



เอกสารประกอบการสอน
วิชางานพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์
รหัสวิชา 3105-0003

โดย

นายประหัยด์ แซ่มจ้อย

สาขางานอิเล็กทรอนิกส์

วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร

สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

หน่วยที่ 1

สารกึ่งตัวนำและไดโอด

สาระสำคัญ

สารกึ่งตัวนำคือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำกับฉนวน เมื่อนำไปเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ต้องเติมสารเจือปนลงในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้นำไฟฟ้าได้ดีขึ้น จึงได้สารกึ่งตัวนำที่เจือปนแล้วมา 2 ชนิด คือสารเอ็น (N-Type) และสารพี (P-Type)

ไดโอด คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทแอคทีฟ (Active Device) ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ โดยใช้สารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ สาร P และสาร N มาต่อกัน รอยต่อที่ชนกันจะมีสภาพเป็นฉนวน การป้อนกระแสไฟฟ้าให้สาร P และสาร N เรียกว่าไบแอส เมื่อให้ไบแอสตรง คือต่อขั้วไฟฟ้าให้ตรงกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำนั้น ทำให้ฉนวนบางลงจนกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ในทางตรงกันข้าม เมื่อไบแอสกลับจะทำให้ฉนวนกว้างขึ้นตามแรงดันไบแอส จึงมีการนำไดโอดไปใช้งานทั้งด้านไบแอสตรงและไบแอสกลับ

สาระการเรียนรู้

1. สารกึ่งตัวนำ
2. โครงสร้างของไดโอด
3. การทำงานของไดโอด
4. วงจรการทำงานของไดโอด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความแตกต่างของสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ได้ถูกต้อง
2. เขียนโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอดได้ถูกต้อง
3. อธิบายการทำงานของไดโอดได้ถูกต้อง
4. ตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
5. ประกอบวงจรเรียงกระแสได้ถูกต้อง

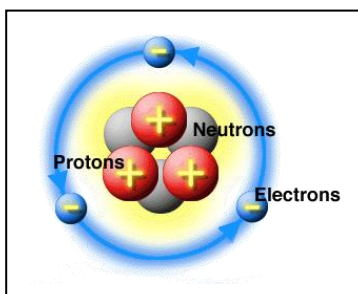
หน่วยที่ 1

สารกึ่งตัวนำและไดโอด

1.1 บทนำ

สสารประกอบด้วยโมเลกุล และโมเลกุลก็ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไปมารวมตัวกัน การรวมตัวกันนั้นอาจเป็นธาตุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ โครงสร้างอะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน 3 อนุภาค คือ โปรตอน (Proton) นิวตรอน (Neutron) และอิเล็กตรอน (Electron) โดยมีนิวเคลียส (Nucleus) เป็นแก่นกลางของอะตอม นิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอนที่มีประจุเป็นบวก และนิวตรอนที่มีประจุเป็นกลางรวมกัน ส่วนอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็นลบโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส จำนวนอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสมิหลายตัว หรือหลายชั้นวง แต่จำนวนอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุด (Valence Electrons) จะมีผลต่อประสิทธิภาพการนำไฟฟ้า สสารที่อิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุดน้อยกว่า 4 ตัว อิเล็กตรอนจะหลุดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ (Free Electron) ได้ง่ายกว่าสสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด มากกว่า 4 ตัว ดังนั้นสสารที่เป็นตัวนำไฟฟ้า (Conductor) จึงมีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดน้อยกว่าสสารที่เป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulator)

สารกึ่งตัวนำ เช่น เจอร์เมเนียม ซิลิคอน นำมาเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แทนหลอดสุญญากาศ เมื่อจะนำไปใช้งาน ต้องทำให้สารกึ่งตัวนำมีคุณสมบัตินำกระแสไฟฟ้าได้ โดยเติมสารเจือปนลงไป (Dope) ทำให้ได้สารกึ่งตัวนำที่นำกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้นมา 2 ชนิด คือสารกึ่งตัวนำที่มีคุณลักษณะทางไฟฟ้าเป็นบวก เรียกว่าสาร P และสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นลบเรียกว่าสาร N เมื่อนำสาร P และสาร N มาชนกันที่รอยต่อจะมีสภาวะเป็นฉนวน และเมื่อต่อขั้วไฟฟ้าให้ตรงคุณสมบัติของเนื้อสาร จะเปลี่ยนสภาวะฉนวนที่รอยต่อให้ลดความเป็นฉนวนลงจนนำกระแสได้ ในทางตรงข้ามเมื่อต่อขั้วไฟฟ้าให้ตรงข้ามกับคุณสมบัติของเนื้อสารที่รอยต่อจะเป็นฉนวนมากขึ้น จึงเรียกอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดที่นำมาชนต่อกันนี้ว่าไดโอด



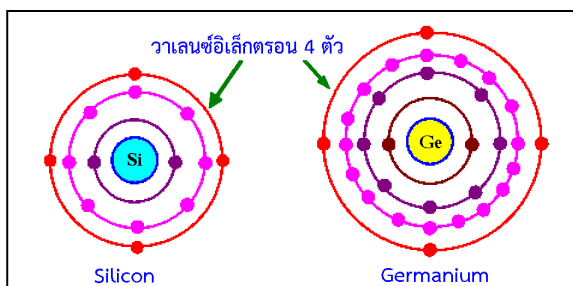
ภาพที่ 1.1 อะตอม

<http://www.geocities.ws/phaitoon2501/lesson1/l12.html>

สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2557

1.2 สารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) หมายถึง สารที่มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง ตัวนำกับฉนวน โดยมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence Electrons) จำนวน 4 ตัว สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ที่นิยมนำไปทำเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็คือ เจอร์เมเนียม และซิลิคอน

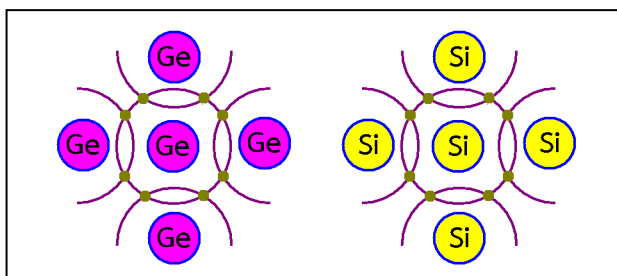


ภาพที่ 1.2 วงโคจรของอิเล็กตรอน

เจอร์เมเนียม (Germanium : Ge) เป็นธาตุกึ่งโลหะที่มีเลขอะตอม 32 มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดจำนวน 4 ตัว มีคุณสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะ และอโลหะ แต่เมื่อนำมาใช้งานมักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการรั่วไหลของกระแส (Leakage Current)

ซิลิคอน (Silicon : Si) เป็นธาตุกึ่งโลหะที่มีเลขอะตอม 14 มีอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุดจำนวน 4 ตัวเป็นธาตุที่มีอยู่มากมายในโลก ใช้เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตแก้ว ซีเมนต์ เซรามิก ธาตุซิลิคอนจึงถูกนำมาใช้เป็นสารกึ่งตัวนำอย่างแพร่หลาย

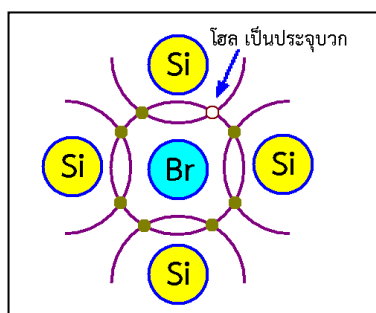
อะตอมของธาตุเจอร์เมเนียม หรือธาตุซิลิคอนจะจับกันเป็นผลึกในรูปของพันธะโควาเลนต์ (Covalence Bond) เพื่อให้อะตอมอยู่ในสภาพเสถียร ต้องใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกับอะตอมข้างเคียงอีก 4 อะตอม จึงจะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตัว



ภาพที่ 1.3 พันธะโควาเลนต์ของเจอร์เมเนียมและซิลิคอน

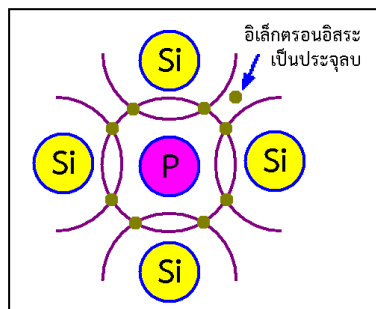
สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ หมายถึง การเติมสารเจือปนลงในธาตุที่บริสุทธิ์ เช่น เมื่อเติมสารเจือปนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุด 3 ตัวลงไปจะได้สารกึ่งตัวนำชนิด P และเมื่อเติมสารเจือปนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุด 5 ตัวลงไปจะได้สารกึ่งตัวนำชนิด N สารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุด 3 ตัว ได้แก่ โบรอน อินเดียม แกลเลียม และอะลูมิเนียม ส่วนสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนชั้นวงนอกสุด 5 ตัว ได้แก่ ฟอสฟอรัส อาเซนิก เป็นต้น

1.2.1 สารกึ่งตัวนำชนิด P (P-Type Semiconductor) เกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว เช่น โบรอน อินเดียม แกลเลียม อย่างไม่อย่างหนึ่งลงไป ในธาตุซิลิคอน หรือธาตุเจอร์เมเนียม ทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ครบ 8 ตัว เมื่อรวมตัวกันทำให้อะตอมขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว เพราะสารเจือปนมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว จึงเท่ากับมีอิเล็กตรอนเพียง 7 ตัว ทำให้เกิดช่องว่างขึ้น เรียกช่องว่างหรือส่วนที่ขาดอิเล็กตรอนว่า โฮล (Hole) ซึ่งแปลว่าหลุม โฮลจะแสดงประจุบวกออกมา จึงเรียกโฮลว่าเป็นพาหะข้างมาก (Majority Carrier) และเรียกอิเล็กตรอนว่าเป็นพาหะข้างน้อย (Minority Carrier)



ภาพที่ 1.4 การเกิดโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิด P

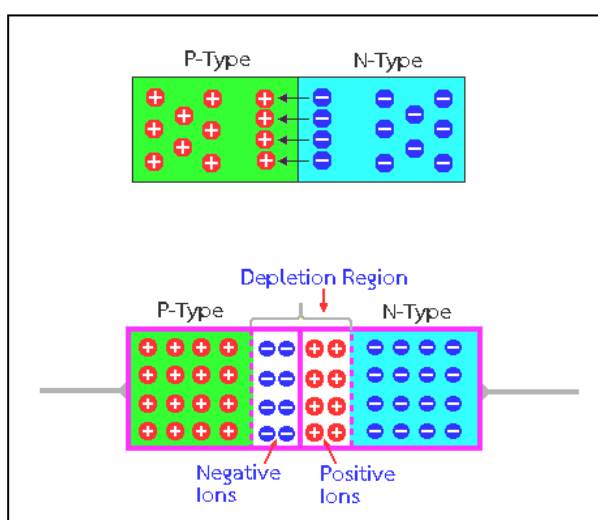
1.2.2 สารกึ่งตัวนำชนิด N (N-Type Semiconductor) เกิดจากการเติมสารเจือปนที่มีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว เช่น ฟอสฟอรัส อาเซนิก อย่างไม่อย่างหนึ่งลงไป จะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ได้ครบ 8 ตัว ผลจากการรวมตัวกันนี้ทำให้เหลืออิเล็กตรอน 1 ตัว เพราะสารเจือปนมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว จึงมีอิเล็กตรอนรวมเป็น 9 ตัว เรียกอิเล็กตรอนที่อยู่นอกวงโคจรจำนวน 1 ตัวว่าอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งจะแสดงประจุลบออกมา จึงเรียกอิเล็กตรอนว่าเป็นพาหะข้างมาก และเรียกโฮลว่าเป็นพาหะข้างน้อย



