โครงการสอน ภาคเรียนที่ ๒/๒๕๖๗

ลักษณะรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๗

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อวิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒

ทฤษฎี ๑ ชั่งโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๔ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ใช้งานไดโอด ซีเนอร์โดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟต และอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในงานต่าง ๆ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๒. มีทักษะในการประกอบ การวัดและทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๓. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบคำนึงถึงความถูกต้องและปลอดภัย

๔. สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สมรรถนะรายวิชา

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๒. วัดและทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงละวงจร

๓. ประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

๔. ประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม สารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็นและรอยต่อพีเอ็นโครงสร้าง สัญลักษณ์ คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการให้ไบอัสไดโอด ซีเนอร์โดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟตอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การทำงานของวงจรคอมมอนแบนแบบต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟต การใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรขยายสัญญาณ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรอื่น การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การแปลความหมายของคุณลักษณะทางไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

หน่วยการเรียนรู้

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
๑	ไดโอด	๑	๔	๕
๒	ซีเนอร์ไดโอด	๑	๔	๕
๓	ทรานซิสเตอร์	๑	๔	๕
๔	เฟต	๑	๔	๕
๕	มอสเฟต	๑	๔	๕
๖	ไทริสเตอร์	๑	๔	๕
๗	วงจรขยายสัญญาณ	๒	๘	๑๐
๘	วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	๒	๘	๑๐
๙	วงจรออสซิลเลเตอร์	๒	๘	๑๐
๑๐	งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	๓	๑๒	๑๕
๑๑	งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	๓	๑๒	๑๕
	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			
	รวม	๑๘	๗๒	๙๐

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ (๑-๔-๓) เวลาเรียน ๕ ชั่งโมง/สัปดาห์ รวม ๙๐ ชั่วโมง/ภาคเรียน

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวนชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์					
๑.ไดโอด	๐.๕	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๘.๕	๑/๔
๒.ซีเนอร์ไดโอด	๐.๕	๑	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๑	๑	๖.๕	๑/๔
๓.ทรานซิสเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๐.๕	๓	๓	๓	๑๒.๕	๑/๔
๔.เฟต	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๑๐	๑/๔
๕.มอสเฟต	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๑/๔
๖.ไทริสเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๑/๔
๗.วงจรขยายสัญญาณ	๑	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๑	๑	๑	๗	๒/๘
๘.วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๒/๘
๙.วงจรออสซิลเลเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๒/๘
๑๐.งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๓/๑๒
๑๑.งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๓/๑๒
รวม	๖	๖.๕	๖	๗	๘.๕	๖	๒๐	๒๐	๒๐	๑๐๐	๑๘/๗๒
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (เมื่อเรียนรายวิชานี้สำเร็จแล้วทำอะไรได้)											
รวมทั้งรายวิชา										๑๐๐	๙๐

กิจกรรมการเรียนการสอน

๑. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

๒. ใบงาน

การวัดผลประเมินผล/ระดับคะแนน

รายละเอียดการวัดผล

การระหว่างหน่วยการเรียน		๑๕	คะแนน
การสอบกลางภาค		๒๕	คะแนน
การสอบปลายภาค		๒๕	คะแนน
บูรณาการคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์		๒๐	คะแนน
งานมอบหมาย/ รายงาน/กิจกรรม		๑๕	คะแนน
	รวม	**๑๐๐**	**คะแนน**

ระดับคะแนน

คะแนน ๘๐ - ๑๐๐	ระดับผลการเรียนระดับ	๔
คะแนน ๗๕ – ๗๙	ระดับผลการเรียนระดับ	๓
คะแนน ๖๕ - ๖๙	ระดับผลการเรียนระดับ	๒.๕
คะแนน ๖๐ – ๖๔	ระดับผลการเรียนระดับ	๒
คะแนน ๕๕ – ๕๙	ระดับผลการเรียนระดับ	๑.๕
คะแนน ๕๐ – ๕๔	ระดับผลการเรียนระดับ	๑
คะแนน ๐ – ๔๙	ระดับผลการเรียนระดับ	๐

สื่อการเรียนการสอน/หนังสือเรียน/หนังสือประกอบ

๑. หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

๑. สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย

๒. สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๗

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (Electronics Devices and Circuits) รหัสวิชา ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ ท–ป–น ๑-๔-๓ นี้มุ่งเน้นสมรรถนะและบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๗ สำนักงานคณะกรรมการ การอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ๑๑ หน่วย การเรียนรู้ประกอบด้วย

๑) ไดโอด
๒) ซีเนอร์ไดโอด
๓) ทรานซิสเตอร์
๔) เฟต
๕) มอสเฟต
๖) ไทริสเตอร์
๗) วงจรขยายสัญญาณ
๘) วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย
๙) วงจรออสซิลเลเตอร์
๑๐) งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์
๑๑) งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

พร้อมทั้ง แบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบพร้อมเฉลย และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และผู้สนใจทั่วไป หากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

สารบัญ

หน้า

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๗

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

รหัส ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ทฤษฎี ๑ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๔ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาอาชีพช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ใช้งานไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟต และอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในงานต่าง ๆ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๒. มีทักษะในการประกอบ การวัดและทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๓. มีเจตคติที่ดีต่อวิชาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มติม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึง

ความถูกต้องและปลอดภัย

๔. สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สมรรถนะรายวิชา

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๒. วัดและทดสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

๓. ประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

๔. ประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม สารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็นและรอยต่อพีเอ็นโครงสร้าง สัญลักษณ์ คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการให้ไบอัสไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟตอุปกรณ์ไทริสเตอร์ การทำงานของวงจรคอมมอนแบบต่าง ๆ ของทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟต การใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรขยายสัญญาณ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรอื่น ๆ การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การแปลความหมายของคุณลักษณะทางไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

มาตรฐานอาชีพ (ถ้ามี)

หน้า ๑๗๔
เล่ม ๑๒๘ ตอนพิเศษ ๘๑ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๗ กรกฎาคม ๒๕๕๔

ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

เรื่อง วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๒ วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงกำหนดวิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน และการออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ วิธีการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑

๑.๑ การทดสอบความรู้

เป็นการทดสอบความรู้ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิด ๔ ตัวเลือก จำนวนข้อสอบ ๘๐ ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบ ๑ ชั่วโมง ๓๐ นาที คะแนนเต็ม คิดเป็นร้อยละสามสิบของคะแนนทั้งหมด

๑.๒ การทดสอบความสามารถ

เป็นการทดสอบความสามารถซึ่งเกิดจากการสะสมประสบการณ์จนเกิดความชำนาญ เพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพตามข้อกำหนด ถูกขั้นตอนและเสร็จตามเวลาที่กำหนด ลักษณะการทดสอบ เป็นการทดสอบโดยมีแบบทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบปฏิบัติ ๒ แบบทดสอบ ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด ๔ ชั่วโมง คะแนนเต็ม ภาคความสามารถ คิดเป็นร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด ดังนี้

(๑) การประกอบวงจรอิเล็กโทรนิกส์

(๒) ปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องรับโทรทัศน์

๑.๓ รายละเอียดวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่คณะกรรมการประกาศกำหนด

ข้อ ๒ การออกหนังสือรับรองว่าเป็นผู้ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑ จะออกให้แก่ผู้ผ่านการทดสอบ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ผู้เข้ารับการทดสอบต้องทดสอบทั้งภาคความรู้และความสามารถโดยต้องสอบได้คะแนนรวมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละเจ็ดสิบของคะแนนทั้งหมด จึงถือว่าสอบผ่านมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาอาชีพช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ ๑

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๕๔
สมเกียรติ ฉายะศรีวงศ์
ปลัดกระทรวงแรงงาน
ประธานกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา(Job) วัด ประกอบ ทดสอบและประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์				
งานหลัก (Duty)	**งานย่อย** (Task)	**สมรรถนะย่อย** (มาตรฐานอาชีพ)	**ความรู้** **ในการปฏิบัติงาน**	**ทักษะ** **ในการปฏิบัติงาน**
งานหลัก๑ วัดและทดสอบ อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์	๑.๑ ไดโอด ๑.๒ ซีเนอร์ไดโอด ๑.๓ ทรานซิสเตอร์ ๑.๔ เฟต ๑.๕ มอสเฟต ๑.๖ ไทริสเตอร์		๑.โครงสร้างไอโอด ๒.โครงสร้างของอะตอม ๓.สารกึ่งตัวนำชนิดพีชนิดเอ็นและรอยต่อพีเอ็น ๔.โครงสร้าง ๕.สัญลักษณ์ ๖.ชนิดของไอโอด ๗.คุณลักษณะทางไฟฟ้าและการให้ไบอัส ๘.การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ๙.การบำรุงรักษาและจัดเก็บเครื่องมือ ๑๐.ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ	๑.ใช้งานมัลติเตอร์ ๒.วัดและทดสอบไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟต มอสเฟต ไทริสเตอร์
งานหลัก๒ ประกอบและ ทดสอบ	๒.๑ วงจรขยายสัญญาณ ๒.๒ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ๒.๓ วงจรออสซิลเลเตอร์		๑.โครงสร้างวงจรขยายสัญญาณ ๒.โครงสร้างวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ๓.โครงสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ ๔.สัญลักษณ์วงจร ๕.คุณลักษณะทางไฟฟ้า ๖.ความปลอดภัยในการใช้เครื่องมือ ๗.อุปกรณ์ในการบัดกรี	๑.ประกอบวงจรขยายสัญญาณ ๒.ประกอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ๓.ประกอบวงจรออสซิลเลเตอร์ ๔.ทดสอบวงจรขยายสัญญาณ ๕.ทดสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ๖.ทดสอบวงจรออสซิลเลเตอร์
งานหลัก๓ ประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์	๓.๑ งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ ๓.๒ งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์		๑.วงจรพิมพ์ ๑ หน้า ๒.วงจรพิมพ์ ๒ หน้า	๑.สร้างแผ่นวงจรพิมพ์ ๒.ประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

หน่วยการเรียนรู้

รหัส ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ทฤษฎี ๑ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๔ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
๑	ไดโอด	๑	๔	๕
๒	ซีเนอร์ไดโอด	๑	๔	๕
๓	ทรานซิสเตอร์	๑	๔	๕
๔	เฟต	๑	๔	๕
๕	มอสเฟต	๑	๔	๕
๖	ไทริสเตอร์	๑	๔	๕
๗	วงจรขยายสัญญาณ	๒	๘	๑๐
๘	วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	๒	๘	๑๐
๙	วงจรออสซิลเลเตอร์	๒	๘	๑๐
๑๐	งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	๓	๑๒	๑๕
๑๑	งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	๓	๑๒	๑๕
	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			
รวม		**๑๘**	**๗๒**	**๙๐**

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

รหัส ๒๐๑๐๕-๒๐๐๒ ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร

ทฤษฎี ๑ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๔ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวนชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมินค่า	การสร้างสรรค์					
๑.ไดโอด	๐.๕	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๑	๘.๕	๑/๔
๒.ซีเนอร์ไดโอด	๐.๕	๑	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๑	๑	๖.๕	๑/๔
๓.ทรานซิสเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๐.๕	๓	๓	๓	๑๒.๕	๑/๔
๔.เฟต	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๑๐	๑/๔
๕.มอสเฟต	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๑/๔
๖.ไทริสเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๑/๔
๗.วงจรขยายสัญญาณ	๑	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๑	๑	๑	๗	๒/๘
๘.วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๑	๐.๕	๒	๒	๒	๙.๕	๒/๘
๙.วงจรออสซิลเลเตอร์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๒/๘
๑๐.งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๓/๑๒
๑๑.งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๐.๕	๒	๒	๒	๙	๓/๑๒
รวม	**๖**	**๖.๕**	**๖**	**๗**	**๘.๕**	**๖**	**๒๐**	**๒๐**	**๒๐**	**๑๐๐**	**๑๘/๗๒**
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา(เมื่อเรียนรายวิชานี้สำเร็จแล้วทำอะไรได้)											
รวมทั้งรายวิชา										**๑๐๐**	**๙๐**

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ไดโอด		ปฏิบัติ 4 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไดโอด

3.2 เลือกใช้ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด
4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดได้ถูกต้อง
4.3 แก้ไขตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
4.4 จำแนกอาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง
4.5 แก้ปัญหาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง
4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด
5.2 ไดโอดในอุดมคติ
5.3 ไดโอดในทางปฏิบัติ
5.4 การไบแอสไดโอด
5.5 เบอร์ไดโอดและการแปลความหมายไดโอด
5.6 การตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 1

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของไดโอดและสัญลักษณ์ของไดโอด โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไดโอดและสัญลักษณ์ของไดโอด

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง ไดโอดในอุดมคติ และไดโอดในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 การไบแอสตรง กลุ่มที่ 2 การไบแอสกลับ

7) ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย กลุ่มละ 10 นาที

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับเบอร์ไดโอดและการแปลความหมายไดโอด

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 1.1 และการทดลองที่ 1.1

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 1.1

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 1 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างไดโอด การทำงานของไดโอด ลักษณะสมบัติของไดโอด การตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 1 เรื่อง ไดโอด

7.2 ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด
2. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด
3. แก้ไขตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของไดโอดได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของไดโอดได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้ ที่ 1	หน่วยที่ **1**
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง ไดโอด		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไดโอด

3.2 เลือกใช้ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

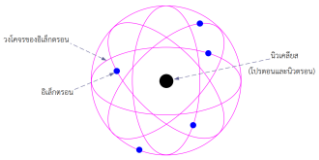
5. เนื้อหาสาระ

1. ทฤษฎีอะตอม

1.1 โครงสร้างของอะตอม

อะตอมประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. โปรตอน มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ มีมวล 1.6726×10^{-24} กรัม
2. อิเล็กตรอน มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ มีมวล 9.1096×10^{-28} กรัม
3. นิวตรอน มีประจุไฟฟ้า 0 (เป็นกลาง) มีมวลประมาณ 1.6749×10^{-24} กรัม



1.2 วงโคจรของอิเล็กตรอน

จำนวนอิเล็กตรอนแต่ละวง = $2N^2$

เมื่อ N คือตัวเลขตำแหน่งวงโคจรของอิเล็กตรอน

ดังนั้น วงที่ 1 มีจำนวนอิเล็กตรอน = 2×1^2 = 2 ตัว

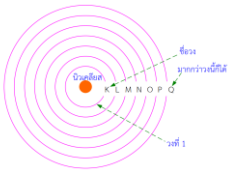
วงที่ 2 มีจำนวนอิเล็กตรอน = 2×2^2 = 8 ตัว

วงที่ 3 มีจำนวนอิเล็กตรอน = 2×3^2 = 18 ตัว

วงที่ 4 มีจำนวนอิเล็กตรอน = 2×4^2 = 32 ตัว

ตั้งแต่วงที่ 5 เป็นต้นไปจำนวนอิเล็กตรอนมีค่าสูงสุด 32 ตัว

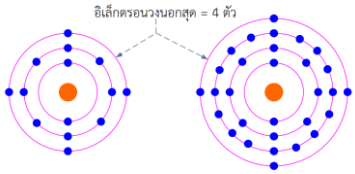
จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีได้ไม่เกิน 8 ตัว อิเล็กตรอนวงนอกสุดนี้เรียกชื่อว่าวาเลนซ์อิเล็กตรอน (Valence electron)



2. สารกึ่งตัวนำสำหรับผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

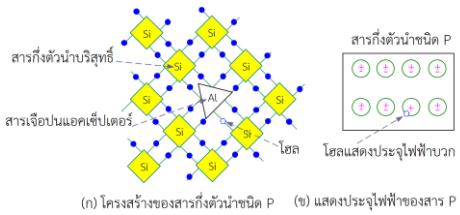
2.1 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์หมายถึงธาตุกึ่งตัวนำที่ยังไม่ได้เติมสารเจือปนใด ๆ ลงไปในธาตุกึ่งตัวนำนั้น ๆ



2.2 สารกึ่งตัวนำชนิด P

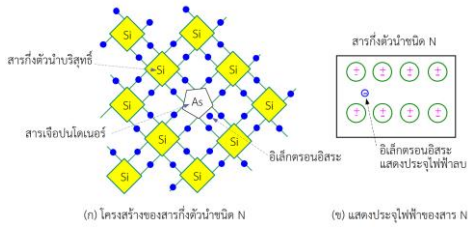
สารกึ่งตัวนำชนิด P เกิดจากการนำธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวน 3 ตัว เช่น โบรอน, อินเดียม, แอคเซ็ปเตอร์ เจือปนลงไปในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ในปริมาณเล็กน้อย



(ก) โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำชนิด P (ข) แสดงประจุไฟฟ้าของสาร P

2.3 สารกึ่งตัวนำชนิด N

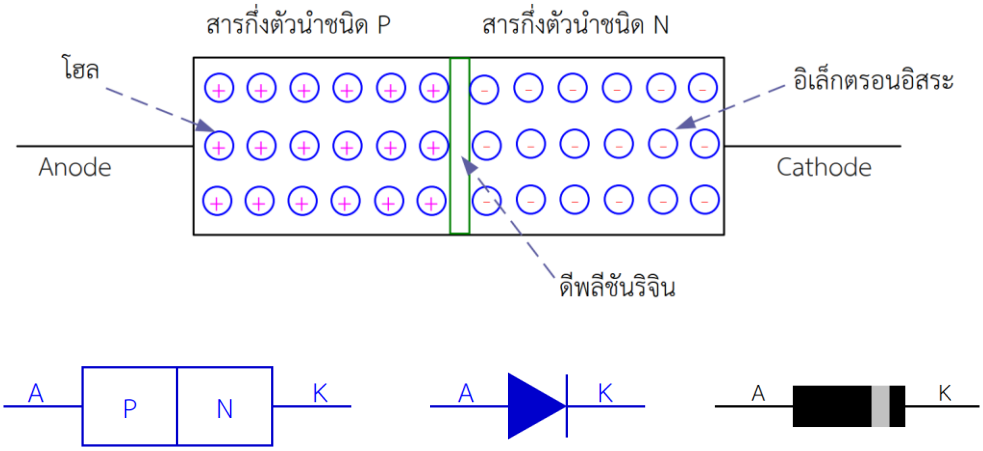
สารกึ่งตัวนำชนิด N เกิดจากการนำธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวน 5 ตัว เช่น ฟอสฟอรัส, อาเซนิค, โดเนอร์ เจือปนลงไปในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ในปริมาณเล็กน้อย



3. หลักการทำงานของไดโอด

3.1 โครงสร้างพื้นฐานของไดโอด

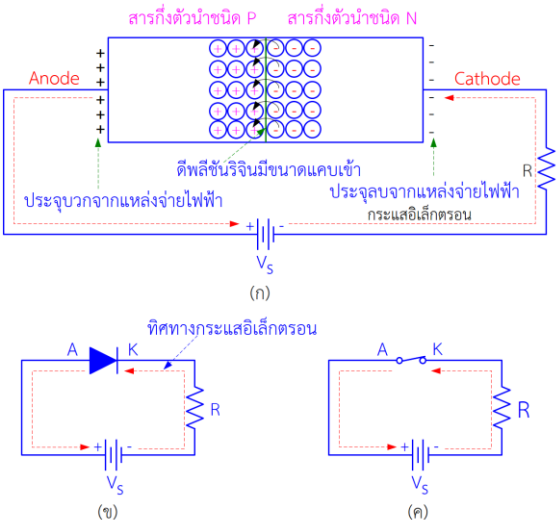
ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำมาจากกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ใช้ประโยชน์ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้หลายอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของไดโอดและลักษณะการต่อวงจร ไดโอดมีโครงสร้างพื้นฐานผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดคือชนิด P และ N



(ก) โครงสร้าง (ข) สัญลักษณ์ (ค) ตัวจริง

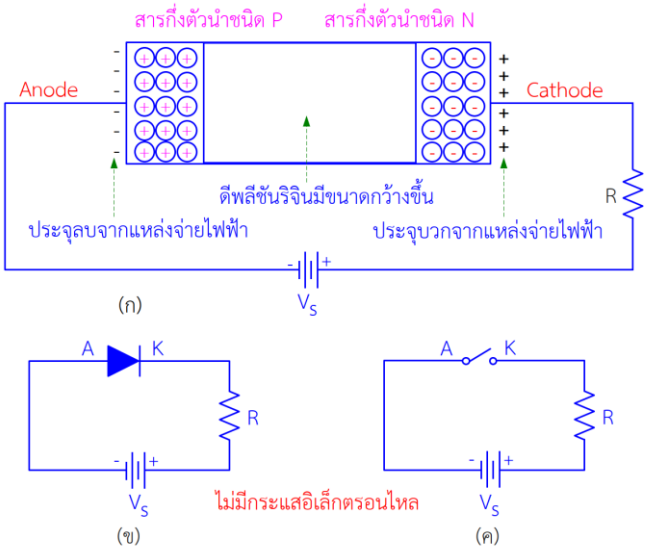
3.2 การทำงานของไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง

การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านไดโอดสามารถควบคุมได้โดยการป้อนไฟฟ้าให้แก่ไดโอด หากป้อนไฟฟ้าบวกเข้าที่ขาแอโนดและป้อนไฟฟ้าลบผ่านตัวต้านทานเข้าที่ขาแคโทดทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้



3.3 การทำงานของไดโอดเมื่อได้รับไบอัสกลับ

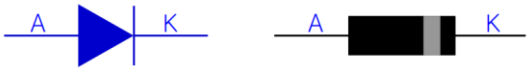
หากป้อนไฟฟ้าลบเข้าที่ขาแอโนดของไดโอดและป้อนไฟฟ้าบวกผ่านตัวต้านทานเข้าที่ขาแคโทดจะทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านไดโอดได้



4. ไดโอดเรียงกระแส

4.1 ไดโอดเรียงกระแส (Rectifier diode)

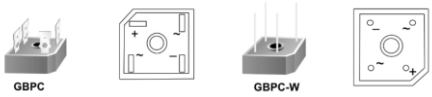
หมายถึงไดโอดเรียงกระแสที่มีขั้วต่อใช้งาน 2 ขั้ว คือขั้วแอโนดและขั้วแคโถด มีโครงสร้าง รูปร่าง และสัญลักษณ์ดังรูป



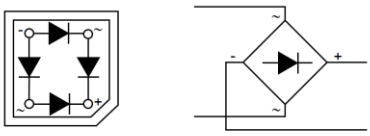
(ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวจริง

4.2 ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge rectifier diode)

ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์มีรูปร่างแสดงดังรูป



รูปร่างของไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์



(ก) โครงสร้างภายใน (ข) สัญลักษณ์

4.3 ไดโอดกำลัง (Power diode)

ไดโอดกำลังมีโครงสร้างคล้ายกับไดโอดเรียงกระแสทั่ว ๆ ไป แต่สามารถจ่ายกระแสได้สูงโครงสร้างตัวถังเป็นโลหะเพื่อให้ระบายความร้อนได้ดี ผู้ผลิตไดโอดกำลังจะออกแบบบริเวณรอยต่อให้มีความกว้างมากกว่าปกติ

(ก) สัญลักษณ์ (ข) รูปร่างตัวจริง

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1

ไดโอด

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 3 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 3 เป็นแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย x ในข้อที่คิดว่าผิด

✓ 1. โปรตอน มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ มีมวล 1.6726×10^{-24} กรัม

✓ 2. นิวตรอน มีประจุไฟฟ้า 0 (เป็นกลาง) มีมวลประมาณ 1.6749×10^{-20} กรัม

✓ 3. อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 4 ตัว แสดงว่าเป็นสารกึ่งตัวนำ

x 4. ธาตุพลวง (Sb) มีอิเล็กตรอน 51 ตัว แสดงว่ามีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 1 ตัว

✓ 5. สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 4 ตัว

✓ 6. ไดโอดผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ P, N จำนวน 2 รอยต่อ

✓ 7. เมื่อไบแอสตรงให้แก่ไดโอด จะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสได้

x 8. ไดโอดเบอร์ 1N4001 สามารถทนกระแสได้ 5A ที่อุณหภูมิ 75 องศา

✓ 9. ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ มีไดโอดอยู่ภายใน จำนวน 4 ตัว

✓ 10. ทันเนลไดโอด นำไปใช้ในวงจรผลิตสัญญาณวิทยุความถี่สูงในตารางที่ 1

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. จากสมการ จำนวนอิเล็กตรอนแต่ละวง = 2N2 วงที่ 2 มีจำนวนอิเล็กตรอน **8** ตัว
2. ธาตุซิลิคอน (Si) มีอิเล็กตรอน **4** ตัว
3. การจับกันเป็นผลึกในรูปของพันธะโควาเลนซ์ของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ จะดูเหมือนว่าอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีจำนวน **8** ตัว
4. สารกึ่งตัวนำชนิด N จะทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนเกินมา 1 ตัว เรียกว่า **อิเล็กตรอนอิสระ**
5. เมื่อไดโอดที่ผลิตมาจากสารซิลิคอนนำกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่รอยต่อ **0.6** โวลต์
6. การไบแอสกลับของไดโอด หมายถึง การต่อ ศักย์ไฟฟ้า + เข้าที่ขั้ว **K** และศักย์ไฟฟ้า – เข้าที่ขั้ว **A**
7. ไดโอดเรียงกระแส ทำหน้าที่ **แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง**
8. ไดโอดเรียงกระแส เบอร์ 1N4007 มีค่าทนแรงดันย้อนกลับเท่ากับ **700** โวลต์
9. การใช้งานซีเนอร์ไดโอดสำหรับควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะต่อในลักษณะ **ไบอัสกลับ**
10. ไดโอดเปล่งแสงที่ให้แสงสีแดง มีความยาวคลื่นเท่ากับ **630 nm ถึง 660 nm**
11. ไดโอดเปล่งแสงสี **ขาว** มีแรงดันตกคร่อมสูงสุด เมื่อกระแสไฟฟ้าเท่ากัน
12. ไดโอดเปล่งแสงแบบ RGB LED ประกอบด้วย LED สี **แดง,เขียว** และ **น้ำเงิน**
13. ไดโอดแบบ LED 7-Segment ประกอบด้วย LED จำนวน **8** ตัว

14. วาแรกเตอร์ไดโอด นิยมนำไปใช้ในวงจร **ผลิตความถี่**

15. ไดโอดที่ผู้ผลิตออกแบบให้สามารถหยุดกระแสได้ทันทีทันใด คือไดโอดชนิด **ชอตต์กีไดโอด**

ตอนที่ 3 จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับอะตอม

   ง. โปรตอนมีน้ำหนักน้อยที่สุด

2. สารเยอร์มาเนียม 1 อะตอม มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 32 ตัว แสดงว่ามีวาเลนซ์อิเล็กตรอนกี่ตัว

   ค. 4

3. สารกึ่งตัวนำชนิด P (P-Type Semiconductor) มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวนกี่ตัว

   ค. 7

4. สารกึ่งตัวนำชนิด N (N-Type Semiconductor) เป็นการนำธาตุใดไปเจือปนลงในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

   ก. ฟอสฟอรัส

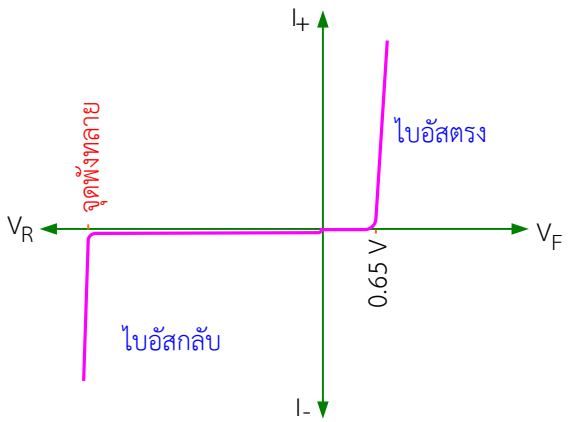
5. ไดโอดที่ผลิตมาจากธาตุซิลิคอน เมื่อได้รับไบแอสตรง ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่รอยต่อ PN มีค่าใด

   ค. 0.6 V

6. ไดโอดชนิดใดที่ทนกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด

   ค. ไดโอดกำลัง

รูปสำหรับข้อ 7



7. จากรูปที่กำหนด เป็นคุณสมบัติของไดโอดชนิดใด

   ง. ซีเนอร์ไดโอด

8. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับไดโอดเปล่งแสง ขนาด 5 มิลลิเมตร คือค่าใด

   ก. 10 มิลลิแอมป์

9. ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (LED 7-Segment) นำไปใช้ในวงจรใด

   ข. วงจรแสดงผล

10. การใช้งานของวาแรกเตอร์ไดโอด ข้อใดกล่าวผิด

    ข. ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างขา A-K เปลี่ยนแปลงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 1

ไดโอด

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 3 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 3 เป็นแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย x ในข้อที่คิดว่าผิด

✓ 1. โปรตอน มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ มีมวล 1.6726×10^{-24} กรัม

✓ 2. นิวตรอน มีประจุไฟฟ้า 0 (เป็นกลาง) มีมวลประมาณ 1.6749×10^{-20} กรัม

✓ 3. อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 4 ตัว แสดงว่าเป็นสารกึ่งตัวนำ

x 4. ธาตุพลวง (Sb) มีอิเล็กตรอน 51 ตัว แสดงว่ามีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 1 ตัว

✓ 5. สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 4 ตัว

✓ 6. ไดโอดผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ P, N จำนวน 2 รอยต่อ

✓ 7. เมื่อไบแอสตรงให้แก่ไดโอด จะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสได้

x 8. ไดโอดเบอร์ 1N4001 สามารถทนกระแสได้ 5A ที่อุณหภูมิ 75 องศา

✓ 9. ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ มีไดโอดอยู่ภายใน จำนวน 4 ตัว

✓ 10. ทันเนลไดโอด นำไปใช้ในวงจรผลิตสัญญาณวิทยุความถี่สูงในตารางที่ 1

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. จากสมการ จำนวนอิเล็กตรอนแต่ละวง = 2N2 วงที่ 2 มีจำนวนอิเล็กตรอน **8** ตัว
2. ธาตุซิลิคอน (Si) มีอิเล็กตรอน **4** ตัว
3. การจับกันเป็นผลึกในรูปของพันธะโควาเลนซ์ของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ จะดูเหมือนว่าอิเล็กตรอนวงนอกสุดมีจำนวน **8** ตัว
4. สารกึ่งตัวนำชนิด N จะทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนเกินมา 1 ตัว เรียกว่า **อิเล็กตรอนอิสระ**
5. เมื่อไดโอดที่ผลิตมาจากสารซิลิคอนนำกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่รอยต่อ **0.6** โวลต์
6. การไบแอสกลับของไดโอด หมายถึง การต่อ ศักย์ไฟฟ้า + เข้าที่ขั้ว **K** และศักย์ไฟฟ้า – เข้าที่ขั้ว **A**
7. ไดโอดเรียงกระแส ทำหน้าที่ **แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง**
8. ไดโอดเรียงกระแส เบอร์ 1N4007 มีค่าทนแรงดันย้อนกลับเท่ากับ **700** โวลต์
9. การใช้งานซีเนอร์ไดโอดสำหรับควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะต่อในลักษณะ **ไบอัสกลับ**
10. ไดโอดเปล่งแสงที่ให้แสงสีแดง มีความยาวคลื่นเท่ากับ **630 nm ถึง 660 nm**
11. ไดโอดเปล่งแสงสี **ขาว**_มีแรงดันตกคร่อมสูงสุด เมื่อกระแสไฟฟ้าเท่ากัน
12. ไดโอดเปล่งแสงแบบ RGB LED ประกอบด้วย LED สี **แดง,เขียว** และ **น้ำเงิน**
13. ไดโอดแบบ LED 7-Segment ประกอบด้วย LED จำนวน **8** ตัว
14. วาแรกเตอร์ไดโอด นิยมนำไปใช้ในวงจร **ผลิตความถี่**
15. ไดโอดที่ผู้ผลิตออกแบบให้สามารถหยุดกระแสได้ทันทีทันใด คือไดโอดชนิด **ชอตต์กีไดโอด**

อนที่ 3 จงเลือกคำตอบที่ถูกที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับอะตอม

   ง. โปรตอนมีน้ำหนักน้อยที่สุด

2. สารเยอร์มาเนียม 1 อะตอม มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับ 32 ตัว แสดงว่ามีวาเลนซ์อิเล็กตรอนกี่ตัว

   ค. 4

3. สารกึ่งตัวนำชนิด P (P-Type Semiconductor) มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวนกี่ตัว

   ค. 7

4. สารกึ่งตัวนำชนิด N (N-Type Semiconductor) เป็นการนำธาตุใดไปเจือปนลงในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

   ก. ฟอสฟอรัส

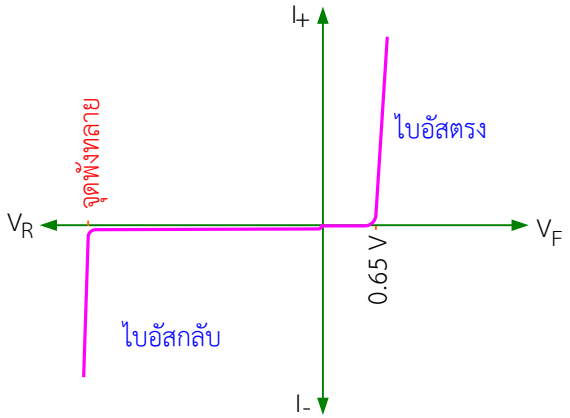
5. ไดโอดที่ผลิตมาจากธาตุซิลิคอน เมื่อได้รับไบแอสตรง ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่รอยต่อ PN มีค่าใด

   ค. 0.6 V

6. ไดโอดชนิดใดที่ทนกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด

   ค. ไดโอดกำลัง

รูปสำหรับข้อ 7



7. จากรูปที่กำหนด เป็นคุณสมบัติของไดโอดชนิดใด

   ง. ซีเนอร์ไดโอด

8. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับไดโอดเปล่งแสง ขนาด 5 มิลลิเมตร คือค่าใด

   ก. 10 มิลลิแอมป์

9. ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (LED 7-Segment) นำไปใช้ในวงจรใด

   ข. วงจรแสดงผล

10. การใช้งานของวาแรกเตอร์ไดโอด ข้อใดกล่าวผิด

    ข. ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างขา A-K เปลี่ยนแปลงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ

	ใบงาน ที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน ไดโอด		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไดโอด

3.2 เลือกใช้ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอดได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของไดโอดได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

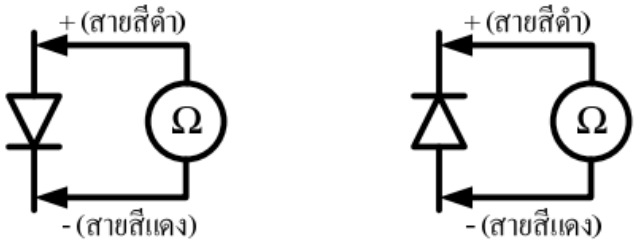
5.1 D.C. Power supply 0 – 30 V.	1 ชุด
5.2 Digital voltmeter	2 ตัว
5.3 Digital ammeter	1 ตัว
5.4 แผงประกอบวงจร	
5.5 สายต่อวงจร	
5.6 ไดโอด # 1N 4007	1 ตัว
5.7 ไดโอด # 0A 90	1 ตัว
5.8 ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม	1 ตัว

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

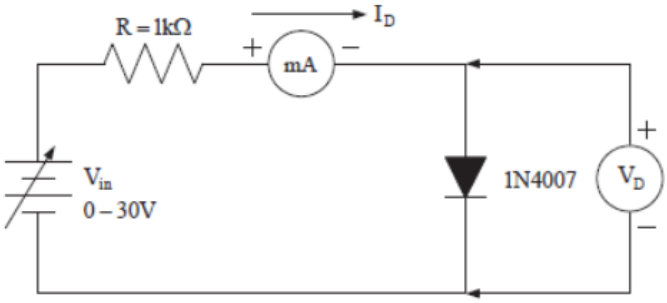
-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ทดสอบไดโอด ตั้งย่านวัดของมัลติมิเตอร์ที่ย่าน R × 10 จากนั้น นำปลายสายวัดของมิเตอร์ แตะขาของไดโอด บันทึกค่าความต้านทาน ลงในภาพที่ 1 (R_F) และ 2 (R_R)



ภาพที่ 1 R_F =_____Ω ภาพที่ 2 R_R =_____Ω

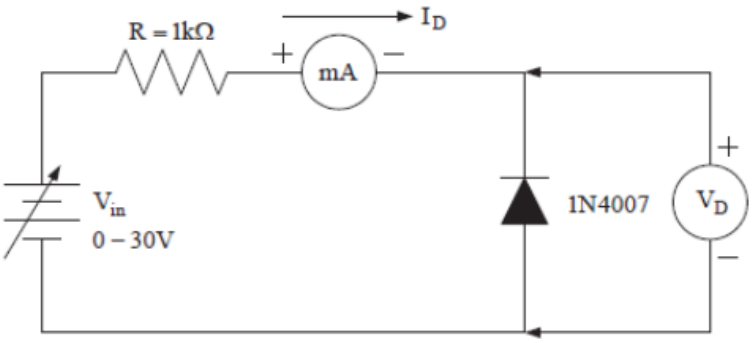


ภาพที่ 3 วงจรไบแอสตรง (Forward Bias) ของไดโอด

2. ต่อวงจรตามภาพที่ 3 ปรับแหล่งจ่ายไฟไฟฟ้า Vin ตามตารางที่ 1 ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดเมื่อได้รับไอแอสตรง (Forward Bias)

V_{in} (V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5	2	3
I_D (mA)													
V_D (V)													



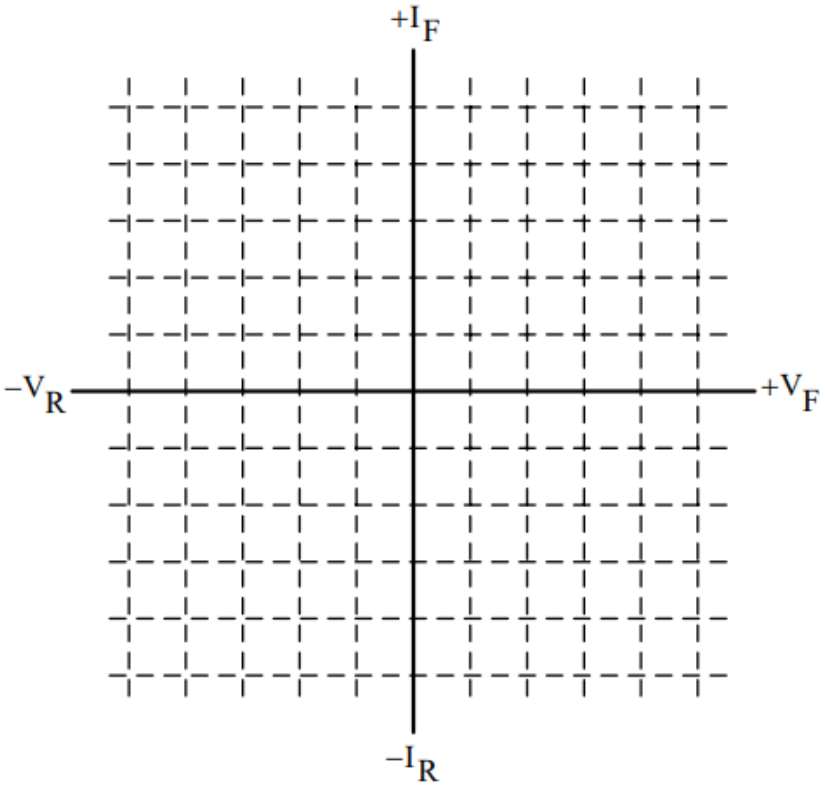
ภาพที่ 4 วงจรไบแอสกลับ (Reverse Bias) ของไดโอด

3. ต่อวงจรตามภาพที่ 4 ปรับแหล่งจ่ายไฟไฟฟ้า Vin ตามตารางที่ 2 ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดเมื่อได้รับไอแอสกลับ (Reverse Bias)

V_{in} (V)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
I_D (mA)													
V_D (V)													

4. นำผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 1 และ 2 มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่าง V_D และ I_D ลงในกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของไดโอด

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

……

……

……

……

……

9. **การประเมินผล**

……

……

……

……

……

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

……

……

……

……

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ซีเนอร์ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ซีเนอร์ไดโอด		ปฏิบัติ 4 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานซีเนอร์ไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับซีเนอร์ไดโอด

3.2 เลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดซีเนอร์ไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

5.2 ซีเนอร์ไดโอดในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 2

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของซีเนอร์ไดโอดและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของซีเนอร์ไดโอดและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง ซีเนอร์ไดโอดในอุดมคติ และซีเนอร์ไดโอดในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 การไบแอสตรง กลุ่มที่ 2 การไบแอสกลับ

7) ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย กลุ่มละ 10 นาที

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับซีเนอร์ไดโอดและการแปลความหมายซีเนอร์ไดโอด

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 2

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 2

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 2 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างซีเนอร์ไดโอด การทำงานของซีเนอร์ไดโอด ลักษณะสมบัติของซีเนอร์ไดโอด การตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 2 เรื่อง ซีเนอร์ไดโอด

7.2 ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

2. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ ซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด
3. แก้ไขตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ซีเนอร์ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง ซีเนอร์ไดโอด		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานซีเนอร์ไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับซีเนอร์ไดโอด

3.2 เลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดซีเนอร์ไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

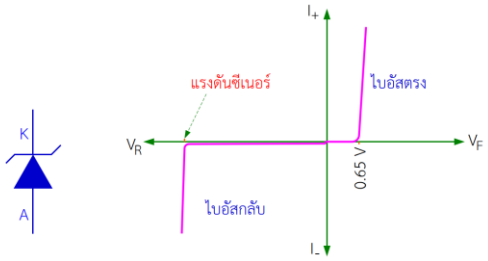
4.5 แก้ปัญหาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

1. ซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode) เป็นไดโอดชนิดพิเศษที่สร้างให้มีแตกต่างจากไดโอดเรียงกระแสทั่ว ๆ ไป กล่าวคือ เมื่อป้อนไฟไบอัสตรง ซีเนอร์ไดโอดจะทำงานเหมือนไดโอดเรียงกระแส แต่เมื่อป้อนไฟไบอัสกลับ ซีเนอร์ไดโอดจะทำงานต่างจากไดโอดเรียงกระแส

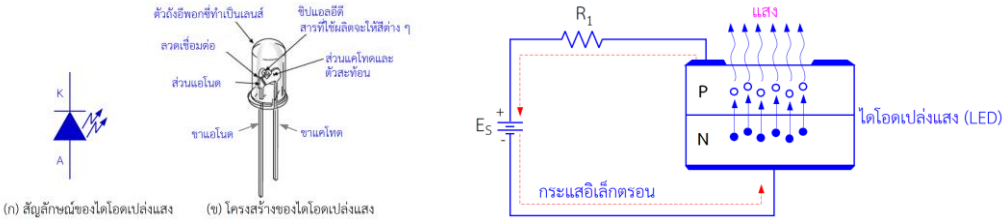


(ก) สัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอด (ข) กราฟแสดงคุณสมบัติของซีเนอร์ไดโอด

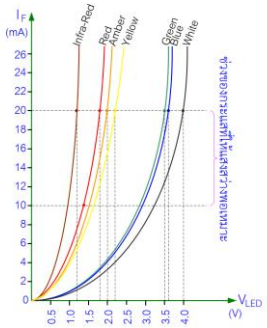
2. ไดโอดเปล่งแสง

2.1 ไดโอดเปล่งแสงแบบสีเดียว

ไดโอดเปล่งแสงแบบสีเดียวหมายถึงไดโอดเปล่งแสงเมื่อได้รับไบอัสตรงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมจะให้แสงสีที่มีค่าความยาวคลื่นค่าเดียว เช่น ไดโอดเปล่งแสงสีแดงจะให้แสงที่มีความยาวคลื่น 630 nm ถึง 660 nm ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวให้แสงที่มีความยาวคลื่น 550 nm ถึง 570 nm ไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองให้แสงที่มีความยาวคลื่น 585 nm ถึง 595nm เป็นต้น



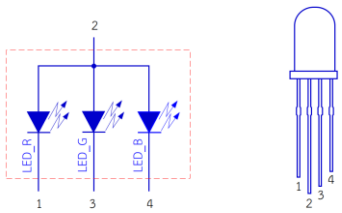
(ก) สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง (ข) โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง



กราฟ I-V ของไดโอดเปล่งแสงที่ให้แสงสีต่าง ๆ

2.2 ไดโอดเปล่งแสงแบบ 3 สี

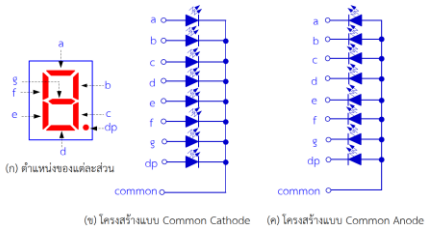
ไดโอดเปล่งแสงแบบ 3 สี หรือ RGB LED มีโครงสร้างประกอบด้วย LED 3 ตัวอยู่ในตัวถังเดียวกัน แต่ละตัวผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน จึงให้แสงสีต่างกัน และแรงดันตกคร่อมแตกต่างด้วย



(ก) สัญลักษณ์ของ RGB LED (ข) โครงสร้างตำแหน่งขาของ RGB LED

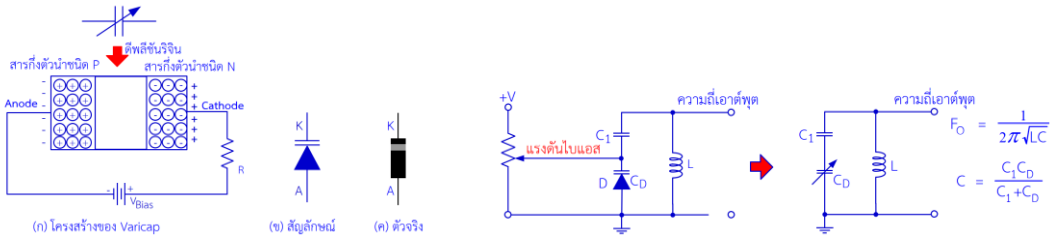
2.3 ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน

ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (LED 7-Segment) ประกอบขึ้นจากแอลอีดี 8 ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกัน และจัดเรียงให้เป็นรูปตัวเลขแอลอีดี แต่ละส่วนจะมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ตามตำแหน่งที่จัดวาง คือ a, b, c, d, e, f, g และ dp



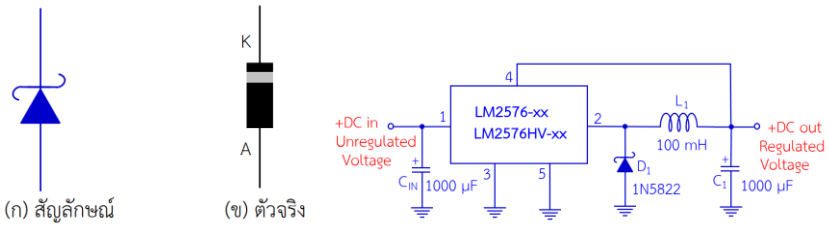
3. วาแรกเตอร์ไดโอด

วาแรกเตอร์ไดโอด (varactor diode) หรือ วาริแคป (varicap) เป็นไดโอดที่สร้างขึ้นมาใช้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้าได้ โดยการป้อนไฟฟ้าไบอัสกลับ (Reverse bias) ให้แก่วาแรกเตอร์ไดโอด ทำให้ระยะห่างของชั้นรอยต่อเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างขา A-K เปลี่ยนแปลงด้วย



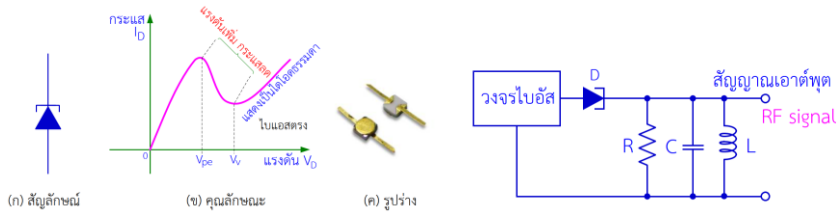
4. ชอตต์กีไดโอด

ชอตต์กีไดโอด (Schottky Diode) เป็นไดโอดที่ผู้ผลิตได้ออกแบบให้สามารถหยุดกระแสได้ทันทีทันใด ทำงานที่ความถี่สูงได้ สร้างจากรอยต่อโลหะ-สารกึ่งตัวนำ ไม่ใช่รอยต่อ P-N ดังนั้นแรงดันตกคร่อมชอตต์กีไดโอดขณะนำกระแสไดโอดจึงมีค่าประมาณ 0.3 V และชอตต์กีไดโอดไม่มี Recovery Time



5. ทันเนลไดโอด

ทันเนลไดโอด (tunnel diode) ต่างจากไดโอดธรรมดาตรงที่ลักษณะสมบัติแรงดันและกระแสบางช่วงเป็นแบบต้านทานลบ กล่าวคือเมื่อเพิ่มแรงดันเกิดค่าค่าหนึ่งแทนที่กระแสจะสูงขึ้นกลับลดลง เหตุที่ลักษณะสมบัติบางช่วงเป็นความต้านทานลบเพราะว่ามีการโดปสารด้านใดด้านหนึ่งของหัวต่อ P-N ให้มีสารเจือปนมากกว่าปกติมากกว่าร้อยเท่า การโดปมาก ๆ เช่นนี้ทำให้หัวต่อที่เรียกว่าดีพลีชันบางมาก เมื่อให้ไบอัสตรงจึงทำให้พาหะสามารถวิ่งทะลุรอยต่อไปยังขั้วอีกด้านหนึ่งได้



การใช้งานทันเนลไดโอด

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2

ซีเนอร์ไดโอด

ตอนที่ 1 จงเติมคำลงในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์ที่สุด

1. ซีเนอร์ไดโอด นำไปใช้ในวงจรรักษาระดับแรงดัน ต้องไบแอส **กลับ**
2. ค่า V_Z ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **แรงดันซีเนอร์ไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์**
3. ค่า I_{ZT} ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดที่จุดทดสอบ**
4. ค่า I_{ZK} ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดที่บริเวณส่วนโค้ง**
5. ไดโอดเปล่งแสงสีแดง วัสดุที่ใช้ทำสารพีเอ็นคือ GaAsP
6. ถ้าต้องการไดโอดเปล่งแสงสีส้ม ต้องใช้สาร GaAsP มาผลิตสารพีเอ็น
7. สมการที่ใช้หาค่าความต้านทานอนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง คือ $R_s = \frac{E - V_F}{I_F}$
8. การนำทันเนลโดโอดไปใช้งานต้องจัดไบแอสแบบ **ไบแอสกลับ**
9. การปรับค่าความจุของวาแรกเตอร์ไดโอด ทำได้โดยการไบแอส **กลับ**
10. การนำโฟโตโดโอดไปใช้งานต้องจัดไบแอสแบบ **ไบแอสกลับ**

ตอนที่ 2 จงเขียนเครื่องหมายกากบาทในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ไดโอดเปล่งแสงต่อกับแรงดันไฟตรง 24 V กำหนดให้ I_F = 15 mA, V_F = 2V ค่าความต้านทานอนุกรมมีค่าเท่ากับกี่โอห์ม

   ก. 5.466 kΩ ข. 3.466 kΩ ค. 1.966 kΩ

   ง. 1.466 kΩ จ. 1.166 kΩ

2. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในข้อใดที่ทำหน้าที่เหมือนกับตัวเก็บประจุ

   ก. วาแรกเตอร์ ข. ไดโอด ค. ไตรแอค

   ง. เอสซีอาร์ จ. ทรานซิสเตอร์

3. การปรับค่าความจุของวาแรกเตอร์ไดโอดทำได้โดยวิธีใด

   ก. การไบแอสตรง

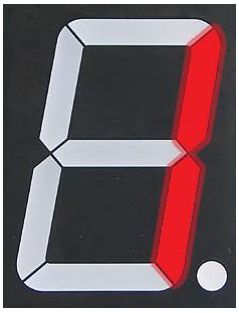
   ข. การไบแอสกลับ

   ค. การไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้

   ง. การลดพื้นที่ของแผ่นตัวนำทั้งสอง

   จ. ถูกทุกข้อ

4. ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (7–segment) ที่แสดงผลดังรูปมีไดโอดตัวใดทำงาน



ก. a และ b ข. a และ c ค. b และ c

ง. g และ f จ. d และ a

5. การนำโฟโตไดโอดไปใช้งานต้องไบแอสแบบใด

ก. ไบแอสกลับ ข. ไบแอสตรง

ค. ไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้ ง. ขึ้นอยู่กับเบอร์ของโฟโตไดโอด

จ. ไม่มีข้อใดถูก

6. การนำทันเนลไดโอดไปใช้งานต้องไบแอสแบบใด

ก. ไบแอสกลับ ข. ไบแอสตรง

ค. ไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้ ง. ขึ้นอยู่กับเบอร์ของทันเนลไดโอด

จ. ไม่มีข้อใดถูก

7. ข้อใดคือค่าแรงดันซีเนอร์ไดโอด

ก. V_{CC} ข. V_{DC} ค. V_{rms}

ง. V_T จ. V_Z

8. ข้อใดคือการนำซีเนอร์ไดโอดนำไปใช้งาน

ก. ขยายสัญญาณ ข. เรียงกระแส ค. รักษาระดับแรงดัน

ง. ป้อนกลับสัญญาณ จ. กำเนิดความถี่

9. ถ้าต้องการซีเนอร์ไดโอด 9.1 V ขนาด 0.5 W จะต้องเลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดเบอร์ใด

ก. 1N5239 ข. 1N5238 ค. 1N4631

ง. 1N4739 จ. 1N4001

10. ข้อใดคือวัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำชนิดพีเอ็นไดโอดเปล่งแสงสีแดง

ก. เจอร์เมเนียม ข. แกลเลียมอาเซไนด์ฟอสไฟด์ ค. ฟอสฟอรัส

ง. ซิลิกอน จ. โบรอน

ตอนที่ 3 จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงอธิบายเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ V_Z, I_{ZT}, I_{ZK}, I_{ZM} ที่ระบุในรายละเอียดของซีเนอร์ไดโอด.

ตอบ V_Z คือ แรงดันซีเนอร์ไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์

I_{ZT} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์ที่จุดทดสอบ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_{ZK} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์ที่ส่วนโค้งของกราฟ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_{ZM} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์สูงสุด มีหน่วยเป็น แอมป์

ในการใช้งานซีเนอร์ไดโอดในวงจรรักษาระดับแรงดันจะต้องควบคุมให้กระแสไหลผ่าน ซีเนอร์ไดโอดอยู่ระหว่าง $I_{ZK} - I_{ZM}$

2. จงอธิบายหลักการทำงานของวาแรกเตอร์ไดโอดมาพอเข้าใจ

ตอบ หลักการทำงานของวาแรกเตอร์หรือวาริแคปไดโอด จะต้องป้อนแรงดันไบแอสกลับ เพื่อปรับค่าความจุของวงจร

3. จงบอกสารที่ใช้ผลิตไดโอดเปล่งแสงมาอย่างน้อย 3 ชนิด พร้อมยกตัวอย่างมาพอเข้าใจ

ตอบ 3.1 LED สีแดง วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsP

3.2 LED สีส้ม วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsP

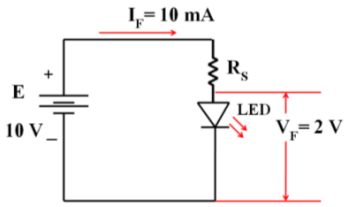
3.3 LED สีเหลือง วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsPN

3.4 LED สีเขียว วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ AlGaP

3.5 LED สีน้ำเงิน วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ SIC

4. จากรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานอนุกรม (R_S) แสดงวิธีทำมาอย่างละเอียด

ตอบ $R_s = \frac{E - V_F}{I_F} = \frac{10 - 2}{10^{-3}} = \frac{V}{A} = 800\ \Omega$ เลือกใช้ 820 Ω



5. การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานสัญญาณไฟจราจรดังรูป อยากทราบว่าไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วนที่แสดงตัวเลขนั้น มีส่วนประกอบส่วนใดบ้างที่ติด

ตอบ เลข 1 LED ตัวที่ทำงานคือ b c

เลข 4 LED ตัวที่ทำงานคือ b c f g

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 2

ซีเนอร์ไดโอด

ตอนที่ 1 จงเติมคำลงในช่องว่างให้ได้ใจความสมบูรณ์ที่สุด

1. ซีเนอร์ไดโอด นำไปใช้ในวงจรรักษาระดับแรงดัน ต้องไบแอส **กลับ**
2. ค่า V_Z ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **แรงดันซีเนอร์ไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์**
3. ค่า I_{ZT} ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดที่จุดทดสอบ**
4. ค่า I_{ZK} ที่ระบุในซีเนอร์ไดโอด คือ **กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดที่บริเวณส่วนโค้ง**
5. ไดโอดเปล่งแสงสีแดง วัสดุที่ใช้ทำสารพีเอ็นคือ GaAsP
6. ถ้าต้องการไดโอดเปล่งแสงสีส้ม ต้องใช้สาร GaAsP มาผลิตสารพีเอ็น
7. สมการที่ใช้หาค่าความต้านทานอนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง คือ $R_s = \frac{E - V_F}{I_F}$
8. การนำทันเนลโดโอดไปใช้งานต้องจัดไบแอสแบบ **ไบแอสกลับ**
9. การปรับค่าความจุของวาแรกเตอร์ไดโอด ทำได้โดยการไบแอส **กลับ**
10. การนำโฟโตโดโอดไปใช้งานต้องจัดไบแอสแบบ **ไบแอสกลับ**

ตอนที่ 2 จงเขียนเครื่องหมายกากบาทในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ไดโอดเปล่งแสงต่อกับแรงดันไฟตรง 24 V กำหนดให้ I_F = 15 mA, V_F = 2V ค่าความต้านทานอนุกรมมีค่าเท่ากับกี่โอห์ม

   ก. 5.466 kΩ ข. 3.466 kΩ ค. 1.966 kΩ

   ง. 1.466 kΩ จ. 1.166 kΩ

2. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในข้อใดที่ทำหน้าที่เหมือนกับตัวเก็บประจุ

   ก. วาแรกเตอร์ ข. ไดโอด ค. ไตรแอค

   ง. เอสซีอาร์ จ. ทรานซิสเตอร์

3. การปรับค่าความจุของวาแรกเตอร์ไดโอดทำได้โดยวิธีใด

   ก. การไบแอสตรง

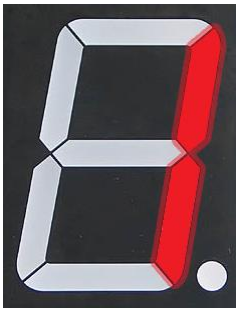
   ข. การไบแอสกลับ

   ค. การไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้

   ง. การลดพื้นที่ของแผ่นตัวนำทั้งสอง

   จ. ถูกทุกข้อ

4. ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (7–segment) ที่แสดงผลดังรูปมีไดโอดตัวใดทำงาน



ก. a และ b ข. a และ c ค. b และ c

ง. g และ f จ. d และ a

5. การนำโฟโตไดโอดไปใช้งานต้องไบแอสแบบใด

ก. ไบแอสกลับ ข. ไบแอสตรง

ค. ไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้ ง. ขึ้นอยู่กับเบอร์ของโฟโตไดโอด

จ. ไม่มีข้อใดถูก

6. การนำทันเนลไดโอดไปใช้งานต้องไบแอสแบบใด

ก. ไบแอสกลับ ข. ไบแอสตรง

ค. ไบแอสตรงหรือไบแอสกลับก็ได้ ง. ขึ้นอยู่กับเบอร์ของทันเนลไดโอด

จ. ไม่มีข้อใดถูก

7. ข้อใดคือค่าแรงดันซีเนอร์ไดโอด

ก. V_{CC} ข. V_{DC} ค. V_{rms}

ง. V_T จ. V_Z

8. ข้อใดคือการนำซีเนอร์ไดโอดนำไปใช้งาน

ก. ขยายสัญญาณ ข. เรียงกระแส ค. รักษาระดับแรงดัน

ง. ป้อนกลับสัญญาณ จ. กำเนิดความถี่

9. ถ้าต้องการซีเนอร์ไดโอด 9.1 V ขนาด 0.5 W จะต้องเลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดเบอร์ใด

ก. 1N5239 ข. 1N5238 ค. 1N4631

ง. 1N4739 จ. 1N4001

10. ข้อใดคือวัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำชนิดพีเอ็นไดโอดเปล่งแสงสีแดง

ก. เจอร์เมเนียม ข. แกลเลียมอาเซไนด์ฟอสไฟด์ ค. ฟอสฟอรัส

ง. ซิลิกอน จ. โบรอน

ตอนที่ 3 จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จงอธิบายเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ V_Z, I_{ZT}, I_{ZK}, I_{ZM} ที่ระบุในรายละเอียดของซีเนอร์ไดโอด.

