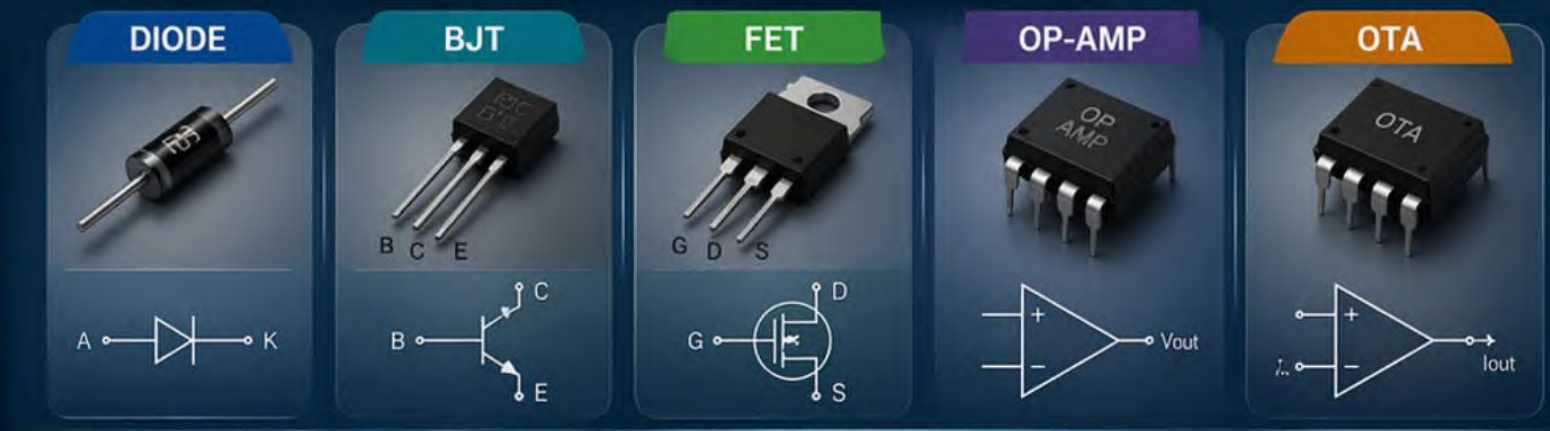
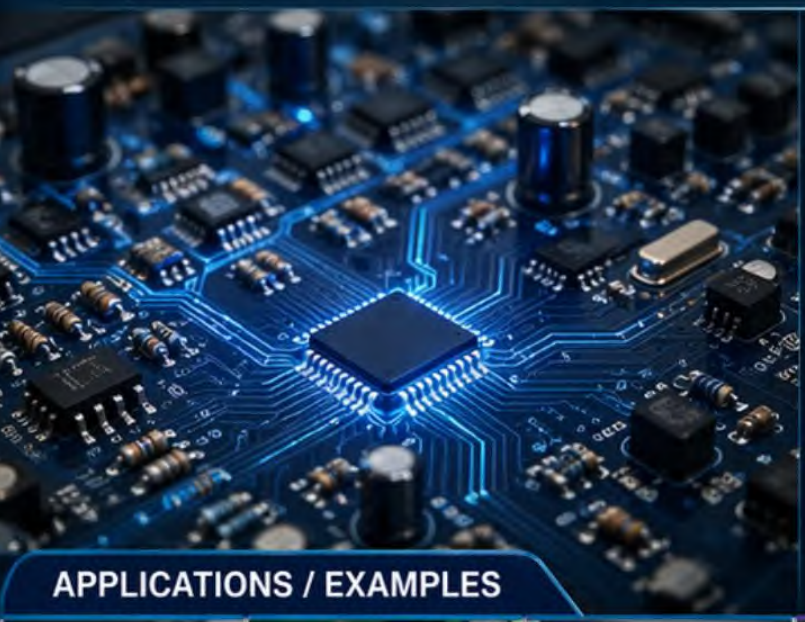
FUNDAMENTALS OF ELECTRONIC CIRCUIT DESIGN AND APPLICATIONS

DEVICES • DESIGN • APPLICATIONS





APPLICATIONS / EXAMPLES

อาจารย์ธนันต์ ศรีสกุล

พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการประยุกต์ใช้งาน

- ครอบคลุมอุปกรณ์หลัก: Diode, BJT, FET, Op-Amp, OTA
- การออกแบบวงจรอย่างเป็นระบบ พร้อมการวิเคราะห์และจำลอง
- ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานจริงหลากหลายรูปแบบ

พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการประยุกต์ใช้งาน

(Fundamentals of Electronic Circuit Design and Applications)

ผู้แต่ง อาจารย์ธนันต์ ศรีสกุล

จำนวน 272 หน้า

ราคา 159 บาท

พิมพ์ครั้งแรก พฤษภาคม พุทธศักราช 2569 (ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book)

จัดทำโดย อาจารย์ธนันต์ ศรีสกุล

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลังและสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า

วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก

e-mail : tanansri@gmail.com

สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดของ e-book " พื้นฐานการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการประยุกต์ใช้งาน " ไปทำซ้ำ หรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ หรือด้วยวิธีอื่นใด ไม่ว่าจะเป็นทางอิเล็กทรอนิกส์ ทางกลไกรวมทั้งการถ่ายเอกสาร การบันทึก หรือเก็บข้อมูล โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

กิตติกรรมประกาศ

คุณประโยชน์ และคุณความดีของหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่บุคคลต่างๆ เหล่านี้ ซึ่งมีส่วนร่วมในการสนับสนุน ส่งเสริมในทุกๆ ด้าน ให้กับผู้เขียนจนสามารถก้าวมาถึงจุดนี้ได้ และส่งผลให้เกิดเป็นหนังสือเล่มนี้ขึ้นมา

1.) รศ. ดร. มนตรี ศิริปรัชญานันท์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาและคอยฝึกฝนประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรมสั่งสอนในด้านวิชาการและแนวความคิด และท่านยังเป็นตัวอย่างในการดำเนินชีวิตในทุกๆ ด้าน ให้กับผู้เขียนตลอดมา จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นนักวิจัย นักเขียนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

2.) อ. นิพนธ์ ศรีสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษในทุกๆ ด้าน ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาและคอยฝึกฝนประสิทธิ์ประสาทวิชาในเรื่องต่างๆ รวมถึงเรื่องของการดำเนินชีวิต อบรมสั่งสอนในด้านวิชาการและแนวความคิด จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นอาจารย์ผู้สอน ที่ปรึกษาบริษัท นักเขียนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

3.) ผู้บริหารสถานศึกษาและคณะอาจารย์แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ในการทำงานรวมถึงเรื่องของการดำเนินชีวิต ทั้งในด้านวิชาการและแนวความคิด จนทำให้ผู้เขียนสามารถเป็นอาจารย์ผู้สอนที่ดีและเป็นคนดีของสังคมจนทุกวันนี้

4.) นักศึกษาในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาวิชาไฟฟ้า ที่ได้เรียนกับผู้เขียนทุกคน ที่คอยช่วยเหลือในงานต่างๆ

5.) แม่แก่ คุณตา คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคน ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษากับผู้เขียนตลอดมา

คำนำ

การเรียนวิชาทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) และในระดับปริญญาตรี ทั้งในหลักสูตร สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม สาขาไฟฟ้า และผู้ที่มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเรียนรู้ทางทฤษฎีให้เกิดความเข้าใจก่อนที่จะไปทำการเรียนในทางปฏิบัติ ซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมานั้น การที่ได้ทำการศึกษาในทางทฤษฎีนั้นถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ที่สำคัญมากครับ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในหลักการทำงาน หลักการคำนวณและการออกแบบวงจรของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากยิ่งขึ้นนั้นเองครับ โดยในหนังสือเล่มนี้ทางผู้เขียนได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 10 บท ซึ่งจะมีการกล่าวถึงพื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ไดโอด(Diode), ทรานซิสเตอร์(BJT : Bipolar Junction Transistor), ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า แบบ (MOSFET : Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), อ อ ป แ อ ม ป์ (Op-Amp : Operational Amplifier), ไอซี (Integrated Circuit : IC), โอทีเอ(OTA : Operation Transconductance Amplifier) โดยรวมถึงพื้นฐานในการคำนวณในแต่ละอุปกรณ์ ก่อนที่จะนำพื้นฐานที่ได้ศึกษานี้ไปทำการออกแบบวงจรที่ใช้อุปกรณ์ในแบบต่างๆ มาเป็นส่วนประกอบของวงจรต่อไป และในตอนท้ายของในแต่ละบทก็ยังมียกตัวอย่างการคำนวณ ตัวอย่างการออกแบบวงจร ที่เกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ในแต่ละแบบอย่างละเอียดที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือผู้ที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

และเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ทางผู้เขียนก็ยังได้กล่าวถึงพื้นฐานการออกแบบวงจรผลิตความถี่ วงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในแบบต่างๆ และยังมีในส่วนของตัวอย่างการประยุกต์ออกแบบวงจรขยายสัญญาณลอการิทึม (Logarithmic Amplifiers) ,วงจรทวีความถี่ให้เป็นสองเท่า, วงจรถอดรากที่สอง, วงจรหารสัญญาณ และวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในแบบต่างๆ ไว้อีกด้วยว่าจะมีการวิเคราะห์วงจรอย่างไรให้ได้สมการของวงจรออกมา และนอกจากนั้นก็จะเป็นการทดสอบการทำงานของวงจรเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าวงจรที่วิเคราะห์นั้นให้ผลตรงตามที่ต้องการหรือไม่ เพื่อที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือผู้ที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

หนังสือเล่มนี้สะท้อน 3 แกนหลัก คือ

(1) พื้นฐานอุปกรณ์ (Diode, BJT, FET, Op-Amp, OTA)

(2) การออกแบบวงจร (Design)

(3) การประยุกต์ใช้งานจริง (Applications / Examples)

โดยเนื้อหาทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้น ทางผู้เขียนมีความประสงค์ที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจในเรื่องของหลักการทำงานของอุปกรณ์ วงจรและคุณลักษณะต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และเมื่อเกิดความเข้าใจแล้วก็เสมือนกับว่าเรามีพื้นฐานที่ดีทางด้านอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนที่เราจะนำความรู้ที่มีไปศึกษาและออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นต่อไปนั้นเองครับ

อาจารย์ธนันต์ ศรีสกุล

วินท์ทากรณ์ ศรีสกุล

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I

คำนำ II

สารบัญ V

บทที่ 1 พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด (Diode) 1-1

1.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับไดโอด 1-1

1.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์ไดโอด 1-7

1.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด 1-10

1.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์ไดโอด และการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด 1-16

บทที่ 2 พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ (BJT) 2-1

2.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับทรานซิสเตอร์ 2-1

2.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ 2-10

2.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ 2-12

2.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ และการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ 2-20

บทที่ 3 พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์เฟต (FET) 3-1

3.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับเฟต 3-1

3.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์เฟต 3-8

3.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์เฟต 3-10

3.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์เฟต และการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์เฟต 3-17

บทที่ 4 พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไอซีออปแอมป์ (Op-Amp) 4-1

4.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับไอซีออปแอมป์ 4-1

4.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์ไอซีออปแอมป์ 4-8

4.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไอซีออปแอมป์ 4-10

4.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์ไอซีออปแอมป์ และการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไอซีออปแอมป์ 4-16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 พื้นฐานการออกแบบวงจรแอมปลิจูตมอดูเลทชั่น ด้วยอุปกรณ์ไอซี AD633 5-1

5.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับไอซี AD633 กับวงจรแอมปลิจูตมอดูเลชั่น 5-1

5.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์ไอซี AD633 กับวงจรแอมปลิจูตมอดูเลชั่น 5-5

5.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไอซีไอซี AD633 กับวงจรแอมปลิจูตมอดูเลชั่น 5-8

5.4) ตัวอย่างการคำนวณและการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไอซี AD633 กับวงจรแอมปลิจูตมอดูเลชั่น 5-18

บทที่ 6 พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์โอทีเอ (OTA) 6-1

6.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับโอทีเอ 6-1

6.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์โอทีเอ 6-4

6.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์โอทีเอ 6-6

6.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์โอทีเอและการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์โอทีเอ 6-14

บทที่ 7 พื้นฐานการออกแบบวงจรผลิตความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 7-1

7.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับการออกแบบวงจรผลิตความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 7-1

7.2) พื้นฐานการคำนวณออกแบบวงจรผลิตความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 7-4

7.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรผลิตความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 7-8

7.4) ตัวอย่างการคำนวณและการออกแบบวงจรผลิตความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 7-20

บทที่ 8 พื้นฐานการออกแบบวงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 8-1

8.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับการออกแบบวงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 8-2

8.2) พื้นฐานการคำนวณออกแบบวงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 8-7

8.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 8-8

8.4) ตัวอย่างการคำนวณและการออกแบบวงจรกรองความถี่ ด้วยอุปกรณ์ต่างๆ 8-25

บทที่ 9 การประยุกต์ออกแบบวงจร (1) 9-1

9.1) การออกแบบวงจรขยายสัญญาณลอการิทึม Logarithmic Amplifiers แบบที่ 1 9-2

9.2) การออกแบบวงจรขยายสัญญาณลอการิทึม Logarithmic Amplifiers แบบที่ 2 9-9

9.3) การออกแบบวงจรขยายสัญญาณลอการิทึม Logarithmic Amplifiers แบบที่ 3 9-18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 10 การประยุกต์ออกแบบวงจร (2) 10-1

10.1) การออกแบบวงจรทวีความถี่ให้เป็นสองเท่าโดยใช้ไอซีเบอร์ AD633 10-2

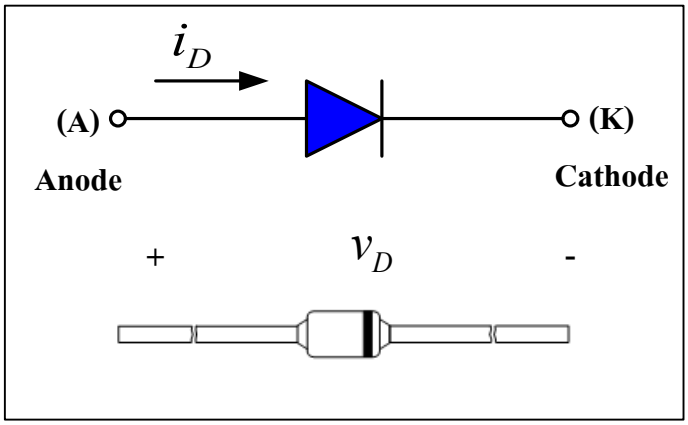
10.2) การออกแบบวงจรถอดรากที่สองโดยใช้ไอซีเบอร์ AD633 10-8

10.3) การออกแบบวงจรหารสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ AD633 10-16

10.4) การออกแบบวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสโดยใช้ไอซีเบอร์ AD633 10-23

บรรณานุกรม a

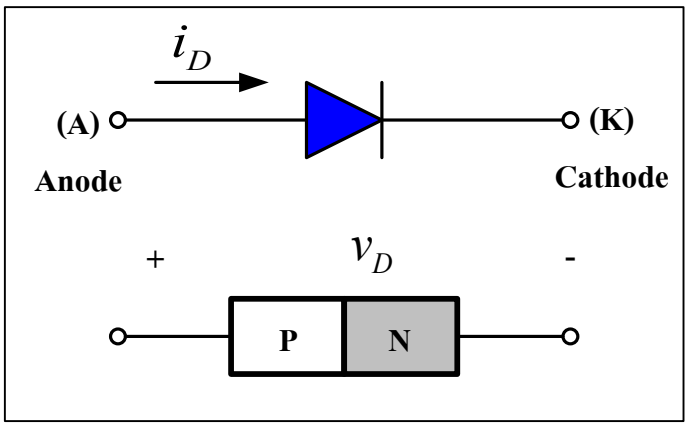
พื้นฐานการออกแบบวงจร ด้วยอุปกรณ์ไดโอด (Diode)



ในบทนี้จะขอกล่าวถึงพื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ไดโอด (Diode) นะครับ ซึ่งจะเริ่มจากการศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของไดโอดก่อนนะครับ จากนั้นก็จะได้กล่าวถึงพื้นฐานในการคำนวณของไดโอด ก่อนที่จะนำพื้นฐานที่ได้ศึกษานี้ไปทำการออกแบบวงจรที่ใช้ไดโอดมาเป็นส่วนประกอบของวงจรต่อไปครับ และในตอนท้ายของในบทนี้ก็จะได้ยกตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ไดโอดและตัวอย่างการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด อย่างละเอียดที่จะทำให้ผู้ที่ได้อ่านหรือผู้ที่ได้ทำการศึกษาเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

1.1) ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับไดโอด

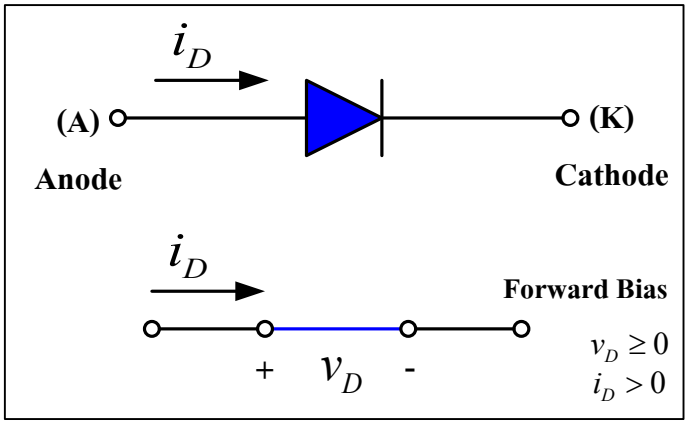
ถ้าจะกล่าวถึงอุปกรณ์ไดโอดนั้น ก็สามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้ครับ โดยอุปกรณ์ไดโอดนั้นจะเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P โดยจะทำการนำสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดนี้นะครับมารวมกันครับ โดยเมื่อทำการรวมกันแล้วก็จะเกิดรอยต่อระหว่างเนื้อสารทั้งสองนี้ขึ้นนั้นเองครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-1**



