แบบทดสอบก่อนเรียน
เรื่องคุณสมบัติไดโอด

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ไดโอดมีกี่ขาและมีชื่อเรียกตรงกับข้อใด
   ก. 2 ขา (แอโนด-เกต)
   ข. 2 ขา (แอโนด-แคโทด)
   ค. 3 ขา (แอโนด-แคโทด-เกต)
   ง. 3 ขา (เบส-เกต-เดรน)

2. เมื่อไดโอด ถูกไบแอสตรงจะมีคุณสมบัติตรงกับข้อใด
   ก. มีกระแสไหลผ่านไดโอด
   ข. ไดโอดมีค่าความต้านทานสูง
   ค. ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด
   ง. ไม่มีอะไรเกิดขึ้น
3. ซิลิกอนไดโอดเมื่อถูกไบแอสตรงจะมีค่าแรงดันตรงบริเวณรอยต่อตรงกับข้อใด
   ก. 0.3 V
   ข. 0.7 V
   ค. 1 V
   ง. 1.3 V

4. ขาของไดโอดที่ต่ออยู่กับสารชนิด P-type มีชื่อตรงกับข้อใด
   ก. เกต
   ข. แคโทด
   ค. เบส
   ง. แอโนด
5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เมื่อนำไดโอดไปใช้งานจะต้องถูกไบแอสแบบใด
   ก. ไบแอสบวก
   ข. ไบแอสลบ
   ค. ไบแอสตรง
   ง. ไบแอสกลับ

6.ข้อใดกล่าวถูกต้อง เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรง

ก. จ่ายไฟบวกให้ขาแคโทด และจ่ายไฟลบให้ขาแอโนด

ข. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

ค. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และจ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด P

ง. จ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด และจ่ายไฟลบให้ขาแคโทด

7. วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในทางทฤษฎี เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรงจะมีสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าตรงกับข้อใด

ก. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ข. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแส

ค. สัญลักษณ์ตัวต้านทาน

ง. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและสัญลักษณ์ตัวต้านทาน

8. เมื่อไดโอดถูกนำไปใช้ที่กระแส 30mA เกิดแรงดันตกคล่อมไดโอด 0.65V จะมีค่าความต้านทานไดนามิกส์ตรงกับข้อใด

ก. 0.046 โอห์ม

ข. 0.86โอห์ม

ค. 21.66 โอห์ม

ง. 30 โอห์ม

9. เมื่อไดโอดถูกนำไปใช้ที่กระแส 30mA เกิดแรงดันตกคล่อมไดโอด 0.65V จะมีค่าความต้านทานสเตติกส์ตรงกับข้อใด

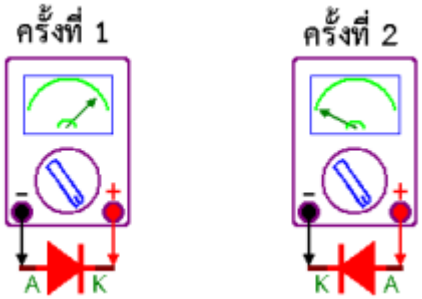
ก. 0.046 โอห์ม

ข. 0.86โอห์ม

ค. 21.66 โอห์ม

ง. 30 โอห์ม

10. จากภาพการตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ข้อใดถูกต้อง



ก. ครั้งที่ 1 ไบแอสตรง

ข. ครั้งที่ 2 ไดโอดลัดวงจร

ค. ครั้งที่ 1 ไบแอสกลับ

ง. ครั้งที่ 2 ไบแอสตรง

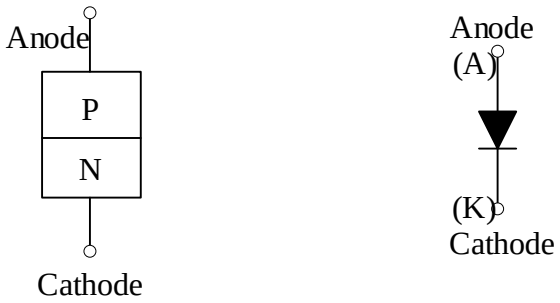
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1

ข้อ	คำตอบ
1	ข
2	ก
3	ข
4	ง
5	ค
6	ง
7	ง
8	ค
9	ข
10	ก

หน่วยที่ 1
ไดโอด (Diode)

1.1.คุณสมบัติของไดโอด

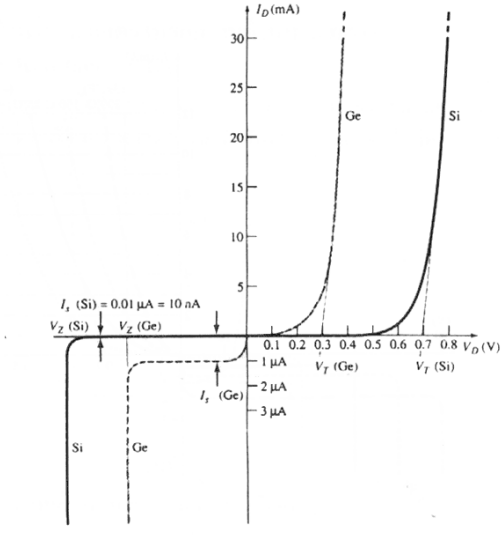
ไดโอดถูกสร้างมาจากสาร P-N จังก์ชั่น ชนิด 1 รอยต่อมี ขาแอโนด(A) ซึ่งต่ออยู่กับทางสารชนิด P type และขาแคโทด(K) ต่ออยู่กับทางสารชนิด N type ตามรูปที่ 1.1



ก) โครงสร้างของไดโอด ข) สัญลักษณ์ของไดโอด

รูปที่ 1.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

จากโครงสร้างของไดโอดถูกสร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิกอน และเยอรมาเนียม ดังนั้นการที่ไดโอดจะนำกระแสได้จะต้องได้รับแรงดันไบแอสตรงสูงกว่าแรงดันคัทอิน(Cut in Voltage : V_T) ของไดโอดแต่ละชนิด ชนิดซิลิกอน (Si) ประมาณ 0.7Vส่วนชนิดเยอรมาเนียม (Ge) ประมาณ 0.3 V ดังรูปที่1.2



