

การวิเคราะห์



วงจรรอิเล็กทรอนิกส์

Electronic Circuit Analysis

สาย์ณต์ ชื่นอารมย์

การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit Analysis)

รหัสวิชา 30105-2001

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ

กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ
และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรี หรือผู้ที่สนใจในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป



เรียบเรียงโดย
สายัณต์ ชื่นอารมณ์

การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit Analysis)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้า พารามิเตอร์และการใช้งาน การให้ไบแอส การวิเคราะห์ไดโอด ทราานซิสเตอร์และเฟต การแปลความหมายจาก Data Sheet การออกแบบวงจร แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า วงจรขยายในย่านความถี่ต่ำสำหรับสัญญาณขนาดเล็ก วงจรขยายสัญญาณแบบหลายภาค วงจรขยายป้อนกลับแบบลบและวงจรขยายกำลัง

พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2565

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600
โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521
e-Mail : wangaksorn9@gmail.com Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร
www.wangaksorn.com ID Line : wangaksorn



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางสำนักพิมพ์เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

คำนำ

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 30105 - 2001 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** และใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรี นำเสนอเนื้อหาที่เข้าใจง่าย มีลำดับขั้นตอน มีภาพประกอบ และแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้า และทำความเข้าใจเพิ่มเติม โดยผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 7 บทเรียน และได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอน ที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตาม จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียน มุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนให้เป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม มีจรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จ ในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขัน ในประชาคมอาเซียน

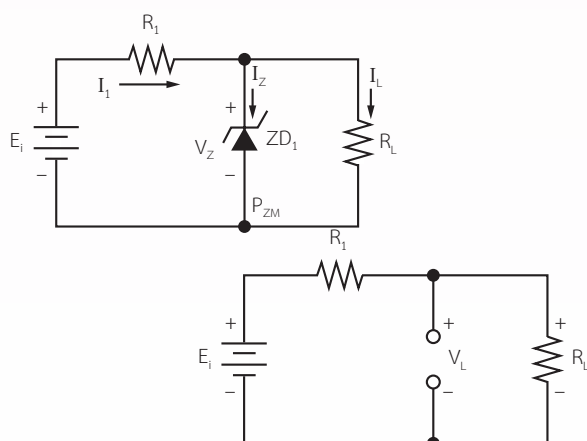
ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสพวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

สายัณต์ ชื่นอารมย์

สารบัญ

บทที่ 1 การวิเคราะห์ไดโอด

โครงสร้างพื้นฐานและหลักการทำงานของไดโอด	1
คุณลักษณะไดโอด	2
ความต้านทานไดโอด	4
วิเคราะห์ไดโอดต่อขนานกับแหล่งจ่าย	8
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	17
ไดโอดเปล่งแสง	19
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	22
ใบงานที่ 1.1 วงจรไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด	26



บทที่ 2 การออกแบบวงจรแหล่งจ่าย

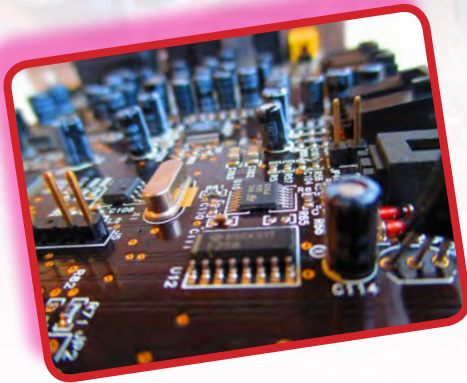
กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า	28
บทนำ	29
วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า	30
วงจรกรองแรงดันไฟฟ้า	34
วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าตรงคงที่	40
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	44
ใบงานที่ 2.1 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	48

บทที่ 3 การวิเคราะห์ทรานซิสเตอร์

โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์	51
การทำงานของทรานซิสเตอร์	52
จุดร่วมสัญญาณทรานซิสเตอร์	54
กราฟแสดงคุณลักษณะทรานซิสเตอร์ NPN	54
วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์	60
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	61
ใบงานที่ 3.1 วงจรไบแอสทรานซิสเตอร์	78
แบบแบ่งแรงดันไฟฟ้า	82





บทที่ 4 การวิเคราะห์เฟต

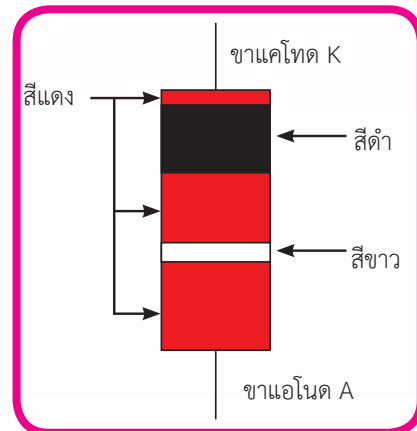
86

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเฟต	87
โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเจเฟต	88
การไบแอสเจเฟต	89
คุณลักษณะทางไฟฟ้าของเจเฟต	91
คุณลักษณะการถ่ายโอน	93
วงจรไบแอสเจเฟต	96
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	104
ใบงานที่ 4.1 วงจรขยายสัญญาณเสียง	
แบบคอมมอนซอร์สของเจเฟต	107