ภาพที่ 1-1 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์ไดโอด

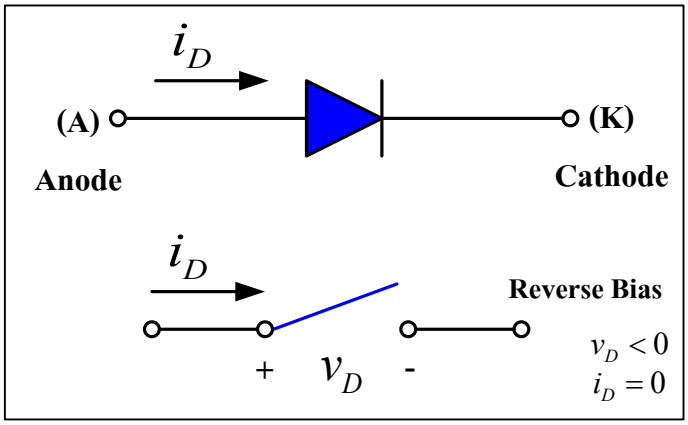
แต่ในส่วนของการที่จะนำอุปกรณ์ไดโอดไปใช้งานและการทำให้อุปกรณ์ไดโอดนี้สามารถที่จะทำงานได้นั้นหรือสามารถที่จะนำกระแสได้นั้น เราก็จะต้องทำการกำหนดค่าของแรงดันให้มีค่าที่เหมาะสมกับลักษณะโครงสร้างของไดโอดนั้นๆ ครับ ซึ่งเราจะเรียกว่า **การไบแอส (Bias)** ให้กับอุปกรณ์ไดโอดสามารถที่จะทำงานตามที่เราต้องการนั้นเองครับ โดยลักษณะของการไบแอสอุปกรณ์ไดโอดนั้นสามารถที่จะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้ครับ

1.) การไบแอสอุปกรณ์ไดโอดไปข้างหน้า หรือที่เรียกว่า Forward Bias ซึ่งการไบแอสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร P มีค่าของแรงดันเท่ากับหรือมีค่าแรงดันมากกว่าขั้ว K (Cathode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร N ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ไดโอดนั้นสามารถที่จะนำกระแสได้ และจากลักษณะของการไบแอสนี้นั้นมันก็จะเป็นลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) อย่างหนึ่งนะครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-2**



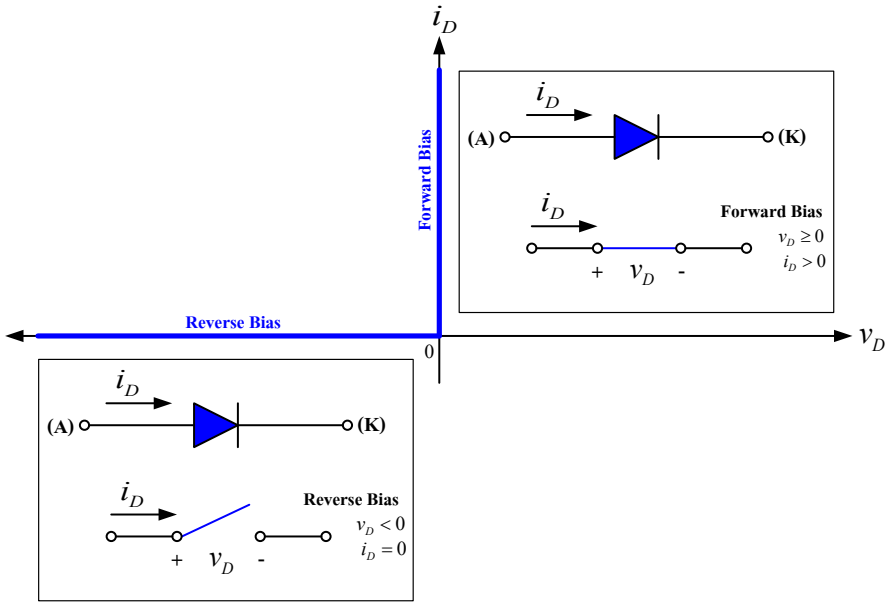
ภาพที่ 1-2 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Forward Bias)

2.) การไบแอสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ หรือที่เรียกว่า Reverse Bias ซึ่งการไบแอสในลักษณะนี้จะเป็นการกำหนดให้ขั้ว A (Anode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร P มีค่าของแรงดันน้อยกว่าขั้ว K (Cathode) ที่มีลักษณะของสารเป็นสาร N ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวนี้ก็จะทำให้ไดโอดนั้นไม่สามารถที่จะนำกระแสได้ และจากลักษณะของการไบแอสนี้นั้นมันก็จะเป็นลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) อีกอย่างหนึ่งนะครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-3**



ภาพที่ 1-3 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Reverse Bias)

ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาในตอนต้นนั้น เราสามารถที่จะทำการเขียนกราฟเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน (v_D) และค่าของกระแส (i_D) ของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode) ได้ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-4**

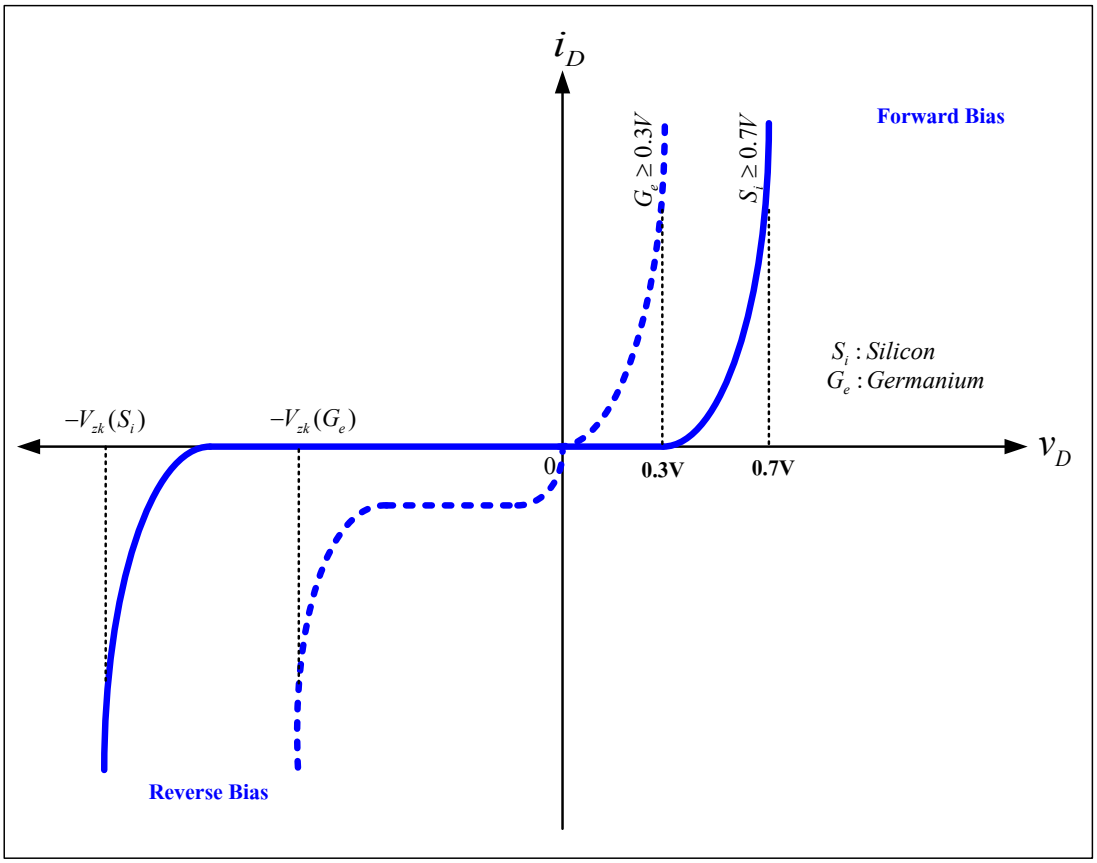


ภาพที่ 1-4 กราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน (v_D) และค่าของกระแส (i_D) ของอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติ (Ideal Diode)