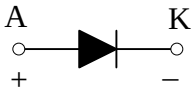
รูปที่ 1.2 กราฟคุณสมบัติไดโอดในทางปฏิบัติ

จากรูป กรณีไบแอสกลับ จะมีกระแสไหลได้เล็กน้อย (เป็น μA) เรียกว่า กระแสรั่วไหล (Leakage Current) ถ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้าไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดสูงสุดที่ไดโอดทนได้ เรียกว่า แรงดันพังทะลายซีเนอร์ (Zener Breakdown Voltage : V_Z) ไดโอดนำกระแสอย่างรวดเร็ว เรียกว่า กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (Revers Saturation Current : Is) ไดโอดก็จะเกิดความเสียหาย ไม่สามารถนำมาใช้งานได้อีกต่อไป

1.2 การไบแอสไดโอด

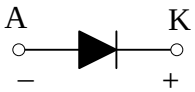
การที่จะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสได้ก็จะต้องมีการป้อนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากข้างนอกให้กับไดโอดเรียกว่าการไบแอส(bias) มีอยู่ 2 แบบคือ

การไบแอสตรง(Forward bias) โดยการป้อนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากข้างนอกให้กับไดโอดและทำให้เกิดขั้วแรงดันตกคล่อมไดโอดดังนี้ ขั้วบวกอยู่ทางด้านสารชนิด P type หรือขาแอโนด(A) และขั้วลบอยู่ทางด้านสารชนิด N type หรือขาแคโทด(K)



รูปที่ 1.3 ไดโอดถูกไบแอสตรง

การไบแอสกลับ(Reverse bias) โดยการป้อนแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจากข้างนอกให้กับไดโอดและทำให้เกิดขั้วแรงดันตกคล่อมไดโอดดังนี้ ขั้วลบอยู่ทางด้านสารชนิด P type หรือขาแอโนด(A) และขั้วบวกอยู่ทางด้านสารชนิด N type หรือขาแคโทด(K)



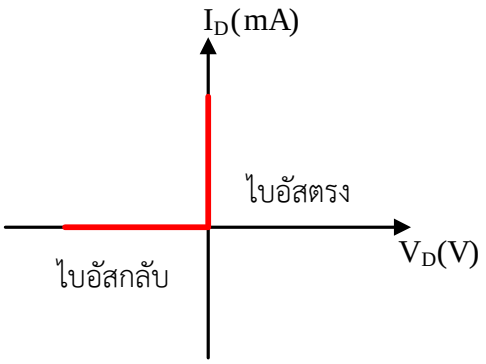
รูปที่ 1.4 ไดโอดถูกไบแอสกลับ

1.2.1 ความต้านทานภายในไดโอด

จากคุณสมบัติของไดโอดในทางปฏิบัติ จะเห็นว่าไดโอดจะไม่ทำงานทันทีจะต้องมีแรงดันจากภายนอกมีค่ามากกว่าแรงดันคัทอินของไดโอดถึงจะนำกระแสได้เปรียบเหมือนมีแหล่งจ่ายแรงดันอยู่ภายใน

ส่วนเมื่อไดโอดนำกระแสแล้วกระแสจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นลักษณะเอ็กโปเนนเชียล เปรียบเสมือนมีค่าความต้านทานภายใน ดังนั้นจึงมีการพิจารณาค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับแหล่งจ่ายไฟ

ในการวิเคราะห์การทำงานของไดโอด สิ่งที่จะต้องพิจารณานอกเหนือจากการไบแอสแล้วจะต้องรู้ด้วยว่าวงจรภายในของไดโอดที่เขียนในลักษณะวงจรทางไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า วงจรสมมูลทางไฟฟ้า (equivalent circuit) จะพิจารณากราฟคุณสมบัติของไดโอดในอุดมคติ ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 กราฟคุณสมบัติของไดโอดในอุดมคติ

ขั้นตอนแรกพิจารณาทางอุดมคติคือ ไม่พิจารณาคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ เหมือนกับว่าตอนนี้ไดโอดไม่มีความต้านทานของสารกึ่งตัวนำเลย

ดังนั้นในขณะที่ไดโอดได้รับไบแอสตรงไดโอดจะนำกระแสทันทีทันใด กระแสมีค่าสูงมาก ถ้านำมาหาค่าความต้านทานตามกฎของโอห์มได้ดังนี้

$$R = \frac{V_D}{I_D}$$

$$R = \frac{V_D}{\infty}$$

$$R = 0\ \Omega$$

จากการหาค่าความต้านทานของไดโอดในช่วงไบแอสตรงได้ค่าความต้านทานเป็น ศูนย์โอห์ม นั้นหมายความว่าไดโอดจะถูกแทนด้วยวงจรสวิทช์ปิดหรือลัดวงจร(short circuit)

ถ้าไดโอดได้รับไบแอสกลับไดโอดจะไม่นำกระแสเลย กระแสมีค่าเป็นศูนย์ ถ้านำมาหาค่าความต้านทานตามกฎของโอห์มได้ดังนี้

$$R = \frac{V_D}{I_D}$$

$$R = \frac{V_D}{0}$$

$R = \infty\ \Omega$ (อินฟินิท ค่าความต้านทานสูงมาก แทนค่าไม่ได้)

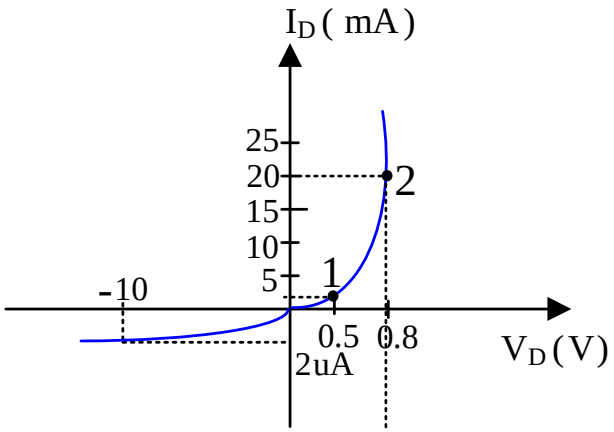
จากการหาค่าความต้านทานของไดโอดในช่วงไบแอสกลับได้ค่าความต้านทานเป็น อินฟินิท โอห์ม นั้นหมายความว่าไดโอดจะถูกแทนด้วยวงจรสวิทช์เปิด หรือเปิดวงจร (open circuit)