ตอบ V_Z คือ แรงดันซีเนอร์ไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์

I_{ZT} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์ที่จุดทดสอบ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_{ZK} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์ที่ส่วนโค้งของกราฟ มีหน่วยเป็น แอมป์

I_{ZM} คือ กระแสไหลผ่านซีเนอร์สูงสุด มีหน่วยเป็น แอมป์

ในการใช้งานซีเนอร์ไดโอดในวงจรรักษาระดับแรงดันจะต้องควบคุมให้กระแสไหลผ่าน ซีเนอร์ไดโอดอยู่ระหว่าง $I_{ZK} - I_{ZM}$

2. จงอธิบายหลักการทำงานของวาแรกเตอร์ไดโอดมาพอเข้าใจ

ตอบ หลักการทำงานของวาแรกเตอร์หรือวาริแคปไดโอด จะต้องป้อนแรงดันไบแอสกลับ เพื่อปรับค่าความจุของวงจร

3. จงบอกสารที่ใช้ผลิตไดโอดเปล่งแสงมาอย่างน้อย 3 ชนิด พร้อมยกตัวอย่างมาพอเข้าใจ

ตอบ 3.1 LED สีแดง วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsP

3.2 LED สีส้ม วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsP

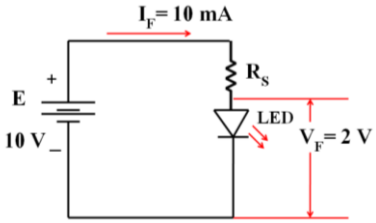
3.3 LED สีเหลือง วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ GaAsPN

3.4 LED สีเขียว วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ AlGaP

3.5 LED สีน้ำเงิน วัสดุที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำคือ SIC

4. จากรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานอนุกรม (R_S) แสดงวิธีทำมาอย่างละเอียด

ตอบ $R_s = \frac{E - V_F}{I_F} = \frac{10 - 2}{10^{-3}} = \frac{V}{A} = 800\ \Omega$ เลือกใช้ 820 Ω



5. การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานสัญญาณไฟจราจรดังรูป อยากทราบว่าไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วนที่แสดงตัวเลขนั้น มีส่วนประกอบส่วนใดบ้างที่ติด

ตอบ เลข 1 LED ตัวที่ทำงานคือ b c

เลข 4 LED ตัวที่ทำงานคือ b c f g

	ใบงาน ที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ซีเนอร์ไดโอด	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน ซีเนอร์ไดโอด		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานซีเนอร์ไดโอด วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับซีเนอร์ไดโอด

3.2 เลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดซีเนอร์ไดโอดเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ซีเนอร์ไดโอด

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบซีเนอร์ไดโอดด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของซีเนอร์ไดโอดได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

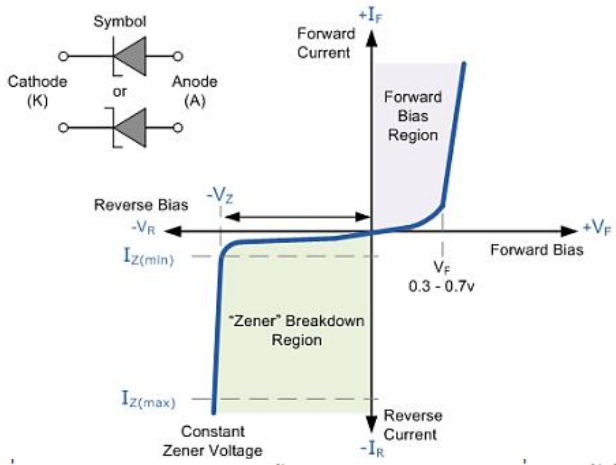
5.1 D.C. Power supply 0 – 30 V.	1 ชุด
5.2 Analog voltmeter	2 ตัว
5.3 Digital ammeter	1 ตัว
5.4 ซีเนอร์ไดโอด 5.6V	1 ตัว
5.5 ตัวต้านทาน 470 โอห์ม	1 ตัว

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

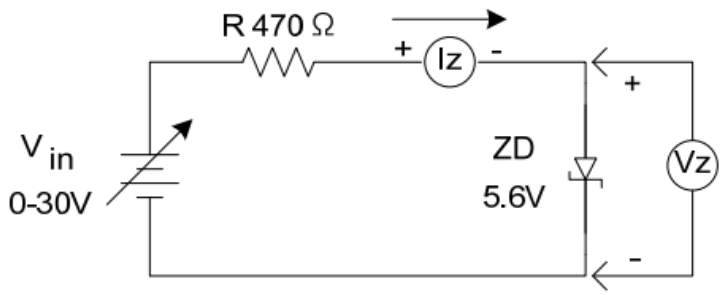
-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

Zener Diode I-V Characteristics



1. ต่อวงจรตามภาพที่ 1 ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า Vin ตามตารางที่ 1 แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า Iz แรงดันไฟฟ้า Vz บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 1

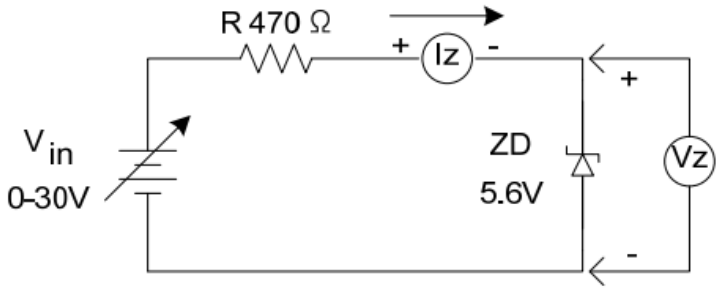


ภาพที่ 1 วงจรไบแอสตรงซีเนอร์ไดโอด (Forward Bias)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไอแอสตรง (Forward Bias)

V_{in} (V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3
I_Z (mA)													
V_Z (V)													

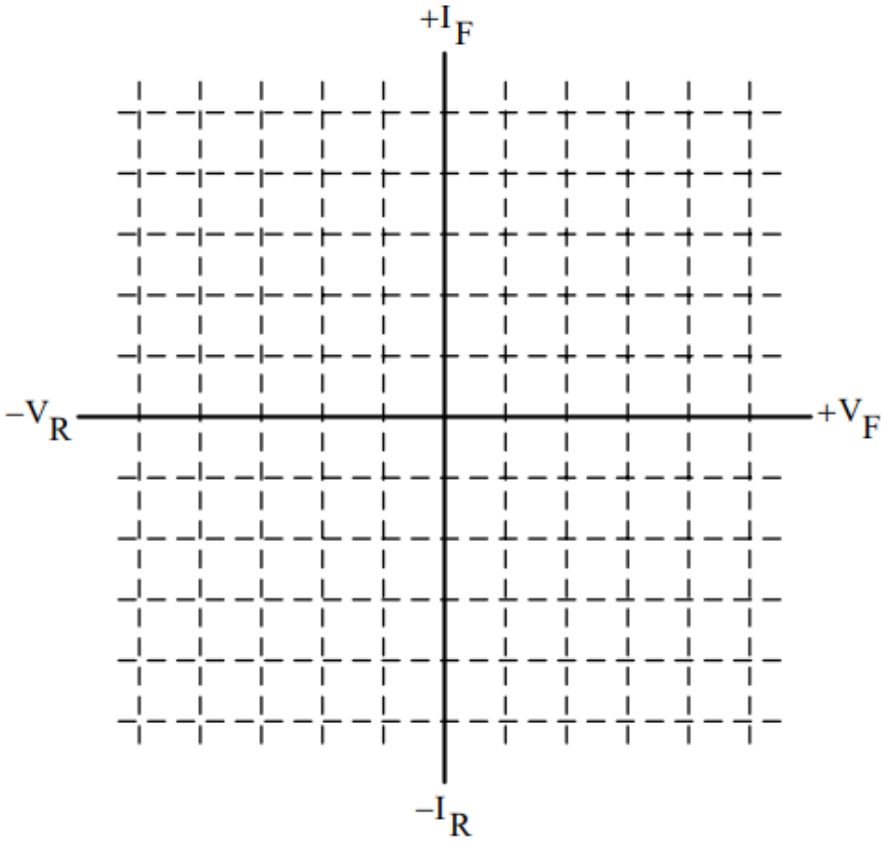
2. ต่อวงจรตามภาพที่ 2 ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า Vin ตามตารางที่ 2 แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า Iz แรงดันไฟฟ้า Vz บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรไบแอสกลับซีเนอร์ไดโอด (Reverse Bias)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอดเมื่อได้รับไอแอสกลับ (Reverse Bias)

V_{in} (V)	0	1	2	3	4	5	5.6	6	6.5	7	7.5
I_Z (mA)											
V_Z (V)											



กราฟที่ 1 แสดงคุณลักษณะการทำงานของซีเนอร์ไดโอด

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

……

……

……

……

……

9. **การประเมินผล**

……

……

……

……

……

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

……

……

……

……

……

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ทรานซิสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ทรานซิสเตอร์		ปฏิบัติ 4 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานทรานซิสเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

3.2 เลือกใช้ทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดทรานซิสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์

5.2 ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 3

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (FET)

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของทรานซิสเตอร์และสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของทรานซิสเตอร์และสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง ทรานซิสเตอร์ในอุดมคติ และทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับทรานซิสเตอร์และการแปลความหมายทรานซิสเตอร์

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 3

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 3

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 3 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างทรานซิสเตอร์ การทำงานของทรานซิสเตอร์ ลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ การตรวจสอบทรานซิสเตอร์ ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 3 เรื่อง ทรานซิสเตอร์

7.2 ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์
2. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ ทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์
3. แก้ไขตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ทรานซิสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง ทรานซิสเตอร์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานทรานซิสเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

3.2 เลือกใช้ทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดทรานซิสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

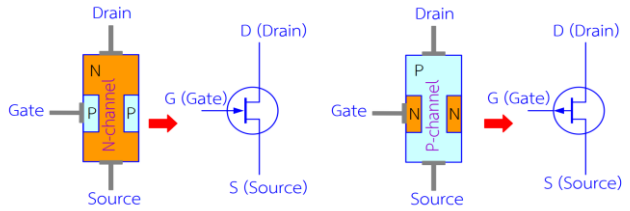
4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

1. พื้นฐานของทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

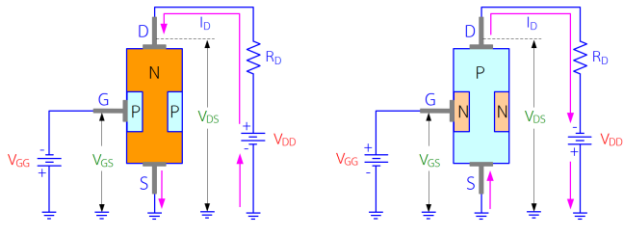
เจเฟต (JFET : Junction Field Effect Transistor) เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตมาจากสารกึ่งตัวนำ P-N ชนิดขั้วเดียว (Unipolar) การทำงานของเจเฟตใช้แรงดันอินพุตในการควบคุมกระแสเอาต์พุต ซึ่งกระแสด้านเอาต์พุตจะถูกควบคุมด้วยสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันของสัญญาณด้านอินพุต

1.1 โครงสร้างพื้นฐานของ JFET



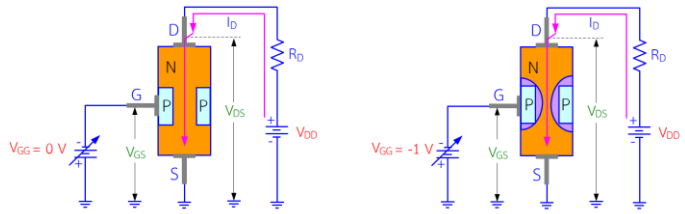
(ก) โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเจเฟตชนิด N-channel (ข) โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเจเฟตชนิด P-channel

การจ่ายไฟฟ้าให้แก่เจเฟต

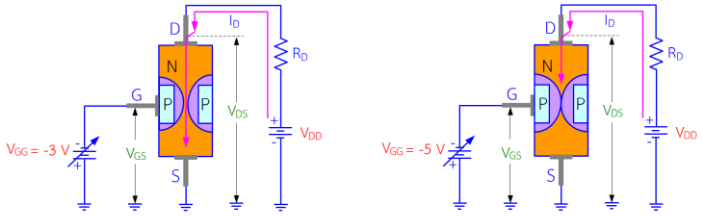


(ก) การจ่ายไฟฟ้าให้แก่เจเฟตชนิด N-channel (ข) การจ่ายไฟฟ้าให้แก่เจเฟตชนิด P-channel

การควบคุมปริมาณกระแส ID ของเจเฟต

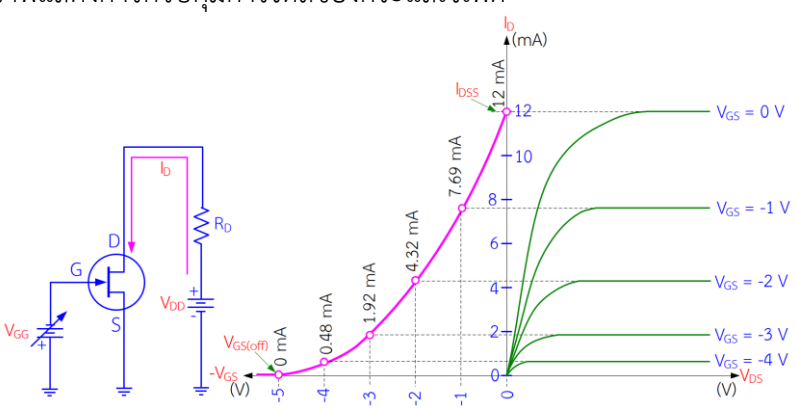


(ก) ไม่มีสนามไฟฟ้าที่ขาเกต กระแส I_D ไหลเต็มที่ (ข) มีสนามไฟฟ้าที่ขาเกตมากขึ้น กระแส I_D ไหลได้น้อยลง



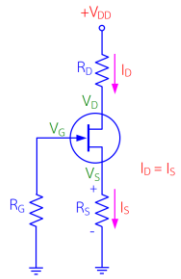
(ค) มีสนามไฟฟ้าที่ขาเกตมากขึ้นอีก กระแส I_D ไหลน้อยลงอีก (ง) มีสนามไฟฟ้าที่ขาเกตมากเต็มที่ กระแส I_D ไม่ไหล

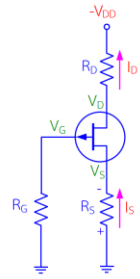
วงจรและกราฟแสดงการควบคุมการไหลของกระแสเจเฟต



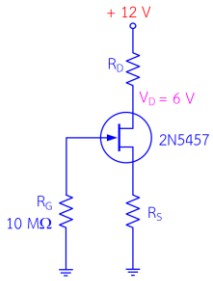
1.2 การไบอัสทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า JFET

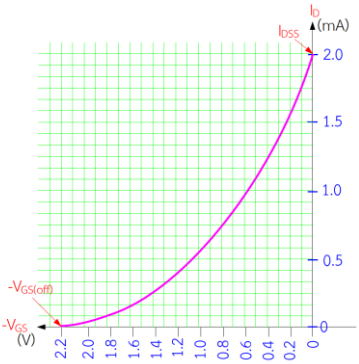
1.2.1 วงจรไบอัสตัวเอง (Self bias)



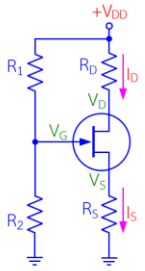


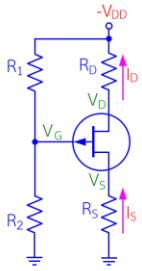
(ก) วงจรไบอัสตัวเองของเจเฟตชนิด N-channel (ข) วงจรไบอัสตัวเองของเจเฟตชนิด P-channel





1.2.2 วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดัน (Voltage-Divider bias)





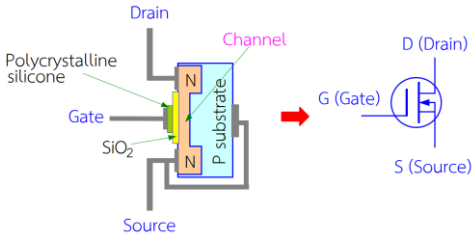
(ก) วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันของเจเฟตชนิด N-channel (ข) วงจรไบอัสแบบแบ่งแรงดันของเจเฟตชนิด P-channel

2. มอสเฟต (MODFET)

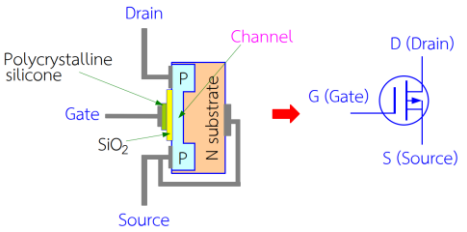
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอสเฟต (MOSFET)

2.1.1 ดีพลีชันมอสเฟต (Depletion-MOSFET : D-MOSFET)

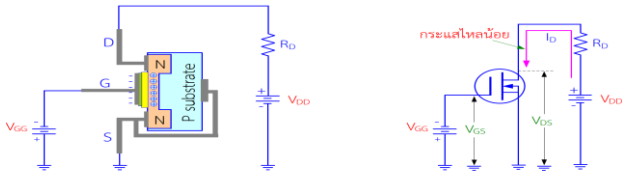
ดีพลีชันมอสเฟตชนิด N-channel



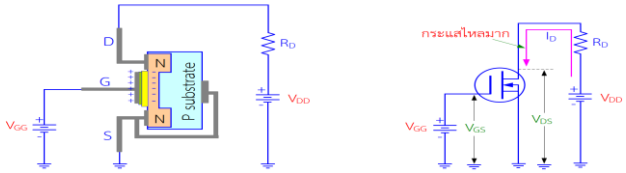
ดีพลีชันมอสเฟตชนิด P-channel



การจ่ายไฟฟ้าให้แก่ดีพลีชันมอสเฟต ชนิด N-channel

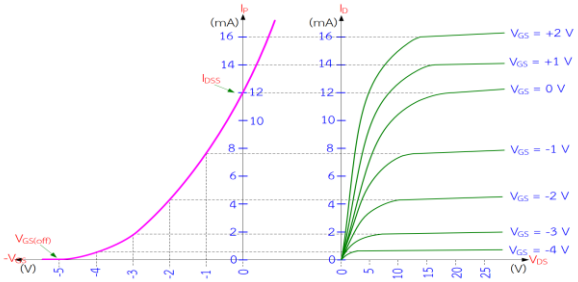


(ก) การจ่ายไฟฟ้าให้แก่ดีพลีชันมอสเฟต ชนิด N-channel ต้องการให้กระแสไหลผ่านน้อย



(ข) การจ่ายไฟฟ้าให้แก่ดีพลีชันมอสเฟต ชนิด N-channel ต้องการให้กระแสไหลผ่านมาก

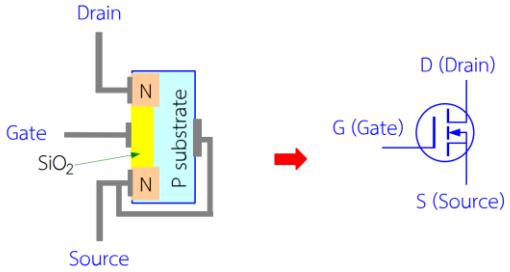
กราฟการโอนถ่ายด้านเดรนของดีพลีชันมอสเฟต ชนิด N-channel



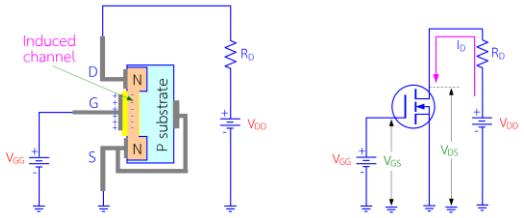
2.1.2 เอนฮานซ์เมนต์มอสเฟต (Enhancement MOSFET : E-MOSFET)

เอนฮานซ์เมนต์มอสเฟตชนิด N-channel

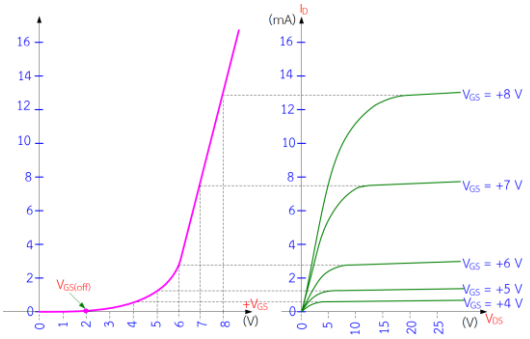
โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอนฮานซ์เมนต์มอสเฟตชนิด N-channel



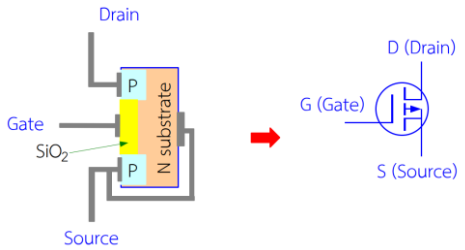
การจ่ายไฟฟ้าให้แก่เอนฮานซ์เมนต์มอสเฟตชนิด N-channel



กราฟการโอนถ่ายด้านเดรนของเอนฮานซ์เมนต์มอสเฟต ชนิด N-channel

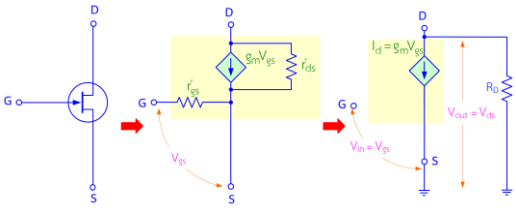


เอนฮานซ์เมนต์มอสเฟตชนิด P-channel



3. วงจรขยายที่ใช้ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

แบบจำลองของเฟตในรูปแบบของ AC Model ของเฟต



จากแบบจำลองเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

อัตราการขยาย $A_V = \frac{V_{ds}}{V_{gs}}$

$V_{ds} = I_d R_d$

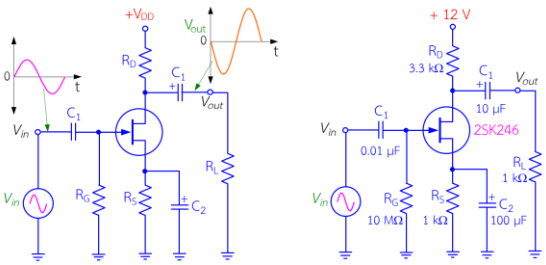
เมื่อ $g_m = \frac{I_d}{V_{gm'}}$

$V_{gs} = \frac{I_d}{g_m}$

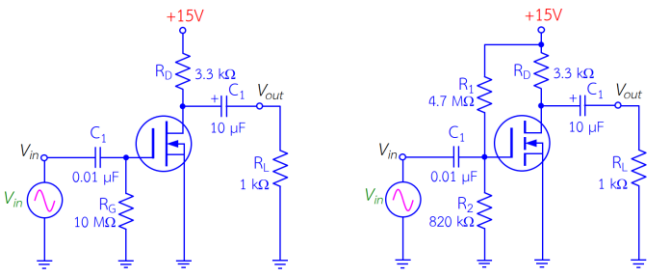
$A_V = \frac{I_d R_d}{I_d / g_m} = \frac{g_m I_d R_d}{I_d} = g_m R_d$

3.1 วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนซอส (Common Source Amplifier)

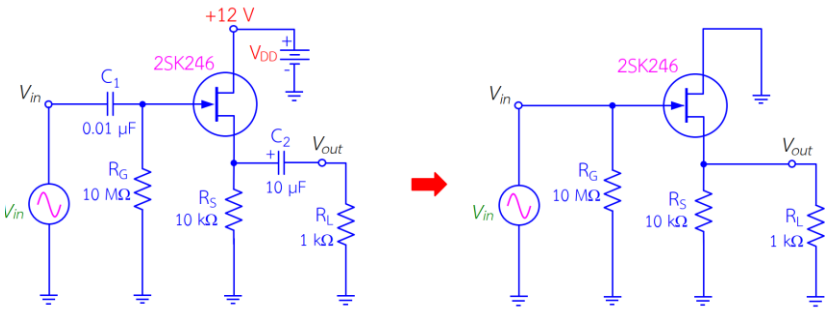
วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนซอส JFET N-channel



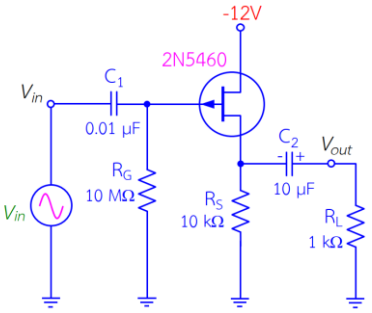
1. อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i) = R_g
2. เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (Z_O) = R_D // (r_d+R_S)
3. อัตราการขยายแรงดัน (a_V) = $\frac{R_D}{R_S}$
4. อัตราการขยายกระแส (a_i) = $\frac{I_d}{I} = \frac{I_o}{0} = \infty$
5. อัตราการขยายกำลัง (a_P) = $a_V\ a_i = \infty$



3.2 วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนเดรน (Common Drain Amplifier)

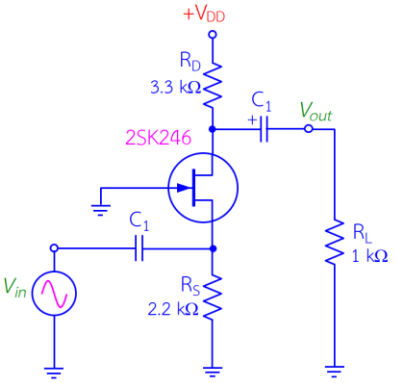


(ก) วงจรขยายแบบคอมมอนเดรน ข) วงจรขยายแบบคอมมอนเดรน ในรูป ac small signal



3.3 วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนเกต (Common Gate Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบคอมมอนเกต เจเฟตชนิด N-channel



4. การอ่านคู่มือทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

N-Channel JFET
General Purpose Amplifier/Switch

ระบุชนิดของเฟต

ชนิดของงานที่สามารถใช้ได้

calogic CORPORATION

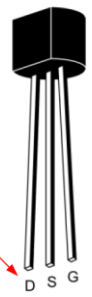
2N5457 – 2N5459

เบอร์ของเฟต

ภาพรวมอัตราสูงสุดของอุปกรณ์นี้

PIN CONFIGURATION

ลักษณะตัวถัง



ตำแหน่งขา

5010

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
(T_A = 25°C unless otherwise noted)

Drain-Gate Voltage 25V
Drain-Source Voltage. 25V
Continuous Forward Gate Current 10mA
Storage Temperature Range . . . . . -65°C to +150°C
Operating Temperature Range . . . . . -55°C to +135°C
Lead Temperature (Soldering, 10sec) . . . . . +300°C
Power Dissipation 310mW
Derate above 25°C . . . . . 2.82mW/°C

NOTE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections

เบอร์รุ่นย่อยของอุปกรณ์นั้น ๆ | ลักษณะตัวถัง | ทำงานที่อุณหภูมิ

ORDERING INFORMATION

Part	Package	Temperature Range
2N5457-59	Plastic TO-92	-55°C to +135°C
2N5457-59	Sorted Chips in Carriers	-55°C to +135°C

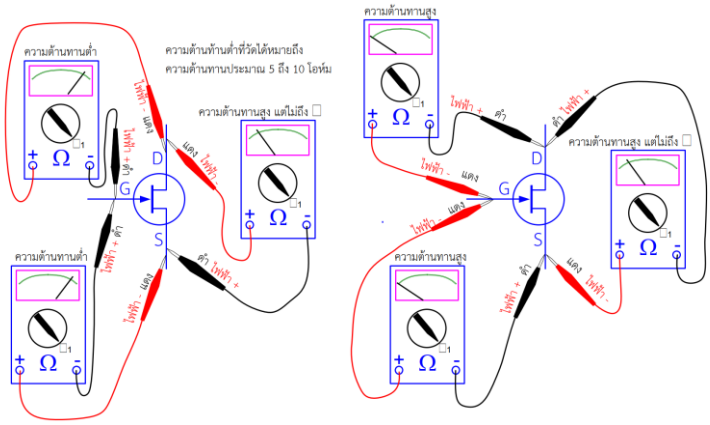
สัญลักษณ์ | คุณลักษณะทางด้านไฟฟ้า | อธิบายค่าของสัญลักษณ์ | ต่ำสุด | สูงสุด | หน่วย | เงื่อนไขที่ใช้ทดสอบ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

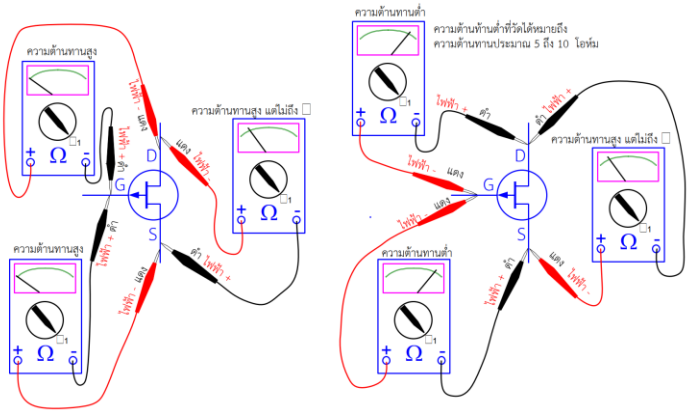
SYMBOL	PARAMETER		MIN	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
BV_{GSS}	Gate-Source Breakdown Voltage		-25		V	I_G = -10μA, V_{DS} = 0
I_{GSS}	Gate Reverse Current			-1.0	nA	V_{GS} = -15V, V_{DS} = 0
				-200		V_{GS} = -15V, V_{DS} = 0, T_A = 100°C
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cutoff Voltage	2N5457	-0.5	-6.0	V	V_{DS} = 15V, I_D = 10nA
		2N5458	-1.0	-7.0		
		2N5459	-2.0	-8.0		
V_{GS}	Gate-Source Voltage	2N5457	2.5		V	V_{DS} = 15V, I_D = 100μA, Typical
		2N5458	3.5			V_{DS} = 15V, I_D = 200μA, Typical
		2N5459	4.5			V_{DS} = 15V, I_D = 400μA, Typical
I_{DSS}	Zero-Gate-Voltage Drain Current (Note 1)	2N5457	1.0	5.0	mA	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0
		2N5458	2.0	9.0		
		2N5459	4.0	16		
$\lvert y_{fs} \rvert$	Forward Transfer Admittance	2N5457	1000	5000	μS	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0 , f = 1kHz
		2N5458	1500	5500		
		2N5459	2000	6000		
$\lvert y_{os} \rvert$	Output Admittance			50	μS	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0, f = 1kHz
C_{iss}	Input Capacitance (Note 2)			7.0	pF	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0, f = 1MHz
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance (Note 2)			3.0	pF	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0, f = 1MHz
NF	Noise Figure (Note 2)			3.0	dB	V_{DS} = 15V, V_{GS} = 0, R_G = 1MHz, BW = 1Hz, f = 1kHz

5. การตรวจสอบทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าว่าดีเสีย

การตรวจสอบเจเฟตชนิด N channel ว่าดีหรือเสีย

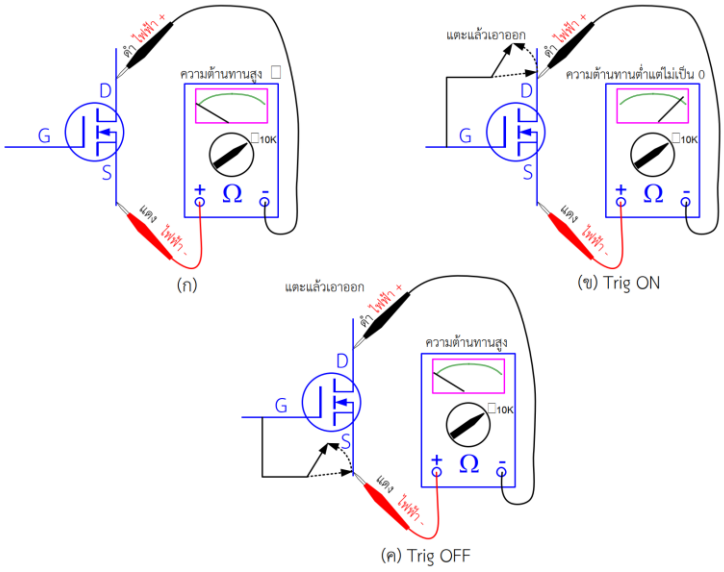


การตรวสอบเจเฟตชนิด P channel ว่าดีหรือเสีย

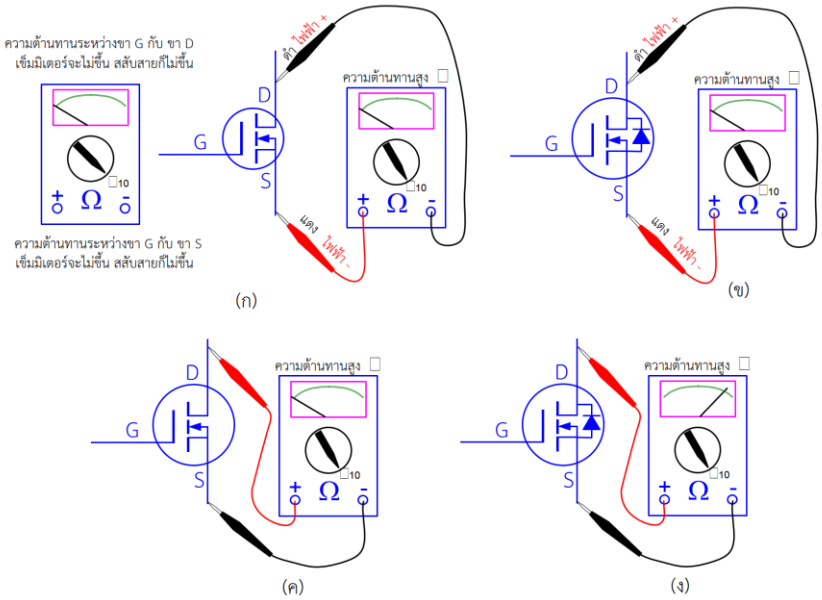


การตรวจสอบอีมอสเฟตชนิด N-channel

การตรวสอบอีมอสเฟตชนิด N-channel ว่าดีหรือเสีย ลักษณะTrig ON และ Trig OFF



การตรวสอบอีมอสเฟตชนิด N-channel ว่าดีหรือเสีย โดยการวิเคราะห์ความต้านทาน



6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ทรานซิสเตอร์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ทรานซิสเตอร์แบ่งได้กี่ชนิด

ก. 1ชนิด ข. 2ชนิด ค. 3ชนิด ง. 4ชนิด

2. ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วย 3 ขั้ว มีชื่อเรียกตรงกับข้อใด

ก. Drain, Source, Gate ข. Anode, Cathode, Gate

ค. Main terminal, drain, Gate ง. Emitter, Base, Collector

3. ขาของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานทรานซิสเตอร์ตรงกับข้อใด

ก. เบส-อิมิตเตอร์ ข. คอลเลคเตอร์ – อิมิตเตอร์

ค. เบส – คอลเลคเตอร์ ง. คอลเลคเตอร์ – เบส

4. ข้อใด ไม่ใช่ คุณสมบัติของวงจรขยายแบบอิมิเตอร์

ก. อัตราการขยายทางด้านกระแส (α) น้อยกว่า 1 เสมอ

ข. สัญญาณด้านเอาต์พุตมีเฟสตรงกันข้ามกันกับสัญญาณอินพุต 180 องศา

ค. มีค่าอัตราการขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง

ง. อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ Av สูง

5. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของวงจรขยายแบบคอมมอนเบส

ก. อัตราการขยายทางด้านแรงดัน (Voltage Gain) หรือ Av สูง

ข. เอต์พุตอิมพีแดนซ์สูงเท่า Rc

ค. อินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำมีค่าปรับเป็นโอห์ม

ง. มีค่าอัตราการขยายทางด้านกระแส (Current Gain) หรือ β สูง

๖.ข้อใดกล่าวถึงสูตรในการระหว่างกระแสอิมิตเตอร์ (IE) ได้อย่างถูกต้อง

ก. IE = IB x IC ข. IE = IE/IC ค. IE = IB − IC ง. IE = IB + IC

๗. เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า +๕ V เข้าที่เบสอินพุตจะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างอิมิตเตอร์และคอลเลกเตอร์เป็นอย่างไร

ก. มีค่าต่ำ ข. มีค่าสูง ค. ไม่เปลี่ยนแปลง ง. ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุต

๘. สมมติให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่วงจรขยายสัญญาณ จะต้องให้ไบอัสในย่านใด

ก. ย่านลิเนียร์ ข. ย่านคัทออฟ ค. ย่านอิ่มตัว ง. ย่าน saturation

๙. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านอิ่มตัว ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. กระแส IC = ๐A ข. แรงดัน VCE = ๐V

ค. กระแส IC = ICMax ง. แรงดัน VCE = VCC

๑๐. ทรานซิสเตอร์ที่ทำงานในย่านคัทออฟ ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. กระแส IC = ๐Aข. แรงดัน VCE = ๐V ค. กระแส IC = ICMax ง. แรงดัน VCE = VCC

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 3

ทรานซิสเตอร์

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

	ใบงาน ที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ทรานซิสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน ทรานซิสเตอร์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานทรานซิสเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับทรานซิสเตอร์

3.2 เลือกใช้ทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดทรานซิสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบทรานซิสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของทรานซิสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

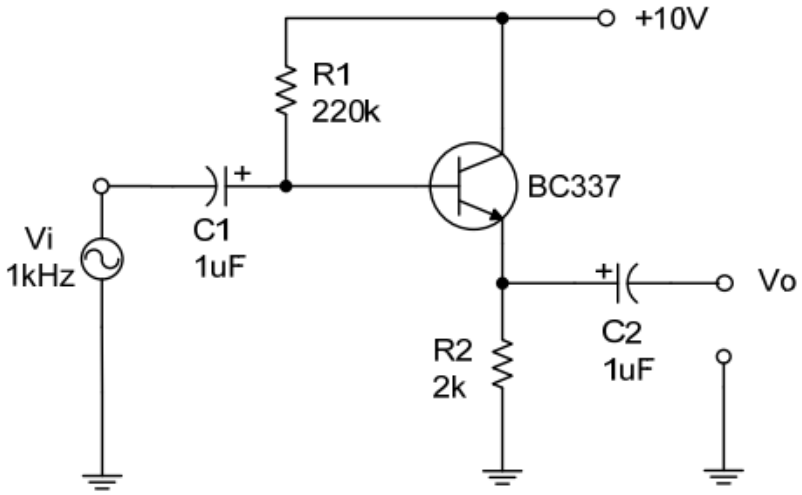
5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

5.1 AC Power supply 0 – 30 V.	1 ชุด
5.2 Analog voltmeter	2 ตัว
5.3 Digital ammeter	1 ตัว
5.4 ออสซิลโลสโคป	1 ตัว
5.5 เครื่องกำเนิดสัญญาณ	1 ตัว
5.6 ทรานซิสเตอร์ BC337	1 ตัว
5.7 ตัวต้านทาน R1 = 220 กิโลโอห์ม	1 ตัว
5.8 ตัวต้านทาน R2 = 2 กิโลโอห์ม	1 ตัว
5.9 ตัวเก็บประจุ 1 ไมโครฟารัด 50 V	2 ตัว
5.10 แผงประกอบวงจร	
5.11 สายต่อวงจร	

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ



ภาพที่ 7.1 ภาพวงจรคอมมอนคอลเล็กเตอร์ของทรานซิสเตอร์

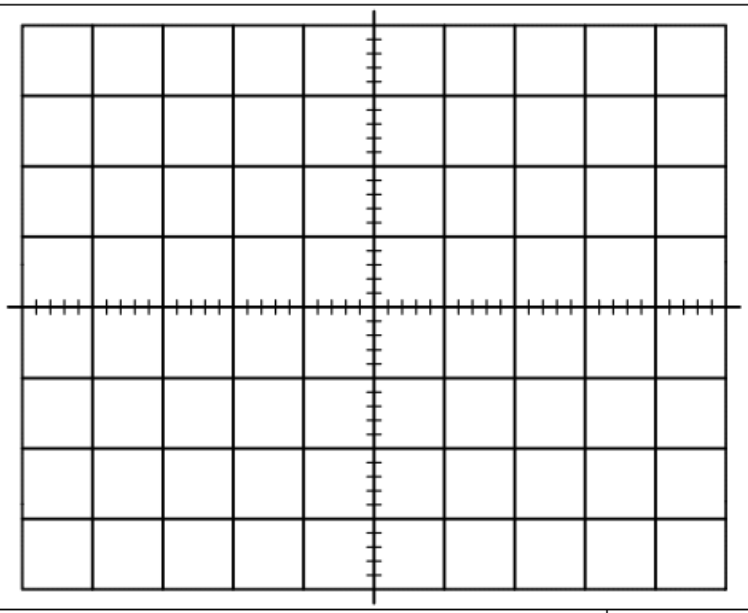
1. ต่อวงจรตามภาพที่ 7.1 ใช้ DC แอมป์มิเตอร์ วัดค่ากระแสไฟฟ้าเบส (I_B) =.....แอมแปร์ และวัดค่ากระแสไฟฟ้าอิมิเตอร์ (I_E) มีค่าเท่ากับ.....แอมแปร์

   1.1 อัตราการขยายกระแสไฟฟ้า ($\gamma = \frac{I_E}{I_B}$) γ = ...เท่า

   1.2 อัตราการขยายแรงดันไฟฟ้า ($A_V = \frac{V_o}{V_i}$) A_V = ...เท่า

   1.3 อัตราการขยายกำลังไฟฟ้า ($P_G = \gamma \bullet A_V$) P_G = ...เท่า

2. นำเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 1 kHz ป้อนเข้าที่อินพุต ใช้ออสซิลโลสโคปช่องที่ 1 วัดสัญญาณอินพุต ส่วนออสซิลโลสโคปช่องที่ 2 วัดสัญญาณเอาต์พุต ***ปรับแอมพลิจูดของเครื่องกำเนินสัญญาณรูปคลื่นไซน์ให้สัญญาณเอาต์พุตมีขนาดใหญ่ที่สุดโดยไม่ผิดเพี้ยน*** วัดและบันทึกสัญญาณลงในกราฟที่ 7.1 และ 7.2

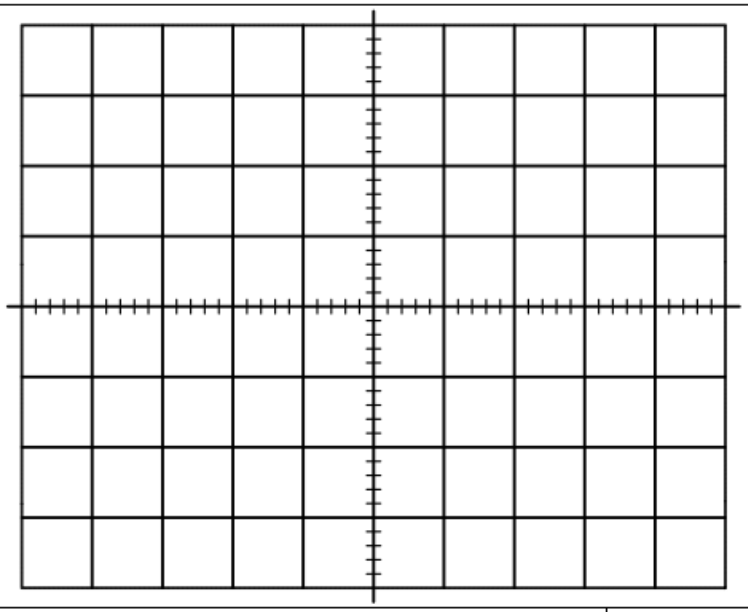


กราฟที่ 7.1 สัญญาณอินพุต

Frequency (Hz)

Amplitude (Vp-p)

CH I T/D = ... จน.ช่องแนวนอน..... F = ... V/D = ... จน.ช่องแนวตั้ง..... Amplitude = ...	CH II T/D = ... จน.ช่องแนวนอน..... F = ... V/D = ... จน.ช่องแนวตั้ง..... Amplitude = ...



กราฟที่ 7.2 สัญญาณเอาต์พุต

Frequency (Hz)

Amplitude (Vp-p)

CH I T/D = ... จน.ช่องแนวนอน..... F = ... V/D = ... จน.ช่องแนวตั้ง..... Amplitude = ...	CH II T/D = ... จน.ช่องแนวนอน..... F = ... V/D = ... จน.ช่องแนวตั้ง..... Amplitude = ...

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

……

……

……

……

……

9. **การประเมินผล**

……

……

……

……

……

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

……

……

……

……

……

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน เฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับเฟต

3.2 เลือกใช้เฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต

5.2 เฟตในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 4

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของเฟต

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของทรานซิสเตอร์และสัญลักษณ์ของเฟต โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของเฟตและสัญลักษณ์ของเฟต

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง เฟตในอุดมคติ และเฟตในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับเฟตและการแปลความหมายเฟต

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 4

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 4

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 4 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างเฟต การทำงานของเฟต ลักษณะสมบัติของเฟต การตรวจสอบเฟต ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 4 เรื่อง เฟต

7.2 ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต
2. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟต

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ เฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของเฟตได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟต
3. แก้ไขตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของเฟตได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของเฟตได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง เฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับเฟต

3.2 เลือกใช้เฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

4.1 ประเภทของเฟตและชนิดของเจเฟต

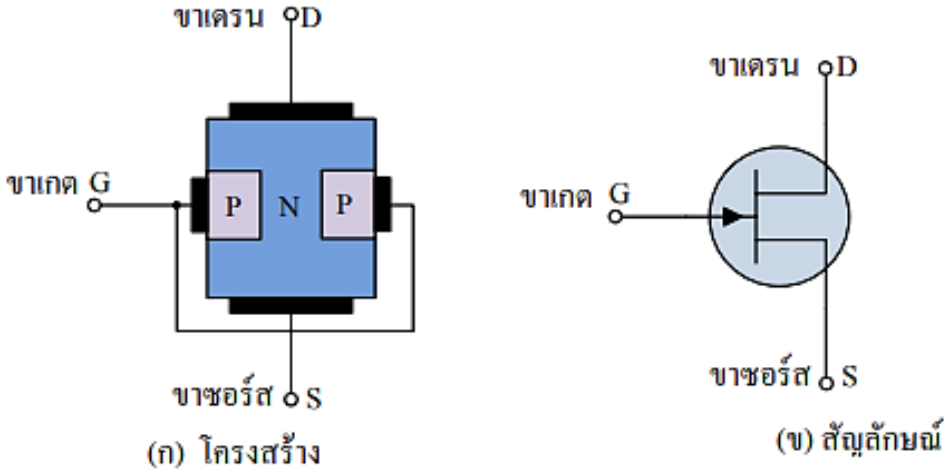
เฟต (FET) มาจากคำเต็มว่า ฟิลด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ (Field Effect Transistor:FET) หรือทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า ซึ่งหมายถึงทรานซิสเตอร์ที่ใช้สนามไฟฟ้าในการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารกึ่งตัวนำเพื่อให้เกิดการนำกระแสไฟฟ้าเมื่อได้รับการไบแอสที่เหมาะสม

เฟตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เฟตแบบรอยต่อ (Junction Field Effect Transistor:JFET) และเฟตแบบมีฉนวนซึ่งเป็นออกไซด์ของโลหะกั้นเกต (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor:MOSFET)

เจเฟต(JFET) หรือเฟตแบบรอยต่อ เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำมี 3 ขา คือขาซอร์ส (Source : S) ขาเดรน (Drain :D)และขาเกต (Gate : G) แบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ชนิดคือ เจเฟตชนิดเอ็นแชนแนล (N-Channel) และเจเฟตชนิดพีแชนแนล(P-Channel)

4.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเจเฟต

เจเฟตชนิดเอ็นแชนแนล(N-Channel) มีโครงสร้างเบื้องต้นประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N)เป็นสารตอนใหญ่ และมีสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P) ตอนเล็กสองตอน ประกบร่วมด้านข้าง ใช้การเชื่อมกันแบบแพร่กระจาย(Diffused) โครงสร้างและสัญลักษณ์แสดงดังรูปที่ 4.2

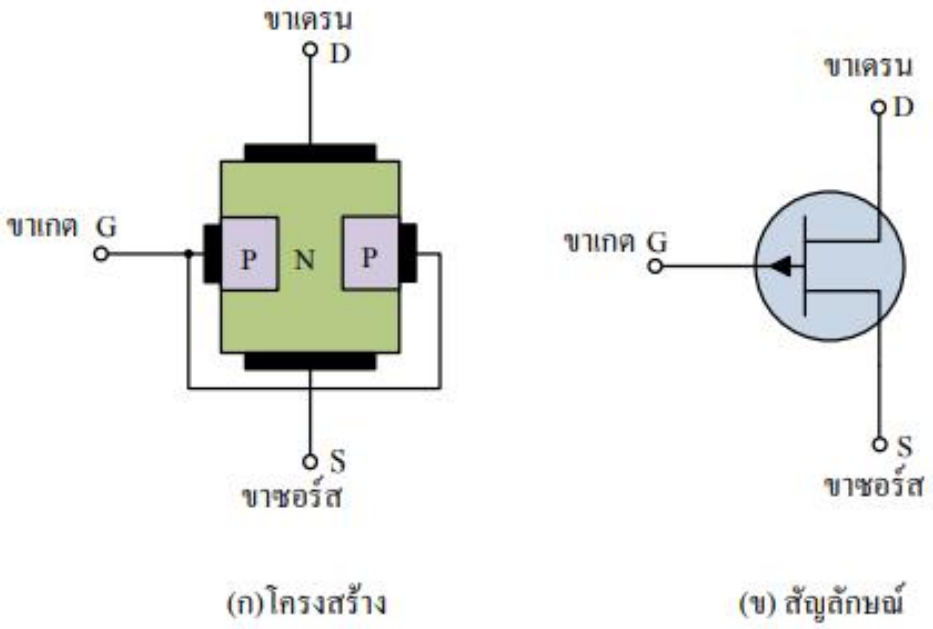


รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์เจเฟตชนิด N-Channel

จากรูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์เจเฟตชนิดN-Channel ในรูปที่4.1(ก) เป็นโครงสร้างของเจเฟตชนิด N-Channel ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ชนิดเอ็น มีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขาคือขาเดรน (Drain) และขาซอร์ส (Source) แชนแนลของเจเฟตดูที่ขาเดรนและขาซอร์สซึ่ง เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จึงเป็นชนิดN-Channel และมีสารกึ่งตัวนำตอนย่อย 2 ตอนชนิดพีต่อชนด้านซ้ายด้านขวามีสายต่อเชื่อมถึงกันต่อขาออกมาเป็นขาเกต (Gate)

จากรูปที่4.1(ข) เป็นสัญลักษณ์ของเจเฟตชนิด N-Channel ที่ขาเกตมีหัวลูกศรชี้เข้า แสดงชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำขาเกตเป็นสารชนิดพี ส่วนขาเดรนและขาซอร์สเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้าม คือสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

เจเฟตชนิดพีแชนแนล (P-Channel) เบื้องต้นประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพี(P)เป็นสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ และมีสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N)ตอนเล็กสองตอน ประกบร่วมด้านข้าง ใช้การเชื่อมต่อกันแบบแพร่กระจายโครงสร้างและสัญลักษณ์แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์เจเฟตชนิด P-Channel

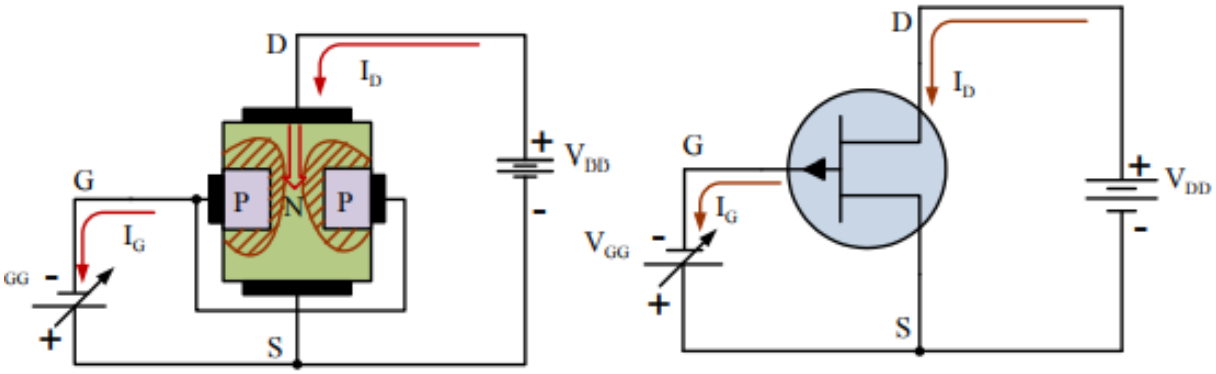
จากรูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์เจเฟตชนิด P-Channelในรูปที่รูปที่ 4.2(ก) เป็นโครงสร้างของเจเฟตชนิด P-Channel ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำตอนใหญ่ชนิดพีมีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขา คือขาเดรน และขาซอร์ส เป็นขาที่บอกถึงแชนแนลของเจเฟตว่าเป็นชนิดพีแชนแนล เพราะขาเดรน และขาซอร์สเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี และมีสารกึ่งตัวนำตอนย่อย 2 ตอน ชนิดเอ็นต่อชนกันด้านซ้ายด้านขวา มีสายต่อเชื่อมถึงกันต่อขาออกมาเป็นขาเกต

ในรูปที่ 4.2 (ข) เป็นสัญลักษณ์ของเจเฟตชนิด P-Channel ที่ขาเกต มีหัวลูกศรชี้ออก เพราะว่าสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำขาเกตว่าเป็นสารชนิดเอ็น ส่วนขาเดรนและขาซอร์สเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้าม คือ

4.3 หลักการทำงานของเจเฟต

4.3.1 การจ่ายแรงดันไบแอสให้เจเฟตชนิด N-Channel

โครงสร้างของเจเฟตแตกต่างไปจากทรานซิสเตอร์ จึงทำให้การจ่ายแรงดันไบแอสและการทำงานของเจเฟต มีความแตกต่างไปด้วย การจ่ายแรงดันไบแอสให้เจเฟตทำงานต้องจ่ายแรงดันไบแอสถูกต้องตามที่เจเฟตชนิดN-Channe ต้องการดังนี้ จ่ายแรงดันไบแอสตรงให้ขาซอร์ส จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้กับขาเดรนกับขาเกต เทียบกับขาซอร์ส การจ่ายไบแอสให้เจเฟตชนิดN-Channe แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้เจเฟตชนิด N-Channe

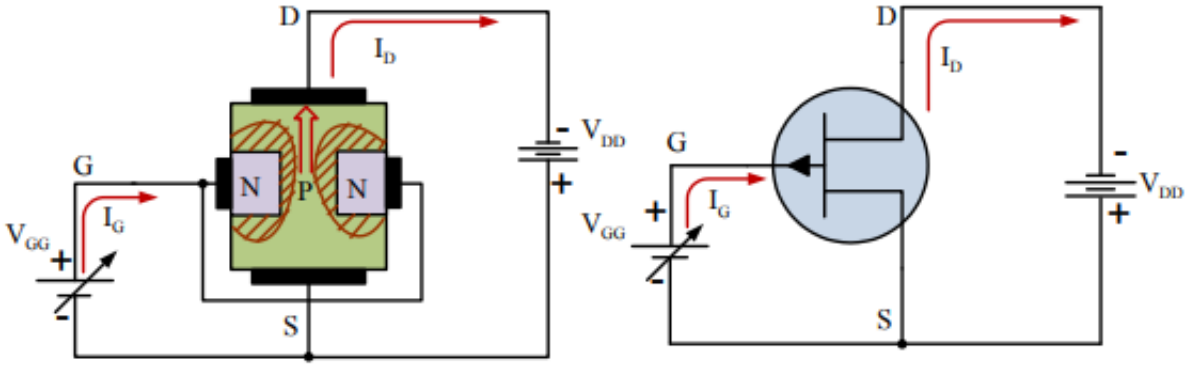
จากรูปที่รูปที่ 4.3 แสดงการจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้เจเฟตชนิดN-Channe แรงดันไบแอสที่จ่ายให้เพื่อให้เจเฟตชนิด N-Channe นำกระแสและควบคุมการนำกระแสได้ต้องจ่ายแรงดันไบแอสดังนี้ จ่ายแรงดันV_{DD} ขั้วบวกให้ขาเดรน เป็นไบแอสกลับและขั้วลบให้ขาซอร์ส เป็นไบแอสตรง ส่วนแรงดัน V_{GG} จ่ายขั้วลบให้ขาเกต เป็นไบแอสกลับเทียบกับขาซอร์ส

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ ขณะที่จ่ายแรงดันไบแอสให้เฉพาะขาเดรน กับขาซอร์ส ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันV_{DD}ส่วนขาเกตเปิดลอยไว้จะมีกระแสเดรน (I_D)ไหลผ่านระหว่าขาเดรนกับขาซอร์ส สูงมากค่าหนึ่ง และไหลคงที่ตลอดเวลา การจำกัดค่ากระแสเดรน(I_D)ทำได้โดยต่อตัวต้านทานอันดับกับวงจร ถ้าต้องการควบคุมการไหลของกระแสเดรน (I_D)ต้องจ่ายแรงดันไบแอสกลับเป็นลบด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน V_{GG}ให้กับขาเกตเทียบกับขาซอร์ส ทำให้เกิดค่าดีพลีชันริจินขึ้นระหว่างรอยต่อพีเอ็น ดีพลีชันริจินนี้ทำให้สารชนิดเอ็น บริเวณรอยต่อพีเอ็นแคบลง เกิดการขัดขวางการไหลของกระแสเดรน (I_D) จากขาเดรนไปขาซอร์ส ให้ไหลผ่านได้น้อยลง ถ้าจ่ายไบแอสกลับให้ขาเกตมากขึ้น ดีพลีชันริจินระหว่างรอยต่อพีเอ็นจะยิ่งกว้างขึ้น ทำให้เกิดแรงต้านทานการไหลของกระแสเดรน (I_D)มากขึ้น กระแสเดรน (I_D)จะไหลได้น้อยลงอีก นั่นคือเกิดค่าความต้านทานระหว่างขาเดรน กับขาซอร์สเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านทานนี้เปลี่ยนแปลงไปได้ตามค่าแรงดันไบแอสกลับที่ขาเกตกับขาซอร์ส มีผลต่อกระแสเดรน(I_D) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย กระแสเดรน (I_D)ที่ไหลเปลี่ยนแปลงนี้สามารถควบคุมได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันV_{GG} ที่จ่าย