เป็นอย่างไรบ้างครับพอที่จะเข้าใจถึงอุปกรณ์ไดโอดในทางอุดมคติแล้วนะครับ ทีนี้มาดูกันต่อนะครับกับอุปกรณ์ไดโอด ซึ่งจะเป็นการกล่าวถึงอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัติแล้วนะครับ เพราะในความเป็นจริงนั้นเราจะต้องใช้อุปกรณ์ไดโอดของจริงนะครับ เพื่อใช้ในการออกแบบวงจรต่างๆ ครับ โดยอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัตินั้นจะเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่จะมีคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน (v_D) และค่าของกระแส (i_D) ที่ไม่เป็นเชิงเส้น หรือที่เรียกว่า Nonlinear ซึ่งสามารถที่จะเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์นี้ได้ ดังแสดงใน**สมการที่ 1-1** และ **สมการที่ 1-2**

$$i_D = I_S(e^{v_D/nV_T} - 1) \qquad \text{.....(1-1)}$$

$$v_D = nV_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S} + 1\right) \qquad \text{.....(1-2)}$$



ภาพที่ 1-5 กราฟแสดงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัติ

จาก**ภาพที่ 1-5** นั้นจะเป็นกราฟที่แสดงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัตินะครับ ซึ่งได้แสดงกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์ไดโอด โดยได้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดครับ คือ อุปกรณ์

ไดโอดชนิด (Si : Silicon) และอุปกรณ์ไดโอดชนิด (Ge : Germanium) ซึ่งได้แบ่งย่านการทำงานออกเป็น 2 ย่านการทำงานนะครับ คือย่านการทำงาน Forward Bias และย่านการทำงาน Reverse Bias และถ้าเราพิจารณาดูก็จะเห็นว่าอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัตินั้นถ้าเราทำการไบแอสอุปกรณ์ไดโอดไปข้างหน้า (Forward Bias) ก็จะเกิดแรงดันเสมือนขึ้นมาครับ หรือที่เรียกว่า Turn-On Voltage : V_T) ซึ่งค่าแรงดันเสมือนนี้นะครับ ถ้าเป็นอุปกรณ์ไดโอดชนิด(Si : Silicon) จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.7V ($S_i \geq 0.7V$) และถ้าเป็นอุปกรณ์ไดโอดชนิด(Ge : Germanium) ก็จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.3V ($G_e \geq 0.3V$) นั้นเองครับ

และถ้าเราทำการพิจารณาดูอีกส่วนหนึ่งก็จะเห็นว่าอุปกรณ์ไดโอดในทางปฏิบัตินั้นถ้าเราทำการไบแอสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ (Reverse Bias) อุปกรณ์ไดโอดนั้นจะไม่นำกระแสหรือไม่มีกระแสไหลนั้นเองครับ ซึ่งจะมีเพียงกระแสที่มีการรั่วไหลเพียงเล็กน้อยครับ แต่ถ้าเราทำการเพิ่มค่าแรงดันในการไบแอสอุปกรณ์ไดโอดย้อนกลับ (Reverse Bias) มากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะมีกระแสที่เกิดจากการรั่วไหลเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะส่งผลให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นเสียหายได้ โดยค่าแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เราจะเรียกว่า แรงดันย่านพังทลาย (Breakdown Voltage : $-V_{zk}$) นั้นเองครับ ดังนั้นในการนำอุปกรณ์ไดโอดไปใช้งานจริงนั้นก็ควรที่จะทำการให้การไบแอสอุปกรณ์ไดโอดไปข้างหน้า (Forward Bias) เท่านั้นนะครับ ซึ่งจาก**สมการที่ 1-1** และ**สมการที่ 1-2** นั้นก็จะประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังต่อไปนี้ครับ

I_S คือ ค่าของกระแสอิ่มตัว หรือที่เราเรียกว่า Saturation Current โดยจะมีค่าประมาณ $1\times10^{-15}A.$

V_T คือ ค่าของแรงดันที่เกิดจากอุณภูมิ หรือที่เราเรียกว่า Thermal Voltage ซึ่งสามารถที่จะคำนวณหาค่านี้ได้จาก**สมการที่ 1-3**

$$V_T = \frac{kT}{q} \qquad \text{.....(1-3)}$$

เมื่อกำหนดให้

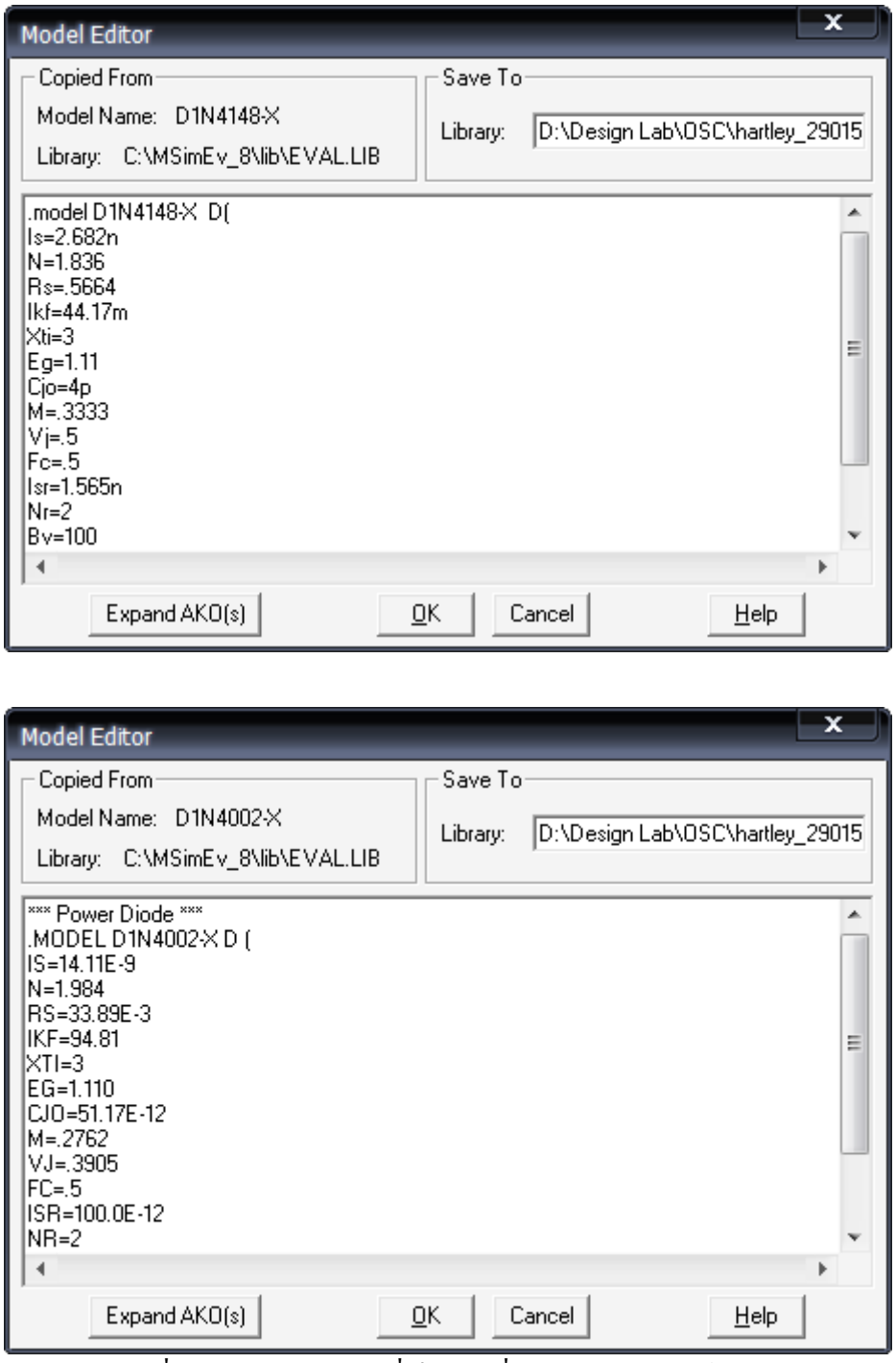
k คือค่าคงที่ของ Boltzmann's constant มีค่าเท่ากับ 1.38×10^{-23} Joules/Kelvin

T คือค่าอุณภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน ($^\circ K : Kelvin$) โดยสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้ ($^\circ K = 273 + {}^\circ C$) และเมื่อ ($^\circ C : Celsius$)

q คือค่าของประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน มีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-19} Coulomb

(ตัวอย่างเช่นถ้าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ หรือ $300^\circ K$ ค่าแรงดัน $V_T \approx 26mV$)

n คือ ค่าของสารที่นำมาสร้างอุปกรณ์ไดโอด โดยจะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสารและโครงสร้างของอุปกรณ์ไดโอดแต่ละชนิด แต่ละเบอร์ครับ ซึ่งจะค่าอยู่ในระหว่างค่า 1 ถึง 2 นะครับ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ไดโอดเบอร์ D1N4148 จะมีค่า *n* เท่ากับ 1.836 และอุปกรณ์ไดโอดเบอร์ D1N4002 จะมีค่า *n* เท่ากับ 1.984 นั้นเองครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-6**