ภาพที่ 1.5 การเกิดอิเล็กตรอนอิสระของสารกึ่งตัวนำชนิด N

1.3 รอยต่อ P-N

เมื่อนำผลึกของสารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P มาต่อกัน เรียกว่ารอยต่อ P-N (P-N Junctions) บริเวณรอยต่อจะมีสภาพเป็นฉนวน โดยที่อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อเข้าไปรวมตัวกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิด P ทำให้บริเวณรอยต่อปลอดพาหะจึงเป็นฉนวนไฟฟ้า หรือ ดีพลีชันริจัน (Depletion Region) สภาพความเป็นฉนวนไฟฟ้าจะลดลงได้เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าขั้วบวกที่สาร P และแรงดันไฟฟ้าขั้วลบที่สาร N แต่ในทางตรงข้ามเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกที่สาร N และขั้วลบที่สาร P ฉนวนจะกว้างขึ้น เมื่อเพิ่มแรงดันขึ้นเรื่อยๆ จนถึงแรงดันพังทลาย (Breakdown Voltage) กระแสจะรั่วผ่านรอยต่อที่อยู่ในสภาวะฉนวนได้ เมื่อกระแสรั่วมีปริมาณมากทำให้รอยต่อร้อน และได้โอตชำระุด



ภาพที่ 1.6 โครงสร้างรอยต่อ P-N

1.4 ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยนำสาร P และสาร N มาต่อชนกัน เมื่อให้ไบแอสตรง (Forward Bias) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ และเมื่อให้ไบแอสกลับ (Reverse Bias) กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดไม่ได้ ดังนั้นอัตราทอนแรงดันของไดโอดจึงหมายถึง อัตราทอนแรงดันไฟฟ้าเมื่อไบแอสกลับ (Reverse Bias) และปริมาณกระแสของไดโอด หมายถึง ปริมาณกระแสที่ไหลผ่านรอยต่ออย่างต่อเนื่อง เมื่อให้ไบแอสตรง



ภาพที่ 1.7 ไดโอด

สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2557

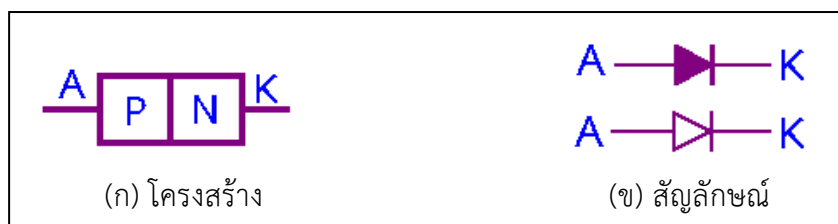
ไดโอดมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการผลิตมาใช้งาน มีทั้งใช้งานด้านไบแอสตรงและไบแอสกลับ เช่น

1. ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier Diode) ใช้เรียงกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง
2. ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) ให้แสงสว่างได้เมื่อได้รับไบแอสตรง
3. ซอตต์กีไดโอด (Schottky Diode) เป็นไดโอดที่มีความเร็วในการเป็นสวิตช์สูงมาก และมีแรงดันตกคร่อมด้านไบแอสตรง ต่ำกว่าไดโอดทั่วไป
4. ไดโอดที่มีช่วงกลับคืนตัวเร็ว (Fast Recovery Diode) ใช้กับวงจรจ่ายไฟแบบสวิตชิง
5. ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดใช้งานด้านไบแอสกลับ ใช้แรงดันตกคร่อมด้านไบแอสกลับ ตามค่าแรงดันเฉพาะตัวของไดโอดเบอร์นั้น ใช้ในงานควบคุมแรงดัน เช่น วงจรควบคุมแรงดัน (Regulator Circuit)
6. วาแรกเตอร์ หรือวาริแคปไดโอด (Varactor or Varicap Diode) ใช้คุณสมบัติที่เป็นตัวเก็บประจุเมื่อให้ไบแอสกลับ ใช้กับวงจรเลือกความถี่ในวิทยุโทรทัศน์
7. โฟโตไดโอด (Photo Diode) เป็นไดโอดที่ใช้พลังงานแสงทำให้มีกระแสรั่วด้านไบแอสกลับ ปริมาณกระแสเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสง ใช้เป็นตัวรับสัญญาณควบคุมด้วยแสง

1.5 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

ไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N และ P มาต่อกัน ซึ่งจุดที่สารกึ่งตัวนำสัมผัสกัน เรียกว่า รอยต่อ (Junction) อิเล็กตรอนอิสระที่มีอยู่มากในสารตัวนำชนิด N เคลื่อนที่ข้ามไปรวมกับโฮลในสาร P จากปรากฏการณ์นี้จึงทำให้พื้นที่รอยต่อเรียกว่า ดิพลีชันริจิ้น (Depletion Region) ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นของรอยต่อที่เป็นฉนวนแล้ว ก็จะทำให้ไม่มีการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลข้ามรอยต่ออีก เนื่องจากประจุไฟฟ้าลบที่รวมตัวในดิพลีชันริจิ้นจะผลักอิเล็กตรอนอิสระจากสาร N ไม่ให้เข้ามารวม จากปฏิกิริยานี้จะเป็นการป้องกันไม่ให้ Depletion Region ขยายกว้างออกไปอีก

ขาที่ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด P คือขาแอนโนดใช้ตัวย่อ A และขาที่ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด N คือ ขาแคโทด ใช้ตัวย่อ K สัญลักษณ์ของไดโอดจะมีหัวลูกศรซึ่งแสดงทิศทางการไหลของกระแสโฮล จากขาแอนโนดไปสู่ขาแคโทด ตามทิศทางของลูกศร

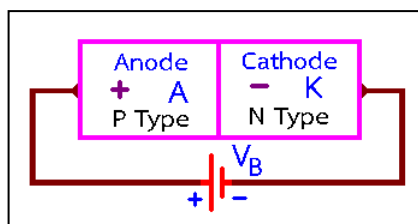


ภาพที่ 1.8 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

1.6 การจัดแรงดันไบแอสให้ไดโอด

การจัดแรงดันไบแอสให้ไดโอด คือการจ่ายไฟฟ้าให้กับรอยต่อ P-N เพื่อกระตุ้นให้สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนแปลงสภาพภายใน การไบแอสมี 2 ลักษณะคือ ไบแอสตรง (Forward Bias) และไบแอสกลับ (Reverse Bias)

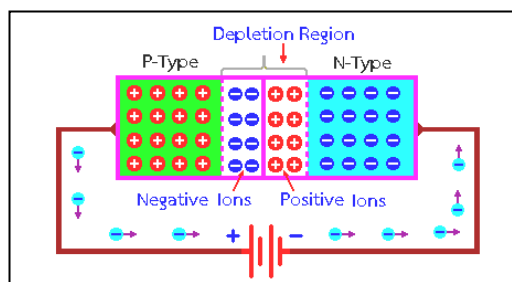
1.6.1 ไบแอสตรง หมายถึง การต่อขั้วบวกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้สารกึ่งตัวนำชนิด P หรือขั้วแอนโนด และต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้สารกึ่งตัวนำชนิด N หรือขั้วแคโทด เมื่อให้ไบแอสตรงสถานะดิพลีชันริจิ้นจะลดลง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อได้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านบริเวณรอยต่อ จะมีแรงดันตกคร่อม สำหรับสารกึ่งตัวนำทำมาจากซิลิคอนจะมีแรงดันตกคร่อม 0.6 - 0.7 โวลต์ และสารกึ่งตัวนำที่ทำจากเจอร์เมเนียมจะมีแรงดันตกคร่อม 0.2 - 0.3 โวลต์ ซึ่งต่างจากตัวต้านทานที่ปริมาณแรงดันตกคร่อมแปรตามปริมาณกระแส แต่แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรงมีค่าไม่ถึง 1 โวลต์



ภาพที่ 1.9 การไบแอสตรงให้กับรอยต่อ P-N

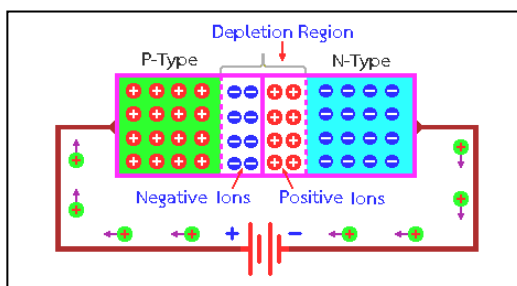
การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านรอยต่อ P-N เรียกได้ 2 อย่าง คือกระแสอิเล็กตรอน (Electron Current) และกระแสนิยม (Conventional Current)

กระแสอิเล็กตรอน เป็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน จากขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า V_B ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด N และผลักอิเล็กตรอนอิสระซึ่งเป็นพาหะข้างมาก ให้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด P ไปยังขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ทำให้ได้เป็นกระแสอิเล็กตรอน



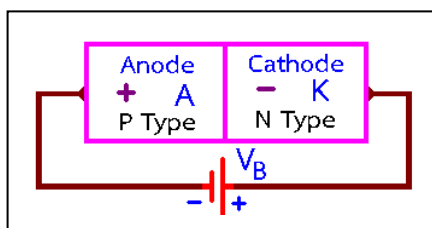
ภาพที่ 1.10 ทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอน

กระแสนิยม เป็นการเคลื่อนที่ของโฮล จากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด P และผลักโฮลซึ่งเป็นพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำชนิด P ให้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อผ่านสารกึ่งตัวนำชนิด N เกิดเป็นกระแสโฮล พิจารณาจากทิศทางการเคลื่อนที่ที่จะเคลื่อนจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ เมื่อกล่าวถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า จะกล่าวถึงการเคลื่อนที่จากขั้วบวกซึ่งมีศักย์สูงกว่าไปยังขั้วลบซึ่งมีศักย์ต่ำกว่า มากกว่าการกล่าวถึงกระแสอิเล็กตรอน จึงเรียกว่า กระแสนิยม



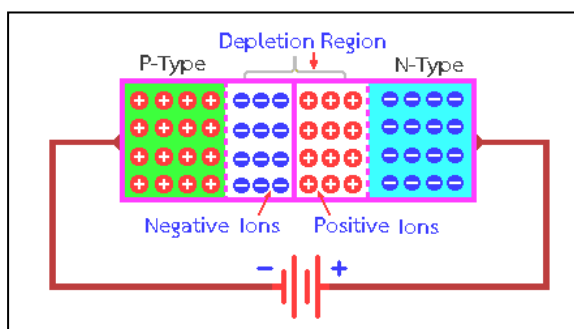
ภาพที่ 1.11 ทิศทางการไหลของกระแสนิยม

1.6.2 ไบแอสกลับ หมายถึง การต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด P หรือแอนโนด และต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด N หรือแคโทด เมื่อรอยต่อ P-N ได้รับไบแอสกลับบริเวณดีพลีชันริจิ้นจะกว้างขึ้น