4.3.2 การจ่ายแรงดันไบแอสให้เจเฟตชนิด P-Channel

การจ่ายไบแอสให้เจเฟตชนิด P-Channel ทำงาน ต้องจ่ายแรงดันไบแอสถูกต้องตามที่เจเฟตชนิด P-Channel ต้องการดังนี้ คือจ่ายไบแอสตรงให้ขาซอร์สจ่ายไบแอสกลับให้ขาเดรน และขาเกตเทียบกับขาซอร์ส การจ่ายไบแอสให้เจเฟตชนิด P-Channel แสดงดังรูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.4 แสดงการจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้เจเฟตชนิด P-Channel แรงดันไบแอสที่จ่ายให้เพื่อให้เจเฟตชนิด P-Channel นำกระแสและควบคุมการนำกระแสได้ ต้องจ่ายแรงดันไบแอสดังนี้ จ่ายแรงดัน V_{DD} ขั้วลบให้ขาเดรนเป็นไบแอสกลับและขั้วบวกให้ขาซอร์ส เป็นไบแอสตรง ส่วนแรงดัน V_{GG} จ่ายขั้วบวกให้ขาเกตเป็นไบแอสกลับเทียบขาซอร์ส

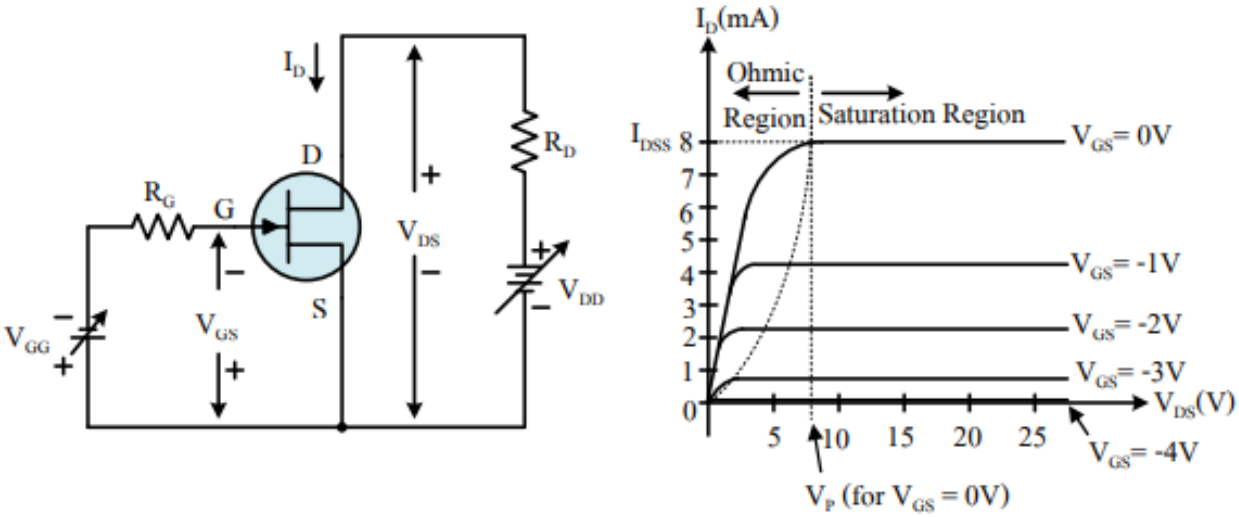


รูปที่ 4.4 แสดงการจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้เจเฟตชนิด P-Channel
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ ,2553,หน้า 97)

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้ ขณะที่จ่ายแรงดันไบแอสให้เฉพาะขาเดรน กับขาซอร์ส ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันV_{DD} ส่วนขาเกตเปิดลอยไว้ จะมีกระแสเดรน (I_D)ไหลผ่านระหว่าขาซอร์สกับขาเดรน สูงมากค่าหนึ่ง และไหลคงที่ตลอดเวลา การจำกัดค่ากระแสเดรน(I_D)ทำได้โดยต่อตัวต้านทานอันดับกับวงจร ถ้าต้องการควบคุมการไหลของกระแสเดรน (I_D)ต้องจ่ายแรงดันไบแอสกลับเป็นบวกด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน V_{GG}ให้กับขาเกตเทียบกับขาซอร์ส ทำให้เกิดค่าดีพลีชันริจินขึ้นระหว่างรอยต่อพีเอ็น ดีพลีชันริจินนี้ทำให้สารชนิดพี บริเวณรอยต่อพีเอ็นแคบลงเกิดการขัดขวางการไหลของกระแสเดรน (I_D)จากขาซอร์สไปขาเดรน ให้ไหลผ่านได้น้อยลง ถ้าจ่ายไบแอสกลับให้ขาเกตมากขึ้น ดีพลีชันริจินระหว่างรอยต่อพีเอ็นจะยิ่งกว้างขึ้น ทำให้เกิดแรงต้านทานการไหลของกระแสเดรน (I_D) มากขึ้น กระแสเดรน (I_D)จะไหลได้น้อยลงอีก นั่นคือเกิดค่าความต้านทานระหว่างขาเดรน กับขาซอร์สเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านทานนี้เปลี่ยนแปลงไปได้ตามค่าแรงดันไบแอสกลับที่ขาเกตกับขาซอร์ส มีผลต่อกระแสเดรน(I_D) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย กระแสเดรน (I_D)ที่ไหลเปลี่ยนแปลงนี้สามารถควบคุมได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันV_{GG} ที่จ่ายให้

4.4 คุณลักษณะสมบัติของเจเฟต

คุณลักษณะสมบัติของเจเฟต เป็นกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของเจเฟต เมื่อทำการจ่ายแรงดันไบแอสให้กับเจเฟตที่ระดับแตกต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.5 ทำให้มีกระแสไหลผ่านเจเฟตและแรงดันตกคร่อมเปลี่ยนแปลงในวงจร โดยกราฟคุณสมบัติของเจเฟต จะแสดงค่ากระแสเดรน (I_D) และแรงดันตกคร่อมขาเดรน และขาซอร์ส คือ V_{DS} เมื่อทำการเปลี่ยนค่าแรงดันตกคร่อมที่ขาเกตเทียบกับขาซอร์ส หรือ V_{GS} จะทำให้มีกระแสเดรน (I_D) ไหลเปลี่ยนแปลงไปด้วย

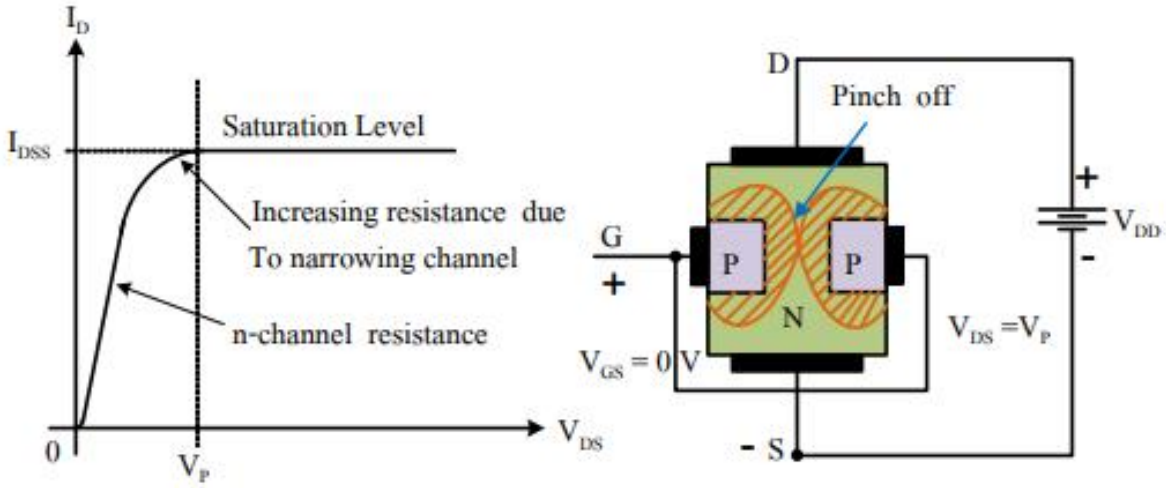


(ก) วงจรทดลองหากราฟคุณสมบัติ (ข) กราฟคุณสมบัติ

รูปที่ 4.5 แสดงการหากราฟคุณสมบัติของเจเฟตชนิด N-Channel
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์,มปป.,หน้า 127)

จากรูปที่ 4.5 (ก) แสดงวงจรทดลองหากราฟคุณสมบัติของเจเฟตชนิด N-Channel และรูปที่ 4.5 (ข) แสดงกราฟคุณสมบัติจากการวัดค่ากระแสเดรน (I_D)แรงดันตกคร่อม V_{DS} และแรงดัน V_{GS}กราฟคุณสมบัติของเจเฟตเกิดจากการกำหนดให้แรงดัน V_{GS} มีค่าคงที่ระดับหนึ่ง จากนั้นปรับแรงดันแหล่งจ่าย V_{DD}ให้ค่าแรงดันตกคร่อม V_{DS} เปลี่ยนระดับแรงดันจากน้อยไปหามากทำให้กระแสเดรน (I_D)ไหลเปลี่ยนแปลงทำการวัดและบันทึกค่าแรงดัน V_{DS}และกระแสเดรน(I_D)ไว้

เมื่อเปลี่ยนค่าแรงดัน V_{GS} ไปอีกระดับหนึ่ง จะส่งผลในการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน V_{DS} และกระแสเดรน (I_D) จากนั้นนำค่าแรงดัน V_{DS} และกระแสเดรน (I_D) ไปเขียนกราฟคุณสมบัติได้ดังรูปที่ 4.6 (ข) และเมื่อทำการปรับค่าแรงดัน V_{GG} ถึงค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ช่อง (Channel) มีค่าความนำไฟฟ้าระหว่างขาเดรน กับขาซอร์ส ลดลงจนกระแสเดรน (I_D) ไม่ไหลหรือกระแสเดรน (I_D) เท่ากับศูนย์พอดีค่าแรงดันไบแอสกลับนี้เรียกว่า "Pinch Off Voltage" (V_P) หรือ $V_{GS(Off)}$ และถ้าให้แรงดันที่ขาเกต และขาซอร์ส ของเจเฟตมีค่าเป็น 0 โวลต์ ($V_{GS} = 0$ V) จะมีกระแสไหลผ่านเจเฟตคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่า กระแส I_{DSS} แสดงดังรูปที่ 4.7



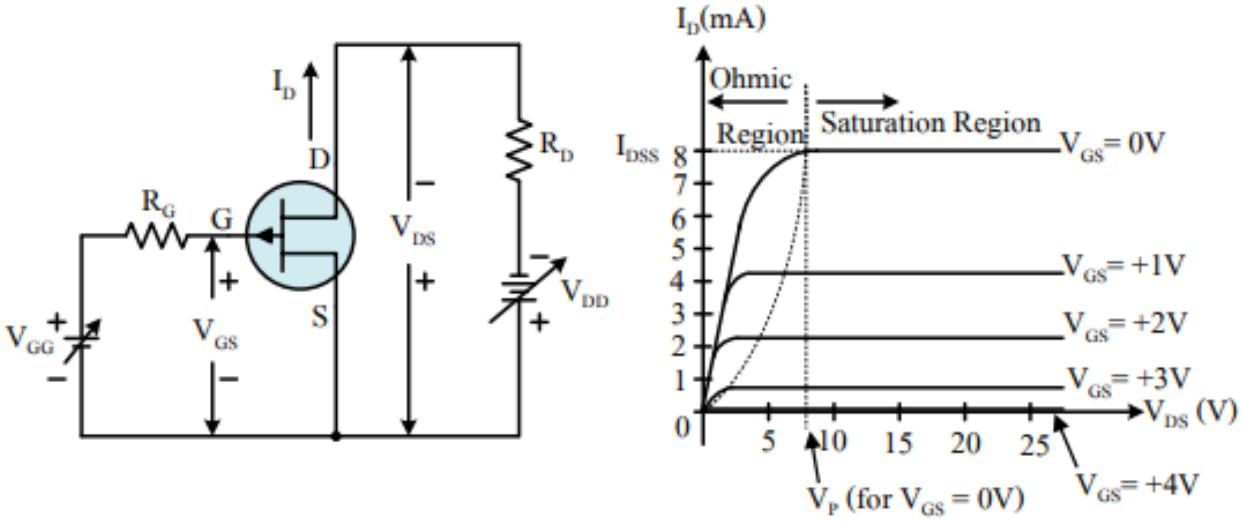
(ก) การเขียนกราฟเมื่อ $V_{GS} = 0$ V (ข) สภาวะเมื่อ I_D มีค่าเท่ากับศูนย์พอดี

รูปที่ 4.7 แสดงสภาวะการทำงานของเจเฟต

ที่มา (Robert Boylested and Louis Nashelsky, 1992, หน้า 211)

จากรูปที่ 4.7 แสดงสภาวะการทำงานของเจเฟต โดยสามารถเขียนเป็นกราฟคุณสมบัติได้ เมื่อ $V_{GS} = 0$ และการเกิดดีพลีชันริจินจนทำให้กระแส I_D ไม่ไหลหรือ Pinch Off ในส่วนกราฟคุณสมบัติของเจเฟตชนิด P-Channel จะมีลักษณะเหมือนกับเจเฟตชนิด N-Channel แต่จะมี

ความแตกต่างในส่วนขั้วแรงดันไบแอสที่จ่ายให้กับวงจรซึ่งวงจรการทดลอง และกราฟคุณสมบัติแสดงดังรูปที่ 4.8



(ก) วงจรทดลองหากราฟคุณสมบัติ (ข) กราฟคุณสมบัติ

รูปที่ 4.8 แสดงการหากราฟคุณสมบัติของเจเฟตชนิด P-Channel
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์,มปป.,หน้า 128)

จากรูปที่ 4.8 แสดงวงจรทดลองหากราฟคุณสมบัติของเจเฟตชนิด P-Channel และกราฟคุณสมบัติจากการทดลองและการวัดค่าต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองเจเฟตชนิด N-Channel จากนั้นนำค่าแรงดัน V_{DS} และกระแส I_D ไปเขียนกราฟคุณสมบัติได้ดังรูปที่ 4.8 (ข) ค่ากระแส I_{DSS} ในกราฟคุณสมบัติคือค่ากระแสอิ่มตัว (Saturation Current) ที่ไหลผ่านระหว่างขาเดรนและขาซอร์สเมื่อค่าแรงดัน V_{GS} มีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ ($V_{GS} = 0$ V)

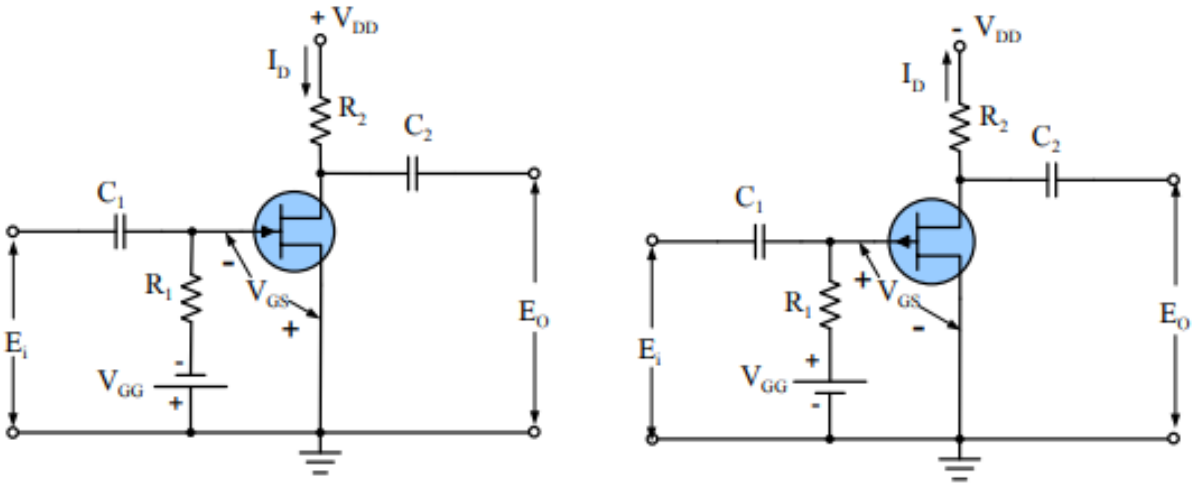
4.5 การจัดวงจรไบแอสของเจเฟต

การจัดวงจรไบแอสให้เจเฟต เป็นการจัดวงจรจ่ายแรงดันไบแอสที่ถูกต้องให้เจเฟตเพื่อให้เจเฟตสามารถทำงานนำกระแสได้ ลักษณะและแบบวงจรไบแอสของเจเฟตแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

1. ไบแอสคงที่ (Fixed Bias)
2. ไบแอสตัวเอง (Self Bias)
3. ไบแอสแบบแบ่งแรงดัน (Voltage Divider Bias)

4.5.1วงจรไบแอสคงที่ของเจเฟต

วงจรไบแอสคงที่ของเจเฟตทั้งชนิด N-Channel และ P-Channel ต้องจัดแรงดันไบแอสให้เหมือนกัน คือต้องจ่ายแรงดันไบแอสตรงให้ขาซอร์ส จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ขาเดรน และขาเกตเทียบกับขาซอร์สตลอดเวลา เจเฟตจึงสามารถทำงานได้ การจัดวงจรไบแอสคงที่เบื้องต้นของเจเฟตแสดงดังรูปที่ 4.9



(ก) ชนิด N-Channel (ข) ชนิด P-Channel

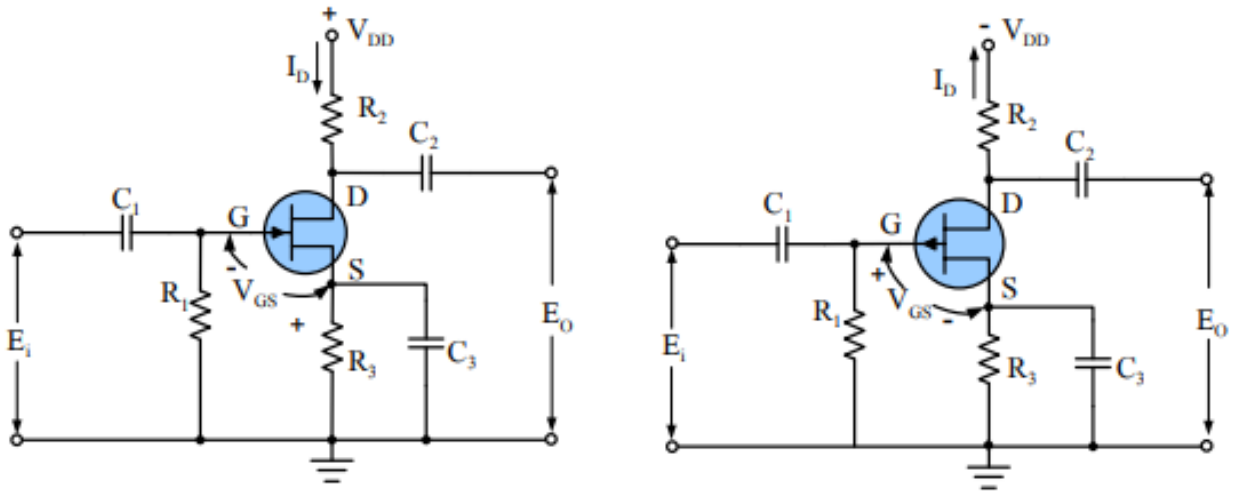
รูปที่ 4.9 วงจรไบแอสคงที่แบบเบื้องต้นของเจเฟต
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ ,2553,หน้า 122)

จากรูปที่ 4.9 แสดงวงจรไบแอสคงที่แบบเบื้องต้นของเจเฟต ทั้งชนิด N-Channel และชนิด P-Channel มีแรงดัน V_{GG} ค่าคงที่จ่ายเป็นไบแอสกลับให้ขาเกตโดยผ่าน R_1 ทำหน้าที่จำกัด

กระแสที่ไหลผ่านขาเกต ค่าแรงดัน V_{GG} ค่าคงที่เป็นตัวกำหนดให้มีกระแส I_D ไหลผ่านวงจรที่ค่าคงที่ค่าหนึ่งตลอดเวลา เมื่อมีสัญญาณไฟกระแสสลับป้อนเข้ามาที่อินพุตขาเกต สัญญาณไฟกระแสสลับนี้จะไปทำให้ระดับแรงดัน V_{GS} เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ส่งผลต่อกระแส I_D ไหลเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย เกิดศักย์ตกคร่อม R_2 เป็นสัญญาณไฟกระแสสลับส่งออกเอาต์พุต การจ่ายไบแอสแบบคงที่นี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้งานเพราะต้องมีแหล่งจ่ายแรงดันถึง 2 ชุด เกิดความไม่สะดวกต่อการจัดวงจรทำงาน

4.5.2วงจรไบแอสตัวเองของเจเฟต

วงจรไบแอสตัวเองของเจเฟตทั้งชนิด N-Channel และชนิด P-Channel ต้องจ่ายแรงดันไบแอสให้เหมือนกันคือต้องจ่ายแรงดันไบแอสตรงให้ขาซอร์ส จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ขาเดรน และขาเกตเทียบกับขาซอร์สตลอดเวลา สามารถจัดแหล่งจ่ายแรงดันไบแอสให้วงจรเพียงชุดเดียว โดยมีการวงจรแตกต่างจากแบบไบแอสตัวเอง ลักษณะวงจรไบแอสตัวเองแบบเบื้องต้นของเจเฟต แสดงดังรูปที่ 4.10



(ก) ชนิด N-Channel (ข) ชนิด P-Channel

รูปที่ 4.10 วงจรไบแอสตัวเองแบบเบื้องต้นของเจเฟต

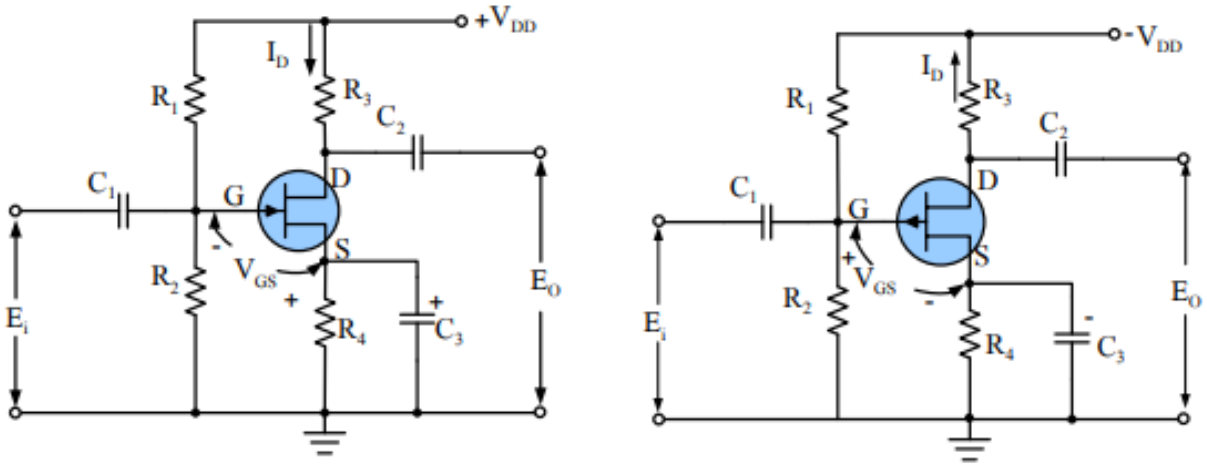
จากรูปที่ 4.10 แสดงวงจรไบแอสตัวเองแบบเบื้องต้นของเจเฟต ทั้งชนิด N-Channel และชนิด P-Channel การจ่ายแรงดันไบแอสให้วงจรใช้แหล่งจ่ายแรงดัน V_{DD} เพียงชุดเดียว ใช้ตัวต้านทาน R1มีค่าความต้านทานสูงต่อกับขาเกตและกราวด์ เพื่อกำหนดแรงดันไบแอสที่จ่ายให้ขาเกตมีค่าน้อยกว่าขาซอร์สเพราะมีกระแสไหลผ่าน R_1 น้อยย่อมมีศักย์ตกคร่อมน้อย ส่วนขาซอร์สมีตัวต้านทาน R_3 ต่อระหว่างขาซอร์สกับกราวด์มีค่าความต้านทานต่ำ ทำให้มีกระแสไหลผ่านมากเกิดศักย์ตกคร่อม R_3 มาก เทียบศักย์ตกคร่อมระหว่างขาเกตกับขาซอร์สได้แรงดัน V_{GS} จ่ายให้ขาเกตเป็นไบแอสกลับ คือ แรงดัน V_{GS} ของเจเฟตชนิดเอ็นแชนแนลจ่ายให้ขาเกตเป็นลบ ส่วนแรงดัน V_{GS} ของเจเฟตชนิดพีแชนแนลจ่ายให้ขาเกตเป็นบวก มีค่าคงที่ค่าหนึ่งตลอดเวลา เกิดกระแส I_D ไหลผ่านขาเดรนและขาซอร์สคงที่ค่าหนึ่งตลอดเวลาเช่นกัน

เมื่อมีสัญญาณไฟกระแสสลับป้อนเข้ามาที่อินพุตขาเกต ทำให้ระดับแรงดัน V_{GS} เปลี่ยนแปลงควบคุมให้กระแส I_D ไหลเปลี่ยนแปลง เกิดศักย์ตกคร่อม R_2 เป็นสัญญาณออกเอาต์พุต ขณะที่กระแส I_D ไหลผ่านเจเฟตเปลี่ยนแปลง ทำให้ศักย์ตกคร่อม R_3 เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยจึงใส่ตัวเก็บประจุ C_3 เพื่อกำจัดสัญญาณไฟสลับทิ้งไป เหลือเฉพาะระดับแรงดันไฟกระแสตรงตกคร่อม R_3 ช่วยทำให้อัตราการขยายสัญญาณของวงจรเพิ่มขึ้น เกิดความคงที่ในการขยายสัญญาณ

4.5.3วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดันของเจเฟต

วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดันของเจเฟตทั้งชนิดN-Channel และชนิดP-Channel ต้องจ่ายแรงดันไบแอสให้เหมือนกัน ต้องจ่ายแรงดันไบแอสตรงให้ขาซอร์ส จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ขาเดรน และขาเกตเทียบกับขาซอร์สตลอดเวลา สามารถจัดแหล่งจ่ายแรงดันไบแอสให้วงจรเพียงชุดเดียว โดยมีการจัดวงจรแตกต่างไปจากวงจรไบแอสตัวเอง ทำให้วงจรมีการทำงานคงที่มากขึ้นและมีอัตราขยายสัญญาณในวงจรเพิ่มมากขึ้น การจัดวงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดันเบื้องต้นของเจเฟต แสดงดังรูปที่ 4.11

จากรูปที่ 4.11 แสดงวงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดันเบื้องต้นของเจเฟต ทั้งชนิดN-Channel และชนิดP-Channel มีตัวต้านทาน R_1และ R_2 จัดเป็นวงจรแบ่งแรงดัน ตัวต้านทาน R_1 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ขาเกต ส่วนR_2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านวงจร ทำให้เกิด



(ก) ชนิด N-Channel (ข) ชนิด P-Channel

รูปที่ 4.11 วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดันเบื้องต้นของเจเฟต
ที่มา(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ ,2553,หน้า 127)

แรงดันตกคร่อมขาเกตเทียบกับกราวด์คือแรงดัน V_G เจเฟตชนิดเอ็นแชนแนลค่าแรงดัน V_G เป็นบวก เจเฟตชนิดพีแชนแนลค่าแรงดันV_Gเป็นลบ เมื่อเจเฟตนำกระแสมีกระแส I_D ไหลผ่าน R_4 เกิดแรงดันตกคร่อม R_4 เทียบกราวด์คือแรงดัน V_S ถ้าเป็นชนิดเอ็นแชนแนลแรงดัน V_S มีค่าเป็นบวก มีศักย์บวกสูงกว่าศักย์บวกของแรงดัน V_G เกิดเป็นแรงดัน V_{GS} ที่ขาเกตเป็นบวก ที่ขาซอร์สเป็นลบ แรงดัน V_{GS} ที่ได้จ่ายแรงดันเป็นไบแอสกลับให้ขาเกตของเจเฟต มีสัญญาณตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 เป็นสัญญาณส่งออกเอาต์พุต ส่วนตัวเก็บประจุ C_3 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันที่ขาซอร์ส (V_S)ให้คงที่ เพื่อควบคุมอัตราขยายสัญญาณของวงจรเจเฟตให้ทำงานคงที่

4.6 การอ่านคู่มือและแปลความหมายของเจเฟต

เนื่องจากเจเฟตมีมากมายหลายเบอร์ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเบอร์ 2N5457 , 2N5458 , 2N5459 ซึ่งรายละเอียดเบื้องต้นมีดังนี้

ข้อมูลทั่วไปของเจเฟต คือ เจเฟตชนิด N-Channel ที่นำไปใช้ในวงจรขยายทั่ว ๆ ไป มีตัวถัง 2 แบบ คือ TO-92 และ SOT-23 ส่วนการวางตำแน่งขา แสดงดังรูปที่ 4.9

2N5457 MMBF5457
2N5458 MMBF5458
2N5459 MMBF5459

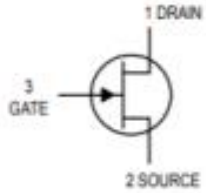
N-Channel General Purpose Amplifier

รูปที่ 4.12 ตัวถังและการจัดตำแหน่งขา

ที่มา(http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50039/FAIRCHILD/2N5457)

ตารางที่ 4.1 ค่าพิกัดสูงสุดของเจเฟต เบอร์ 2N5457

JFETs — General Purpose
N–Channel — Depletion



2N5457

*Motorola Preferred Device

CASE 29–04, STYLE 5
TO–92 (TO–226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Drain–Source Voltage	V_{DS}	25	Vdc
Drain–Gate Voltage	V_{DG}	25	Vdc
Reverse Gate–Source Voltage	V_{GSR}	–25	Vdc
Gate Current	I_G	10	mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	310 2.82	mW mW/°C
Junction Temperature Range	T_J	125	°C
Storage Channel Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150	°C

ที่มา(https://global.oup.com/us/companion.websites/fdscontent/uscompanion/us/pdf)

จากตารางที่ 4.1 เป็นข้อมูลรายละเอียดของเจเฟตเบอร์ 2N5457 พบว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ เดรน – เกตสูงสุด(V_{DS}) เท่ากับ 25 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ เกต–ซอร์สสูงสุด (V_{GS}) เท่ากับ – 25โวลต์ กระแสไบแอสตรงที่เกตสูงสุด (I_{GF}) เท่ากับ 10 มิลลิแอมป์ และอุณหภูมิที่รอยต่อขณะใช้งาน อยู่ในช่วง -55 ถึง + 150 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของเจเฟต เบอร์2N5457

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Gate–Source Breakdown Voltage (I_G = –10 μAdc, V_{DS} = 0)	$V_{(BR)GSS}$	–25	—	—	Vdc
Gate Reverse Current (V_{GS} = –15 Vdc, V_{DS} = 0) (V_{GS} = –15 Vdc, V_{DS} = 0, T_A = 100°C)	I_{GSS}	— —	— —	–1.0 –200	nAdc
Gate–Source Cutoff Voltage (V_{DS} = 15 Vdc, I_D = 10 nAdc)	$V_{GS(off)}$	–0.5	—	–6.0	Vdc
Gate–Source Voltage (V_{DS} = 15 Vdc, I_D = 100 μAdc)	V_{GS}	—	–2.5	—	Vdc
ON CHARACTERISTICS					
Zero–Gate–Voltage Drain Current (1) (V_{DS} = 15 Vdc, V_{GS} = 0)	I_{DSS}	1.0	3.0	5.0	mAdc
SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS					
Forward Transfer Admittance Common Source (1) (V_{DS} = 15 Vdc, V_{GS} = 0, f = 1.0 kHz)	$\|y_{fs}\|$	1000	—	5000	μmhos
Output Admittance Common Source (1) (V_{DS} = 15 Vdc, V_{GS} = 0, f = 1.0 kHz)	$\|y_{os}\|$	—	10	50	μmhos
Input Capacitance (V_{DS} = 15 Vdc, V_{GS} = 0, f = 1.0 MHz)	C_{iss}	—	4.5	7.0	pF
Reverse Transfer Capacitance (V_{DS} = 15 Vdc, V_{GS} = 0, f = 1.0 MHz)	C_{rss}	—	1.5	3.0	pF

ที่มา(https://global.oup.com/us/companion.websites/fdscontent/uscompanion/us/pdf)

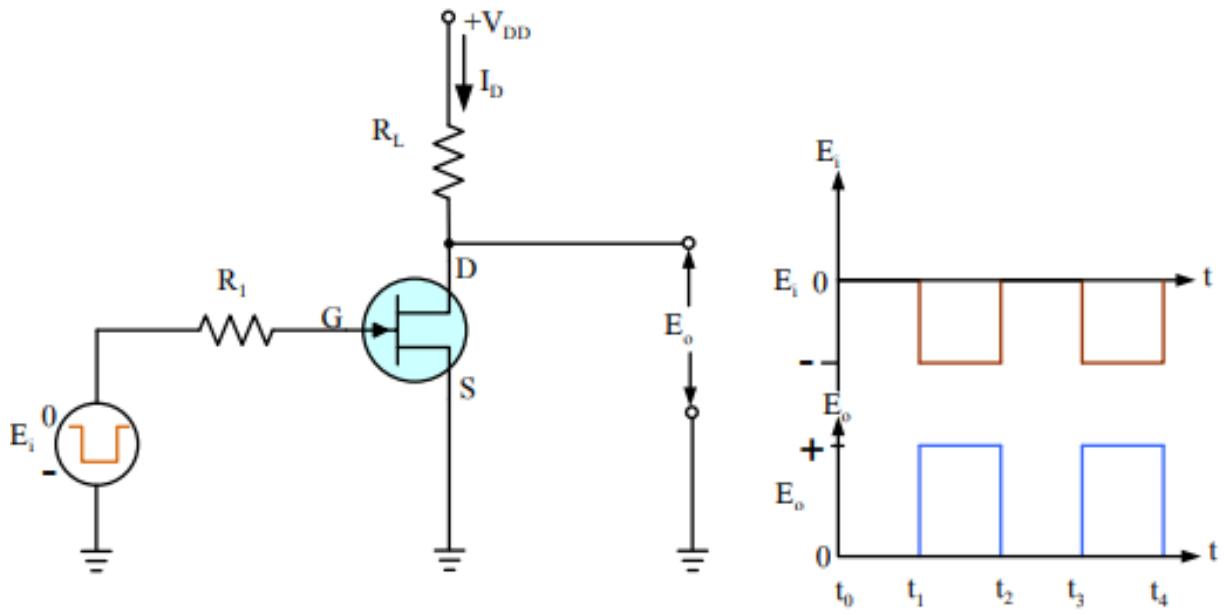
จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่าพิกัดกระแสไบแอสกลับที่เกต(I_{GSS})เท่ากับ –1 นาโนแอมป์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและเพิ่มขึ้น- 200 นาโนแอมป์ ทุกๆ 100 องศาเซลเซียส ค่าพิกัดแรงดันเกต –ซอร์สคัตออฟ ($V_{GS(off)}$) ผู้ผลิตจะบอก 2 ค่ามาให้คือ ค่าต่ำสุดคือ – 0.5 โวลต์ และค่าสูงสุดคือ -6.0 โวลต์

ทรานส์คอนดัคแตนซ์ (Transconductance :g_m) คือความสามารถในการนำกระแสที่เอาต์พุต ค่าg_m หาได้จากการเปลี่ยนแปลงกระแสเดรนต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเกต – ซอร์ส(Gate source voltage) มีหน่วยเป็น ซีเมนส์(Semens : S) ค่าทรานส์คอนดัคแตนซ์บางครั้งเรียกว่า ฟอร์เวิด ทรานส์เฟอร์แอดมิตแตนซ์(Forward Transfer Admittance : y_{fs}) จากตารางที่ 4.2 เบอร์ 2N5457 อ่านค่าได้ต่ำสุด 1,000 ไมโครโมห์ (μmhos) และค่าได้สูงสุด 5,000 ไมโครโมห์ (μmhos)

ค่าความจุ(C_{iss}) ที่เกิดขึ้นที่เดรนกับซอร์ส เมื่อจัดวงจรเป็นคอมมอนซอร์ส คือ 4.5 พิโกฟารัด(Type) และ 7 พิโกฟารัด(Max) ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีผลเมื่อนำเฟตไปใช้งานที่ความถี่สูงและในวงจรสวิตชิ่ง

4.7 การนำเจเฟตไปประยุกต์ใช้งาน

4.7.1 วงจรเจเฟตสวิตช์



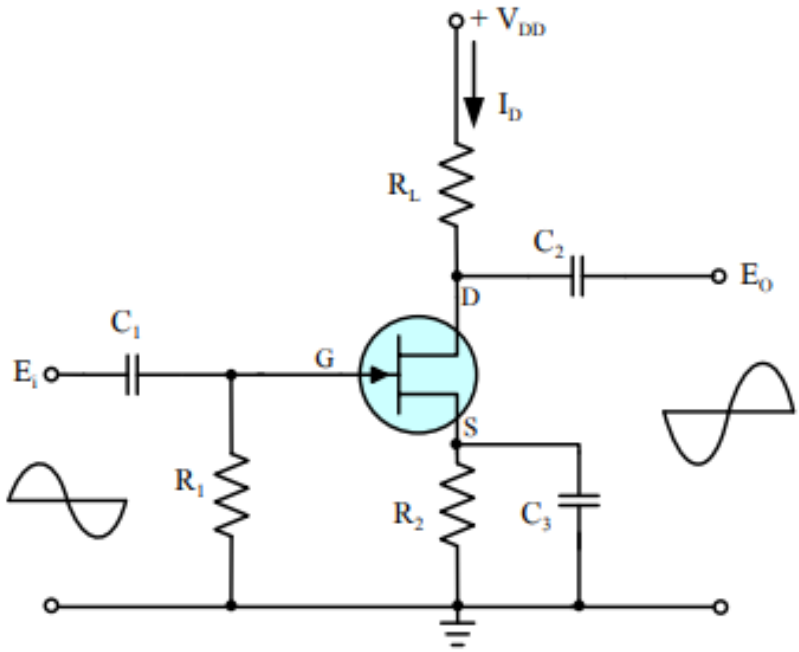
(ก) วงจร (ข) สัญญาณ

รูปที่ 4.13 สวิตช์เจเฟตชนิด N-Channel

จากรูปที่ 4.13 การทำงานของวงจรเจเฟตสวิตช์อธิบายได้ดังนี้ ในช่วงเวลา t_0- t_1 ไม่มีสัญญาณพัลส์เข้ามาที่อินพุต E_i ทำให้ขา G ไม่มีไบแอสจ่ายให้ เจเฟตชนิด N-Channel นำกระแสมีกระแส I_D ไหลผ่านค่าสูง เจเฟตทำงานถึงจุดอิ่มตัวเป็นสวิตช์ในสภาวะต่อวงจร (ON)

ในช่วงเวลา t_1- t_2 มีสัญญาณพัลส์ลบป้อนเข้ามาที่อินพุต E_i ทำให้ขา G ได้รับไบแอสกลับที่รอยต่อขา G กับขา S (V_{DS}) รอยต่อเกิดค่าความต้านทานสูงต้านการไหลของกระแส ID ไม่ให้ไหล เจเฟตทำงานที่จุดคัตออฟเป็นสวิตช์ในสภาวะตัดวงจร(OFF) การทำงานของเจเฟตสวิตช์ ชนิด N-Channel วัดสัญญาณออกเอาต์พุต EO ได้ตามรูปที่ 4.13 (ข)

4.7.2 วงจรขยายสัญญาณเจเฟต



รูปที่ 4.14 วงจรขยายสัญญาณที่ใช้เจเฟตชนิด N-Channel
ที่มา(พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ ,2553,หน้า 283)

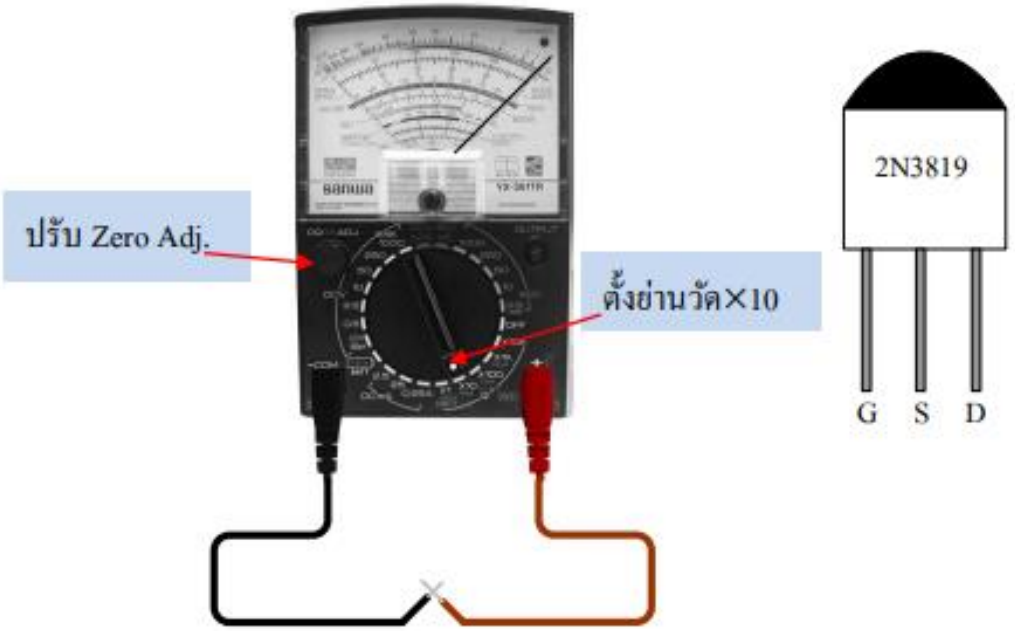
จากรูปที่ 4.14 เป็นวงจรขยายสัญญาณที่ใช้เจเฟตชนิด N-Channel) จัดวงจรแบบคอมมอนซอร์ส สัญญาณอินพุตป้อนเข้าที่ขา G เทียบกับขา S เอาต์พุตออกที่ขา D เทียบกับขา S อินพุตอิมพีแดนซ์(Z_i) สูงมาก เอาต์พุตอิมพีแดนซ์(Z_O)มีค่าสูง แต่ต่ำกว่าอินพุตอิมพีแดนซ์ เฟส

ของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตต่างกัน 180 องศา ใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณทั่วไป ให้คุณภาพดีด้านการขยายแรงดันและขยายกำลัง

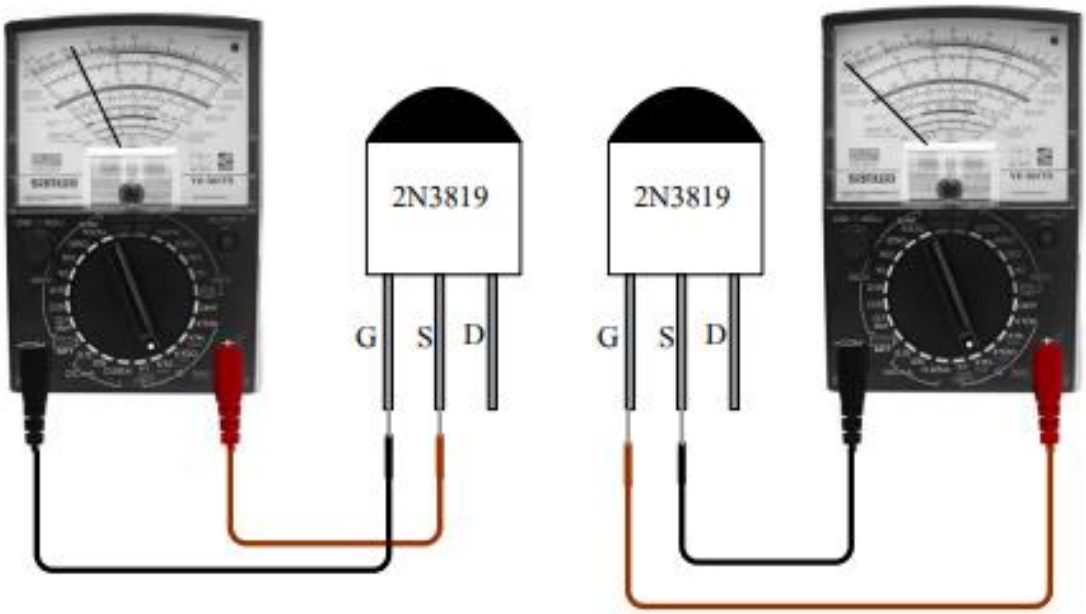
4.8 การวัดและทดสอบเจเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

การตรวจสอบว่าเจเฟตดีหรือเสีย(กรณีทราบขาต่างๆของเจเฟต)

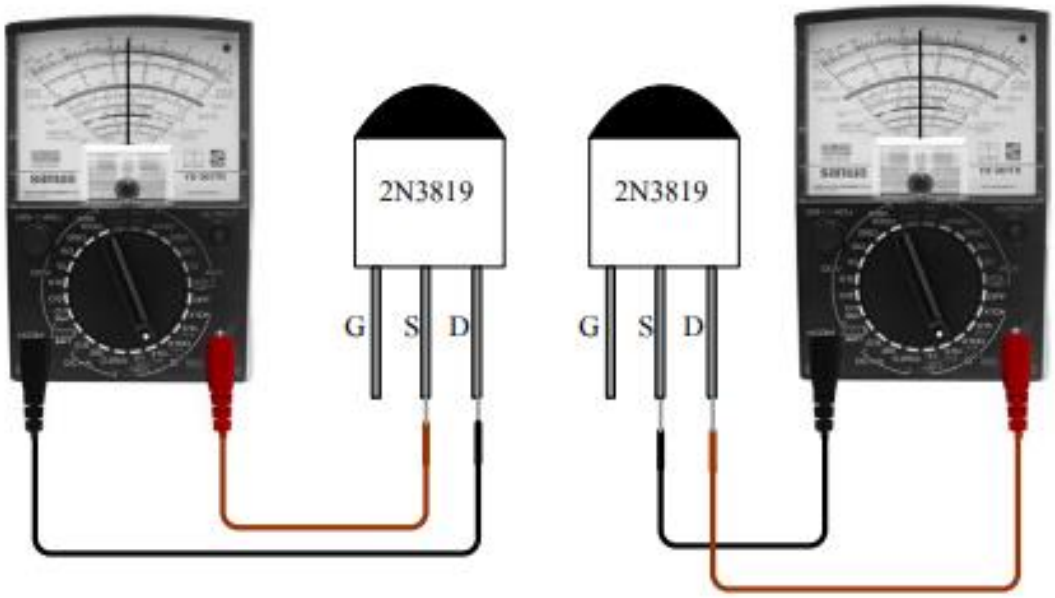
เมื่อทราบตำแหน่งขาของเจเฟต ให้ตั้งย่านวัดโอห์มมิเตอร์ไว้ที่ ×10 จากนั้นทำการปรับศูนย์โอห์ม โดยนำปลายสายแตะกัน ปรับปุ่ม Zero Adj.ให้เข็มมิเตอร์ชี้ที่ศูนย์โอห์ม จากโครงสร้างของเจเฟตขาG กับขา S และขาG กับขา D เป็นรอยต่อพีเอ็นเหมือนไดโอด ดังนั้นถ้าทำการวัดค่าความต้านทานระหว่างขาG กับขา S หรือขาG กับขา D จะได้ค่าความต้านทานสูง และทำการสลับข้างจะได้ค่าความต้านทานต่ำข้างหนึ่ง จากนั้นทำการวัดความต้านทานระหว่างขา D กับขา S สลับข้างแล้วจะได้ค่าความต้านทานเท่ากัน แสดงว่าเจเฟตดี การวัดทดสอบเจเฟต มีขั้นตอนการวัดดังรูปที่ 4.15



(ก)ตั้งย่านวัด×10 และปรับศูนย์โอห์ม (ข) ตำแหน่งขาเจเฟต



(ค)วัดคู่ขา G-S ได้ค่าความต้านทาน 750โอห์มหนึ่งข้างสลับสายแล้ววัดจะไม่ขึ้นหนึ่งข้าง



(ง) วัดค่าความต้านทานคู่ขา D-S ได้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้งสองครั้งคือ 210 โอห์ม

รูปที่ 4.15 การวัดและทดสอบเจเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 4

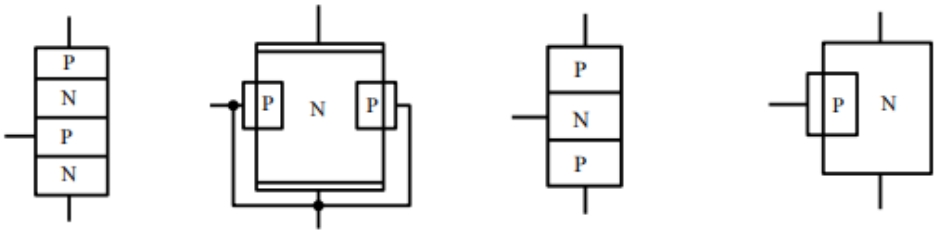
เฟต

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. เจเฟตมีกี่ชนิด

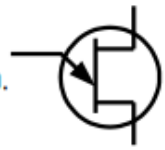
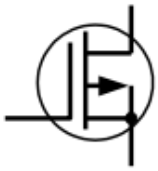
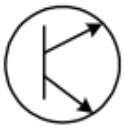
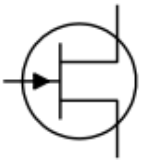
ก. 3 ชนิด ข. 5 ชนิด ค. 4 ชนิด ง. 2 ชนิด

2. ข้อใดคือโครงสร้างของเจเฟต



ก. ข. ค. ง.

3. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของเจเฟต

ก.  ข.  ค.  ง. 

4. เจเฟตชนิดพีหรือชนิดเอ็นแชนแนลสังเกตได้จากสารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิตเจเฟตได้อย่างไร

ก. ขาซอร์สและขาเดรน ข. ขาซอร์ส ค. ขาเดรน ง. ขาเกต

5. กราฟแต่ละเส้นบนกราฟคุณสมบัติของเจเฟตถูกกำหนดค่าตามข้อใด

ก. V_{DS} ข. V_{GS} ค. I_D ง. I_G

6. ข้อใดกล่าวถึงลักษณะของเจเฟตได้ถูกต้อง

ก. เป็นโครงสร้างที่บอกลักษณะของขาอุปกรณ์

ข. เป็นโครงสร้างของเจเฟตที่แสดงคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำที่นำมาสร้างอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์

ค. เป็นกราฟแสดงคุณสมบัติการทำงานของเจเฟต เมื่อทำการจ่ายแรงดันไบอัสที่ระดับแตกต่างกัน

ง. เป็นข้อมูลของเจเฟตที่แสดงว่าเจเฟตใช้งานเป็นสวิตช์ได้

7. การจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้เจเฟตต้องจ่ายไบแอสตามข้อใดจึงจะถูกต้อง

ก. ไบแอสกลับให้ขา S จ่ายไบแอสตรงให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S

ข. ไบแอสกลับให้ขา S จ่ายไบแอสกลับให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S

ค. ไบแอสตรงให้ขา S จ่ายไบแอสตรงให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S

ง. ไบแอสตรงให้ขา S จ่ายไบแอสกลับให้ขา D กับขา G เทียบกับขา S

8. การจัดวงจรไบแอสคงที่ ตรงกับข้อใด

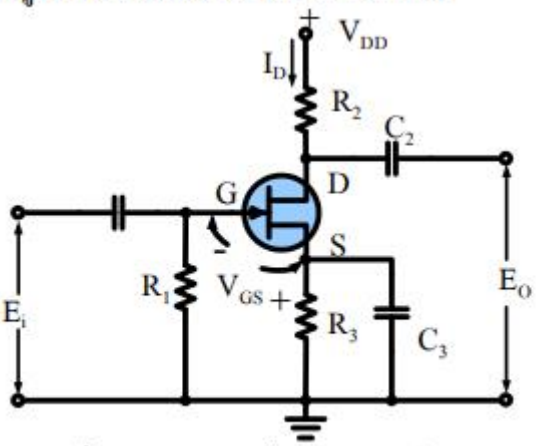
ก. จัดแรงดันไบแอสให้ขาเกตและซอร์สคงที่

ข. จัดแรงดันไบแอสให้ทั้งวงจรคงที่

ค. จัดให้เกิดกระแสเดรนไหลในวงจรคงที่

ง. จัดแรงดันไบแอสให้ขาเดรนและซอร์สคงที่

9. จากรูปเป็นการจัดวงจรไบแอสแบบใด



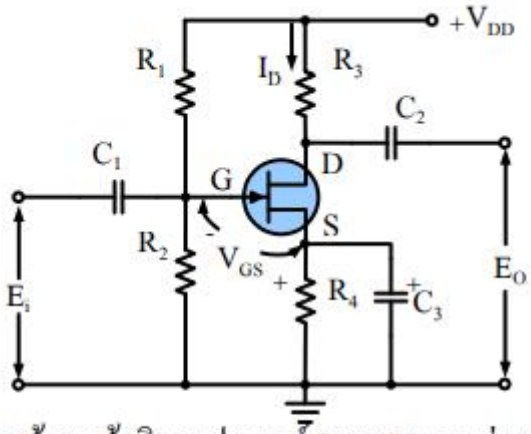
ก. วงจรไบแอสคงที่

ข. วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดัน

ค. วงจรไบแอสตัวเอง

ง. วงจรไบแอสแบบผสม

10. จากรูปเป็นการจัดวงจรไบแอสแบบใด



ก. วงจรไบแอสแบบผสม

ข. วงจรไบแอสคงที่

ค. วงจรไบแอสตัวเอง

ง. วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดัน

11. จากข้อมูลผู้ผลิตเจเฟตเบอร์ 2N5457 ระบุว่า V_{DG} เท่ากับ 25 V หมายถึงอะไร

ก. แรงดันไฟสูงสุดที่เกต – ซอร์สสูงสุดเท่ากับ 25 V

ข. แรงดันไฟสูงสุดที่เกตเท่ากับ 25 V

ค. แรงดันไฟสูงสุดที่เดรน – เกตสูงสุดเท่ากับ 25 V

ง. แรงดันไฟสูงสุดที่เดรนเท่ากับ 25 V

12. การนำเจเฟตไปใช้งานเป็นสวิตช์จะต้องจัดไบอัสอยู่ในย่านใดของกราฟคุณลักษณะสมบัติของเจเฟต

ก. ย่านแอกทีฟ

ข. ย่านอิ่มตัวและย่านคัตออฟ

ค. ย่านคัตออฟ

ง. ย่านอิ่มตัว

13. การนำเจเฟตไปใช้งานเป็นวงจรขยายสัญญาณจะต้องจัดไบอัสอยู่ในย่านใดของกราฟคุณลักษณะสมบัติของเจเฟต

ก. ย่านคัตออฟ ข. ย่านอิ่มตัว

ค. ย่านแอกทีฟ ง. ย่านอิ่มตัวและย่านคัตออฟ

14. การวัดทดสอบหาขาของเจเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์โดยใช้ย่านวัด x10 เมื่อทำการวัดระหว่างขา D กับขา S ถ้าเจเฟตดีผลจะเป็นอย่างไร

ก. ความต้านทานต่ำเท่ากันทั้งสองข้างเมื่อสลับสายวัด

ข. ความต้านทานสูงข้างหนึ่ง เมื่อสลับสายวัดแล้วความต้านทานต่ำ

ค. ความต้านทานสูงมากอ่านค่าไม่ได้ทั้งสองข้างถึงแม้จะสลับสายแล้วก็ตาม

ง. ความต้านทานค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป แต่จะสูงขึ้นเมื่อวัดในครั้งแรก

15. การวัดทดสอบหาขาของเจเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์โดยใช้ย่านวัด x10 เมื่อทำการวัดระหว่างขา G กับขา S ถ้าเจเฟตดีผลจะเป็นอย่างไร

ก. ได้ค่าความต้านทานต่ำทั้งสองข้างเมื่อสลับสายวัดประมาณ 210Ω

ข. ค่าความต้านทานสูงมากอ่านค่าไม่ได้ทั้งสองข้างถึงแม้จะสลับสายวัดแล้วก็ตาม

ค. ค่าความต้านทานค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปแต่จะสูงเมื่อวัดในครั้งแรก

ง. ได้ค่าความต้านทาน 750Ω ข้างหนึ่งเมื่อสลับสายวัดแล้ว เข็มไม่ตีขึ้นค่าความต้านทานสูงมาก

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 4

เฟต

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน			
ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ง	9	ค
2	ข	10	ง
3	ง	11	ค
4	ก	12	ข
5	ข	13	ค
6	ค	14	ก
7	ง	15	ง
8	ก		

	ใบงาน ที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ เฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน เฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับเฟต

3.2 เลือกใช้เฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

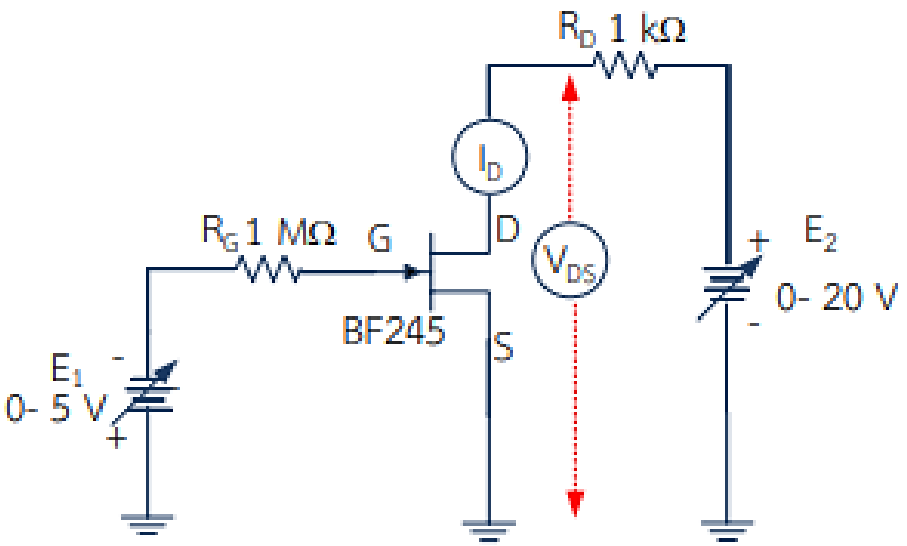
5.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์	2 เครื่อง
5.2 แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ 0-30 V 3 A	2 เครื่อง
5.3 ตัวต้านทานค่าคงที่ 1MΩ, 1kΩ, 4.7kΩ, 330Ω, 560Ω3.6kΩ, 5.6kΩ, 10kΩ อย่างละ	1 ตัว
5.4 เจเฟต เบอร์ BF245	1 ตัว
5.5 แผงประกอบวงจรและสายตอวงจร	1 ชุด

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ต่อวงจรทดลองตามรูป

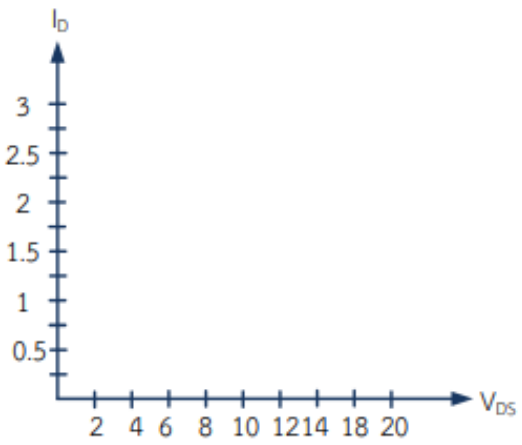


2. ปรับแหล่งจ่ายแรงดัน E_1 และ E_2 ให้ได้ค่า V_{GS} ตามตารางที่ 6.1.1 จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแส I_D บันทึกค่ากระแส I_D ลงในตารางที่ 6.1.1

ตารางที่ 6.1.1 บันทึกผลการทดลองข้อ 2

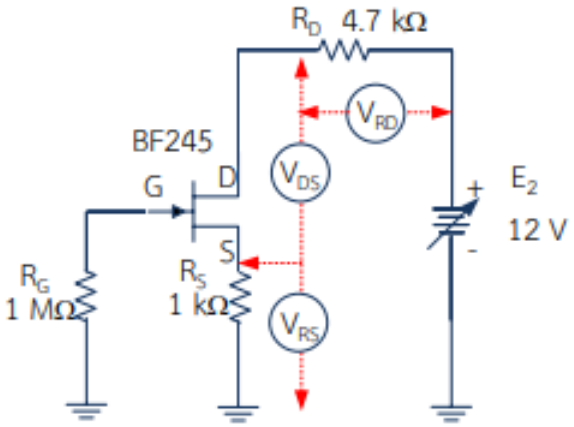
$E_1(V_G)$	V_{DS} (Voltage) โดยการปรับ E_2											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	I_D
-1.5												mA
-1												mA
-0.5												mA
0												mA

3. นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 6.1.1 มาเขียนกราฟลักษณะสมบัติของเฟตที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของ I_D, V_{DS} ที่ V_G ค่าต่างๆ ลงในรูปที่ 6.1.2



รูปที่ 6.1.2 กราฟแสดงคุณลักษณะของเจเฟต

4. ต่อวงจรทดลองตามรูปที่ 6.1.3



รูปที่ 6.1.3 แสดงการต่อวงจรข้อ 4

5. เปลี่ยนค่า R_S ตามตารางที่ 6.1.2 โดยให้ R_D คงที่ 4.7 kΩ จากนั้นบันทึกค่าของ V_{RS}, I_D, V_{DS}, V_{RD} ลงในตารางที่ 6.1.2

ตารางที่ 6.1.2 บันทึกผลการทดลองข้อ 5

R_S (Ω)	I_D (mA)	V_{RS} (V)	V_{DS} (V)	V_{RD} (V)
0				
330				
560				
1 k				
3.6 k				
5.6 k				
10 k				

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

.....