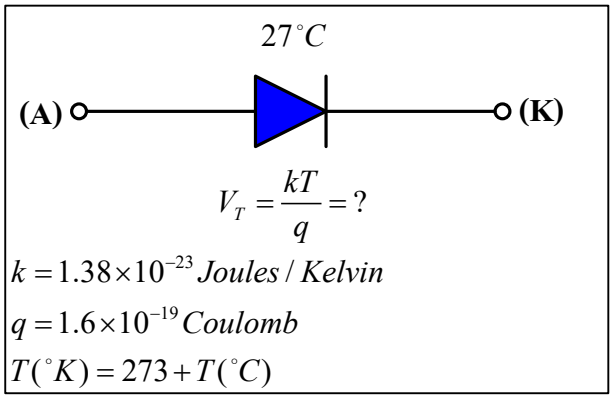


ภาพที่ 1-6 แสดงถึงค่า *n* ที่เป็นสารที่นำมาสร้างอุปกรณ์ไดโอดเบอร์ D1N4148 และเบอร์ D1N4002

1.2) พื้นฐานการคำนวณอุปกรณ์ไดโอด

ในหัวข้อนี้เราจะขอกล่าวถึงพื้นฐานการคำนวณที่สำคัญๆ ของตัวอุปกรณ์ไดโอดนะครับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นนะครับ ซึ่งในส่วนแรกนี้จะขอกล่าวถึงการคำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณภูมิ (V_T) ก่อนนะครับมาดูกันเลยนะครับ

จาก**สมการที่ 1-3** ถ้ากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ก็จะสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) ได้ดังนี้ครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-7**



ภาพที่ 1-7 แสดงการคำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) ของอุปกรณ์ไดโอด

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน $(^\circ K : Kelvin)$

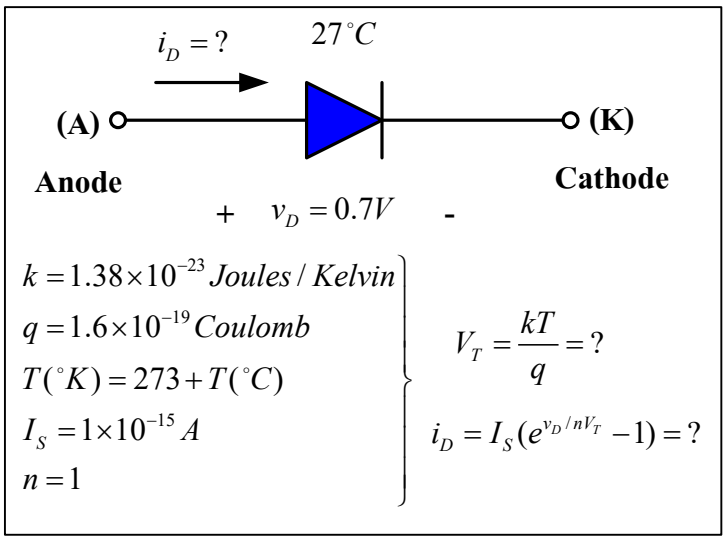
$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 27^\circ C = 300^\circ K$$

- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38\times10^{-23}\ Joules/Kelvin)(300^\circ K)}{(1.6\times10^{-19}\ Coulomb)} = 25.875mV \approx 26mV$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าอุปกรณ์ไดโอดทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ก็จะส่งผลให้ค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) มีค่าประมาณ $26mV$ นั้นเองครับ ซึ่งก็ต้องทดลองคำนวณดูนะครับ

และในส่วนที่สองนี้ก็จะขอกล่าวถึงการคำนวณหาค่าของกระแส (i_D) โดยจาก**สมการที่ 1-1** ถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15}A.$, $v_D = 0.7V$, $n = 1$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ก็จะสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าของกระแส (i_D) ได้ดังนี้ครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-8**



ภาพที่ 1-8 แสดงการคำนวณหาค่าของกระแส (i_D) ของอุปกรณ์ไดโอด

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน $(^\circ K : Kelvin)$

$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 27^\circ C = 300^\circ K$$

- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

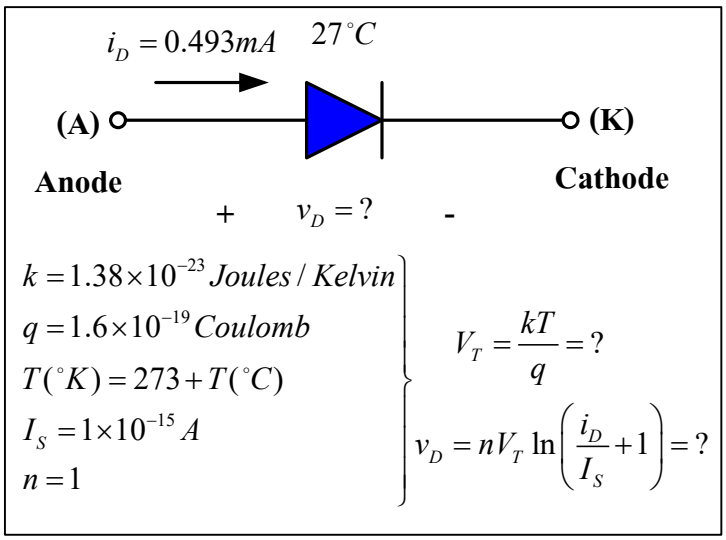
$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38\times10^{-23}\ Joules/Kelvin)(300^\circ K)}{(1.6\times10^{-19}\ Coulomb)} = 25.875mV \approx 26mV$$

- คำนวณหาค่าของกระแส (i_D)

$$i_D = I_S(e^{v_D/nV_T} - 1) = 1\times10^{-15}(e^{(0.7)/(1)(26mV)} - 1) = 0.493mA$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15}\ A.$, $v_D = 0.7V$, $n = 1$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ก็จะส่งผลให้มีค่าของกระแส (i_D) ที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไดโอดมีค่าประมาณ $0.493mA$ ถ้าอย่างไรก็ต้องทดลองคำนวณดูนะครับ

และในทางกลับกันนะครับถ้าจะกล่าวถึงการคำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D) โดยจาก**สมการที่ 1-2** ถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15}\ A.$, $i_D = 0.493mA$, $n = 1$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ก็จะสามารถแสดงวิธีการคำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D) ได้ดังนี้ครับ ดังแสดงใน**ภาพที่ 1-9**



ภาพที่ 1-9 แสดงการคำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D) ของอุปกรณ์ไดโอด

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน ($^\circ K : Kelvin$)

$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 27^\circ C = 300^\circ K$$

- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38\times10^{-23}\,Joules/Kelvin)(300^\circ K)}{(1.6\times10^{-19}\,Coulomb)} = 25.875mV \approx 26mV$$

- คำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D)

$$v_D = nV_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S}+1\right) = (1)(26mV)\ln\left(\frac{(0.493mA)}{(1\times10^{-15})}+1\right) = 0.7V$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15}\,A.$, $i_D = 0.493mA$, $n = 1$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $27^\circ C$ ก็จะส่งผลให้มีค่าของแรงดัน (v_D) ที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไดโอดมีค่าเท่ากับ $0.7V$ ถ้าอย่างไรก็ต้องทดลองคำนวณดูนะครับ

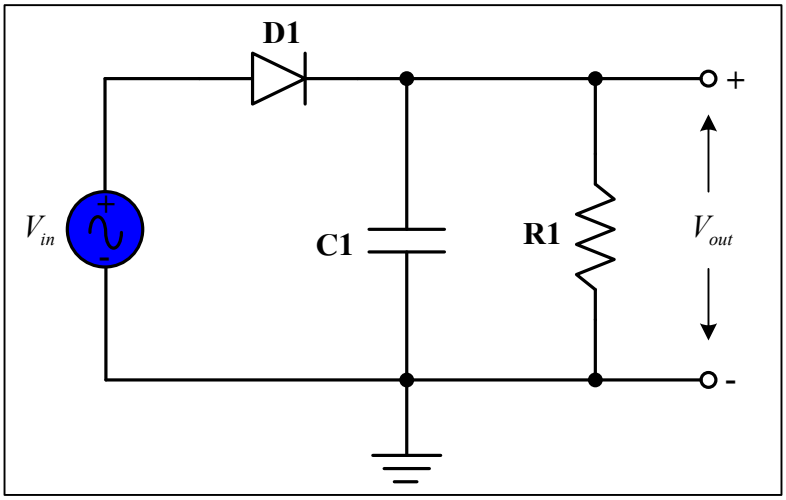
1.3) พื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด

ในส่วนของหัวข้อนี้ก็จะขอกล่าวถึงพื้นฐานการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอดนะครับ โดยจะได้นำเอาหลักการทำงานและคุณสมบัติของอุปกรณ์ไดโอดที่กล่าวไว้ในตอนต้นมาใช้ในการสร้างวงจรต่างๆ กันดูนะครับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในอุปกรณ์ไดโอดนี้มากขึ้นนะครับ มาดูกันเลยนะครับ