ภาพที่ 1.12 การจ่ายไบแอสกลับให้กับรอยต่อ P-N

เมื่อรอยต่อ P-N ได้รับไบแอสกลับ อิเล็กตรอนอิสระในสาร N จะถูกขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟดึงไป และอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายไฟจะไหลเข้าไปรวมตัวกับโฮลที่สาร P ทำให้บริเวณปลอดพาหะกว้างขึ้น จึงไม่มีกระแสไหลข้ามรอยต่อ P-N เมื่อได้รับไบแอสกลับ

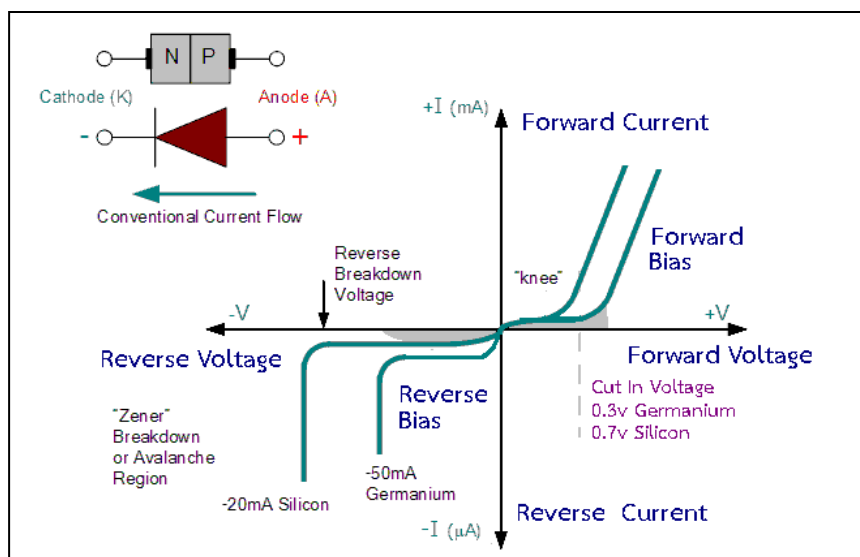


ภาพที่ 1.13 รอยต่อ P-N เมื่อได้รับไบแอสกลับ

กระแสรั่วไหลเมื่อไบแอสกลับ (Leakage Current) ปริมาณกระแสรั่วไหลขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอนมีค่ากระแสรั่วไหลน้อย ส่วนเจอร์เมเนียมมีค่ากระแสรั่วไหลมาก และค่ากระแสรั่วไหลนี้ยังขึ้นอยู่กับค่าแรงดันไบแอสกลับที่จ่ายให้ไดโอด เมื่อแรงดันไบแอสกลับมีค่ามาก กระแสจะรั่วไหลมาก ถ้าจ่ายแรงดันไบแอสกลับมีค่าน้อยกระแสรั่วไหลน้อย

1.7 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอด

คุณลักษณะทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ การจ่ายแรงดันไบแอสให้ตัวไดโอด แบ่งเป็น 2 สภาวะคือ ไบแอสตรง และไบแอสกลับ เมื่อได้รับไบแอสตรงจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดได้ (Forward Current) แต่ปริมาณแรงดันต้องสูงกว่าค่าแรงดันเริ่มต้น คือ ไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมจะมีแรงดัน 0.3 โวลต์ และ ไดโอดชนิดซิลิคอนจะมีแรงดัน 0.7 โวลต์ เรียกว่าค่าแรงดันคัตอิน (Cut In Voltage) ในทางตรงกันข้าม เมื่อจ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ไดโอด จะไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด แต่อาจจะมีกระแสรั่วเพียงเล็กน้อย ในหน่วยไมโครแอมป์ เมื่อเพิ่มแรงดันไบแอสกลับให้สูงจนถึงค่าแรงดันพังทลาย (Breakdown-Voltage) จะทำให้มีกระแสรั่วไหลผ่านไดโอดได้ การนำกระแสในสภาวะนี้รอยต่อ P-N จะชำรุดเสียหาย และมี กระแสไหลผ่านรอยต่อ P-N จำนวนมาก



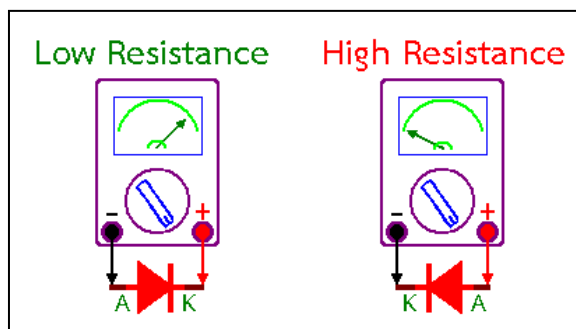
ภาพที่ 1.14 กราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอด

http://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_3.html

สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2557

1.8 การทดสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์

วัดทดสอบโดยใช้มัลติมิเตอร์ชนิดเข็ม ก่อนทำการวัดต้องทราบโครงสร้างของมัลติมิเตอร์ เมื่อใช้วัดค่าความต้านทาน เช่น มัลติมิเตอร์ซันวา (Sanwa) เมื่อตั้งย่านวัดโอห์มจะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ภายใน ขั้วบวกของแบตเตอรี่ภายในผ่านออกทางสายขั้วลบของมัลติมิเตอร์ และขั้วลบของแบตเตอรี่ภายในผ่านออกทางสายขั้วบวกของมัลติมิเตอร์ เมื่อวัดไดโอดด้านไบแอสตรงให้ตั้งย่านวัด $R \times 1$ หรือ $R \times 10$ ใช้สายดำต่อที่ขาแอนโนด และสายสีแดงต่อที่ขาแคโทด เมื่อวัดซิลิคอนไดโอดเข็มมิเตอร์จะชี้ที่ค่าความต้านทานต่ำประมาณ 70Ω ส่วนในการวัดด้านไบแอสกลับให้ตั้งมัลติมิเตอร์ที่ย่านวัด $R \times 10 k$ เพื่อวัดค่ากระแสรั่วไหล โดยสายของมัลติมิเตอร์ต่อกับขาไดโอดสลับขั้วจากการวัดครั้งแรก จะเห็นว่าเข็มของมัลติมิเตอร์จะไม่ขึ้น คือชี้ที่ค่าความต้านทานสูงมาก (Infinity)



ภาพที่ 1.15 การวัดและทดสอบไดโอดด้วยมัลติมิเตอร์แบบเข็ม

แสดงความหมายจากการวัดไดโอดที่ชำรุด ด้วยมัลติมิเตอร์แบบเข็ม มีความหมายดังนี้

1. ไดโอดขาด หมายถึง รอยต่อ P-N ขาดจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดไม่ได้ จะวัดค่าความต้านทานได้สูงทั้งในกรณีไบแอสตรงและไบแอสกลับ
2. ไดโอดลัดวงจร หมายถึง รอยต่อระหว่างสารกึ่งตัวนำ P-N เกิดการพังทลายเข้าหากัน ไดโอดจะนำกระแสได้ทั้งแบบไบแอสตรงและไบแอสกลับ จะวัดค่าความต้านทานได้ต่ำทั้งในกรณีไบแอสตรงและไบแอสกลับ
3. ไดโอดรั่ว หมายถึง มีกระแสผ่านไดโอดด้านไบแอสกลับ เมื่อวัดไดโอดด้านไบแอสกลับให้ตั้งย่านวัดโอห์มมิเตอร์สูงสุด เช่น $R \times 10 k$ ในกรณีที่เป็ซิลิคอนไดโอดสภาพดี เข็มของโอห์มมิเตอร์จะไม่ขึ้น หากเห็นว่าเข็มมิเตอร์กระดิกเล็กน้อยแสดงว่าซิลิคอนไดโอดรั่ว

1.9 คู่มือการใช้งานไดโอด

การนำไดโอดมาใช้งาน จะต้องทราบข้อมูลรายละเอียดของไดโอดแต่ละเบอร์จากคู่มือการใช้งาน (Data Sheet) ในคู่มือจะบอกชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ ประเภทของสารกึ่งตัวนำที่ผลิต คุณสมบัติเฉพาะของไดโอดแต่ละเบอร์ ค่าสูงสุด เช่น แรงดันไบแอสกลับ กระแสที่ไหลผ่านเมื่อไบแอสตรง อุณหภูมิในการใช้งาน และคุณสมบัติทางไฟฟ้าตามตัวอย่าง คู่มือไดโอดเบอร์ 1N4001 - 1N4007 และคู่มือไดโอดเบอร์ 1N5400 - 1N5408



1N4001 - 1N4007

1.0A RECTIFIER

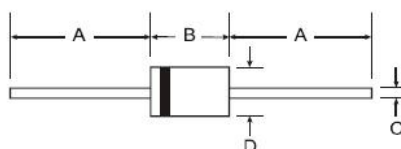
[Please click here to visit our online spice models database.](#)

Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 30A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Lead Free Finish, RoHS Compliant (Note 3)

Mechanical Data

- Case: DO-41
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020D
- Terminals: Finish - Bright Tin. Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Mounting Position: Any
- Ordering Information: See Page 2
- Marking: Type Number
- Weight: 0.30 grams (approximate)



Dim	DO-41 Plastic	
	Min	Max
A	25.40	—
B	4.06	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @T_A = 25°C unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Working Peak Reverse Voltage	V _{RWM}								
DC Blocking Voltage	V _R								
RMS Reverse Voltage	V _{R(RMS)}	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ T _A = 75°C	I _O				1.0				A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load	I _{FSM}				30				A
Forward Voltage @ I _F = 1.0A	V _{FM}				1.0				V
Peak Reverse Current @T _A = 25°C	I _{RM}				5.0				μA
at Rated DC Blocking Voltage @ T _A = 100°C					50				
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C _J	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	R _{θJA}				100				K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T _A				+150				°C
Operating and Storage Temperature Range	T _J , T _{STG}				-65 to +150				°C

Notes: 1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
2. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
3. EU Directive 2002/95/EC (RoHS). All applicable RoHS exemptions applied, see EU Directive 2002/95/EC Annex Notes.