ดังนั้นสรุปได้ว่า

- ในช่วง ไบแอสตรง(Forward bias) กระแส I_D มีค่าประมาณ $\propto$ ความต้านทานไดโอด (R_f) = 0Ω
- ในช่วงไบแอสกลับ(Reverse bias) กระแส I_D มีค่าประมาณ 0 A ความต้านทานไดโอด(R_r) = $\propto \Omega$

1.3 ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรง (STATIC RESISTANCE ; R_D)

เป็นค่าความต้านทานที่เกิดจากการนำไดโอดไปใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เรียกว่าความต้านทานสเตติกซ์ ดังนั้นค่าความต้านทานจะเปลี่ยนตามกระแสและแรงดันที่จุดทำงานของไดโอด สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานตามกฎของโอห์ม



รูปที่ 1.6 กราฟไดโอดหาค่าความต้านทานสเตติกซ์

จากกราฟจุดที่ 1 มีค่ากระแส I_D = 2 mA

$$R_D = \frac{0.5V}{2mA}$$

R_D = 250 Ω ตอบ

จากกราฟจุดที่ 2 มีค่ากระแส I_D = 20 mA

$$R_D = \frac{0.8V}{20mA}$$

R_D = 40 Ω ตอบ

จากกราฟจุดที่ 3 ที่แรงดันไบแอสกลับ V_D = -10 V

$$R_D = \frac{-10V}{2\,\mu A}$$

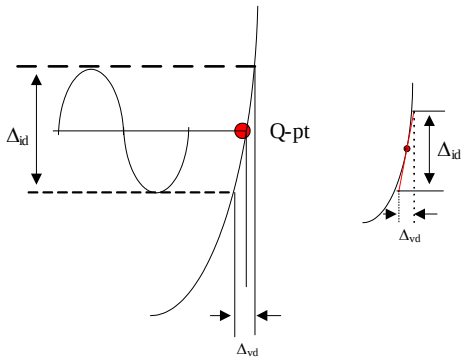
R_D = 2 MΩ ตอบ

1.4 ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับ(DYNAMIC RESISTANCE ;rd)

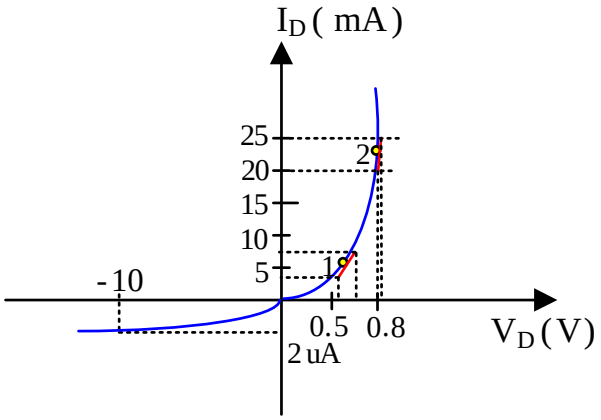
เป็นค่าความต้านทานที่เกิดจากการนำไดโอดไปใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกว่าค่าความต้านทานไดนามิกซ์ ดังนั้นค่ากระแสและแรงดันที่จุดทำงานของไดโอด จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นผลให้ความต้านทานของไดโอดเปลี่ยนแปลงเช่นกัน สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานตามกฎของโอห์ม แต่ค่า กระแสและแรงดันจะต้องแทนค่าในช่วงที่มันเปลี่ยนแปลงดังสมการด้านล่าง

$$r_d = \frac{\Delta_{vd}}{\Delta_{id}} = \frac{V_{max} - V_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

สำหรับการอ่านค่ากระแสและแรงดันในช่วงที่มันเปลี่ยนแปลง สามารถทำได้โดยให้ลากเส้นตรงไปในแนวของเส้นกราฟโดยเอากระแสที่ไดโอดทำงานเป็นจุดกึ่งกลางเพื่อแบ่งความยาวของเส้นตรง ให้ด้านบนกับด้านล่างมีความยาวเท่ากัน ดังรูป



รูปที่ 1.7 การอ่านช่วงการเปลี่ยนแปลงกระแสและแรงดัน



จากกราฟจุดที่ 1 ช่วงกระแส I_D ต่ำ

$$r_d = \frac{\Delta_{vd}}{\Delta_{id}}$$

$$= \frac{V_{max} - V_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

$$r_d = \frac{0.82v - 0.78}{25 - 20}$$

$$r_d = 8\Omega$$ ตอบ

จากกราฟจุดที่ 2 ช่วงกระแส I_D สูง

$$r_d = \frac{\Delta_{vd}}{\Delta_{id}}$$

$$= \frac{V_{max} - V_{min}}{I_{max} - I_{min}}$$

$$r_d = \frac{0.78v - 0.6}{8 - 2}$$

$$r_d = 30\Omega$$ ตอบ

จากการหาค่าความต้านทานไดนามิกซ์ของไดโอดจากกราฟจะมีความคลาดเคลื่อนจากการสร้างเส้นกราฟดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์จากสมการกระแสของไดโอด โดยวิธีทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

จากสมการกระแสของไดโอด : $I_D = I_S \cdot (e^{K \cdot V / T_K} - 1)$ .....(1)

นำ $\frac{d}{dv}$ คูณตลอด

$$\frac{d}{dv} I_D = \frac{d}{dv} I_S \cdot (e^{K \cdot V / T_K} - 1)$$

$$= \frac{d}{dv} I_S \cdot e^{K \cdot V / T_K} - \frac{d}{dv} I_S \cdot 1$$

$$= I_S \cdot \frac{d}{dv} e^{K \cdot V / T_K}$$

$$\frac{d}{dv} I_D = I_S \cdot e^{K \cdot V / T_K} \cdot \frac{K}{T_K} \quad \text{.....(2)}$$