.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ มอสเฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน มอสเฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานมอสเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับมอสเฟต

3.2 เลือกใช้มอสเฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดมอสเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟต

5.2 มอสเฟตในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 5

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของมอสเฟต

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของมอสเฟตและสัญลักษณ์ของมอสเฟต โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของมอสเฟตและสัญลักษณ์ของมอสเฟต

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง มอสเฟตในอุดมคติ และมอสเฟตในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับมอสเฟตและการแปลความหมายมอสเฟต

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 5

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 5

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 5 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างมอสเฟต การทำงานของมอสเฟต ลักษณะสมบัติของมอสเฟต การตรวจสอบมอสเฟต ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 5 เรื่อง มอสเฟต

7.2 ของจริง มอสเฟตแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์เฟต
2. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเฟต

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ มอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของมอสเฟตได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟต
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟตเฟต
3. แก้ไขตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของมอสเฟตได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของมอสเฟตได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ มอสเฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง เฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานมอสเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับมอสเฟต

3.2 เลือกใช้มอสเฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดมอสเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เนื้อหาสาระ**

มอสเฟต

14.1 บทนำ

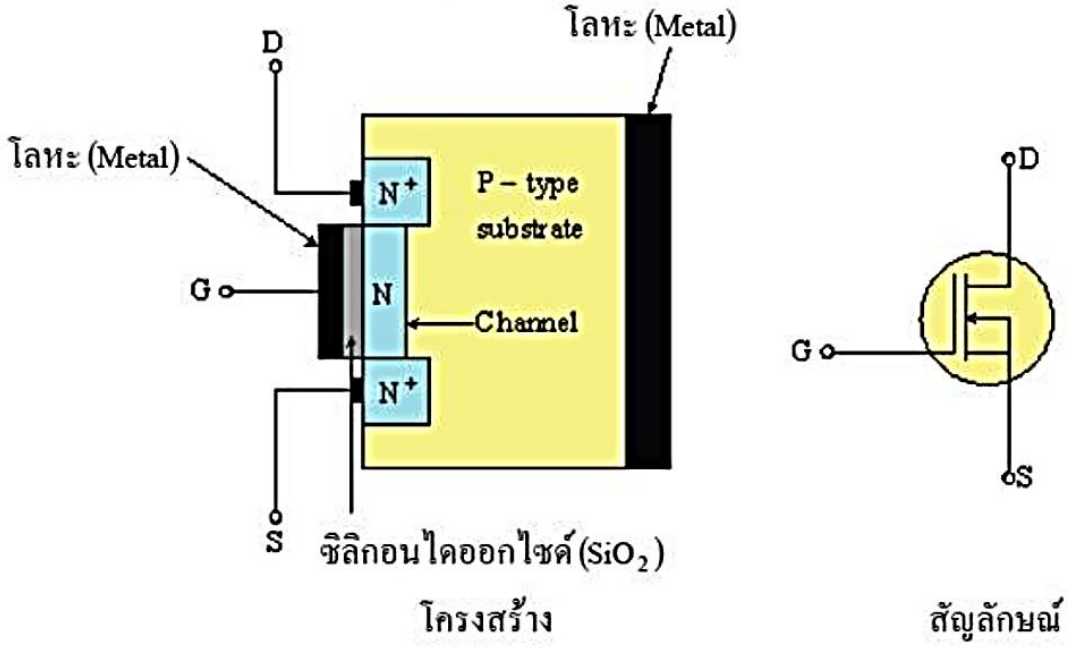
มอสเฟต (METAL OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTOR ; MOSFET) หรือเฟตชนิดออกไซด์ขอบโลหะ จัดเป็นอุปกรณ์จำพวกกำลังคือ มีอัตราทนต่อกำลังสูงแตกต่างจากเจเฟตตรงที่ขั้วเกตจะมีฉนวนกั้นไม่ให้สัมผัสกับสารกึ่งตัวนำหลักโดยตรง แต่การทำงานยังคงใช้หลักการเหมือนกับเจเฟต

14.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟต

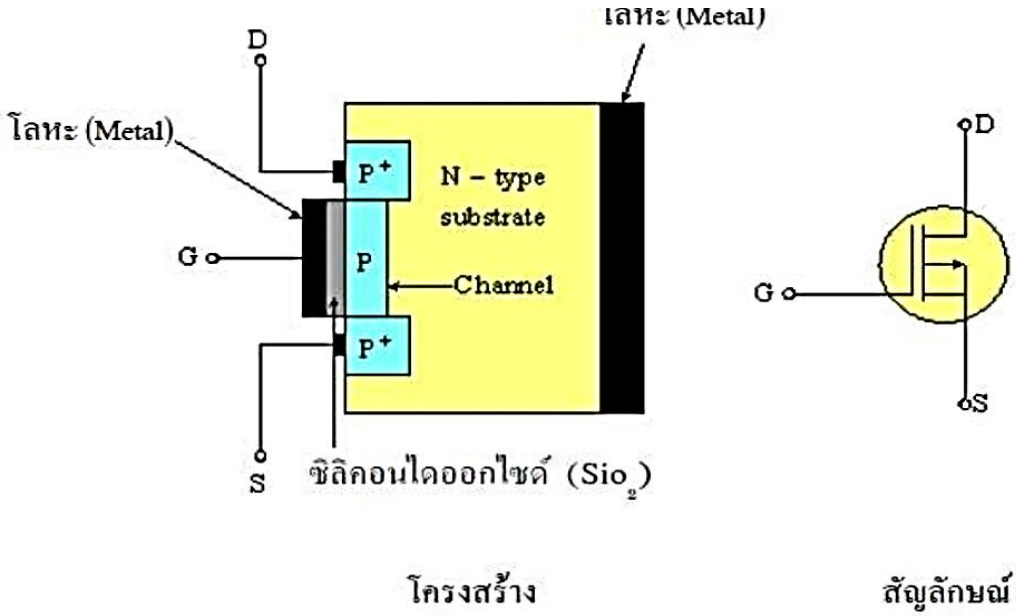
มอสเฟต ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ D – MOSFET และ E – MOSFET ซึ่งในแต่ละชนิดยังถูกแบ่งออกเป็นชนิด N – Channel และ P – Channel

1) มอสเฟตแบบดีพลีชั่น (Depletion type mosfet) ; D–MOSFET)

โครงสร้างของดีมอสเฟต ประกอบด้วยขาหรือขั้วที่ต่อใช้งาน 3 ขา เช่นดียวกับเจเฟต คือขาเดรน ขาซอร์ส และขาเกต นอกจากนี้ ดีมอสเฟตยังถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิด N-Channel และ P-Channel



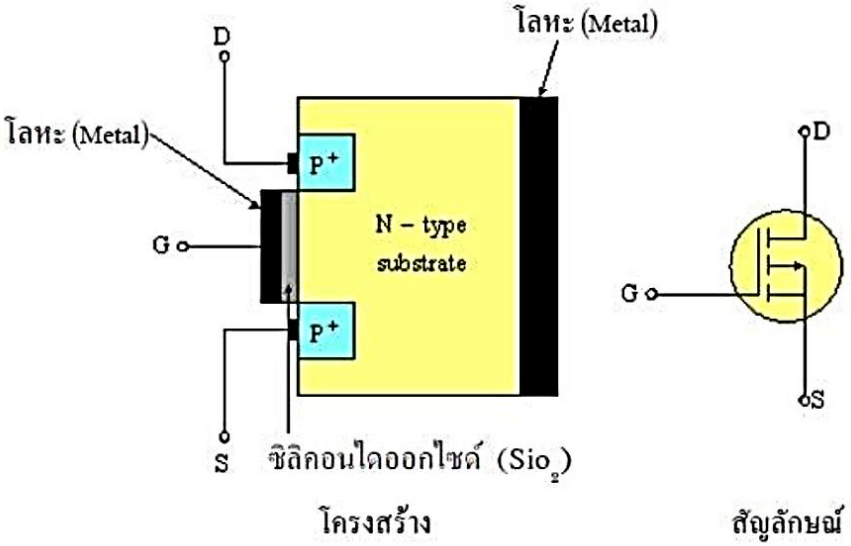
ก) โครงสร้างและสัญลักษณ์ ของ D-MOSFET แบบ N-Channel



ข) โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ D-MOSFET แบบ P-Channel

จากรูปที่ 14.1 กเป็นโครงสร้างของ MOSFET แบบ N – จะมีสารกึ่งตัวนำหลัก คือสารชนิด P ส่วนในรูปที่ 14.1 ข) จะเป็นลักษณะโครงสร้างของ D–MOSFET แบบ P – Channel ซึ่งจะมีสารกึ่งตัวนำหลกั คอื สารชนดิ N (N – type substrate) Channel N หรือ P จะกว้างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการไบแอสที่เกตบริเวณ Channel จะมีฉนวนซิลิกอน ไดออกไซด์ (SiO2) กั้นไว้ ไม่ให้สัมผัสกับขาเกตโดยตรงและที่ขาเกตจะมีแผ่นโลหะที่จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้า เพื่อไปควบคุมช่องทางความแคบหรือกว้างของ Channel

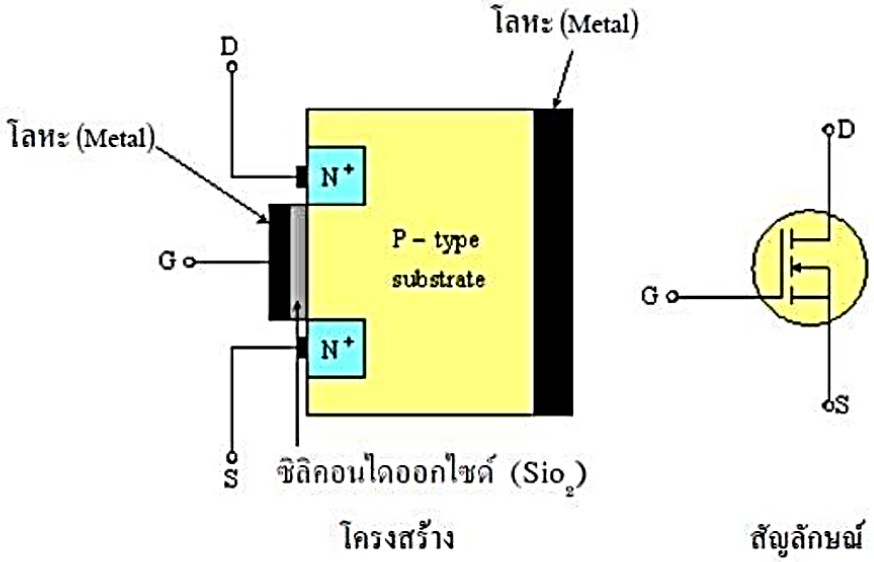
D – MOSFET แบบ N – Channel จะทำการเติมสารเจือปนบน (Dope) สารกึ่งตัวนำหลักชนิด P ให้กลายเป็นสารกึ่งตัวนำ N (N+) เพื่อให้เกิดเป็นขั้วเดรน (D) กับ ขั้วซอร์ส (S) และถ้าเป็นในส่วนของ D – MOSFET แบบ P – Channel ก็จะมีลักษณะตรงกันข้ามคือ จะทำการเติมสารเจือปนบนสารกึ่งตัวนำหลักชนิด N ให้กลายเป็นสารกึ่งตัวนำ P (P+) เพื่อให้เกิดเป็นขั้วเดรน (D) กับขั้วซอร์ส (S) เช่นกัน



ข) โครงสร้างและสัญลักษณ์ ของ E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E-MOSFET

2) เอนฮานซ์เมนต์ หรือ อีมอสเฟต (Enhancement type mosfet; E-MOSFET) จะแตกต่างกับดีมอเฟต ตรงที่ไม่มี Channel แต่สามารถทำให้เกิด Channel ได้โดยวิธีการไบแอส ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

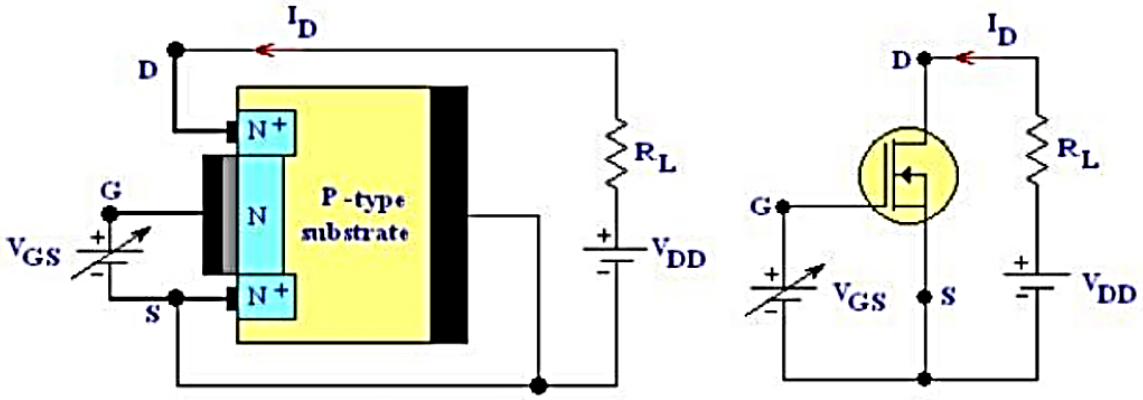


ก) โครงสร้างและสัญลักษณ์ ของ E-MOSFET แบบ N-Channel

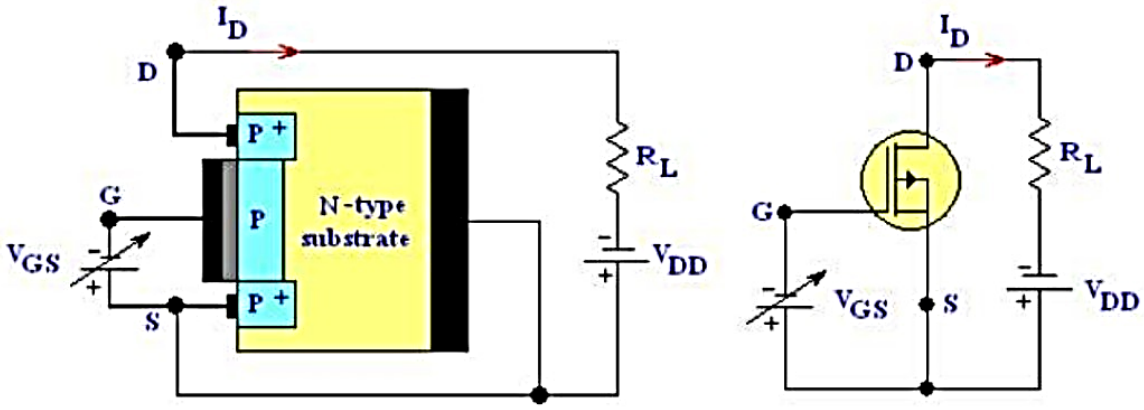
จากรปู ที่ 14.2 ก) เป็นโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E – MOSFET แบบ N – Channel จะเห็นได้ว่าโครงสร้างบริเวณขั้วหรือขาเกต จะมีซิลิกอนไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นส่วนที่เป็นโลหะไม่ให้สัมผัสกับเนื้อสารหลัก (P – type substrate) ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณเนื้อสารหลักจะยังไม่มี Channel แต่จะเห็นมีขั้วเดรนกับขั้วซอร์สอยู่ที่ส่วนหัวท้าย ส่วนสัญลักษณ์จะมีลักษณะเป็นเส้นประและส่วนเส้นประที่อยู่กึ่งกลางจะมีหัวลูกศรชี้เข้าหาติดอยู่ สำหรับในรูปที่14.2 ข) นั้น จะเป็นลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E – MOSFET แบบ P – Channel ซึ่งก็จะเห็นได้ว่าโครงสร้างบริเวณขั้วหรือขาเกตจะมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นฉนวนกั้นส่วนที่เป็นโลหะไม่ให้สัมผัสกับเนื้อสารหลัก (N – type substrate) เช่นเดียวกันและจะเห็นว่าบริเวณเนื้อสารหลักจะยังไม่มี Channel แต่จะเห็นมีขั้วเดรนกับขั้วซอร์สอยู่ที่ส่วนหัวท้าย เช่นเดียวกับ E –MOSFET แบบ N – Channel ในส่วนสัญลักษณ์ก็จะมีลักษณะเป็นเส้นประและส่วนเส้นประที่อยู่กึ่งกลางจะมีหัวลูกศรชี้ออกด้านนอกติดอยู่

14.3 การไบแอสและคุณลักษณะทางไฟฟ้าของมอสเฟต

14.3.1 การไบแอส D-MOSFET



ก) ไบแอส D-MOSFET แบบ N-Channel



ข) การไบแอส D-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.3 การไบแอส D-MOSFET

พิจารณาการไบแอส D – MOSFET ในรูปที่ 14.3 ก) ในกรณีที่ทำการจ่ายค่าแรงดัน V_{DD} ที่ค่า ๆ หนึ่ง แล้วให้ V_{GS} = 0 ขณะนี้จะมีกระแสเดรน (I_D) ไหลผ่านจาก D ไป S ได้ เนื่องจากขั้ว D และขั้ว S ต่างเป็นสารชนิด N ทั้งหมดจึงเสมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่งกระแสจึงไหลจาก D ไป S ได้

ถ้าปรับเพิ่ม V_{GS} ให้มีค่าเป็นบวกมากกว่าศูนย์ N Channel จะขยายกว้างมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะมีจำนวนมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดกับอิเล็กตรอนที่กระจัดกระจายอยู่ใน P – type substrate ให้เคลื่อนที่มารวมตัวกันที่ Channel ดังนั้น Channel จึงกว้างขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้า I_D ไหลได้สะดวกและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นลบเพิ่มมากขึ้น N Channel จะแคบลงจนถึงขั้นไม่มี Channel เลย เนื่องจากสนามไฟฟ้าลบที่แผ่นโลหะ มีอำนาจในการผลักดันกับอิเล็กตรอนตรงบริเวณ Channel ทำให้ Channel เกิดเป็นพื้นที่ว่างหรือทิ้งโฮล (Hole) ไว้ Channel จึงแปรสภาพ เข้าสู่ลักษณะของสารชนิด P และไปขวางทางเดินของกระแส I_D

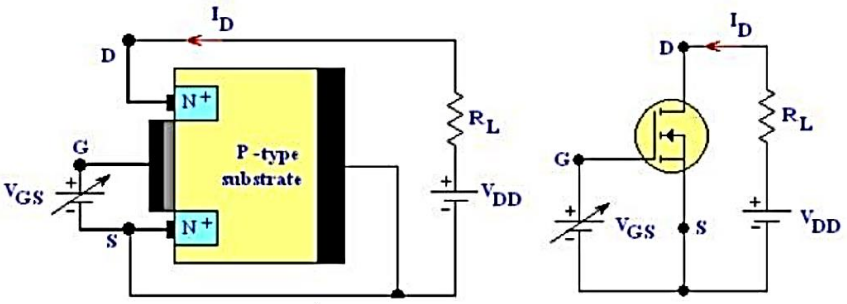
พิจารณาการไบแอส D – MOSFET ในรูปที่ 14.3 ข) ในกรณีที่ทำการจ่ายค่าแรงดัน V_{DD} ที่ค่า ๆ หนึ่ง แล้วให้ V_{GS} = 0 ขณะนี้จะมีกระแสเดรน (I_D) ไหลผ่านจาก S ไป D ได้ เนื่องจากขั้ว D, Channel และขั้ว S ต่างเป็นสารชนิด P ทั้งหมดจึงเสมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่งกระแสจึงไหลจาก S ไป D ได้

ถ้าปรับเพิ่ม V_{GS} ให้มีค่าเป็นลบมากกว่าศูนย์ P จะขยายกว้างมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก สนามไฟฟ้าลบที่แผ่นโลหะ (Metal) มีจำนวนมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดแรงผลักดันกับอิเล็กตรอนที่กระจัดกระจายอยู่ใน N – type substrate ให้เคลื่อนที่ห่างออกจาก Channel ดังนั้น Channel P จึงกว้างขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้า ID ไหลได้สะดวกและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

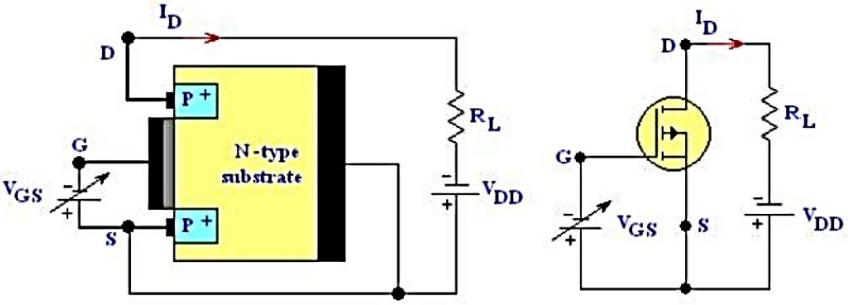
ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นบวกเพิ่มมากขึ้น Channel P จะแคบลงจนถึงขั้นไม่มี Channel เลย เนื่องจากสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะ มีอำนาจในการดึงดูดกับอิเล็กตรอนตรงบริเวณทำให้ Channel เกิดมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนมาก จึงแปรสภาพเข้าสู่ลักษณะของสารชนิด N และไปขวางทางเดินของกระแส I_D

สรุปได้ว่า ดีมอสเฟต สามารถนำกระแสได้โดยการควบคุมการไบแอสที่ขาเกต และแรงดันที่ขาเกตที่ทำให้เกิดการไหลของกระแส I_D สามารถเป็นได้ทั้งแรงดันบวกและลบในส่วนของดีมอสเฟตแบบ P – Channel ก็จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับแบบ N – Channel ต่างกันเพียงขั้วของแหล่งจ่าย V_{GS} จะมีลักษณะตรงข้ามกัน

14.3.2 การไบแอส E-MOSFET



ก) การไบแอส E-MOSFET แบบ N-Channel

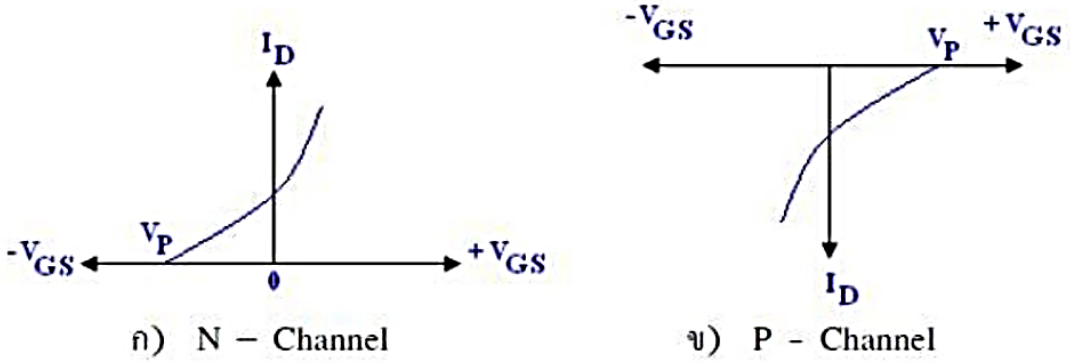


ข) การไบแอส E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.4 การไบแอส E-MOSFET

การพิจารณาการไบแอส E-MOSFET ในรูปที่ 14.4 ก) ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_{DD} ที่ค่าๆ หนึ่ง แล้วให้ V_{GS} = 0 ขณะนี้ จะไม่มีกระแส I_D ไหลผ่านจากขา D ไปยัง S เนื่องจากบริเวณ Channel ยังเป็นสารชนิด P อยู่ จึงเสมือนรอยต่อได้รับไบแอสกลับ

ถ้าทำการปรับเพิ่มค่า V_{GS} ให้มีค่าเป็นบวกมากขึ้น จะเห็นว่าสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะจะมีอำนาจดึงดูดอิเล็กตรอนที่กระจัดกระจายอยู่ในสารกึ่งตัวนำหลัก P ให้มารวมตัวกันอยู่บริเวณติดกับฉนวนซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) กลายเป็นสะพานเชื่อมทางเดินให้กับกระแส I_D ไหลผ่านจากขา D ไปยัง S ได้ นั่นคือบริเวณติดกับฉนวนจะเกิด Channel N ขึ้น จากการไบแอสที่เกตนั่นเอง แต่ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นบวกมากๆ ก็จะทำให้ Channel มีพื้นที่มากขึ้น I_D ก็จะมากตามไปด้วย แต่ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นลบจะไม่เกิด Channel เลย เพราะอิเล็กตรอน บริเวณที่ติดกับฉนวนจะยิ่งถูกผลักให้ห่างออกไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า E-MOSFET แบบ N-Channel จะเกิดการไหลของ I_D ได้ก็ต่อเมื่อทำการไบแอสเกตด้วยไฟบวก และในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณารูปที่ 14.4 ข) E-MOSFET แบบ P-Channel จะมีหลักการเช่นเดียวกับ E-MOSFET แบบ N-Channel เพียงแต่ต้องไบแอสเกตด้วยแรงดันไฟลบ จึงจะทำให้เกิดกระแส I_D ไหลผ่านวงจรได้ เพราะอำนาจไฟฟ้าลบจากขั้วลบของแหล่งจ่าย จะไปผลักดันอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้ขั้วเกตให้ห่างออกไป ทำให้มีพื้นที่ว่างมากขึ้น ซึ่งเสมือนเป็นพื้นที่ของ P จึงเกิดเป็น Channel P ขึ้นมาเชื่อมต่อทางเดินกระแส I_D ให้สามารถไหลผ่านในวงจรได้

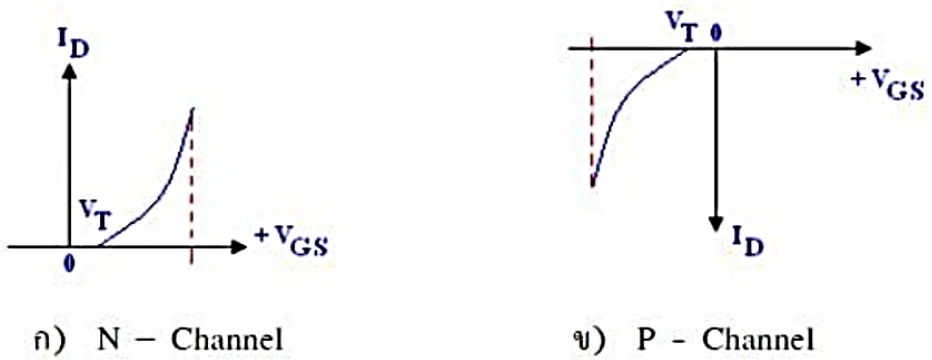


รูปที่ 14.5 กราฟการนำกระแสของ D-MOSFET แบบ N-Channel และแบบ P-Channel

จากรูปที่ 14.5 ก) เมื่อเรานำการไบแอส D-MOSFET แบบ N- มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่า จุดเริ่มนำกระแสของ D-MOSFET แบบ N- Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ แต่เมื่อทำการลดค่าแรงดันเป็นลบของ V_{GS} ให้น้อยลงและเพิ่มค่าแรงดัน V_{GS} ให้เป็นบวกมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงจุดพิกัดที่มันทนได้ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า D-MOSFET แบบ N-Channel สามารถนำกระแสได้ตั้งแต่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ ไปจนถึงค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก

ส่วนในรูปที่ 14.5 ข) นั้น เมื่อนำการไบแอส D-MOSFET แบบ P-Channel มาทำการเขียนกราฟก็จะเห็นว่า จุดเริ่มนำกระแสของ D-MOSFET แบบ P-Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก แต่เมื่อทำการลดค่าแรงดันเป็นบวกของ V_{GS} ให้น้อยลงและเพิ่มค่าแรงดัน V_{GS} ให้เป็นลบมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึงจุดพิกัดที่มันทนได้ที่ค่าหนึ่งเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า D-MOSFET แบบ P-Channel สามารถนำกระแสได้ตั้งแต่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก ไปจนถึงค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ

หมายเหตุ V_P : Pinch off voltage ที่ทำให้ I_D = 0



รูปที่ 14.6 กราฟการนำกระแสของ E-MOSFET แบบ N-Channel และแบบ P-Channel

จากรูปที่ 14.6 ก) เมื่อนำการไบแอส E – MOSFET แบบ N – มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่าจุดเริ่มนำกระแสของ E–MOSFET แบบ N– จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวกเพียงอย่างเดียว และเมื่อทำการเพิ่มค่าของแรงดัน V_{GS} ให้เป็นบวกมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิกัดที่มันทนได้ ดังนั้นเราจึงอาจกล่าวได้ว่า E – MOSFET แบบ N – Channel สามารถนำกระแสได้ที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวกเท่านั้น

ต่อไปเมื่อทำการพิจารณารูปที่ 14.6 ข) เมื่อนำการไบแอส E – MOSFET แบบ P – Channel มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่าจุดเริ่มนำกระแสของ E–MOSFET แบบ P– จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบเพียงอย่างเดียว และเมื่อทำการเพิ่มค่าของแรงดัน V_{GS} ให้เป็นลบมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิกัดที่มันทนได้ ดังนั้นเราจึงอาจกล่าวได้ว่า E – MOSFET แบบ P – Channel สามารถนำกระแสได้ที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบเท่านั้น

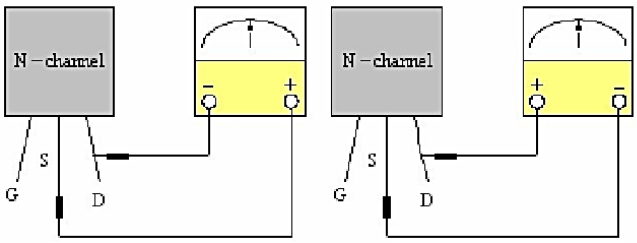
หมายเหตุ VT : Threshold voltage คือค่าแรงดันที่ทำให้ E – MOSFET เริ่มนำกระแส โดยทั่วไปมีค่าที่ประมาณ + 3.6 V สำหรับ E – MOSFET แบบ N – Channel และ -3.6 V สำหรับ E – MOSFET แบบ P – Channel

14.4 การตรวจสอบมอสเฟต

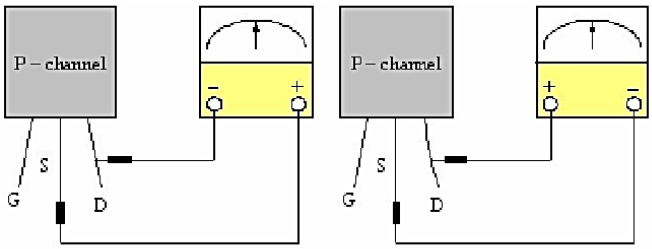
การตรวจสอบหาขาต่าง ๆ ของมอสเฟต (ทั้งกรณีทราบตำแหน่งขาและไม่ทราบตำแหน่ง)

1) ตั้งมิเตอร์ที่ย่าน R X 10

2) วัดความต้านทานระว่าง D กับ S โดยสลับขั้วของมิเตอร์ 2 ครั้ง จะได้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง ดังรูปที่ 14.7



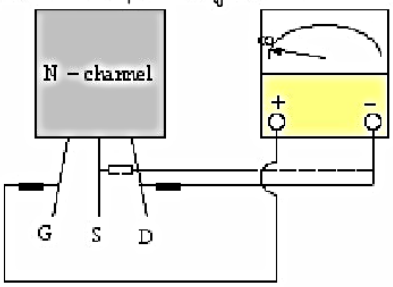
ก) กรณีวัดความต้านทานระหว่าง D กับ S ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ N-Channel



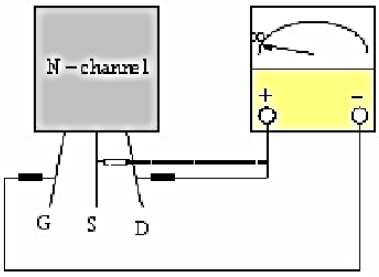
ข) กรณีวัดความต้านทานระหว่าง D กับ S ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.7 การวัดขา D กับ S ของเจเฟต N-Channel และ P-Channel

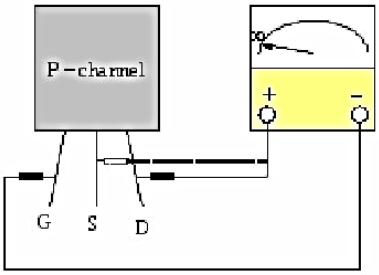
3) วัดหาขา G โดยถ้าทำการวัดความต้านทานที่ G กับ S และ G กับ D อย่างละ 2 ครั้ง โดยสลับขั้วของมิเตอร์ จะได้ค่าความต้านทานสูงทุกครั้ง ละเท่า ๆ กัน ดังรูปที่ 14.8



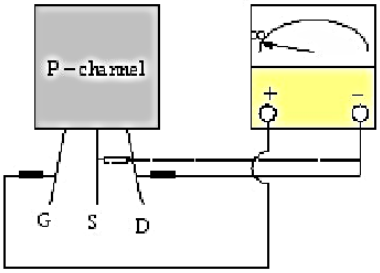
ก) กรณี N-Channel ขั้ว+อยู่ที่ขา G และขั้ว – อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้ค่าความต้านทานสูง



ข) กรณี N – ขั้ว - อยู่ที่ขา G และขั้ว + อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้ค่าความต้านทานสูง



ค) กรณี P– ขั้ว - อยู่ที่ขา G และขั้ว + อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้ค่าความต้านทานสูง



ง) กรณี P– ขั้ว + อยู่ที่ขา G และ ขั้ว - อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้ค่าความต้านทาน สูง

รูปที่ 14.8 การวัดหาขา G ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ N-Channel และ P-Channel

จากการวัดหาตำแหน่งขั้วหรือขาต่าง ๆ ของมอสเฟตทั้งชนิด D–MOSFET และ E–MOSFET ที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า ขั้วหรือขาคู่ใดก็ตามที่ทำการวัดค่าความต้านทานและสามารถอ่านค่าความต้านทานได้ค่าหนึ่ง เมื่อทำการสลับปลายสายวัดแล้วยังคงอ่านค่าความต้านทานได้เท่ากันแสดงว่าขั้วหรือขาคู่นั้นคือขา D กับ S ส่วนขั้วหรือขาที่ทำการวัดเทียบกับขา D กับ S แล้วอ่านได้ค่าของความต้านทานสูงตลอดนั้น คือขา G นั่นเอง

หมายเหตุ ขา D กับ S อาจจำเป็นต้องทำการเปิดคู่มือเฟต เพื่อดูว่ามอสเฟตเบอร์ใดมีขาต่าง ๆ อยู่ ณ ที่ ตำแหน่งใดบ้าง และเป็นชนิด D–MOSFET หรือ E–MOSFET เนื่องจากว่าขา D กับ S จะวัดความต้านทานได้เท่ากัน 2 ครั้ง ดังนั้นมอสเฟตบางเบอร์จะใช้ ขา D กับ S สลับแทนกันได้ แต่สำหรับมอสเฟตบางเบอร์จะไม่สามารถใช้แทนกันได้ตามลักษณะโครงสร้างของมอสเฟตเบอร์นั้นๆ

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5

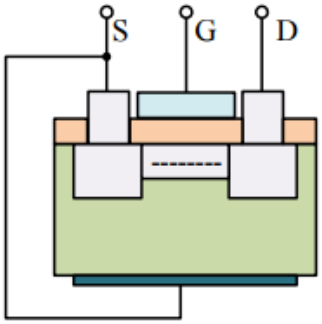
มอสเฟต

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. มอสเฟต แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ D-MOSFET และ E-MOSFET และยังแบ่งออกได้กี่ชนิด

ก. 5 ชนิด ข. 3 ชนิด ค. 2 ชนิด ง. 4 ชนิด

2. จากรูปเป็นโครงสร้างของมอสเฟตแบบใด



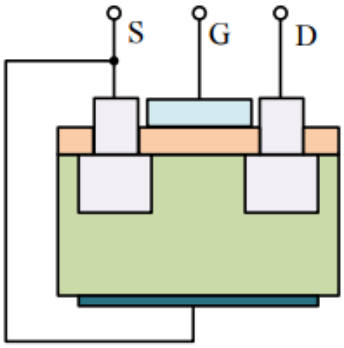
ก. D-MOSFETชนิด N-Channel

ข. D-MOSFETชนิด P-Channel

ค. E-MOSFETชนิด N-Channel

ง. E-MOSFET ชนิด P-Channel

3. จากรูปเป็นโครงสร้างของมอสเฟตชนิดใด



ก. D-MOSFETชนิด N-Channel

ข. D-MOSFET ชนิด P-Channel

ค. E-MOSFETชนิด N-Channel

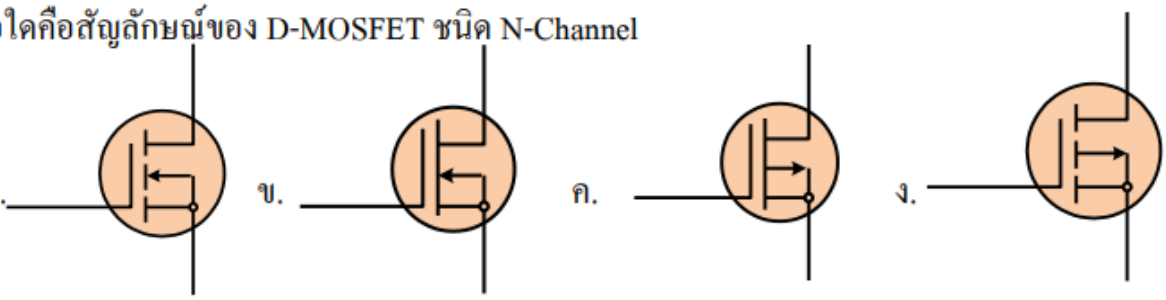
ง. E-MOSFETชนิด P-Channel

4. ใช้อุปกรณ์ประกอบวงจรน้อย เป็นลักษณะการจัดไบแอสแบบใด

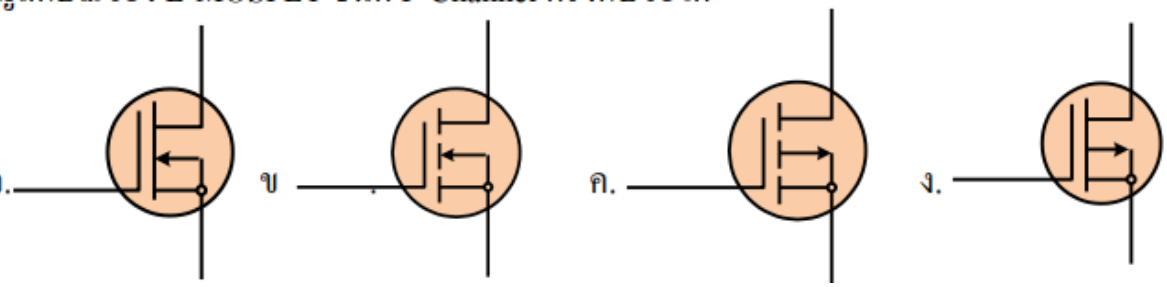
ก. ไบแอสคงที่ ข. ไบแอสตัวเอง

ค. ไบแอสแบ่งแรงดัน ง. ไบแอสผสม

5. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของ D-MOSFET ชนิด N-Channel

ก. 

6. สัญลักษณ์ของ E-MOSFET ชนิด P-Channel ตรงกับข้อใด

ก. 

7. การจ่ายไบแอสเบื้องต้นให้ E-MOSFET ชนิด P-Channel ข้อใดถูกต้อง

ก. ลบขา G เทียบกับขา S, ลบขา S และบวกขา D

ข. ลบขา G เทียบกับขา S, บวกขา S และลบขา D

ค. บวกขา G เทียบกับขา S, บวกขา S และลบขา D

ง. บวกขา G เทียบกับขา S, ลบขา S และบวกขา D

8. ค่ากระแส I_{DSS} ในกราฟคุณสมบัติของ D-MOSFET คืออะไร

ก. กระแสต่ำที่ไหลระหว่างขา D และขา S เมื่อ V_{GS} เป็ 0 V

ข. กระแสอิ่มตัวที่ไหลระหว่างขา D และขา S เมื่อ V_{GS} เป็ 0 V

ค. กระแสไบแอสที่จ่ายที่ทำให้เกิดกระแสไหลระหว่างขา D และขา S ตลอดเวลา

ง. กระแสที่ไหลระหว่างขา D และขา S ในสภาวะที่มีการปรับเปลี่ยน V_{GS}

9. การจัดวงจรไบแอสคงที่ของมอสเฟต ข้อใดกล่าวถูกต้อง

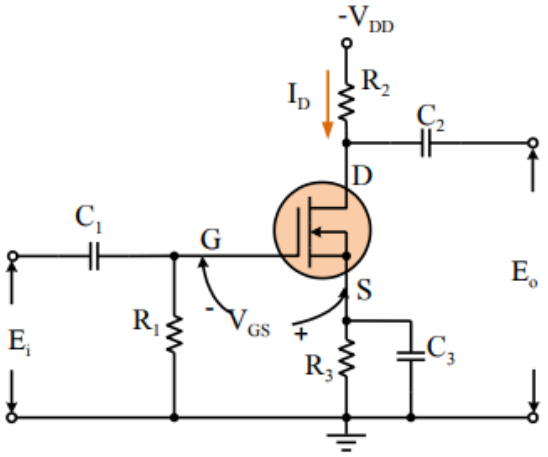
ก. จัดแรงดันไบแอสให้ทั้งวงจรคงที่

ข. จัดให้เกิดกระแสเดรนไหลในวงจรคงที่

ค. จัดแรงดันไบแอสให้ขาเกตและขาซอร์สคงที่

ง. จัดแรงดันไบแอสให้ขาเดรนและขาซอร์สคงที่

10. จากรูปเป็นการจัดไบแอสแบบใด



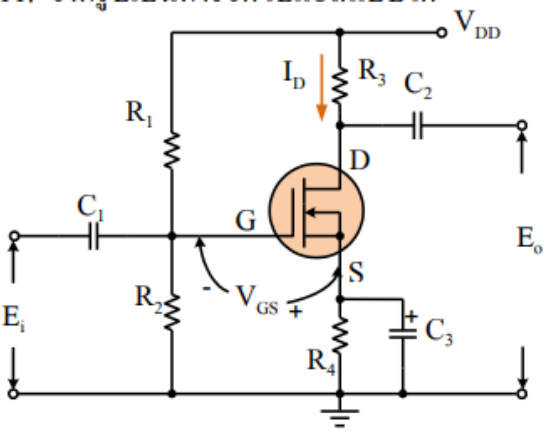
ก. ไบแอสคงที่

ข. ไบแอสตัวเอง

ค. ไบแอสแบ่งแรงดัน

ง. ไบแอสแบบผสม

11. จากรูปเป็นการจัดไบแอสแบบใด



ก. ไบแอสคงที่

ข. ไบแอสตัวเอง

ค. ไบแอสแบ่งแรงดัน

ง. ไบแอสแบบผสม

12. จากคู่มือผู้ผลิตมอสเฟตเบอร์ EC-10N16/20 ระบุค่า BV_{DS} เท่ากับ 160 V มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. ค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่เกต – ซอร์สต่ำสุด 160 V

ข. ค่าแรงดันเกต – ซอร์สคัตออฟสูงสุด 160 V

ค. ค่าแรงดันเบรกดาวน์ที่เดรน – ซอร์สต่ำสุด 160 V

ง. ค่าแรงดันเดรน – ซอร์ส 160 V

13. การนำ D-MOSFET ไปทำเป็นวงจรสวิตช์ ต้องจ่ายไบแอสอย่างไร

ก. จ่ายไบแอสตรงให้ขา S จ่ายไบแอสกลับให้กับขา D กับขา G เทียบกับขา S

ข. จ่ายไบแอสกลับให้ขา S จ่ายไบแอสตรงให้กับขา D กับขา G เทียบกับขา S

ค. จ่ายไบแอสตรงให้ขา S จ่ายไบแอสตรงให้กับขา D กับขา G เทียบกับขา S

ง. จ่ายไบแอสกลับให้ขา S จ่ายไบแอสกลับให้กับขา D กับ G เทียบกับขา S

14. การนำมอสเฟตไปใช้ในวงจรขยายสัญญาณเสียง มักจะใช้มอสเฟตในภาคใด

ก. ภาคขับกำลัง ข. ภาคขยายกำลัง

ค. ภาคจ่ายไฟ ง. ภาคปรีแอมป์

15. การวัดทดสอบ D-MOSFET ด้วยโอห์มมิเตอร์ระหว่างขา D กับขา S และขา S กับขา D โดยการสลับสายวัด ถ้า D-MOSFET ปกติดี ผลการวัดจะตรงกับข้อใด

ก. 0 Ω ข. 500 kΩ ค. เท่ากัน ง. ∞

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 5

มอสเฟต

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ค	9	ข
2	ก	10	ข
3	ค	11	ค
4	ก	12	ค
5	ข	13	ก
6	ค	14	ข
7	ค	15	ค
8	ข		

	ใบงาน ที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ มอสเฟต	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน มอสเฟต		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานมอสเฟต วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับมอสเฟต

3.2 เลือกใช้มอสเฟตได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดมอสเฟตเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟต

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบมอสเฟตด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของมอสเฟตได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

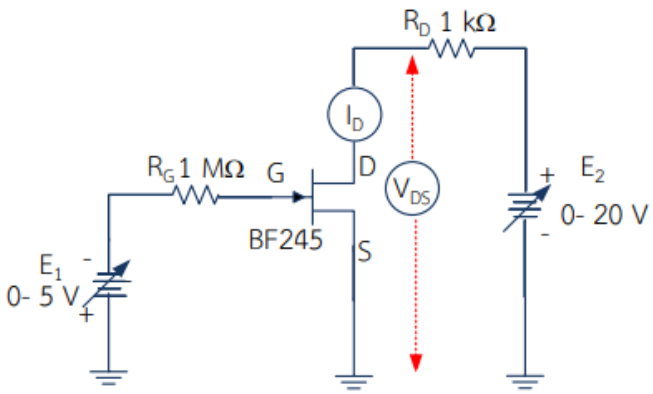
5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ 0-30 V 3 A 2 เครื่อง
3 ตัวตานทานคาคงที่ 1 MΩ, 1 kΩ, 4.7 kΩ, 330 Ω, 560 Ω3.6 kΩ, 5.6 kΩ, 10 kΩ อย่างละ 1 ตัว
4. เจเฟต เบอร์ BF245 1 ตัว
5. แผงประกอบวงจรและสายตอวงจร 1 ชุด

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

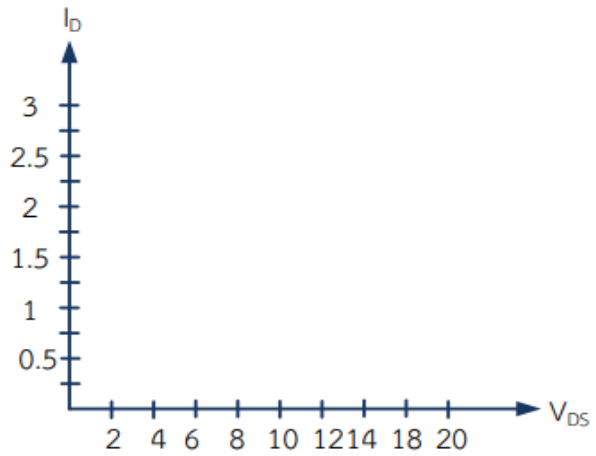


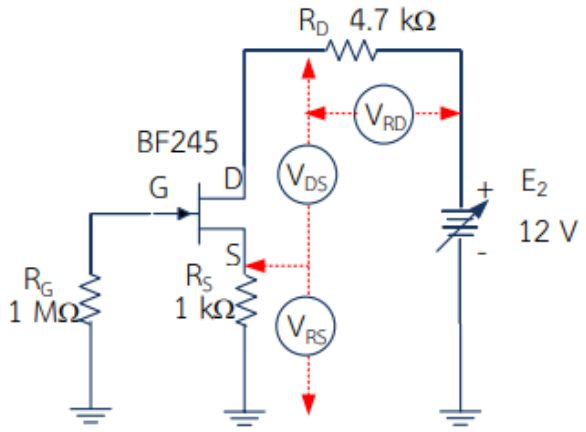
2. ปรับแหล่งจ่ายแรงดัน E_1 และ E_2 ให้ได้ค่า V_{GS} ตามตารางที่ 6.1.1 จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแส I_D บันทึกค่ากระแส I_D ลงในตารางที่ 6.1.1

ตารางที่ 6.1.1 บันทึกผลการทดลองข้อ 2

$E_1(V_G)$	V_{DS} (Voltage) โดยการปรับ E_2											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	I_D
-1.5												mA
-1												mA
-0.5												mA
0												mA

3. นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 6.1.1 มาเขียนกราฟลักษณะสมบัติของเฟตที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของ I_D, V_{DS} ที่ V_G ค่าต่างๆ ลงในรูปที่ 6.1.2





รูปที่ 6.1.3 แสดงการต่อวงจรข้อ 4

5. เปลี่ยนค่า R_S ตามตารางที่ 6.1.2 โดยให้ R_D คงที่ 4.7 kΩ จากนั้นบันทึกค่าของ V_{RS}, I_D, V_{DS}, V_{RD} ลงในตารางที่ 6.1.2

ตารางที่ 6.1.2 บันทึกผลการทดลองข้อ 5

R_S (Ω)	I_D (mA)	V_{RS} (V)	V_{DS} (V)	V_{RD} (V)
0				
330				
560				
1 k				
3.6 k				
5.6 k				
10 k				

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

……

……

……

……

……

9. **การประเมินผล**

……

……

……

……

……

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

……

……

……

……

……

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไทริสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ไทริสเตอร์		ปฏิบัติ 4 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไทริสเตอร์วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไทริสเตอร์

3.2 เลือกใช้ไทริสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไทริสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

5.2 ไทริสเตอร์ในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 6

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของไทริสเตอร์

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของไทริสเตอร์และสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์ โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไทริสเตอร์และสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง ไทริสเตอร์ในอุดมคติ และมอสเฟตในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับมอสเฟตและการแปลความหมายไทริสเตอร์

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 6

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 6

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 6 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างไทริสเตอร์การทำงานของไทริสเตอร์ ลักษณะสมบัติของไทริสเตอร์ การตรวจสอบไทริสเตอร์ ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 6 เรื่อง ไทริสเตอร์

7.2 ของจริง มอสเฟตแบบต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ ไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของไทริสเตอร์ได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์เฟต
3. แก้ไขตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของไทริสเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของไทริสเตอร์ได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไทริสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง ไทริสเตอร์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไทริสเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไทริสเตอร์

3.2 เลือกใช้ไทริสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไทริสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

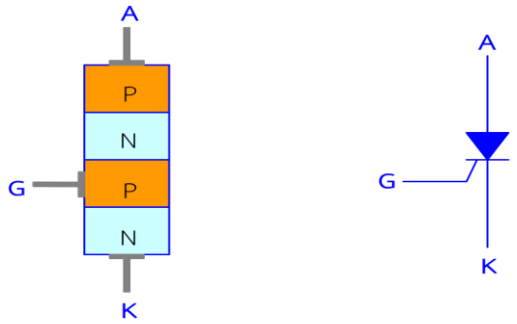
4.5 แก้ปัญหาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

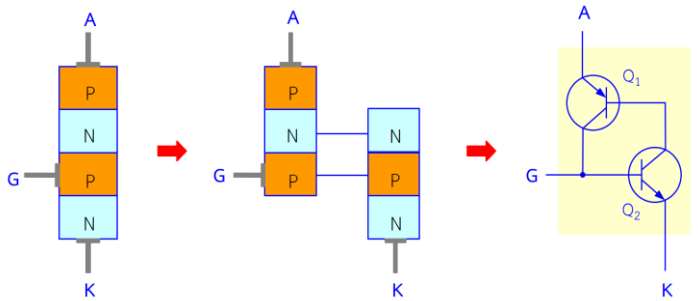
1. เอสซีอาร์

1.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของเอสซีอาร์



(ก) โครงสร้างของเอสซีอาร์ (ข) สัญลักษณ์ของเอสซีอาร์

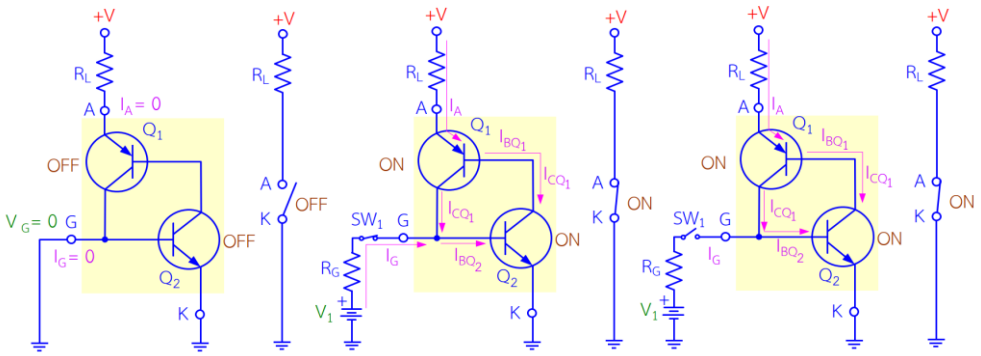
แบบจำลองเอสซีอาร์ด้วยทรานซิสเตอร์



(ก) โครงสร้างของเอสซีอาร์ (ข) แยกโครงสร้างออกเป็น 2 ชุด (ค) วงจรเสมือนของเอสซีอาร์

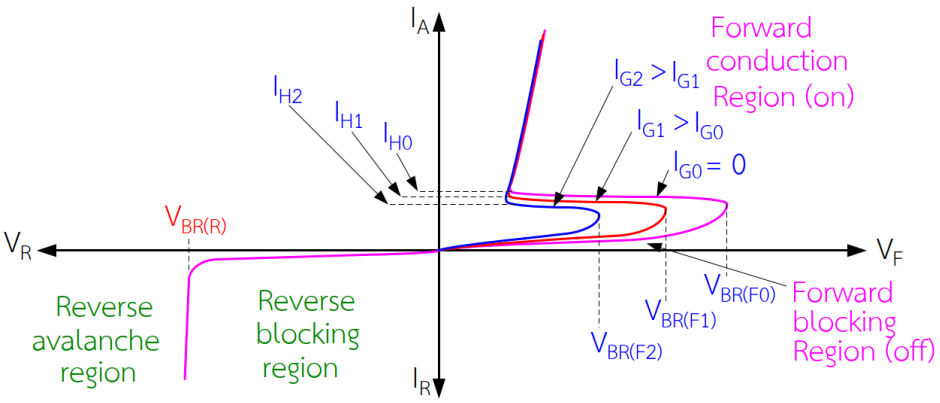
1.2 การทำงานของเอสซีอาร์

1.2.1 การทำให้เอสซีอาร์นำกระแส

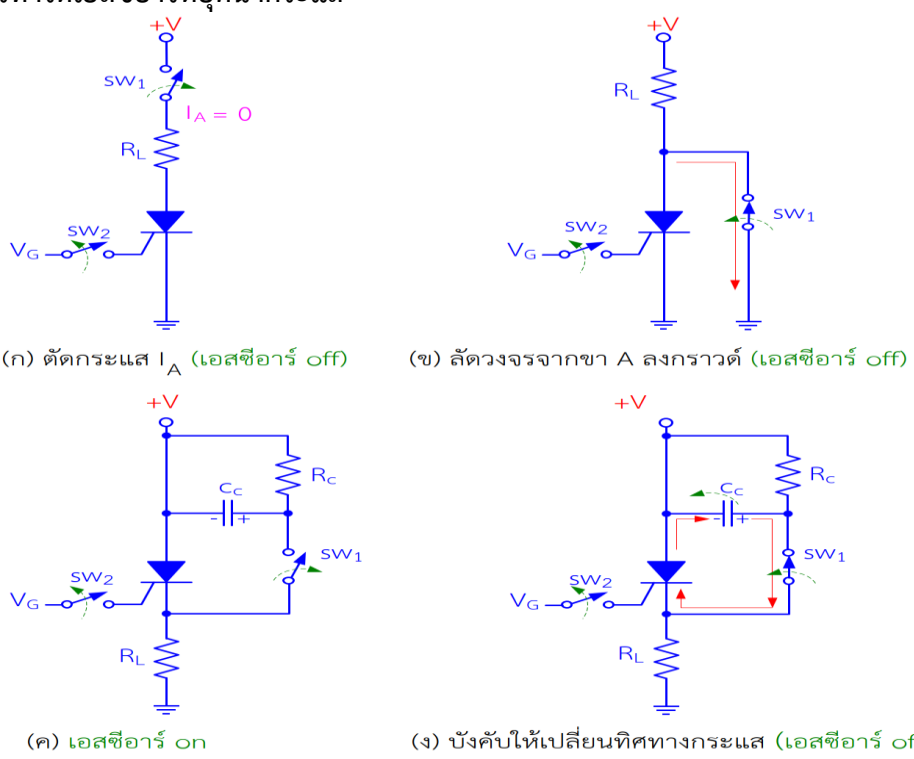


(ก) VG = 0 เอสซีอาร์ไม่นำกระแส (ข) VG เป็นไฟฟ้าบวกเอสซีอาร์นำกระแส (ค) ตัดไฟฟ้าที่ต่อขา G เอสซีอาร์ยังกระแสต่อไป