ภาพที่ 1.16 คู่มือไดโอดเบอร์ 1N4001 - 1N4007

ที่มา <http://www.diodes.com>

สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2557



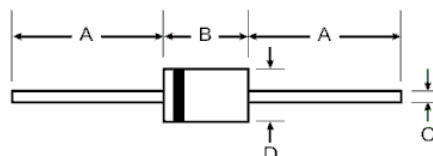
1N5400 - 1N5408

3.0A RECTIFIER

SPIICE MODELS: 1N5400 1N5401 1N5402 1N5404
1N5406 1N5407 1N5408

Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 200A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Plastic Material: UL Flammability Classification Rating 94V-0



Mechanical Data

- Case: Molded Plastic
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 1.1 grams (approx.)
- Mounting Position: Any
- Marking: Type Number

DO-201AD		
Dim	Min	Max
A	25.40	—
B	7.20	9.50
C	1.20	1.30
D	4.80	5.30
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N 5400	1N 5401	1N 5402	1N 5404	1N 5406	1N 5407	1N 5408	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}								
DC Blocking Voltage	V_R								
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current @ $T_A = 105^\circ\text{C}$ (Note 1)	I_O				3.0				A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}				200				A
Forward Voltage @ $I_F = 3.0\text{A}$	V_{FM}				1.0				V
Peak Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 150^\circ\text{C}$	I_{RM}				10 100				μA
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	50			25				pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$				15				K/W
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}				-65 to +150				$^\circ\text{C}$

ภาพที่ 1.17 คู่มือไดโอดเบอร์ 1N5400 - 1N5408

ที่มา <http://www.diodes.com>

สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2557

จากคู่มือไดโอดเบอร์ 1N4001 – 1N4007 เป็นซิลิคอนไดโอดที่ทนกระแสไบแอสตรงได้ 1 A และไดโอดเบอร์ 1N5401 – 1N5407 เป็นซิลิคอนไดโอดที่ทนกระแสไบแอสตรงได้ 3 A ส่วนอัตราทนแรงดันไบแอสกลับมีตั้งแต่ 50 V ถึง 1,000 V ตามลำดับ คู่มือได้บอกข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะ เช่น เป็นไดโอดที่มีกระแสรั่วต่ำ เมื่อให้กระแสไบแอสตรงจะมีแรงดันตกคร่อมต่ำ ทนต่ออุณหภูมิในการบัดกรีได้สูง ค่าพิกัดที่สำคัญอื่น ๆ มีรายละเอียด ดังนี้

V_{RRM} คือ ค่าแรงดันไบแอสกลับสูงสุดที่เกิดทุกไซเคิลของไฟฟ้ากระแสสลับ (Maximum Peak Repetitive Reverse Voltage) หรือค่า PIV ที่ไดโอดทำงานได้โดยไม่ชำรุด เช่น ไดโอดเบอร์ 1N4001 คือ 50 V และ 1N4007 คือ 1 kV ส่วนเบอร์ 1N5400 คือ 50 V และ 1N5408 คือ 1 kV

V_R คือ ค่าแรงดันไบแอสกลับสูงสุดที่ไดโอดทนได้โดยไม่ได้รับความเสียหาย

$V_{R(RMS)}$ คือ ค่าแรงดันไบแอสกลับสูงสุดแบบ RMS ที่ไดโอดได้รับและทำงานได้ ซึ่งต่ำกว่าค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด ประมาณ 30%

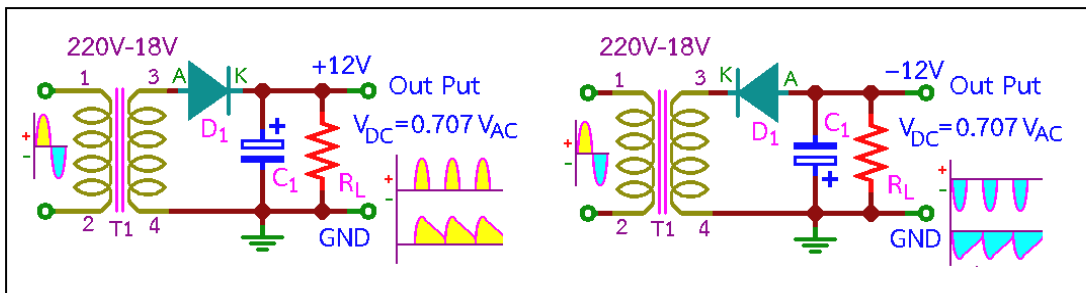
I_O คือ ค่ากระแสเฉลี่ยกระแสสูงสุดที่ไหลผ่านไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง

I_{FSM} คือ ค่ากระแสชั่วขณะสูงสุดไม่เกิน 8.3 มิลลิวินาที ทางด้านไบแอสตรง ซึ่งไดโอดทนได้โดยไม่ได้รับความเสียหาย

1.10 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแส (Rectifier) เป็นวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit) และ วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit) ค่าแรงดันเมื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเป็นค่าแรงดันเฉลี่ย (Average value : VAV) ได้จากการนำรูปคลื่นไซน์มาเฉลี่ยเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage : VM)

1.10.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit) ใช้ไดโอดตัวเดียวทำหน้าที่กั้นแรงดันไฟสลับโดยยอมให้พัลส์ (Pulse) ในช่วงไบแอสตรงผ่านไดโอดไปได้ และตัดพัลส์ในช่วงที่เป็นไบแอสกลับ ทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตเป็นช่วง ๆ จะเป็นพัลส์ช่วงบวกหรือช่วงลบ ขึ้นอยู่กับการจัดวงจรไดโอด พลังงานจึงหายไปครึ่งหนึ่ง และไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากวงจรมีแนวโน้มไปใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่ได้ เพราะเป็นไฟตรงที่มีพลังงานเป็นช่วง ๆ จึงต้องมีวงจรกรอง (Filter Circuit) โดยใช้ตัวเก็บประจุ เก็บประจุไว้ในช่วงที่มีกระแสผ่านได้ และคายประจุในช่วงที่ไม่มีกระแสไหลผ่าน ทำให้ได้ไฟตรงที่เรียบขึ้น วงจรเรียงกระแสแบบนี้จ่ายกระแสไฟได้น้อยจึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับวงจรที่ต้องการแรงดันสูง กระแสต่ำ



ภาพที่ 1.18 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

การทำงานของวงจร เมื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าทางขดปฐมภูมิ (Primary) คือขา 1 และขา 2 หม้อแปลงจะเหนี่ยวนำกระแสไปยังขดทุติยภูมิ (Secondary) คือขา 3 และขา 4 เฟสของสัญญาณเข้า กับเฟสของสัญญาณออก จะต่างกันอยู่ 180 องศา เมื่อขา 1 ได้รับเฟสลบขา 2 เป็นเฟสบวก ทำให้ขา 3 เป็นเฟสบวก ขาแอนอด (A) ของไดโอดได้รับแรงดันซีกบวก ขาแคโทด (K) ก็จะได้รับแรงดันซีกลบ เป็นผลให้ไดโอดได้รับไบแอสตรง ไดโอดนำกระแส มีกระแสไหลผ่านโหลด (Load) ครบวงจรที่ขา 4 มีแรงดันซีกบวกตกคร่อมที่โหลด (R_L) วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นยังจัดวงจรเป็นครึ่งคลื่นลบได้ ด้วยการกลับขั้วไดโอด และกลับขั้วตัวเก็บประจุ ซึ่งวงจรครึ่งคลื่นลบก็ได้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟลบ การใช้วงจรเรียงกระแสแบบนี้ จะได้ไฟกระแสตรงออกมาในลักษณะพัลส์ครึ่งคลื่นเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบแรงดันอินพุตกับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะเห็นว่าประสิทธิภาพต่ำ คือประมาณร้อยละ 40 จะได้กระแสออกมาที่เอาต์พุตเพียงช่วงบวก หรือลบของไฟสลับเท่านั้น แรงดันไฟตรงเฉลี่ยคำนวณหาได้จากสมการ

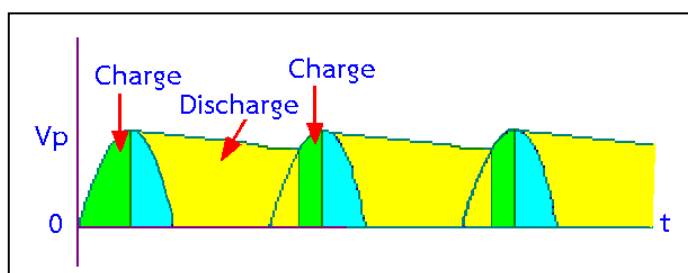
สมการแสดงค่าแรงดัน ค่าแรงดันเฉลี่ยคำนวณได้จากสมการ

$$V_{out} = 0.318V_{in}$$

เมื่อ V_{out} คือ ค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ตกคร่อม R_L

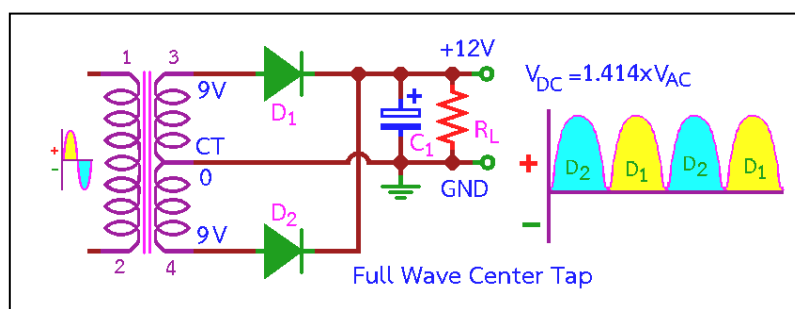
V_{in} คือ ค่าแรงดันสูงสุดของรูปคลื่นที่ ขดทุติยภูมิของหม้อแปลง

แต่แรงดันไฟตรงที่ได้ยังไม่เรียบ จะมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse D.C.) การนำไปใช้งานจะต้องทำไฟกระแสตรงให้เรียบ (Filter) โดยใช้ตัวเก็บประจุทำให้แรงดันที่ได้เรียบขึ้น ตัวเก็บประจุฟิลเตอร์จะเก็บประจุในช่วงที่พัลส์ DC มีค่าแรงดันเพิ่มสูงขึ้น และจะคายประจุในช่วงที่พัลส์ที่มีค่าแรงดันลดลง หรือไม่มีพัลส์ จะเป็นไปในลักษณะเช่นนี้ต่อไป หากตัวเก็บประจุมีค่ามากแรงดันไฟตรงที่ได้ก็จะเรียบขึ้น แต่หากตัวเก็บประจุมีค่ามากเกินไป เมื่อเริ่มจ่ายไฟ ในขณะที่ตัวเก็บประจุไม่มีประจุ จะมีกระแสจำนวนมาก ไหลกระชอกเข้าตัวเก็บประจุ อาจทำให้ไดโอดชำรุดได้



ภาพที่ 1.19 แสดงรูปคลื่นแบบครึ่งคลื่นเมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

1.10.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit) วงจรจะให้ไฟฟ้ากระแสสลับผ่านได้ทั้งช่วงบวก และช่วงลบ โดยใช้ไดโอด 2 ตัว ร่วมกับหม้อแปลงแบบที่มีขากกลาง (Center Tap : CT) หม้อแปลงทำหน้าที่จัดเฟสให้ต่างกัน 180 องศา ขากกลางของหม้อแปลง คือขาที่เป็นจุดกึ่งกลางของการพันขดลวด (CT) ตามภาพที่ 1.20 เมื่อวัดแรงดันที่ปลายขดลวดระหว่างขา 3 กับขา 4 จะได้แรงดัน 18 V

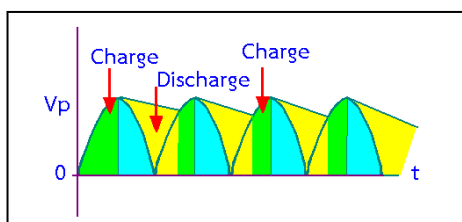


ภาพที่ 1.20 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีขากกลาง (CT)

การทำงานของวงจร เมื่อขา 3 ของหม้อแปลงมีแรงดันเป็นบวก ขา 4 ของหม้อแปลงมีแรงดันเป็นลบ ขากกลาง (CT) เป็นลบเมื่อเทียบกับขา 3 ไดโอด D_1 ได้รับไบแอสตรง กระแสไหลผ่านได้ ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โหลด R_L เป็นคลื่นรูปไซน์ครึ่งคลื่น ในช่วงเวลาต่อมาขา 3 ของหม้อแปลงมีแรงดันเป็นลบ ขา 4 ของหม้อแปลงมีแรงดันเป็นบวก ขากกลาง (CT) เป็นลบเมื่อเทียบกับขา 4 ไดโอด D_2 ก็