จากสมการที่ 1 $I_D = I_S \cdot (e^{K \cdot V / T_K} - 1)$

$$I_S \cdot e^{K \cdot V / T_K} = I_D + I_S$$

โดยทั่วไป $I_D >> I_S$

$$I_S \cdot e^{K \cdot V / T_K} \approx I_D \quad \text{.....(3)}$$

นำสมการที่ (3) ----→ (2)

$$\frac{d}{dv} I_D = I_D \cdot \frac{K}{T_K} \quad \text{.....(4)}$$

$$K = \frac{11{,}600}{\eta} = \frac{11{,}600}{1} = 11{,}600$$

$$T_K = T_C + 273 = 25 + 273 = 298 \ K^{'}$$

$$\frac{K}{T_K} = \frac{11{,}600}{298} = 38.93 \quad \text{.....(5)}$$

นำสมการที่ (5)------→ (4)

$$\frac{d}{dv} I_D = I_D \cdot 38.93$$

จากกฎของโอห์ม $R = \frac{V}{I}$

$$\frac{d_V}{d_{ID}} = \frac{1}{38.93 \cdot I_D} = \frac{0.026}{I_D}$$

$$r_d = \frac{\Delta_v}{\Delta_I} = \frac{d_V}{d_{ID}} = \frac{26mV}{I_D(mA)}$$

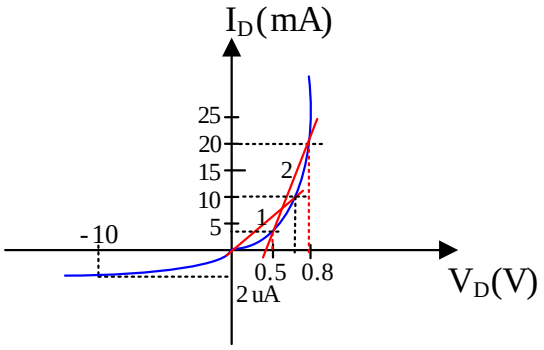
ดังนั้นค่าความต้านทานไดนามิกซ์ของไดโอด คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$r_d = \frac{26mV}{I_D(mA)}$$

1.5 ค่าความต้านทานเฉลี่ย (Average Resistance ; r_{av})

เป็นการหาค่าความต้านทานไดโอดเฉลี่ยเป็นช่วง ๆ ซึ่งก็เหมือนกับการหาค่าความต้านสเตติกซ์จากช่วงเริ่มต้น ถึงจุดสิ้นสุด คำนวณหาค่าความต้านทานไดโอดเฉลี่ยได้ดังนี้

$$r_{av} = \left.\frac{\Delta v}{\Delta I}\right| \text{pt. To pt.}$$



รูปที่ 1.9 กราฟไดโอดหาค่าความต้านทานเฉลี่ย

ค่าความต้านทานเฉลี่ยจุดที่1

$$r_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta I}$$

$$r_{av} = \frac{0.7\text{v} - 0\text{v}}{10\text{mA} - 0}$$

$$r_{av} = 70\ \Omega \quad \text{ตอบ}$$

ค่าความต้านทานเฉลี่ยจุดที่2

$$r_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta I}$$

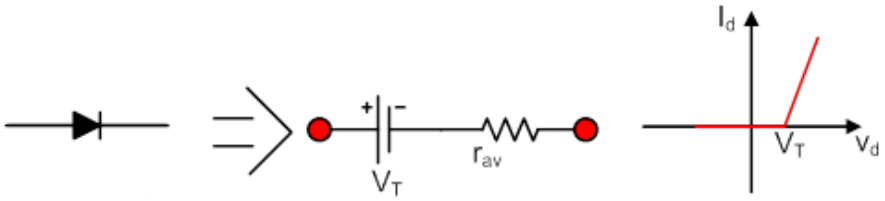
$$r_{av} = \frac{0.8\text{v} - 0.6\text{v}}{20\text{mA} - 2\text{mA}}$$

$$r_{av} = 11.11\Omega \quad \text{ตอบ}$$

1.6.การเขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของไดโอด(Equivalent circuit)

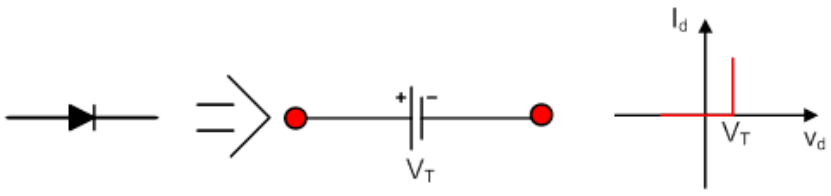
จากการวิเคราะห์การทำงานของไดโอดจะประกอบด้วย ค่าแรงดันคัทอินตามชนิดของไดโอด และค่าความต้านทานไดโอดซึ่งมีทั้ง ความต้านทานสเตติกซ์ ความต้านทานไดนามิกซ์ และความต้านทานเฉลี่ย ดังนั้นวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของไดโอดจะประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และค่าความต้านทานเฉลี่ยต่ออนุกรมกัน แทนลงในวงจรสมมูล ได้ดังนี้

พิจารณาแบบสมบูรณ์



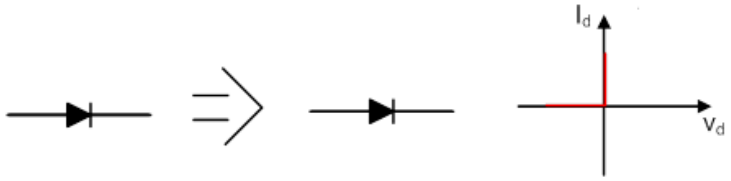
รูปที่ 1.10 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในช่วงไบแอสตรง

พิจารณาจากค่าความต้านทานภายนอกมีค่ามากกว่าความต้านทานเฉลี่ยของไดโอด เขียนวงจรสมมูล ก็จะมีเฉพาะแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ได้ดังนี้



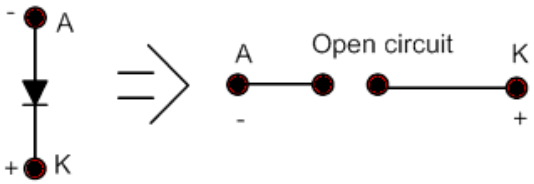
รูปที่ 1.11 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในช่วงไบแอสตรง

พิจารณาจากค่าแรงดันภายนอกมีค่าสูงกว่าค่าแรงดันคัทอินไดโอดมาก ๆและค่าความต้านทานภายนอกมีค่ามากกว่าความต้านทานเฉลี่ยของไดโอด สามารถเขียนวงจรสมมูล เหมือนไดโอดอุดมคติ ก็จะละเลยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและความต้านทานเฉลี่ยได้ดังนี้



