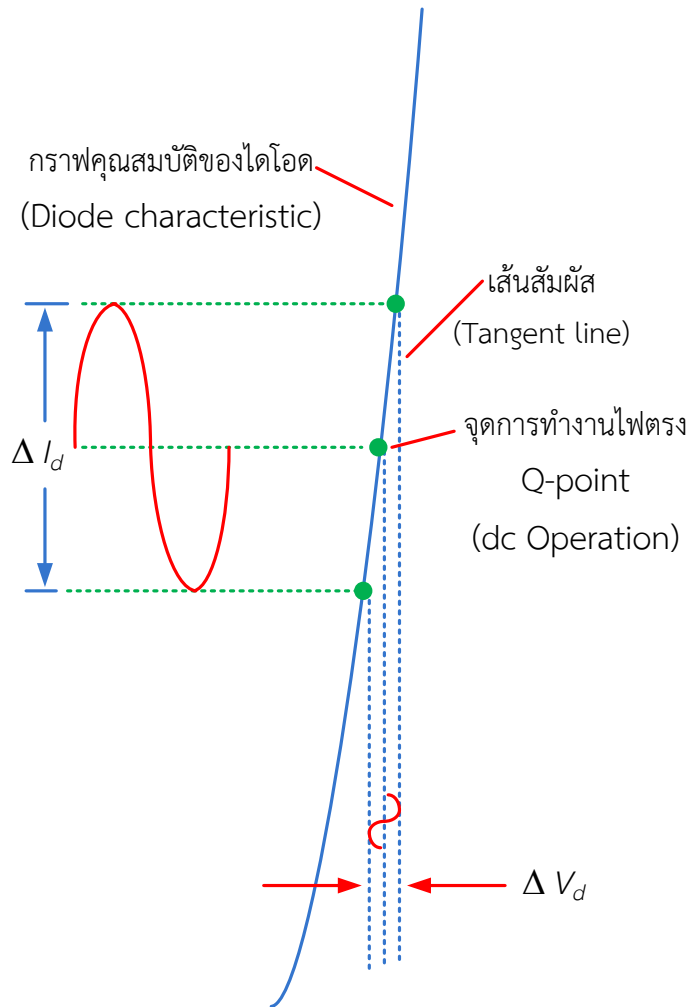
ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,

Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

2.1.6 ค่าความต้านทานทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอด

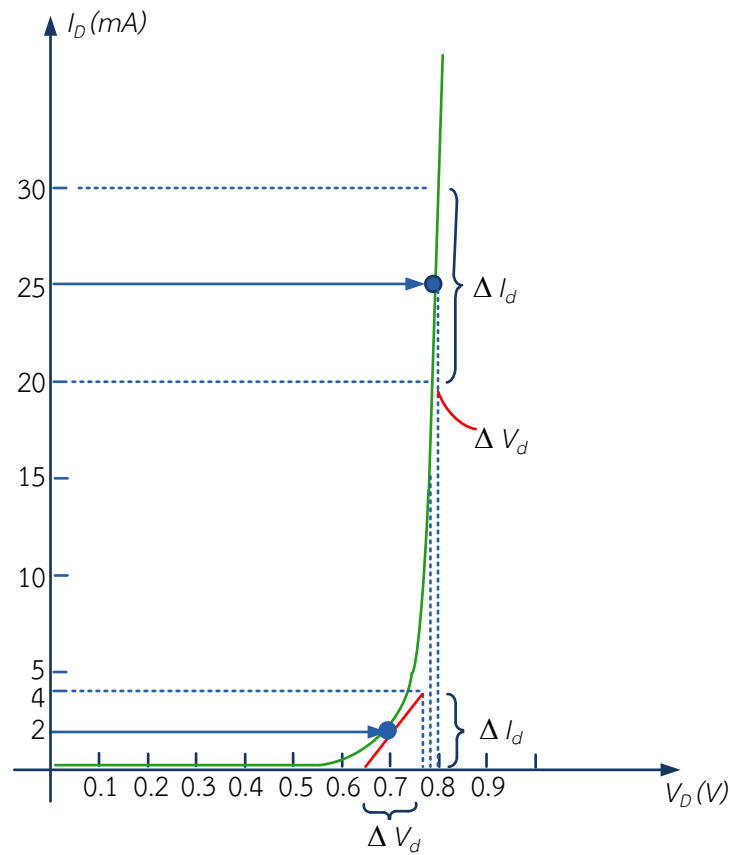
ลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง การหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดจะต้องนำค่าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงมาพิจารณาด้วย โดยให้ ΔV_d แทนค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดที่เปลี่ยนแปลง และ ΔI_d แทนค่ากระแสไหลผ่านไดโอดที่เปลี่ยนแปลง สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \quad \dots 2.4$$



รูปที่ 2.8 การหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอด

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall



รูปที่ 2.9 กราฟการทำงานของไดโอดเพื่อหาความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอด

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,

Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

ตัวอย่างที่ 2.3 จากรูปที่ 2.9 กราฟการทำงานของไดโอด จงคำนวณหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดที่ $I_D = 2 \text{ mA}$ และ ที่ $I_D = 25 \text{ mA}$

วิธีทำ

ค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดที่ $I_D = 2 \text{ mA}$ ได้จากสมการที่ 2.4 ดังนี้

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน } \Delta V_d = 0.76 \text{ V} - 0.65 \text{ V}$$

$$= 0.11 \text{ V}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแส } \Delta I_d = 4 \text{ mA} - 0 \text{ mA}$$

$$= 4 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}
 r_d &= \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \\
 &= \frac{0.11 \text{ V}}{4 \text{ mA}} \\
 &= 27.5 \Omega
 \end{aligned}$$

ตอบ

ค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดที่ $I_D = 25 \text{ mA}$ ได้จากสมการที่ 2.4 ดังนี้

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

จากกราฟ

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแส } \Delta I_d &= 30 \text{ mA} - 20 \text{ mA} \\
 &= 10 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน } \Delta V_d &= 0.8 \text{ V} - 0.78 \text{ V} \\
 &= 0.02 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_d &= \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \\
 &= \frac{0.02 \text{ V}}{10 \text{ mA}} \\
 &= 2 \Omega
 \end{aligned}$$

ตอบ

2.1.7 การใช้คู่มือไดโอด

การออกแบบ หรือ การนำไดโอดไปใช้งาน หรือ การนำไดโอดไปใช้แทนกัน เราต้องศึกษา รายละเอียดคุณสมบัติของไดโอดแต่ละเบอร์จากข้อมูลทางโรงงานผู้ผลิต ซึ่งในยุคปัจจุบันสามารถค้นหา ข้อมูลได้จากทางอินเทอร์เน็ต เช่น ไดโอดเรกติฟายเออร์ เบอร์ 1N4001 ถึง เบอร์ 1N4007 มีค่าสูงสุด แต่ละส่วนเท่าไร เมื่อนำเอาไปใช้งานแล้วไดโอดดังกล่าวจะไม่เสียหาย และ เพื่อให้อายุการใช้งานของ ไดโอดยาวนานขึ้น โดยทั่วไปค่าสูงสุดของไดโอดมาจากอุณหภูมิการทำงานที่ 25 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ความทนทานของไดโอดจะลดลงหากอุณหภูมิในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

อักขรย่อต่าง ๆ มีความหมายดังต่อไปนี้

เอกสารประกอบการเรียน

วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (รหัสวิชา 3105-1003)

V_{RRM} หมายถึง ค่าแรงดันไบอัสกลับสูงสุดที่เกิดขึ้นทุกไซเคิลของไฟสลับ ซึ่งมีความหมายเดียวกับค่า PIV ที่ไดโอดทำงานได้โดยไม่พัง เช่น สำหรับ 1N4001 เท่ากับ 50 V และ 1N4007 เท่ากับ 1000 V

V_R หมายถึง ค่าแรงดันไฟตรงไบอัสกลับสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่พัง

V_{RSM} หมายถึง ค่าแรงดันไบอัสกลับสูงสุดที่ไม่ได้เกิดขึ้นทุกไซเคิลไฟสลับ โดยที่ไดโอดรับได้และทำงานได้โดยไม่พัง

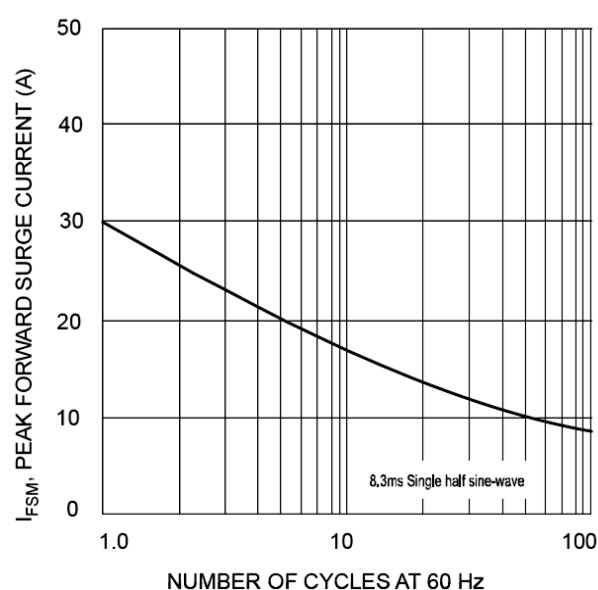
I_O หมายถึง ค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ผ่านไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง

I_{FSM} หมายถึง ค่ากระแสสูงสุด (กระแสกระชอก) ทางด้านไบอัสตรงที่ไม่เกิดทุกไซเคิลซึ่งไดโอดสามารถทำงานได้โดยไม่พัง แสดงดังรูปที่ 2.10 ตามอุณหภูมิที่แตกต่างกันตั้งแต่ 25°C - 175°C

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสูงสุดที่ไดโอดทนได้

MAXIMUM RATINGS

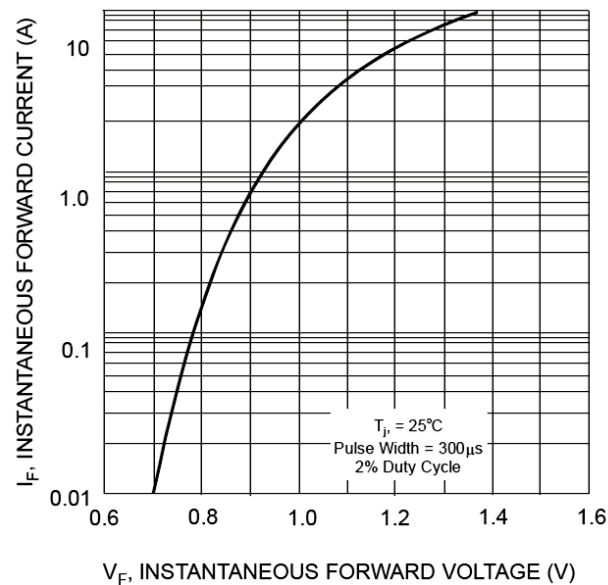
Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
†Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
†Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	V
†RMS Reverse Voltage	$V_R(\text{RMS})$	35	70	140	280	420	560	700	V
†Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^{\circ}\text{C}$)	I_O	1.0							A
†Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to $+175$							$^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 2.10 รูปแสดงกระแส I_{FSM} ที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

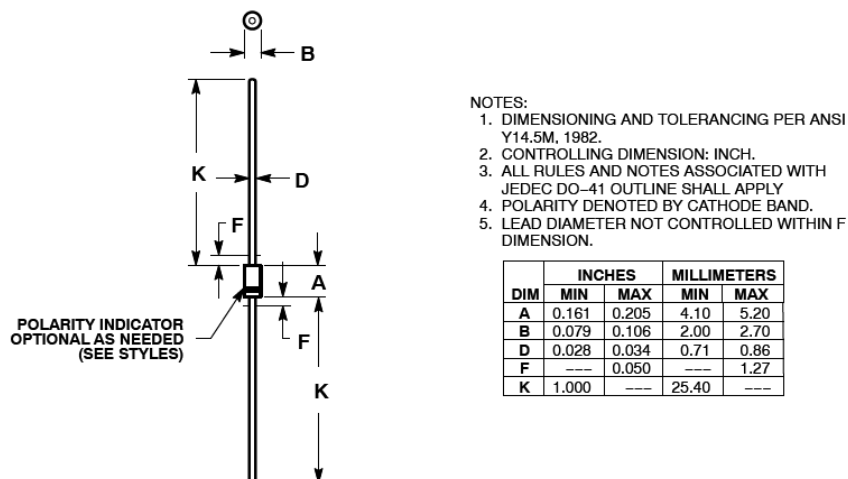
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.93	1.1	V
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	—	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	—	30	μA

รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ของ V_F และ I_F

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดที่สำคัญซึ่งควรพิจารณาในการเลือกไดโอดไปใช้งานมีดังนี้

V_F หมายถึง ค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดขณะได้รับไบอัสตรงที่กระแส $I_F = 1$ A ที่อุณหภูมิ 25°C ความสัมพันธ์ของกระแสไบอัสตรง I_F ที่ไหลผ่านไดโอดและแรงดัน V_F ที่ตกคร่อมไดโอดแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.12 แสดงข้อมูลทางกลของไดโอด

$V_{F(AVG)}$ หมายถึง ค่าแรงดันเฉลี่ยตกคร่อมไดโอดสูงสุดที่ไดโอดได้รับไบอัสตรง

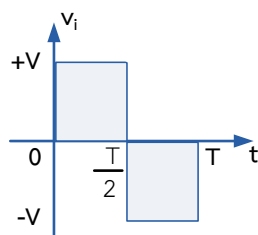
I_R หมายถึง ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเมื่อไดโอดได้รับแรงดันไบอัสกลับด้วยแรงดันไฟตรง โดยไดโอดไม่พัง

$I_{R(AVG)}$ หมายถึง ค่ากระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเมื่อไดโอดได้รับไบอัสกลับด้วยแรงดันไฟสลับ โดยไดโอดทำงานได้ไม่พัง