กราฟลักษณะเฉพาะของเอสซีอาร์



1.2.2 การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส



(ก) ตัดกระแส I_A (เอสซีอาร์ off)

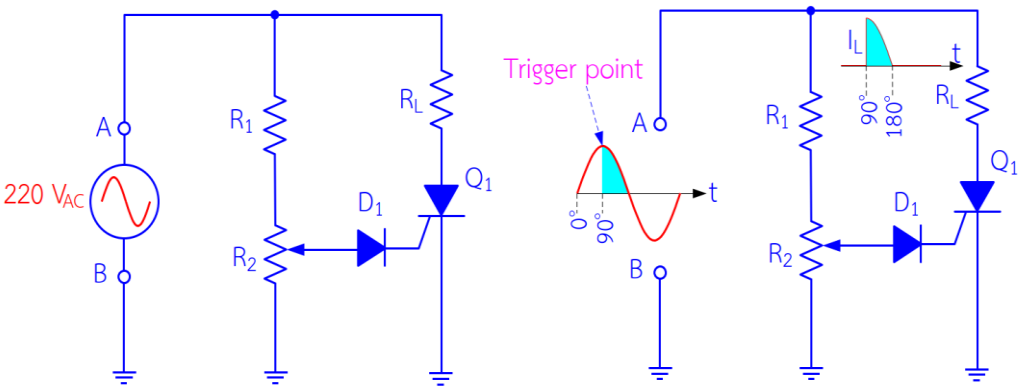
(ข) ลัดวงจรจากขา A ลงกราวด์ (เอสซีอาร์ off)

(ค) เอสซีอาร์ on

(ง) บังคับให้เปลี่ยนทิศทางกระแส (เอสซีอาร์ off)

1.3 การประยุกต์ใช้งานเอสซีอาร์

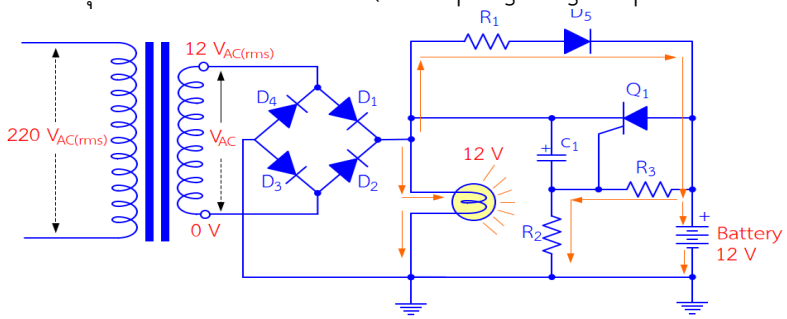
1.3.1 การควบคุมกำลังไฟฟ้าครึ่งคลื่น (Halfwave power control)



(ก) ลักษณะวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าครึ่งคลื่น

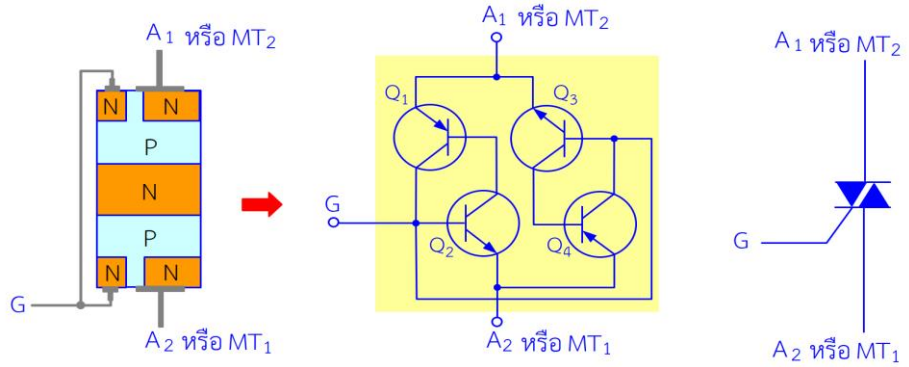
(ข) ตำแหน่งจุดชนวนของวงจรควบคุมกำลังไฟฟ้าครึ่งคลื่น

1.3.2 การควบคุมแสงสว่างกรณีไฟฟ้าดับ (Backup Lighting for power Interruption)



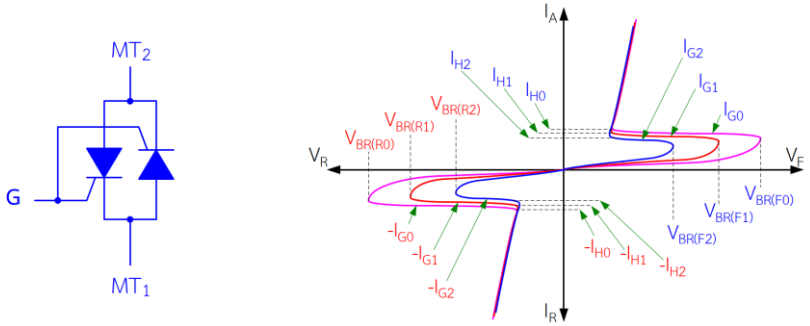
2. ไตรแอก

2.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไตรแอก



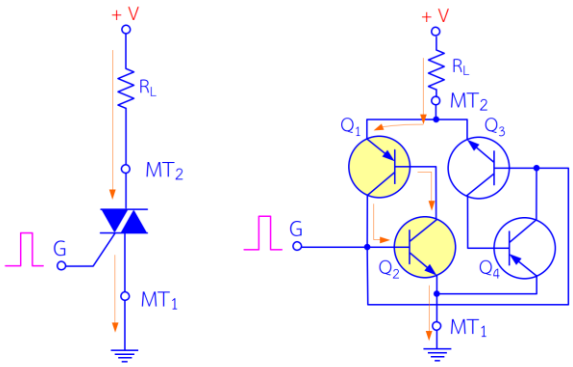
(ก) โครงสร้างภายในของไตรเอก (ข) วงจรสมมูลของไตรแอก (ค) สัญลักษณ์ของไตรแอก

2.2 คุณลักษณ์ทางไฟฟ้าไตรแอก (Triac characteristic curve)



(ก) ไตรแอกเมื่อเขียนในรูปเอสซีอาร์ (ข) คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไตรแอก

2.3 การทำงานของไตรแอก



(ก) วงจรการไบอัสไตรแอก (ข) การทำงานของไตรแอกในวงจรสมมูล

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 6
ไทริสเตอร์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย **x** ในข้อที่คิดว่าผิด

x 1. อุปกรณ์ไทริสเตอร์มีโครงสร้างสาร PN ต่อกันตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป

x 2. เอสซีอาร์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับได้เต็มคลื่น

✓ 3. ไตรแอกสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับได้เต็มคลื่น

x 4. ไดแอกไม่นับว่าเป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์

x 5. หากนำเอสซีอาร์มาใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้สัญญาณจุดชนวนที่ขาเกต จนทำให้เอสซีอาร์นำกระแส หลังจากนั้นหากนำสัญญาณที่ใช้จุดชนวนที่ขาเกตออกจากวงจร จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

x 6. ไดแอกที่มีแถบสีแดง มีค่า VBO ตั้งแต่ 30-40 V

✓ 7. เอสซีเอสมีขาเพื่อต่อใช้งาน 4 ขา

✓ 8. เอสซีเอสสามารถใช้แทนเอสซีอาร์ได้

✓ 9. ยูเจทีนับเป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์

✓ 10. ยูเจทีใช้สำหรับผลิตสัญญาณที่ใช้ในการจุดชนวนให้กับอุปกรณ์ไทริสเตอร์อื่น ๆ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. โครงสร้างของเอสซีอาร์ ประกอบด้วยรอยต่อ PN ดังนี้

P-N-P-N

2. เอสซีอาร์ ย่อมาจาก

Silicon Control Switch

3. ไดแอก แตกต่างจากไดโอดอย่างไร

ไดแอกนำกระแสได้ 2 ทิศทาง แรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 28 V ถึง 70 V แต่ไดโอดนำกระแสได้ทิศทางเดียว

4. เอสซีอาร์ แตกต่างกับเอสซีเอสอย่างไร **SCR มีขาเกต 1 ขา ส่วน SCS มีขาเกต 2 ขา**

5.โครงสร้างภายในของเอสซีอาร์ ประกอบด้วยสาร PN จำนวน **4** ชั้น

6. โครงสร้างภายในของไดแอก ประกอบด้วยสาร PN จำนวน **4** ชั้น

7. อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในวงจรจุดชนวนของไตรแอก คือ **Diac**

8. การใช้แอนะล็อกมัลติมิเตอร์ตั้งวัดค่าความต้านทานแล้วนำไปตรวจสอบไตรแอกดีหรือเสีย จำนวน 6 ครั้ง (3 คู่) หากไตรแอกดี เข็มมิเตอร์จะขึ้นจำนวน **2** ครั้ง

9. การใช้แอนะล็อกมัลติมิเตอร์ตั้งวัดค่าความต้านทาน R x 10 แล้วนำไปตรวจสอบไดแอกว่าดีหรือเสีย หากพบว่าเมื่อนำไปวัดความต้านทานของไดแอก เข็มมิเตอร์ขึ้นสุด กลับขั้วมิเตอร์แล้วเข็มมิเตอร์ยังขึ้นสุด แสดงว่าไดแอกตัวนี้เป็นอย่างไร

เสีย หรือ ชำรุด

10. ถ้าหากค่าแรงดัน VAK มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย แสดงว่าเอสซีอาร์เป็นอย่างไร

ไม่ทำงาน หรือ ชำรุด

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 6

ไทริสเตอร์

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย **x** ในข้อที่คิดว่าผิด

x 1. อุปกรณ์ไทริสเตอร์มีโครงสร้างสาร PN ต่อกันตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป

x 2. เอสซีอาร์สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับได้เต็มคลื่น

✓ 3. ไตรแอกสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสสลับได้เต็มคลื่น

x 4. ไดแอกไม่นับว่าเป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์

x 5. หากนำเอสซีอาร์มาใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้สัญญาณจุดชนวนที่ขาเกต จนทำให้เอสซีอาร์นำกระแส หลังจากนั้นหากนำสัญญาณที่ใช้จุดชนวนที่ขาเกตออกจากวงจร จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

x 6. ไดแอกที่มีแถบสีแดง มีค่า VBO ตั้งแต่ 30-40 V

✓ 7. เอสซีเอสมีขาเพื่อต่อใช้งาน 4 ขา

✓ 8. เอสซีเอสสามารถใช้แทนเอสซีอาร์ได้

✓ 9. ยูเจทีนับเป็นอุปกรณ์ไทริสเตอร์

✓ 10. ยูเจทีใช้สำหรับผลิตสัญญาณที่ใช้ในการจุดชนวนให้กับอุปกรณ์ไทริสเตอร์อื่น ๆ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. โครงสร้างของเอสซีอาร์ ประกอบด้วยรอยต่อ PN ดังนี้

P-N-P-N

2. เอสซีอาร์ ย่อมาจาก

Silicon Control Switch

3. ไดแอก แตกต่างจากไดโอดอย่างไร

ไดแอกนำกระแสได้ 2 ทิศทาง แรงดันตกคร่อมมีค่าประมาณ 28 V ถึง 70 V แต่ไดโอดนำกระแสได้ทิศทางเดียว

4. เอสซีอาร์ แตกต่างกับเอสซีเอสอย่างไร **SCR มีขาเกต 1 ขา ส่วน SCS มีขาเกต 2 ขา**

5.โครงสร้างภายในของเอสซีอาร์ ประกอบด้วยสาร PN จำนวน **4** ชั้น

6. โครงสร้างภายในของไดแอก ประกอบด้วยสาร PN จำนวน **4** ชั้น

7. อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในวงจรจุดชนวนของไตรแอก คือ **Diac**

8. การใช้แอนะล็อกมัลติมิเตอร์ตั้งวัดค่าความต้านทานแล้วนำไปตรวจสอบไตรแอกดีหรือเสีย จำนวน 6 ครั้ง (3 คู่) หากไตรแอกดี เข็มมิเตอร์จะขึ้นจำนวน **2** ครั้ง

9. การใช้แอนะล็อกมัลติมิเตอร์ตั้งวัดค่าความต้านทาน R x 10 แล้วนำไปตรวจสอบไดแอกว่าดีหรือเสีย หากพบว่าเมื่อนำไปวัดความต้านทานของไดแอก เข็มมิเตอร์ขึ้นสุด กลับขั้วมิเตอร์แล้วเข็มมิเตอร์ยังขึ้นสุด แสดงว่าไดแอกตัวนี้เป็นอย่างไร

เสีย หรือ ชำรุด

10. ถ้าหากค่าแรงดัน VAK มีค่าเท่ากับแหล่งจ่าย แสดงว่าเอสซีอาร์เป็นอย่างไร

ไม่ทำงาน หรือ ชำรุด

	ใบงาน ที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ไทริสเตอร์	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่องาน ไทริสเตอร์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานไทริสเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับไทริสเตอร์

3.2 เลือกใช้ไทริสเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดไทริสเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบไทริสเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของไทริสเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

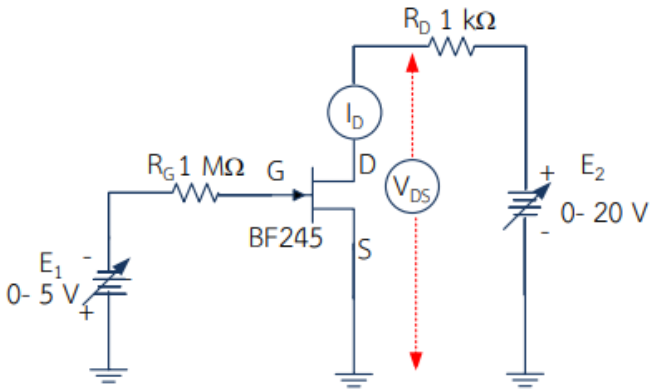
5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ 0-30 V 3 A 2 เครื่อง
3 ตัวตานทานคาคงที่ 1 MΩ, 1 kΩ, 4.7 kΩ, 330 Ω, 560 Ω3.6 kΩ, 5.6 kΩ, 10 kΩ อย่างละ 1 ตัว
4. เจเฟต เบอร์ BF245 1 ตัว
5. แผงประกอบวงจรและสายตอวงจร 1 ชุด

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

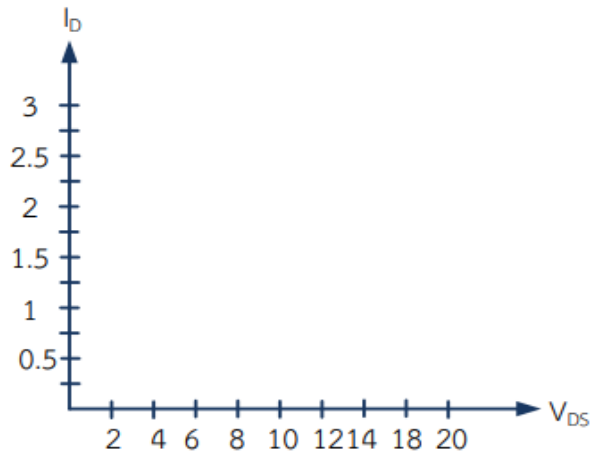


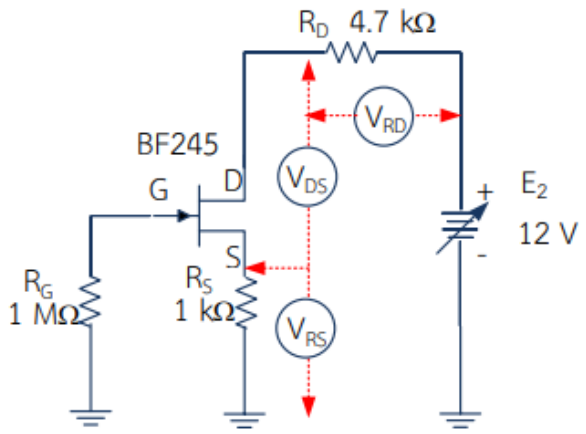
2. ปรับแหล่งจ่ายแรงดัน E_1 และ E_2 ให้ได้ค่า V_{GS} ตามตารางที่ 6.1.1 จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแส I_D บันทึกค่ากระแส I_D ลงในตารางที่ 6.1.1

ตารางที่ 6.1.1 บันทึกผลการทดลองข้อ 2

$E_1(V_G)$	V_{DS} (Voltage) โดยการปรับ E_2											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	I_D
-1.5												mA
-1												mA
-0.5												mA
0												mA

3. นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 6.1.1 มาเขียนกราฟลักษณะสมบัติของเฟตที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของ I_D, V_{DS} ที่ V_G ค่าต่างๆ ลงในรูปที่ 6.1.2





รูปที่ 6.1.3 แสดงการต่อวงจรข้อ 4

5. เปลี่ยนค่า R_S ตามตารางที่ 6.1.2 โดยให้ R_D คงที่ 4.7 kΩ จากนั้นบันทึกค่าของ V_{RS}, I_D, V_{DS}, V_{RD} ลงในตารางที่ 6.1.2

ตารางที่ 6.1.2 บันทึกผลการทดลองข้อ 5

R_S (Ω)	I_D (mA)	V_{RS} (V)	V_{DS} (V)	V_{RD} (V)
0				
330				
560				
1 k				
3.6 k				
5.6 k				
10 k				

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

……

……

……

……

……

9. **การประเมินผล**

……

……

……

……

……

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

……

……

……

……

……

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 7-8
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรขยายสัญญาณ	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน วงจรขยายสัญญาณ		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรขยายสัญญาณวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรขยายสัญญาณ

3.2 เลือกใช้วงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรขยายสัญญาณเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรขยายสัญญาณ

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรขยายสัญญาณ

5.2 วงจรขยายสัญญาณในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 7

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของวงจรขยายสัญญาณ

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของวงจรขยายสัญญาณและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณโดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของวงจรขยายสัญญาณและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณ

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง วงจรขยายสัญญาณในอุดมคติ และวงจรขยายสัญญาณในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับมอสเฟตและการแปลความหมายวงจรขยายสัญญาณ

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 7

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 7

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 7 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างวงจรขยายสัญญาณการทำงานของวงจรขยายสัญญาณ ลักษณะสมบัติของวงจรขยายสัญญาณ การตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 7 เรื่อง วงจรขยายสัญญาณ

7.2 ของจริง วงจรขยายสัญญาณต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์ไทริสเตอร์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ วงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรขยายสัญญาณ
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณ
3. แก้ไขตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 7-8
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรขยายสัญญาณ	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง วงจรขยายสัญญาณ		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรขยายสัญญาณ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรขยายสัญญาณ

3.2 เลือกใช้วงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรขยายสัญญาณเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรขยายสัญญาณ

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

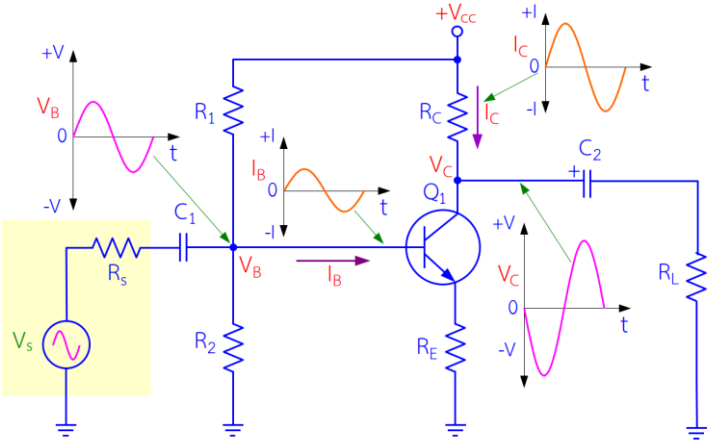
4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

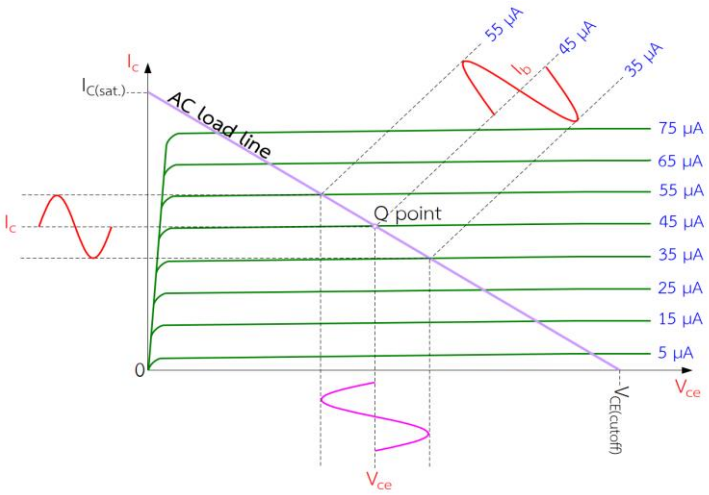
1. หลักการและค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของวงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier circuit) เป็นวงจรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC signal) สัญญาณอินพุตมีขนาดเล็ก ผ่านวงจรขยายแล้วสัญญาณด้านเอาต์พุตมีขนาดโตขึ้น

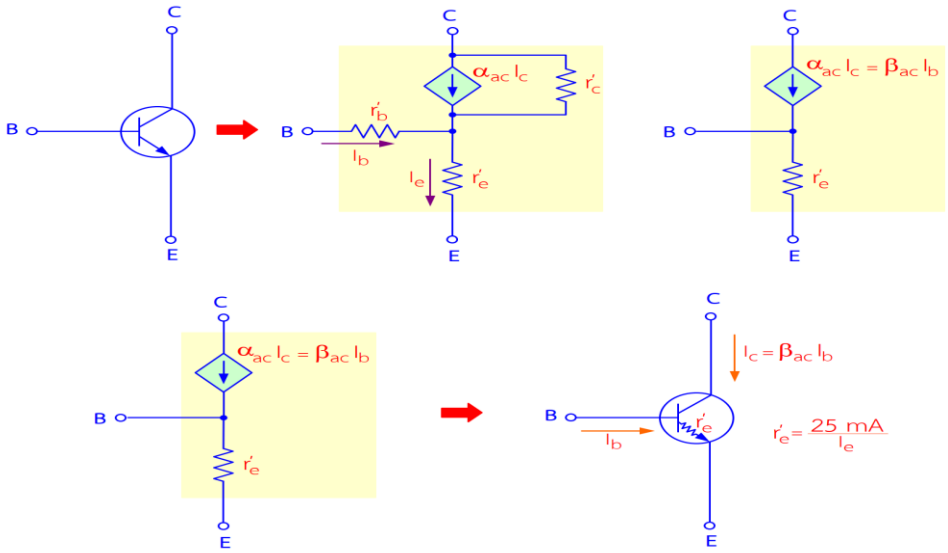
รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าในแบบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรขยายสัญญาณ



กระแส Ib, Ic และแรงดันไฟฟ้า Vce ของทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ

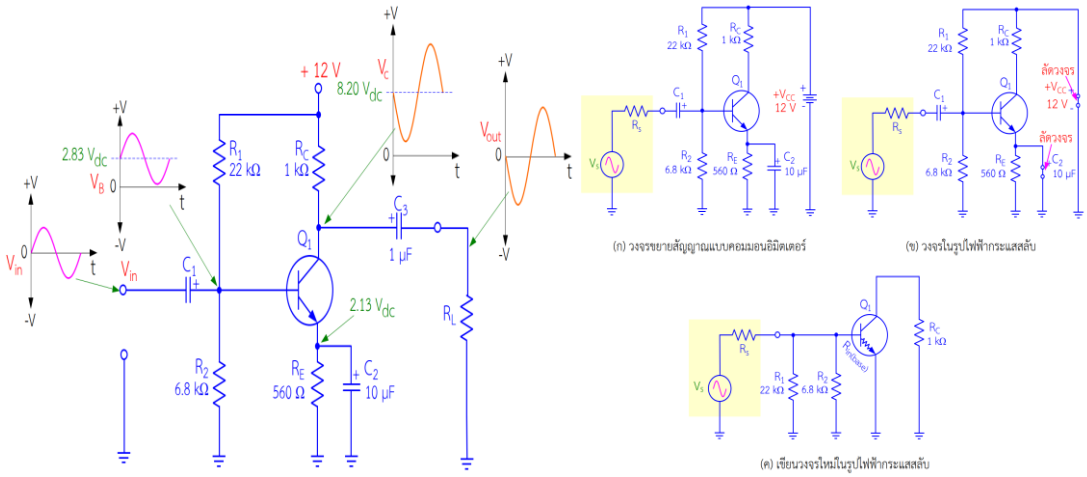


ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของทรานซิสเตอร์เกี่ยวกับวงจรขยายสัญญาณ

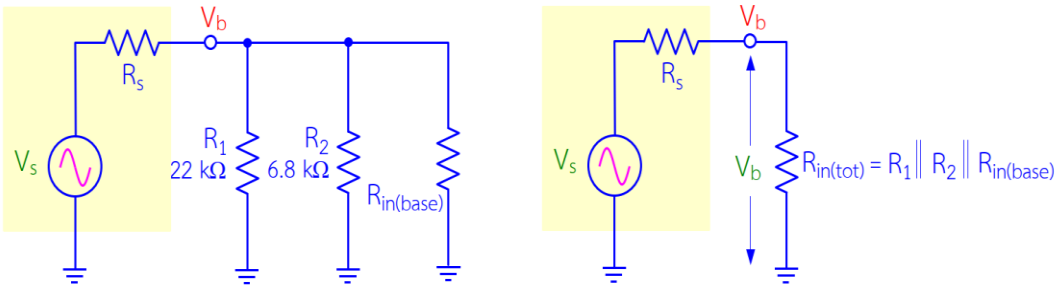


2. วงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์

วงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์หมายถึง วงจรขยายของทรานซิสเตอร์ที่มีการจัดวงจรให้ขา E ของทรานซิสเตอร์ต่อร่วมทาง ac ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต หรือต่อลงกราวด์ทาง ac นั่นเอง



ความต้านทานด้านอินพุตและค่าแรงดันที่ขาเบสของวงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์



(ก) วงจรความต้านนทานด้านอินพุต (ข) ความต้านนทานด้านอินพุตและแรงดันที่ขาเบส

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 6

วงจรขยายสัญญาณ

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย **x** ในข้อที่คิดว่าผิด

x 1. วงจรขยายสัญญาณมีจุดมุ่งหมายเพื่อขยายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่ามากขึ้น

x 2. วงจรขยายสัญญาณตรงกับภาษาอังกฤษว่า Rectifier Circuit

✓ 3. วงจรขยายสัญญาณที่ต่ออินพุตเข้าที่ขา E ของทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรขยายแบบคอมมอนเบส

x 4. วงจรขยายสัญญาณที่ต่ออินพุตเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์เท่านั้น

✓ 5. ในวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร ์ เมื่ออินพุตเปน็ สัญญาณเฟสบวก สัญญาณเอาต์พุตจะเป็นเฟสลบ

✓ 6. ในวงจรขยายแบบคอมมอนเบส เมื่ออินพุตเป็นสัญญาณเฟสลบ สัญญาณเอาต์พุตจะเป็นเฟสลบ

✓ 7. อัตราการขยายกระแสของวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ แสดงด้วยสัญลักษณ์ α_{ac}

x 8. อัตราการขยายกระแสของวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเล็กเตอร์ แสดงด้วยสัญลักษณ์ α_{ac}

✓ 9. วงจรขยายกำลังต้องขยายทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

✓ 10. เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่มีขนาดใหญ่ ทำให้สัญญาณเอาต์พุตถูกตัด (Clip) ทั้งเฟสบวกและเฟสลบ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรขยายสัญญาณ คู่มือจากบริษัทผู้ผลิตจะแสดงข้อความว่า

Amplifier

2. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ $ß_{ac}$ หมายถึง **อัตราการขยายกระแสของสัญญาณ ac small signalของ CE**

3. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ α_{ac} หมายถึง

อัตราการขยายกระแสของสัญญาณ ac small signal ของ CC

4. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ r'_b หมายถึง

ความต้านทานภายในที่ขา B ของทรานซิสเตอร์

5. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ r'_e หมายถึง

ความต้านทานภายในที่ขา E ของทรานซิสเตอร์ $r_e' = \frac{25mA}{I_F}$

6.วงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์ที่ใช้วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดัน ค่าความต้านทานด้านอินพุตสามารถคำนวณได้จาก

$R_{in(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{in(base)}$

7.ในวงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์ สามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการ

$$A_V = \frac{R_C}{r'_e}$$

8.วงจรขยายสัญญาณคอมมอนคอลเล็กเตอร์ สามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการ

$$A_V = \frac{R_e}{R_e + r'_e}$$

9. วงจรขยายสัญญาณที่มีอัตราการขยายทางแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าหนึ่ง คือวงจรขยายคอมมอน

คอลเล็คเตอร์

10. จุดประสงค์หลักของการใช้วงจรขยายความแตกต่างคือ

ลดสัญญาณรบกวนที่มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ของเครื่องขยายเสียง

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 7

วงจรขยายสัญญาณ

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 2 ตอน

ตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 2 เป็นแบบตอบคำถาม

ตอนที่ 1 ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อที่คิดว่าถูก และทำเครื่องหมาย **x** ในข้อที่คิดว่าผิด

x 1. วงจรขยายสัญญาณมีจุดมุ่งหมายเพื่อขยายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่ามากขึ้น

x 2. วงจรขยายสัญญาณตรงกับภาษาอังกฤษว่า Rectifier Circuit

✓ 3. วงจรขยายสัญญาณที่ต่ออินพุตเข้าที่ขา E ของทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรขยายแบบคอมมอนเบส

x 4. วงจรขยายสัญญาณที่ต่ออินพุตเข้าที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์เท่านั้น

✓ 5. ในวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร ์ เมื่ออินพุตเปน็ สัญญาณเฟสบวก สัญญาณเอาต์พุตจะเป็นเฟสลบ

✓ 6. ในวงจรขยายแบบคอมมอนเบส เมื่ออินพุตเป็นสัญญาณเฟสลบ สัญญาณเอาต์พุตจะเป็นเฟสลบ

✓ 7. อัตราการขยายกระแสของวงจรขยายแบบคอมมอนอิมิตเตอร์ แสดงด้วยสัญลักษณ์ α_{ac}

x 8. อัตราการขยายกระแสของวงจรขยายแบบคอมมอนคอลเล็กเตอร์ แสดงด้วยสัญลักษณ์ α_{ac}

✓ 9. วงจรขยายกำลังต้องขยายทั้งแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

✓ 10. เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่มีขนาดใหญ่ ทำให้สัญญาณเอาต์พุตถูกตัด (Clip) ทั้งเฟสบวกและเฟสลบ

ตอนที่ 2 จงตอบคำถาม

1. ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรขยายสัญญาณ คู่มือจากบริษัทผู้ผลิตจะแสดงข้อความว่า

Amplifier

2. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ $ß_{ac}$ หมายถึง **อัตราการขยายกระแสของสัญญาณ ac small signalของ CE**

3. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ α_{ac} หมายถึง

อัตราการขยายกระแสของสัญญาณ ac small signal ของ CC

4. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ r'_b หมายถึง

ความต้านทานภายในที่ขา B ของทรานซิสเตอร์

5. ค่าพารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ r'_e หมายถึง

ความต้านทานภายในที่ขา E ของทรานซิสเตอร์ $r'_e = \frac{25mA}{I_E}$

6.วงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์ที่ใช้วงจรไบแอสแบบแบ่งแรงดัน ค่าความต้านทานด้านอินพุตสามารถคำนวณได้จาก

$$R_{in(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{in(base)}$$

7.ในวงจรขยายสัญญาณคอมมอนอิมิตเตอร์ สามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการ

$$A_V = \frac{R_C}{r'_e}$$

8.วงจรขยายสัญญาณคอมมอนคอลเล็กเตอร์ สามารถคำนวณหาค่าอัตราการขยายแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการ

$$A_V = \frac{R_e}{R_e + r'_e}$$

9. วงจรขยายสัญญาณที่มีอัตราการขยายทางแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่าหนึ่ง คือวงจรขยายคอมมอน

คอลเล็คเตอร์

10. จุดประสงค์หลักของการใช้วงจรขยายความแตกต่างคือ

ลดสัญญาณรบกวนที่มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ของเครื่องขยายเสียง

	ใบงาน ที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 7-8
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรขยายสัญญาณ	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 8 ชม.
ชื่องาน วงจรขยายสัญญาณ		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรขยายสัญญาณ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรขยายสัญญาณ

3.2 เลือกใช้วงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรขยายสัญญาณเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรขยายสัญญาณ

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรขยายสัญญาณด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรขยายสัญญาณได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

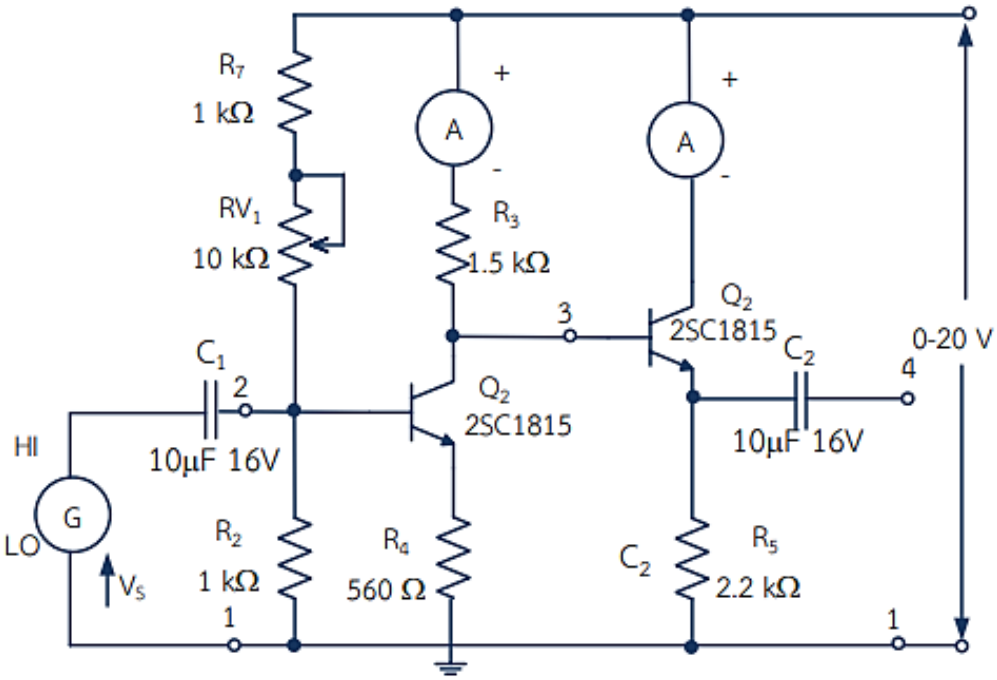
1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์		2 เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ 0-30 V 3 A		1 เครื่อง
3. ออสซิโลสโคป		1 เครื่อง
4. ฟังชั่นเจนเนอร์เรเตอร์		1 เครื่อง
5. ตัวตานทานแบบปรับค่าได้ V_{R1} 10 kΩ, V_{R2} 1 kΩ	อยางละ	1 ตัว
6. ตัวตานทานคาคงที่ R_1 1 kΩ, R_2 1 kΩ, R_3 1.5 kΩ, R_4 560 Ω, R_5 2.2 kΩ	อยางละ	1 ตัว
7. ตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 10 uF 16 V	อยางละ	1 ตัว
8.ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2sc1815		2 ตัว
9. แผงประกอบวงจรและสายตอวงจร		1 ชุด

6. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงวงจรประกอบการทดลองข้อที่ 1

2. กำหนดจุด Q - point โดยให้ I_{CQ1} = 5 mA, I_{CQ2} = 5.5 mA และ V_{ceq1} =10 V , V_{ceq2} = 9 V วัดค่าความต้านทานไบอัส ของตัวต้านทานปรับค่าได้ V_{R1} และคำนวณค่า $R_1 = R_1 + V_{R1}$ เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้ บันทึกผล

R_1 = ... Ω

3. คำนวณหาคุณสมบัติของวงจร A_{V1} , A_{V2} , A_{Vt}

4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจุด Q- point ของ Q2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง V_{R1} บันทึกผล

.....

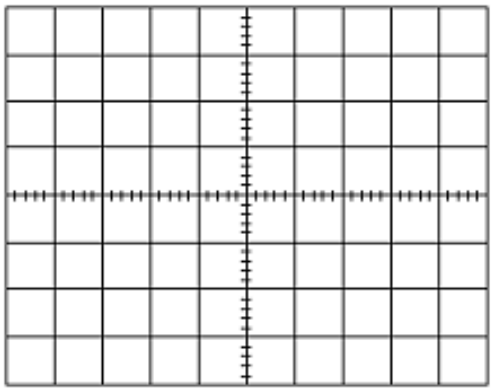
.....

5. วัดแรงดันไบอัสที่ป้อนให้กับวงจร จุดที่ 2 , 3 , 4 , เทียบกับจุดที่ 1 บันทึกผล

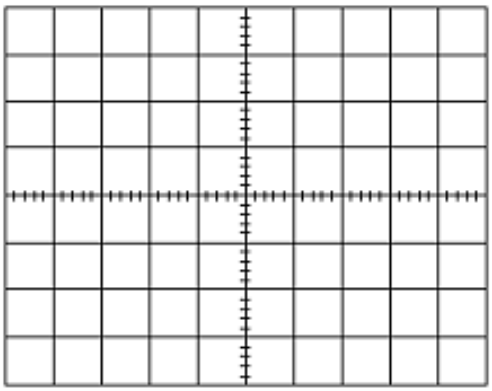
6. ปรับออสซิลโลสโคปให้ CH1 = 20 mV/div ; CH2 = 5 mV/div

ตั้ง Function Gen. ให้ป้อนสัญญาณ sine = 3 V_{p-p} ที่ความถี่ 1 kHz

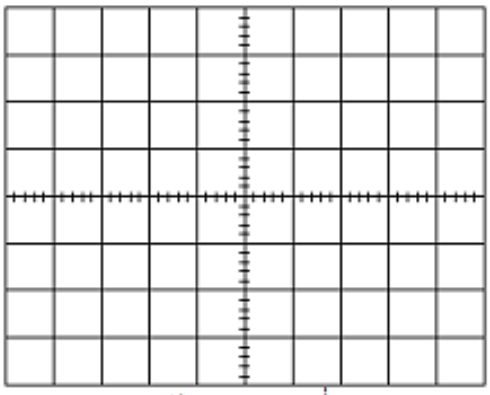
7. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณที่จุด 2 , จุด 3 และจุดที่ 4 บันทึกรูปสัญญาณ



สัญญาณ จุดที่ 2



สัญญาณ จุดที่ 3



สัญญาณ จุดที่ 4

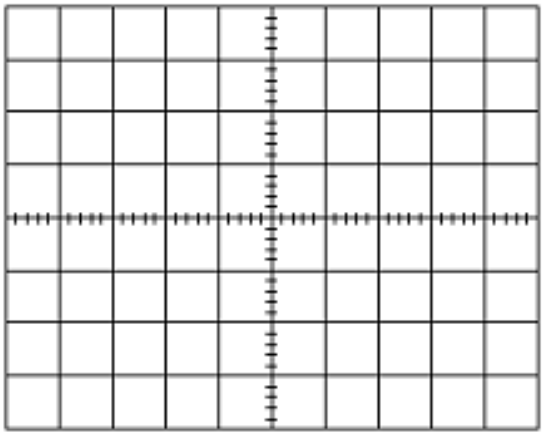
8. จากผลการวัดสัญญาณ คำนวณหาค่าอัตราการขยายของวงจร

Av_1 = ...

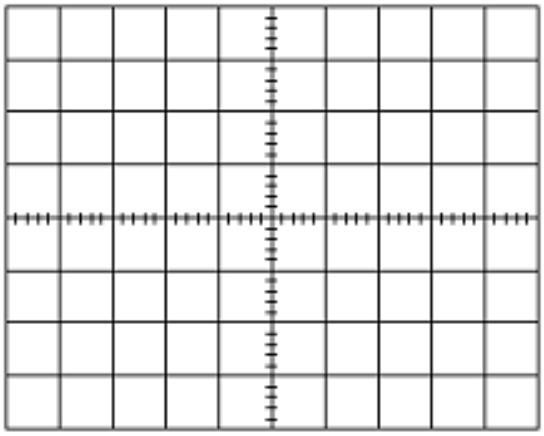
Av_2= .....

Av_t = ...

9. วัดมุมต่างเฟสระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาท์พุตของแต่ละภาค



เอาท์พุต ภาคที่ 1



เอาท์พุต ภาคที่ 2

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

.....

.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 8
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 9-10
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรเพาเวอร์ซัพพลายวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

3.2 เลือกใช้วงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

5.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 8

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายโดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลายในอุดมคติ และวงจรเพาเวอร์ซัพพลายในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับวงจรเพาเวอร์ซัพพลายและการแปลความหมายวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 8

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 8

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 8 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างวงจรเพาเวอร์ซัพพลายการทำงานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ลักษณะสมบัติของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย การตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 7 เรื่อง วงจรขยายสัญญาณ

7.2 ของจริง วงจรเพาเวอร์ซัพพลายต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ วงจรเพาเวอร์ชัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของวงจรเพาเวอร์ชัพพลายได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ชัพพลาย
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ชัพพลาย
3. แก้ไขตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ชัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของวงจรเพาเวอร์ชัพพลายตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของวงจรเพาเวอร์ชัพพลายได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 8
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 9-10
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

3.2 เลือกใช้วงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

บทนำ

เพาเวอร์ซัพพลายหรือแหล่งจ่ายไฟ โดยทั่วไปหมายถึงแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Power Supply) แบ่งออกเป็น แหล่งจ่ายไฟสลับ (AC Supply) และแหล่งจ่ายไฟตรง (DC Supply) แหล่งจ่ายไฟที่ใช้เลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้ทำงานได้มักเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง และแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับเลี้ยงวงจรเครื่องเสียงก็เป็นแหล่งจ่ายไฟตรง หน่วยการเรียนรู้นี้จึงเน้นเฉพาะแหล่งจ่ายไฟตรง

2.1 ชนิดของเพาเวอร์ซัพพลาย

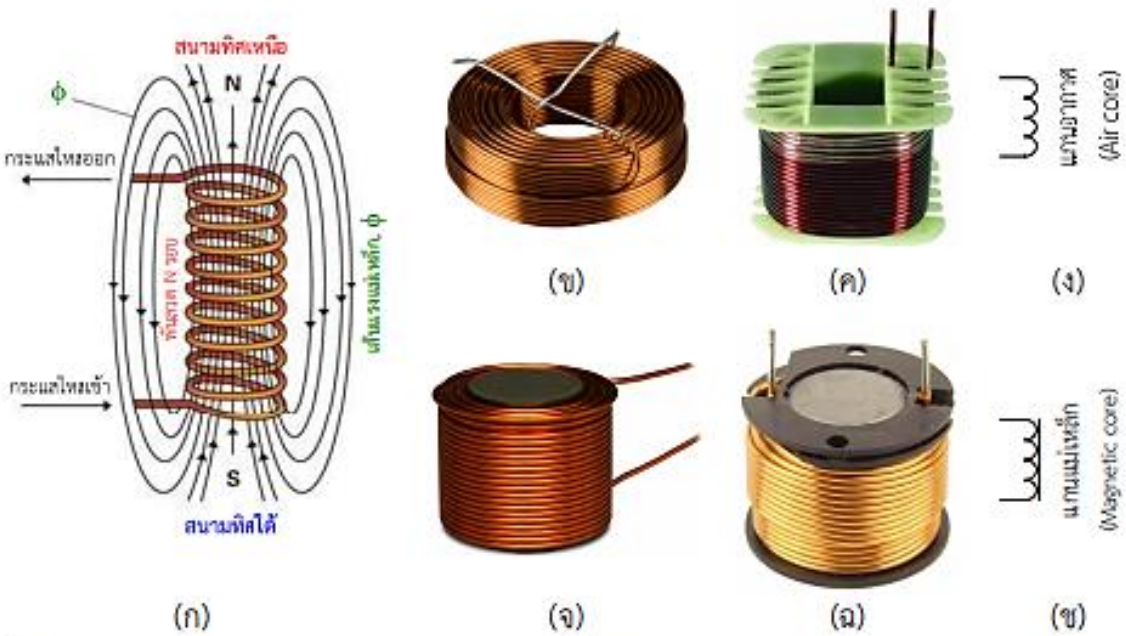
1. เพาเวอร์ซัพพลายไฟสลับแบบไม่มีระบบรักษาแรงดันให้คงที่ (Unregulated AC Voltage Supply) หรือหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)
2. เพาเวอร์ซัพพลายไฟสลับแบบรักษาแรงดันคงที่ (Regulated/Stabilized AC Voltage Supply) หรือไลน์สเตบิไลเซอร์ (AC voltage/Line Stabilizer)
3. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง (Unfiltered DC Voltage Supply)
4. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง (Capacitor Filtered DC Voltage Supply) และไม่มีเร็กกูเลต (Unregulated DC Supply)
5. เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง (Capacitor Filtered DC Voltage Supply) พร้อมเร็กกูเลต (Unregulated DC Supply)

2.2 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงมีหน้าที่แปลงแรงดันเอซีให้สูงขึ้นหรือต่ำลง (Step Up หรือ Step Down) ตามที่ต้องการ และโดยทั่วไปจะทำหน้าที่แยกไฟ (Isolation) โดยแยกด้านไฟอันตรายกับด้านปลอดภัย (ด้านไฟฟ้าสาธารณะกับด้านผู้ใช้งาน) ออกจากกันทางไฟฟ้าไปในตัวด้วย การส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าเกิดจากผลสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำซึ่งกัน (Mutual coupling effect) และระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary coil) ใช้งานเป็นด้านอินพุท กับขดลวดทุติยภูมิ (Secondary coil) ใช้งานเป็นด้านเอาท์พุท โดยปกติภายในแหล่งจ่ายไฟตรงของวงจรเครื่องเสียงจะใช้หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์หลัก ทำหน้าที่แปลงแรงดันเอซีให้ต่ำลงตามที่ต้องการ และทำหน้าที่แยกไฟ (Isolation) อีกด้วย

2.2.1 โครงสร้างหม้อแปลง

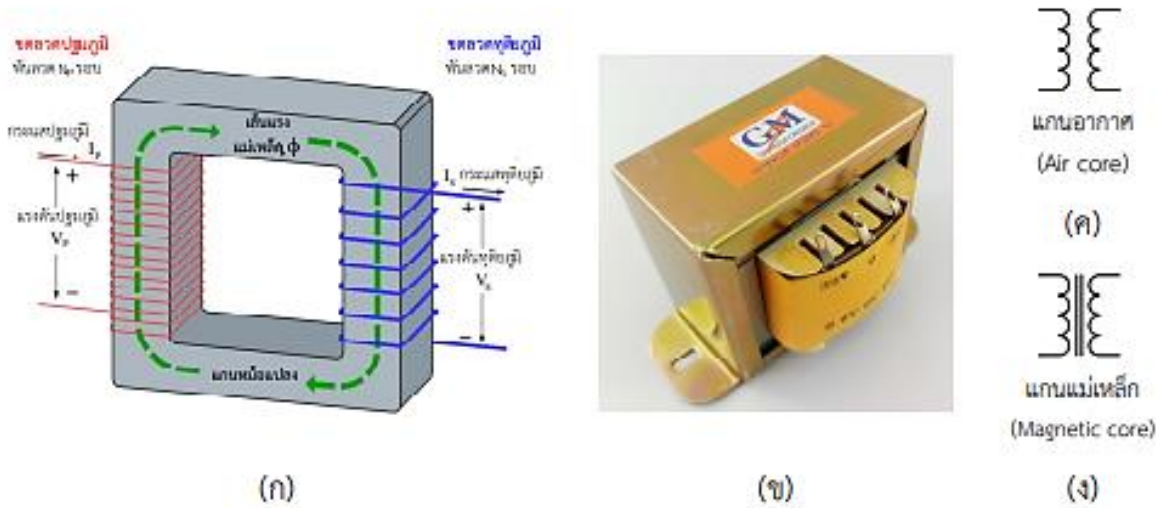
หม้อแปลงสร้างจากขดลวดตัวนำอาบน้ำยาฉนวน จำนวน 2 ขด ขึ้นไปพันอยู่บนแกนวัสดุแม่เหล็กเดียวกัน หากมีขดลวดเดียวจะเป็นตัวเหนี่ยวนำ / อินดักเตอร์ / คอยล์ (Inductor / Coil)



ที่มา: www.pinterest.com/ pin/63261569737776585

ที่มา: www.audio.nl

รูปที่ 2.1 ตัวเหนี่ยวนำ (ก) หลักการของตัวเหนี่ยวนำ (ข) และ (ค) ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (ง) สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (จ) และ (ฉ) ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนแม่เหล็ก (ช) สัญลักษณ์ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนแม่เหล็ก

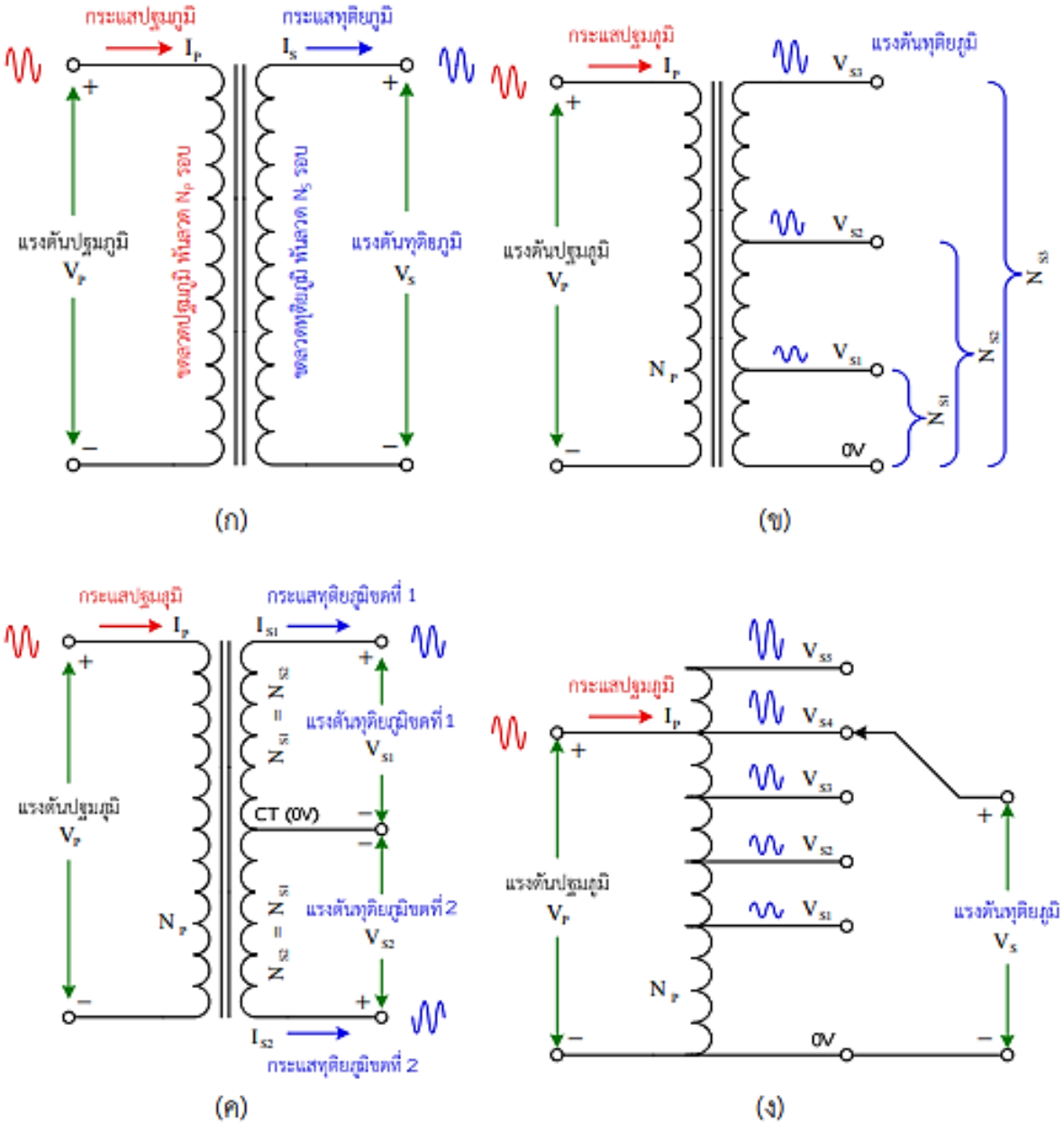


ที่มา: en.wikipedia.org/ wiki/Transformer

รูปที่ 2.2 หม้อแปลง (ก) หลักการของหม้อแปลง (ข) หม้อแปลง (ใช้ในใบงาน วิชาเครื่องเสียง) (ค) สัญลักษณ์หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (ง) สัญลักษณ์หม้อแปลงชนิดแกนแม่เหล็ก

2.2.2 หม้อแปลงอุดมคติและการคำนวณ

หม้อแปลงแรงดัน มีคุณสมบัติเบื้องต้นคือ อัตราส่วนของแรงดันแต่ละขดเท่ากับอัตราส่วนของจำนวนรอบพันลวดของขดนั้น



รูปที่ 2.3 หม้อแปลงอุดมคติ (ก) หม้อแปลง 2 ขดลวด แบบแยกไฟ (Isolation) ทั่วไป

(ข) หม้อแปลงแบบมีแทป (Tapped Transformer) ตัวอย่างเช่น 0 – 6 – 9 – 12 V

(ค) หม้อแปลงแบบมีเซ็นเตอร์แทป (Centre Tapped Transformer) เช่น 12–0–12 V

(ง) หม้อแปลงแบบออโต (Autotransformer) เช่น ปรับแรงดันได้ 40% – 115%

สูตร อัตราส่วนแรงดัน;

$$\boxed{\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}} \qquad (2.1)$$

ตัวอย่าง เช่น

$$\frac{V_{S3}}{V_P} = \frac{N_{S3}}{N_P} \qquad (2.2)$$

หรืออีกตัวอย่าง เช่น

$$\frac{V_{n1} + V_{n2} + V_{n3}}{V_{np}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{n_p} \qquad (2.3)$$

<u>การเขียนข้อมูลหม้อแปลงเพื่อสั่งผลิต</u>

PRI: 0 – 110 – 220 – 240 V 50Hz / 60Hz

SEC: 22 – 0 – 22 V 4A

15 – 0 – 15 V 200mA

0 – 12V 500mA

จากตัวอย่างข้อมูล จะเห็นว่าด้านปฐมภูมิมีแทปให้เลือกแรงดัน 110V, 220V, 240V และด้านทุติยภูมิ 2 ชุดแรกมีเซ็นเตอร์แทปคือ 22 – 0 – 22 V 4A, 15 – 0 – 15 V 200mA ชุดสุดท้ายไม่มีเซ็นเตอร์แทป 0 – 12V 500mA ขนาดหม้อแปลงระบุเป็น VA หาได้จากผลรวม VA ที่ขดทุติยภูมิ ขนาดหม้อแปลงตามตัวอย่างนี้ คือ (44 x 4) + (30 x 0.2) + (12 x 0.5) = 188 VA

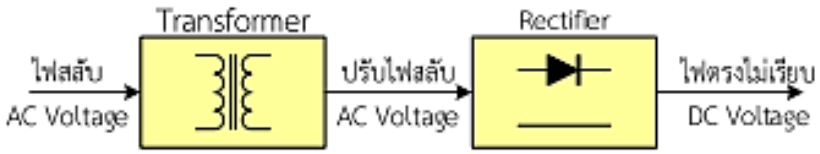
นอกจากนี้ยังมีคำสั่งเพิ่มเติมอื่นๆ เช่น เป็นหม้อแปลงชนิด EI / UI / C – Core ใช้ขั้วสายหรือสายต่อ มีหุ้มชีลด์สนามแม่เหล็กหรือไม่ และมีชีลด์สนามไฟฟ้าหรือไม่ หรือเป็นหม้อแปลงแบบแกนทอรอยด์ (Toroidal transformer) หรือเป็นแบบขาลงปริ้น (PCB Transformer) เป็นต้น

2.3 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรง (DC Supply)

2.3.1 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรวงจรเร็คติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทไม่เรียบหรือมีแรงดันริปเปิลสูง แต่แรงดันค่อนข้างคงที่แปรค่าไปตามโหลดน้อย

รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

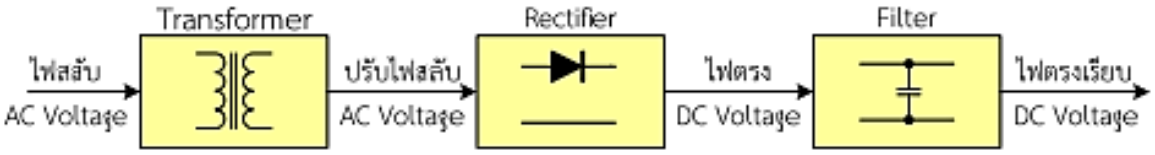


รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรองพร้อมสัญลักษณ์

2.3.2 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองและไม่มีเร็กกูเลต

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรวงจรเร็คติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง และมีตัวคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบ คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทค่อนข้างเรียบหรือมีแรงดันริปเปิลต่ำ แต่แรงดันดีซีจะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามโหลดด้วย

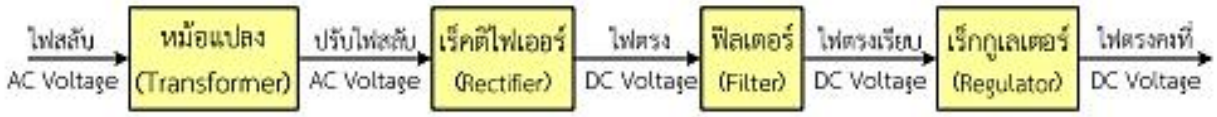
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง



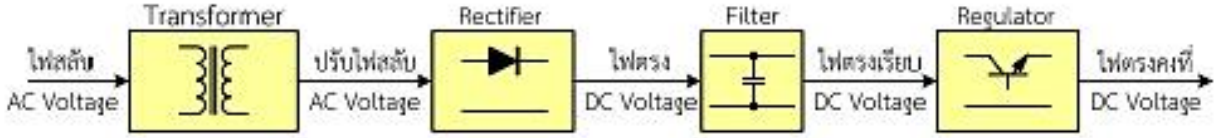
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแหล่งจ่ายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมสัญลักษณ์