วงจรที่จะขอกล่าวก็คือวงจรเรียงกระแส หรือที่เรียกว่า (Rectifier Circuit) ซึ่งเป็นวงจรที่จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง โดยวงจรนี้จำเป็นที่จะใช้อุปกรณ์ไดโอดมาประกอบด้วยครับ ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดนะครับ คือ วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier) และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full-Wave Rectifier) ซึ่งจากวงจรทั้ง 2 ชนิดนี้นะครับเราจะนำมาใช้ในการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงกันดูนะครับนั้นก็คือ วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่น และวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่น มาดูกันเลยนะครับ

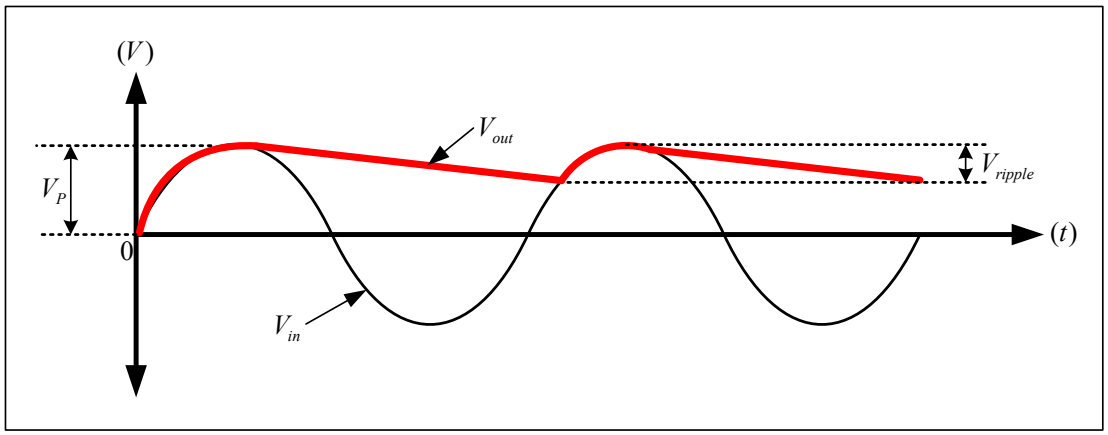
- วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่น

ในส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่นนี้จะมีลักษณะของวงจรดังแสดงใน**ภาพที่ 1-10**



ภาพที่ 1-10 แสดงลักษณะของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่น

โดยจากวงจรที่ได้แสดงใน**ภาพที่ 1-10** นั้นเราสามารถที่จะเขียนผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ได้ดัง**ภาพที่ 1-11**



ภาพที่ 1-11 แสดงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่น

และจากภาพที่ 1-11 ที่ได้แสดงถึงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่นนั้น ก็ทำให้เราสามารถที่เขียนสมการที่แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ของค่าสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) และสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) ได้ดัง**สมการที่ 1-4 สมการที่ 1-5** และ**สมการที่ 1-6**

$$V_{ripple} = \frac{V_P}{f \times C_1 \times R_1} \qquad \text{.....(1-4)}$$

$$R_1 = \frac{V_P}{f \times C_1 \times V_{ripple}} \qquad \text{.....(1-5)}$$

$$C_1 = \frac{V_P}{f \times R_1 \times V_{ripple}} \qquad \text{.....(1-6)}$$

เมื่อกำหนดให้

V_{ripple} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม

V_P คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท

f คือค่าความถี่ในวงจรที่จะออกแบบ

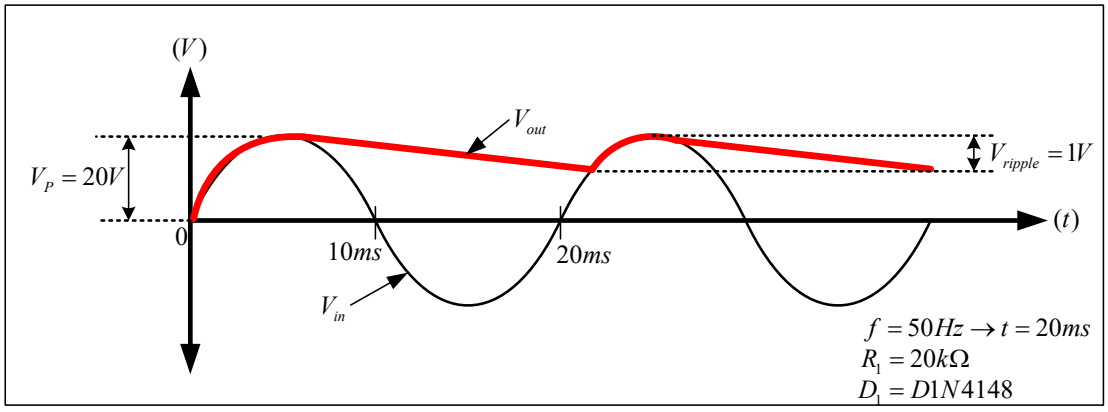
C_1 คือค่าตัวเก็บประจุของวงจรที่จะออกแบบ

R_1 คือค่าตัวเต้านทานของวงจรที่จะออกแบบ

V_{in} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันทางด้านอินพุท

V_{out} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันทางด้านเอาต์พุท

ซึ่งจาก**สมการที่ 1-4 สมการที่ 1-5** และ**สมการที่ 1-6** นั้นถ้ากำหนดให้ค่าต่างๆ มีค่าดังต่อไปนี้ คือ $V_P = 20V$, $f = 50Hz$, $R_1 = 20k\Omega$ และใช้อุปกรณ์ไดโอดเบอร์ D1N4148 และต้องการให้ค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม (V_{ripple}) มีค่าเท่ากับ 5% ของค่าของขนาดสัญญาณแรงดันค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท V_P ซึ่งจากค่าต่างๆ ที่กำหนดมานี้สามารถที่จะเขียนผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่น ได้ดัง**ภาพที่ 1-12**



ภาพที่ 1-12 แสดงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่นที่จะออกแบบ

และสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าของตัวเก็บประจุ (C_1) ของวงจรที่จะออกแบบได้ดังต่อไปนี้นะครับ

- คำนวณหาค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม (V_{ripple})

$$V_{ripple} = \frac{5}{100} \times 20V$$

$$V_{ripple} = 1V$$

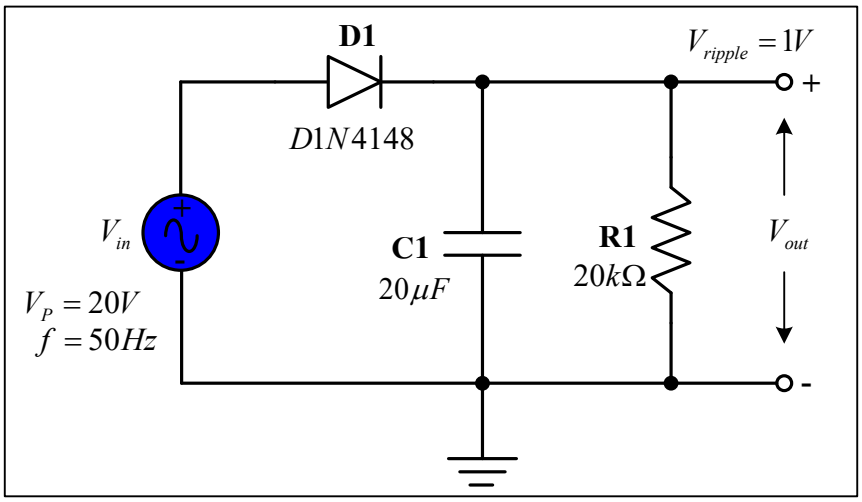
- คำนวณหาค่าของตัวเก็บประจุ (C_1)