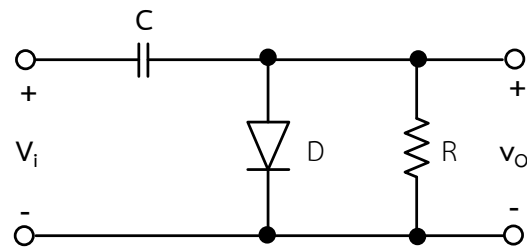
ข้อมูลไดโอดอีกอย่างหนึ่งคือ ข้อมูลทางกลเป็นการบอกถึงรูปร่างลักษณะภายนอกของไดโอด และ พิกัดขนาดต่าง ๆ ของไดโอดแสดงดังในรูปที่ 2.12

2.2 วงจรไดโอดเปลี่ยนระดับสัญญาณ

วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณจะประกอบไปด้วยไดโอด คาปาซิเตอร์ ตัวต้านทาน มีแหล่งจ่ายไฟเพิ่มเข้าไปเพื่อจะได้เปลี่ยนระดับสัญญาณตามต้องการ รูปวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณแสดงไว้ในรูปที่ 2.13



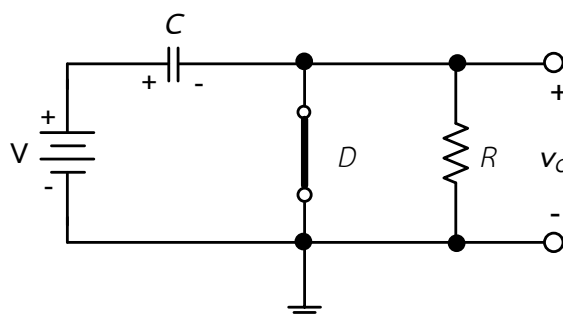
(ก) สัญญาณอินพุต



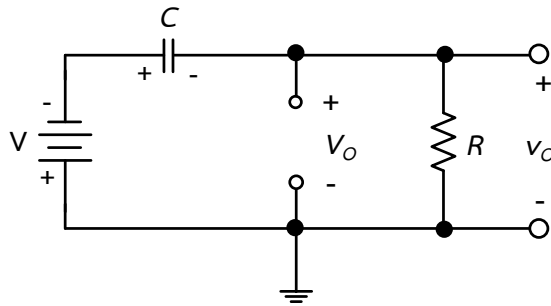
(ข) วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

รูปที่ 2.13 สัญญาณอินพุตและวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

จากวงจรรูปที่ 2.13 ไดโอดได้รับไบอัสตรง ไดโอดอยู่ในสถานะ “On” ระหว่างช่วงเวลา $0 - \frac{T}{2}$ สามารถเขียนวงจรเทียบเคียงได้ดังรูปที่ 2.14 เปรียบเทียบไดโอด Short Circuit เป็นผลให้ $V_o = 0$ V ค่า Time Constant ($\tau = RC$) จะมีค่าน้อยมากเนื่องจากไดโอด Short Circuit ทำให้ค่าความต้านทานมีค่าน้อยมาก ซึ่งค่าความต้านทานที่ได้เป็นค่าความต้านทานของสายสัญญาณเท่านั้น ดังนั้นคาปาซิเตอร์จะชาร์จประจุในทันทีและมีแรงดันสูงสุดเท่ากับสัญญาณอินพุต V



รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบไดโอด Short Circuit



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบไดโอด Open Circuit

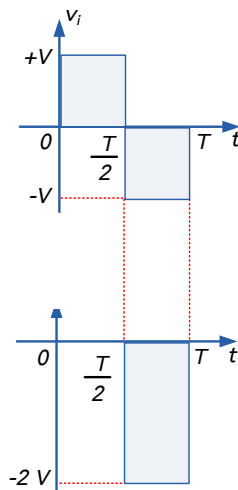
เมื่อสัญญาณอินพุตช่วงลบป้อนเข้ามาไดโอดอยู่ในสถานะ “Off” เปรียบเสมือน Open Circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.15 แรงดันที่ตกคร่อม R คือแรงดันเอาต์พุต V_O ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันจากอินพุตและแรงดันที่คาปาซิเตอร์รวมกัน ในช่วงระหว่างนี้ค่าเวลาคงที่ Time Constant ($\tau = RC$) จะมีค่ามาก เวลาการคายประจุของคาปาซิเตอร์จะใช้เวลา 5τ ซึ่งมากกว่าช่วงเวลา $\frac{T}{2} - T$

จาก Kirchhoff's Voltage Law เพื่อหาค่า V_O

$$-V - V - v_O = 0$$

$$v_O = -V - V$$

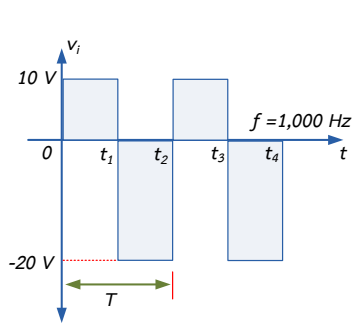
$$v_O = -2V$$



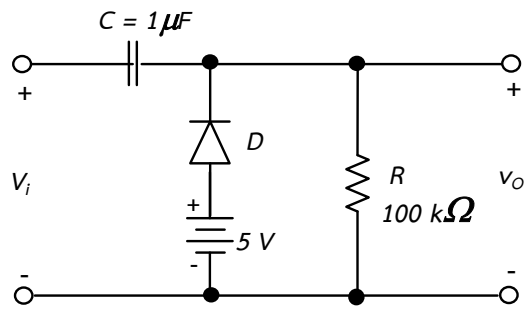
รูปที่ 2.16 เอาท์พุตของวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

เอาท์พุตของวงจรแสดงในรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าสัญญาณเอาท์พุตจะถูกเปลี่ยนระดับเป็น 0 V ในช่วงเวลา $0 - \frac{T}{2}$ แต่จะไปเพิ่มอยู่ในช่วงเวลา $\frac{T}{2} - T$ ให้เป็น 2 เท่าของสัญญาณอินพุต



(ก) สัญญาณอินพุตของวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

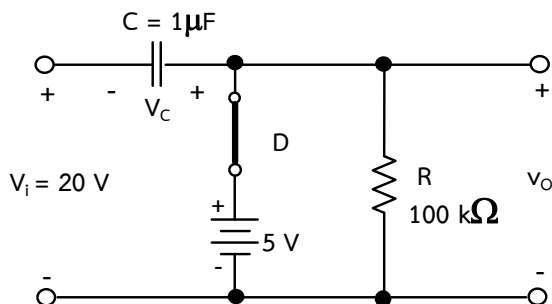


(ข) วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

รูปที่ 2.17 วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ

ตัวอย่างที่ 2.4 จากรูปที่ 2.17 จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต V_o

วิธีทำ จากสัญญาณอินพุตมีความถี่ 1,000 Hz ดังนั้นเวลา 1 คาบเวลาเท่ากับ 1 ms และ จากรูปวงจร การวิเคราะห์จะเริ่มต้นที่ช่วงเวลา t_1-t_2 ของสัญญาณอินพุตซึ่งไดโอดอยู่ในสถานะ “On” เปรียบเสมือน ไดโอด Short Circuit แสดงดังรูปที่ 2.18 แรงดัน V_o ก็คือแรงดันตกคร่อม R ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 V ซึ่งเป็นแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

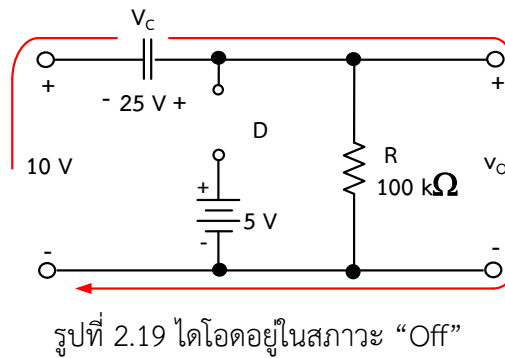


รูปที่ 2.18 ไดโอดอยู่ในสถานะ “On” เปรียบเสมือนไดโอด Short Circuit

จาก Kirchhoff's Voltage Law จะได้ว่า

$$\begin{aligned} -20 \text{ V} + V_C - 5 \text{ V} &= 0 \\ V_C &= 20 \text{ V} + 5 \text{ V} \\ V_C &= 25 \text{ V} \end{aligned}$$

สำหรับช่วงเวลา t_2-t_3 ของสัญญาณอินพุตไดโอดอยู่ในสถานะ “Off” แสดงวงจรเทียบเคียงตามรูปที่ 2.19 เป็นผลให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 V ไม่มีผลต่อวงจร



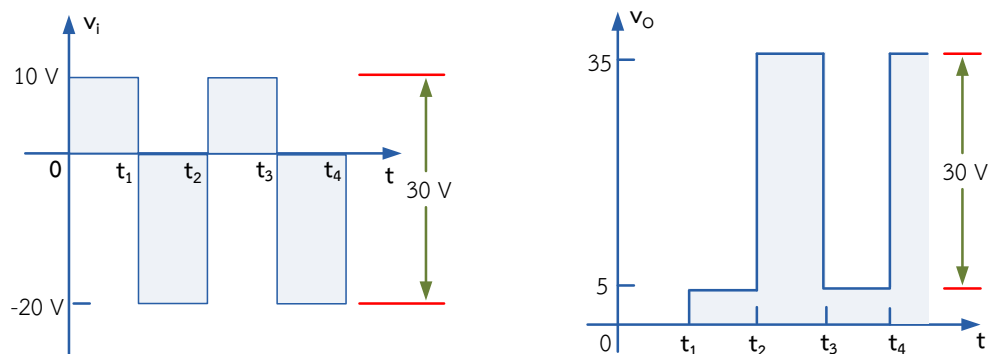
จาก Kirchhoff's Voltage Law จะได้ว่า

$$\begin{aligned} 10 \text{ V} + 25 \text{ V} - V_O &= 0 \\ V_O &= 10 \text{ V} + 25 \text{ V} \\ V_O &= 35 \text{ V} \end{aligned}$$

ค่าเวลาคงที่ Time Constant ($\tau = RC$) ของการคายประจุของคาปาซิเตอร์

$$\begin{aligned} \tau &= RC \\ &= (100 \text{ k}\Omega) (0.1 \text{ }\mu\text{F}) \\ &= 0.01 \text{ s} \\ &= 10 \text{ ms} \end{aligned}$$

เวลาในการคายประจุ $5\tau = 5 (10\text{ms}) = 50 \text{ ms}$ ซึ่งช่วงเวลาระหว่าง t_2 – t_3 มีค่าเวลาเท่ากับ 0.5 ms ดังนั้นตัวเก็บคาปาซิเตอร์จะเก็บรักษาระดับแรงดันไว้ได้ ผลลัพธ์ของวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2.20 เอาท์พุตถูกเปลี่ยนระดับที่ 30 V



รูปที่ 2.20 เอาท์พุตถูกเปลี่ยนระดับที่ 30 V

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

2.3 วงจรไดโอดตัดรูปคลื่นสัญญาณ (Clippers Circuit)

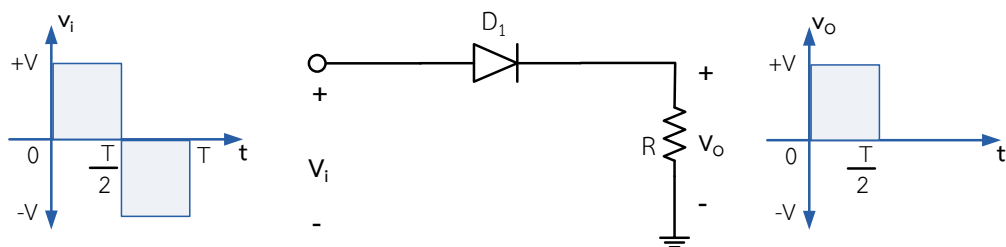
จากวงจรตามรูปที่ 2.21 เป็นวงจรตัดรูปคลื่นมีลักษณะการทำงานคือ ตัดรูปสัญญาณที่ป้อนเข้ามา ให้เหลือรูปคลื่นในส่วนของสัญญาณกระแสลบโดยใช้ไดโอดตัดรูปคลื่น สัญญาณเอาต์พุตขึ้นอยู่กับ การต่อวงจรของไดโอด วงจรตัดรูปคลื่นมีการต่อวงจรอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

2.3.1 วงจรตัดรูปคลื่นแบบอนุกรม (Series Clippers Circuit)

2.3.2 วงจรตัดรูปคลื่นแบบขนาน (Parallel Clippers Circuit)

การต่อวงจรตัดรูปคลื่นแบบอนุกรมต่อไดโอดอนุกรมกับความต้านทานโหลดและการต่อวงจร ตัดรูปคลื่นแบบขนานจะต่อไดโอดขนานกับความต้านทานโหลด

2.3.1 วงจรตัดรูปคลื่นแบบอนุกรม (Series Clippers Circuit)



(ก) สัญญาณอินพุต

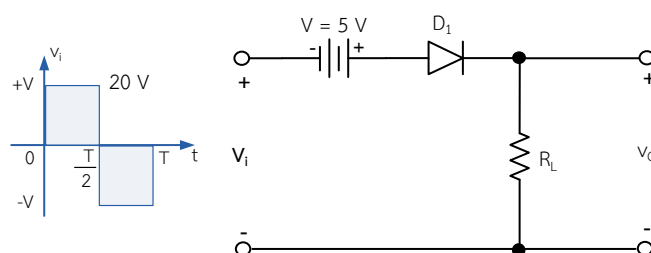
(ข) วงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรม

(ค) สัญญาณเอาต์พุต

รูปที่ 2.21 วงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรม

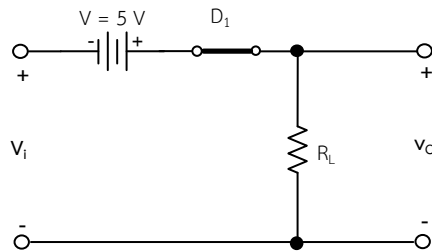
วงจรตัดรูปคลื่นแบบอนุกรมจะมีลักษณะการต่อวงจรโดยต่อไดโอดอนุกรมกับความต้านทาน โหลด ดังแสดงการต่อวงจรในรูปที่ 2.21 (ข) มีลักษณะการทำงานของวงจร ดังนี้