รูปที่ 1.12 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในช่วงไบแอสตรง

ที่กล่าวมาเป็นการทำงานของไดโอดในช่วงไบแอสตรง ในช่วงที่ไดโอดได้รับไบแอสกลับไดโอดจะไม่นำกระแสเปรียบเหมือนอยู่ในสภาวะเปิดวงจรเขียนวงจรสมมูลได้ดังนี้



รูปที่ 1.13 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในช่วงไบแอสกลับ

1.7 การวิเคราะห์ไดโอดในแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อไดโอดถูกนำมาต่อร่วมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อทำหน้าที่เหมือนเป็นสวิทช์กำหนดกระแสและแรงดันในวงจร ดังนั้นสัญลักษณ์ของไดโอดจะต้องถูกแทนด้วยวงจรสมมูลทางไฟฟ้าก่อนถึงจะวิเคราะห์หาค่ากระแสและแรงดัน ด้วยทฤษฎีต่าง ๆของไฟฟ้าได้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

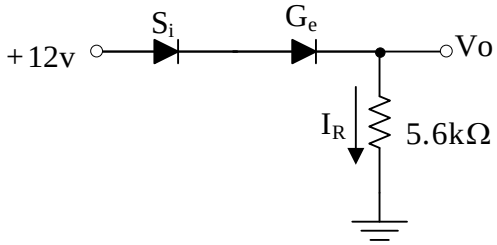
ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ถ้าวงจรที่กำหนดมาให้ดูแล้วไม่เป็นรูปแบบอนุกรมแบบขนาน หรือแบบผสม ก็ให้เขียนวงจรใหม่ในลักษณะที่เป็นวงจรปิด แบบอนุกรม แบบขนาน หรือแบบผสม
2. กำหนดทิศทางกระแสที่ไหลในวงจรตามทิศทางของกระแสของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ถ้าในวงจรนั้นมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มากกว่า 1 แหล่ง กระแสไฟฟ้า

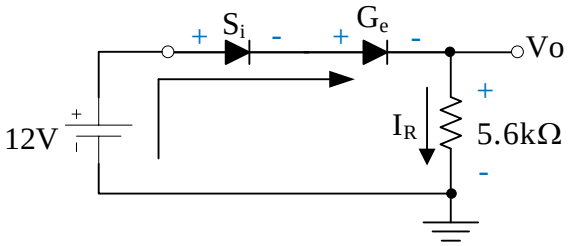
ที่ไหลในวงจรจะเป็นไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่ามากที่สุด

3. กำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคล่อมอุปกรณ์ทุกตัว ตามทฤษฎีทางไฟฟ้าดังนี้ ทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลเข้าให้มีศักดิ์ไฟฟ้าเป็นบวก แทนด้วยสัญญาลักษณ์ไฟบวก(+) ส่วนทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลออก ให้มีศักดิ์ไฟฟ้าเป็นลบ แทนด้วยสัญญาลักษณ์ไฟลบ(-)
4. แทนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าของไดโอด ตามเงื่อนไขต่อไปนี้
   - ถ้าไดโอด ถูกไบอัสตรง แทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดัน ค่าแรงดันตามชนิดของไดโอด
   - ถ้าไดโอด ถูกไบอัสกลับ แทนด้วยสัญลักษณ์สวิทช์เปิดหรือ เปิดวงจร
5. วิเคราะห์หาค่ากระแส และแรงดันในวงจร ตามทฤษฎีทางไฟฟ้า เช่น กฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอร์ฟ อื่นๆ

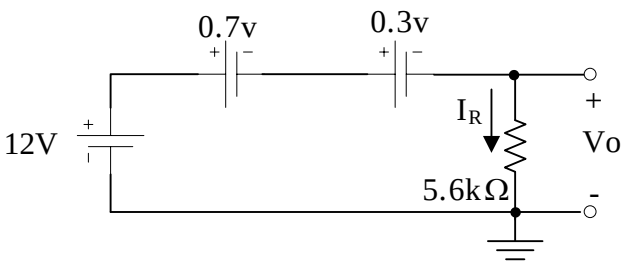
ตัวอย่างที่ 1 จากรูปให้คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจร และแรงดันที่ขั้วเอาท์พุต V_O



วิธีทำ ทำตามขั้นตอนที่ 1 คือเขียนวงจรใหม่ ขั้นตอนที่ 2 กำหนดทิศทางกระแสที่ไหลในวงจร และขั้นตอนที่ 3 กำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคล่อมอุปกรณ์ทุกตัว ดังรูป



ขั้นตอนที่ 4 ไดโอดทั้ง 2 ตัวถูกไบอัสตรง แทนด้วยสัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดัน ดังรูป



ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์หาค่ากระแส และแรงดัน

วิเคราะห์หาค่าแรงดันที่ขั้วเอาท์พุต V_O

$$V_O = I_R \times 5.6\ k\Omega \quad \text{.....} \quad (1)$$

$$I_R = \frac{12v - 0.7v - 0.3v}{5.6k\Omega}$$

$$I_R = 1.96\ mA$$

แทนค่าในสมการ Vo

$$Vo = 1.96mA(5.6k\Omega)$$

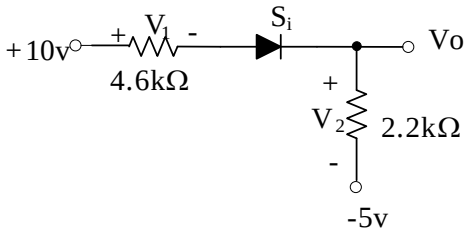
$$Vo = 11v \qquad \text{ตอบ}$$

หรือหาค่าตามกฎของเคอร์ชอร์ฟ

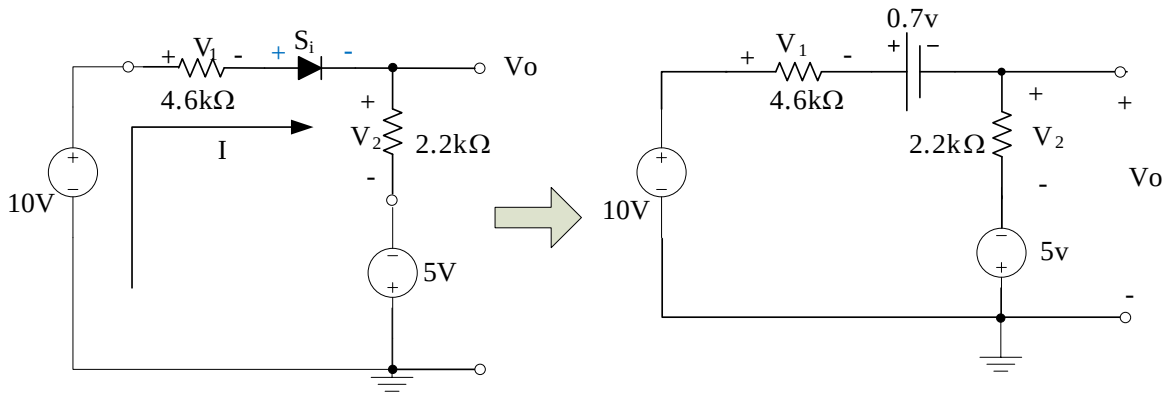
$$Vo = -0.3v - 0.7v + 12$$

$$Vo = 11v \qquad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2 จากรูปให้คำนวณหาค่าแรงดัน V1 แรงดัน V2 และแรงดันที่ขั้วเอาท์พุต V_O



วิธีทำ ทำตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 4 ไดโอดถูกไบอัสตรง จะได้วงจรตามรูปด้านล่าง



ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์หาค่ากระแส และแรงดัน ตามกฎของโอห์ม

$V_1 = I \times (4.6k\Omega)$

$V_2 = I \times (2.2k\Omega)$

$V_O = V_2 - 5v$ ตอบ

หาค่ากระแส ตามกฎของโอห์ม

$$I = \frac{12v + 5v - 0.7v}{4.6k\Omega + 2.2k\Omega}$$

$I = 2.1\ mA$ ตอบ

แทนค่ากระแส ลงในสมการแรงดัน ได้ดังนี้

$V_1 = 2.1mA \times (4.6k\Omega)$

$= 9.66v$ ตอบ

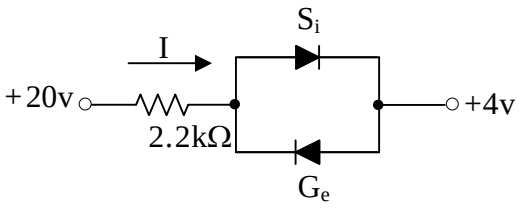
$V_2 = 2.1mA\ (2.2k\Omega)$

$= 4.62v$ ตอบ

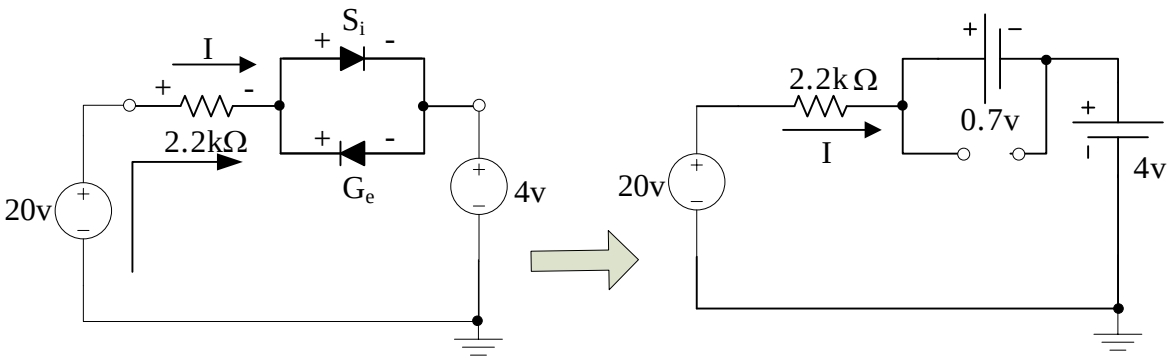
$V_0 = 4.62v - 5v$

$V_0 = -0.38v$ ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 จากรูปให้คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจร



วิธีทำ จากการกำหนดกระแสที่ไหลในวงจรทำให้ไดโอดชนิดซิลิกอนถูกไบอัสตรง ส่วนไดโอดชนิดเยอรมาเนียมถูกไบอัสกลับเขียนวงจรได้ใหม่ตามรูปข้างล่าง



หาค่ากระแส ตามกฎของโอห์ม

$$I = \frac{20 - 0.7 - 4v}{2.2k\Omega}$$

I = 6.96 mA ตอบ

DIODES
INCORPORATED

1N4001 - 1N4007

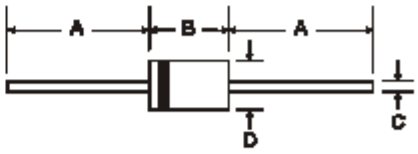
1.0A RECTIFIER

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 Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
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 at Rated DC Blocking Voltage @ T_A = 100°C	I_{RM}	5.0 50							μA
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	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.

รูปที่ 1.14 คู่มือไดโอดเบอร์ 1N4001 - 1N4007

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1
คุณสมบัติไดโอด

1. ให้บอกชนิดของไดโอด

.....
.....
.....
.....

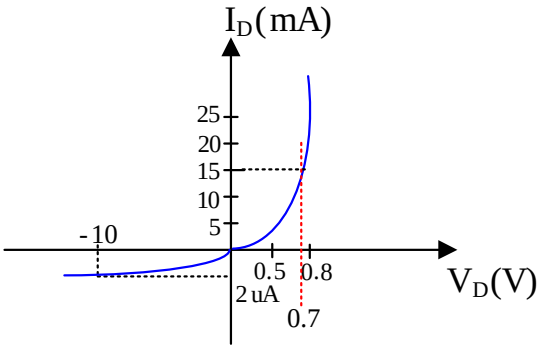
2. ให้อธิบายวิธีการไบแอสไดโอดทั้งแบบไบแอสตรงและไบแอสกลับ

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. ให้เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

.....
.....
.....
.....
.....