บทที่ 5 การอ่านคู่มือและแปลความหมาย คุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์

110

การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	111
การแปลความหมายคุณลักษณะทางไฟฟ้า ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	114
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	122
ใบงานที่ 5.1 การอ่านคู่มือและแปลความหมาย คุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	125

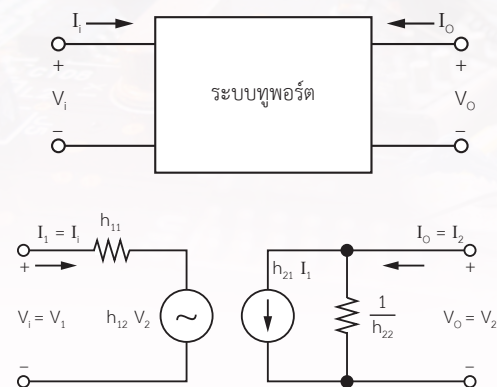


บทที่ 6 วงจรขยายในย่านความถี่ต่ำ

สำหรับสัญญาณขนาดเล็ก

127

แบบจำลองทรานซิสเตอร์	128
ระบบฟลูอิด	129
แบบจำลองทรานซิสเตอร์ r_e	132
วิเคราะห์วงจรขยายสัญญาณขนาดเล็ก ที่ใช้แบบจำลองทรานซิสเตอร์ r_e	141
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	153
ใบงานที่ 6.1 วงจรขยายที่ใช้การไบแอส อิมิตเตอร์	158



บทที่ 7 วงจรขยายป้อนกลับแบบลบ

วงจรขยายสัญญาณหลายภาค

และวงจรขยายกำลัง

162

วงจรขยายป้อนกลับแบบลบ 163

แบบจำลองทรานซิสเตอร์ไฮบริด 166

วงจรไบแอสคงที่ 167

วงจรขยายสัญญาณหลายภาค 170

วงจรขยายกำลัง 173

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 178

ใบงานที่ 7.1 วงจรขยายสัญญาณหลายภาค 182

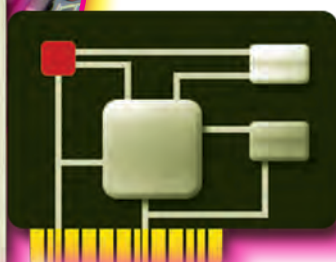
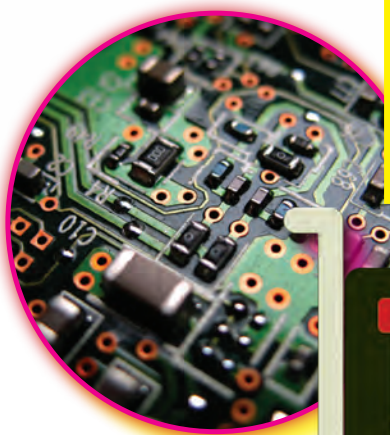
คำถามเพื่อการทบทวน