เมื่อสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ในครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามาที่อินพุตของวงจร ไดโอด D_1 ได้รับแรงดันไบอัสตรงทำให้เกิดกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 และ ผ่านความต้านทาน R_L จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_L เหมือนรูปคลื่นที่ป้อนเข้ามา คือ เมื่อรูปคลื่นเพิ่มขึ้น แรงดันตกคร่อม R_L จะเพิ่มขึ้น และ เมื่อรูปคลื่นที่ป้อนเข้ามาลดลงทำให้แรงดันตกคร่อม R_L ลดลงดัง แสดงในรูปที่ 2.21 (ค) ในช่วงครึ่งไซเคิลลบต่อมาป้อนเข้ามาที่อินพุต (V_i) ไดโอด D_1 จะได้รับแรงดัน ไบอัสกลับทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดแรงดันตกคร่อม R_L เท่ากับศูนย์ซึ่งจะได้รูปคลื่นเอาต์พุต (V_o) ดังรูปที่ 2.21 (ค)



รูปที่ 2.22 วงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรมที่มีแหล่งจ่ายไฟตรง

จากวงจรรูปที่ 2.22 วงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรมที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพิ่มขึ้นมา และต่ออนุกรมกับไดโอดด้วยเมื่อรูปคลื่นช่วงครึ่งไซเกิลบวกป้อนเข้าในวงจรทางด้านอินพุตสามารถเขียนวงจรเปรียบเทียบได้ ดังนี้



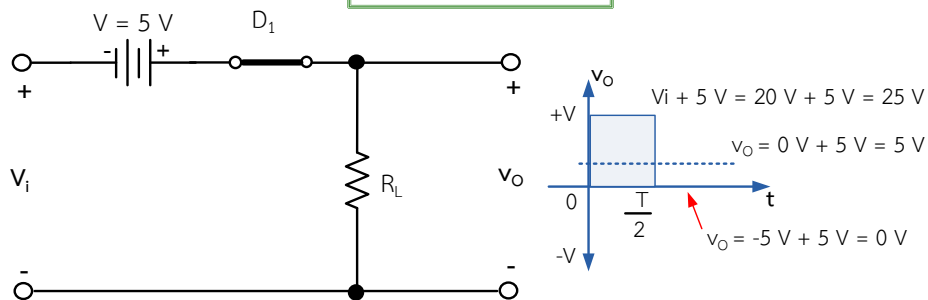
รูปที่ 2.23 วงจรเปรียบเทียบเมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) ในช่วงครึ่งไซเกิลบวก

รูปที่ 2.23 ที่ไดโอดในสถานะ “On” ไดโอดเปรียบเสมือน Short Circuit ซึ่งจะหาค่าแรงดันที่เอาต์พุต ดังนี้

$$V_o = V_i + V \quad \dots 2.5$$

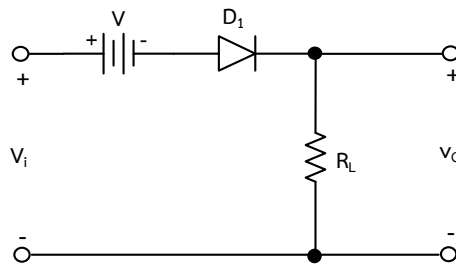
เมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) ในช่วงครึ่งไซเกิลลบ ไดโอดจะอยู่ในสถานะ “Off” เปรียบเสมือน Open Circuit ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด $I_D = 0$ mA หาค่าแรงดันที่เอาต์พุต ดังนี้

$$V_o = 0 \text{ V} \quad \dots 2.6$$



รูปที่ 2.24 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัดรูปคลื่น

เมื่อสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาเป็นช่วงครึ่งไซเกิลลบทำให้ไดโอด D_1 ได้รับแรงดันไบอัสกลับทำให้ไดโอด D_1 ไม่นำกระแส จึงไม่มีแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทาน R_L จึงทำให้แรงดันเอาต์พุตเป็นศูนย์ โวลต์ดังแสดงในรูปที่ รูปที่ 2.24

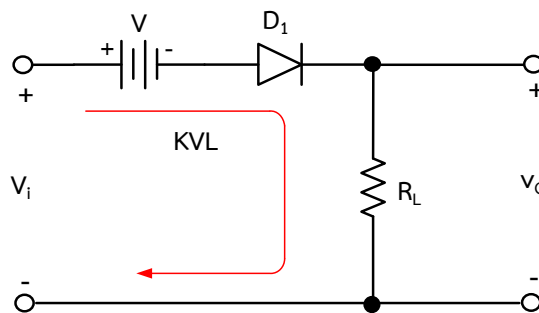


รูปที่ 2.25 วงจรตัดรูปคลื่นแบบไดโอดอนุกรมที่มีแหล่งจ่ายไฟตรง

จากรูปที่ 2.25 ไดโอดได้รับไบอัสกลับจากแหล่งจ่ายไฟตรง (V) เมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) ในช่วงครึ่งไซเคิลบวกที่มีขนาดแรงดันมากกว่าแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟตรง (V) จะทำให้ไดโอดจะอยู่ในสถานะ “On” เปรียบเสมือน Short Circuit ดังแสดงในรูปที่ 2.26 ซึ่งจะหาค่าแรงดันที่เอาต์พุต ดังนี้

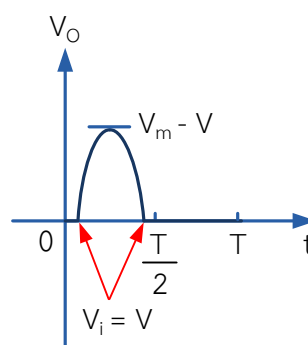
$$V_o = V_i - V$$

...2.7

รูปที่ 2.26 วงจรเปรียบเทียบเมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) ในช่วงครึ่งไซเคิลบวก

เมื่อป้อนสัญญาณอินพุต (V_i) ในช่วงครึ่งไซเคิลลบ ไดโอดจะอยู่ในสถานะ “Off” เปรียบเสมือน Open Circuit ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด $I_D = 0$ mA หาค่าแรงดันที่เอาต์พุต ดังนี้

$$V_o = 0 \text{ V}$$

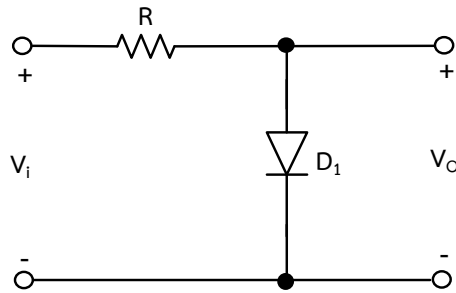


รูปที่ 2.27 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัดรูปคลื่นของวงจรตามรูปที่ 2.25

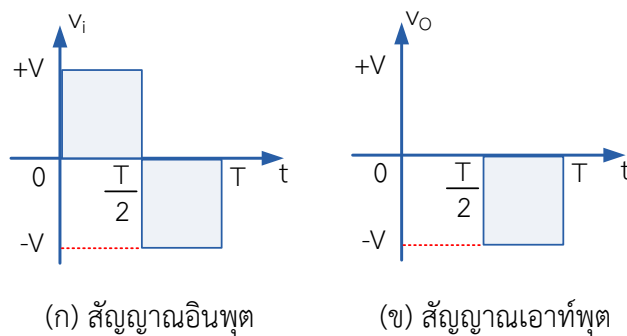
จากรูปที่ 2.27 สามารถหาค่าแรงดันสูงสุดของรูปสัญญาณเอาต์พุตได้ ดังนี้

$$V_{Opeak} = V_m - V$$

2.3.2 วงจรตัดรูปคลื่นแบบขนาน (Parallel Clippers Circuit)



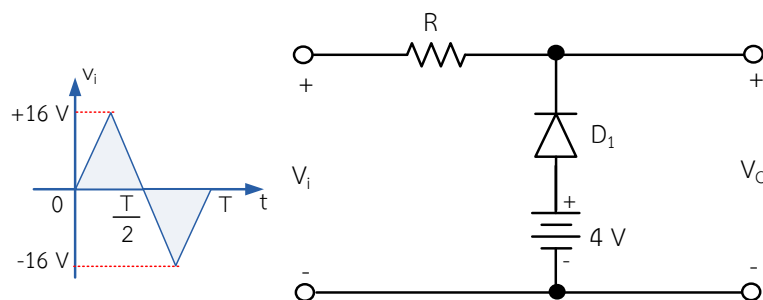
รูปที่ 2.28 รูปวงจรตัดรูปคลื่นแบบขนาน



รูปที่ 2.29 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรตัดรูปคลื่นแบบขนาน

จากรูปที่ 2.28 เป็นวงจรที่ใช้ไดโอดตัดรูปคลื่นแบบขนานกับ สัญญาณอินพุตการทำงาน เมื่อมี สัญญาณแรงดันครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามาทางอินพุตจะทำให้ไดโอด D_1 ได้รับแรงดันไบอัสตรง เมื่อวัด แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันตกคร่อมไดโอด และ เมื่อสัญญาณอินพุตอยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลลบจะ ทำให้ไดโอด D_1 ได้รับแรงดันไบอัสกลับ ไดโอดอยู่ในสภาวะ “Off” ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด เปรียบเสมือน Open Circuit เมื่อวัดรูปคลื่นที่เอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดัน V_i ดังแสดงในรูปที่ 2.29

ตัวอย่างที่ 2.5 จากวงจรตามรูปที่ 2.30 ให้หาค่า V_o



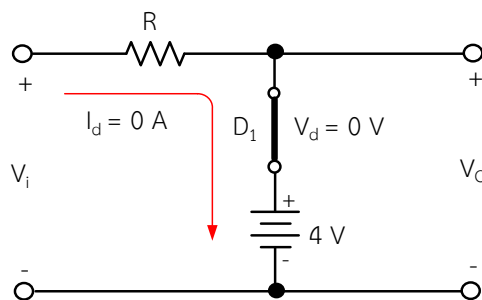
รูปที่ 2.30 วงจรตัดรูปคลื่นแบบขนาน

วิธีทำ V_O คือแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างไดโอด D_1 และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 4 V ไม่ใช่แรงดันที่ตกคร่อม R ขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้ไดโอดอยู่ในสถานะ “On”

ถ้าสัญญาณอินพุตอยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลลบไดโอดเปรียบเสมือน Short Circuit แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ 4 V เท่ากับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่อยู่ในวงจรตลอดเวลาในช่วงที่สัญญาณอินพุตครึ่งไซเคิลลบ ดังแสดงในรูปที่ 2.31 ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต V_O จะได้ ดังนี้

$$V_O = 4 \text{ V}$$

ตอบ

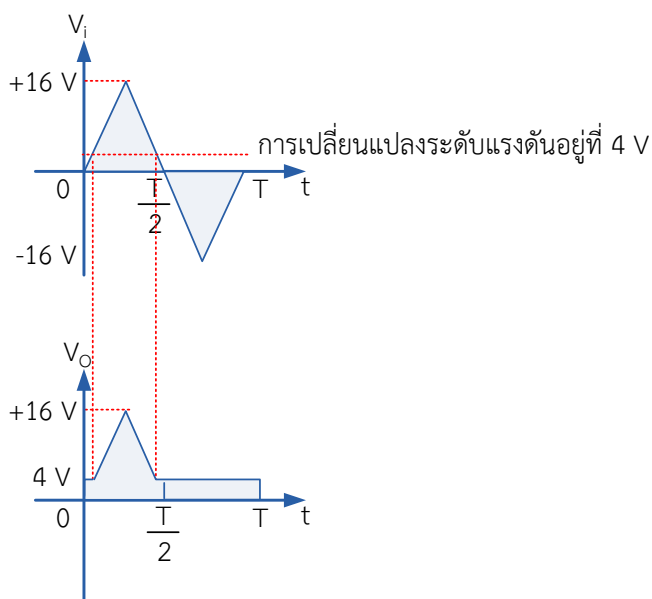


รูปที่ 2.31 สัญญาณอินพุตอยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลลบไดโอดเปรียบเสมือน Short Circuit

อินพุตอยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามาถ้า $V_i < 4 \text{ V}$ แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ 4 V และถ้า $V_i > 4 \text{ V}$ แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับ V_i ดังแสดงในรูปที่ 2.32 ดังนั้นแรงดันเอาต์พุต V_O จะได้ ดังนี้

$$V_O = V_i \quad (V_i > 4 \text{ V})$$

ตอบ



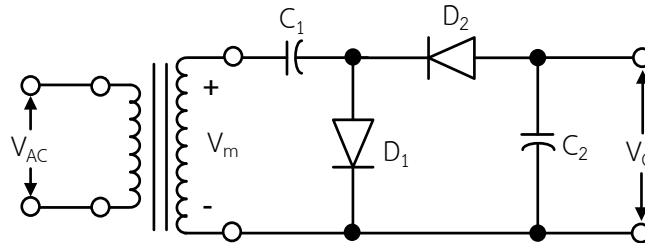
รูปที่ 2.32 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัวคูณของวงจรตามรูปที่ 2.30

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

2.4 วงจรทวีแรงดัน

วงจรทวีแรงดัน คือ วงจรเพิ่มแรงดันที่ป้อนเข้าอินพุตของวงจรให้เพิ่มแรงดันตามที่ต้องการ เช่น 2 เท่า 3 เท่า และ 4 เท่า

2.4.1 วงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดครึ่งคลื่น (Half Wave Voltage Double)

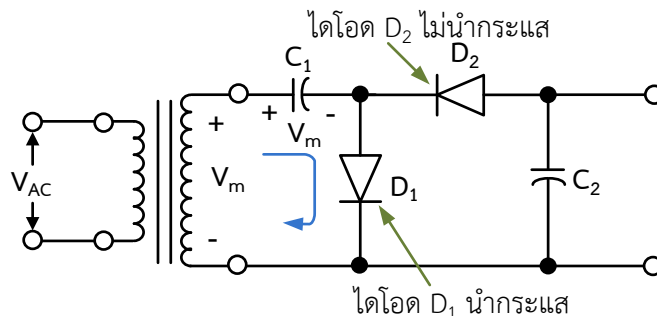


รูปที่ 2.33 วงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดครึ่งคลื่น

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

จากรูปที่ 2.33 เป็นวงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดครึ่งคลื่นอธิบายการทำงานได้ ดังนี้