$$C_1 = \frac{V_P}{f \times R_1 \times V_{ripple}}$$

$$C_1 = \frac{20V}{(50Hz) \times (20k\Omega) \times (1V)}$$

$$C_1 = 20\mu F$$

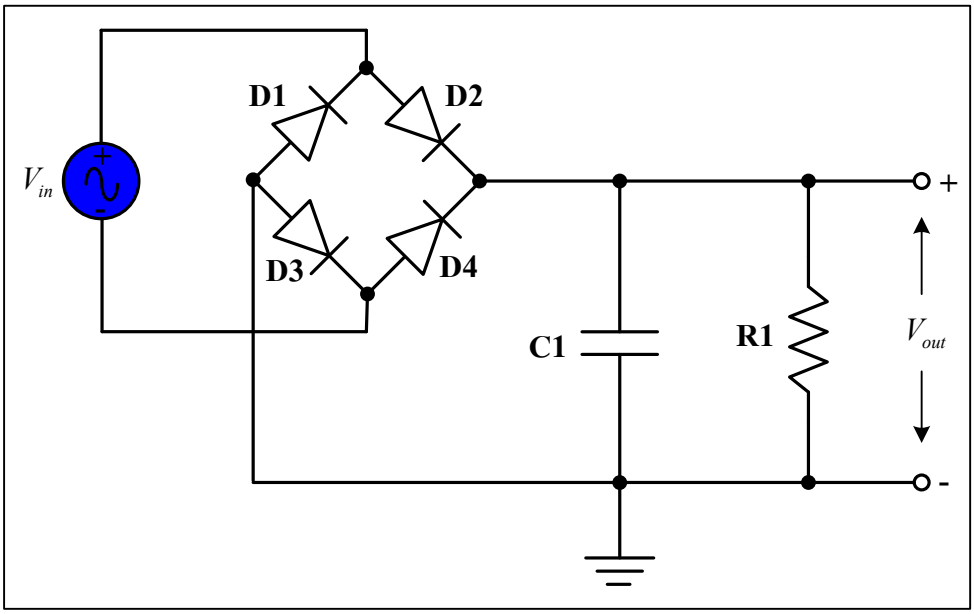
จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าเราสามารถที่จะทำการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่นได้ไม่ยากเลยนะครับ ดังแสดง**ภาพที่ 1-13** ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการจะออกแบบวงจรให้ทำงานเป็นอย่างไรนั้นเองครับ ซึ่งก็ต้องทดลองออกแบบและทดลองคำนวณดูนะครับ



ภาพที่ 1-13 ตัวอย่างวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบครึ่งคลื่นที่ได้ทำการออกแบบ

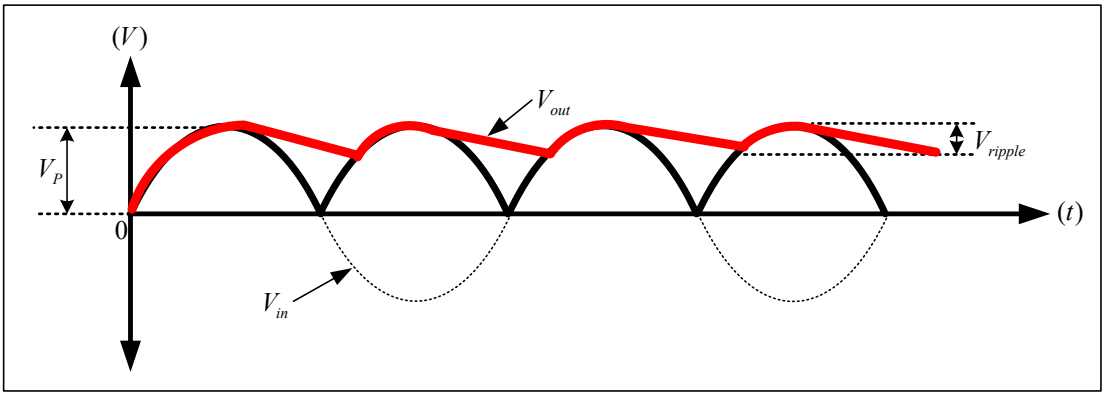
- วงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่น

ในส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่นนี้จะมีลักษณะของวงจรดังแสดงใน**ภาพที่ 1-14**



ภาพที่ 1-14 แสดงลักษณะของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่น

โดยจากวงจรที่ได้แสดงใน**ภาพที่ 1-14** นั้นเราสามารถที่จะเขียนผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ได้ดัง**ภาพที่ 1-15**



ภาพที่ 1-15 แสดงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่น

และจากภาพที่ 1-15 ที่ได้แสดงถึงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่นนั้น ก็ทำให้เราสามารถที่เขียนสมการที่แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ของค่าสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) และสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) ได้ดัง**สมการที่ 1-7 สมการที่ 1-8** และ**สมการที่ 1-9**

$$V_{ripple} = \frac{V_P}{2 \times f \times C_1 \times R_1} \qquad \text{.....(1-7)}$$

$$R_1 = \frac{V_P}{2 \times f \times C_1 \times V_{ripple}} \qquad \text{.....(1-8)}$$

$$C_1 = \frac{V_P}{2 \times f \times R_1 \times V_{ripple}} \qquad \text{.....(1-9)}$$

เมื่อกำหนดให้

V_{ripple} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม

V_P คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท

f คือค่าความถี่ในวงจรที่จะออกแบบ

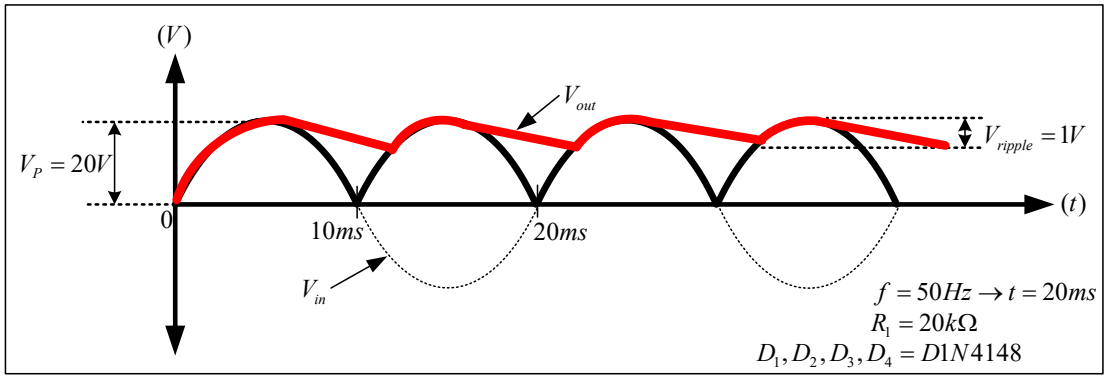
C_1 คือค่าตัวเก็บประจุของวงจรที่จะออกแบบ

R_1 คือค่าตัวเต้านทานของวงจรที่จะออกแบบ

V_{in} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันทางด้านอินพุท

V_{out} คือค่าของขนาดสัญญาณแรงดันทางด้านเอาต์พุท

ซึ่งจาก**สมการที่ 1-7 สมการที่ 1-8** และ**สมการที่ 1-9** นั้นถ้ากำหนดให้ค่าต่างๆ มีค่าดังต่อไปนี้ คือ $V_P = 20V$, $f = 50Hz$, $R_1 = 20k\Omega$ และใช้อุปกรณ์ไดโอดเบอร์ D1N4148 และต้องการให้ค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม (V_{ripple}) มีค่าเท่ากับ 5% ของค่าของขนาดสัญญาณแรงดันค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุท V_P ซึ่งจากค่าต่างๆ ที่กำหนดมานี้สามารถที่จะเขียนผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่น ได้ดัง**ภาพที่ 1-16**



ภาพที่ 1-16 แสดงผลตอบสนองของสัญญาณทางด้านเอาต์พุท (V_{out}) โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณทางด้านอินพุท (V_{in}) ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่นที่จะออกแบบ

และสามารถแสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาค่าของตัวเก็บประจุ (C_1) ของวงจรที่จะออกแบบได้ดังต่อไปนี้นะครับ

- คำนวณหาค่าของขนาดสัญญาณแรงดันที่เกิดการกระเพื่อม (V_{ripple})

$$V_{ripple} = \frac{5}{100} \times 20V = 1V$$

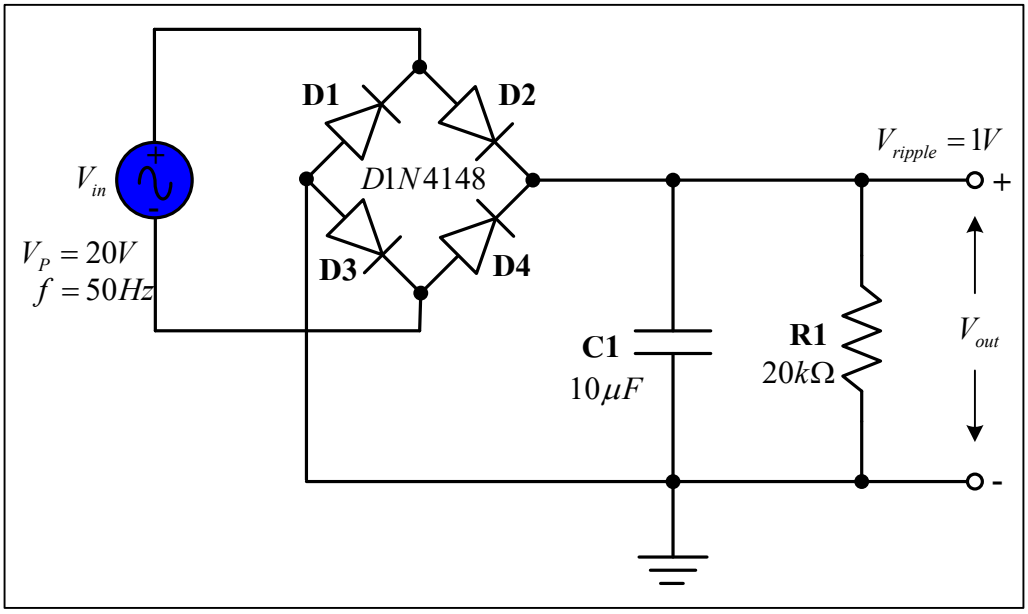
- คำนวณหาค่าของตัวเก็บประจุ (C_1)

$$C_1 = \frac{V_P}{2 \times f \times R_1 \times V_{ripple}}$$

$$C_1 = \frac{20V}{2 \times (50Hz) \times (20k\Omega) \times (1V)}$$

$$C_1 = 10\mu F$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าเราสามารถที่จะทำการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่นได้ไม่ยากเช่นกันนะครับ ดังแสดง**ภาพที่ 1-17** โดยทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการจะออกแบบวงจรให้ทำงานเป็นอย่างไรนั้นเองครับ ซึ่งก็ต้องทดลองออกแบบและทดลองคำนวณดูอีกเช่นกันนะครับ