185

คำศัพท์

189

บรรณานุกรม



การวิเคราะห์ไดโอด

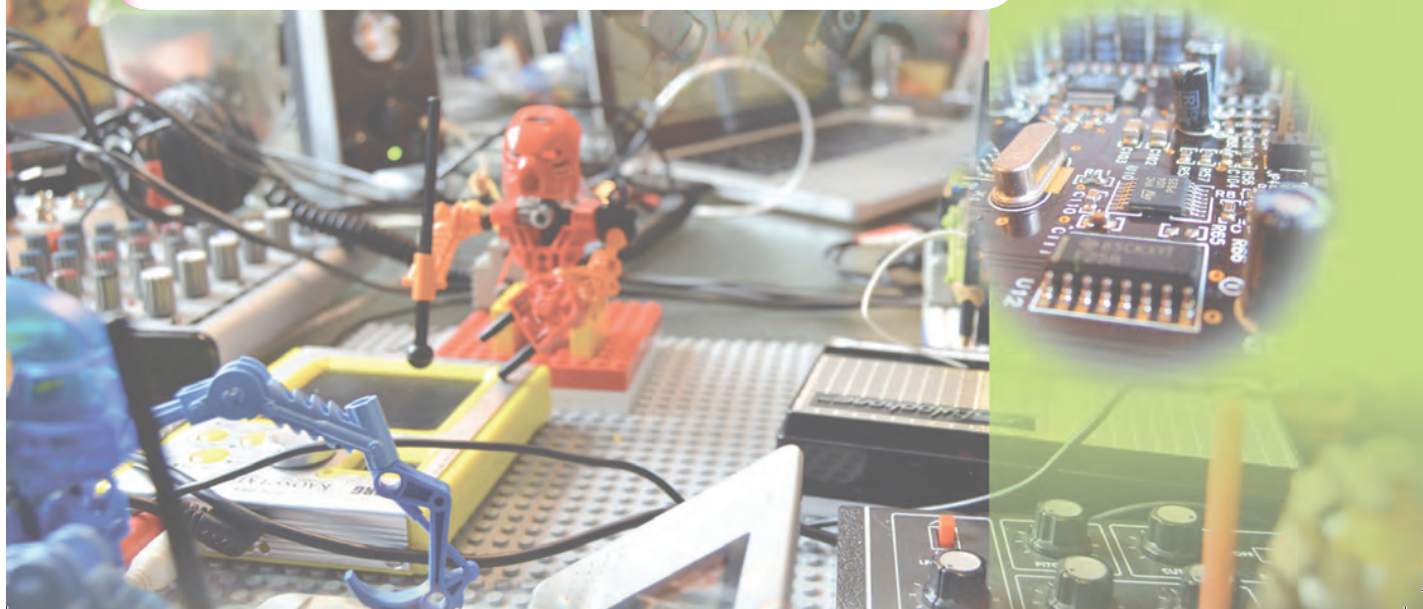
บทที่

1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายโครงสร้างพื้นฐานและหลักการทำงานของไดโอด
2. จำแนกไดโอดทางปฏิบัติการออกจากไดโอดทางอุดมคติ
3. คำนวณค่าความต้านทานไดโอดทางไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ
4. วิเคราะห์ไดโอดเมื่อต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
5. วิเคราะห์ไดโอดเมื่อต่อขนานกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
6. คำนวณค่าความต้านทานที่นำมาใช้งานกับไดโอดแปลงแสง



บทที่

1

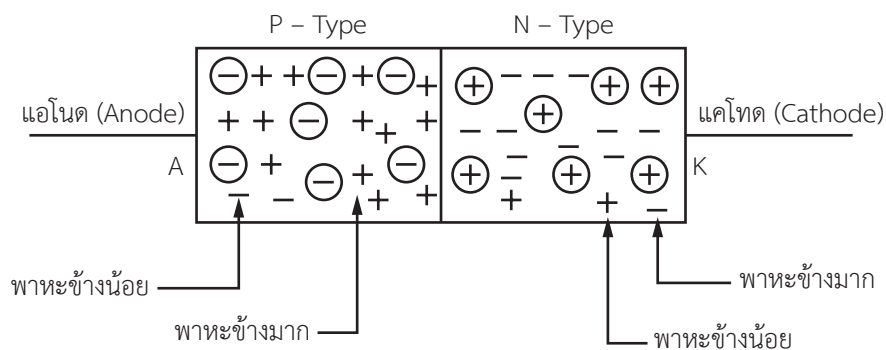
การวิเคราะห์ไดโอด



โครงสร้างพื้นฐานและหลักการทำงานไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าได้ทิศทางเดียว ถูกนำไปใช้งานต่าง ๆ อาทิ วงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้ากลับขั้ว วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

โครงสร้างไดโอดประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำชนิดพี (P - Type) ประกอบกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N - Type) ด้วยความร้อนสูงถึง $1,000^{\circ}\text{C}$ แสดงในรูปที่ 1.1

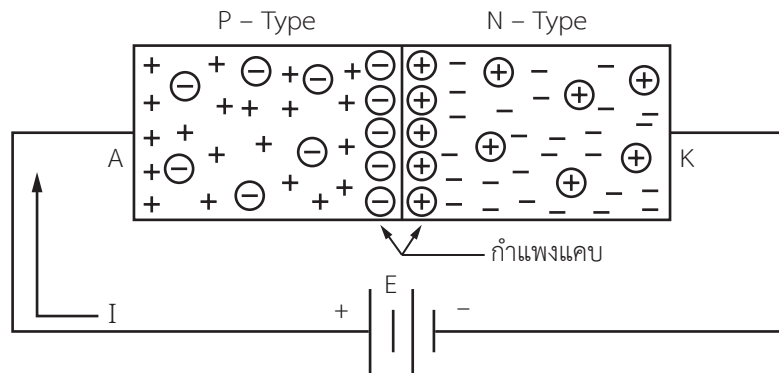


รูปที่ 1.1 โครงสร้างไดโอด

พิจารณาในรูปที่ 1.1 พบว่า สารกึ่งตัวนำชนิดพีมีทั้งประจุไฟฟ้าบวกและลบ ซึ่งโฮล (Hole) มีศักย์เทียบเท่ากับประจุไฟฟ้าบวก (+) ส่วนอิเล็กตรอน (Electron) มีศักย์เทียบเท่ากับประจุไฟฟ้าลบ (-) ดังนั้นโฮลจึงเป็นพาหะข้างมาก (Majority Carriers) ส่งผลให้อิเล็กตรอนเป็นพาหะข้างน้อย (Minority Carriers)

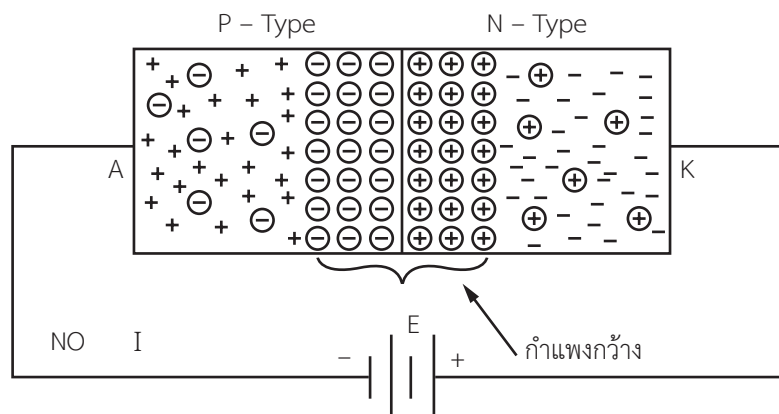
ในทำนองตรงกันข้าม สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จะมีโฮลเป็นพาหะข้างน้อย ส่งผลให้อิเล็กตรอนเป็นพาหะข้างมาก