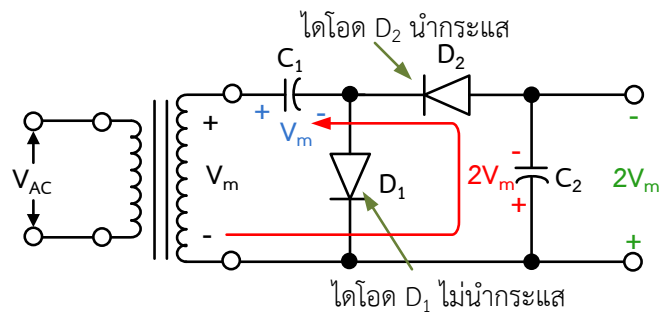
เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงซีกบวกจะทำให้ไดโอด D_1 นำกระแส และ ไดโอด D_2 ไม่นำกระแสทำให้ตัวคาปาซิเตอร์ C_1 เก็บประจุได้ และมีแรงดันตกคร่อม C_1 เท่ากับ V_m ดังแสดงในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 ผลจากการป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงซีกบวก

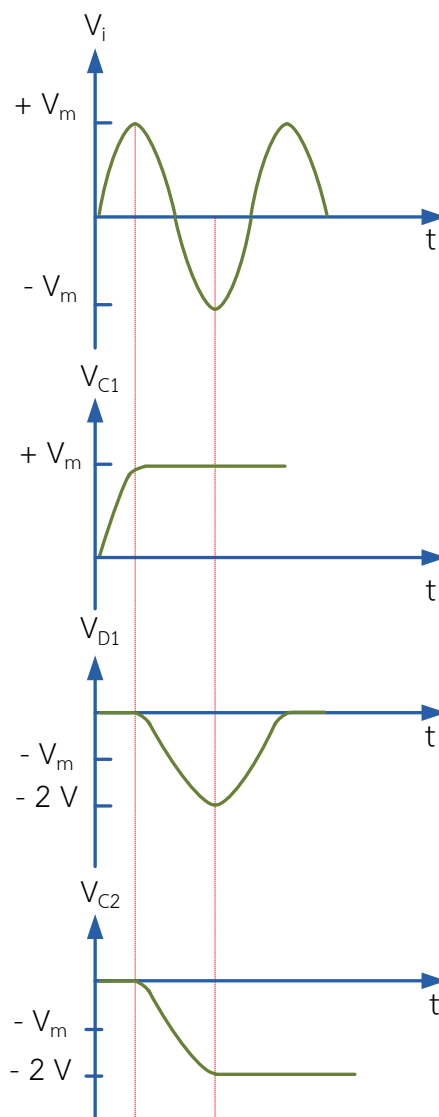
ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเคิลลบจะทำให้ไดโอด D_1 หยุดนำกระแส ไดโอด D_2 นำกระแสทำให้ตัวคาปาซิเตอร์ C_2 เก็บประจุมีแรงดันตกคร่อม C_2 เท่ากับ $2V_m$ ดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 ผลจากการป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงซีกกลับ

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall



รูปที่ 2.36 รูปคลื่นของวงจรทวิแรงดันสองเท่าแบบครึ่งคลื่น

หาค่าแรงดันตกคร่อม C_2 ได้จาก

$$-V_m - V_{C1} + V_{C2} = 0$$

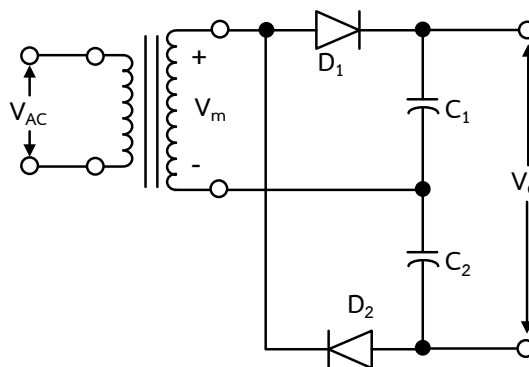
$$-V_m - V_m + V_{C2} = 0$$

$$V_{C2} = V_m + V_m$$

$$V_{C2} = 2V_m$$

เมื่อสัญญาณช่วงบวกป้อนเข้ามาอีกครั้งหนึ่ง ไดโอด D_2 หยุดนำกระแส คาปาซิเตอร์ C_2 จะคายประจุผ่านโหลด ถ้าไม่มีโหลดต่อขนานกับคาปาซิเตอร์ C_2 จะทำให้คาปาซิเตอร์ C_1 มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ V_m และคาปาซิเตอร์ C_2 มีแรงดันตกคร่อมเท่ากับ $2V_m$ ถ้ามีโหลดมาต่อที่เอาต์พุตจะทำให้แรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ C_2 ลดลงในช่วงเวลาครึ่งไซเคิลบวก และคาปาซิเตอร์ C_2 จะเก็บประจุใหม่ให้มีค่าแรงดันถึง $2V_m$ ในช่วงไซเคิลลบ และไดโอดแต่ละตัวในวงจรจะได้รับแรงดันไบอัสกลับ (Peak Inverse Voltage ; PIV) เท่ากับ $2V_m$

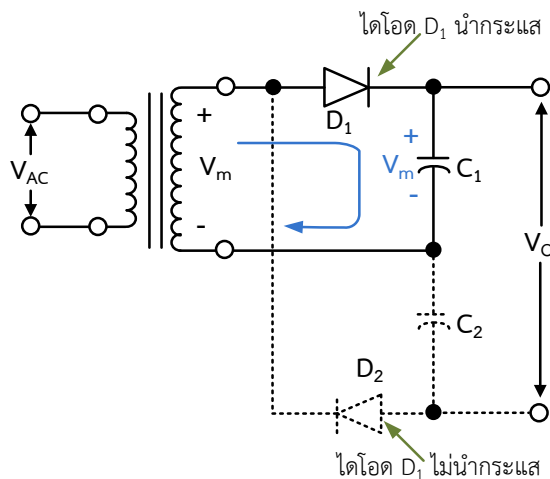
2.4.2 วงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดเต็มคลื่น (Full Wave Voltage Double)



รูปที่ 2.37 วงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดเต็มคลื่น

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

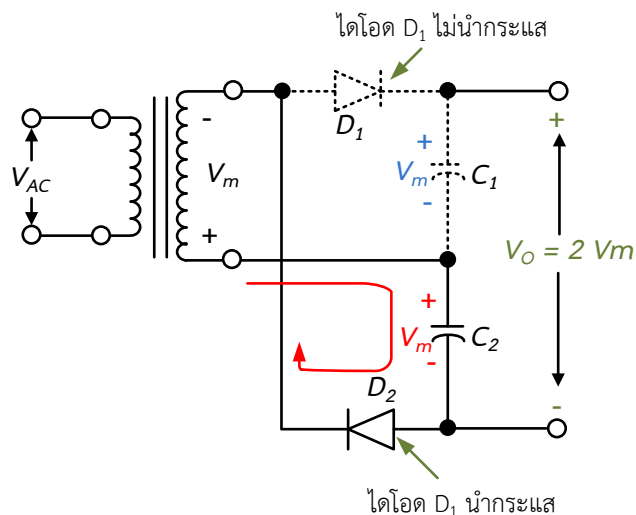
จากรูปที่ 2.37 เป็นวงจรทวีแรงดัน 2 เท่า ชนิดเต็มคลื่น เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเคิลบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.38 ไดโอด D_1 นำกระแสมีกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 และคาปาซิเตอร์ C_1 ทำให้ตัวคาปาซิเตอร์ C_1 เก็บประจุได้และมีขนาดแรงดันเท่ากับ V_m ในเวลานี้ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.38 ผลจากการป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงซีกบวก

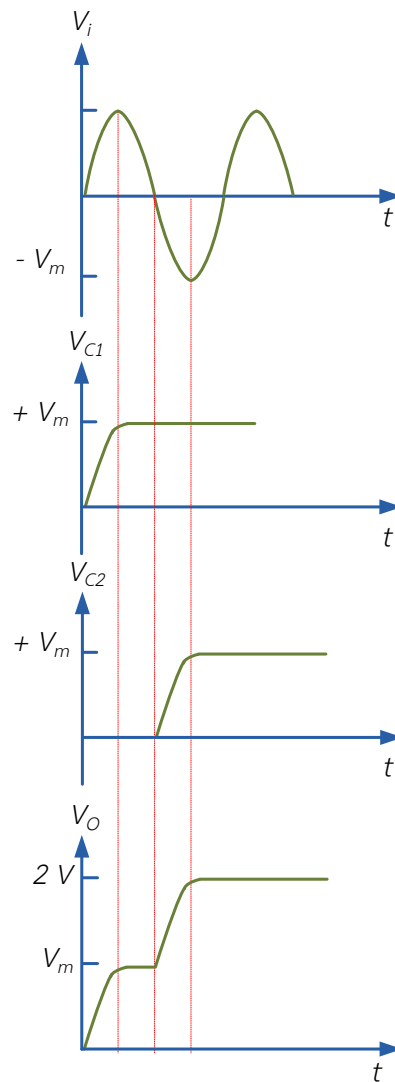
ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเคิลกลับดังแสดงในรูปที่ 2.44 ไดโอด D_2 นำกระแสมีกระแสไหลผ่านไดโอด D_2 และคาปาซิเตอร์ C_2 ทำให้ตัวคาปาซิเตอร์ C_2 เก็บประจุได้และมีขนาดแรงดันเท่ากับ V_m ในช่วงเวลานี้ไดโอด D_1 ไม่นำกระแสทำให้แรงดันที่เอาต์พุตมีค่าเท่ากับ $2V_m$ ถ้ามีโหนดมาต่อที่เอาต์พุตของวงจรแรงดันที่โหนดจะเหมือนกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ความแตกต่างอยู่ที่ตัวคาปาซิเตอร์ C_1 และ C_2 ที่ต่ออนุกรมกัน ซึ่งทำให้ค่าของคาปาซิเตอร์มีค่าน้อยกว่าค่าคาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่เพียงตัวเดียว ค่าของตัวคาปาซิเตอร์ที่ลดลงทำให้การกรองกระแสมีประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง



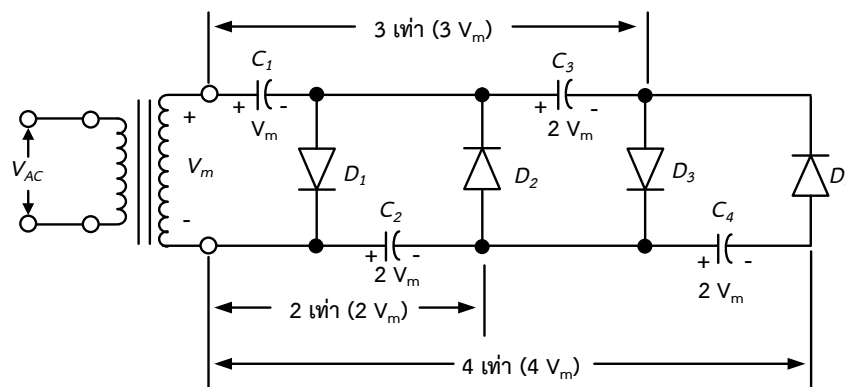
รูปที่ 2.39 ผลจากการป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงซีกลบ

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall



รูปที่ 2.40 รูปคลื่นของวงจรทวิแรงดัน สองเท่าแบบเต็มคลื่น

2.4.3 วงจรทวิแรงดัน 3 เท่า และ 4 เท่า



รูปที่ 2.41 วงจรทวิแรงดัน 3 เท่า และ 4 เท่า

ที่มา : Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall

จากรูปที่ 2.41 เป็นวงจรทวิแรงดัน 3 เท่า และ 4 เท่า ซึ่งพัฒนามาจากวงจรทวิแรงดัน 2 เท่า ชนิดครึ่งคลื่น โดยต่อเพิ่มตัวคาปาซิเตอร์และไดโอดทางด้านเอาต์พุตจะทำให้เป็นวงจรทวิแรงดัน 5, 6 หรือ 7 เท่าได้ตามต้องการ สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

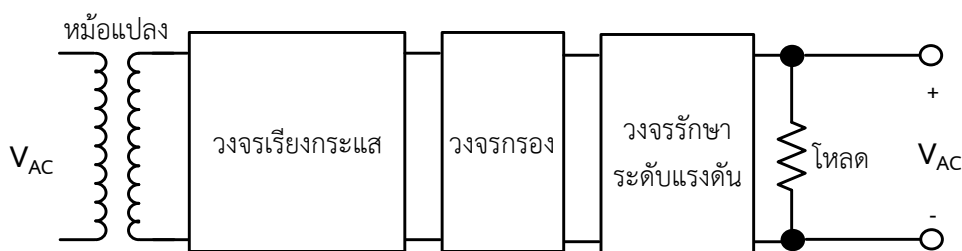
เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเกิลบวก คาปาซิเตอร์ C_1 จะเก็บประจุโดยผ่านไดโอด D_1 ค่าแรงดันสูงสุดที่ C_1 เท่ากับ V_m และเมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเกิลลบป้อนเข้ามาไดโอด D_2 นำกระแส ดังนั้นที่คาปาซิเตอร์ C_2 จะมีขนาดแรงดันเป็น 2 เท่าของ V_m โดยได้มาจากแรงดันที่หม้อแปลงและที่ C_1 รวมกัน

เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเกิลบวกช่วงถัดมา ไดโอด D_3 นำกระแส คาปาซิเตอร์ C_2 จะคายประจุผ่าน D_3 ให้ตัวคาปาซิเตอร์ C_3 เก็บประจุ ซึ่ง C_3 จะมีขนาดแรงดันสูงสุดเท่ากับ $2V_m$ และเมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงครึ่งไซเกิลลบป้อนเข้ามา เป็นผลให้ไดโอด D_2 และ D_4 พร้อมกับตัวคาปาซิเตอร์ C_3 คายประจุผ่านไดโอด D_4 ไปให้ C_4 ที่จะมีขนาดแรงดันสูงสุด $2V_m$

ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อม C_2 คือ $2V_m$ แรงดันที่ตกคร่อม C_1 และ C_3 รวมกันคือ $3V_m$ และแรงดันที่ตกคร่อม C_2 และ C_4 รวมกันคือ $4V_m$ ไดโอดแต่ละตัวในวงจรต้องมีอัตราการทนแรงดันขณะได้รับไบอัสกลับ $2V_m$

2.5 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuits)

การนำไดโอดมาประยุกต์ใช้งานทำเป็นวงจรเรียงกระแสมีความสำคัญที่เราต้องทำความเข้าใจเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ถูกต้องและมีความเหมาะสม ซึ่งวงจรไดโอดเรียงกระแสเป็นภาคแรกที่เราจะพบในวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.42



รูปที่ 2.42 บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

การเรียงกระแสเป็นวิธีการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์ในการทำหน้าที่ในการเรียงกระแสไฟฟ้า เพราะไดโอดมีคุณสมบัติที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น และยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว วงจรเรียงกระแสที่มีการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

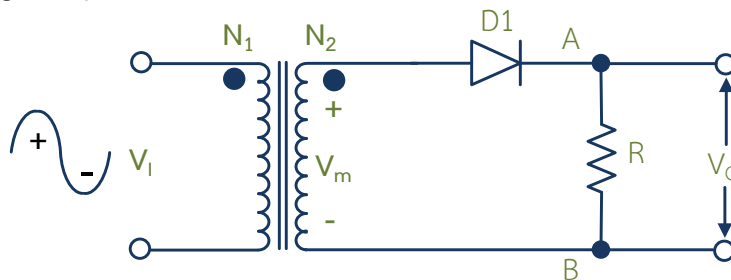
2.5.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)

2.5.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนเตอร์เทป (Center Tapped Full Wave Rectifier Circuit)

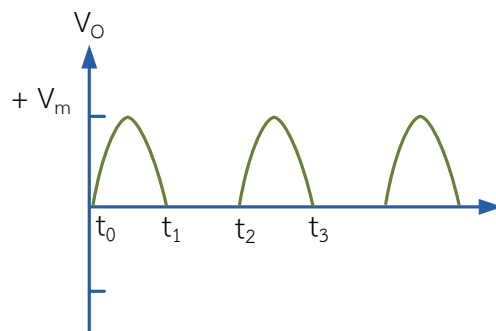
2.5.3 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น แบบบริดจ์ (Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

2.5.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จะตัดแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามาออกไปครึ่งหนึ่งอาจเป็นครึ่งบวกหรือครึ่งลบ แล้วแต่การจัดวงจรไดโอดว่าจะใช้ขาแคโทด (K) ออกเอาต์พุต หรือขาแอนโนด (A) ออกเอาต์พุต วงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดเพียงตัวเดียวในการทำงาน วงจรเรียงกระแสแบบนี้จะใช้ในวงจรที่ไม่ต้องการไฟตีสี่ที่เรียบมากนัก เช่น วงจรชาร์จแบตเตอรี่ วงจรชาร์จถ่านแคดเมียม เป็นต้น ลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.43 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



รูปที่ 2.44 รูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

2.5.1.1 การทำงานของวงจร

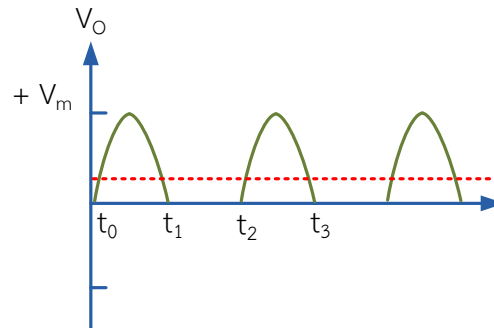
จากรูปที่ 2.43 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นซึ่งจะมีลักษณะการทำงาน ดังนี้

เมื่อแรงดันไฟกระแสสลับในช่วงครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามายังขั้ว A จะทำให้ที่ขาแอนโนดของไดโอดเป็นบวก เมื่อเทียบกับแคโทดจึงเป็นการให้ไบอัสแก่ไดโอดแบบไบอัสตรง (Forward Bias) จะทำให้ความต้านทานภายในไดโอดมีค่าความต้านต่ำเปรียบเสมือนสวิตช์ต่อวงจรเกิดกระแสไหลผ่านไดโอด และความต้านทาน R_L เกิดแรงดันตกคร่อมที่ R_L ตามแรงดันที่ป้อนเข้ามาดังแสดงในรูปที่ 2.44 ในช่วงเวลา t_0-t_1

เมื่อแรงดันไฟกระแสสลับที่อยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลลบ ป้อนเข้ามาที่ขั้ว A ไดโอด D_1 ได้รับความไบอัสกลับ (Reverse Biased) จะทำให้ค่าความต้านทานภายในไดโอดมีค่าสูงสุด ซึ่งเหมือนกับสวิตช์ที่อยู่ในสภาวะเปิดดังนั้นจึงไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_L จึงมีค่าเป็นศูนย์โวลต์ดังแสดงในรูปที่ 2.44 ในช่วงเวลา t_1-t_2

2.5.1.2 การหาค่าเฉลี่ยแรงดันเอาต์พุต

จากรูปคลื่นเอาต์พุตสามารถหาค่าเฉลี่ยของแรงดันได้ดังรูปที่ 2.45



รูปที่ 2.45 รูปคลื่นเอาต์พุต

จากรูปคลื่นทางด้านเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในรูปที่ 2.45 สามารถคำนวณพื้นที่ใต้รูปคลื่น เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางเอาต์พุต (V_{dc}) ได้ดังนี้

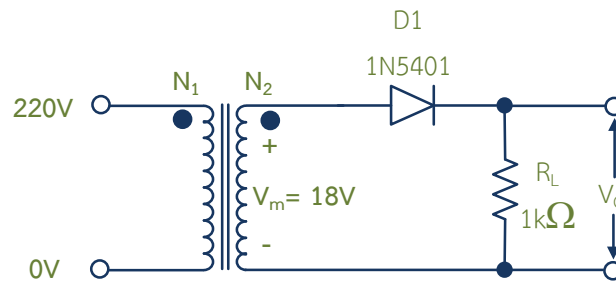
$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= V_{av} \\
 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \theta \, d\theta \\
 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (V_m \sin \theta) \, d\theta \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} \left[-\cos \theta \right]_0^{\pi} \\
 &= \frac{V_m}{2\pi} [-1(-1) - (-1)] \\
 &= \frac{V_m}{2\pi}
 \end{aligned}$$

$$V_{dc} = 0.318 V_m$$

...2.7

เมื่อ V_m คือ ค่าแรงดันสูงสุด (Peak) ของแรงดันกระแสสลับ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 V_{dc} คือ ค่าเฉลี่ยของแรงดันดีซีที่ได้จากวงจรเรียงกระแส มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

ตัวอย่างที่ 2.6 จงคำนวณหาค่าแรงดัน V_{dc} ที่ตกคร่อม R_L ดังแสดงในรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

วิธีทำ จากวงจรในรูปที่ 2.46 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น สามารถหาค่าแรงดัน V_{dc} โดยใช้สมการที่ 2.7 ได้ดังนี้

$$V_{dc} = 0.318 V_m$$

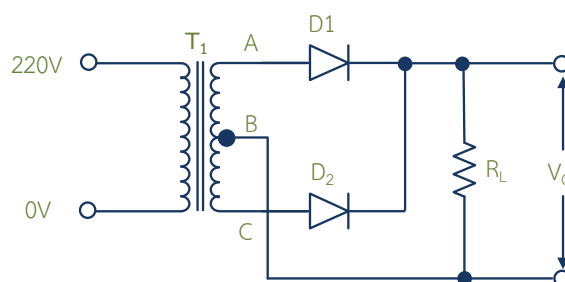
$$V_{dc} = 0.318 (18V)$$

$$V_{dc} = 5.724 V$$

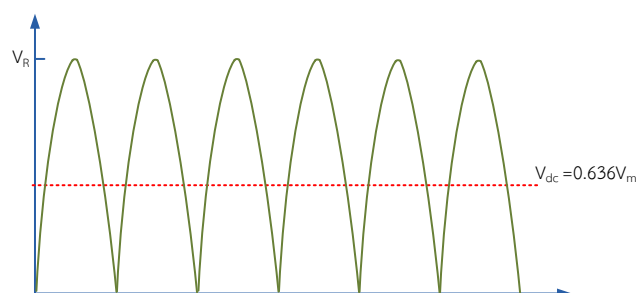
ตอบ

2.5.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ชนิดใช้หม้อแปลงแบบมีเซนส์เตอร์แทป (Center Tapped Full Wave Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงมีเซนส์เตอร์แทป เป็นการรวมเอาวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น 2 วงจรมารวมกัน จึงทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R_L ได้ทั้งครึ่งไซเคิลบวกและลบ ซึ่งทำให้แรงดันที่ได้เป็น 2 เท่าของแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2.47



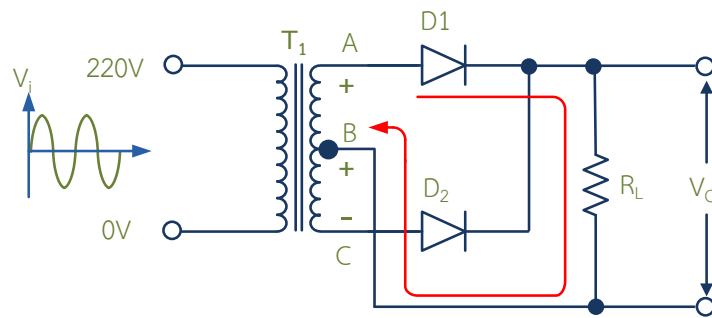
รูปที่ 2.47 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงมีเซนส์เตอร์แทป



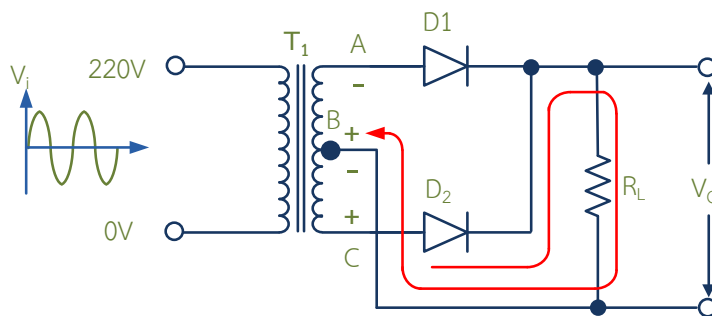
รูปที่ 2.48 เอาท์พุทของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงมีเซนส์เตอร์แทป

2.5.2.1 การทำงานของวงจร

การทำงานของวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.49 เมื่อมีแรงดันช่วงครึ่งไซเคิลบวกเข้าที่ตำแหน่ง A จะทำให้ไดโอด D_1 ได้รับไบอัสตรงทำให้ไดโอด D_1 นำกระแส มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 และไหลผ่านตัวต้านทานโหลด R_L ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นครึ่งไซเคิลบวกจะมีค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่นเท่ากับ V_m



รูปที่ 2.49 การทำงานในช่วงไซเคิลบวก



รูปที่ 2.50 การทำงานในช่วงไซเคิลลบ

จากรูปที่ 2.50 แรงดันช่วงครึ่งไซเคิลลบเข้ามา ทำให้ที่ตำแหน่ง A เป็นลบ และที่ตำแหน่ง C เป็นบวก ทำให้ไดโอด D_2 ได้ไบอัสตรง ส่วนไดโอด D_1 ได้รับไบอัสกลับ ผลคือไดโอด D_1 ไม่นำกระแส ไดโอด D_2 นำกระแส มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_2 และไหลผ่านตัวต้านทานโหลด R_L ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นครึ่งไซเคิลบวกมีค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่นเท่ากับ V_m และในช่วงครึ่งไซเคิลต่อมา ไดโอด D_1 และ D_2 จะทำงานต่อเนื่องกันไป เกิดรูปคลื่นเอาท์พุทเรียงต่อกันทำให้เกิดรูปคลื่นเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นที่โหลด

2.5.2.2 การหาค่าแรงดันดีซี

ค่าเฉลี่ยแรงดันดีซี (DC Average Voltage) สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงมีเซนเตอร์แทปจึงมีค่าดังนี้

$$V_{dc} = 2 (0.318 V_m)$$

$$V_{dc} = 0.636 V_m$$

...2.8

ตัวอย่างที่ 4.2 จงคำนวณหาแรงดันดีซีที่ได้รับจากวงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนต์เตอร์แทป มีค่า V_m เท่ากับ 50 V

วิธีทำ จากโจทย์เป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนต์เตอร์แทป และมีค่าแรงดันสูงสุด (peak) ของแรงดันกระแสกลับ $V_m = 50$ V ดังนั้นสามารถคำนวณหาแรงดันดีซีได้โดยใช้สมการที่ 2.8 ได้ดังนี้

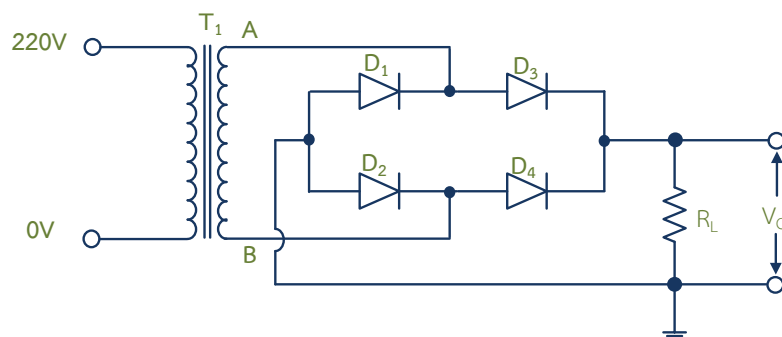
$$V_{dc} = 0.636 V_m$$

$$V_{dc} = 0.636 (50V)$$

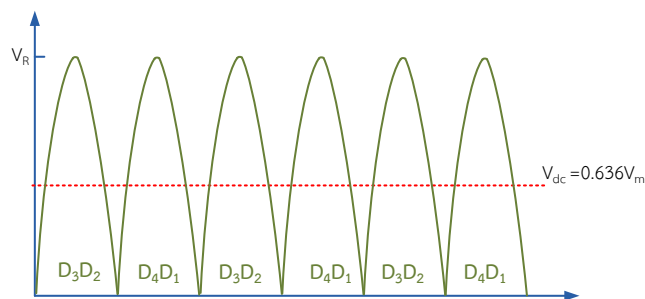
$$V_{dc} = 31.8 \text{ V}$$

ตอบ

5.3 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ (Full Wave Bridge Rectifier Circuit)