ได้รับไบแอสตรงกระแสไหลผ่านได้ แสดงว่าคลื่นไซน์เวฟถูกใช้เต็มทั้งสองลูกคลื่น เรียกว่า พูลเวฟ แรงดันไฟตรงเฉลี่ยคำนวณได้จากสูตร $V_{DC} = 1.414 V_{AC}$ เมื่อเรียงกระแสแล้วนำไปผ่านวงจรกรองโดยใช้ตัวเก็บประจุ ในช่วงที่ไดโอดนำกระแสตัวเก็บประจุจะเก็บประจุไว้แรงดันจะสูงขึ้น และคายประจุในช่วงที่ไดโอดไม่นำกระแสช่วงคายประจุนี้แรงดันจะลดลงตามลำดับ แรงดันไฟตรงที่ได้เมื่อผ่านการกรองแรงดันแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม

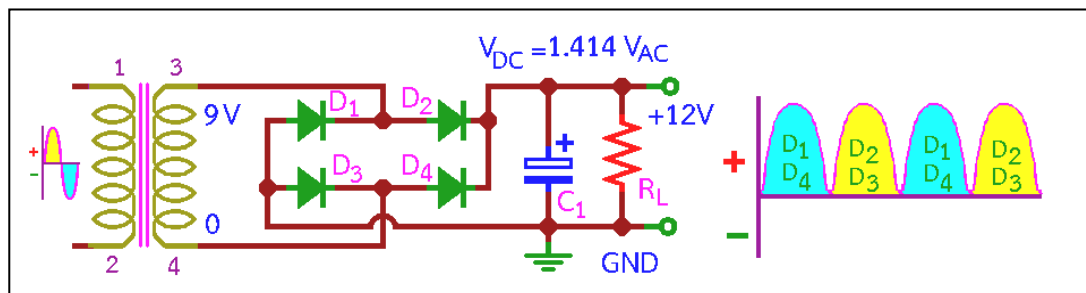
วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนั้น ไดโอดทั้ง 2 ตัวจะสลับกันทำงานตัวละครึ่งไซเคิลทำให้ได้กระแสออกมาครบทั้งซีกบวก และซีกลบ



ภาพที่ 1.21 แสดงรูปคลื่นแบบเต็มคลื่น เมื่อใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน

1.10.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Full Wave Bridge Rectifier Circuit)

วงจรแบบบริดจ์นี้จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ต้องมีขากลาง แต่กระแสต้องผ่านไดโอดที่ต่ออนุกรมกันถึง 2 ตัว ทำให้มีแรงดันตกคร่อมไดโอดเพิ่มขึ้น

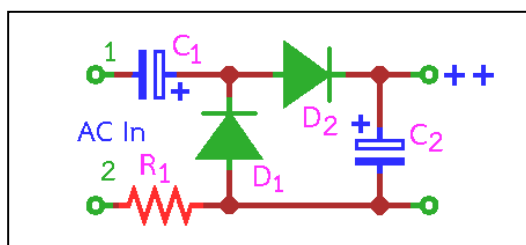


ภาพที่ 1.22 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

การทำงานของวงจรบริดจ์ ไดโอดจะนำกระแสครั้งละ 2 ตัว โดยเมื่อขา 3 ของหม้อแปลง เป็นลบ ขา 4 ของหม้อแปลงเป็นบวก D_1 และ D_4 ได้รับไบแอสตรง นำกระแสไปที่โหลดได้ เมื่อขา 3 ของหม้อแปลงเป็นบวก ขา 4 ของหม้อแปลงเป็นลบ D_2 และ D_3 ได้รับไบแอสตรงนำกระแสได้ วงจรบริดจ์จึงนำกระแสไปใช้งานครบทั้งสองไซเคิล

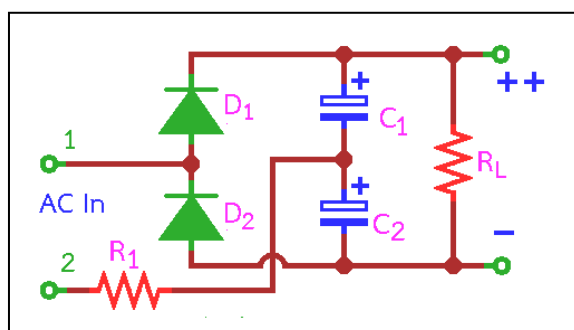
วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นทั้งแบบมีขากลาง (CT) และแบบบริดจ์จะให้แรงดันเอาต์พุตครบทั้งซีกบวก และซีกลบ ค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุตจึงมีค่าเป็น 2 เท่าของแรงดันไฟตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น เหมาะที่จะนำไปจ่ายไฟให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.10.4. วงจรเรียงกระแสแบบทวีคูณแรงดัน (Voltage Multiplier) คือ วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วเพิ่มแรงดันขึ้นเป็นทวีคูณ วงจรประเภทนี้จ่ายกระแสต่ำแต่ให้แรงดันสูง วงจรทวีคูณแรงดันก็มีทั้งแบบครึ่งคลื่น และเต็มคลื่น



ภาพที่ 1.23 วงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบครึ่งคลื่น

การทำงานของวงจรตามภาพที่ 1.23 เมื่อไฟกระแสสลับเข้ามา ขา 1 เป็นลบ ขา 2 เป็นบวก ไดโอด D_1 นำกระแส ตัวเก็บประจุ C_1 เก็บประจุ และเมื่อ ขา 1 เป็นบวก ขา 2 เป็นลบ แรงดันที่เข้ามาจะอนุกรมกับตัวเก็บประจุ C_1 ไดโอด D_2 นำกระแส แรงดันที่ตัวเก็บประจุจะต่ออนุกรมกับแรงดันที่ได้จากหม้อแปลง เป็นแรงดันเสริมกัน ไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ C_2 จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็น 2 เท่า

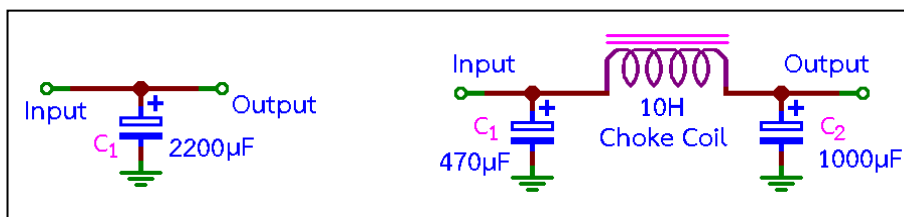


ภาพที่ 1.24 วงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบเต็มคลื่น

การทำงานของวงจรตามภาพที่ 1.24 เมื่อไฟกระแสสลับเข้ามา ขา 1 เป็นบวก ขา 2 เป็นลบ ไดโอด D_1 นำกระแส ตัวเก็บประจุ C_1 เก็บประจุ และเมื่อขา 1 เป็นลบขา 2 เป็นบวก ไดโอด D_2 นำกระแส ตัวเก็บประจุ C_2 เก็บประจุ จากวงจรตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 ต่ออนุกรมกันก็จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็น 2 เท่า ส่วน R_1 เป็นตัวต้านทานค่าต่ำ ๆ ประมาณ 3 - 10 โอห์ม ต่อไว้เพื่อป้องกันกระแสสูงสุดชั่วขณะ หรือกระแสไฟกระชากไหลผ่านไดโอดเข้าตัวเก็บประจุเพื่อป้องกันไดโอดชำรุดเนื่องจากกระแสเกิน

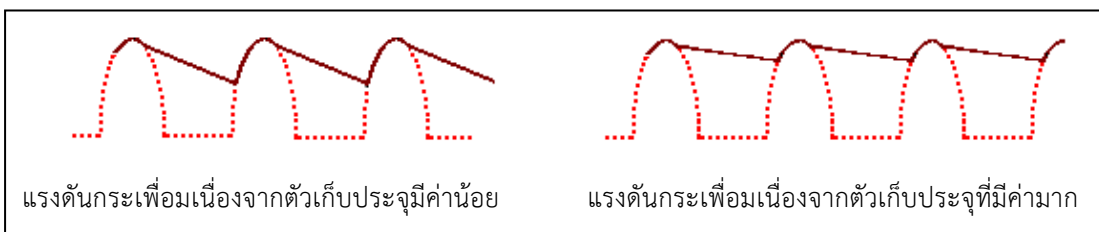
1.11 วงจรกรองกระแส

วงจรกรองกระแส (Filter Circuit) เป็นวงจรกรองไฟกระแสตรงที่ผ่านไดโอดมาแล้ว แต่ยังมีลักษณะเป็นพัลส์ ให้เป็นไฟกระแสตรงที่เรียบสม่ำเสมอ โดยใช้ตัวเก็บประจุ เก็บกระแสไฟในช่วงแรงดันสูงของพัลส์ กระแสจะไหลเข้า (Charge) ในตัวเก็บประจุ เมื่อผ่านช่วงสูงสุดของพัลส์ไปแล้วแรงดันเริ่มตก ตัวเก็บประจุจะคายประจุออกทำให้กระแสไฟสม่ำเสมอ เรียกว่ากรองกระแส เมื่อมีการจ่ายกระแสเพิ่มขึ้น การคายประจุอาจจะไม่เพียงพอต้องเพิ่มค่าความจุขึ้นอีก เพื่อไม่ให้แรงดันมีการกระเพื่อม (Ripple) วงจรกรองกระแสที่มีการป้องกันสัญญาณรบกวนจากไฟกระแสสลับ อาจจะต้องใส่ขดลวด เรียกว่า ไข้กคอยล์ (Choke Coil) ตามวงจรในภาพที่ 1.25 กำหนดไว้ 10 เฮนรี่ ส่วนตัวเก็บประจุ C_1 ทำหน้าที่เก็บ และคายประจुरूรักษาแรงดันในการสลับขั้วของไฟกระแสสลับให้คงที่ ส่วน C_2 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่อันเนื่องมาจากโหลดดึงกระแสไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 1.25 วงจรกรองกระแส

แรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากใช้ตัวเก็บประจุมีค่าน้อย เช่น ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นที่ใช้ตัวเก็บประจุมีค่าน้อย ช่วงแรงดันสูงการเก็บประจุไม่พอเพียงทำให้ในช่วงการคายประจุแรงดันจึงลดต่ำลงเร็ว จึงเกิดค่าแรงดันกระเพื่อมมาก แต่ถ้าใช้ตัวเก็บประจุในวงจรกรองกระแสมีค่าสูงขึ้นค่าแรงดันกระเพื่อมจะมีค่าต่ำลง ดังนั้นวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจึงมีค่าแรงดันกระเพื่อมต่ำ และใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อยกว่าวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น