การกำหนดจุดทำงานของไดโอด เรียกว่า **การไบแอส (Biasing)** มี 2 แบบ คือ การไบแอสตรง (Forward Bias) กับ การไบแอสกลับ (Reverse Bias)



รูปที่ 1.2 ไดโอดได้รับไบแอสตรง

เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง (รูปที่ 1.2) ทำให้ขาแอโนดได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก ขณะที่ขาแคโทดได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ แรงดันไฟฟ้าบวกจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) จะผลักโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดพีไปอยู่ตรงกลางบริเวณรอยต่อ ทำให้แรงดันไฟฟ้าลบจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะผลักอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นไปอยู่ตรงกลางบริเวณรอยต่อดังกล่าว ทำให้เกิดการจับคู่ระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮลช่วงกำแพงขวางกัน (Depletion Region) จะแคบลง ความต้านทานของไดโอดจะมีค่าลดลง ส่งผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ ไดโอดจึงนำกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 1.3 ไดโอดได้รับไบแอสกลับ

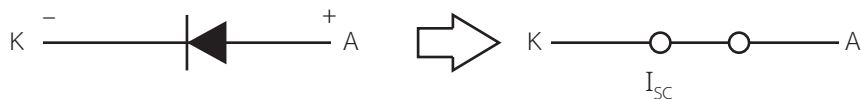
เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ (รูปที่ 1.3) ทำให้ขาแคโทดได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ขณะที่ขาแอโนดได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ขณะนี้ขาแคโทดได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก แรงดันไฟฟ้าบวกจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) จะดึงอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นให้ห่างจากรอยต่อ โดยมาอยู่บริเวณปลายแท่งของสารเอ็นมากที่สุด ส่วนแรงดันไฟฟ้าลบจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะต้องดึงโฮลในสารพีให้ออกมาอยู่ปลายแท่งของสารพีมากที่สุด ช่วงกำแพงขวางกั้นจะกว้างขึ้น ความต้านทานของไดโอดจะมีค่าสูงขึ้นไดโอดจึงไม่นำกระแสไฟฟ้า



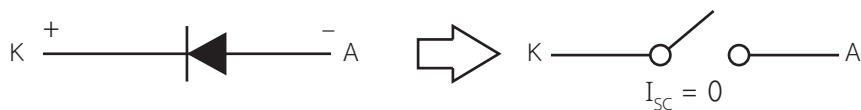
คุณลักษณะไดโอด

คุณลักษณะไดโอด (Characteristic of Diode) มาจากหลักการไบแอสไดโอด มีทั้งไบแอสตรงและไบแอสกลับ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ไดโอดทางอุดมคติ (Ideal Diode) กับไดโอดทางปฏิบัติการ (Practical Diode)