2.3.3 เพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมเร็กกูเลต

ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยใช้หม้อแปลง (Transformer) ปรับค่าแรงดันให้ได้ตามต้องการ และใช้วงจรวงจรเร็คติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟสลับให้เป็นไฟตรง และมีตัวคาปาซิเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบ และเพิ่มเติมต่อท้ายด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์แรงดัน คุณสมบัติของวงจร คือได้แรงดันดีซีที่เอาท์พุทที่เรียบสนิทหรือมีแรงดันริปเปิลต่ำที่สุด และแรงดันดีซีมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงดันอินพุทและ/หรือตามโหลดอีกด้วย



รูปที่ 2.8 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองพร้อมเร็กกูเลต



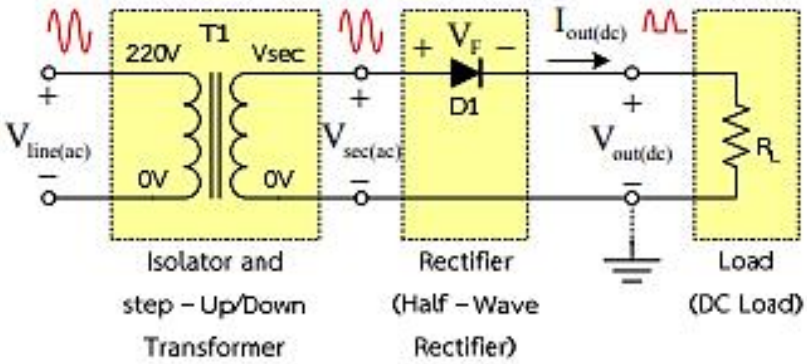
รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรอง พร้อมเร็กกูเลท และสัญลักษณ์

2.4 ชนิดของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรง

2.4.1 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบไม่มีตัวกรอง

1) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (Half – Wave Rectifier)

หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ วงจรเร็คติไฟเออร์ ไดโอด D1 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{sec(ac)}$ หรือทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{line(ac)}$ ไม่มีการนำกระแสซีกที่เหลือมาใช้งาน สรุปได้เป็น "วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น" วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันดรอป: n = 1, จากเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจึงได้ความถี่เอาท์พุทเท่ากับความถี่อินพุท; $f_{out} = f_{in}$

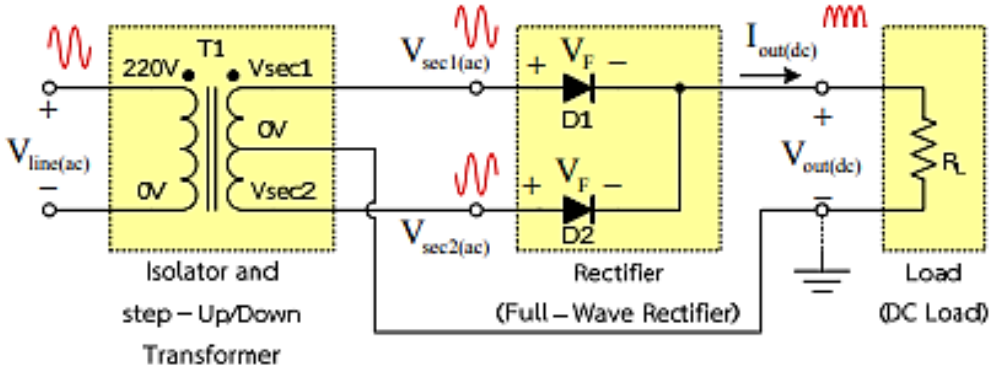


รูปที่ 2.10 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น

2) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทป

(Full – Wave Rectifier with Center – Tapped Transformer)

หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ และทำงานเป็นตัวแยกเฟส (Phase splitter) แรงดันเอาท์พุทของหม้อแปลง $V_{sec2(ac)}$ จะกลับเฟสกับ $V_{sec1(ac)}$ (±180°) เมื่อเทียบกับขั้วเซ็นเตอร์แทป (GND) วงจรเร็คติไฟเออร์ ไดโอด D1 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{sec1(ac)}$ และไดโอด D2 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{sec2(ac)}$ ดังนั้น ไดโอด D1 ทำงานทุกครึ่งซีกบวกของ $V_{line(ac)}$ และไดโอด D2 ทำงานทุกครึ่งซีกลบของ $V_{line(ac)}$ นั่นคือกระแสเอาท์พุทเกิดจากกระแสอินพุทของหม้อแปลงทั้งครึ่งซีกบวกและครึ่งซีกลบ สรุปได้เป็น "วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น" วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันดรอป: n = 1, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



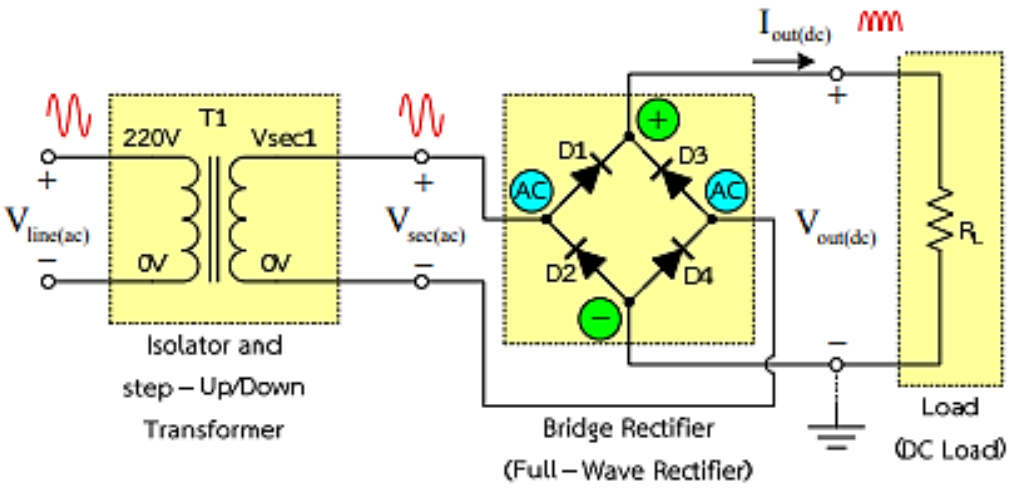
รูปที่ 2.11 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทป

3) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์

(Full – Wave Rectifier with Bridge rectifier)

หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แยกไฟ และแปลงแรงดันให้ได้ตามที่ต้องการ โดยช่วงครึ่งบวกของไฟ AC แรงดันเอาท์พุทของหม้อแปลง $V_{sec(ac)}$ หรือ $V_{line(ac)}$ จะเป็นบวกเมื่อเทียบกับขั้ว 0V และช่วงครึ่งลบของไฟ AC แรงดันเอาท์พุทของหม้อแปลง $V_{sec(ac)}$ จะเป็นลบเมื่อเทียบกับขั้ว 0V ของหม้อแปลง การทำงานของวงจรเร็คติไฟเออร์ ช่วงครึ่งบวกของไฟ AC ไดโอด D1 และ D4 จะทำงานนำกระแสพร้อมกัน และช่วงครึ่งลบของไฟ AC ไดโอด D2 และ D3 จะทำงานนำกระแสพร้อมกัน นั่นคือกระแสเอาท์พุทเกิดจากกระแสอินพุทของหม้อแปลงทั้งครึ่งซีกบวกและครึ่งซีกลบของ $V_{line(ac)}$ สรุป ได้เป็น "วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น" วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ

2 ตัว แรงดันดรอป: n = 2, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



รูปที่ 2.12 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์

<u>สูตรคำนวณ</u> วงจรเร็คติไฟเออร์แบบไม่ใช้ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

แรงดันเอาท์พุทพีค; $$V_{out(pk)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F \qquad (2.4)$$

แรงดันเอาท์พุทดีซี; $$\boxed{V_{out(dc)} = \frac{1}{\pi} \times \left(\sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F\right)} \qquad (2.5)$$

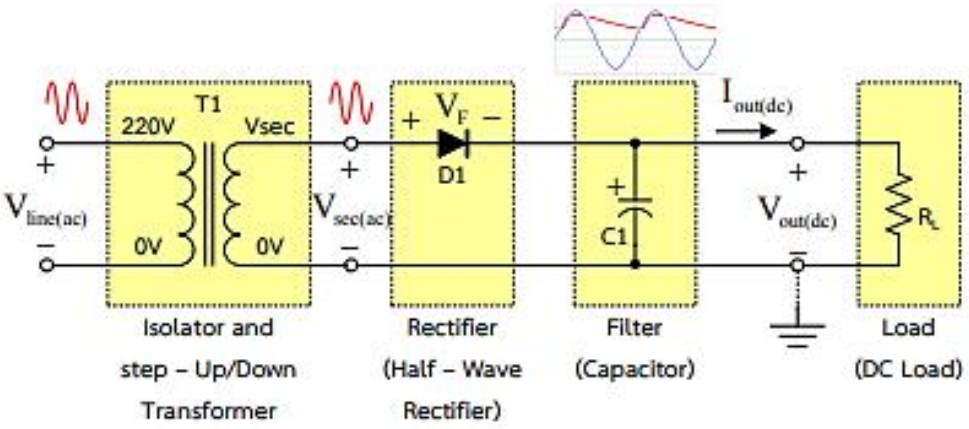
โดยทั่วไปในการคำนวณจะกำหนดให้ V_{sec} คงที่ และแรงดันดรอปของไดโอด $V_F = 0.7\ V$

2.4.2 วงจรเพาเวอร์ซัพพลายไฟตรงแบบใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกรองและไม่มีเร็กกูเลต

1) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

(Half – Wave Rectifier with Filter Capacitor)

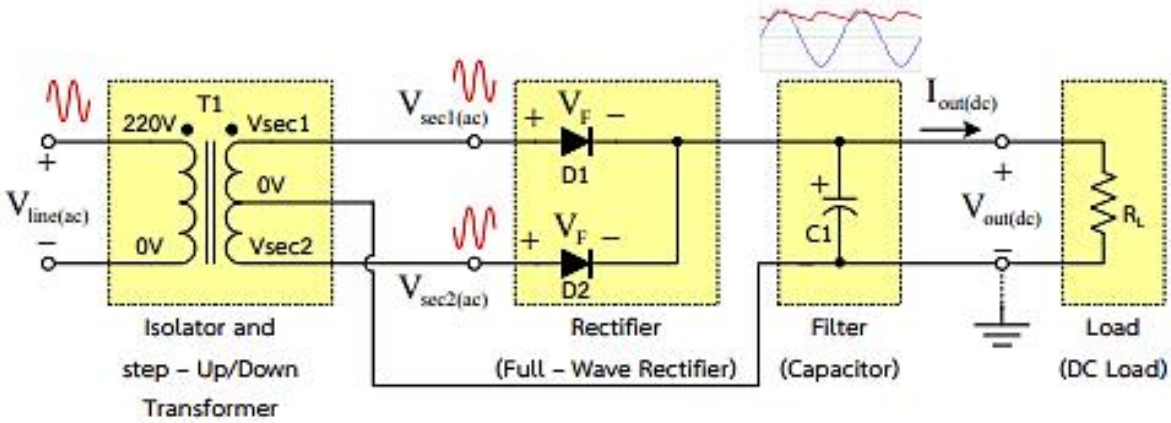
ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 จะชาร์จทุกครั้งที่วงจรเร็คติไฟเออร์ไบอัสตรงไดโอด D1 นำกระแสและจะดิสชาร์จตลอดช่วงเวลาที่ไดโอด D1 ไม่ได้นำกระแส วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันดรอป: n = 1, จากเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นจึงได้ความถี่เอาท์พุทเท่ากับความถี่อินพุท; $f_{out} = f_{in}$



รูปที่ 2.13 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

2) วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทปพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ (Full – Wave Rectifier with Center – Tapped Transformer and Filter Capacitor)

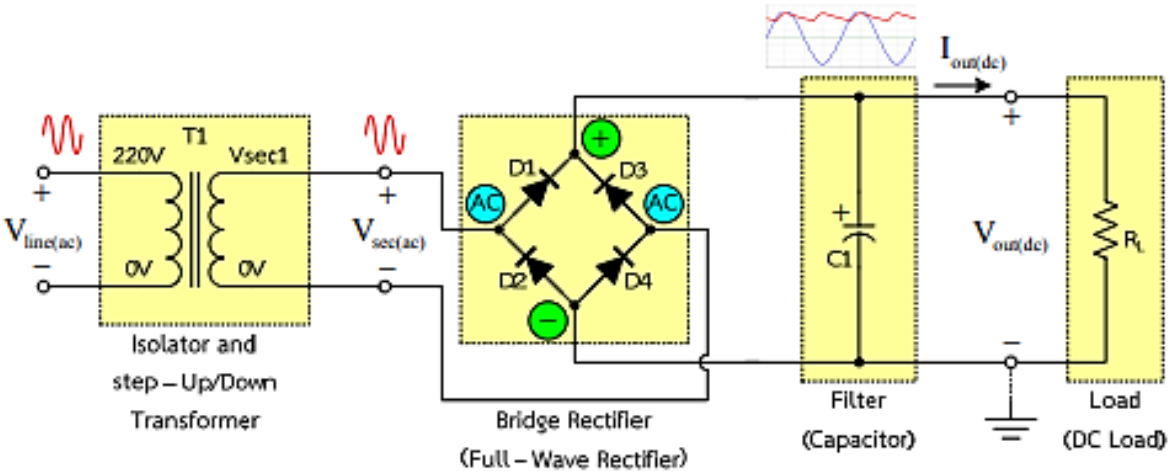
ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 จะชาร์จทุกครั้งที่วงจรเร็คติไฟเออร์ไบอัสตรงไดโอด D1 หรือ D2 นำกระแส และจะดิสชาร์จตลอดช่วงเวลาที่ไม่มีไดโอดตัวใดนำกระแส วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 1 ตัว แรงดันดรอป: n = 1, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



รูปที่ 2.14 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้หม้อแปลงมีเซ็นเตอร์แทปพร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

2.4.3 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ (Full – Wave Rectifier with Bridge rectifier and Filter Capacitor)

ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 จะชาร์จทุกครั้งที่วงจรเร็คติไฟเออร์ใบอัสตรงคู่ไดโอด D1 และ D4 หรือ คู่ไดโอด D2 และ D3 นำกระแส และจะดิสชาร์จตลอดช่วงเวลาที่ไม่มีไดโอดตัวใดนำกระแส วงจรนี้มีไดโอดนำกระครั้งละ 2 ตัว แรงดันดรอป: n = 2, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$ วงจรนี้มีไดโอดนำกระแสครั้งละ 2 ตัว แรงดันดรอป: n = 2, จากเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น จึงได้ความถี่เอาท์พุทเป็นสองเท่าของความถี่อินพุท; $f_{out} = 2 \times f_{in}$



รูปที่ 2.15 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

<u>สูตรคำนวณ</u> วงจรเร็คติไฟเออร์แบบมีฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์

แรงดันเอาท์พุทพีค; $$V_{out(pk)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F \quad (2.6)$$

แรงดันเอาท์พุทดีซี; $$\boxed{V_{out(dc)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F - \frac{V_{r(p-p)}}{2}} \quad (2.7)$$

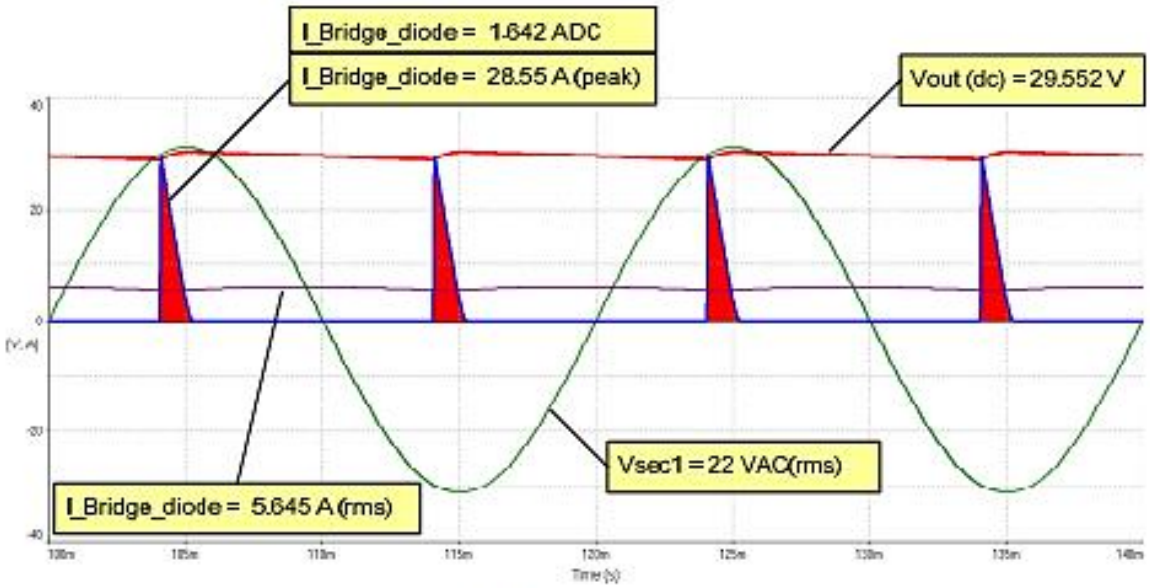
แรงดันเอาท์พุทดีซี; $$\boxed{V_{out(dc)} = \sqrt{2} \times V_{sec} - n \times V_F - \frac{I_{out(dc)}}{2 \times C \times f_{out}}} \quad (2.8)$$

เมื่อแรงดันริปเปิล; $$\boxed{V_{r(p-p)} = \frac{I_{out(dc)}}{C \times f_{out}}} \quad (2.9)$$

โดยทั่วไปในการคำนวณจะกำหนดให้ V_{sec} คงที่ และแรงดันดรอปของไดโอด $V_F = 0.7\ V$ คงที่

2.5 ไดโอดเร็กติไฟเออร์ (Rectifier Diode)

ศึกษาผลการทำงานของไดโอด จากวงจรตาม รูปที่ 2.15 วงจรเร็คติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบใช้ไดโอดบริดจ์พร้อมฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ หรือรูปที่ 2.27 วงจรแหล่งจ่ายไฟคู่ (มีฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์) ซึ่งเป็นวงจรที่เป็นโครงสร้างและค่าใช้งานของวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย ที่จะใช้งานจริงสำหรับงานตามใบงานวิชาเตรื่องเสียงนี้ ผลการจำลองการทำงานของไดโอดในวงจร ที่เงื่อนไข $V_{sec} = 22\ V$, $V_{out(dc)} = 29.552\ V$, $I_{out(dc)} = 1.642\ A$ หรือ $P_{out} = 48.524\ W$ เป็นดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กระแสของเร็คติไฟเออร์ไดโอดในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

<u>ผลการทำงานของเร็คติไฟเออร์ไดโอด</u>

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 1.642\ A$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 5.645\ A$
3. แรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage)
   - 3.1 บริดจ์ไดโอด หรือ ครึ่งคลื่น PIV; $V_{PIV} = \sqrt{2} \times V_{sec} = 31.11\ V$
   - 3.2. แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว/คู่ เซ็นเตอร์แทป PIV; $V_{PIV} = 2 \times \sqrt{2} \times V_{sec} = 62.22\ V$

<u>ผลการเลือกใช้เร็คติไฟเออร์ไดโอด</u> เบอร์ BY550-100 (5A 100V Diode) มีค่าพิกัดดังนี้

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 5\ A$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = -\ A$ (ไม่ระบุค่า ดู $I_{F(AV)}$)
3. แรงดันย้อนกลับสูงสุด (Peak Inverse Voltage: PIV); $V_{RRM} = 100\ V$

<u>หมายเหตุ</u>

ไดโอดกำลัง เบอร์ KD208D (8A 1200V Diode) ยี่ห้อ Littefuse มีค่าพิกัดไว้ครบถ้วนดังนี้

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 8\ A$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 12.6\ A$ (มีค่าสูงกว่าค่ากระแสเฉลี่ย)

ไดโอดกำลัง เบอร์ 25F(10) (25A 100V Diode) ยี่ห้อ IR มีค่าพิกัดไว้ครบถ้วนดังนี้

1. กระแสเฉลี่ย/กระแสไฟตรง ของไดโอด; $I_{F(AV)} = 25\ A$
2. กระแสอาร์เอ็มเอส (RMS) ของไดโอด; $I_{F(RMS)} = 40\ A$ (มีค่าสูงกว่าค่ากระแสเฉลี่ย)

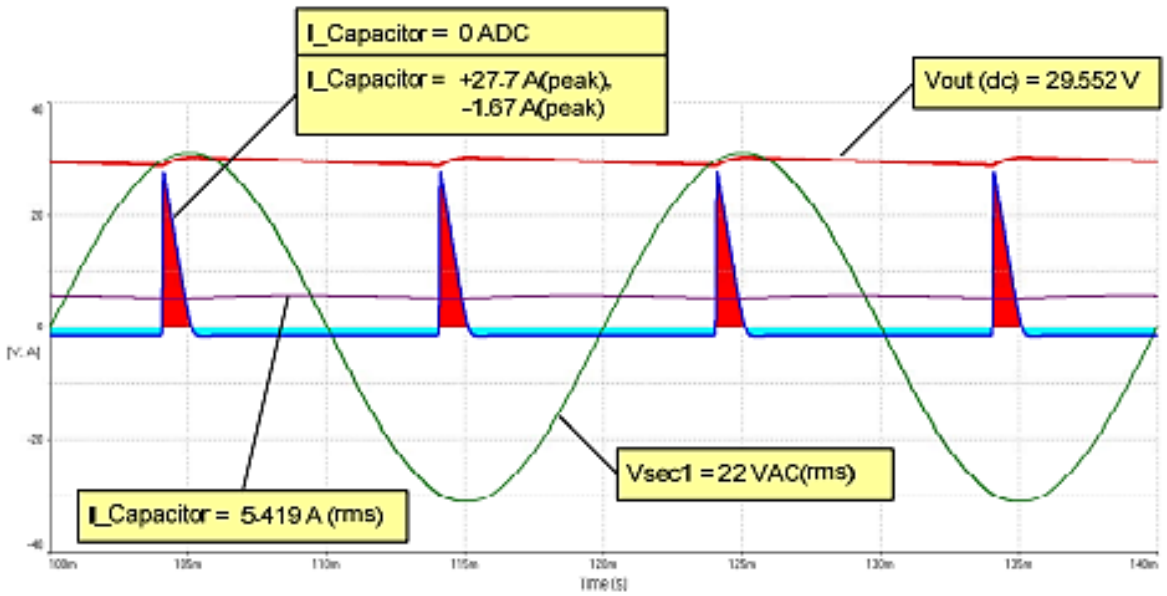
2.6 คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Filter Capacitor)

คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลายต่อคล่อมกับเอาท์พุท จึงได้รับแรงดันเท่ากับแรงดันที่เอาท์พุท แรงดันเอาท์พุทสูงสุดจะเกิดขณะที่สภาวะไม่มีโหลด (No Load) ดังนั้นต้องเลือกค่าแรงดันทำงาน (Working Voltage: WV) ให้สูงกว่าหรือเท่ากับค่านี้ ขณะที่ทำงานมีกระแสไหลเข้า (พื้นที่สีแดง) และไหลออก (พื้นที่สีฟ้า) ผ่านคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ตลอดเวลา เป็นกระแสริปเปิล RMS

<u>สูตรคำนวณ</u> ค่าแรงดันทำงาน (Working Voltage: WV) ของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

แรงดัน No Load สูงสุด; $$V_{out(No\text{-}Load)} = \sqrt{2} \times V_{sec} \qquad (2.10)$$

Working Voltage ของคาปาซิเตอร์; $$\boxed{WV = V_{out(No\text{-}Load)} = \sqrt{2} \times V_{sec}} \qquad (2.11)$$



รูปที่ 2.17 แรงดันและกระแสของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

<u>ผลการทำงานของคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย</u> เมื่อ $V_{sec} = 22\ V$

1. แรงดันทำงาน (Working Voltage); $WV = \sqrt{2} \times V_{sec} = 31.11\ V$
2. กระแสริปเปิลอาร์เอ็มเอส (RMS) ของคาปาซิเตอร์; $I_{Cap,\ Ripple(RMS)} = 5.419\,A$

<u>ผลการเลือกใช้คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์</u> ความจุ 10,000 uF ชนิด Electrolytic Capacitor มีค่าพิกัดดังนี้

1. ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1V103MELA ขนาดตัวถัง DxL = 25x45 (mm), 10,000uF, WV = 35V, Rated ripple = 3050 mA (rms)
2. ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1V103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 30x35 (mm), 10,000uF, WV = 35V, Rated ripple = 3050 mA (rms)
3. ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 30x50 (mm), 10,000uF, WV = 50V, Rated ripple = 4090 mA (rms)
4. ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELC ขนาดตัวถัง DxL = 35x40 (mm), 10,000uF, WV = 50V, Rated ripple = 4070 mA (rms)
5. ยี่ห้อ Nichicon รุ่น LGU1H103MELB ขนาดตัวถัง DxL = 35x50 (mm), 10,000uF, WV = 63V, Rated ripple = 4690 mA (rms)

<u>หมายเหตุ</u>

ข้อสังเกต คาปาซิเตอร์ที่ค่าความจุเดียวกัน หากค่า WV เพิ่มขึ้น ขนาดตัวถังมักใหญ่ขึ้น และจะให้ค่ากระแสริปเปิลพิกัด (Rated ripple current) เพิ่มขึ้นอีกด้วย

รูปที่ 2.18 ตัวอย่างคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ที่ใช้ในวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

2.7 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้า

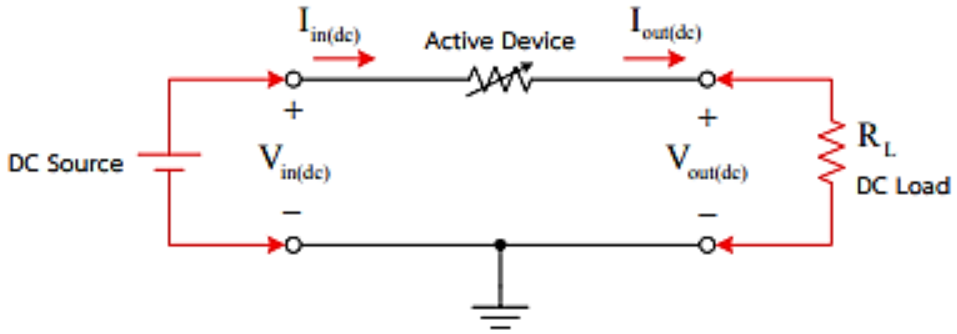
ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่โหลดให้คงที่ มีสัญญาณรบกวนต่ำ รวมทั้งอาจจะมีระบบป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับโหลดและ/หรือวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

2.7.1 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

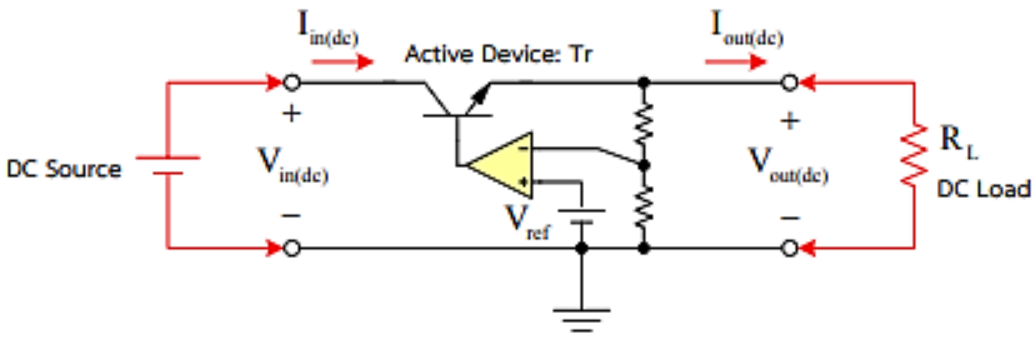
อุปกรณ์แอ็กทีป (Active Device) ภาคกำลัง ทำงานเพื่อควบคุมแรงดันเอาท์พุทต่ออนุกรมอยู่ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ดังรูปที่ 2.19 การทำงานเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าอาศัยหลักการของวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) โดยอุปกรณ์แอ็กทีปจะคอยปรับค่าเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาท์พุท $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ แม้ว่าค่าแรงดันอินพุท $V_{in(dc)}$ หรือค่าความต้านทานโหลด R_L จะมีค่าเปลี่ยนแปลง ตามสมการที่ (2.12) ข้อจำกัดแรกของวงจรแบบนี้คือ พิกัดค่าความต้านทานโหลดสูงสุดหรือกระแสโหลดต่ำสุดที่วงจรจะทำงานเร็กกูเลทรักษาแรงดันที่เอาท์พุทให้คงที่ได้

แรงดันเอาท์พุท;

$$V_{out(dc)} = \left(\frac{R_L}{R_S + R_L}\right) \times V_{in(dc)} \qquad (2.12)$$



รูปที่ 2.19 หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม



รูปที่ 2.20 วงจรหลักการเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

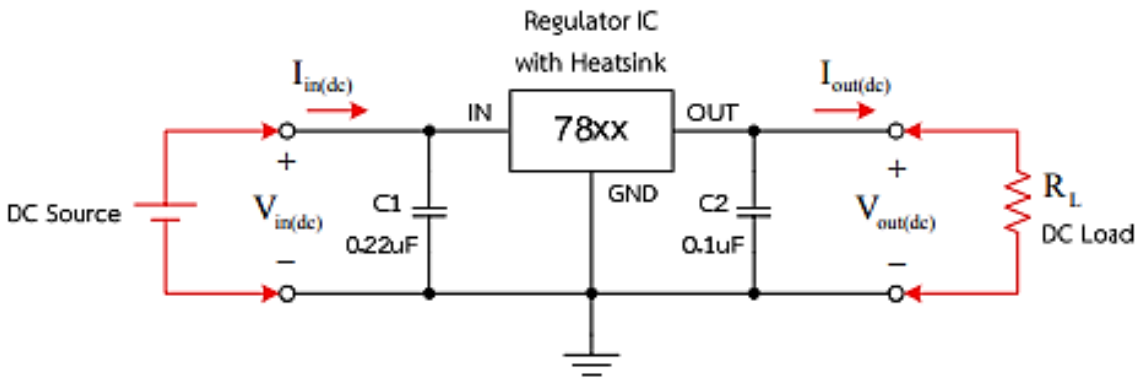
จากรูปที่ 2.20 วงจรหลักการเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม การทำงานของวงจรเร็กกูเลทแรงดันไฟฟ้าอาศัยวงจรขยายความคลาดเคลื่อน (Error amplifier) ขยายสัญญาณผลต่างของ $V_{out(dc)}$ ที่ผ่านวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) มาเทียบกับแรงดันอ้างอิง V_{ref} แล้ว

นำสัญญาณผลต่างนี้มาขยายสำหรับใช้ขับอุปกรณ์แอ็กทีปทรานซิสเตอร์ (Power transistor) เพื่อให้ได้แรงดันความคลาดเคลื่อน (Error voltage) ของวงจรขยายความคลาดเคลื่อน เป็นศูนย์

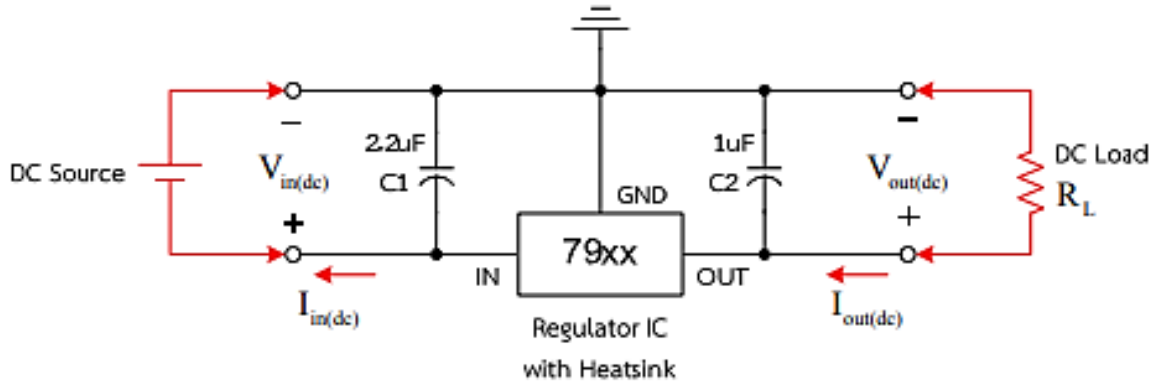
ไอซีเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ ชนิดเร็กกูเลเตอร์แบบอนุกรม ไอซียอดนิยมที่จ่ายกระแสได้สูงสุด 1 แอมป์ สำหรับจ่ายไฟซีกบวกคือตระกูล 78xx โดยที่เลข “xx” เป็นค่าแรงดันเอาท์พุทบวก และสำหรับจ่ายไฟซีกลบคือตระกูล 79xx โดยที่เลข “xx” เป็นค่าแรงดันเอาท์พุทลบ โดยค่าแรงดันที่มีผู้ผลิตโดยทั่วไป ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ไอซีเร็กกูเลเตอร์ตระกูล 78xx และ 79xx ค่าแรงดันที่มีผู้ผลิตโดยทั่วไป

ตระกูล 78xx		ตระกูล 79xx	
เบอร์ไอซีเร็กกูเลเตอร์	แรงดันเอาท์พุท	เบอร์ไอซีเร็กกูเลเตอร์	แรงดันเอาท์พุท
7805	5V	7905	-5V
7806	6V	7906	-6V
7808	8V	7908	-8V
7809	9V	7909	-9V
7810	10V	7910	-10V
7812	12V	7912	-12V
7815	15V	7915	-15V
7818	18V	7918	-18V
7824	24V	7924	-24V



รูปที่ 2.21 วงจรเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ สำหรับจ่ายไฟซีกบวก ตระกูล 78xx



รูปที่ 2.22 วงจรเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ สำหรับจ่ายไฟซีกลบ ตระกูล 79xx

ทั้งสองตระกูลนี้ หากไอซีเร็กกูเลเตอร์อยู่ห่างจากฟิลเตอร์คาซิเตอร์ตัวใหญ่ระยะเกิน 3 นิ้ว ต้องต้องมี C1 เพื่อเสถียรภาพทางความถี่ (Frequency stability) และทางด้านเอาท์พุทมี C2 ตระกูล 78xx จะไม่มีก็ได้ แต่หากต้องการผลตอบสนองทรานเซี้ยนที่ดีให้ใส่ C2 ส่วนตระกูล 79xx ต้องใส่ C2 เนื่องจากมีความจำเป็นสำหรับเสถียรภาพทางความถี่

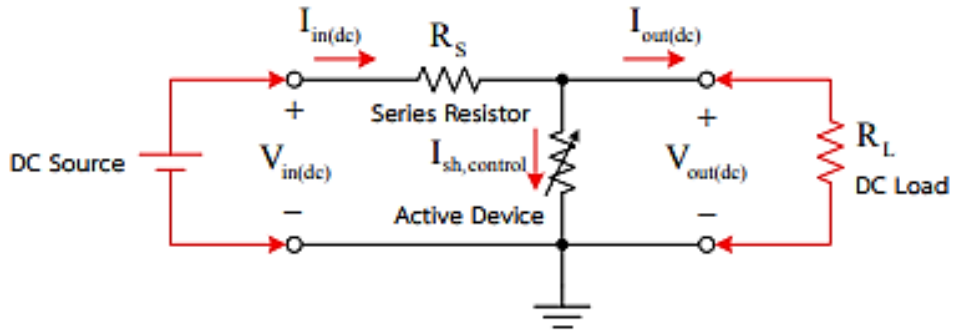
(ก) เรียงขา IN – GND – OUT (ข) เรียงขา GND – IN – OUT

รูปที่ 2.23 ตัวถังและการจัดขาเร็กกูเลเตอร์แรงดันคงที่ (ก) ตระกูล 78xx (ข) ตระกูล 79xx

2.7.2 เร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

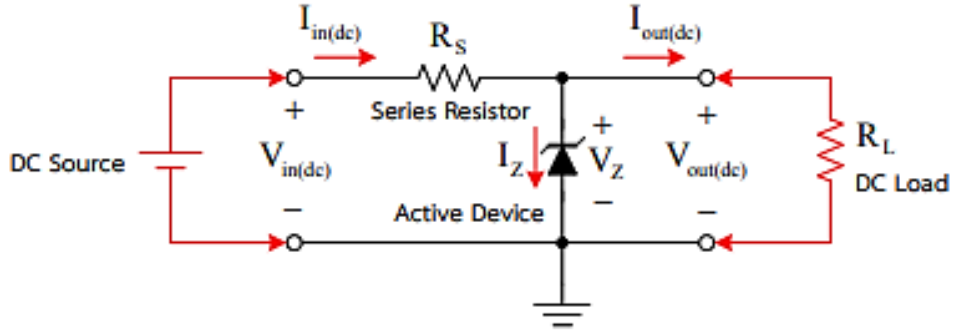
อุปกรณ์แอ็กทีป (Active Device) ภาคกำลัง ทำงานเพื่อควบคุมแรงดันเอาท์พุทต่อคร่อม (ขนาน) กับเอาท์พุทหรือโหลด และมีตัวต้านทานหรือแหล่งจ่ายกระแสคงที่ ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทดังรูปที่ 2.24 การทำงานเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าอาศัยหลักการของวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage divider) ระหว่างตัวต้านทานอนุกรม R_S กับโหลดที่ต่อขนานอยู่กับอุปกรณ์แอ็กทีปควบคุม โดยอุปกรณ์แอ็กทีปจะทำงานแบบวงจรแบ่งกระแสกับโหลดที่มาจาก R_S ด้วยวิธีการ

ปรับค่าปริมาณกระแสไหลผ่านอุปกรณ์แอ็กทีปเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาท์พุท $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ โดยหากกระแสโหลดเพิ่มขึ้นกระแสอุปกรณ์แอ็กทีปควบคุมจะลดลง และในทางกลับกันหากกระแสโหลดลดลงกระแสอุปกรณ์แอ็กทีปควบคุมจะเพิ่มขึ้นเพื่อชดเชยพอดี หรือกรณีที่แรงดันอินพุท $V_{in(dc)}$ เปลี่ยนแปลง ทำให้กระแสไหลผ่าน R_S เปลี่ยนแปลง โดยที่หากค่าแรงดันอินพุท $V_{in(dc)}$ เพิ่มขึ้นทำให้กระแสไหลผ่าน R_S เพิ่มขึ้น กระแสอุปกรณ์แอ็กทีปควบคุมจะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาค่าแรงดันเอาท์พุท $V_{out(dc)}$ ให้คงที่ตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.24 หลักการทำงานของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

จากรูปที่ 2.1.2 วงจรเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน ใช้ซีเนอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์แอ็กทีป ทำงานรักษาค่าแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ โดยที่แรงดันเอาท์พุทเท่ากับแรงดันซีเนอร์ $V_{out(dc)} = V_Z$ และกระแสควบคุมคือกระแสซีเนอร์ I_Z ตามสมการที่ (2.13) และ (2.14)



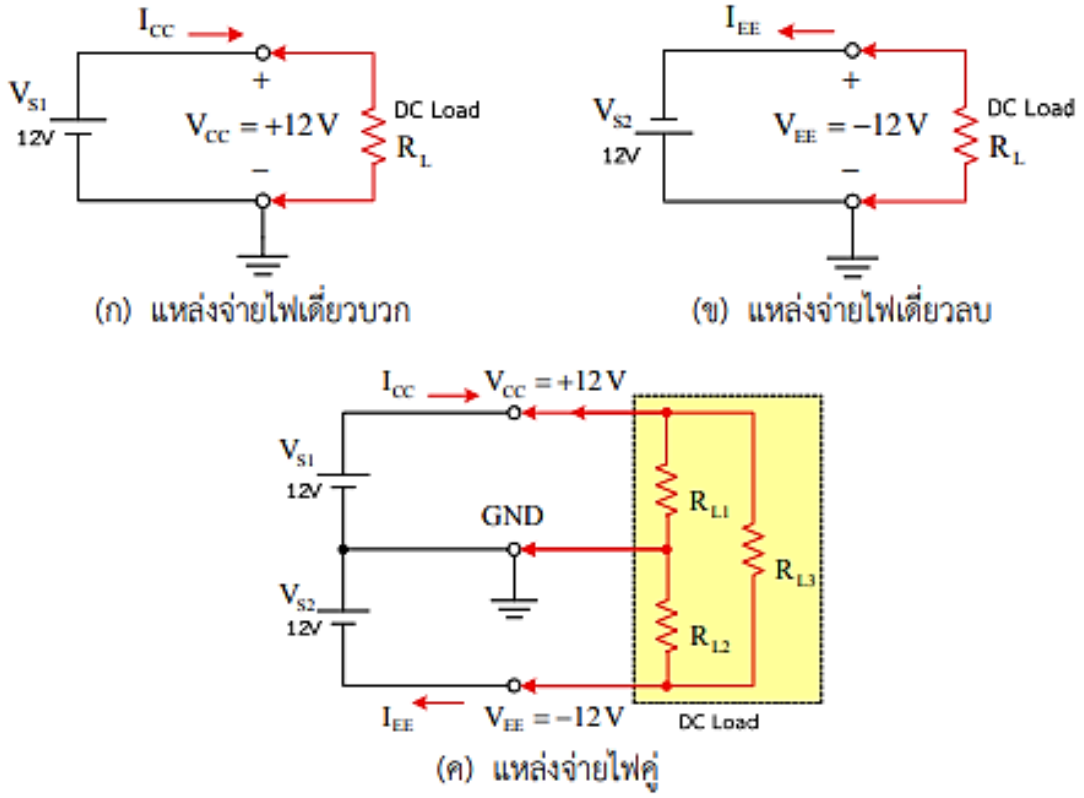
รูปที่ 2.25 วงจรเบื้องต้นของเร็กกูเลเตอร์แรงดันไฟฟ้าแบบขนาน

ผลการแบ่งกระแส; $$I_{in(dc)} = I_Z + I_{out(dc)} \quad (2.13)$$

แรงดันเอาท์พุท; $$\boxed{V_{out(dc)} = V_{in(dc)} - R_S \times \left(I_Z + I_{out(dc)}\right)} \quad (2.14)$$

2.8 แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว แหล่งจ่ายไฟคู่ (Single and Dual Power Supply)

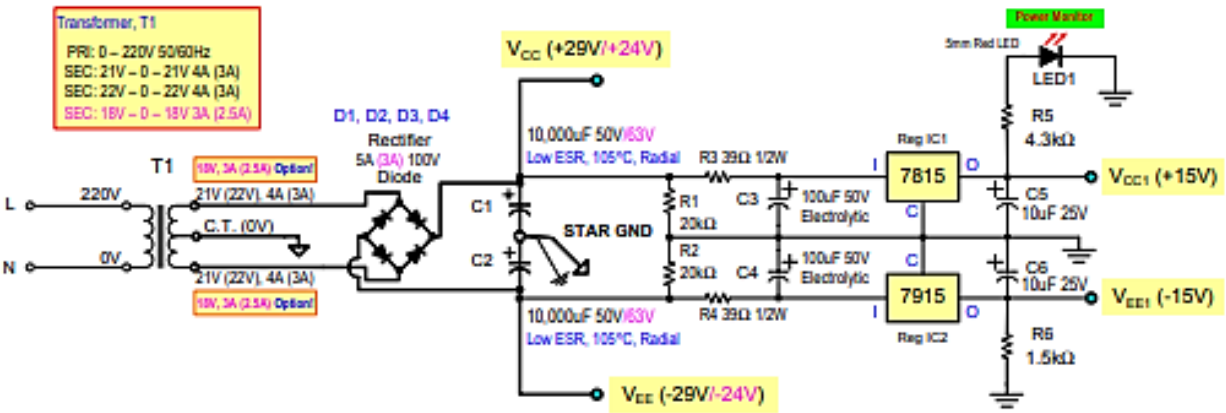
แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว (Single Power Supply) จ่ายแรงดันบวกหรือลบเพียงซีกเดียว ส่วนแหล่งจ่ายไฟคู่ (Dual Power Supply) จ่ายแรงดันซีกบวกและลบพร้อมกัน โดยแรงดันซีกบวกและลบปกติทั่วไปมักจะมีขนาดเท่ากัน ดังรูปที่ 2.27 เป็นแหล่งจ่ายไฟคู่ที่ใช้สำหรับการปฏิบัติงานในวิชาเครื่องเสียงนี้ ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟคู่แบบไม่เร็กกูเลท $\pm 29\,V$ และแบบเร็กกูเลท $\pm 15\,V$



(ก) แหล่งจ่ายไฟเดี่ยวบวก (ข) แหล่งจ่ายไฟเดี่ยวลบ

(ค) แหล่งจ่ายไฟคู่

รูปที่ 2.26 โครงสร้างวงจรเสมือนของแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.27 วงจรแหล่งจ่ายไฟคู่ แบบไม่เร็กกูเลท $\pm 29\,V$ และแบบเร็กกูเลท $\pm 15\,V$

ความรู้เชิงปฏิบัติการ

แผ่นปริ้นท์หรือแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า (Printed circuit board: PCB) คือแผ่นฉนวนเคลือบทองแดง (Copper Clad Laminate) ใช้แผ่นฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นฐานรอง ยึดติดด้วยแผ่นตัวนำทองแดงด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน

ลายวงจรบนแผ่นปริ้นท์หรือแผ่นพิมพ์วงจรไฟฟ้า ส่วนที่เป็นทองแดงหรือโลหะตัวนำอื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าให้ขา (Pin) ที่ต้องการของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน และแผ่นฉนวนไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นฐานรองยึดลายวงจรตัวนำไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ บน PCB เข้าด้วยกัน

ความหนาของแผ่นทองแดงบน PCB วัดเทียบน้ำหนักหน่วยเป็นออนซ์ (oz) ที่ถูกกดให้แบนและกระจายลงในพื้นที่ 1 ตารางฟุต และน้ำหนัก 1 ออนซ์ เทียบเท่ากับแผ่นทองแดงหนา 1.37 mils (หรือเท่ากับ 0.00137 inch, 0.0347 mm, 34.79 μm) ผลความกว้างของลายวงจรดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลความกว้างของลายวงจรจากแผ่นทองแดงบน PCB น้ำหนัก 1 และ 2 ออนซ์

ความกว้างของแทร็ก (เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 10°C) ความกว้างของแทร็กใช้หน่วย 1 ในพันนิ้ว (mils)			
กระแส (แอมป์)	หนัก 1 ออนซ์ (oz)	หนัก 2 ออนซ์ (oz)	ค.ต.ท. มิลลิโอห์ม/นิ้ว
1	10 mils	5 mils	52
2	30 mils	15 mils	17.2
3	50 mils	25 mils	10.3
4	80 mils	40 mils	6.4
5	110 mils	55 mils	4.7
6	150 mils	75 mils	3.4
7	180 mils	90 mils	2.9
8	220 mils	130 mils	2.3
9	260 mils	130 mils	2.0
10	300 mils	150 mils	1.7

ที่มา: PCB Design Tutorial by David L. Jones (Revision A - June 29th 2004) Page 7

ระยะห่างของเส้นลายวงจรตามมาตราฐาน IPC สำหรับไม่ใช่ไฟเมนส์ กรณีเส้นลายวงจรอยู่ภายใน (internal layers) และด้านนอก (external surface) ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่าและมากกว่า 3050m ดังตาราง

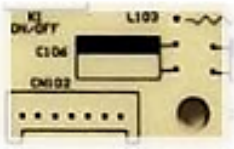
ตารางที่ 2.3 ระยะห่างของเส้นลายวงจรตามมาตราฐาน IPC สำหรับไม่ใช่ไฟเมนส์

ระยะห่าง (Clearances) ระหว่างตัวนำไฟฟ้า (เส้นลายวงจร)			
Voltage (DC or Peak AC)	Internal	External (<3050m)	External (>3050m)
0 – 15 V	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm
16 – 30 V	0.05 mm	0.1 mm	0.1 mm
31 – 50 V	0.1 mm	0.6 mm	0.6 mm
51 – 100 V	0.1 mm	0.6 mm	1.5 mm
101 – 150 V	0.2 mm	0.6 mm	3.2 mm
151 – 170 V	0.2 mm	1.25 mm	3.2 mm
171 – 250 V	0.2 mm	1.25 mm	6.4 mm
251 – 300 V	0.2 mm	1.25 mm	12.5 mm
301 – 500 V	0.25 mm	2.5 mm	12,5 mm

ที่มา: PCB Design Tutorial by David L. Jones (Revision A - June 29th 2004) Page 9

แผ่นปริ้นท์แบ่งตามชนิดของฉนวนได้คร่าวๆ คือ ชนิดฟีนอลิค (Phenolic) และชนิดอีพ็อกซี่ (Epoxy) และแผ่นปริ้นท์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.4 แผ่นปริ้นท์ชนิดที่นิยมใช้งานกันโดยทั่วไป

ชนิด PCB	รูปประกอบ	โครงสร้าง	คุณสมบัติและการใช้งาน
FR-1 PCB (Phenolic)		ฉนวนกระดาษพอลิเมอร์ฟีนอล สีน้ำตาล ทองแดงหน้าเดียว	ใช้งานทั่วไป อุณหภูมิ 265 °C ในเวลา 15 นาที ทนความชื้นได้ไม่ดี ความต้านทานต่ำ ราคาถูก
CEM-1 PCB (Epoxy)		ฉนวนใยแก้วทอยึดด้วยอีพอกซี่เรซิน สีขาวและสีเหลือง ทองแดงหน้าเดียว	ตัดเจาะได้ง่าย อุณหภูมิ 288 °C ในเวลา 30 นาที ทนความชื้นได้ต่ำกว่า FR-4 ราคาแพงกว่า FR-1

ชนิด PCB	รูปประกอบ	โครงสร้าง	คุณสมบัติและการใช้งาน
FR-4 PCB (FR4 PCB) (Epoxy)		ฉนวนผ้าทอใยแก้วยึดด้วยอีพอกซี่เรซิน สีฟ้าอ่อนและสีเหลือง ทองแดงหน้าเดียวและสองหน้า	ทนเปลวไฟ (ดับเพลิง) แข็งแรง เหนียว ทนต่อความชื้น ทนความร้อนได้สูง และทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง อุณหภูมิ 288 °C ในเวลา 30 นาที ใช้ในงานคุณภาพสูงกว่า
Flexible FPC		แผ่นทองแดงอ่อน บนฉนวนวัสดุประเภท Kapton	อ่อนตัวได้สูง ใช้แทนสายแพรในงานเคลื่อนที่ต่าง ๆ เช่นหน้าจอ LCD พับได้ จุดหมุนของแขนกล สายแพรหัวพริ้นเตอร์อิงค์เจ็ท
Aluminium Base PCB (AL CCL)		โครงสร้าง 3 ชั้น คือ แผ่นทองแดงหน้าเดียว วางบนแผ่นอลูมิเนียม โดยมีฉนวนไดอิเล็กตริกคั่นอยู่ตรงกลาง	อลูมิเนียม PCB ระบายความร้อนได้ดี และมีฉนวนไดอิเล็กตริกคั่นอยู่ตรงกลางทำให้ไม่นำไฟฟ้า นิยมใช้ในงานโคมไฟ LED และอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังสูง

ที่มา: MMC GLOBAL, http://www.mmc-glob.com/finishing-th.html

ตะกั่วบัดกรีเส้น (Solder wire) แบบมีฟลักซ์ในตัวสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์ ปกติใช้ชนิด 60/40 (โลหะส่วนผสมของดีบุก 60% และตะกั่ว 40%) ไส้ฟลักซ์ชนิดไม่กัดกร่อนอยู่ภายในเส้นตะกั่ว บัดกรีเสร็จไม่ต้องล้างออก เกิดเป็นฟิล์มปิดผิวงาน ป้องกันออกไซด์และช่วยให้งานบัดกรีเป็นเงาสวยงาม ไม่ต้องใช้ฟลักซ์เสริมในงานบัดกรี ตะกั่วบัดกรีเส้นที่นิยมใช้กันมีขนาด 0.4mm, 0.6mm, 0.8mm, 1.0mm และ 1.2mm งานบัดกรีเครื่องเสียงขนาดพอเหมาะคือ 0.8mm หรือ 1.0mm

ตัวประสานหรือฟลักซ์ (Soldering Flux) หรือยางสน (Rosin) เป็นตัวประสานสำหรับงานบัดกรีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยตะกั่ว ตัวประสานแบ่งเป็นชนิดไม่กัดกร่อน ชนิดกัดกร่อนอย่างอ่อน และชนิดกัดกร่อนอย่างสูง ในงานอิเล็กทรอนิกส์ใช้เฉพาะชนิดไม่กัดกร่อนโดยไม่ต้องล้างออกเมื่อใช้งานเสร็จหรือล้างออกได้ด้วยน้ำ และชนิดกัดกร่อนอย่างอ่อนเมื่อใช้งานเสร็จล้างออกด้วยน้ำ ล้างออกด้วยน้ำยาล้างฟลักซ์หรือแอลกอฮอล์ มีทั้งชนิดเหลว (Liquid Flux) และชนิดครีมทา (Rosin flux paste) ฟลักซ์ชนิดเหลวมีบรรจุ แบบปากกา แบบหลอดฉีดยา และแบบกระป๋อง ส่วนชนิดครีมทามีบรรจุ แบบหลอดฉีดยา แบบตลับ และแบบกระป๋อง

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 8

วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. วงจรใดของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่จ่ายออกมาเพื่อนำไปใช้งาน
   - ก. วงจร Voltage Fixed
   - ข. วงจร Filter Voltage
   - ค. วงจร Rectifier Voltage
   - ง. วงจร Voltage Regulator
   - จ. วงจร Voltage Protection
2. วงจรกรองแรงดันด้วยตัวเก็บประจุ ใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่า 1,000 μF ต่อกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ขณะต่อโหลดมีกระแสไหล 200 mA จงคำนวณหาค่าแรงดันริปเปิล($V_{r(p-p)}$)
   - ก. 2 μV_{P-P}
   - ข. 2 mV_{P-P}
   - ค. 20 mV_{P-P}
   - ง. 2 V_{P-P}
   - จ. 20 V_{P-P}
3. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนานใช้หลักการใดในการรักษาระดับแรงดันให้คงที่
   - ก. ใช้หลักการนำกระแสไปควบคุมแรงดัน
   - ข. ใช้หลักการป้อนกลับจากเอาต์พุตมายังอินพุต
   - ค. ใช้หลักการแบ่งแรงดันในวงจรของตัวต้านทาน
   - ง. ใช้หลักการแบ่งกระแสในวงจรของซีเนอร์ไดโอด
   - จ. ใช้หลักการทำงานของซีเนอร์ไดโอดที่ทำงานในชาวงเบรคดาว์น
4. ในการออกแบบวงจรรักษาระดับแรงดันแบบขนานโดยใช้ซีเนอร์ไดโอด ถ้ากำหนดให้แรงดันอินพุตมีค่า 13-15V กระแสไหลผ่านโหลดมีค่า 50-100 mA แรงดันซีเนอร์ไดโอดมีค่า 12 V จะต้องใช้ค่า R_S ในวงจรค่าเท่าใด
   - ก. 1.4 Ω
   - ข. 14 Ω
   - ค. 140 Ω

ง. 1.4 kΩ

จ. 14 kΩ

5. ในการออกแบบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง แบบปรับค่าได้ปัจจุบันมีไอซีเบอร์ใดที่นิยมนำมาใช้

ก. LM317

ข. LM741

ค. LM555

ง. 78XX

จ. 79XX

6. ถ้าต้องการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ให้สามารถจ่ายกระแสได้สูง ๆ ควรเลือกใช้วงจรแบบใด

ก. แบบใดก็ได้เพราะจ่ายกระแสได้เหมือนกัน

ข. แบบใช้ซีเนอร์ไดโอดต่อขนานกันหลาย ๆ ตัว

ค. แบบใช้ไอซีควบคุมแรงดันที่จ่ายกระแสได้สูง ๆ

ง. แบบใช้มอสเฟตร่วมกับไอซี หรือซีเนอร์ไดโอดเพื่อเพิ่มกระแส

จ. แบบใช้ทรานซิสเตอร์ร่วมกับไอซีหรือซีเนอร์ไดโอดเพื่อเพิ่มกระแส

7. จงคำนวณหาค่า Load Regulation ของวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อขณะไม่ต่อโหลดมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 15.2 V และเมื่อต่อโหลดมีแรงดันเอาต์พุตเท่ากับ 14.8V

ก. 0.17%

ข. 0.27%

ค. 1.7%

ง. 2.7%

จ. 27%

8. จงคำนวณหาค่า Line Regulation ของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจากค่าต่ำสุด 12.1 V ถึงหาค่าสูงสุด 13.8V เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่อินพุตเปลี่ยนแปลงอยู่บนช่วง 215-225 V

ก. 0.14%

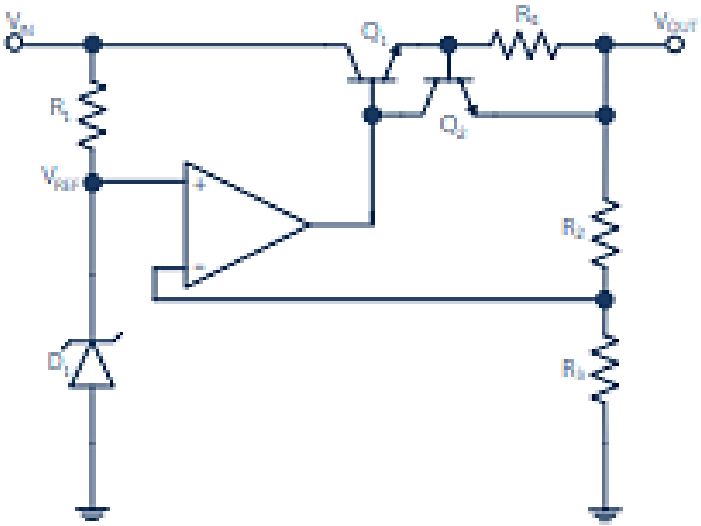
ข. 0.24%

ค. 2.4%

ง. 14%

จ. 24%

9. จากวงจรในรูปที่ 1 อุปกรณ์ตัวใดที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสไม่ให้ไหลเกินกว่าที่กำหนด



รูปที่ 1

ก. Q_1 และ Q_2

ข. Q_2 และ R_4

ค. Q_1 และ R_4

ง. R_1 และ D_1

จ. R_2 และ R_3

10. วงจรรักษาระดับแรงดันแบบอนุกรมใช้หลักการใดในการรักษาระดับแรงดันให้คงที่

ก. ใช้หลักการควบคุมแรงดันด้วยไอซี

ข. ใช้หลักการแบ่งกระแสในวงจรด้วยไอซี

ค. ใช้หลักการนำกระแสไปควบคุมแรงดัน

ง. ใช้หลักการป้อนกลับแบบลบเพื่อรักษาระดับแรงดดัน

จ. ใช้หลักการควบคุมแรงดันด้วยซีเนอร์ไดโอด

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 8

วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

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

	ใบงาน ที่ 8	หน่วยที่ 8
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 9-10
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 8 ชม.
ชื่องาน วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

3.2 เลือกใช้วงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรเพาเวอร์ซัพพลายเพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรเพาเวอร์ซัพพลายด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรเพาเวอร์ซัพพลายได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์**

1. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์	1เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ 0-30 V 3 A	1 เครื่อง
3. ไอซีเบอร์ LM 358	1 ตัว
4. ตัวตานทานคงที่ 1 kΩ 0.5 W, 100 Ω 5 W และ 0.1 Ω 5 W อยางละ	1 ตัว
5. ตัวตานทานคงที่ 10 kΩ 0.5 W	2 ตัว
6. ซีเนอร์ไดโอด 7.5 V	1 ตัว
7. ทรานซิสเตอร์เบอร์ BD 139	2 ตัว
8. แผงประกอบวงจรและสายตอวงจร	1 ชุด

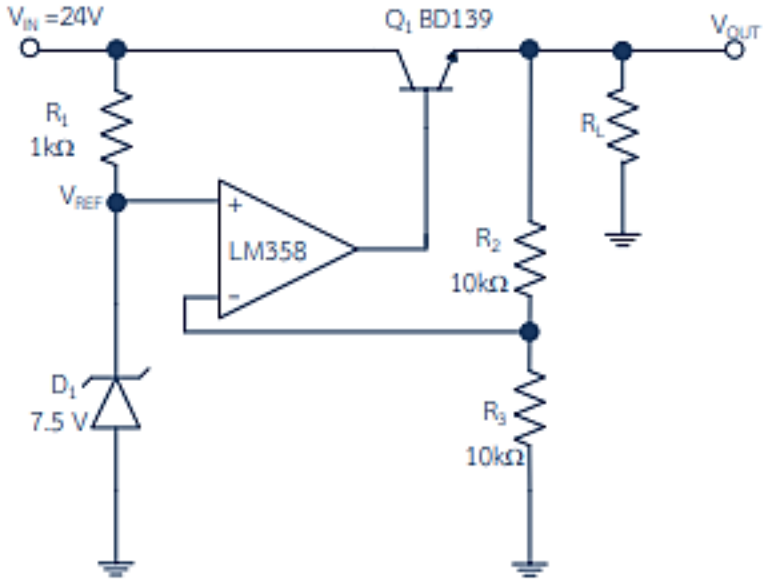
6. **คำแนะนำ/ข้อควรระวัง**

-

7. **ขั้นตอนการปฏิบัติ**

ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติใบงาน

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.2.1 ค่าความต้านทานโหลดเทากับ 1 kΩ 0.5 W



รูปที่ 3.2.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟที่มีวงจรรักษาระดับแรงดัน

2. ใช้มัลติมิเตอร์ วัดค่าแรงดันตกคร่อมที่จุด ต่อไปนี้ บันทึกผล

V_{REF} = ... V V_{R3} = ... V

3. ใช้มัลติมิเตอร์ วัดค่าแรงดัน และกระแสเอาต์ พุต

V_{OUT} = ... V I_{OUT} = ... A

S

4. เปลี่ยนค่าความต้านทานโหลดเท่ากับ 100 Ω 5 W แล้วใช้มัลติมิเตอร์ วัดค่าแรงดันและกระแสเอาต์พุต

V_{OUT} = ... V I_{OUT} = ... A

5. จงอธิบายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

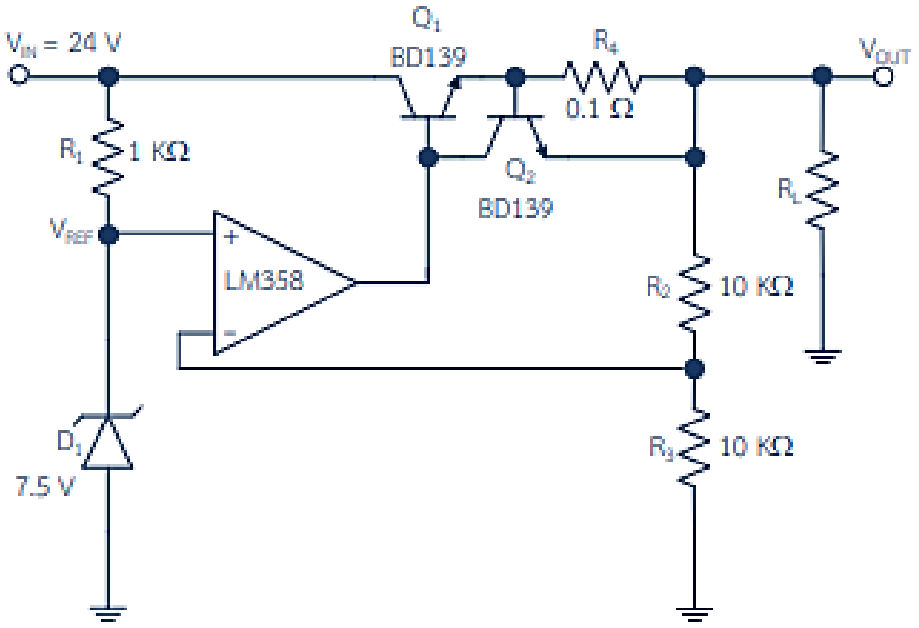
.....