ภาพที่ 1.26 ลักษณะของแรงดันกระเพื่อม

สรุป

สารกึ่งตัวนำในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผลิตมาจากธาตุซิลิคอน และเจอร์เมเนียม สารกึ่งตัวนำทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 4 ตัว แต่มีชั้นวงไม่เท่ากัน โดยซิลิคอนมี 3 วง มีอิเล็กตรอนทั้งหมด 14 ตัว ส่วนเจอร์เมเนียมมี 4 วง มีอิเล็กตรอนทั้งหมด 32 ตัว สารกึ่งตัวนำชนิด N ได้มาจากการเติมสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว ลงไปในธาตุซิลิคอน หรือเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ซึ่งจะได้สารกึ่งตัวนำที่มีประจุลบ ส่วนสารกึ่งตัวนำชนิด P ได้มาจากการเติมธาตุเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว ลงไปในธาตุซิลิคอนหรือธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ ซึ่งจะได้สารกึ่งตัวนำที่มีประจุบวก สารกึ่งตัวนำที่เติมธาตุเจือปนแล้วจะนำกระแสได้ดี สารกึ่งตัวนำทั้ง 2 ชนิดนี้นำไปทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้มากมาย

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างมาจากสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิด P และ สารกึ่งตัวนำชนิด N ไดโอดมี 2 ขา คือขาแอนโนด และขาแคโทด การจัดแรงดันไบแอสให้ไดโอดมี 2 วิธี คือ ไบแอสตรง และไบแอสกลับ เมื่อได้รับไบแอสตรงไดโอดจะนำกระแส แต่เมื่อได้รับไบแอสกลับ ไดโอดจะไม่นำกระแส เมื่อจ่ายไบแอสตรงให้เจอร์เมเนียมไดโอด จะต้องจ่ายแรงดันตั้งแต่ 0.3 V ขึ้นไป และถ้าเป็นซิลิคอนไดโอดจะต้องจ่ายแรงดัน 0.7 V ขึ้นไปไดโอดจึงจะนำกระแส คุณสมบัติของไดโอดคือ ใช้ทำวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ใช้ในวงจรควบคุมแรงดัน เป็นไดโอดเปล่งแสง ใช้เป็นตัวเก็บประจุเปลี่ยนค่าได้เมื่อเปลี่ยนค่าแรงดันไบแอสกลับ เป็นต้น

แบบฝึกหัดที่ 1
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ (20 คะแนน)

1. สารกึ่งตัวนำชนิด P และ N แตกต่างกันอย่างไรร (2 คะแนน)
.....
2. สารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำไดโอดมีกี่ชนิด อะไรบ้าง (2 คะแนน)
.....
3. เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และได้รับไบแอสกลับ มีการทำงานต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)
.....
4. การให้ไบแอสตรง และไบแอสกลับให้ไดโอด ต้องป้องกันกระแสไฟฟ้าอย่างไร (2 คะแนน)
.....
5. ดีพลีชันริจิ้น (Depletion Region) คืออะไร (2 คะแนน)
.....
6. แรงดันพังทลาย (Breakdown Voltage) คืออะไร (2 คะแนน)
.....
7. ไดโอดเบอร์ 1N4007 ทนกระแสไบแอสตรง และทนแรงดันไบแอสกลับ สูงสุดได้เท่าไร (2 คะแนน)
.....
8. ไดโอดเบอร์ 1N5400 ทนกระแสไบแอสตรง และทนแรงดันไบแอสกลับ สูงสุดได้เท่าไร (2 คะแนน)
.....
9. จงเขียนเขียนโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด (2 คะแนน)



โครงสร้าง

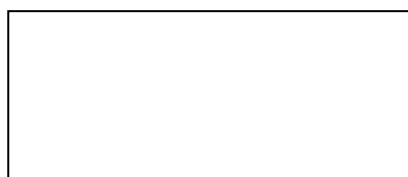


สัญลักษณ์

10. จงเขียนรูปคลื่น ที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น และเต็มคลื่น (2 คะแนน)



ครึ่งคลื่น



เต็มคลื่น

แบบฝึกหัดที่ 2
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

คำชี้แจง ให้วาดวงจรเรียงกระแสทั้ง 5 วงจร ตามชื่อที่กำหนดให้ (20 คะแนน)

1. เขียนโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด
2. จงเขียนวงจร Bridge Rectifier (4 คะแนน)



2. จงเขียนวงจร Full Wave Rectifier (4 คะแนน)



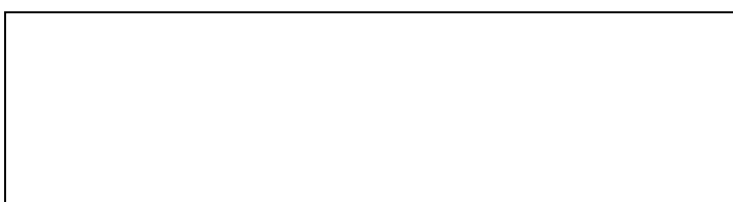
3. จงเขียนวงจร Dual Polarity Supply (4 คะแนน)



4. จงเขียนวงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบครึ่งคลื่น (4 คะแนน)



5. จงเขียนวงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบเต็มคลื่น (4 คะแนน)



แบบทดสอบก่อนเรียน
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ (ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ให้เวลาสำหรับการทำแบบประเมิน 10 นาที

1. สารกึ่งตัวนำที่มีอิเล็กตรอน 32 ตัว มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 4 ตัว ตรงกับสารในข้อใด
 - ก. โบรอน
 - ข. ฟอสฟอรัส
 - ค. เจอร์เมเนียม
 - ง. ซิลิคอน
 - จ. สารหนู
2. โครงสร้างไดโอดคือข้อใด
 - ก. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนและเจอร์เมเนียมต่อกัน
 - ข. สารกึ่งตัวนำชนิด P ต่อกัน 2 ชั้น
 - ค. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนและสาร P ต่อกัน
 - ง. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนและสาร N ต่อกัน
 - จ. สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อกัน
3. การจ่ายไบแอสตรงให้ไดโอดคือข้อใด
 - ก. จ่ายไฟบวกให้ขาแคโทด และจ่ายไฟลบให้ขาแอนโนด
 - ข. จ่ายไฟบวกให้ขาแอนโนด และจ่ายไฟลบให้ขาแคโทด
 - ค. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และจ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด P
 - ง. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P
 - จ. จ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P
4. คุณลักษณะทางไฟฟ้าของซิลิคอนไดโอด เมื่อให้ไบแอสตรงเริ่มมีกระแสไหลผ่านที่แรงดันในข้อใด
 - ก. 0.1 V
 - ข. 0.3 V
 - ค. 0.5 V
 - ง. 0.7 V
 - จ. 0.9 V

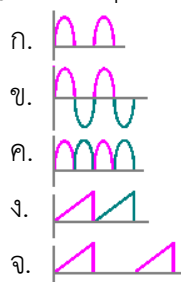
5. วงจร Bridge Rectifier ใช้ไดโอดจำนวนเท่าไร

- ก. ใช้ไดโอด 1 ตัว
- ข. ใช้ไดโอด 2 ตัว
- ค. ใช้ไดโอด 3 ตัว
- ง. ใช้ไดโอด 4 ตัว
- จ. ใช้ไดโอด 5 ตัว

6. ไดโอดรักษาระดับแรงดันคือข้อใด

- ก. Rectifier Diode
- ข. Zener Diode
- ค. Signal Diode
- ง. Bridge Diode
- จ. Photo Diode

7. สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นคือข้อใด








8. วงจรเรียงกระแสแบบทวิแรงดันใช้คุณสมบัติของอุปกรณ์ในข้อใด

- ก. หม้อแปลง และ คาปาซิเตอร์
- ข. หม้อแปลง และ ตัวต้านทาน
- ค. ไดโอด และ คาปาซิเตอร์
- ง. ตัวต้านทาน และ คาปาซิเตอร์
- จ. หม้อแปลง และ ไดโอด

9. ไดโอดในวงจรเรียงกระแสคือไดโอดชนิดใด

- ก. Laser Diode
- ข. Zener Diode
- ค. Signal Diode
- ง. Photo Diode
- จ. Rectifier Diode

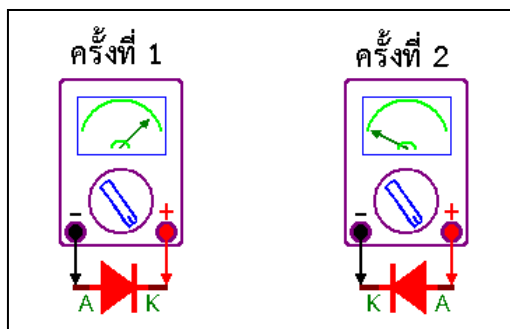
10. สัญลักษณ์ของไดโอดเรียงกระแสคือข้อใด

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 
- จ. 

แบบทดสอบหลังเรียน
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ (ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน) ให้เวลาสำหรับการทำแบบประเมิน 10 นาที






1. โครงสร้างไดโอดคือข้อใด
 - ก. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนและเจอร์เมเนียมต่อกัน
 - ข. สารกึ่งตัวนำชนิด P ต่อกัน 2 ชั้น
 - ค. สารกึ่งตัวนำชนิด N ต่อกัน 2 ชั้น
 - ง. สารกึ่งตัวนำซิลิคอนและสาร P ต่อกัน
 - จ. สารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อกัน
2. จากภาพการตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ข้อใดถูกต้อง








- ก. ครั้งที่ 1 ไบแอสกลับ
 - ข. ครั้งที่ 1 ไดโอดลัดวงจร
 - ค. ครั้งที่ 1 ไบแอสตรง
 - ง. ครั้งที่ 2 ไบแอสตรง
 - จ. ครั้งที่ 2 ไดโอดขาด
3. คุณลักษณะทางไฟฟ้าของซิลิคอนไดโอด เมื่อให้ไบแอสตรงเริ่มมีกระแสไหลผ่านที่แรงดันในข้อใด
 - ก. 0.1 V
 - ข. 0.3 V
 - ค. 0.5 V
 - ง. 0.7 V
 - จ. 0.9 V


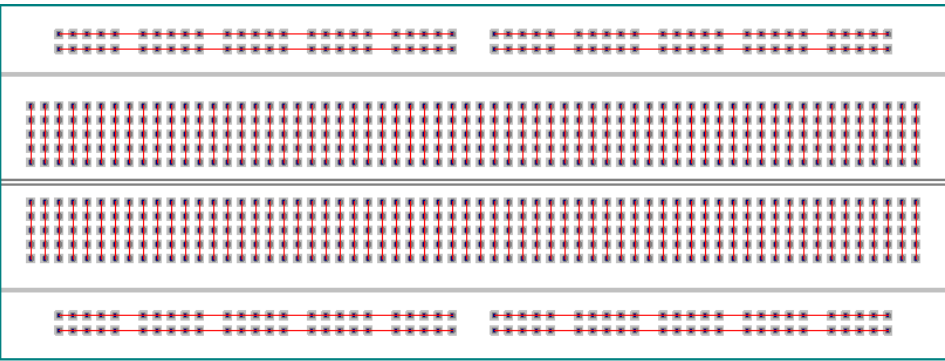
4. การจ่ายไบแอสตรงให้ไดโอดคือข้อใด
 - ก. จ่ายไฟบวกให้ขาแคโทด และจ่ายไฟลบให้ขาแอนโนด
 - ข. จ่ายไฟบวกให้ขาแอนโนด และจ่ายไฟลบให้ขาแคโทด
 - ค. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และจ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด P
 - ง. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P
 - จ. จ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P
5. ไดโอดรักษาระดับแรงดันคือข้อใด
 - ก. Rectifier Diode
 - ข. Zener Diode
 - ค. Signal Diode
 - ง. Bridge Diode
 - จ. Photo Diode
6. วงจรเรียงกระแสแบบทวิแรงดันใช้คุณสมบัติของอุปกรณ์ในข้อใด
 - ก. หม้อแปลง และ คาปาซิเตอร์
 - ข. หม้อแปลง และ ตัวต้านทาน
 - ค. ไดโอด และ คาปาซิเตอร์
 - ง. ตัวต้านทาน และ คาปาซิเตอร์
 - จ. หม้อแปลง และ ไดโอด
7. วงจร Bridge Rectifier ใช้ไดโอดจำนวนเท่าไร
 - ก. ใช้ไดโอด 1 ตัว
 - ข. ใช้ไดโอด 2 ตัว
 - ค. ใช้ไดโอด 3 ตัว
 - ง. ใช้ไดโอด 4 ตัว
 - จ. ใช้ไดโอด 5 ตัว
8. ไดโอดในวงจรเรียงกระแสคือไดโอดชนิดใด
 - ก. Laser Diode
 - ข. Zener Diode
 - ค. Signal Diode
 - ง. Photo Diode
 - จ. Rectifier Diode