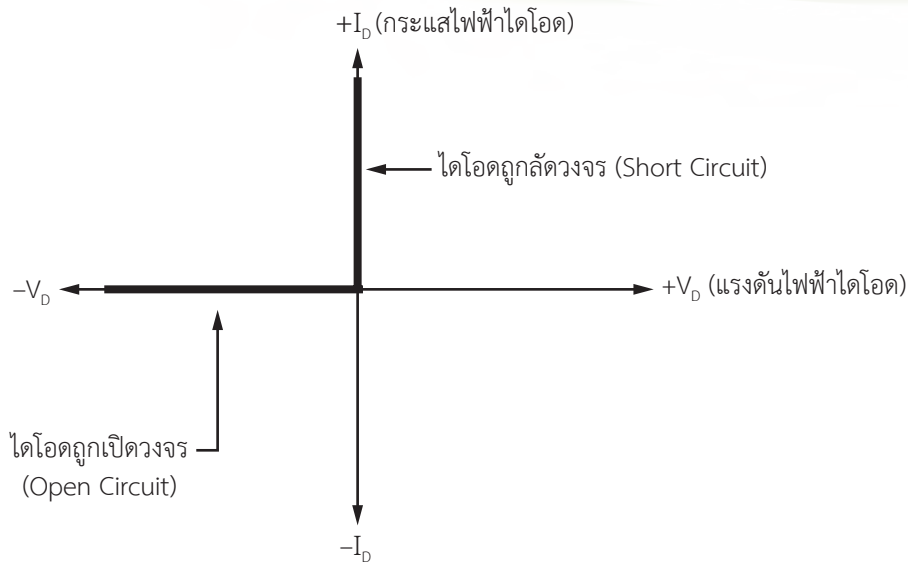
ไดโอดทางอุดมคติ



(ก) ไดโอดถูกลัดวงจรเมื่อได้รับไบแอสตรง



(ข) ไดโอดถูกเปิดวงจรเมื่อได้รับไบแอสกลับ



(ค) กราฟไดโอดทางอุดมคติ

รูปที่ 1.4 ไดโอดทางอุดมคติ

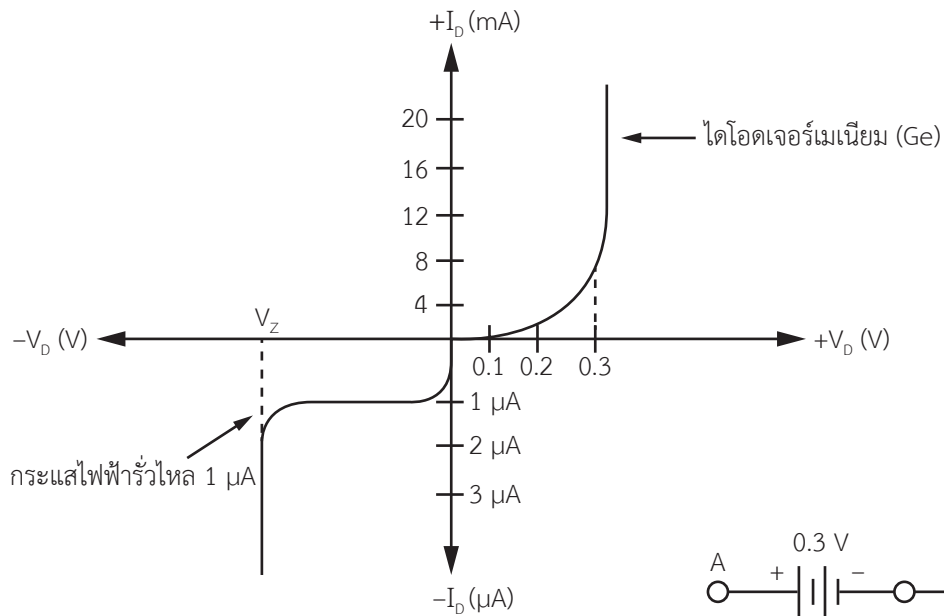
ไดโอดทางอุดมคติ แสดงในรูปที่ 1.4 มีรายละเอียดดังนี้

พิจารณารูปที่ 1.4 (ก) แสดงไดโอดได้รับไบแอสตรง เปรียบเสมือนไดโอดถูกลัดวงจรแล้วทำให้ค่าความต้านทานไดโอดมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น จึงเทียบเท่ากับสวิตช์ต่อวงจร

พิจารณารูปที่ 1.4 (ข) แสดงไดโอดได้รับไบแอสกลับ เปรียบเสมือนไดโอดถูกเปิดวงจร (ขาดวงจร) เทียบเท่าได้กับสวิตช์ตัดวงจร ส่งผลให้ค่าความต้านทานไดโอดสูงมากเป็นอนันต์ (Infinity, ∞)

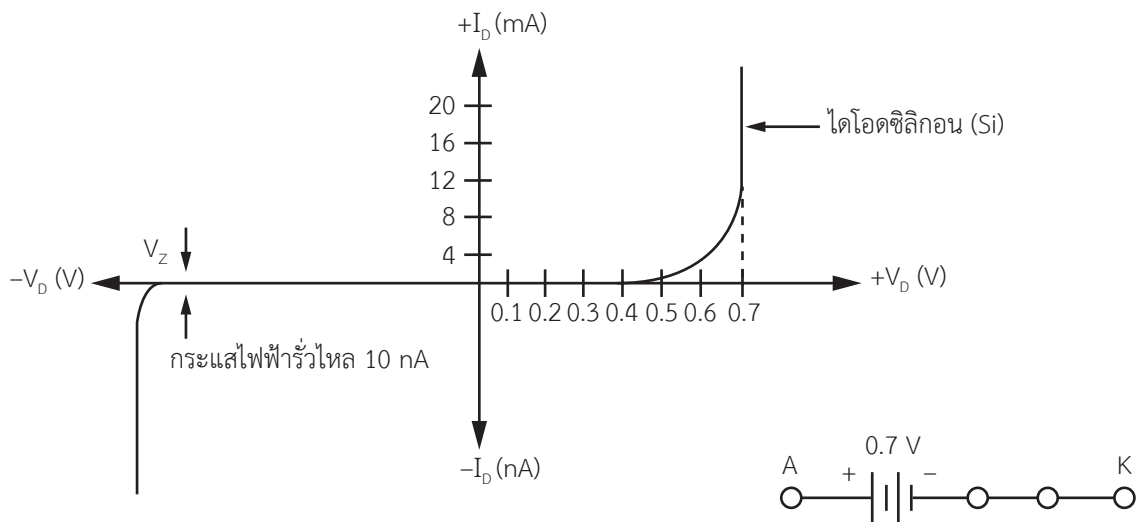
พิจารณารูปที่ 1.4 (ค) แสดงกราฟของไดโอดทางอุดมคติ ขณะที่ไดโอดถูกลัดวงจร (ไดโอดนำกระแสไฟฟ้า) จะทำให้ค่าความต้านทานไดโอดลดลงเป็นศูนย์ ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไดโอด (I_D) มีค่าสูงขึ้น จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด (V_D) ลดลงเป็นศูนย์ ในทำนองตรงกันข้ามขณะที่ไดโอดถูกเปิดวงจร จะทำให้กระแสไฟฟ้าไดโอดมีค่าเป็นศูนย์ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอดขณะไบแอสกลับมีค่าสูงขึ้น