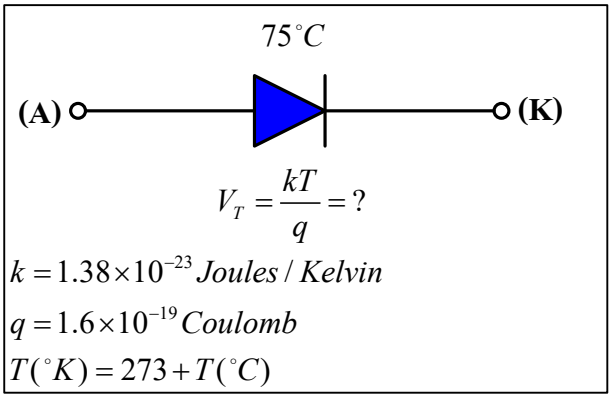
ภาพที่ 1-17 ตัวอย่างวงจรแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเต็มคลื่นที่ได้ทำการออกแบบ

1.4) ตัวอย่างการคำนวณอุปกรณ์ไดโอดและการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอด

ในส่วนนี้จะเป็นตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ไดโอดที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ในตอนต้นนะครับ และตัวอย่างในการออกแบบวงจรด้วยอุปกรณ์ไดโอดที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นอีกเช่นกันนะครับ เพื่อที่จะเป็นการทบทวนและทำความเข้าใจในอุปกรณ์ไดโอดให้มากขึ้นนะครับ มาเริ่มดูตัวอย่างแรกกันเลยนะครับ

****

ตัวอย่างที่ 1-1 เป็นการคำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) ซึ่งได้กำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงใน**ภาพที่ 1-18**



ภาพที่ 1-18 แสดงค่าต่างๆ ที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) ของตัวอย่างที่ 1-1

จากค่าต่างๆ ที่กำหนดมานั้นก็สามารถที่จะทำการคำนวณเพื่อหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้ครับ

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน $(^\circ K : Kelvin)$

$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 75^\circ C = 348^\circ K$$

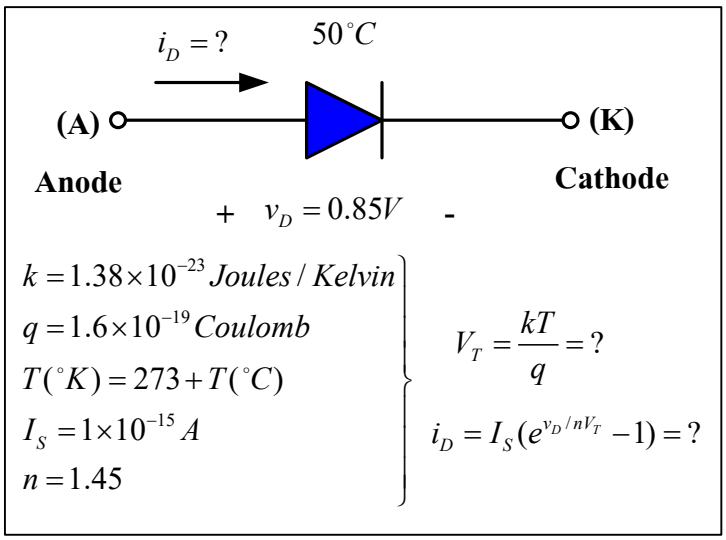
- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38 \times 10^{-23}\ Joules / Kelvin)(348^\circ K)}{(1.6 \times 10^{-19}\ Coulomb)} = 30.015mV$$

จากตัวอย่างการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าอุปกรณ์ไดโอดทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $75^\circ C$ ก็จะส่งผลให้มีค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T) มีค่าประมาณ $30.015mV$ นั้นเองนะครับ

****

ตัวอย่างที่ 1-2 เป็นการคำนวณหาค่าของกระแส (i_D) ซึ่งได้กำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงใน**ภาพที่ 1-19**



ภาพที่ 1-19 แสดงค่าต่างๆ ที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าของกระแส (i_D) ของตัวอย่างที่ 1-2

จากค่าต่างๆ ที่กำหนดมานั้นก็สามารถที่จะทำการคำนวณเพื่อหาค่าของกระแส (i_D) โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้ครับ

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน $(^\circ K : Kelvin)$

$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 50^\circ C = 323^\circ K$$

- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38\times10^{-23}\, Joules/Kelvin)(323^\circ K)}{(1.6\times10^{-19}\, Coulomb)} = 27.859mV$$

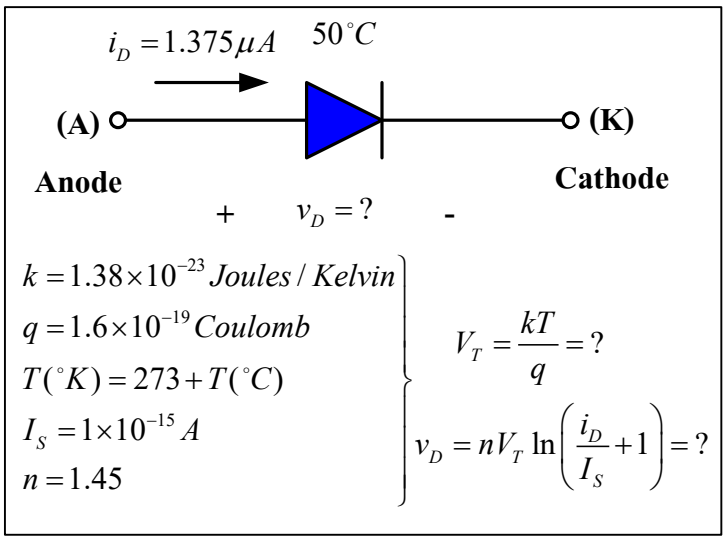
- คำนวณหาค่าของกระแส (i_D)

$$i_D = I_S(e^{v_D/nV_T} - 1) = 1\times10^{-15}(e^{(0.85)/(1.45)(27.859mV)} - 1) = 1.375\mu A$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15} A.$, $v_D = 0.85V$, $n = 1.45$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $50^\circ C$ ก็จะส่งผลให้มีค่าของกระแส (i_D) ที่ไหลผ่านอุปกรณ์ไดโอดมีค่าเท่ากับ $1.375\mu A$ นั้นเองครับ

****

ตัวอย่างที่ 1-3 เป็นการคำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D) ซึ่งได้กำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงใน**ภาพที่ 1-20**



ภาพที่ 1-20 แสดงค่าต่างๆ ที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D) ของตัวอย่างที่ 1-3

จากค่าต่างๆ ที่กำหนดมานั้นก็สามารถที่จะทำการคำนวณเพื่อหาค่าของแรงดัน (v_D) โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้ครับ

- คำนวณหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่มีหน่วยเป็นเคลวิน $(^\circ K : Kelvin)$

$$^\circ K = 273 + ^\circ C = 273 + 50^\circ C = 323^\circ K$$

- คำนวณหาค่าแรงดันที่เกิดจากอุณหภูมิ (V_T)

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(1.38\times10^{-23}\ Joules/Kelvin)(323^\circ K)}{(1.6\times10^{-19}\ Coulomb)} = 27.859mV$$

- คำนวณหาค่าของแรงดัน (v_D)

$$v_D = nV_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S}+1\right) = (1.45)(27.859mV)\ln\left(\frac{(1.375\mu A)}{(1\times10^{-15})}+1\right) = 0.85V$$

จากการคำนวณก็จะเห็นได้ว่าถ้าเรากำหนดให้อุปกรณ์ไดโอดนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้คือ $I_S = 1\times10^{-15}\ A.,\ i_D = 1.375\mu A, n = 1.45$ และอุปกรณ์ไดโอดนี้ทำงานที่ค่าอุณหภูมิเท่ากับ $50^\circ C$ ก็จะส่งผลให้มีค่าของแรงดัน (v_D) ที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไดโอดมีค่าเท่ากับ $0.85V$ นั้นเองครับ

****