รูปที่ 2.51 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์

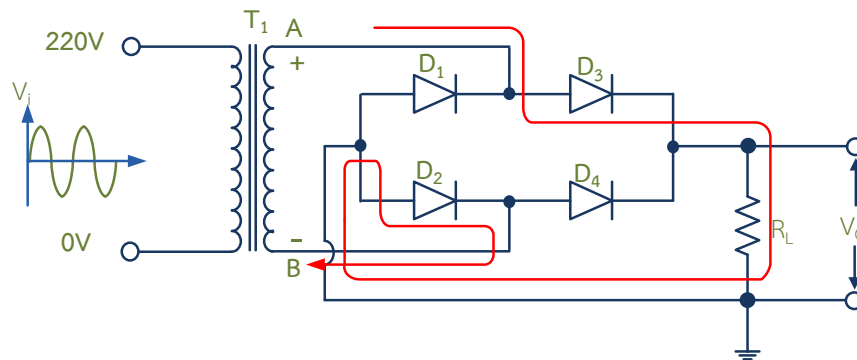


รูปที่ 2.52 เอาท์พุทของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์

จากรูปที่ 2.52 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดบริดจ์ในวงจรใช้ไดโอด 4 ตัว ซึ่งเป็นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่น เหมือนกันกับที่ใช้ไดโอด 2 ตัว แต่วงจรนี้หม้อแปลงที่ใช้ไม่มีเซนต์เตอร์แทปและค่าแรงดันย้อนกลับของไดโอดมีค่าเท่ากับ V_m ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าแรงดันย้อนกลับในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นชนิดที่ใช้หม้อแปลงแบบมีเซนต์เตอร์แทป วงจรบริดจ์จึงนิยมใช้ในทางด้านอุตสาหกรรมในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์

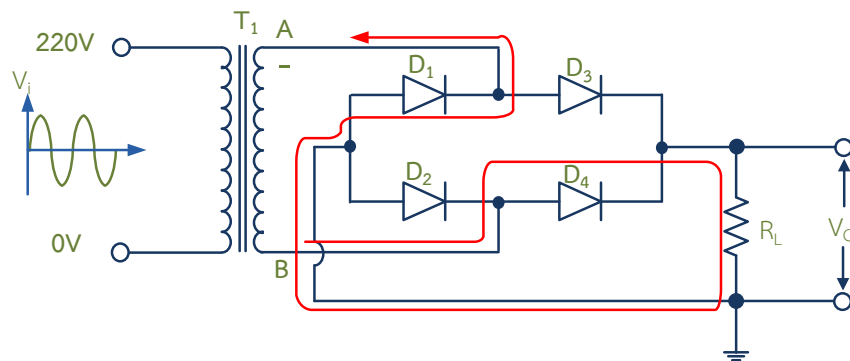
2.5.3.1 การทำงานของวงจร

ในระหว่างช่วงครึ่งไซเคิลบวกป้อนเข้ามาตำแหน่ง A ที่ขั้วของหม้อแปลงเป็นบวกจะทำให้ไดโอด D_3 และไดโอด D_2 นำกระแส ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านไดโอด D_3 ตัวต้านทานโหลด R_L และไดโอด D_2 ทำให้มีแรงดันตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ V_m ดังแสดงในรูปที่ 2.53



รูปที่ 2.53 การทำงานในช่วงไซเคิลบวก

ในครึ่งไซเคิลลบตำแหน่ง A ที่ขั้วของหม้อแปลงเป็นลบที่ตำแหน่ง B เป็นบวกจะทำให้ไดโอด D_4 และไดโอด D_1 นำกระแส ทำให้เกิดกระแสไหลจากตำแหน่ง B ผ่านไดโอด D_4 ตัวต้านทานโหลด R_L และไดโอด D_1 ทำให้มีแรงดันตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ V_m ดังแสดงในรูปที่ 2.54



รูปที่ 2.53 การทำงานในช่วงไซเคิลลบ

2.5.3.2 การหาค่าแรงดันดีซี

สามารถคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตได้ดังนี้

$$V_{dc} = 0.636 V_m \quad \dots 2.9$$

สรุป

ไดโอดในการใช้งานจริง (Real Diode) เป็นไดโอดที่มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากไดโอดทางอุดมคติ เนื่องจากในการนำเอาไดโอดไปใช้งานจริง คุณสมบัติของตัวไดโอดในขณะจ่ายไบอัสตรง เราต้องพิจารณาถึงค่าความต้านทานภายในตัวไดโอดกับแรงดันที่เกิดขึ้นตรงบริเวณรอยต่อพี-เอ็น ในขณะที่จ่ายไบอัสกลับเราก็ต้องมาพิจารณาถึงค่าความต้านทานภายในตัวไดโอดกับกระแสรั่วไหล (leakage current) ความต้านทานของไดโอดจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น จึงถือได้ว่าไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น

2. จงคำนวณหาแรงดันดีซีที่ได้รับจากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งรูปคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงที่มีค่า Peak Voltage เท่ากับ 100 V

.....

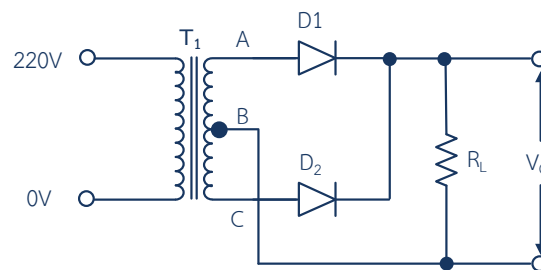
.....

.....

.....

.....

3. จากรูปที่ 2 จงคำนวณหาแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มรูปคลื่นชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนเตอร์แทปเมื่อป้อนแรงดันจากหม้อแปลง 18V-0V-18V



รูปที่ 2 วงจรประกอบโद्यแบบฟูลวอร์

.....

.....

.....

.....

.....

4. ถ้ากำหนดอุณหภูมิที่ 29°C จงหาแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal voltage) ; V_T

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

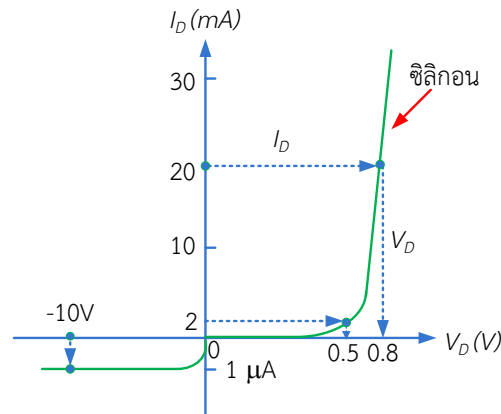
แบบทดสอบหลังเรียน
หน่วยที่ 2 ไดโอดและวงจรการใช้งาน
(Diodes and Circuits)

คำชี้แจง

1. จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
2. แบบทดสอบมีจำนวน 18 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

-
1. คุณสมบัติของไดโอดขณะที่ได้รับแรงดันไบอัสกลับตรงกับข้อใด
 - ก. ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอดได้เลย
 - ข. เกิดเป็นแบตเตอรี่สมมติหรือดีฟิชั่นรีจินขึ้นที่บริเวณรอยต่อ
 - ค. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อย
 - ง. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อยมาก
 - จ. มีกระแสไหลกลับทิศทางจากเดิม และมีค่าน้อยมาก
 2. อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อไดโอดขณะที่ได้รับไบอัสตรงอย่างไร
 - ก. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเพิ่มขึ้น
 - ข. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นลดลง
 - ค. ทำให้กระแสไหลลดลง
 - ง. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดสูงขึ้น
 - จ. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเท่ากับแหล่งจ่าย
 3. จงคำนวณหาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอดที่มี I_D เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงต่ำสุด 10 mA สูงสุด 25 mA และมีการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน V_D ต่ำสุด 0.4 V สูงสุด 0.6 V
 - ก. 10.11 Ω
 - ข. 12.22 Ω
 - ค. 13.33 Ω
 - ง. 14.44 Ω
 - จ. 15.55 Ω
 4. อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลกระทบต่อไดโอดขณะที่ได้รับไบอัสกลับอย่างไร
 - ก. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นเพิ่มขึ้น
 - ข. ทำให้แรงดันตกคร่อมไดโอดขณะนั้นลดลง
 - ค. ทำให้กระแสไหลสูงขึ้นมาก
 - ง. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดไม่คงที่
 - จ. ทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดเพิ่มขึ้น

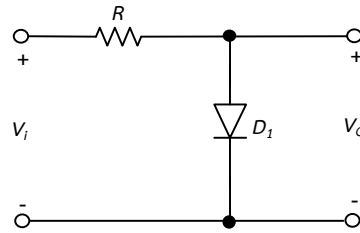
5. จงคำนวณค่าความต้านทานทางดำนไฟฟ้ากระแสตรง (R_D) จากกราฟการทำงานของไดโอดต่อไปนี้ ที่ตำแหน่ง $I_D = 20 \text{ mA}$



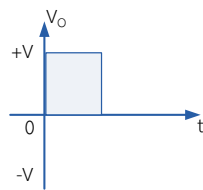
รูปที่ 1 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 5

- ก. 20Ω
 - ข. 30Ω
 - ค. 40Ω
 - ง. 50Ω
 - จ. 60Ω
6. ความสัมพันธ์ของกระแสที่ไหลผ่านไดโอดและค่าแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดตรงกับข้อใด
- ก. การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_{BV}
 - ข. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_{BV}
 - ค. การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เพิ่มขึ้นมาจากการเพิ่มขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_K
 - ง. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับ V_K
 - จ. การเปลี่ยนแปลงของกระแสมาจากการลดขนาดแรงดันและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดขณะที่ไดโอดนำกระแสจะมีค่าเท่ากับที่แหล่งจ่าย

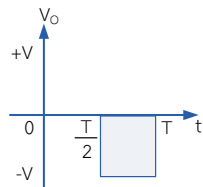
7. ข้อใดเป็นรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัวคูณแบบขนาน จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 3



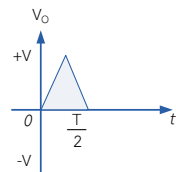
รูปที่ 2 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 7



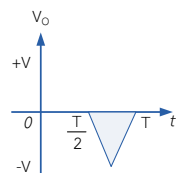
ก.



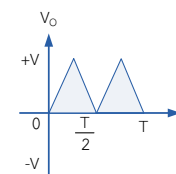
ข.



ค.



ง.



จ.

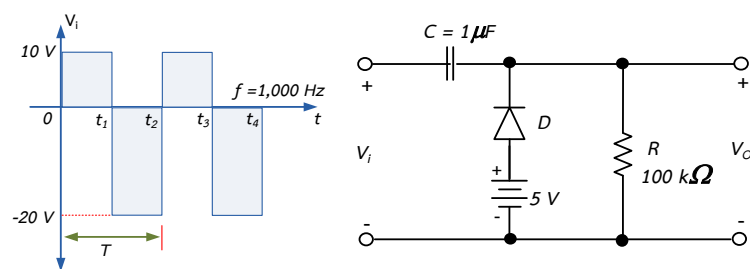
8. คุณสมบัติของไดโอดขณะที่ได้รับแรงดันไบอัสตรงตรงกับข้อใด

- ก. กระแสไหลผ่านไดโอดได้
- ข. ไม่เกิดเป็นแบตเตอรี่สมมุติ หรือดีพลีชันรีจินขึ้นที่บริเวณรอยต่อ
- ค. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็น
- ง. มีกระแสไหลที่เกิดจากพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำพีและเอ็นซึ่งมีค่าน้อยมาก
- จ. มีกระแสไหลกลับทิศทางจากเดิมและมีค่ามาก

9. การเลือกใช้งานไดโอดเพื่อให้สามารถทนแรงดันไฟตรงไบอัสกลับสูงสุดโดยไม่พัง เราจะต้องพิจารณาจากค่าใดในคู่มือใช้งานไดโอด

- ก. V_D
- ข. V_{DS}
- ค. V_F
- ง. V_R
- จ. V_{FS}

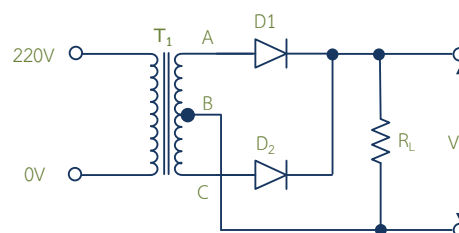
10. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 2 จงหาค่าแรงดันเอาต์พุต V_O



รูปที่ 3 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 10

- ก. 20 V
- ข. 25 V
- ค. 30 V
- ง. 35 V
- จ. 41 V

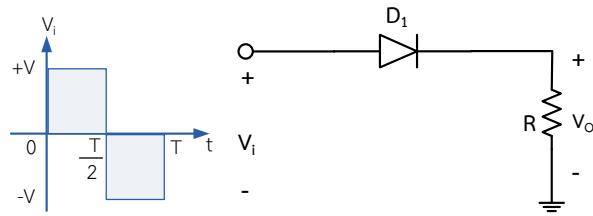
11. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบใด



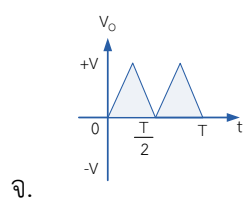
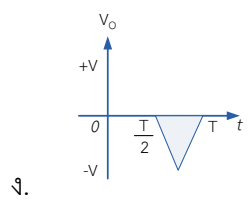
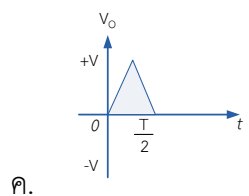
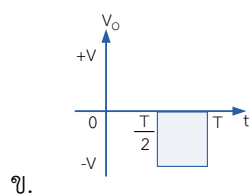
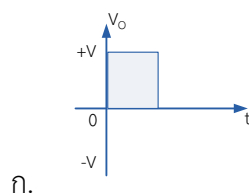
รูปที่ 4 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 11