ไดโอดทางปฏิบัติการ



(ก) กราฟไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม

(ข) ไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมในทางปฏิบัติการ



(ค) กราฟไดโอดชนิดซิลิกอน

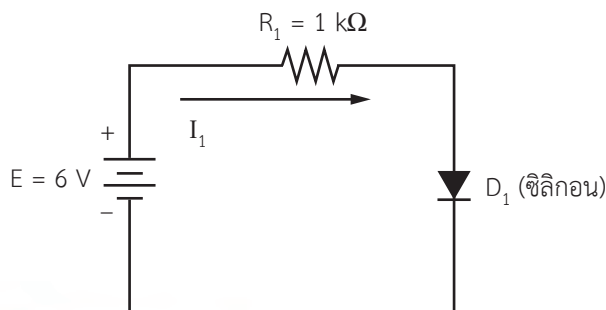
(ง) ไดโอดชนิดซิลิกอนในทางปฏิบัติการ

การนำไดโอดมาต่อใช้งานในทางปฏิบัติ คือ การพิจารณาไดโอดทางปฏิบัติการ แสดงในรูปที่ 1.5 มีรายละเอียดดังนี้

1. พิจารณารูปที่ 1.5 (ก) กับรูปที่ 1.5 (ข) แสดงกราฟไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม กล่าวคือ เมื่อไดโอดนี้ได้รับไบแอสตรง จะเกิดแรงดันไฟฟ้าคัต - อิน (Cut - in Voltage) ตกคร่อมที่ตัวไดโอดประมาณ 0.2 V ถึง 0.3 V ทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้า เมื่อไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมได้รับไบแอสกลับ จะทำให้ไดโอดไม่นำกระแสไฟฟ้า แต่จะมีกระแสไฟฟ้าวไหลปรากฏขึ้นในตอนแรกเพียงเล็กน้อย (กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนจาก 0 - 1 μA) และถ้ามีการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับให้สูงขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าวไหลเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดที่ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น เรียกว่า **กระแสไฟฟ้าอิมิตวย้อนกลับ (Reverse Saturation Current)** และในช่วงกระแสไฟฟ้าอิมิตวย้อนกลับนี้ จะทำให้เกิดเป็นแรงดันไฟฟ้าพังทลายของซีเนอร์ (Zener Breakdown Voltage) โดยถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับให้กับไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าพังทลายของซีเนอร์ จะทำให้ไดโอดนี้พังและเสียหาย

2. พิจารณารูปที่ 1.5 (ค) กับรูปที่ 1.5 (ง) แสดงกราฟไดโอดชนิดซิลิกอน ซึ่งกระแสไฟฟ้าวไหลไดโอดชนิดนี้จะต่ำกว่าไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม (กระแสไฟฟ้าวไหลของไดโอดชนิดซิลิกอนมีค่า 10 nA) เมื่อไดโอดชนิดซิลิกอนได้รับไบแอสตรง จะเกิดแรงดันไฟฟ้าคัต - อิน ตกคร่อมประมาณ 0.6 V ถึง 0.7 V ทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้า เมื่อไดโอดดังกล่าวได้รับไบแอสกลับ จะทำให้ไม่นำกระแสไฟฟ้า แต่จะมีกระแสไฟฟ้าวไหลปรากฏขึ้นในตอนแรกเพียงเล็กน้อย (กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนจาก 0 - 10 nA) และถ้ามีการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับให้สูงขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าวไหลเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดที่ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น เรียกว่า **กระแสไฟฟ้าอิมิตวย้อนกลับ** และในช่วงกระแสไฟฟ้าอิมิตวย้อนกลับนี้ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าพังทลายซีเนอร์ โดยถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าพังทลายซีเนอร์ จะทำให้ไดโอดพัง

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูปที่ 1.6 ให้คำนวณหากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 เมื่อพิจารณาไดโอดทางปฏิบัติการ



รูปที่ 1.6 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.1

วิธีทำ

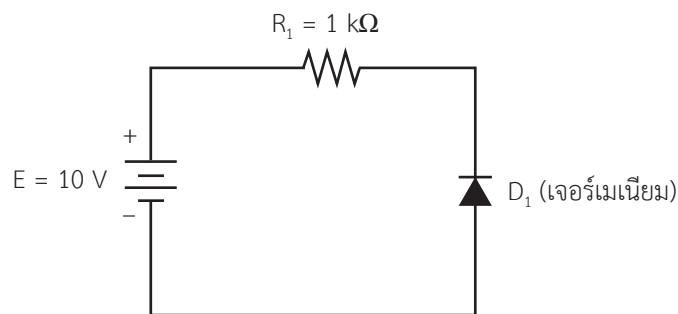
$$\begin{aligned}
 1. \text{ กระแสไฟฟ้า } I_1 &= \frac{E - V_D}{R_1} = \frac{6 - 0.7}{1 \times 10^3} \\
 &= 5.3 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 คือ V_1

$$\begin{aligned}
 V_1 &= I_1 R_1 = (5.3 \times 10^{-3}) (1 \times 10^3) \\
 &= 5.3 \text{ V}
 \end{aligned}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.2 จากรูปที่ 1.7 ให้คำนวณหากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม D_1