4. จากกราฟคุณสมบัติไดโอดให้คำนวณหาค่าความต้านทานของไดโอด



4.1 ค่าความต้านทานสเตติกส์(R_D)

.....

.....

.....

.....

4.2 ค่าความต้านทานไดนามิกส์(r_d)

.....

.....

.....

.....

ใบงานการวัดไดโอด

วัตถุประสงค์

1.นักศึกษาสามารถวัดหาขาของไดโอดได้ถูกต้อง

2.นักศึกษาสามารถบอกความแตกต่างของไดโอดแต่ละประเภทได้ถูกต้อง

3.นักศึกษาสามารถอธิบายการไบแอสแบบต่างๆได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์

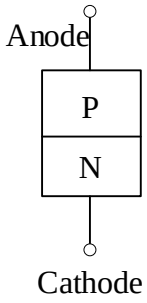
1.มัลติมิเตอร์.

2. ไดโอด 1N4001 , LED Zener diode

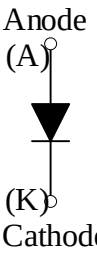
3.แผงต่อวงจรโฟโต้ บอร์ด และ สายต่อวงจร

ทฤษฎีที่เกี่ยวของ

ไดโอดถูกสร้างมาจากสาร P-N จังก์ชั่น ชนิด 1 รอยต่อมี ขาแอโนด(A) ซึ่งต่ออยู่กับทางสารชนิด P type และขาแคโทด(K) ต่ออยู่กับทางสารชนิด N type ตามรูป



ข) โครงสร้างของไดโอด



ข) สัญลักษณ์ของไดโอด

ลำดับขั้นการทดลอง

1. **การวัดค่าความต้านทานไดโอดเรกติไฟเออร์ เบอร์ 1N 4001~ 1N4007**

1.1 ตั้งย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านโอห์มมิเตอร์

1.2 ปรับย่านวัดที่ R x 1 ทำการวัดและบันทึกผลลงในตาราง

1.3 ทำการเปลี่ยนย่านวัดตามตารางและบันทึกผลลงในตาราง

วิธีการวัด / การตั้งย่านวัดมิเตอร์	R x 1	R x 10	R x 1k	R x 10k
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (1) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (2)				
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (2) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (1)				

จากการทดลองตอบคำถามต่อไปนี้

1.4 การวัดแบบไบแอสตรง(Forward bias)จะต้องวัดอย่างไร.....
.....

1.5 การวัดแบบไบแอสกลับ(Revers bias)จะต้องวัดอย่างไร.....
.....

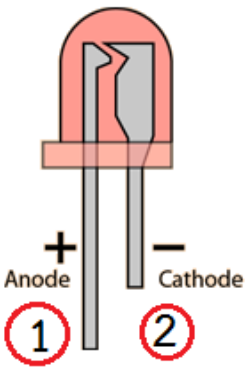
1.6 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วมีค่าความต้านทานนั้นหมายความว่าไดโอดทำงาน / ไม่ทำงาน .....เพราะเหตุใด.....

1.7 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วไม่มีค่าความต้านทานนั้นหมายความว่าไดโอดทำงาน / ไม่ทำงาน.....เพราะเหตุใด.....

1.8 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 1 แทนขาอะไรของไดโอด.....

1.9 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 2 แทนขาอะไรของไดโอด.....

2. การวัดค่าความต้านทานไดโอดเปล่งแสง(LED)



2.1 ตั้งย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านโอห์มมิเตอร์

2.2 ปรับย่านวัดที่ R x 1 ทำการวัดและบันทึกผลลงในตาราง

2.3 ทำการเปลี่ยนย่านวัดตามตารางและบันทึกผลลงในตาราง

วิธีการวัด / การตั้งย่านวัดมิเตอร์	R x 1	R x 10	R x 1k	R x 10k
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (1) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (2)				
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (2) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (1)				

จากการทดลองตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 การวัดแบบไบแอสตรง(Forward bias)จะต้องวัดอย่างไร.....
....

2.4 การวัดแบบไบแอสกลับ(Revers bias)จะต้องวัดอย่างไร.....
....

2.5 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วมีค่าความต้านทานนั้นหมายความว่าLEDทำงาน / ไม่ทำงาน
.....เพราะเหตุใด.....

2.6 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วไม่มีค่าความต้านทานนั้นหมายความว่าLEDทำงาน / ไม่ทำงาน
..... เพราะเหตุใด.....

2.7 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 1 แทนขาอะไรของLED.....

2.8 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 2 แทนขาอะไรของLED.....

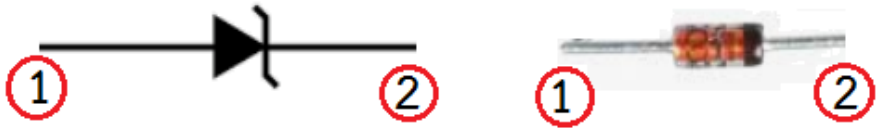
2.9 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 1 แทนสาร P – tppe / N – typeของLED.....
และต้องการไบแอสไฟบวก / ไฟบวก .....

2.10 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 2 แทนสาร P – tppe / N – typeของ
LED.....และต้องการไบแอสไฟบวก / ไฟบวก .....

2.9 สายมิเตอร์สีแดงของมิเตอร์จะให้ไฟอะไรออกมา .....

3.0 สายมิเตอร์สีดำของมิเตอร์จะให้ไฟอะไรออกมา .....

3. การวัดค่าความต้านทานซีเนอร์ไดโอด เบอร์ .....



3.1 ตั้งย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านโอห์มมิเตอร์

3.2 ปรับย่านวัดที่ R x 1 ทำการวัดและบันทึกผลลงในตาราง

3.3 ทำการเปลี่ยนย่านวัดตามตารางและบันทึกผลลงในตาราง

วิธีการวัด / การตั้งย่านวัดมิเตอร์	R x 1	R x 10	R x 1k	R x 10k
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (1) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (2)				
สายมิเตอร์สีแดงวัดที่หมายเลข (2) สายมิเตอร์สีดำวัดที่หมายเลข (1)				

จากการทดลองตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 การวัดแบบไบแอสตรง(Forward bias)จะต้องวัดอย่างไร

.....

.....

3.4 การวัดแบบไบแอสกลับ(Revers bias)จะต้องวัดอย่างไร.....