9. สัญลักษณ์ของไดโอดเรียงกระแสคือข้อใด

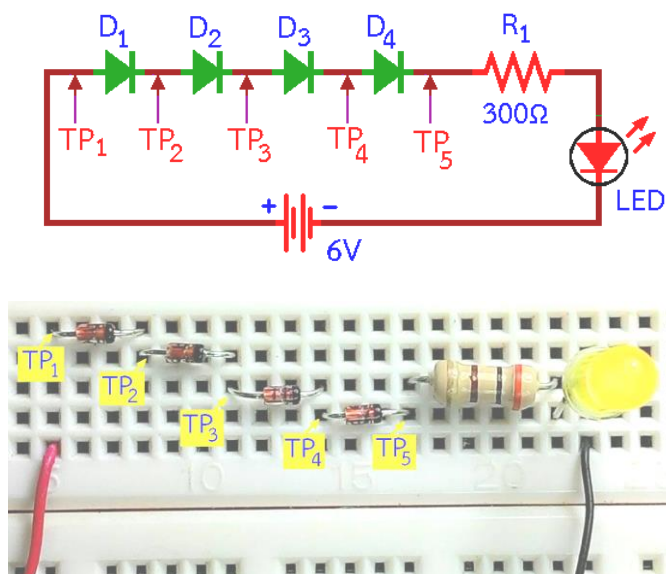
- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 
- จ. 

10. สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นคือข้อใด

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 
- จ. 

	ใบงานที่ 1	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา งานพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย สารกึ่งตัวนำและไดโอด	เวลา 2 ชั่วโมง
ชื่องาน วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอด		
จุดประสงค์ใบงาน	รายการสอน	
<ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อให้วัดตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง 2. เพื่อให้ประกอบวงจรลงแผงประกอบวงจรได้ถูกต้อง 3. เพื่อให้วัดค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดได้ถูกต้อง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. แผงประกอบวงจรใช้ประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการทดลอง 2. การเชื่อมต่อตัวนำอยู่ภายในตามรูปแสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อภายใน 3. การประกอบวงจรอนุกรม 	
เครื่องมือ / วัสดุอุปกรณ์		
<ol style="list-style-type: none"> 1. แผงประกอบวงจร (Proto Board) 2. มัลติมิเตอร์ (Multimeter) 3. แหล่งจ่ายไฟฟ้า 6 โวลต์ 4. ไดโอด เบอร์ 1N4148 : 4 ตัว 	<ol style="list-style-type: none"> 5. ไดโอดเบอร์ 1N60 : 4 ตัว 6. ไดโอดเปล่งแสง (LED): 1 ตัว 7. ตัวต้านทาน 300Ω : 1 ตัว 	
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน <ol style="list-style-type: none"> 1. ศึกษาแผงประกอบวงจร (Proto Board) 2. ประกอบวงจร และวัดค่า บันทึกผลส่งผู้สอน 3. เก็บอุปกรณ์เข้าที่เดิม 		
แสดงตำแหน่ง ตัวนำที่อยู่ภายในแผงประกอบวงจร ด้วยเส้นที่ลากทับช่องเสียบสาย		
		

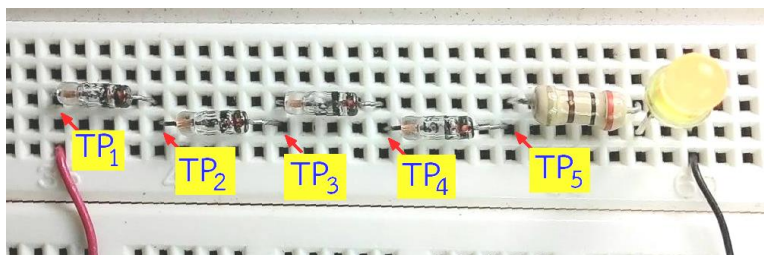
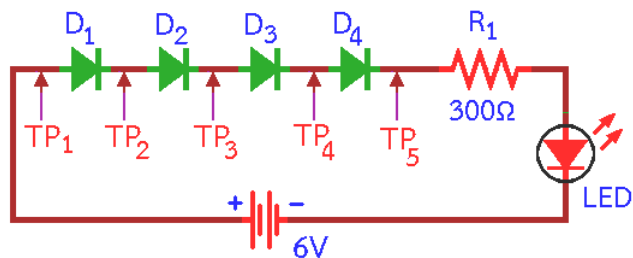
เสียบต่อไดโอดลงแผงประกอบวงจร ตามวงจรที่ 1



วงจรที่ 1 เป็นวงจรอนุกรม ใช้ซิลิคอนไดโอด เบอร์ 1N4148 จำนวน 4 ตัว

1. เสียบอุปกรณ์ตามวงจรที่1
2. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP2 (TP1 เป็นขั้วบวก) วัดได้.....โวลต์
3. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP3 วัดได้.....โวลต์
4. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP4 วัดได้.....โวลต์
5. แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดทั้ง 4 ตัว วัดได้.....โวลต์
6. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน วัดได้.....โวลต์
7. แรงดันที่ตกคร่อม LED วัดได้.....โวลต์

เสียบต่อไดโอดลงแผงประกอบวงจร ตามวงจรที่ 2



วงจรที่ 2 เป็นวงจรอนุกรม ใช้เจอร์เมเนียมไดโอด เบอร์ 1N60 จำนวน 4 ตัว

1. เสียบอุปกรณ์ตามวงจรที่1
2. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP2 (TP1 เป็นขั้วบวก) วัดได้.....โวลต์
3. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP3 วัดได้.....โวลต์
4. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP4 วัดได้.....โวลต์
5. แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดทั้ง 4 ตัว วัดได้.....โวลต์
6. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน วัดได้.....โวลต์
7. แรงดันที่ตกคร่อม LED วัดได้.....โวลต์

ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าเข้าวงจร ควรตรวจสอบการประกอบวงจรให้ถูกต้องก่อน
2. แรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์ทุกตัวรวมกันควรเท่ากับแหล่งจ่าย

การประเมินผลภาคปฏิบัติ						
1. สังเกตจากการปฏิบัติงาน ความสนใจ ตั้งใจทำงาน						
2. ตรวจให้คะแนนจากผลงานที่ส่ง ตามเกณฑ์ที่กำหนด						
ลำดับ	รายการประเมินผลภาคปฏิบัติ	ระดับผลงาน				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	แก้ไข
1	การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์					
2	ความตั้งใจในการปฏิบัติงาน					
3	การปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
4	ความถูกต้องของผลงาน					
5	ความเรียบร้อยของผลงาน					
	รวม					

เกณฑ์การวัดและการแปลความหมายของระดับคะแนน


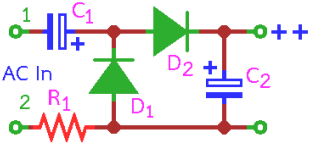
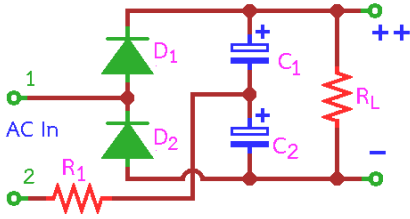
ดีมาก = 5 คะแนน ทำได้ดีเยี่ยม สม่่าเสมอ ไม่ต้องแนะนำ

ดี = 4 คะแนน ทำได้ดี ไม่ต้องแนะนำ

ปานกลาง = 3 คะแนน ทำได้ดี เมื่อมีการแนะนำ

พอใช้ = 2 คะแนน ทำพอใช้ได้ ต้องแนะนำ

แก้ไข = 1 คะแนน ทำเองไม่ได้ ต้องบอกทีละขั้นตอน

	ใบงานที่ 2	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา งานพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย สารกึ่งตัวนำและไดโอด	เวลา 2 ชั่วโมง
ชื่องาน ประกอบวงจรเรียงกระแสแบบทวิคูณแรงดัน		
จุดประสงค์ใบงาน	รายการสอน	
<ol style="list-style-type: none"> 1. วัดหาขาไดโอดได้ถูกต้อง 2. ประกอบวงจรการทำงานไดโอดได้ถูกต้อง 3. ประกอบวงจรทวิคูณแรงดันได้ถูกต้อง 4. วัดค่าแรงดันในวงจรได้ถูกต้อง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. การต่อตัวเก็บประจุอนุกรมกับแหล่งจ่ายหรืออนุกรมกัน ทำให้แรงดันเสริมกัน 2. ไดโอดนำกระแสไปเก็บที่ตัวเก็บประจุได้ในขณะที่ไดโอดได้รับไบแอสตรง 3. การวัดแรงดัน ตั้งมิเตอร์ย่านวัด 50 VDC 	
เครื่องมือ / วัสดุอุปกรณ์		
<ol style="list-style-type: none"> 1. หม้อแปลงขนาดเล็ก 220 V – 12 V 1 A 2. มัลติมิเตอร์ (Multimeter) 3. แผงประกอบวงจร (Proto Board) 4. สายต่อวงจร 	<ol style="list-style-type: none"> 5. ไดโอดเบอร์ 1N4001 : 2 ตัว 6. ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ 500Ω : 2 ตัว 7. ตัวเก็บประจุ 220 μF : 2 ตัว 	
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน		
<ol style="list-style-type: none"> 1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ตามวงจร 	 <p style="text-align: center;">วงจรที่ 1</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 2. ต่ออุปกรณ์ตามวงจรที่ 1 ลงบนแผงประกอบวงจร 3. วัดแรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลง ทางด้าน Secondary ที่ต่อเข้าวงจรได้VAC 4. วัดแรงดันตกคร่อม C_1 ได้.....VDC แรงดันตกคร่อม C_2 ได้.....VDC 5. วัดแรงดันที่ขาเอาต์พุต ได้.....VDC 6. ต่ออุปกรณ์ตามวงจรที่ 2 ลงบนแผงประกอบวงจร ใช้แรงดันจากขด Secondary ของหม้อแปลง 7. วัดแรงดันตกคร่อม C_1 ได้.....VDC แรงดันตกคร่อม C_2 ได้.....VDC 8. วัดแรงดันที่ขาเอาต์พุต ได้.....VDC 	 <p style="text-align: center;">วงจรที่ 2</p>	