- ก. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
- ข. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น
- ค. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์
- ง. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่ไม่มีเซนเตอร์แทป
- จ. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนเตอร์แทป

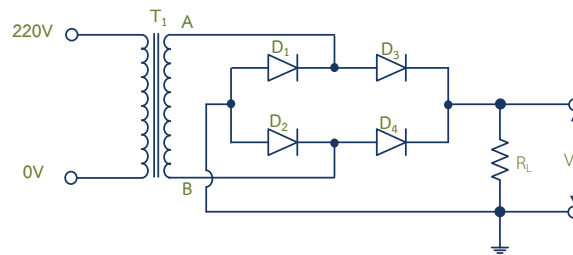
12. ข้อใดเป็นรูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรตัวคูณแบบอนุกรมจากวงจรดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 5 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 12



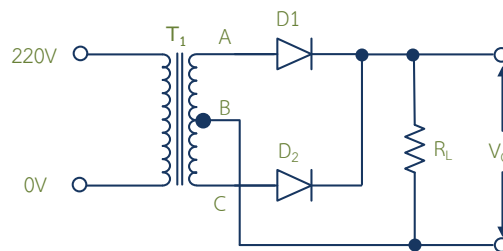
13. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 7 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบใด



รูปที่ 6 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 13

- ก. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น
- ข. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น
- ค. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบรีดจ์
- ง. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่ไม่มีเซนเตอร์แทป
- จ. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบชนิดใช้หม้อแปลงที่มีเซนเตอร์แทป

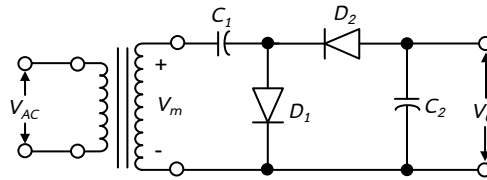
14. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 8 ถ้าป้อนแรงดันเอซีเท่ากับ $35\text{ V} - 0 - 35\text{ V}$ ค่าแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตมีค่าเท่าไร



รูปที่ 7 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 14

- ก. 15.26 V
- ข. 17.81 V
- ค. 22.26 V
- ง. 24.17 V
- จ. 26.28 V

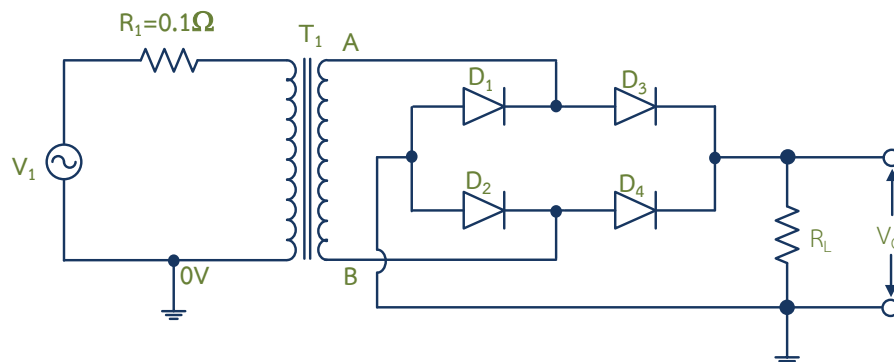
15. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจากหม้อแปลงช่วงชีกบวกเข้ามา ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง



รูปที่ 8 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 15

- ก. ไดโอด D_1 นำกระแสและ ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส
- ข. ไดโอด D_1 ไม่นำกระแสและ ไดโอด D_2 นำกระแส
- ค. ไดโอด D_1 นำกระแสและ ไดโอด D_2 นำกระแส
- ง. ไดโอด D_1 ไม่นำกระแสและ ไดโอด D_2 ไม่นำกระแส
- จ. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

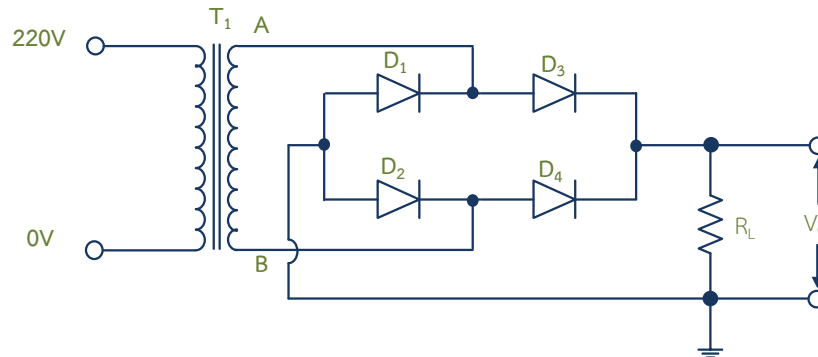
16. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 9 ถ้าป้อนแรงดันเอซีเท่ากับ $48\text{ V} - 0$ ค่าแรงดัน V_{dc} ที่เอาต์พุตมาค่าเท่าไร



รูปที่ 9 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 16

- ก. 12.72 V
- ข. 19.08 V
- ค. 30.53 V
- ง. 32.17 V
- จ. 35.26 V

17. จากวงจรดังแสดงในรูปที่ 10 กำหนดให้ตำแหน่ง A มีความต่างศักย์เป็นลบ ตำแหน่ง B มีความต่างศักย์เป็นบวก ทิศทางของกระแสจะเป็นอย่างไร



รูปที่ 10 วงจรประกอบโจทย์ข้อที่ 17

- ก. ตำแหน่ง A D_1 R_L D_3 ตำแหน่ง B
 ข. ตำแหน่ง A D_2 R_L D_3 ตำแหน่ง B
 ค. ตำแหน่ง B D_4 R_L D_1 ตำแหน่ง A
 ง. ตำแหน่ง B D_1 R_L ตำแหน่ง A
 จ. ตำแหน่ง B D_2 R_L D_3 ตำแหน่ง A
18. ถ้าเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีค่า $V_m = 200$ V ค่าเฉลี่ยแรงดันดีซีที่เอาต์พุตจะมีค่าเท่าไร
- ก. 63.66 V
 ข. 87.93 V
 ค. 96.24 V
 ง. 101.31 V
 จ. 127.22 V

บรรณานุกรม

- เจน สงสมพันธุ์. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์. ปทุมธานี : สถาบัน
อิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพมหานคร. 2552.
- นภัทร วัจนเทพพินท์. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. สกายบุ๊กส์. 2538.
- ทรงพล กาญจนชูชัย. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2556.
- ธันต์ ศรีสกุล. พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: วิดีโอ กรู๊ป. 2552.
- สุคนธ์ พุ่มศรี. การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,
2558.
- สายัณต์ ชื่นอารมณ์. วิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ:ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. 2552.
- Albert Malvino and David J. Bates. **Electronic Principles**. Seventh Edition. New
York: McGraw-Hill. 2007.
- Robert Boylestad and Louis Nashelsky. **Electronic Devices And Circuit Theory**,
Seventh Edition: New Jersey. Prentice Hall.
- http://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_1.html

	ใบงานที่ 2.1	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 3105-1003 วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย ไดโอด และวงจรใช้งาน	คาบรวม 5
ชื่อเรื่อง	วงจรตัดสัญญาณ และยกระดับสัญญาณ	จำนวนคาบ 3

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ทักษะพิสัย)

1. ต่วงจรตัดสัญญาณได้อย่างถูกต้อง
2. ต่วงจรยกระดับสัญญาณได้อย่างถูกต้อง
3. วัดและอ่านค่าสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรตัดสัญญาณได้อย่างถูกต้อง
4. วัดสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรยกระดับสัญญาณได้อย่างถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (จิตพิสัย) ที่มีการบูรณาการตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1. ความรับผิดชอบ
2. ความมีวินัย
3. การตรงต่อเวลา
4. ความมีมนุษยสัมพันธ์
5. ความรู้และทักษะวิชาชีพ
6. ความสนใจใฝ่หาความรู้
7. การพึ่งตัวเอง
8. มีความเพียร
9. รู้รักสามัคคี
10. การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

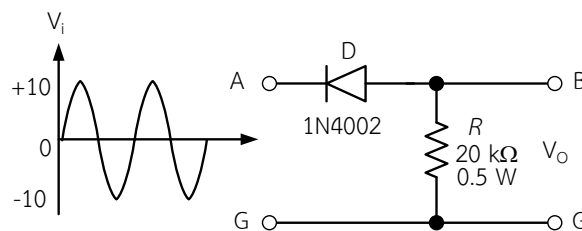
เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | |
|---|-----------|
| 1. DC Power Supply 0-30 V | 1 เครื่อง |
| 2. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ | 1 เครื่อง |
| 3. ออสซิลโลสโคปแบบ 2 เสนภาพ พร้อมสายโปรบ | 1 เครื่อง |
| 4. เครื่องกำเนิดความถี่เสียง ไซน์ - สี่เหลี่ยม | 1 เครื่อง |
| 5. ไดโอด 1N 4001 (หรือเบอร์แทน) | 2 ตัว |
| 6. ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์ 2.2 μF , 25V | 1 ตัว |
| 7. ตัวต้านทาน 20 k Ω 0.5 วัตต์ | 1 ตัว |
| 8. สวิตซ์ตัด-ต่อ | 2 ตัว |
| 9. แผงประกอบวงจร และสายต่อวงจร | 1 ชุด |

ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติใบงาน

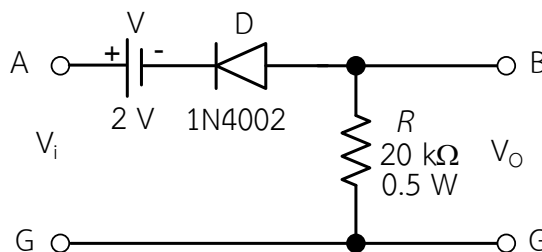
ก. วงจรตัดสัญญาณแบบอนุกรม

1. ต่อดังตามรูปที่ 2.1.1 และปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้มีความถี่ 1 kHz ขนาดแอมพลิจูด $10 V_p$ เพื่อป้อนเป็นสัญญาณอินพุตให้วงจร (V_i)



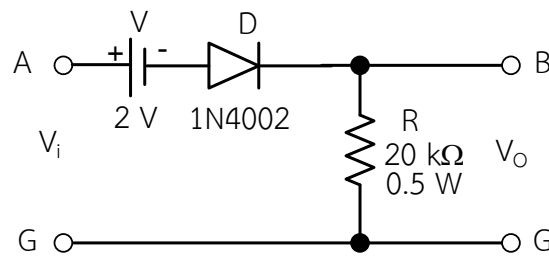
รูปที่ 2.1.1 วงจรทดลองของไดโอดทำหน้าที่ตัดสัญญาณแบบอันดับ

2. ปรับออสซิลโลสโคปให้พร้อมใช้งาน โดยปรับสวิตช์ AC-GND-DC ไปที่ตำแหน่ง DC
3. นำสายโพรบของออสซิลโลสโคปทั้ง 2 แชนแนล ไปวัดคร่อมที่ V_i และ V_o โดยใช้แชนแนลที่ 1 วัด V_i ส่วนแชนแนลที่ 2 วัด V_o วาดรูปและบันทึกค่าของสัญญาณแรงดันลงในตารางที่ 1 ทั้งของ V_i และ V_o ตามลำดับ
4. ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้แรงดัน $2 V_{DC}$ นำไปต่ออนุกรมกับไดโอด D โดยต่อดังตามรูปที่ 2.1.2



รูปที่ 2.1.2 วงจรทดลองของไดโอดมีไบอัสทำหน้าที่ตัดสัญญาณช่วงบวก

5. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาต์พุตของวงจร (V_o) ลงในตารางที่ 2.1.1
6. จากรูปที่ 2.1.2 ทำการกลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับขาคาโอดของไดโอด
7. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาต์พุต (V_o) ลงในตารางที่ 2.1.1
8. ปลดแหล่งจ่ายแรงดัน V ออกจากนั้นกลับขั้วไดโอดให้ขาคาโอดของไดโอด ต่อกับตัวต้านทาน $20 k\Omega$ ที่อยู่ทางเอาต์พุต
9. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่นและแรงดันที่ออกเอาต์พุต (V_o) ลงในตารางที่ 2.1.1



รูปที่ 2.1.3 วงจรทดลองของไดโอดมีไบอัสทำหน้าที่ตัดสัญญาณช่วงลบ

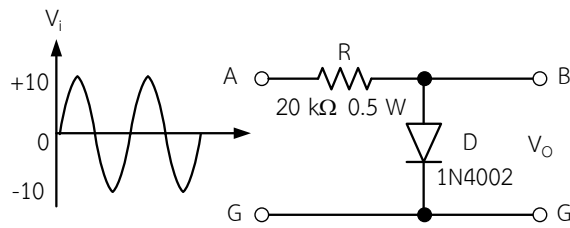
10. ต่อแหล่งจ่ายแรงดัน 2 V_{DC} อนุกรมกับไดโอดโดยต่อวงจรตามรูปที่ 2.1.3
11. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่นและแรงดันที่ออกเอาต์พุต (V_O) ลงในตารางที่ 2.1.1
12. กลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับขาคอนดของไดโอด
13. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาต์พุต (V_O) ลงในตารางที่ 2.1.1

ตารางที่ 2.1.1 บันทึกผลการทดลองข้อ 3-13

ข้อที่	จุดวัด	การต่อ	รูปคลื่น				V_{P-P}	V_P
3	A,G	อินพุต	+10					
			0					
			-10					
3	B,G	ไดโอด D ไม่นำกระแส	0					
4-5	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสตรง	2 V					
6-7	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสกลับ	2 V					
8-9	B,G	ไดโอด D ไม่มีไบอัส	0					
10-11	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสกลับ	2 V					
12-13	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสตรง	2 V					

ข. วงจรตัดสัญญาณแบบขนาน

14. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.1.4 โดยป้อนสัญญาณคลื่นไซน์ความถี่ 500 Hz ความแรง 20 V_{P-P} เป็นสัญญาณอินพุตให้วงจร (V_i)