.....

.....

.....

6. ต่อวงจรดังรูปที่ 3.2.2 ค่าความต้านทานโหลดเท่ากับ 1 kΩ 0.5 W



รูปที่ 3.2.2 วงจรรักษาระดับแรงดันที่เพิ่มวงจรป้องกันกระแสโหลดเกินพิกัด

7. ใช้มัลติมิเตอร์ วัดค่าแรงดัน และกระแสเอาต์พุต

V_{OUT} = ... V I_{OUT} = ... A

8. เปลี่ยนค่าความต้านทานโหลดเทากับ 100 Ω 5 W แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดค่า แรงดัน และกระแสเอาต์พุต

V_{OUT} = ... V I_{OUT} = ... A

9. ใช้มัลติมิเตอร์ วัดค่าแรงดัน

V_{REF} = ... V V_{R3} = ... V

10. จงอธิบายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 9
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 11-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรออสซิลเลเตอร์	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน วงจรออสซิลเลเตอร์		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรออสซิลเลเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรออสซิลเลเตอร์

3.2 เลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์

5.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 9 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 9

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของวงจรออสซิลเลเตอร์

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของวงจรออสซิลเลเตอร์และสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของวงจรออสซิลเลเตอร์และสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง วงจรออสซิลเลเตอร์ในอุดมคติ และวงจรออสซิลเลเตอร์ในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับวงจรออสซิลเลเตอร์และการแปลความหมายวงจรออสซิลเลเตอร์

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 9

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 9

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 9 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์การทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์ลักษณะสมบัติของวงจรออสซิลเลเตอร์การตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 9 เรื่อง วงจรออสซิลเลเตอร์

7.2 ของจริง วงจรเพาเวอร์ซัพพลายต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ วงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์
3. แก้ไขตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ตามแบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 9
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 11-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรออสซิลเลเตอร์	ทฤษฎี 2 ชม.
ชื่อเรื่อง วงจรออสซิลเลเตอร์		ปฏิบัติ 8 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรออสซิลเลเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรออสซิลเลเตอร์

3.2 เลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เนื้อหาสาระ**

บทนำ

วงจรเบื้องต้นของการกำเนิดความถี่อิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบด้วยขดลวด (Inductor, L) และตัวเก็บประจุ (Capacitor, C) ต่อเป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน ในช่วงแรกจ่ายไฟให้ C ซึ่ง C จะทำการประจุและคายประจุสลับกัน L จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัว และยุบตัวสลับกัน ทำให้เกิดสภาวะการทำงาน เรียกว่า วงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีหลายแบบเรียกชื่อตามผู้ค้นพบ ซึ่งทั้งหมดจะได้ศึกษาในหัวข้อต่อไป

6.1 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบอาร์มสตรอง (Armstrong Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบอาร์มสตรอง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

L_2C_1 เป็นชุดสร้างความถี่

Q_1 เป็นวงจรขยายความถี่

R_1 เป็นตัวจัดระดับแรงดันไบอัสที่ขาเบส

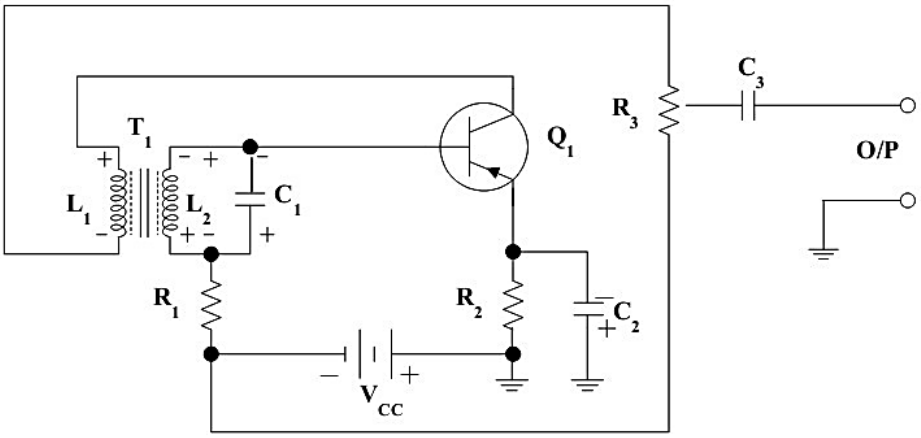
R_2 เป็นตัวควบคุมการทำงานของ Q_1

R_3 เป็นโหลดที่ปรับความแรงของสัญญาณ AC ที่ส่งออกเอาท์พุท

L_1 เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

C_2 เป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวน

C_3 เป็นตัวทำหน้าที่คับปลิ้งให้สัญญาณไฟเฉพาะ AC ผ่านเข้าและผ่านออกและทำหน้าที่กั้นไฟ DC ไม่ให้ผ่าน เข้าไปยังวงจรเรโซแนนท์ด้วย



รูปที่ 6.1 วงจรกำเนิดความถี่แบบอาร์มสตรอง

จากรูปที่ 6.1 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้

เมื่อจ่ายไฟจากแหล่งจ่าย V_{cc} ที่มีศักย์เป็นลบเข้าวงจร จ่ายผ่าน R_1 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวลดระดับแรงดันให้พอเหมาะกับที่ขา B ของ Q_1 ต้องการ ผ่าน L_2 ไปไบอัสให้กับขา B ทำให้ Q_1 นำกระแสเกิดมีกระแสไหลผ่าน L_1 เกิดศักย์ตกคร่อมที่ L_1 ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออกจาก L_1 และเหนี่ยวนำมายัง L_2 ศักย์ที่ตกคร่อม L_2 จะมีค่าตรงกันข้ามกับ L_1 คือ ด้านบนเป็นลบและด้านล่างเป็นบวก ศักย์ลบจะจ่ายมาประจุให้ C_1 ทำให้ C_1 มีศักย์ตกคร่อมด้านบนเป็นลบและ ด้านล่างเป็นบวก เช่นกัน จากนั้นศักย์ลบที่ด้านบน C_1 ก็จะจ่ายเป็นไบอัสเสริมให้ขา B จึงทำให้ขา B มีศักย์เป็นลบมากขึ้น (Q_1 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จึงต้องไบอัสที่ขา B ด้วยไฟลบ) Q_1 ก็จะนำกระแสมากขึ้น ทำให้มีกระแสไหลผ่าน L_1 ได้มากขึ้นอีก จึงเกิดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำมายัง L_2 มากขึ้น C_1 จะประจุแรงดันไฟได้มากขึ้น มีศักย์ลบจ่ายให้ขา B ของ Q_1 มากขึ้น Q_1 ก็จะนำกระแสมากขึ้นไปอีก สภาวะการทำงานเช่นนี้จะเกิดไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง Q_1 นำกระแสถึงจุดอิ่มตัว กระแสก็จะไหลผ่าน L_1 คงที่ เมื่อ Q_1 นำกระแสคงที่ สนามแม่เหล็กของ L_1 ก็จะไม่เพิ่มขึ้น ไม่มีการชักนำมาที่ L_2 จึงทำให้ C_1 ต้องเริ่มคายประจุที่มีศักย์เป็นลบผ่านตัว L_2 ทำให้ศักย์ลบที่จ่ายให้กับขา B ของ Q_1 นั้นลดลง Q_1 จึงนำกระแสลดลงจนกระทั่ง C_1 คายประจุที่มีศักย์ลบหมด Q_1 นำกระแสในสภาวะปกติ ในขณะที่ C_1 คายประจุที่มีศักย์เป็นลบผ่าน L_2 ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออกจาก L_2 มีศักย์ด้านบนเป็นลบ ด้านล่างเป็นบวก เมื่อ C_1 คายประจุหมด สนามแม่เหล็กใน L_2 ที่พองตัวเต็มที่ก็จะยุบตัวตัดผ่านขดลวด L_2 เกิดมีแรงดันชักนำขึ้นขณะนี้ศักย์ตกคร่อม L_2 ด้านบนจะเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ศักย์บวกจะจ่ายไปประจุให้ C_1 ทำให้เกิดศักย์บวกตกคร่อม C_1 ด้านบน และศักย์ลบด้านล่าง ศักย์บวกค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทำให้ไบอัสที่จ่ายให้กับขา B ของ Q_1 ค่อย ๆ ลดลงจากปกติ Q_1 ก็จะค่อย ๆ นำกระแส น้อยลง จนสนามแม่เหล็กในขดลวด L_2 ยุบตัวหมด และ C_1 ประจุเต็ม C_1 ก็จะเริ่มคายประจุซึ่งเป็นศักย์บวกผ่าน L_2 อีกครั้ง ทำให้เกิดศักย์ตกคร่อม L_2 ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ L_2 เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวอีกครั้ง C_1 จะคายประจุที่เป็นศักย์บวกผ่าน L_2 ทำให้ศักย์บวกด้านบนของ C_1 ค่อย ๆ ลดลง ไบอัสที่ขา B ของ Q_1 จึงมีศักย์ลบเพิ่มขึ้น Q_1 ก็จะค่อย ๆ นำกระแสมากขึ้นอีกครั้ง จนกระทั่ง C_1 คายประจุหมด สนามแม่เหล็กที่ L_2 จะพองตัวเต็มที่ Q_1 จะนำกระแสเข้าสู่สภาวะปกติ L_2 จะเริ่มยุบตัวลงตัดผ่านขดลวด L_2 เกิดแรงดันชักนำขึ้นอีกครั้ง มีศักย์ตกคร่อม L_2 ด้านบนเป็นลบ ด้านล่างเป็นบวก อีกครั้งเหมือนครั้งแรก ซึ่งก็จะมีสภาวะการทำงานเหมือนเดิม จนกระทั่ง มีศักย์ลบไปประจุที่ C_1 ด้านบนเป็นลบ ด้านล่างเป็นบวก เป็นการเสริมระดับความแรงของสัญญาณที่เกิดในวงจรเรโซแนนท์ L_2 C_1 ครั้งที่ 2 ที่ลดลง ให้มีระดับความแรงคงที่

สภาวะการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบอาร์มสตรองจะทำงานเช่นนี้ตลอดเวลา ทำให้เกิดศักย์ตกคร่อม R_3 เป็นสัญญาณไฟ AC ที่มีความถี่คงที่ค่าหนึ่งตามการกำหนดค่าความถี่ด้วยวงจรเรโซแนนท์ L_2 C_1 R_3 เป็นความต้านทานปรับค่าได้ ขากลางของ R_3 เป็นขาส่งสัญญาณไฟ AC ออก โดยมี C_3 เป็นตัวคับปลิ้ง (Coupling) ให้สัญญาณเฉพาะไฟ AC ผ่านออกเอาท์พุท และกั้นไฟ DC ไว้ และปรับระดับความแรงของความถี่ที่ส่งออกด้วย R_3

6.2 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์ (Hartley Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

L_2C_1 เป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนานที่ทำหน้าที่เป็นชุดสร้างความถี่

Q_1 เป็นวงจรขยายความถี่

R_1 เป็นตัวกำหนดระดับแรงดันไบอัสที่ขาเบส

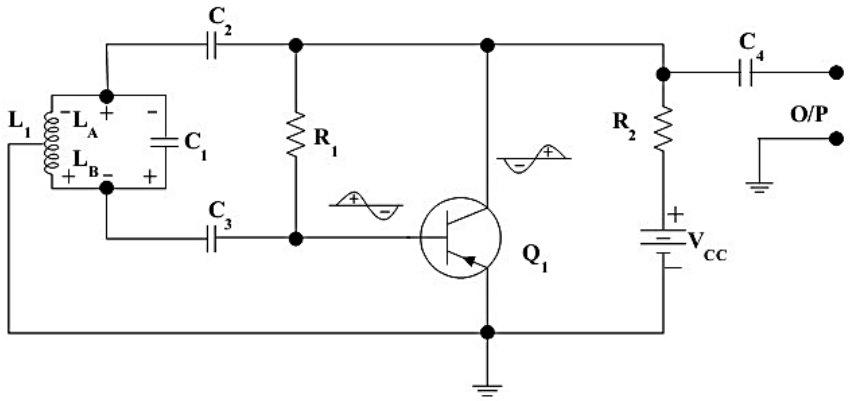
R_2 เป็นโหลดของวงจร ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่ที่ผลิตขึ้นมาไว้ก่อนส่งออกเอาต์พุท

C_2 เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

C_3 เป็นตัวทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณความถี่ที่จ่ายมาจากชุดสร้างความถี่ไปให้ขาเบสของ Q_1

C_4 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณความถี่ที่ตกคร่อม R_2 จ่ายผ่านเอาต์พุท และป้องกัน แรงดันไฟ DC ไม่ให้ส่งออก

โดยอาศัยคุณสมบัติการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ Q_1 ที่ต่อวงจรเป็นแบบอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) ที่สัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทมีเพสต่างกัน 180° ทำให้ C_2 มีการป้อนกลับสัญญาณเป็นแบบป้อนกลับทางบวก ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 วงจรกำเนิดความถี่แบบฮาร์ทเลย์

จากรูปที่ 6.2 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้

เมื่อจ่ายไฟจากแหล่งจ่าย V_{cc} จะมีไฟศักย์บวกจ่ายผ่าน R_1 ไปไบอัสให้ขา B ของ Q_1 ซึ่ง Q_1 จะทำงานคงที่ที่ค่าหนึ่ง R_1 จะทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสและลดแรงดันที่จะจ่ายไฟเลี้ยงขา B ของ Q_1

เมื่อ Q_1 ทำงาน จะทำให้ความต้านทานระหว่างขา C กับขา E ของ Q_1 มีค่าลดลง จึงทำให้ขา C ของ Q_1 มีศักย์เป็นลบมากขึ้น และศักย์ลบจะคับปลิ้งผ่าน C_2 ไปตกคร่อมที่ L_1 ด้านบนเป็นศักย์ลบ ด้านล่างเป็นศักย์บวก C_1 ก็จะประจุไฟด้านบนเป็นศักย์ลบ ด้านล่างเป็นศักย์บวก ซึ่งศักย์บวกที่ด้านล่างของ C_1 จะคับปลิ้งผ่าน C_3 ไปจ่ายเป็นไบอัสเสริมให้ขา B ของ Q_1

เมื่อขา B ของ Q_1 มีศักย์บวกมากขึ้น (Q_1 เป็นทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN จะไบอัสขา B ด้วยไฟบวก) ก็จะนำกระแสมากขึ้นทำให้ได้สัญญาณเป็นลบออกที่ขา C ของ Q_1 มากขึ้น จ่ายผ่าน C_2 มาตกคร่อมด้านบน L_1 มากขึ้น C_1 จะประจุไฟได้มากขึ้น ทำให้ด้านล่างของ C_1 มีศักย์เป็นบวกมากขึ้น ส่ง ผ่าน C_3 ไปจ่ายเสริมไบอัสบวกให้ขา B ของ Q_1 ได้มากขึ้น Q_1 ก็จะนำกระแสมากขึ้นอีก

สภาวะการทำงานจะเป็นเช่นนี้จนกระทั่ง Q_1 นำกระแสจนถึงจุดอิ่มตัว สัญญาณลบที่ขา C ของ Q_1 มีค่าคงที่ ไม่มีสัญญาณคับปลิ้งผ่าน C_2 ไปที่ L_1 และ C_1 อีก C_1 ก็จะคายประจุผ่าน L_1 มีศักย์ตกคร่อม L_1 ด้านบนเป็นลบ ด้านล่างเป็นบวก L_1 จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออกและศักย์บวกที่ด้าน ล่าง C_1 จะค่อย ๆ ลดลง ทำให้ไบอัสบวกที่จ่ายให้ขา B ของ Q_1 ค่อย ๆ ลดต่ำลง Q_1 ก็จะนำกระแสค่อย ๆ น้อยลง จน C_1 คายประจุหมด ไบอัสบวกที่จ่ายให้ขา B ของ Q_1 เป็นค่าเดิมตามที่ R_1 จ่ายให้ Q_1 จะนำกระแสเข้าสู่สภาวะปกติ L_1 จะเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวเต็มที่ เมื่อ C_1 คายประจุมาให้ L_1 หมด จากนั้นสนามแม่เหล็ก ก็จะเริ่มยุบตัวลงตัดผ่านขดลวด L_1 เกิดแรงดันชักนำขึ้นที่ L_1 มีศักย์ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ไปประจุที่ C_1 อีกครั้งมีศักย์ไฟด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และศักย์ลบข้างล่างของ C_1 จะถูกคับปลิ้งผ่าน C_3 ไปให้ขา B ของ Q_1 ทำให้ศักย์บวกที่ขา B ของ Q_1 ค่อย ๆ ลดลง Q_1 ก็จะนำกระแสค่อย ๆ น้อยลง ขา C ของ Q_1 จะมีศักย์เป็นบวกค่อย ๆ มากขึ้น คับปลิ้งผ่าน C_2 ไปที่ L_1 เกิดศักย์ตกคร่อม L_1 ด้านบนเป็นบวกด้านล่างลบ ไปเสริมแรงดันชักนำที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก L_1 ยุบตัวตัดขดลวด L_1 ไปเสริมการประจุของ C_1 จนกระทั่ง L_1 ยุบตัวหมด และ C_1 ประจุเต็ม C_1 ก็จะเริ่มคายประจุผ่าน L_1 อีกครั้ง L_1 เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออก ศักย์ลบที่ด้านล่าง C_1 จะค่อย ๆ น้อยลง ทำให้ศักย์บวกที่ขา B ของ Q_1 ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น Q_1 นำกระแสค่อย ๆ มากขึ้น จนกระทั่ง C_1 คายประจุหมด สนามแม่เหล็ก L_1 พองตัวเต็มที่ Q_1 จะทำงานเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้ง

และเมื่อ L_1 เริ่มยุบตัวตัดผ่านขดลวด L_1 อีกครั้ง สภาวะการทำงานจะเหมือนครั้งแรก จะเป็นเช่นนี้เรื่อยไปทำให้เกิดสัญญาณความถี่ กระแสสลับตกคร่อม R_2 และจะส่งผ่าน C_4 คับปลิ้งสัญญาณออกเอาท์พุท

การเปลี่ยนแปลงความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบนี้ ทำได้โดยการเปลี่ยนค่า L_1 หรือ C_1 จะทำให้วงจรเรโซแนนท์ตอบสนองความถี่เปลี่ยนไป C_2 และ C_3 ที่ต่อในวงจรนอกจากเป็นตัวทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณไฟ AC ผ่านเข้าและผ่านออกจากวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน L_1 C_1 แล้ว ยังทำหน้าที่กั้นไฟ DC ไม่ให้ผ่านเข้าไปยังวงจรเรโซแนนท์ด้วย ถ้าวงจรเรโซแนนท์มีการทำงานคงที่ความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาก็จะคงที่ด้วย

6.3 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลปิตส์ (Colpitts Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลปิตส์ ถ้าพิจารณาในส่วนประกอบหลัก ๆ แล้วจะคล้ายกับวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์ คล้ายกันทั้งลักษณะวงจรและการทำงาน มีส่วนแตกต่างกันคือ ส่วนของชุดเรโซแนนท์ L_1 C_1 C_2 แบบโคลปิตส์ จะแทปที่ ตัว C_1 C_2 ลงกราวด์ ส่วนของฮาร์ทเลย์จะแทปที่ตัว L_1 ลงกราวด์ อุปกรณ์ที่ประกอบอยู่ในวงจรจะทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

L_1C_1 C_2 เป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนานที่ทำหน้าที่เป็นชุดสร้างความถี่

Q_1 เป็นวงจรขยายความถี่

R_1, R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันจ่ายไบอัสตรงให้ขาเบสของ Q_1

R_3 เป็นโหลดของวงจร ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่ที่ผลิตขึ้นมาไว้ก่อนส่งออกเอาท์พุท และทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสให้ไหลผ่าน Q_1 ให้พอเหมาะ

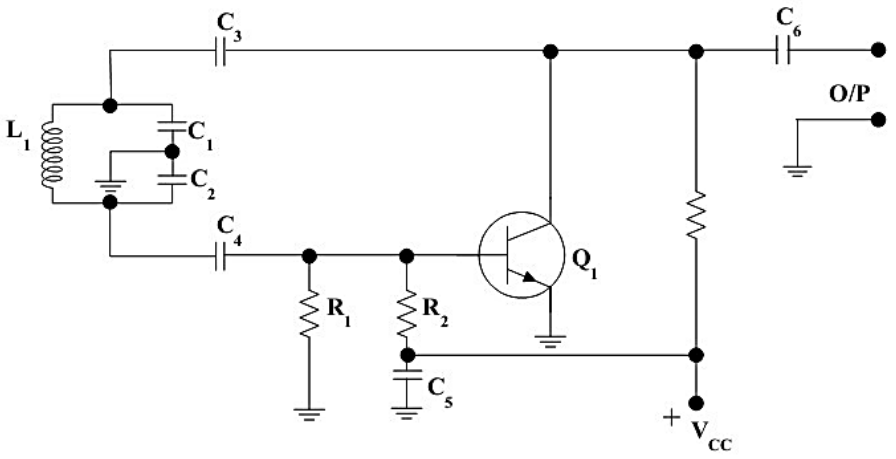
C_3 เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

C_4 เป็นตัวทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณความถี่ที่จ่ายมาจากชุดสร้างความถี่ไปให้ขาเบสของ Q_1

C_5 เป็นตัวทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทิ้ง

C_6 เป็นตัวทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณความถี่ที่ตกคร่อม R_3 จ่ายผ่านเอาท์พุท และป้องกัน แรงดันไฟ DC ไม่ให้ส่งออก

โดยอาศัยคุณสมบัติการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ Q_1 ที่ต่อวงจรเป็นแบบอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) ที่สัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทมีเพสต่างกัน 180° ตามรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 วงจรกำเนิดความถี่แบบโคลปิตส์
ที่มา : พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์.2540 หน้า 62

จากรูปที่ 6.3 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้

ลักษณะการทำงานของ วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลปิตส์จะคล้ายกับวงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์ คือ ต้องมีการกำเนิดความถี่ขึ้นมาจากชุดสร้างความถี่ของวงจรเรโซแนนท์ L_1 C_1 C_2 แบบขนาน มีการเก็บประจุและคายประจุของ C_1 C_2 การยุบตัวและพองตัวของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ L_1 เกิดสัญญาณไฟ AC ตกคร่อม C_2 จ่ายเป็นไบอัสเสริมและหักล้างให้กับขา B เทียบกับขา E ของ Q_1 ทำให้ Q_1 นำกระมากขึ้นหรือน้อยลง ได้สัญญาณไฟสลับออกที่ขา C ของ Q_1 กลับเฟสจากขา B ของ Q_1 ไป 180° มาตกคร่อม R_3 เป็นสัญญาณออก และบางส่วนถูก C_3 คับปลิ้งสัญญาป้อนกลับมาเข้าวงจรเรโซแนนท์ขนาน L_1 C_1 C_2 เพื่อเสริมความแรงของสัญญาณไฟ AC ที่เกิดขึ้นให้มีระดับความแรงคงที่ ควบคุมการทำงานของ Q_1 ให้มีอัตราขยายคงที่ จะทำให้ได้สัญญาณความถี่ถูกคับปลิ้งออกที่ C_6 ออกเอาท์พุท มีทั้งระดับความแรงและความถี่คงที่สม่ำเสมอ

R_1 และ R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟ (Voltage Divider) มีศักย์บวกตกคร่อม R_1 คงที่จ่ายเป็นไบอัสตรง (Forward Bias) จ่ายให้ขา B ของ Q_1 Q_1 จะนำกระแสคงที่การเปลี่ยนแปลงการทำงานคือทำงานมากขึ้นหรือน้อยลงขึ้นอยู่กับศักย์บวก, ลบ ที่ตกคร่อม C_2 ทำให้เกิดการขยายสัญญาณออกเอาท์พุท C_5 ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนที่อาจจะติดมากับแหล่งจ่ายไฟ V_{cc} ทิ้งไป

6.4 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบบล็อกกิ้ง (Blocking Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบบล็อกกิ้ง จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

L_1 C_1 เป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนานที่ทำหน้าที่เป็นชุดสร้างความถี่

Q_1 เป็นวงจรขยายความถี่

R_1 เป็นตัวกำหนดแรงดันไบอัสร่วมกับ VR_1 ให้ขาเบสของ Q_1

R_2 เป็นจำกัดแรงดันให้ขาอีมิตเตอร์ ของ Q_1

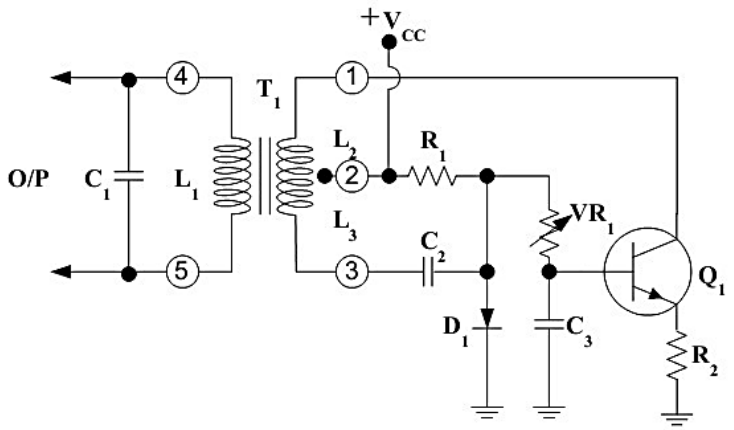
VR_1 เป็นตัวปรับระดับการทำงานของ Q_1

L_2 L_3 เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

C_2 เป็นตัวส่งผ่านแรงไฟจากจุด 3 ไปยัง D_1

C_3 เป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนทิ้งลงกราวด์

D_1 เป็นตัวควบคุมการจ่ายไบอัสตรงให้ขาเบสของ Q_1



รูปที่ 6.4 วงจรกำเนิดความถี่แบบบล็อกกิ้ง
ที่มา : พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์.2540 หน้า 63

จากรูปที่ 6.4 อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้

เมื่อจ่ายไฟ V_{cc} จากแหล่งจ่ายเข้าวงจร จะมีแรงดันศักย์บวก ส่วนหนึ่งตกคร่อม D_1 จ่ายเป็นไบอัสตรงให้ขา B ของ Q_1 ทำให้ Q_1 นำกระแสมีกระแสไหลผ่านจากแหล่งจ่าย V_{cc} ผ่าน L_2 ไป Q_1 ผ่าน R_2 ครบวงจร เกิดศักย์ตกคร่อม L_2 จุด (2) เป็นบวก จุด (1) เป็นลบ L_2 มีสนามแม่เหล็กพองตัวออกและชักนำผ่านมายังขด L_3 เกิดแรงดันชักนำตกคร่อม L_3 จุด (2) เป็นลบ จุด (3) เป็นบวก C_2 จะประจุไฟไว้ด้านซ้ายเป็นบวก ด้านขวาเป็นลบ

ขณะที่ C_2 กำลังประจุไฟจะมีกระแสไหลผ่าน R_1 ซ้ายลบ ขวาบวก ทำให้มีศักย์บวก จ่ายเสริมไบอัสให้ขา B ของ Q_1 มากขึ้น Q_1 นำกระแสมากขึ้น มีกระแสไหลผ่าน L_2 มากขึ้น L_2 เกิดสนามแม่เหล็กพองตัวมากขึ้น เหนี่ยวนำตัดผ่าน L_3 มากขึ้น เกิดศักย์ตกคร่อม L_3 ที่จุด (2) เป็นลบมากขึ้น จุด (3) เป็นบวกมากขึ้น C_2 ประจุไฟไว้มากขึ้น มีศักย์ตกคร่อม R_1 ซ้ายลบ ขวาบวก มากขึ้น มีบวกจ่ายเป็นไบอัสให้ขา B ของ Q_1 มากขึ้น Q_1 นำกระแสมากขึ้น มีกระแสไหลผ่าน L_2 มากขึ้นอีก

สภาวะการทำงานจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่ง Q_1 นำกระแสถึงจุดอิ่มตัว กระแสไหลผ่าน L_2 คงที่ สนามแม่เหล็กใน L_2 จะคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีก ไม่มีการชักนำผ่านมาขด L_3 L_3 ไม่มีศักย์ตกคร่อม จึงทำให้ C_2 ที่ประจุไฟไว้คายประจุผ่าน L_3 ศักย์ตกคร่อมจุดต่าง ๆ จะสลับจากครั้งแรก (จากลบเป็นบวก และจากบวกเป็นลบ)

การทำงานของวงจรจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป ทำให้เกิดสัญญาณไฟกระแสสลับตกคร่อมที่ จุด (1), (3) มีศักย์เป็นบวก และศักย์เป็นลบ ตกคร่อมสลับกันตลอดเวลา เหนี่ยวนำผ่านขดลวด L_1 มีศักย์ตกคร่อม L_1 ที่จุด (4), (5) ศักย์ตกคร่อมสลับกันมาประจุ C_1 C_1 จะประจุและคายประจุสลับกัน L_1 จะเกิดสนามแม่เหล็กยุบตัวและพองตัวสลับกัน เกิดสัญญาณความถี่ขึ้นมามีค่าคงที่ป้อนออกเอาท์พุท ความถี่จะถูกกำหนดโดยค่าเรโซแนนท์ ของ L_1 C_1

VR_1 ทำหน้าที่ปรับระดับการทำงานของ Q_1 ให้ทำงานมากหรือน้อย ทำให้ระดับความแรงของสัญญาณที่ออกเอาท์พุทมากหรือน้อยด้วย C_3 ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นให้หมดไป

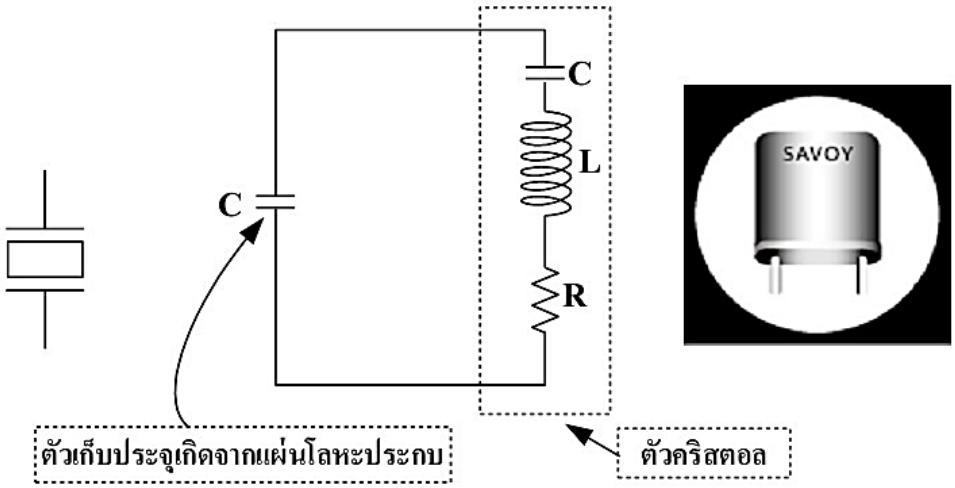
6.5 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล (Crystal Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล เป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด เพราะมีเสถียรภาพทางความถี่ดีมาก มีความถี่คงที่ตลอดเวลา ใช้อุปกรณ์คริสตอลเป็นตัวสร้างความถี่ คริสตอล (Crystal) มีความหมายว่า ผลึก นั่นก็คือผลึกของวัสดุบางชนิด เช่น ควอร์ท (Quartz) ทัวร์มาลิน (Tourmalin) และเกลือหินโรเชลล์ (Rochelle Salts) วัสดุเหล่านี้รวมเรียกว่า ไพโซอิเล็กทริก (Piezo-Electric) มีคุณสมบัติ 2 ประการดังนี้คือ

1. ถ้าวางคริสตอลบนแผ่นโลหะ 2 แผ่น และออกแรงกดบนแผ่นโลหะทั้งสองข้างในทิศทางตรงข้ามกัน จะเกิดแรงดันที่แผ่นโลหะทั้งสอง

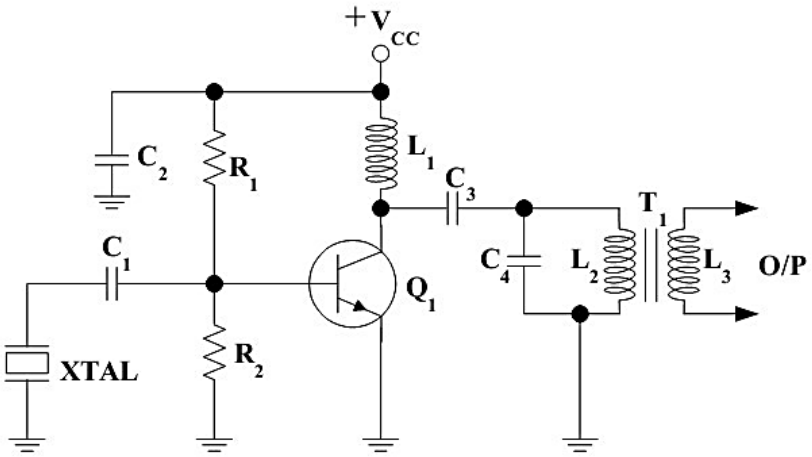
2. ถ้าป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าที่แผ่นโลหะทั้งสองจะทำให้คริสตอลสั่น เกิดความถี่ขึ้นมา

ตัวคริสตอลมีวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) หรือวงจรเทียบเท่าคล้ายกับวงจรเรโซแนนท์ LC แบบขนาน ลักษณะรูปร่าง สัญลักษณ์ และวงจรสมมูล แสดงได้ดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 สัญลักษณ์ วงจรสมมูลของคริสตอลและลักษณะรูปร่างจริง
ที่มา : พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์.2540 หน้า 65

อุปกรณ์จำพวกคริสตอลเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะบอบบาง ดังนั้นคริสตอลจึงต้องทำงานที่ระดับพลังงานต่ำ ๆ หรือในขณะใช้งานเป็นตัวกระตุ้น จะต้องไม่ให้ระดับแรงดันตกคร่อมตัวมันมากเกินไป จะทำให้ตัวคริสตอลเกิดความร้อนมากและจะทำให้ความถี่ที่ผลิตขึ้นมาเปลี่ยนไป จึงนิยมใช้เป็นตัวกระตุ้นวงจรกำเนิดความถี่อีกครั้งหนึ่งเพื่อทำให้ความถี่มีค่าเสถียรภาพสูง



รูปที่ 6.6 วงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ คือ

XTAL เป็นคริสตอลทำหน้าที่กำเนิดความถี่คงที่ค่าหนึ่ง

Q_1 เป็นวงจรขยายความถี่

R_1,R_2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันจัดการไบอัสให้ขาเบสของ Q_1

L_1 เป็นขดลวดที่กำหนดให้เฉพาะแรงดันไฟ DC ผ่านไปขา C ของ Q_1 และป้องกันความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาออกไปทางแหล่งจ่าย Vcc

C_4, L_2,L_3 เป็นชุดเรโซแนนท์สัญญาณออกเอาท์พุทที่มีความถี่คงที่

C_1 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาจากคริสตอลไปให้ขาเบสของ Q_1

C_2 เป็นตัวกำจัดสัญญาณรบกวนทิ้งลงกราวด์

C_3 เป็นตัวส่งผ่านสัญญาณความถี่ที่กำเนิดขึ้นมาออกทางเอาท์พุท

จากรูปที่ 6.6 เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล โดยใช้คริสตอลเป็นตัวกำเนิดความถี่ป้อนให้ขา B ของ Q_1 Q_1 จะนำกระแสเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของไบอัสที่ป้อนให้ ถ้าขาบนของคริสตอลเป็นบวก ขาล่างเป็นลบ Q_1 จะนำกระแสมากขึ้น และถ้าขาบนของคริสตอลเป็นลบ ขาล่างเป็นบวก Q_1 จะนำกระแสน้อยลง ได้สัญญาณขาออก C ของ Q_1 ไปตกคร่อม L_1 ผ่าน C_3 คับปลิ้งสัญญาณผ่านไปตกคร่อมชุดเรโซแนนท์ขนาน C_4 L_2 เหนี่ยวนำผ่าน L_3 เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่มีความถี่คงที่ตลอดเวลา

บทสรุป

วงจรออสซิลเลเตอร์มีหลายแบบ เช่น วงจรกำเนิดความถี่แบบอาร์มสตรอง วงจรกำเนิดความถี่แบบฮาร์ทเลย์ วงจรออสซิลเลเตอร์แบบโคลปิตส์ วงจรออสซิลเลเตอร์แบบบล็อกกิ้ง และวงจรออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอลเป็นแบบที่นิยมใช้งานมากที่สุด เพราะมีเสถียรภาพทางความถี่ดีมาก มีความถี่คงที่ตลอดเวลา ใช้อุปกรณ์คริสตอลเป็นตัวสร้างความถี่ คริสตอล(Crystal) มีความหมายว่า ผลึก นั่นก็คือผลึกของวัสดุบางชนิด เช่น ควอร์ท ทัวร์มาลิน และเกลือหินโรเชลล์ วัสดุเหล่านี้รวมเรียกว่า ไพโซอิเล็กทริก

อุปกรณ์จำพวกคริสตอลเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะบอบบาง ดังนั้นคริสตอลจึงต้องทำงานที่ระดับพลังงานต่ำ ๆ หรือในขณะใช้งานเป็นตัวกระตุ้น

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 9
วงจรออสซิลเลเตอร์

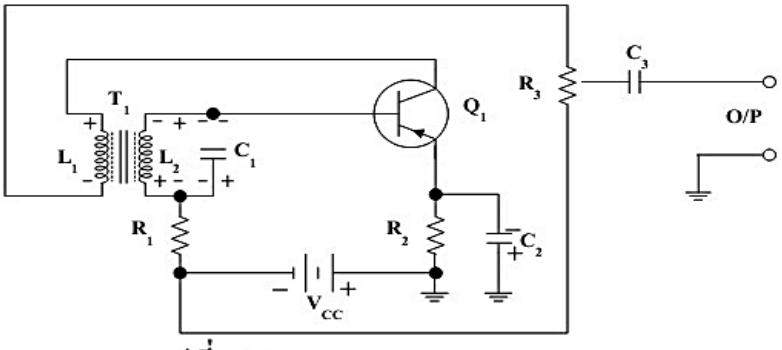
คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. จะเกิดอะไรขึ้นกับขดลวด เมื่อสนามแม่เหล็กในขดลวดยุบตัวลงตัดผ่านตัวเอง

ก. คลื่นสนามแม่เหล็ก ข. แรงเคลื่อนไฟฟ้าชักนำ

ค. สนามไฟฟ้าพองตัวเต็มที่ ง. ความร้อนและสนามแม่เหล็ก

2. จากรูปที่ 6.8 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใด



รูปที่ 6.8

ก. ฮาร์ทเลย์ ข. บล็อกกิ้ง

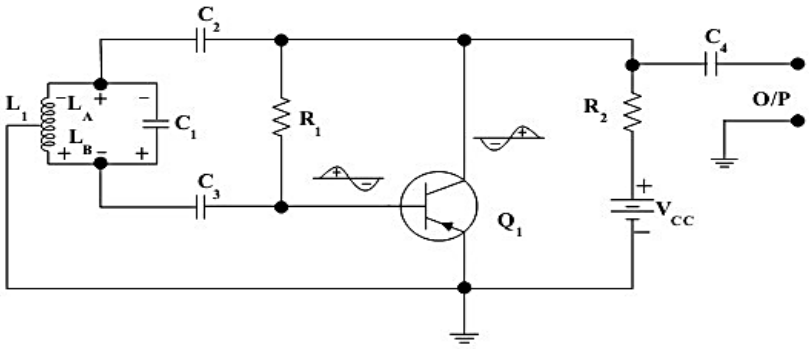
ค. โคลปิตส์ ง. อาร์มสตรอง

3. จากวงจรรูปที่ 6.8 อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

ก. L_1 ข. L_2

ค. C_2 ง. C_3

4. จากรูป 6.9 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใด



รูปที่ 6.9

ก. อาร์มสตรอง ข. ฮาร์ทเลย์

ค. โคลปิตส์ ง. บล็อกกิ้ง

5. จากวงจรรูปที่ 6.9 อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับทางบวก

ก. L_1 ข. L_2

ค. C_2 ง. C_3

6. การทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ที่ต่อวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) จะเป็นอย่างไร

ก. สัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทมีเฟสเหมือนกัน

ข. สัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทมีเฟสต่างกัน 90 °

ค. สัญญาณอินพุทกับสัญญาณเอาท์พุทมีเฟสต่างกัน 180 °

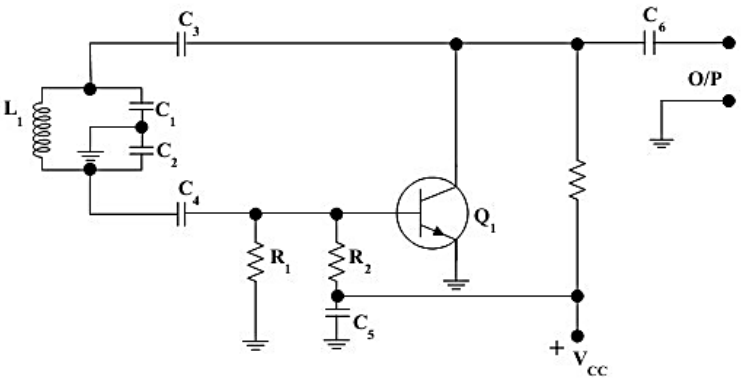
ง. สัญญาณอินพุทนำหน้าสัญญาณเอาท์พุทมีเฟสต่างกัน 90 °

7. วงจรกำเนิดความถี่แบบใด ที่คล้ายวงจรกำเนิดความถี่แบบฮาร์ทเลย์

ก. วงจรกำเนิดความถี่แบบอาร์มสตรอง ข. วงจรกำเนิดความถี่แบบโคลปิทส์

ค. วงจรกำเนิดความถี่แบบบล๊อกกิ้ง ง. วงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล

8. จากรูปที่ 6.10 อุปกรณ์ใดที่ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวน



รูปที่ 6.10

ก. C_3 ข. C_4

ค. C_5 ง. C_6

9. ข้อใดไม่ใช่วัสดุที่เรียกว่า ไพโซอิเล็กตริก

ก. ทัวร์มาลิน ข. หินเกลือ

ค. ควอร์ท ง. หินโรเชลล์

10. วงจรกำเนิดความถี่แบบใดที่นิยมมากที่สุด

ก. วงจรกำเนิดความถี่แบบอาร์มสตรอง ข. วงจรกำเนิดความถี่แบบโคลปิทส์

ค. วงจรกำเนิดความถี่แบบบล๊อกกิ้ง ง. วงจรกำเนิดความถี่แบบคริสตอล

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 9

วงจรออสซิลเลเตอร์

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

	ใบงาน ที่ 9	หน่วยที่ 9
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 11-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ วงจรออสซิลเลเตอร์	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 8 ชม.
ชื่องาน วงจรออสซิลเลเตอร์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ใช้งานวงจรออสซิลเลเตอร์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรออสซิลเลเตอร์

3.2 เลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์วงจรออสซิลเลเตอร์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์**

เครื่องมือและอุปกรณ์

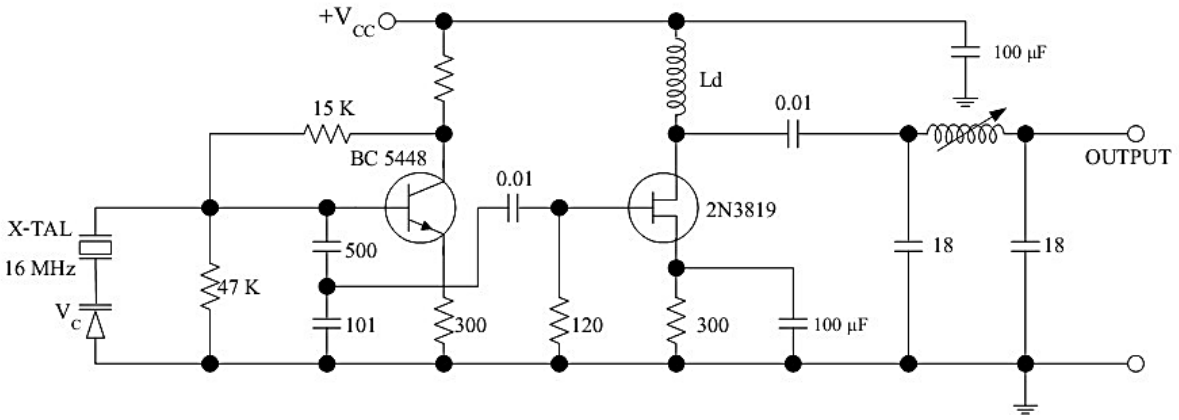
1. ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)	1	เครื่อง
2. R 300 Ω	2	ตัว
3. R 120 Ω	2	ตัว
4. R 15 kΩ	1	ตัว
5. R 47 kΩ	1	ตัว
6. C .01 μF	2	ตัว
7. C 18 pF	2	ตัว
8. C 100 pF	1	ตัว
9. C 500 pF	1	ตัว
10. C 100 μF	2	ตัว
11. ขดลวด	1	ตัว
12. ขดลวดปรับค่าได้	1	ตัว
13. XTAL 16 MHz.	1	ตัว
14. วาริแอก	1	ตัว
15. ทรานซิสเตอร์ BC5448	1	ตัว
16. เฟท 2N3819	1	ตัว
17. แผงต่อวงจร	1	แผง
18. สายต่อวงจร	30	เส้น

6. **คำแนะนำ/ข้อควรระวัง**

-

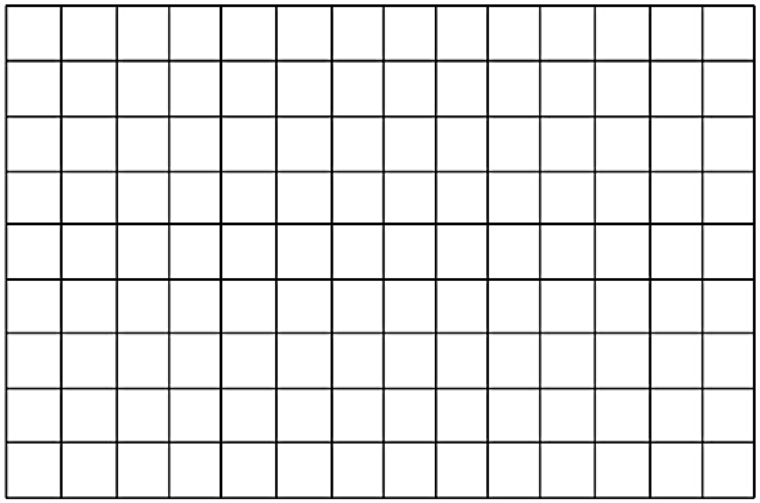
7. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ประกอบวงจร Crystal Oscillator ตามรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 วงจร Crystal Oscillator

2. นำออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณที่จุด Output ของวงจรออสซิลเลเตอร์
3. ปรับค่า L1 ให้ได้รูปคลื่น Sine Wave ที่จุด Output ที่สมบูรณ์ที่สุด
4. บันทึกค่าความแรงของสัญญาณ และค่าความถี่ที่ได้พร้อมทั้งวาดรูปคลื่นลงในตารางกราฟที่ 6.1



ค่าแรงดัน = …….. Vp-p

ค่าความถี่ = …….. Hz.