ข้อเสนอแนะ						
1. ถ้าต่อไดโอดผิดขั้วจะทำให้ตัวเก็บประจุรั่วหรือชำรุดได้เนื่องจากได้รับแรงดันผิดขั้ว						
2. แรงดันที่ตกคร่อม C จะเท่ากับแหล่งจ่าย						
การประเมินผลภาคปฏิบัติ						
1. สังเกตจากการปฏิบัติงาน ความสนใจ ตั้งใจทำงาน						
2. ตรวจสอบให้คะแนนจากผลงานที่ส่ง ตามเกณฑ์ที่กำหนด						
ลำดับ	รายการประเมินผลภาคปฏิบัติ	ระดับผลงาน				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	แก้ไข
1	การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์					
2	ความตั้งใจในการปฏิบัติงาน					
3	การปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
4	ความถูกต้องของผลงาน					
5	ความเรียบร้อยของผลงาน					
	รวม					

เกณฑ์การวัดและการแปลความหมายของระดับคะแนน

ดีมาก = 5 คะแนน ทำได้ดีเยี่ยม สม่่าเสมอ ไม่ต้องแนะนำ

ดี = 4 คะแนน ทำได้ดี ไม่ต้องแนะนำ

ปานกลาง = 3 คะแนน ทำได้ดี เมื่อมีการแนะนำ

พอใช้ = 2 คะแนน ทำพอใช้ได้ ต้องแนะนำ

แก้ไข = 1 คะแนน ทำเองไม่ได้ ต้องบอกทีละขั้นตอน

การประเมินคุณธรรม จริยธรรม					
สังเกตพฤติกรรม จากการเข้าเรียน และปฏิบัติงาน ความสนใจ ตั้งใจทำงาน					
ลำดับ	รายการประเมินคุณธรรม จริยธรรม	ระดับคะแนน			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	แก้ไข
1	การแต่งกาย				
2	การตรงต่อเวลา				
3	การมีระเบียบวินัย ความอดทนอดกลั้น				
4	การมีสัมมาคารวะ เป็นผู้นำ ผู้ตาม ที่ดี				
5	ความตั้งใจในการทำกิจกรรมกลุ่ม				
6	การมีมนุษยสัมพันธ์และเป็นที่ยอมรับในกลุ่ม				
7	ความซื่อสัตย์สุจริต				
8	ความประหยัด				
9	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์				
10	ความสนใจ ใฝ่รู้				
	รวม				

เกณฑ์การวัดและการแปลความหมายของระดับคะแนน

ดีมาก	ระดับคะแนน 4	ประพฤติปฏิบัติตนถูกต้องสม่ำเสมอ ไม่ต้องตักเตือน
ดี	ระดับคะแนน 3	ประพฤติปฏิบัติตนถูกต้อง แต่ต้องคอยตักเตือนบ้าง
พอใช้	ระดับคะแนน 2	ประพฤติปฏิบัติตนถูกต้อง เมื่อตักเตือนอยู่เสมอ
แก้ไข	ระดับคะแนน 1	ประพฤติปฏิบัติตนไม่ถูกต้องแม้ตักเตือนแล้ว

เฉลยแบบฝึกหัดที่ 1

หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สารกึ่งตัวนำชนิด P และ N แตกต่างกันอย่างใด (2 คะแนน)
อะตอมของสารกึ่งตัวนำชนิด P ขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ทำให้เกิด โฮล (Hole) ซึ่งจะแสดงประจุบวกออกมา ส่วน อะตอมของสารกึ่งตัวนำชนิด N มีอิเล็กตรอนเกิน 1 ตัว ทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งจะแสดงประจุลบออกมา
2. สารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำไดโอดมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
เจอร์เมเนียม (Germanium) และซิลิคอน (Silicon).
3. เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง และได้รับไบแอสกลับ มีการทำงานต่างกันอย่างใด (2 คะแนน)
เมื่อได้รับไบแอสตรงกระแสจะไหลผ่านไดโอดได้ และเมื่อได้รับไบแอสกลับกระแสจะไหลผ่านไดโอดไม่ได้
4. การให้ไบแอสตรง และไบแอสกลับให้ไดโอด ต้องป้อนกระแสไฟฟ้าอย่างไร (2 คะแนน)
ไบแอสตรง คือป้อนแรงดันขั้วบวกให้กับสาร P หรือคาแอโนด (A) ขั้วลบให้สาร N หรือแคโทด (K) ไบแอสกลับ คือป้อนแรงดันขั้วบวกให้กับสาร N หรือคาแคโทด (K) ขั้วลบให้สาร P หรือแอโนด (A)
5. ดีพลีชันริจิน (Depletion Region) คืออะไร
บริเวณรอยต่อ P N ที่ปลอดพาหะ มีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้า
6. แรงดันพังทลาย (Breakdown Voltage) คืออะไร
แรงดันไฟฟ้าด้านไบแอสกลับที่สูงจนทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ ทำให้ไดโอดชำรุด
7. ไดโอดเบอร์ 1N4007 กระแสไบแอสตรง และทนแรงดันไบแอสกลับ สูงสุดได้เท่าไร (2 คะแนน)
กระแส 1 แอมป์ แรงดัน 1000 โวลต์
8. ไดโอดเบอร์ 1N5400 กระแสไบแอสตรง และทนแรงดันไบแอสกลับ สูงสุดได้เท่าไร (2 คะแนน)
กระแส 3 แอมป์ แรงดัน 50 โวลต์
9. จงเขียนเขียนโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด (2 คะแนน)



10. จงเขียนรูปคลื่น ที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น และเต็มคลื่น (2 คะแนน)

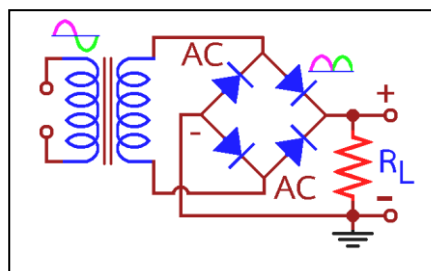


เฉลยแบบฝึกหัดที่ 2

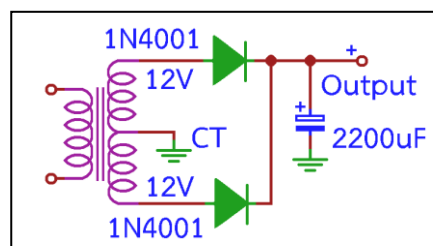
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

คำชี้แจง ให้วาดวงจรเรียงกระแสทั้ง 5 วงจร ตามชื่อที่กำหนดให้ (20 คะแนน)

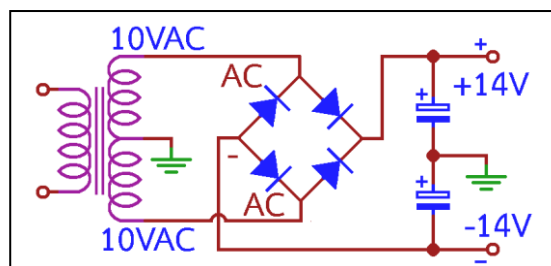
1. วงจร Bridge Rectifier (4 คะแนน)



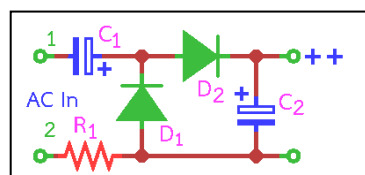
2. วงจร Full Wave Rectifier (4 คะแนน)



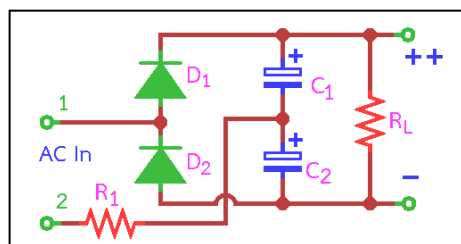
3. วงจร Dual Polarity Supply (4 คะแนน)



4. วงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบครึ่งคลื่น (4 คะแนน)



5. วงจรเรียงกระแสทวีคูณแรงดันแบบเต็มคลื่น (4 คะแนน)



เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

1. ค
2. จ
3. ข
4. ง
5. ง
6. ข
7. ก
8. ค
9. จ
10. ก

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน
หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

1. จ
2. ค
3. ง
4. ข
5. ข
6. ค
7. ง
8. จ
9. ก
10. ก

เฉลยใบงานที่ 1

หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

วงจรที่ 1 เป็นวงจรอนุกรม ใช้ซิลิคอนไดโอด เบอร์ 1N4148 จำนวน 4 ตัว

1. เสียอุปกรณ์ตามวงจรที่ 1
2. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP2 (TP1 เป็นขั้วบวก) วัดได้.....0.66.....โวลต์
3. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP3 วัดได้.....1.3.....โวลต์
4. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP4 วัดได้.....1.9.....โวลต์
5. แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดทั้ง 4 ตัว วัดได้.....2.6.....โวลต์
6. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน วัดได้.....1.5.....โวลต์
7. แรงดันที่ตกคร่อม LED วัดได้.....1.9.....โวลต์

วงจรที่ 2 เป็นวงจรอนุกรม ใช้เจอร์เมเนียมไดโอด เบอร์ 1N60 จำนวน 4 ตัว

1. เสียอุปกรณ์ตามวงจรที่1
2. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP2 (TP1 เป็นขั้วบวก) วัดได้.....0.55.....โวลต์
3. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP3 วัดได้.....1.5.....โวลต์
4. วัดแรงดันที่จุด TP1 และ TP4 วัดได้.....2.....โวลต์
5. แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดทั้ง 4 ตัว วัดได้.....2.3.....โวลต์
6. แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน วัดได้.....1.8.....โวลต์
7. แรงดันที่ตกคร่อม LED วัดได้.....1.9.....โวลต์

เฉลยใบงานที่ 2

หน่วยที่ 1 สารกึ่งตัวนำและไดโอด

3. วัดแรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลง ทางด้าน Secondary ที่ต่อเข้าวงจรได้12....VAC
4. วัดแรงดันตกคร่อม C_1 ได้.....15.....VDC แรงดันตกคร่อม C_2 ได้...30...VDC
5. วัดแรงดันที่ขา Output ได้.....30.....VDC
6. ต่ออุปกรณ์ตามวงจรที่ 2 ลงบนโปรโตบอร์ด ใช้แรงดันจากขด Secondary ของหม้อแปลง
7. วัดแรงดันตกคร่อม C_1 ได้.....15.....VDC แรงดันตกคร่อม C_2 ได้...15.....VDC
8. วัดแรงดันที่ขา Output ได้.....30.....VDC

เอกสารอ้างอิง

- ชิงชัย ศรีสุรัตน์ และวีระศักดิ์ สุวรรณเพชร. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร**. นนทบุรี : บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย, 2556.
- บุญธรรม ภัทราจารุกุล. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2556.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2556.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. **อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, 2557.
- วีระศักดิ์ สุวรรณเพชร และชิงชัย ศรีสุรัตน์. **อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร**. นนทบุรี : บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย, 2557.

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (ออนไลน์)

- <http://makeitatyourlibrary.org/technology/basic-electronics#.U8OSpVW9lOI>
- <http://www.diode.krulpom.com/home.htm>
- <http://www.diodes.com>
- http://www.eeweb.com/blog/andrew_carter/the-basics-of-inductor
- <http://www.eleccircuit.com>
- <http://www.kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-07.html>
- <http://www.learningelectronics.net>
- <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=689.0>
- <http://www.oknation.net/blog/win34531/2007/12/06/entry-2>
- <http://www2.tatc.ac.th/e-learning/story9.html>