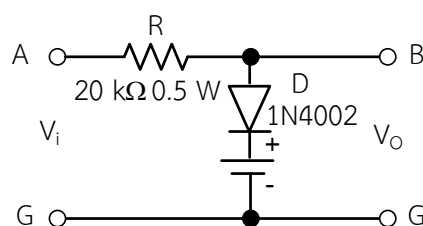
รูปที่ 2.1.4 วงจรทดลองของไดโอดทำหน้าที่ตัดสัญญาณ

15. นำออสซิลโลสโคปที่ปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว มาวัดคร่อมที่ V_i และ V_O โดยใช้แชนแนลที่ 1 วัด V_i ที่จุด A เทียบกับ G ใช้แชนแนลที่ 2 วัด V_O ที่จุด B เทียบกับ G วาดรูปสัญญาณและบันทึกค่าแรงดันของสัญญาณใน ตารางที่ 2.1.2 ทั้งของ V_i และ V_O ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1.2 บันทึกผลการทดลองข้อ 15-25

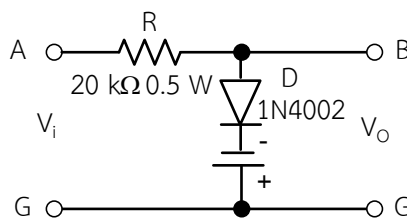
ข้อที่	จุดวัด	การต่อ	รูปคลื่น	V_{P-P}	V_P
15	A,G	อินพุต	+10		
			0		
			-10		
15	B,G	ไดโอด D ไม่มีไบอัส	0		
16-17	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสกลับ	2 V		
18-19	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสตรง	2 V		
20-21	B,G	ไดโอด D ไม่มีไบอัส	0		
22-23	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสกลับ	2 V		
24-25	B,G	ไดโอด D ได้ไบอัสตรง	2 V		

16. ต่อแหล่งจ่ายแรงดัน 2 V_{DC} อนุกรมกับไดโอด D ต่อดังรูปที่ 2.1.5



รูปที่ 2.1.5 วงจรทดลองของไดโอดมีไบอัสทำหน้าที่ตัดสัญญาณช่วงบวก

17. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่นและแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.2
18. กลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วลบป้อนให้ขา K ของไดโอด D เพียงกลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วลบต่อขา K ของไดโอด D แทน
19. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.2
20. ปลดแหล่งจ่ายแรงดัน V ออก กลับขั้วไดโอด D ให้ขา K ของไดโอด D ให้ขา K ของไดโอด D ต่อกับตัวต้านทาน R (จุด B) แทน โดยใช้วงจรตามรูปที่ 2.1.5 เพียงกลับขั้วไดโอด D
21. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.2
22. ต่อแหล่งจ่ายแรงดัน $2 V_{DC}$ อันติบกับไดโอด D โดยต่อวงจรตามรูปที่ 2.6

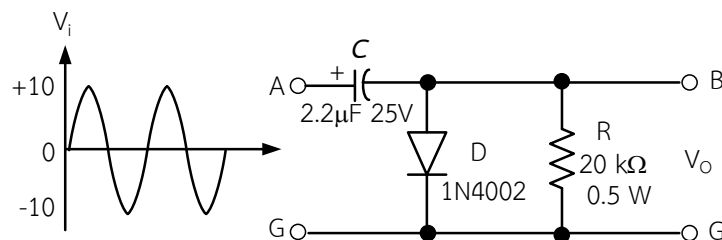


รูปที่ 2.1.6 วงจรทดลองของไดโอดมีไบอัสทำหน้าที่ตัดสัญญาณช่วงลบ

23. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่นและแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.2
24. กลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วบวกป้อนให้ขา A ของไดโอด D โดยใช้รูปที่ 2.1.6 เพียงกลับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน V ให้ขั้วบวกต่อขา A ของไดโอด D แทน
25. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่น และแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.2

ง. วงจรยกระดับสัญญาณ

26. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.1.7 โดยป้อนสัญญาณคลื่นไซน์ความถี่ 500 Hz ความแรงดัน $20 V_{p-p}$ เป็นสัญญาณอินพุตให้วงจร (V_i)



รูปที่ 2.1.7 วงจรการทดลองของไดโอดมีไบอัสทำหน้าที่ยกระดับสัญญาณ

27. นำออสซิลโลสโคปที่ปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว มาวัดครอมที่ V_i และ V_o โดยใช้แชนแนลที่ 1 วัด V_i ที่ จุด A เทียบกับ G ใช้แชนแนลที่ 2 วัด V_o ที่จุด B เทียบกับ G วาดรูปสัญญาณ และบันทึกค่าแรงดันของสัญญาณลง ในตารางที่ 2.1.3 ทั้งของ V_i และ V_o ตามลำดับ

28. กลับขั้วไดโอด D ให้ขา A ต่อที่จุด G และกลับขั้วตัวเก็บประจุ C ให้ขั้วลบของตัวเก็บประจุ B ต่อที่ จุด A โดยใช้วงจรตามรูปที่ 2.2.7 เพียงกลับขั้วไดโอด D และกลับขั้วของตัวเก็บประจุ C

29. วัดและบันทึกทั้งรูปคลื่นและแรงดันที่ออกเอาทพุตจุด B, G ลงในตารางที่ 2.1.3

ตารางที่ 2.1.3 บันทึกผลการทดลองข้อ 26-29

ข้อที่	จุดวัด	การต่อ	รูปคลื่น				V_{P-P}	V_P
26	A,G	อินพุต	+10					
			0					
			-10					
27	B,G	ไดโอด D ต่อขา K ที่จุด G						
28-29	B,G	ไดโอด D ต่อขา A ที่จุด G						

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามการทดลอง

1. อธิบายความหมายของวงจรตัดสัญญาณมาให้เข้าใจ พร้อมอธิบายการทำงานของวงจรตัดสัญญาณช่วงลบชนิดไดโอดได้รับไบอัสกลับแบบอนุกรม

.....

.....

.....

2. อธิบายความหมายของวงจรยกระดับสัญญาณมาให้เข้าใจ พร้อมอธิบายการทำงานของวงจรยกระดับแรงดันบวก

.....

.....

.....

	ใบงานที่ 2.2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 3105-1003 วิชา การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย ไดโอด และวงจรใช้งาน	คาบรวม 5
ชื่อเรื่อง	วงจรทวิแรงดัน	จำนวนคาบ 3

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ต่วงจรทวิแรงดันเพื่อทดลองได้อย่างถูกต้อง
2. วัดและอ่านค่าแรงดันในวงจรทวิแรงดันได้อย่างถูกต้อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (จิตพิสัย) ที่มีการบูรณาการตามปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

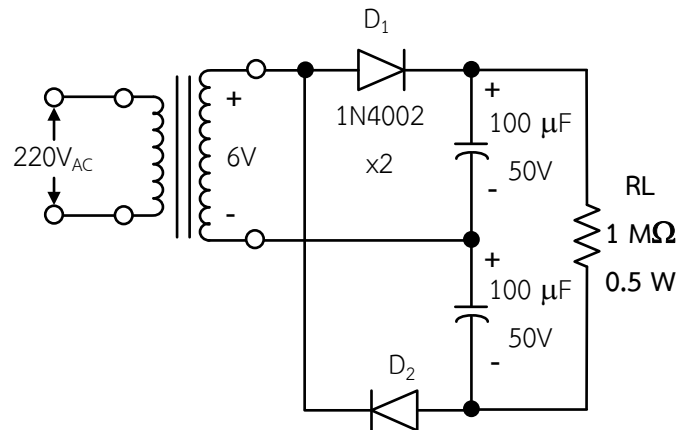
1. ความรับผิดชอบ
2. ความมีวินัย
3. การตรงต่อเวลา
4. ความมีมนุษยสัมพันธ์
5. ความรู้และทักษะวิชาชีพ
6. ความสนใจใฝ่หาความรู้
7. การพึ่งตัวเอง
8. มีความเพียร
9. รู้รักสามัคคี
10. การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

- | | | |
|--|---|---------|
| 1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ | 1 | เครื่อง |
| 2. หม้อแปลงที่มีแรงดันออก 6-0 V | 1 | ตัว |
| 3. ไดโอด 1N 4002 (หรือเบอร์แทน) | 6 | ตัว |
| 4. ตัวเก็บประจุ 100 μF , 50V | 6 | ตัว |
| 5. ตัวต้านทาน 20 M Ω 0.5 วัตต์ | 1 | ตัว |
| 6. แผงประกอบวงจรและสายต่อวงจร | 1 | ชุด |

ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติใบงาน

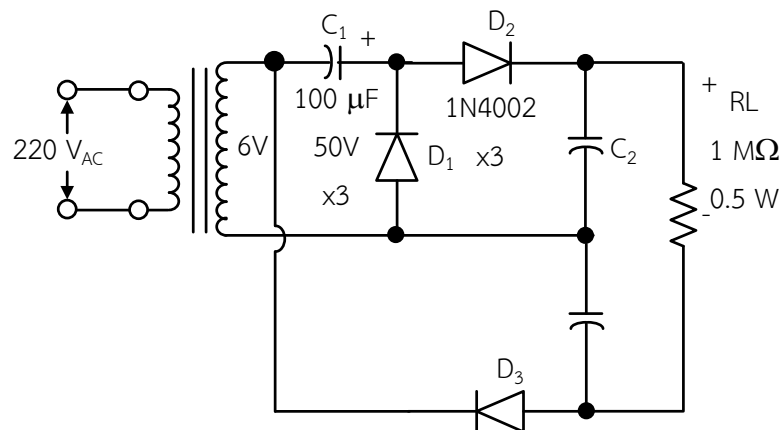
1. ต่อดังตามรูปที่ 2.2.1



รูปที่ 2.2.1 วงจรการเพิ่มแรงดันเอาต์พุต 2 เท่า

2. ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งที่ยานดิซีโวลทมิเตอร์ วัดแรงดันตกคร่อม C_1 , C_2 , R_L ทีละครั้ง บันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2.1 ของเพิ่มแรงดัน 2 เท่า

3. ต่อดังตามรูปที่ 2.2.2



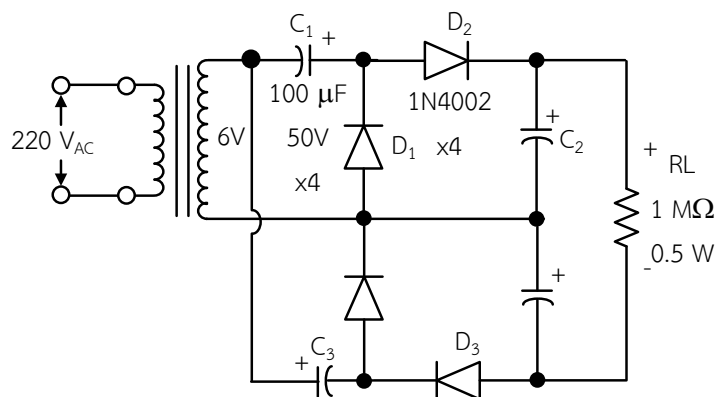
รูปที่ 2.2.2 วงจรการเพิ่มแรงดันเอาต์พุต 3 เท่า

4. ใช้ดิซีโวลทมิเตอร์ วัดแรงดันตกคร่อม C_1 , C_2 , C_3 , R_L ทีละครั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2.1 ของเพิ่ม แรงดัน 3 เท่า

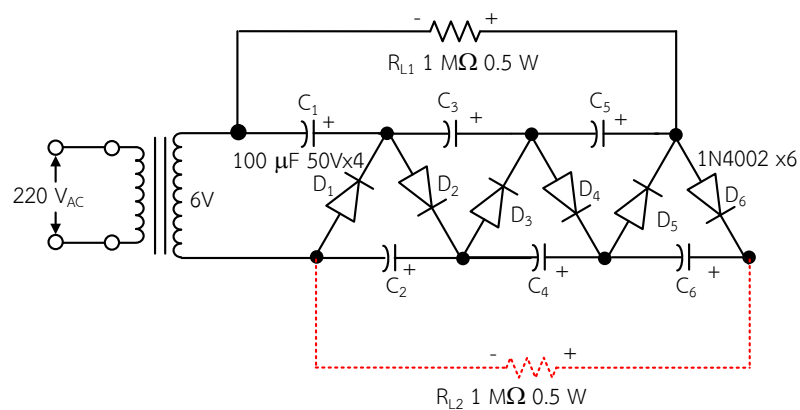
ตารางที่ 2.2.1 บันทึกผลการทดลองข้อ 2-10

อุปกรณ์ที่วัด	แรงดันที่ อ่านได้ (V)				
	เพิ่ม 2 เท้า	เพิ่ม 3 เท้า	เพิ่ม 4 เท้า	เพิ่ม 5 เท้า	เพิ่ม 6 เท้า
C_1					
C_2					
C_3					
C_4					
C_5					
C_6					
R_L					

5. ต่อยังตามรูปที่ 2.2.3



รูปที่ 2.2.3 วงจรการเพิ่มแรงดันเอาต์พุต 4 เท้า

6. ใช้ซีวีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันตกคร่อม C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , R_L ที่ละครั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2.1 ของเพิ่ม แรงดัน 4 เท้า

รูปที่ 2.2.4 วงจรทดลองการเพิ่มแรงดันออกเอาต์พุต 5 เท้า และ 6 เท้า

- 7. ต่อวงจรตามรูปที่ 2.2.4 ยังไม่ต่อ R_{L2}
- 8. ใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันตกคร่อม $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, R_{L1}$ ที่ละครั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2.1 ของเพิ่มแรงดัน 5 เทา
- 9. ปลด R_{L1} ออก และต่อ R_{L2} เข้าวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.2.4
- 10. ใช้ดีซีโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันตกคร่อม $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, R_{L2}, R_{L1}$ ที่ละครั้งบันทึกค่าลงในตารางที่ 2.2.1 ของเพิ่มแรงดัน 6 เทา

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามการทดลอง

- 1. จากรูปที่ 2.2.1 C_1, C_2 ในวงจรทำหน้าที่เป็นอะไร พร้อมอธิบายการทำงานของวงจรเพิ่มแรงดัน 2 เทา มาให้เข้าใจ
- 2. จงอธิบายการนำวงจรทวีแรงดันไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างไรบ้าง