....

3.5 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วมีค่าความต้านทานนั้นหมายความว่าซีเนอร์ไดโอดทำงาน / ไม่ทำงาน.....เพราะเหตุใด.....

3.6 ผลจากกรทดลองเมื่อวัดแล้วมีค่าความต้านทานทั้ง 2 ครั้งนั้นหมายความว่าเป็นไดโอด /ซีเนอร์ไดโอด..... เพราะเหตุใด.....

3.7 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 1 แทนขาอะไรของซีเนอร์ไดโอด.....

3.8 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 2 แทนขาอะไรของซีเนอร์ไดโอด.....

3.9 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 1 แทนสาร P – tppe / N – typeของไดโอด .....และต้องการไบแอสไฟบวก / ไฟบวก .....

3.10 จากผลการทดลองตำแห่งหมายเลข 2 แทนสาร P – tppe / N – typeของไดโอด .....และต้องการไบแอสไฟบวก / ไฟบวก .....

3.11 การวัดในวิธีที่ 1 เป็นการวัดแบบไบแอสตรง / แบบไบแอสกลับ.....

3.12การวัดในวิธีที่ 2 เป็นการวัดแบบไบแอสตรง / แบบไบแอสกลับ.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง

ชื่อ – สกุล .....ชั้น/กลุ่ม.....เลขที่.....

ลำดับที่	เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน				หมายเหตุ
		3	2	1	0	
1	การตรงต่อเวลา					
2	การแต่งกาย					
3	ความตั้งใจการปฏิบัติงาน					
4	กรทำงานร่วมกับผู้อื่น					
5	การเตรียม / เก็บรักษาเครื่องมือ					
6	ทักษะในการปฏิบัติงาน					
7	ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน					
8	ส่งงานตามกำหนดเวลา					
9	ความถูกต้องของใบงาน					
10	สรุปผลการทดลอง					
	รวมคะแนน					

สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน คะแนนที่ได้ .....

ข้อเสนอแนะ .....

.....

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

(นายชาตรี เริงชัยภูมิ)

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องสม่ำเสมอ

ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องเป็นบางครั้ง

ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติถูกต้องน้อยครั้ง

ระดับ 0 หมายถึง ไม่ปฏิบัติเลย

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

เรื่องคุณสมบัติไดโอด

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ซิลิกอนไดโอดเมื่อถูกไบแอสตรงจะมีค่าแรงดันตรงบริเวณรอยต่อตรงกับข้อใด
   - ก. 0.3 V
   - ข. 0.7 V
   - ค. 1 V
   - ง. 1.3 V
2. เมื่อไดโอด ถูกไบแอสตรงจะมีคุณสมบัติตรงกับข้อใด
   - ก. มีกระแสไหลผ่านไดโอด
   - ข. ไดโอดมีค่าความต้านทานสูง
   - ค. ไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด
   - ง. ไม่มีอะไรเกิดขึ้น
3. ไดโอดมีกี่ขาและมีชื่อเรียกตรงกับข้อใด
   - ก. 2 ขา (แอโนด-เกต)
   - ข. 2 ขา (แอโนด-แคโทด)
   - ค. 3 ขา (แอโนด-แคโทด-เกต)
   - ง. 3 ขา (เบส-เกต-เดรน)
4. ขาของไดโอดที่ต่ออยู่กับสารชนิด P-type มีชื่อตรงกับข้อใด
   - ก. เกต
   - ข. แอโนด
   - ค. แคโทด
   - ง. เบส
5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เมื่อนำไดโอดไปใช้งานจะต้องถูกไบแอสแบบใด
   - ก. ไบแอสบวก
   - ข. ไบแอสลบ
   - ค. ไบแอสตรง
   - ง. ไบแอสกลับ

6. เมื่อไดโอดถูกนำไปใช้ที่กระแส 30mA เกิดแรงดันตกคล่อมไดโอด 0.65V จะมีค่าความต้านทานสเตติกส์ตรงกับข้อใด

ก. 0.046 โอห์ม

ข. 0.86โอห์ม

ค. 21.66 โอห์ม

ง. 30 โอห์ม

7. เมื่อไดโอดถูกนำไปใช้ที่กระแส 30mA เกิดแรงดันตกคล่อมไดโอด 0.65V จะมีค่าความต้านทานไดนามิกส์ตรงกับข้อใด

ก. 0.046 โอห์ม

ข. 0.86โอห์ม

ค. 21.66 โอห์ม

ง. 30 โอห์ม

8. วงจรสมมูลทางไฟฟ้าในทางปฏิบัติ เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรงจะมีสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าตรงกับข้อใด

ก. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ข. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายกระแส

ค. สัญลักษณ์ตัวต้านทาน

ง. สัญลักษณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและสัญลักษณ์ตัวต้านทาน

9. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เมื่อไดโอดถูกไบแอสตรง

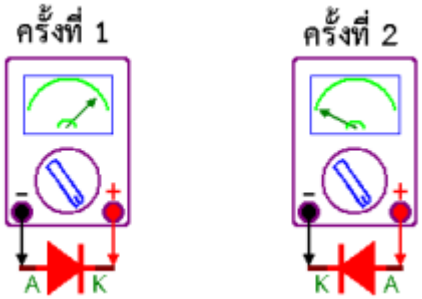
ก. จ่ายไฟบวกให้ขาแคโทด และจ่ายไฟลบให้ขาแอโนด

ข. จ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด และจ่ายไฟลบให้ขาแคโทด

ค. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และจ่ายไฟลบให้สารกึ่งตัวนำชนิด P

ง. จ่ายไฟบวกให้สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

10. จากภาพการตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ข้อใดถูกต้อง



ก. ครั้งที่ 1 ไบแอสกลับ

ข. ครั้งที่ 2 ไดโอดลัดวงจร

ค. ครั้งที่ 1 ไบแอสตรง

ง. ครั้งที่ 2 ไบแอสตรง

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1
คุณสมบัติไดโอด

ข้อ	คำตอบ
1	ข
2	ก
3	ข
4	ข
5	ก
6	ค
7	ข
8	ก
9	ข
10	ค

แบบเก็บคะแนนทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 1 คุณสมบัติไดโอด

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	ผลคะแนน	
		Pre-Test	Post-Test
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			