รูปที่ 1.7 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2

วิธีทำ

1. ไดโอด D_1 ได้รับไบแอสกลับ จึงทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอด D_1
 ดังนั้น $I_D = 0$

2. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_1 = 0$ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $D_1 = 10 \text{ V}$

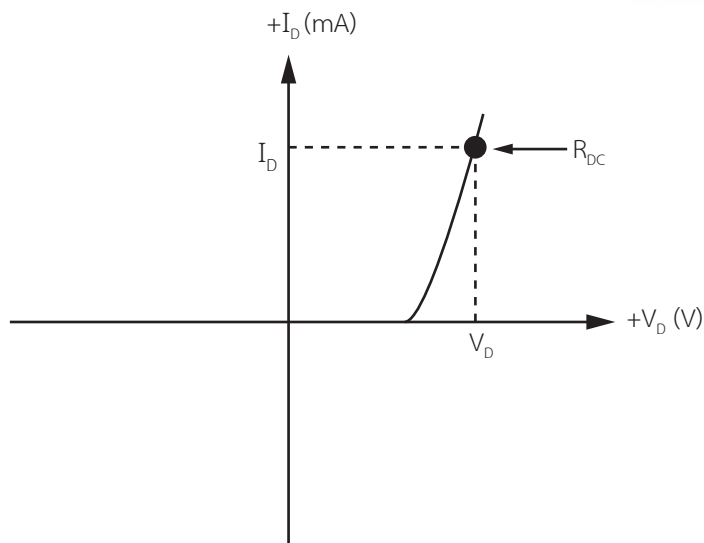
ตอบ



ความต้านทานไดโอด

ไดโอดสามารถนำไปใช้งานได้ทั้งวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานเกิดขึ้นที่ไดโอด ซึ่งค่าความต้านทานไดโอดจะพิจารณาความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรง (Static Resistance) และความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับ (Dynamic Resistance)

ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด



รูปที่ 1.8 ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด

ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด แสดงในรูปที่ 1.8 ซึ่งจะนำค่าคงที่ของกระแสไฟฟ้าไดโอด (I_D) กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของไดโอด (V_D) มาจัดทำเป็นอัตราส่วน

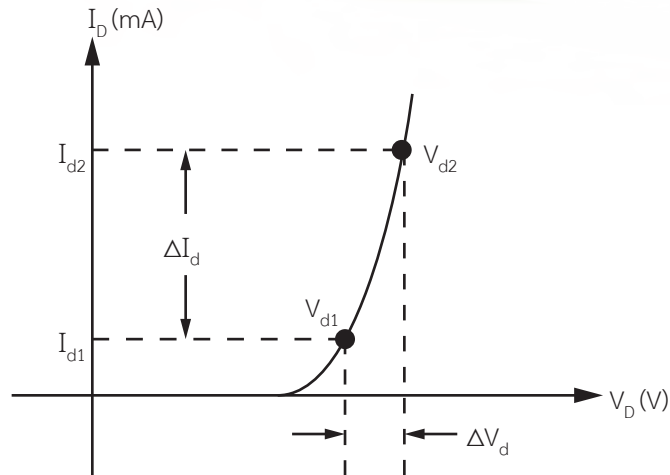
$$\text{จะได้} \quad R_{DC} = \frac{V_D}{I_D} \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

$$\text{สมมติ} \quad V_D = 0.6 \text{ V} \text{ และ } I_D = 3 \text{ mA}$$

$$R_{DC} = \frac{0.6}{3 \times 10^{-3}} = 200 \, \Omega$$

ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอด

ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสสลับของไดโอด แสดงในรูปที่ 1.9 เมื่อนำแหล่งกำเนิดรูปคลื่นไซน์จ่ายให้กับไดโอด จะเกิดการสวิง (Swing) ของสัญญาณ ทำให้สัญญาณที่ผ่านไดโอดเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น - ลงต่อเนื่อง โดยสัญญาณที่จุด Q - Point เป็นระดับที่คงตัวและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

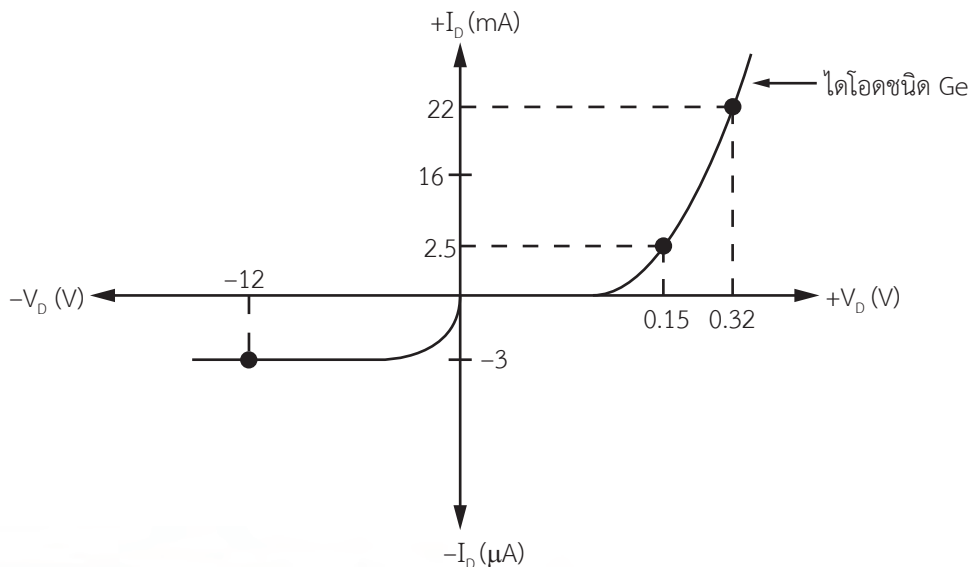


รูปที่ 1.10 การหาค่าเฉลี่ยของไดโอดทางไฟฟ้ากระแสสลับ

$$r_{av} = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{V_{d2} - V_{d1}}{I_{d2} - I_{d1}} \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

ตัวอย่างที่ 1.3 จากคุณลักษณะไดโอดในรูปที่ 1.11 ให้หาค่าความต้านทานทางไฟฟ้ากระแสตรงไดโอดเมื่อมีกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าดังนี้

1. กระแสไฟฟ้า $I_D = 2.5 \text{ mA}$
2. กระแสไฟฟ้า $I_D = 22 \text{ mA}$
3. แรงดันไฟฟ้า $V_D = -12 \text{ V}$



รูปที่ 1.11 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.3

วิธีทำ

1. กระแสไฟฟ้า $I_D = 2.5 \text{ mA}$ ได้แรงดันไฟฟ้า $V_D = 0.15 \text{ V}$

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.15}{2.5 \times 10^{-3}}$$

$$= 60 \, \Omega$$

2. กระแสไฟฟ้า $I_D = 22 \text{ mA}$ ได้แรงดันไฟฟ้า $V_D = 0.32 \text{ V}$

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.32}{22 \times 10^{-3}}$$

$$= 14.55 \, \Omega$$

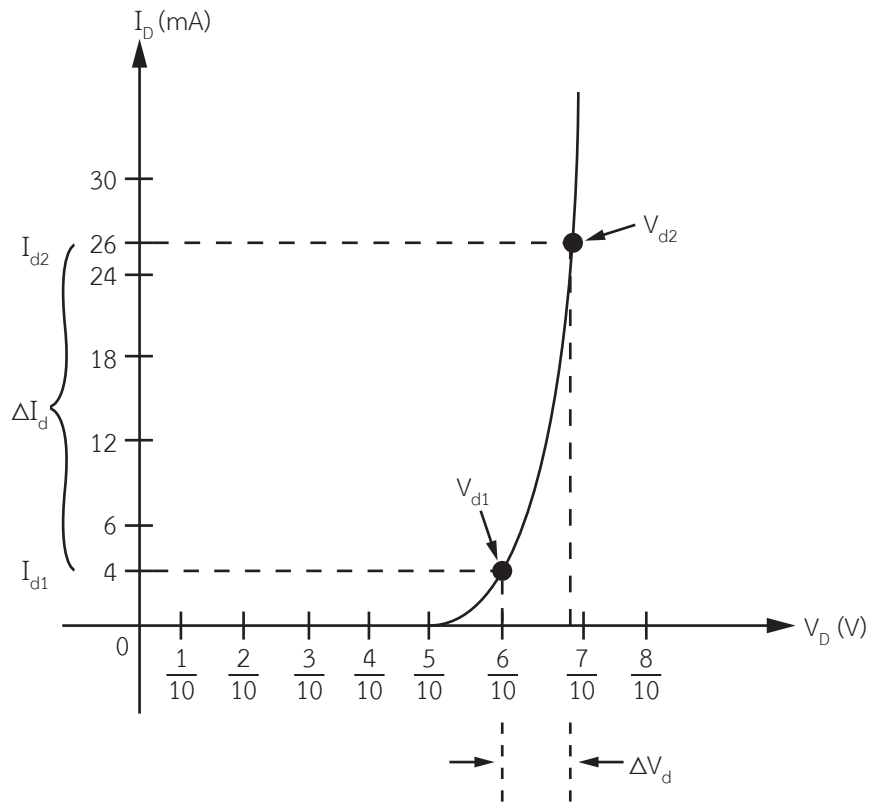
3. แรงดันไฟฟ้า $V_D = -12 \text{ V}$ ได้กระแสไฟฟ้า $I_D = -3 \, \mu\text{A}$

$$R_{DC} = \frac{V_D}{I_D} = \frac{-12}{-3 \times 10^{-6}}$$

$$= 4 \text{ M}\Omega$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.4 จากคุณลักษณะไดโอด แสดงในรูปที่ 1.12 ให้หาค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสสลับเฉลี่ย



รูปที่ 1.12 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.4

วิธีทำ

1. โจทย์กำหนด $I_{d1} = 4 \text{ mA}$, $I_{d2} = 26 \text{ mA}$, $V_{d1} = 0.6 \text{ V}$ และ $V_{d2} = 0.69 \text{ V}$
2. $\Delta I_d = I_{d2} - I_{d1} = (26 \times 10^{-3}) - (4 \times 10^{-3})$
 $= 22 \text{ mA}$
3. $\Delta V_d = V_{d2} - V_{d1} = 0.69 - 0.6$
 $= 0.09 \text{ V}$
4. $r_{av} = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.09}{22 \times 10^{-3}}$
 $= 4.09 \Omega$

ตอบ