ตารางกราฟที่ 6.1

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 10
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 13-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	ทฤษฎี 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์		ปฏิบัติ 12 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

สร้างแผ่นวงจรพิมพ์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

3.2 เลือกใช้งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

5.2 งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 10

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์และสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์และสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ในอุดมคติ และงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์และการแปลความหมายงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 10

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 10

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 10 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์การทำงานของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ลักษณะสมบัติของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์การตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 10 เรื่อง งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

7.2 ของจริง วงจรเพาเวอร์ซัพพลายต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์
3. แก้ไขตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์แบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 10
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 13-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 12 ชม.
ชื่อเรื่อง	งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

3.2 เลือกใช้งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ถูกต้อง

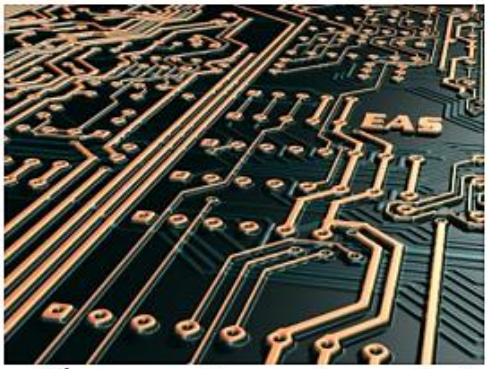
4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. เนื้อหาสาระ

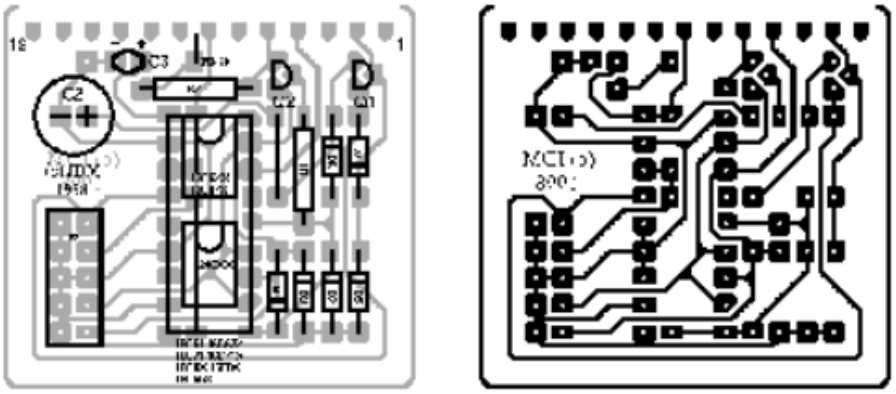
แผ่นวงจรพิมพ์หรือ PCB (Printed Circuit Board) นิยมเรียกกันว่า "แผ่นปริ้นท์" หรือแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์" เป็นแผ่นที่มีลายทองแดงนำไฟฟ้าแทนการต่อวงจรด้วยสายไฟ ตัวนำเป็นทองแดงถูกทำให้เป็นเส้น(Track) ลงบนพื้นวัสดุฉนวนไฟฟ้า ทั้งนี้ก็เพื่อให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยึดติดอยู่บนแผ่นวงจรเดียวกัน แผ่นวงจรพิมพ์จึงนำไปเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1. แผ่นวงจรพิมพ์



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะแผ่นวงจรพิมพ์

จากรูปที่ 1.1 แสดงลักษณะแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ PCB ย่อมาจาก Printed Circuit Board นิยมเรียกกันว่า " แผ่นปริ้นท์" หรือแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์" ทำมาจากวัสดุที่เป็นฉนวน มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรง เช่น วัสดุฟีนอลิก(Phenolic) กลาสอีพอกซี่(Glass Epoxy) และ สารประกอบอีพอกซี่ (Composite Epoxy) ลักษณะของแผ่นวงจนพิมพ์มี 2 ด้าน คือ วงจรพิมพ์ด้านบนใช้สำหรับวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีสัญลักษณ์ของอุปกรณ์บอกตำแหน่งการวาง ดังแสดงในรูปที่ 1.2 (ก) และ วงจรพิมพ์ด้านล่าง มีลักษณะเป็นลายเส้นทองแดง เรียกว่า Track ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรพิมพ์ด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 1.2 (ข)



(ก) วงจรพิมพ์ด้านบน (ข) วงจรพิมพ์ด้านล่าง

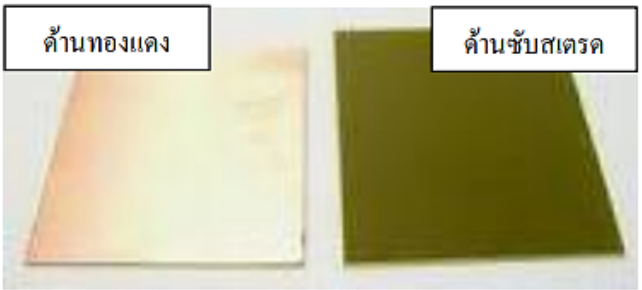
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะแผ่นวงจรพิมพ์

2. ประเภทแผ่นวงจรพิมพ์

แผ่นวงจรพิมพ์ มีหลายประเภท ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นิยมใช้ 4 แบบ คือ

2.1 ชนิด Single Sided Boards

แผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้มีลายทองแดงอยู่ด้านล่าง และอุปกรณ์อยู่ด้านบน แผ่นวงจรมีชั้นของแผ่นตัวนำหรือด้านทองแดงเพียงด้านเดียว และ อีกด้านเป็นแผ่นฉนวนเรียกว่า ซับสเตรด ทำมาจากไฟเบอร์กลาสอิพ็อกซี่ นิยมใช้กับวงจรทั่วไป ที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์ไม่มากนัก มีราคาถูก แต่มีข้อเสียคือ มีความต้านทานต่ำเมื่อเจอความชื้นทำให้สูญเสียความเป็นฉนวนง่าย จึงไม่เหมาะกับการใช้งานที่ความถี่สูง ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรของเครื่องขยายเสียง แผ่นวงจรในเครื่องรับวิทยุ และโทรทัศน์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Single Sided Boards

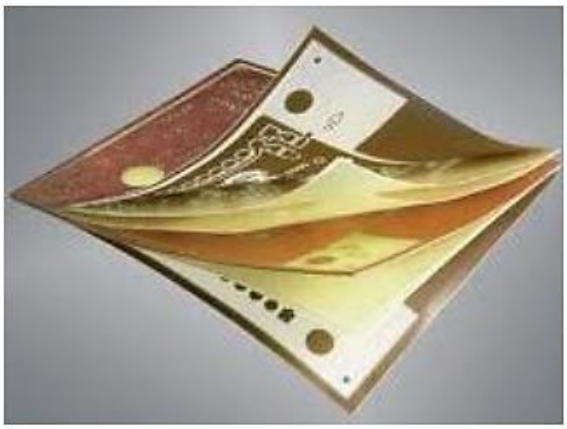
2.2 ชนิด Double Sided Boards

ลักษณะพิเศษของแผ่นวงจรชนิดนี้คือ มีตัวนำประกบทั้งด้านบนและด้านล่าง ชั้นซับสเตรดอยู่ตรงกลาง การวางอุปกรณ์สามารถวางอยู่บนด้านใดก็ได้ตามที่ผู้ออกแบบลายวงจรต้องการ แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้เหมาะกับงานที่มีความหนาแน่นของวงจรตั้งแต่ปานกลางขึ้นไป สามารถใช้งานที่ความถี่สูงๆ ได้ดี เนื่องจากวัสดุที่นำมาทำเป็นซับสเตรด มีคุณสมบัติทนกับค่าความชื้น ทั้งยังสามารถใช้วิธีการ Plate Through Hole (PTH) คือการให้ตัวนำทั้งสองด้านเชื่อมต่อถึงกันได้อีกด้วย จึงช่วยลดเส้นทางเดินของสายวงจร และสามารถเพิ่มความหนาแน่นของวงจรได้มากขึ้น ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ แผ่นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์, แผ่นวงจรเครื่องส่งวิทยุ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.4 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Double Sided Boards

2.3 ชนิด Multi Layer Boards

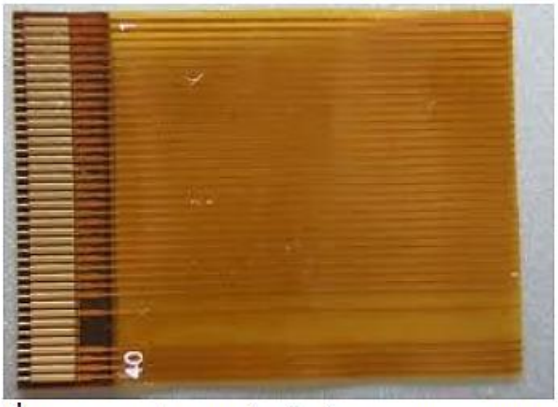
แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ เป็นการนำแผ่นวงจรพิมพ์บาง ๆ หลาย ๆ แผ่นมาวางซ้อนกัน แล้วใช้เทคนิคการอัดด้วยความร้อนจากเครื่องอัดแรงดันสูง ทำให้มีแผ่นวงจรพิมพ์หลายๆ ชั้นในแผ่นเดียว แผ่นวงจรพิมพ์ Multi Layer Boards จึงเหมาะกับงานที่มีวงจรหนาแน่นมากถึงมากที่สุด ตัวอย่างงานที่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้ ได้แก่ แผ่นวงจรหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์, แผ่นวงจรของเครื่องมือวัด , แผ่นวงจรทางการสื่อสารโทรคมนาคมต่างๆ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Multi Layer Boards

2.4 ชนิด Flexible Circuit PCB

แผ่นวงจรพิมพ์ชนิดนี้เรียกอีกอย่างว่าแผ่นวงจรชนิดอ่อน ใช้กับงานที่ไม่สามารถติดตั้งได้ อาจเพราะถูกจำกัดด้วยพื้นที่ในการติดตั้ง หรือ การใช้งานจะต้องมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างของงานที่จำเป็นต้องใช้แผ่นพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างหัวอ่านดิสก์ไดร์ ซึ่งต้องมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา หรือแผ่นวงจรพิมพ์ในกล้องถ่ายรูปที่ต้องมีการติดตั้งในพื้นที่จำกัด เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.6

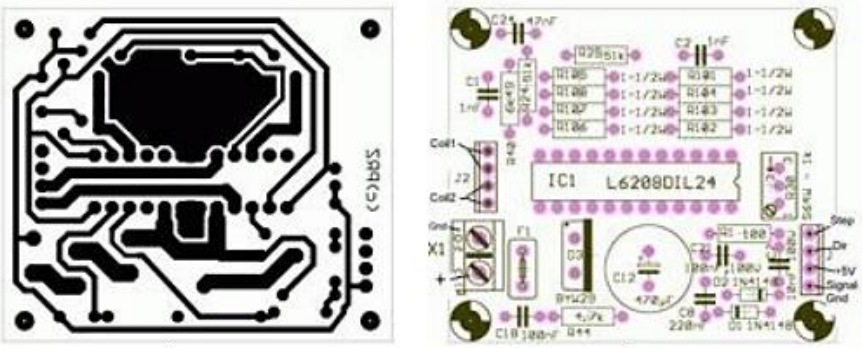


รูปที่ 1.6 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Flexible Circuit PCB

3. ลักษณะการใช้งานแผ่นวงจรพิมพ์

แผ่นวงจรพิมพ์ในปัจจุบัน มีลักษณะการใช้งานแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ทั้งนี้จำแนกตามลักษณะการผลิต และ การนำไปใช้งาน ดังมีรายละเอียดคือ

3.1 แผ่นวงจรพิมพ์ที่ผู้ใช้ผลิต หมายถึง แผ่นวงจรที่มีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากถูกสร้างขึ้นโดยนำเทคโนโลยีโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีลำดับขั้นตอนคือ การเขียนวงจร(Schematic Circuit) การออกแบบลายเส้นทองแดง(PCB Layout) และ สุดท้ายการตรวจสอบความถูกต้องของลายวงจรซึ่งเป็นขั้นตอนของการจำลองการทำงาน (Simulation) ผลของการออกแผ่นวงจรแสดงดังรูปที่ 1.7 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม Protel , โปรแกรม Altium Designer เป็นต้น

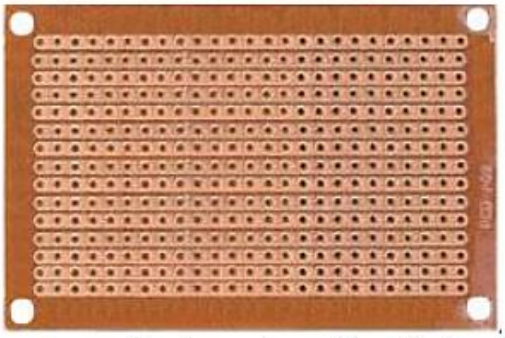


รูปที่ 1.7 แสดงลักษณะของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผู้ใช้ผลิต

3.2 แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ หมายถึง แผ่นวงจรที่ผลิตออกมาเพื่อให้สามารถใช้ในงานทั่วๆไป นิยมใช้ในสถานศึกษา ห้องทดลองอิเล็กทรอนิกส์ หรือผู้ที่สนใจ ข้อดีของแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ คือ จะมีลายทองแดงเป็นเส้น ๆ มีการเจาะรูไว้ เพื่อสามารถเสียบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงไปได้ทันที ส่วนข้อเสียของแผ่นวงจรพิมพ์ประเภทนี้คือ ในการต่อวงจรใช้งานจะต้องมีการตัดต่อลายทองแดง หรือ มีการเชื่อมต่อสายไฟในบางจุด ส่งผลให้ลายเส้นทองแดงอาจเกิดการร่อนหรือที่เรียกว่า ปริ้นท์ร่อน ได้ ดังนั้นแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ จึงเหมาะกับการเชื่อมต่อวงจรที่ไม่ซับซ้อนหรือมีอุปกรณ์ไม่กี่ตัว

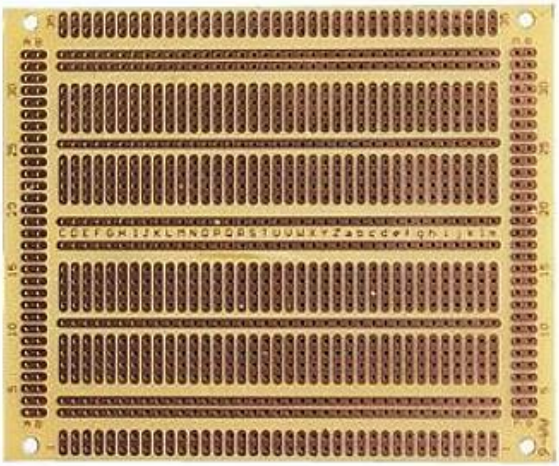
แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ สามารถแบ่งได้ตามแนวเส้นทองแดงด้านหลังของแผ่น โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

3.2.1 แบบไอซีบอร์ด (IC Board) แผ่นวงจรพิมพ์นี้จะมีลักษณะการวางตำแหน่งขาเป็นแนวๆ แบบขาไอซีโดยมีระยะห่างระหว่างรูเจาะเท่ากับระยะห่างของขาไอซีพอดี ส่วนลายทองแดงจะมีลักษณะเป็นแถบยาวต่อเนื่องเป็นระยะเท่า ๆ กัน เหมาะสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีไอซีเป็นส่วนประกอบของวงจร แสดงดังรูปที่ 1.8



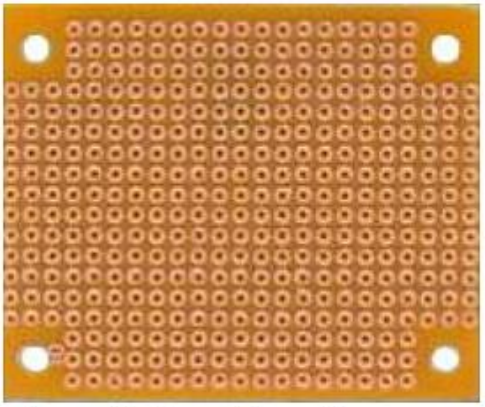
รูปที่ 1.8 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ แบบไอซีบอร์ด (IC Board)

3.2.2 แบบโปรโตบอร์ด (Proto Board) แผ่นวงจรพิมพ์นี้จะมีลักษณะของเส้นลายทองแดงเหมือนกับแผ่นโปรโตบอร์ดที่ใช้ต่อทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในการใช้งานจะเหมาะสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอุปกรณ์หลายชิ้น และมีไอซีเป็นส่วนประกอบ แสดงดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ แบบโปรโตบอร์ด(Proto Board)

3.2.3 แบบแพดบอร์ด (Pad Board) แผ่นวงจรพิมพ์นี้จะมีลักษณะพิเศษคือ ไม่มีลายเส้นทองแดงที่เชื่อมต่อกัน แต่มีเพียงลายทองแดงเป็นจุด ๆ เหมือนเป็นหลักยึดอุปกรณ์ ซึ่งการใช้งานจะต้องเชื่อมต่อระหว่างจุดด้วยสายไฟ แสดงดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 แสดงแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ แบบแพดบอร์ด (Pad Board)

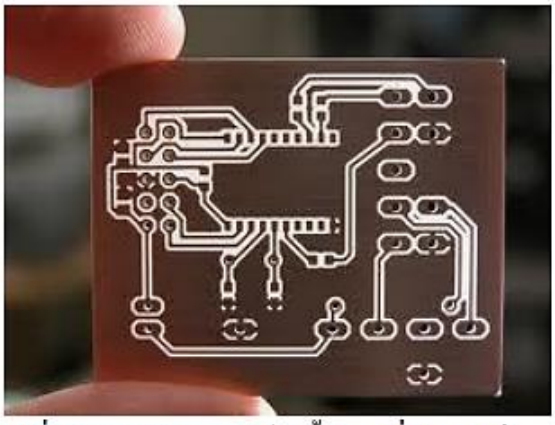
4 กระบวนการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

เป็นกระบวนการออกแบบลายวงจร เพื่อสร้างเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ ดังมีขั้นตอนดังนี้คือ

4.1 กระบวนการวาดลายเส้นทองแดง (PCB Layout) ขั้นตอนนี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่นใช้แผ่นใส โดยการถ่ายเอกสารย่อให้เท่ากับขนาดของอุปกรณ์จริง ซึ่งการออกแบบด้วยวิธีนี้จะมีความยุ่งยากถ้าต้องออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน เพราะโอกาสผิดพลาดสูง แต่ก็เหมาะสมกับงานที่ต้องการความรวดเร็ว และอีกวิธีคือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ซึ่งสามารถสร้างลายวงจรที่มีความซับซ้อนมากๆ ได้ เช่น ลายเส้นที่มีความละเอียด รวมทั้งการออกแบบวงจรพิมพ์หลาย ๆ ชั้น และสามารถตรวจสอบแก้ไขได้สะดวก เพราะใช้โปรแกรมทำการตรวจสอบระยะของอุปกรณ์ที่มีผลทางไฟฟ้า ทำให้มีความถูกต้องมากเมื่อเทียบกับวงจรต้นฉบับ การออกแบบวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงในรูปที่ 1.11

รูปที่ 1.11 แสดงการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.2 กระบวนการสร้างชิ้นงาน ซึ่งหลังจากกระบวนการออกแบบลายวงจรได้รูปลายเส้นทองแดง (PCB Layout) แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การนำวงจรที่ได้ออกแบบพิมพ์ลงบนฟิล์ม เพื่อที่จะนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีดึงส่วนของทองแดงที่ไม่ต้องการออก เหลือเพียงลายเส้นที่เชื่อมต่อระหว่างขาของอุปกรณ์เท่านั้น ภาพการสร้างชิ้นงานแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 แสดงการสร้างชิ้นงานที่สมบูรณ์

5. ตัวอย่างการทำแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Single Sided Boards

ในปัจจุบันแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ แผ่นปริ้นท์ มีการผลิตและการใช้งานอยู่หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ในหัวข้อนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำแผ่นวงจรพิมพ์ประเภท Single Sided Boards เนื่องจากเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น อีกทั้งเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด รวดเร็ว โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนดังนี้คือ

5.1 อุปกรณ์การทำแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิด Single Sided Boards

5.1.1 เครื่องปริ้นเตอร์เลเซอร์ (เท่านั้น)

5.1.2 กระดาษ Photo อาจใช้กระดาษนิตยสารที่มีลักษณะเป็นมันเงา

5.1.3 เตารีด

5.1.4 รูปลายเส้นทองแดง (PCB Layout) ที่ออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

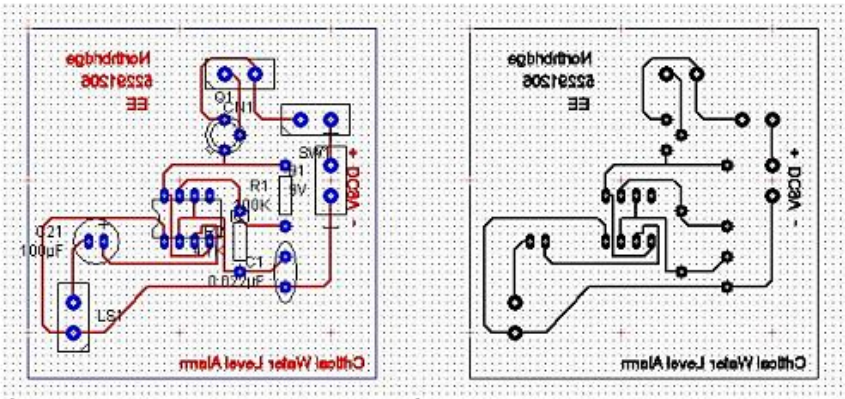
5.1.5 กรดกัดปริ้นท์ มีชื่อทางเคมีว่า เฟอริกคลอไรด์

5.1.6 น้ำยาเคลือบแผ่นปริ้นท์ ได้จากส่วนผสมของยางสนกับทินเนอร์

5.1.7 แผ่นวงจรพิมพ์(ปรินซ์แดง) ประเภท Single Sided Boards

5.2 ขั้นตอนการทำแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ แผ่นปริ้นท์ชนิด Single Sided Boards

5.2.1 เตรียมลายวงจร PCB Layout ที่ออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงตาม รูปที่



รูปที่ 1.13 แสดงลายวงจร PCB Layout ที่ออกแบบจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.2.2 ลำดับต่อมานำ ลายวงจร PCB Layout ที่เตรียมไว้ พิมพ์ด้วยเครื่องปริ้นเตอร์เลเซอร์ (เท่านั้น) กระดาษที่ใช้อาจจะเป็นกระดาษ Photo แต่เพื่อความประหยัด รวดเร็ว อาจใช้กระดาษนิตยสารแบบมันก็ได้ ในขั้นตอนนี้มีข้อควรระวังคือ การสั่งเครื่องปริ้นเตอร์ห้ามสั่งในลักษณะ Invert เพราะจะทำให้วงจรกลับด้าน ดังแสดงในรูปที่ 1.14

รูปที่ 1.14 แสดงวงจร PCB Layout ที่ พิมพ์ด้วยเครื่องปริ้นเตอร์

5.2.3 เตรียมเตารีดโดยเปิดไฟแรง จากนั้นตัดแผ่นวงจรพิมพ์(ปริ้นท์แดง) ให้พอดีกับขนาดของลายวงจร PCB Layout ที่พิมพ์ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1.15

รูปที่ 1.15 แสดงขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

5.2.4 ประกบลายวงจรที่ พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ (หน้าที่มีหมึกพิมพ์) บนแผ่นวงจรพิมพ์(ปริ้นท์แดง) ในด้านทองแดง จากนั้นให้ ใช้เตารีดกดทับให้ทั่ว เพื่อเฉลี่ยความร้อนให้ทั่วทั้งแผ่น ข้อควรระวังในขั้นตอนนี้คือบริเวณขอบจะเป็นส่วนที่รีดยาก มีวิธีแก้คือ ให้ใช้แรงกด ทับ รีดเน้นในบริเวณดังกล่าว แต่อย่ารีดในตำแหน่งเดิมเป็นเวลานานๆ(ไม่เกิน 1 นาที/1 แผ่น) เพราะหากนานเกินไปจะทำให้ลายเส้นทองแดงบวม เป็นสาเหตุให้วงจรเสียหายได้ จากขั้นตอนนี้ให้สังเกต เมื่อยกเตารีดจะเห็นเป็นลายวงจรบางๆ ขึ้น ซึ่งถ้าครบทุกเส้นแสดงให้รู้ว่าผงหมึก ที่พิมพ์ลายวงจร PCB Layout ลงไปเกาะอยู่กับแผ่นวงจรพิมพ์(ปริ้นท์แด ง) เรียบร้อย ขั้นตอนนี้แสดงในรูปที่ 1.16

รูปที่ 1.16 แสดงการใช้เตารีดรีดลายวงจร

5.2.5 ลำดับต่อมานำแผ่นที่รีดจากขั้นตอนที่แล้วไปล้างน้ำ ในขั้นตอนนี้กระดาษจะหลุดร่อนออกเหลือไว้แต่ส่วนที่เป็นหมึกเลเซอร์ติดอยู่กับแผ่นวงจรพิมพ์ด้านทองแดง ดังแสดงในรูปที่ 1.17

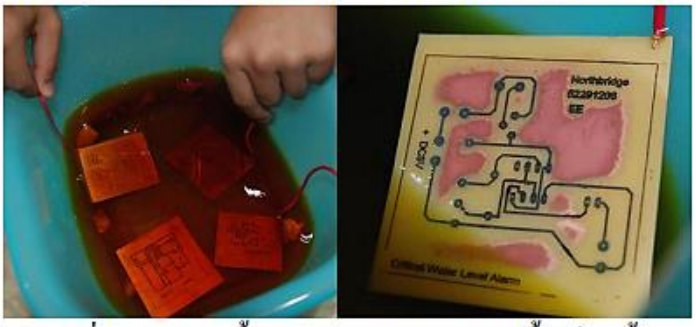
รูปที่ 1.17 แสดงการนำแผ่นที่รีดไปล้างน้ำ

5.2.6 เมื่อได้แผ่นวงจรพิมพ์ด้านทองแดงที่สมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.18 ลำดับถัดมาก็จะเป็นขั้นตอนการกัดปริ้นท์

รูปที่ 1.18 แสดงผงหมึกที่ติดอยู่กับแผ่นวงจรพิมพ์ด้านทองแดง

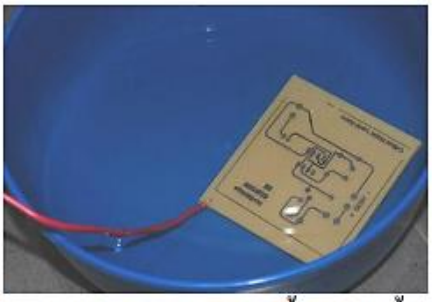
5.3 ขั้นตอนการกัดปริ้นท์มีขั้นตอนดังนี้ คือ

5.3.1 ผสมกรดกัดปริ้นท์กับน้ำ โดยกรดกัดปริ้นท์มีชื่อทางเคมีว่า กรดเฟอริกคลอไรด์ (FeCl3) ในการผสมถ้า ยิ่งใส่มาก ก็ยิ่งเข้มข้นมาก ส่งผลให้ใช้เวลากัดแผ่น ปริ้นท์น้อยลง และการผสมควร ผสมในภาชนะ พลาสติกเพราะกรดมีคุณสมบัติกัดโลหะ จากนั้นนำ วงจรไปแช่ในกรดกัดปริ้นท์ ดังแสดงในรูปที่ 1.19 ในขั้นตอนนี้มีเทคนิคคือ การเขย่าตัวชิ้นงานที่แช่ในกรด กับ การใช้น้ำอุ่นผสมกับกรด จะส่งผลให้กรดเร่งปฏิกิริยากัดลายทองแดง ทำให้ ทองแดงที่เป็นส่วนที่ไม่ต้องการ ร่อนได้เร็วขึ้น และในการแช่แผ่น ปริ้นท์ไม่ควรแช่เกิน 30 นาที เพราะจะทำให้ลายเส้นทองแดงบางจนวงจรขาดได้



รูปที่ 1.19 แสดงขั้นตอนการผสมกรดกัดปริ้นท์กับน้ำ

5.3.2 นำแผ่น ปริ้นท์ล้างด้วยน้ำสะอาด ใช้ทินเนอร์เช็ด ผงหมึก ที่ติดอยู่ให้หมด เหลือไว้แต่ลายเส้นวงจรทองแดง ดังแสดงในรูปที่ 1.20

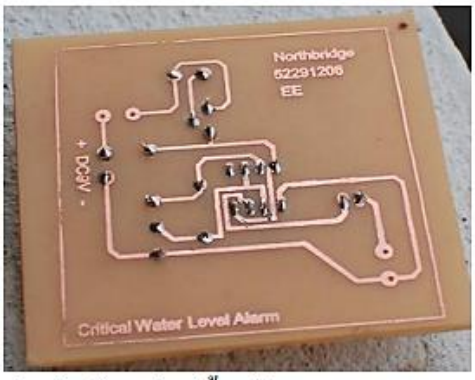


รูปที่ 1.20 แสดงการล้างแผ่นปริ้นท์ด้วยน้ำสะอาด

5.3.3 เพื่อป้องกันการเกิด อ๊อกไซด์ ที่แผ่น ปริ้นท์(การเกิดสนิม) ซึ่งมีสาเหตุมา จากความชื้น ขั้นตอนนี้ให้นำน้ำยาเคลือบแผ่นปริ้นท์ทาลงบนแผ่นปรินซ์ด้านลายทองแดง ดังแสดงในรูปที่ 1.21

รูปที่ 1.21 แสดงการใช้น้ำยาเคลือบแผ่นปริ้นท์

5.3.4 จากขั้นตอนทั้งหมดก็จะได้วงจรพิมพ์ ประเภท Single Sided Boards ที่เสร็จสมบูรณ์ พร้อมใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1.22



รูปที่ 1.22 แสดงวงจรพิมพ์ หรือ แผ่นปริ้นท์ประเภท Single Sided Boards ที่สมบูรณ์

แผ่นวงจรพิมพ์ที่สมบูรณ์ จะส่งผลให้วงจรที่นำแผ่นพิมพ์ไปใช้มีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญในการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์คือ การเขียนแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยวงจร(Schematic Circuit) และลายเส้นทองแดง(PCB Layout) ที่ถูกต้อง ดังนั้นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเขียนแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นอีกทางเลือกที่ทำให้วงจรมีความสมบูรณ์ถูกต้องมากขึ้น ในหนังสือเล่มนี้จะอธิบายถึงการเขียนแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรม Visio และโปรแกรม Protel 99 SE ซึ่งจะประกอบไปด้วยเนื้อหาการเขียนวงจร(Schematic Circuit) การออกแบบลายเส้นทองแดง(PCB Layout) และ การตรวจสอบความถูกต้องของลายวงจรซึ่งเป็นการจำลองการทำงาน(Simulation) ซึ่งรายละเอียดจะอธิบายในบทต่อไป

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 10
งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. แผ่นวงจรพิมพ์หรือ PCB (Printed Circuit Board) นิยมเรียกกันว่าอะไร
   ก. แผ่นปริ้นท์
   ข. แผ่นอิเล็กทรอนิกส์
   ค. แผ่น Circuit
   ง. แผ่นลายวงจร
2. แผ่นวงจรพิมพ์ มีหลายประเภท ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นิยมใช้กี่แบบ
   ก. 4 แบบ
   ข. 5 แบบ
   ค. 6 แบบ
   ง. 7 แบบ
3. แผ่นวงจรพิมพ์ในปัจจุบัน มีลักษณะการใช้งานแบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ
   ก. 2 ลักษณะ
   ข. 3 ลักษณะ
   ค. 4 ลักษณะ
   ง. 5 ลักษณะ
5. แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์ สามารถแบ่งได้ตามแนวเส้นทองแดงด้านหลังของแผ่น โดยแบ่งเป็นกี่แบบ
   ก. 3 แบบ
   ข. 4 แบบ
   ค. 5 แบบ
   ง. 6 แบบ
6. ข้อใดคือแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์
   ก. แบบไอซีบอร์ด (IC Board)
   ข. แบบโปรโตบอร์ด (Proto Board)
   ค. แบบแพดบอร์ด (Pad Board)
   ง. ถูกทุกข้อ

7. กระบวนการออกแบบลายวงจร เพื่อสร้างเป็นแผ่นวงจรพิมพ์มีอะไรบ้าง

ก. กระบวนการวาดลายเส้นทองแดง และ กระบวนการสร้างชิ้นงาน

ข. กระบวนการวาดลาย และ กระบวนการสร้างชิ้นงาน

ค. กระบวนการวาดลาย และ กระบวนการออกแบบสร้างชิ้นงาน

ง. กระบวนการวาดลาย และ กระบวนการผลิตชิ้นงาน

8. การเกิดอ๊อกไซด์ที่แผ่นปริ้นท์คืออะไร

ก. การเกิดสนิม

ข. การเกิดความชื้น

ค. การเกิดความร้อน

ง. การเกิดการลัดวงจรของลายวงจรที่พิมพ์

9. ข้อใดไม่ใช่ วัสดุที่นำมากัดแผ่นปริ้นท์

ก. FeCl3

ข. กรดกัดปริ้นท์

ค. ยางสน

ง. เฟอริกคลอไรด์

10. การให้กรดเร่งปฏิกิริยากัดลายทองแดง ทำให้ทองแดงที่เป็นส่วนที่ไม่ต้องการร่อนได้เร็วขึ้น คือ

ก. เขย่าชิ้นงานในกรด

ข. แช่ในน้ำเย็น

ค. ใส่น้ำผสมให้มาก

ง. ตั้งไฟ 3 นาที

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 10

งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

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

	ใบงาน ที่ 10	หน่วยที่ 10
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 13-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 12 ชม.
ชื่องาน งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

3.2 เลือกใช้งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์**

1. แผ่นวงจรพิมพ์	1 แผ่น
2. ไดโอดเปล่งแสง	2 ตัว
3. ตัวต้านทาน 1 kΩ, 100 kΩ	ค่าละ 2 ตัว
4. ตัวเก็บประจุ 10 μF	2 ตัว
5. ตัวเก็บประจุ 47 μF	1 ตัว
6. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904	2 ตัว
7. เครื่องดูดตะกั่วบัดกรี	1 ตัว
8. มัลติมิเตอร์ชนิดเข็มชี้	1 เครื่อง
9. แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงปรับค่าได้ 0 – 30 V	1 เครื่อง
10. สายต่อวงจร	1 ชุด

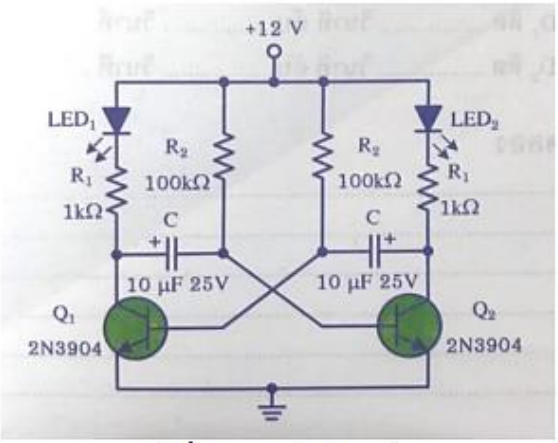
6. **คำแนะนำ/ข้อควรระวัง**

-

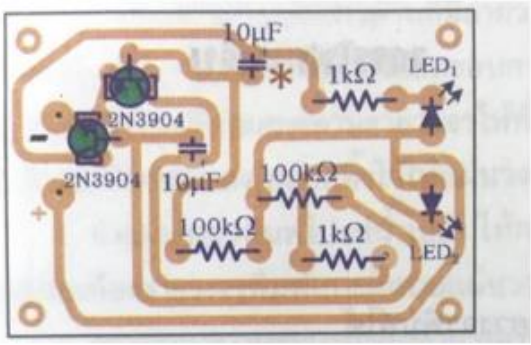
7. **ขั้นตอนการปฏิบัติ**

ขั้นตอนการทดลอง

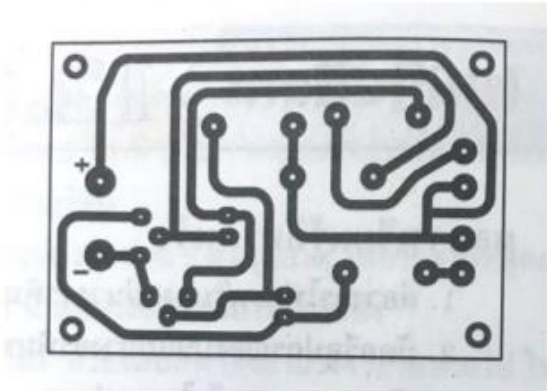
1. ประกอบวงจรไฟกะพริบตามรูปที่ 1 ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ประกอบอุปกรณ์ตามรูปที่ 2 พร้อมบัดกรีอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์ให้เรียบร้อย



รูปที่ 1 วงจรไฟกะพริบ



รูปที่ 2 ลายวงจรพิมพ์ด้านวางอุปกรณ์



รูปที่ 3 ลายวงจรพิมพ์ด้านลายทองแดง

2. ตรวจสอบความเรียบร้อย ถูกต้องของอุปกรณ์ ขาต่อ และจุดบัดกรี ปรับแก้ไขให้ถูกต้อง

3. จ่ายแรงดันไฟตรง 12V เข้าที่ขั้ว + และ – บนแผ่นวงจรพิมพ์ ผลที่เกิดกับ LED ทั้งสองตัวเป็นอย่างไร ..... (หากไม่เกิดผล ให้ตรวจสอบการประกอบวงจรใหม่ทั้งหมด)

4. ความเร็วในการกะพริบของ LED ทั้งสองตัวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

จับเวลาการติด - ดับ ของ LED ทั้งสองตัว

LED1 ติด ..... ดับ .....

LED2 ติด ..... ดับ .....

5. เปลี่ยนค่าความจุของตัวเก็บประจุ 10 μF ที่ทำดอกจันไว้ เป็น 47 μF ทดลองการทำงานอีกครั้ง 6. ความเร็วในการกะพริบของ LED ทั้งสองตัวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

จับเวลาการติด - ดับ ของ LED ทั้งสองตัว

LED1 ติด ..... ดับ .....

LED2 ติด ..... ดับ .....

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 11
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 16-18
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 12 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

ประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2 เลือกใช้งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **สาระการเรียนรู้**

5.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5.2 งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในทางปฏิบัติ

5.3 การตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 11 (10 นาที)

6.1 ขั้นนำ (10 นาที)

1) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 11

2) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

6.2 ขั้นกิจกรรม (190 นาที)

3) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

4) สุ่มตัวอย่างนักเรียน 3-5 คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

5) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในอุดมคติ และงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

6) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

7) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

8) ครูอธิบายเกี่ยวกับงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการแปลความหมายงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

9) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์

10) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-5 คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ 11

11) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ 11

6.3 ขั้นวิเคราะห์ (30 นาที)

12) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 11

13) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 11

14) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

6.4 ขั้นสรุปและประเมินผล (60 นาที)

15) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ 11 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์การทำงานของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลักษณะสมบัติของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์การตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

7.1.1 หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad,Louis Nashelsky

7.1.2 หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

7.1.3 Power point หน่วยที่ 11 เรื่อง งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

7.2 ของจริง งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

1. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ไข ตรวจสอบ งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

2. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างปลอดภัย

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์
3. แก้ไขตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
4. จำแนกอาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบที่กำหนด
5. แก้ปัญหาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

9.2 วิธีการประเมิน

1. สัมภาษณ์
2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
3. ประเมินผลงาน

9.3 เครื่องมือประเมิน

1. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
2. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่
    2.1 ด้านความรู้
    2.2 การปฏิบัติงาน
    2.3 พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
3. แบบตรวจผลงาน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ 11
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 16-18
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ทฤษฎี 3 ชม.
ชื่อเรื่อง	งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ปฏิบัติ 12 ชม.

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2 เลือกใช้งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

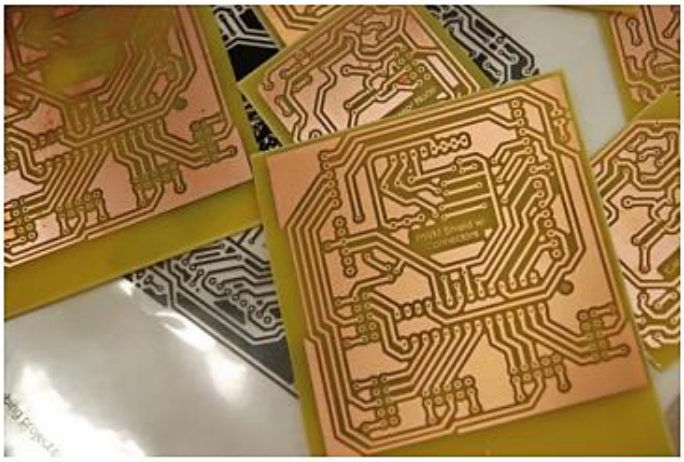
5. **เนื้อหาสาระ**

การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

การประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้เรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจทั้งตัวอุปกรณ์และระบบการทำงานของวงจรที่ต้องสร้าง วงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมสร้างลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board : PCB) เพื่อให้วงจรมีขนาดเล็ก ง่ายต่อการนำไปใช้งาน การบำรุงรักษา และการตรวจซ่อมแก้ไข

17.1 การสร้างแบบลายวงจรพิมพ์

การสร้างแบบลายวงจรพิมพ์ ถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของวงจร ทำให้วงจรสามารถทำงานได้ถูกต้องสมบูรณ์



รูปที่ 17.1 แสดงแบบลายวงจรพิมพ์

ที่มา : http://sommaipcb.com

รูปที่ 17.1 แสดงแบบลายวงจรพิมพ์ การเขียนลายวงจรต้องคำนึงถึงขนาดของลายวงจรให้เหมาะสมกับขนาดของกระแสที่ไหลผ่าน ลักษณะของการเชื่อมต่อต้องสมบูรณ์ถูกต้อง เหมาะสม สวยงาม ระยะห่างของจุดต่ออุปกรณ์บนลายวงจรจะต้องมีขนาดที่พอเหมาะ รูจุดต่ออุปกรณ์ควรอยู่ตรงกึ่งกลางของจุดต่อ และส่วนโค้งงอของลายวงจรควรมนโค้งให้เหมาะสมกับตำแหน่งอุปกรณ์

17.1.1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างแบบลายวงจรพิมพ์

การสร้างแบบลายวงจรพิมพ์เป็นสิ่งที่สำคัญในการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุที่ใช้ในการสร้างแบบลายวงจรพิมพ์ ประกอบด้วย

1. แผ่นวงจรพิมพ์แบบหน้าเดียว
2. แผ่นใสแบบถ่ายเอกสาร

3. เฟอริกคลอไรด์ (Ferric Chloride) หรือน้ำยากัดทองแดง

(ก) แบบก้อน

(ข) แบบน้ำ

รูปที่ 17.2 แสดงน้ำยากัดทองแดง

ที่มา : http://www.onebanmor.com และ http://www.circuitshops.com

รูปที่ 17.2 แสดงน้ำยากัดทองแดงแบบก้อนและแบบน้ำ แบบก้อนเป็นเฟอริกคลอไรด์ที่ยังไม่ผสมน้ำ มีลักษณะเป็นก้อน เมื่อนำไปใช้งานต้องนำไปผสมน้ำก่อน ส่วนแบบน้ำเป็นเฟอริก-คลอไรด์ที่ผสมน้ำแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้เลย

4. น้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์

(ก) น้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์

(ข) ยางสน

รูปที่ 17.3 แสดงน้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์และยางสน

รูปที่ 17.3 แสดงน้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์และยางสน ซึ่งน้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์ทำมาจากยางสนผสมกับทินเนอร์ ปัจจุบันมีเป็นขวดขาย ไม่ต้องผสมเอง

5. ใยขัดสังเคราะห์ หรือกระดาษทรายละเอียด

6. ภาชนะพลาสติกสำหรับใส่น้ำยากัดทองแดง

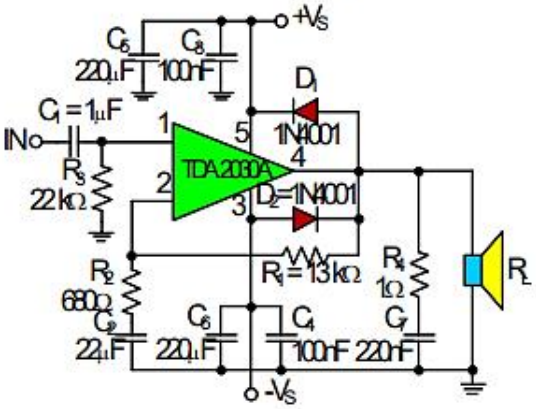
7. ปากกาเคมีกันน้ำ

8. เตารีด

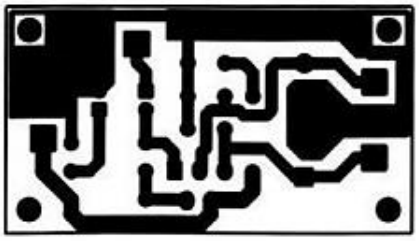
9. สว่านพร้อมดอกสว่าน ขนาด 1/32 นิ้ว และ 1/16 นิ้ว

17.1.2 การออกแบบลายวงจรพิมพ์

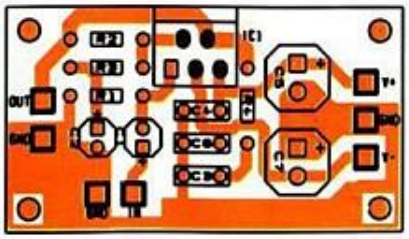
วงจรพิมพ์เป็นแผ่นพลาสติกที่ผิวหนึ่งถูกเคลือบด้วยแผ่นทองแดงบาง นำมาใช้ทำลายวงจรพิมพ์ เพื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกัน ลายวงจรพิมพ์มีส่วนสำคัญต่อการใช้งานดังนั้น การเขียน และการออกแบบต้องถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งาน



(ก) วงจร



(ข) ลายทองแดง



(ค) การวางอุปกรณ์

(ง) วงจรเมื่อประกอบเสร็จ

รูปที่ 17.4 แสดงการออกแบบลายวงจรพิมพ์

รูปที่ 17.4 แสดงการออกแบบลายวงจรพิมพ์ เป็นการนำวงจรมาเขียนเส้นลายทองแดง แล้วนำอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรมาลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวงจรที่ต้องการสร้างลายวงจรพิมพ์ พร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ แต่ละตัวที่ต้องการใช้งานในวงจรมาให้พร้อม

2. วัดขนาดของอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานทุกตัว ทั้งด้านกว้าง ด้านยาว ขนาดความโตของขาอุปกรณ์ ระยะห่างของขา และขนาดพื้นที่ของอุปกรณ์ที่ต้องใช้

3. กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ทุกตัวที่ใช้งานลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ ในตำแหน่งที่เหมาะสม ถูกต้อง และสะดวกต่อการเชื่อมต่อลายวงจรเข้าด้วยกัน

4. กำหนดขนาดความกว้าง ความยาวของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ที่จะนำแผ่นวงจรพิมพ์ไปติดตั้งใช้งาน

5. สร้างลายวงจรพิมพ์คร่าวๆ เพื่อเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์ทั้งหมดให้ถูกต้องครบถ้วน และปรับแต่งให้เหมาะสมอีกครั้ง ลายวงจรพิมพ์ที่เชื่อมต่อขาอุปกรณ์ต้องสั้น ไม่สับสน

6. กำหนดขนาดรูลายวงจรพิมพ์ที่ใช้วางอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับขาอุปกรณ์แต่ละตัว

7. ตรวจสอบตกแต่งจุดต่อลายวงจรพิมพ์แต่ละเส้น ให้มีระยะห่างจากเส้นลายวงจรพิมพ์ข้างเคียงที่เหมาะสม สวยงาม และไม่เกิดการแตะสัมผัสกันของลายวงจรพิมพ์แต่ละเส้น

8. บอกรายละเอียดที่สำคัญไว้ เช่น ชนิดของอุปกรณ์พร้อมค่าหรือหมายเลขที่ใช้ในวงจร ตำแหน่งขาอุปกรณ์ ขั้วบวกลบ และขั้วต่อเชื่อมต่างๆ เป็นต้น โดยบอกไว้ทางด้านวางอุปกรณ์ของแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อให้ง่ายในการประกอบวงจร

17.1.3 การสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีสร้างลายวงจรพิมพ์แบบง่ายด้วยตัวเอง สามารถสร้างใช้งานได้ด้วยตัวเอง โดยใช้วิธีการลอกลายวงจรพิมพ์จากกระดาษถ่ายเอกสารที่ถ่ายลายวงจรไว้ หรืออาจใช้กระดาษที่พิมพ์ลายวงจรด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ก็ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ลงทุนน้อย และได้ลายวงจรพิมพ์เหมือนต้นฉบับทุกประการ

รูปที่ 17.5 แสดงขั้นตอนการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

รูปที่ 17.5 แสดงขั้นตอนการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ ต้องเตรียมอุปกรณ์ใช้งานให้พร้อม ประกอบด้วย แผ่นวงจรพิมพ์ แผ่นใยขัดสังเคราะห์ กระดาษชนิดถ่ายเอกสารได้ ปากกาเคมีกันน้ำ เตารีด ผงซักฟอก กรดกัดทองแดง ทินเนอร์ และภาชนะพลาสติก เป็นต้น ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ เป็นดังนี้

1. เตรียมแผ่นวงจรพิมพ์ให้พร้อมใช้งาน โดยตัดแผ่นวงจรพิมพ์ให้ได้ขนาดตามต้องการ ลบคม ตกแต่งขอบให้เรียบร้อย ล้างทำความสะอาดด้านทองแดง โดยใช้ใยขัดสังเคราะห์และผงซักฟอก ล้างสิ่งสกปรกและคราบสนิมให้หมด เช็ดและปล่อยไว้จนแห้งสนิท หลังจากนี้ไม่ควรสัมผัสโดนผิวทองแดงนั้นอีก

2. นำลายวงจรพิมพ์ที่ต้องการใช้ ไปถ่ายเอกสารลงบนกระดาษ หรือแผ่นใสชนิดถ่ายเอกสารได้ หรือพิมพ์ลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ก็ได้ โดยใช้ลายวงจรพิมพ์ด้านใช้จริงมากลับด้าน (เหมือนลายวงจรพิมพ์ด้านวางอุปกรณ์)

3. นำกระดาษถ่ายเอกสารด้านลายวงจรพิมพ์ วางลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านทองแดง ใช้เทปใสยึดขอบกระดาษให้แน่นไม่ให้เคลื่อนที่ ใช้เตารีดปรับความร้อนสูงสุดรีดบนกระดาษให้ทั่ว ประมาณ 45 วินาที เพื่อให้ลายวงจรพิมพ์ที่ถ่ายเอกสารไว้ทั้งหมดเกาะติดที่ผิวทองแดง ปล่อยทิ้งไว้ให้แผ่นวงจรพิมพ์เย็นตัวลง

4. นำแผ่นวงจรพิมพ์ที่รีดด้วยเตารีดเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งกระดาษที่ติดอยู่ไปแช่น้ำเปล่า ให้กระดาษอ่อนตัวลง ค่อยๆ ล้างถูเบาๆ ให้กระดาษหลุดออกจนหมด เหลือเพียงลายวงจรพิมพ์เกาะติดบนแผ่นวงจรพิมพ์ นำแผ่นวงจรพิมพ์มาทำให้แห้ง

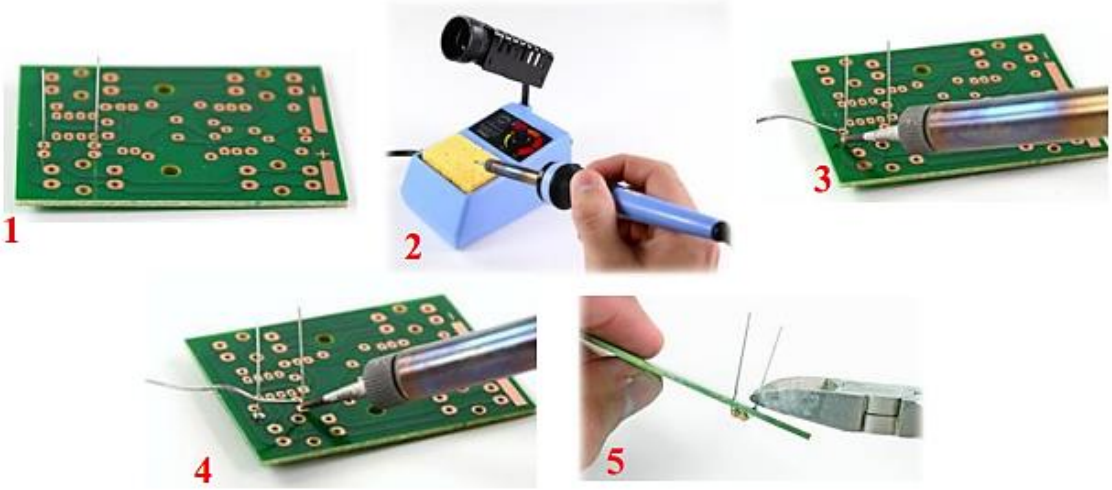
5. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของลายวงจรพิมพ์ที่ได้ออกมา มีส่วนใดของลายวงจรพิมพ์เกิดความบกพร่อง ขาดหลุดหายไปหรือไม่ ถ้ามีให้ใช้ปากกาเคมีกันน้ำเขียนตกแต่งให้ลายวงจรพิมพ์สมบูรณ์ทั้งหมด

6. นำแผ่นวงจรพิมพ์ที่ตกแต่งเรียบร้อยไปแช่ในกรดกัดทองแดง เขย่าถาดเบาๆ พร้อมทั้งสังเกตทองแดงส่วนที่ไม่ต้องการหลุดออกหมดหรือยัง ทำเช่นนี้จนทองแดงส่วนที่ไม่ต้องการหลุดออกหมด นำแผ่นวงจรพิมพ์ไปล้างกรดกัดทองแดงออกให้หมดด้วยน้ำและผงซักฟอก

7. ล้างหมึกพิมพ์พลาสติกสีดำเป็นลายวงจรพิมพ์ที่เกาะติดบนแผ่นวงจรพิมพ์ออกให้หมดด้วยทินเนอร์ ทำความสะอาดแผ่นวงจรพิมพ์อีกครั้ง ปล่อยให้แห้ง แล้วทาเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์บางๆ ปล่อยทิ้งให้แห้งสนิท น้ำยาเคลือบแผ่นวงจรพิมพ์จะช่วยป้องกันการเกิดสนิมของลายทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์

8. นำแผ่นวงจรพิมพ์ที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ไปเจาะรูตามจุดต่างๆ ให้ครบทุกจุด ก็จะได้ลายวงจรพิมพ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ พร้อมที่จะนำไปประกอบอุปกรณ์ตามต้องการ

17.1.4 การประกอบอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรพิมพ์



รูปที่ 17.6 แสดงการประกอบอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรพิมพ์

ที่มา : พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, 2557 : 306-307

1. นำแผ่นวงจรพิมพ์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือชิ้นงานที่ต้องการบัดกรีประกอบเข้าด้วยกันตามลำดับความสำคัญก่อนหลัง กรณีเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเสียบลงในรูแผ่นวงจรพิมพ์ให้งอขาออกเล็กน้อย เพื่อป้องกันการหลุดออกจากรูของตัวอุปกรณ์

2. จ่ายไฟฟ้าให้หัวแร้งบัดกรี ทิ้งไว้จนร้อนจัด นำปลายหัวแร้งบัดกรีไปทำความสะอาด โดยนำไปเช็ดกับฟองน้ำที่เปียกน้ำพอหมาดๆ จากนั้นนำตะกั่วบัดกรีไปสัมผัสปลายหัวแร้งบัดกรีให้ทั่ว ก่อนบัดกรีสังเกตขาอุปกรณ์ตัวใดสกปรกควรทำความสะอาดเสียก่อน

3. นำปลายหัวแร้งบัดกรีที่พร้อมใช้งาน ไปสัมผัสที่ขาของอุปกรณ์และลายวงจรพิมพ์ ทิ้งระยะเวลาประมาณ 2-3 วินาที แล้วจึงนำตะกั่วบัดกรีไปสัมผัสที่จุดบัดกรีตรงปลายหัวแร้งบัดกรี ให้มีตะกั่วบัดกรีหลอมละลายล้อมรอบจุดบัดกรีในขนาดที่พอเหมาะ

4. เมื่อตะกั่วบัดกรีหลอมละลายมีขนาดพอเหมาะแล้ว นำตะกั่วบัดกรีออกจากจุดบัดกรี รอจนตะกั่วบัดกรีหลอมละลายทั้งหมด จึงดึงหัวแร้งบัดกรีออกจากจุดบัดกรีโดยรวดเร็ว ปล่อยให้ตะกั่วบัดกรีเย็นตัวลง สังเกตความสมบูรณ์ของจุดบัดกรี ทำเช่นนี้จนครบทุกจุด

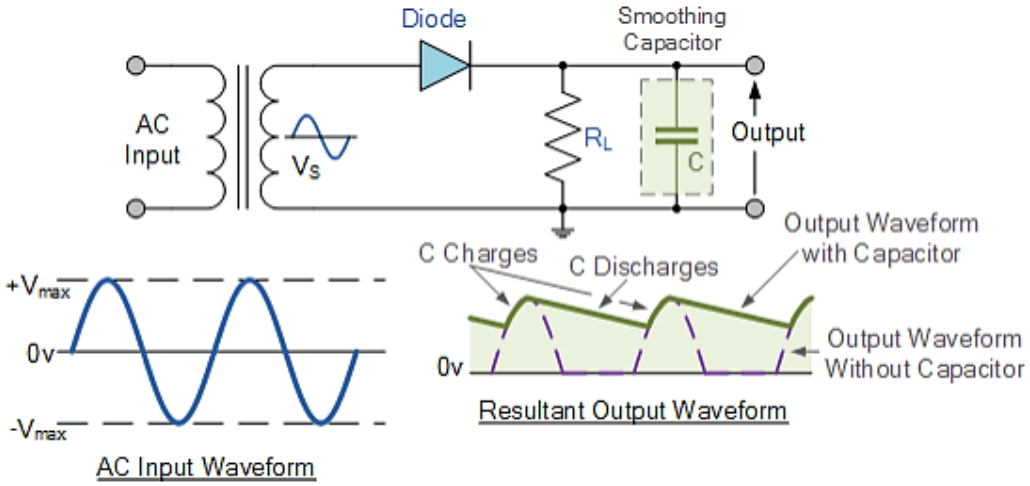
5. ใช้คีมตัด ตัดขาอุปกรณ์ส่วนเกินที่เหลือออกให้หมด โดยตัดให้ชิดตะกั่วบัดกรี ไม่ควรให้เหลือยาวมากเกินไป เพราะขาส่วนที่เหลือมีโอกาสล้มไปสัมผัสกับจุดต่ออื่นๆ อาจทำให้เกิดการลัดวงจร ส่งผลต่อการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์และวงจรได้เมื่อนำชิ้นงานไปใช้งาน

17.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

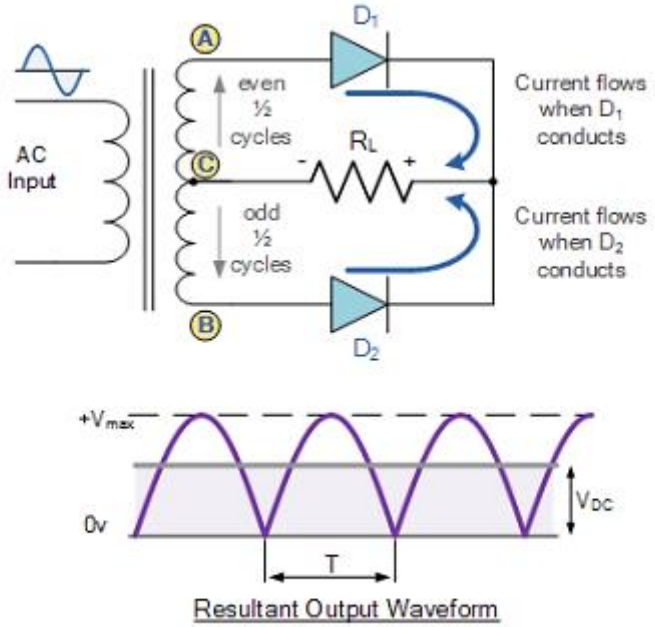
วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำมาใช้งานบ่อย ได้แก่ วงจรเรียงกระแสและวงจรขยายสัญญาณ วงจรเรียงกระแสจะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกเครื่องจะต้องมีวงจรนี้ ในส่วนของเครื่องขยายต่างๆ ก็ต้องมีวงจรขยายมาเป็นส่วนประกอบของวงจร เป็นต้น

17.2.1 วงจรเรียงกระแส

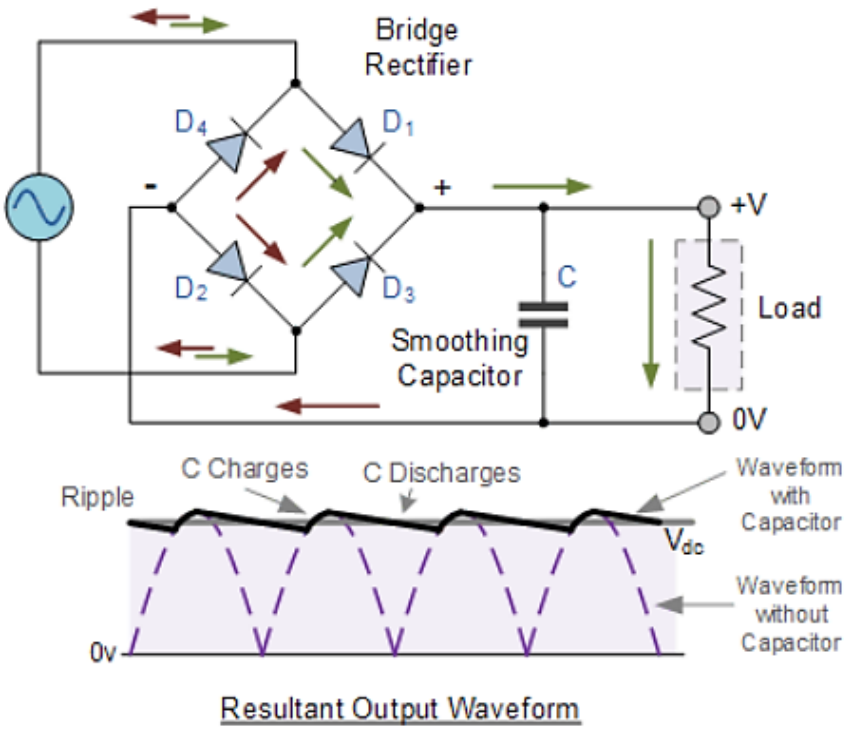
วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) หรือวงจรเรคติฟาย หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่สามารถเรียงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (เปลี่ยนไฟ AC เป็นไฟ DC) อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเรียงกระแสก็คือไดโอดนั่นเอง



(ก) วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)



(ข) วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)



(ค) วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

รูปที่ 17.7 แสดงวงจรเรียงกระแส

ที่มา : https://www.electronics-tutorials.ws

รูปที่ 17.7 (ก) แสดงวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น โดยการใช้ไดโอด 1 ตัว ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้แรงดันที่ได้จากการเรคติฟายออกมาเพียงครึ่งคลื่นบวกเท่านั้น

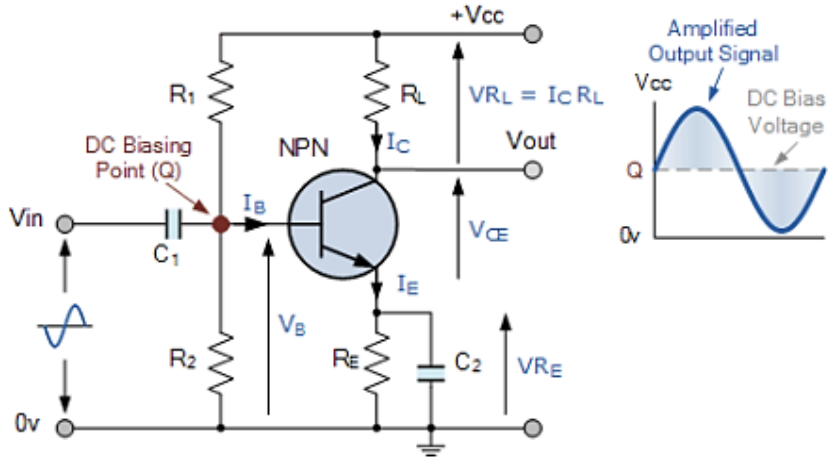
อย่างไรก็ตามเวลาที่เราเอาแรงดันไฟดีซีไปใช้งานนั้น จำเป็นต้องเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบจริงๆ แต่ลักษณะที่วงจรเรคติฟายออกมายังไม่เรียบ เราสามารถทำให้แรงดันนี้เรียบขึ้นได้โดยการใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวกรองคลื่น (Filter) ซึ่งเราเรียกตัวเก็บประจุพวกนี้ทับศัพท์ไปว่า ซี-ฟิลเตอร์ (C-Filter)

รูปที่ 17.7 (ข) แสดงวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น โดยการใช้ไดโอด 2 ตัว ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้แรงดันที่ได้จากการเรคติฟายออกมาเต็มคลื่น

รูปที่ 17.7 (ค) แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ โดยการใช้ไดโอด 4 ตัว ทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้การเรคติฟายออกมาครบทั้งสองเฟส เหมือนกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

17.2.2 วงจรขยายสัญญาณ

การนำเอาทรานซิสเตอร์ไปสร้างเป็นวงจรขยาย ก็คือการให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ เช่นในเครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เป็นต้น ในการขยายสัญญาณอาจจะไม่ใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียว จะต่อกันเป็นภาคๆ ขยายสัญญาณขึ้นมาเป็นลำดับ จนกระทั่งมีขนาดของสัญญาณและกำลังพอที่จะขับลำโพงได้



รูปที่ 17.8 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

ที่มา : https://www.electronics-tutorials.ws

รูปที่ 17.8 แสดงวงจรขยายสัญญาณ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ทำหน้าที่ไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ โดยต่อกันแบบแบ่งแรงดัน แรงดันที่มาไบอัสให้กับขาเบสก็คือแรงดันตกคร่อม R_2 ส่วนตัวต้านทาน R_C จะทำหน้าที่ไบอัสทางเอาต์พุตและเป็นโหลดของวงจร R_E ทำให้ทรานซิสเตอร์มีเสถียรภาพต่ออุณหภูมิ หรือทำให้การทำงานของทรานซิสเตอร์มีความคงที่ต่ออุณหภูมินั่นเอง C_1 ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณ และ C_2 ทำให้แรงเคลื่อนที่ตกคร่อม R_E มีเพียงไฟดีซีเท่านั้น

สรุป

การเขียนลายวงจรต้องคำนึงถึงขนาดของลายวงจรให้เหมาะสมกับขนาดของกระแสที่ไหล ลักษณะของการเชื่อมต่อต้องสมบูรณ์ถูกต้อง เหมาะสม สวยงาม ระยะห่างของจุดต่ออุปกรณ์ ลายวงจรจะต้องมีขนาดที่พอเหมาะ รูจุดต่ออุปกรณ์ควรอยู่ตรงกึ่งกลางของจุดต่อ และส่วนโค้งงอของลายวงจรควรมนโค้งให้เหมาะสมกับตำแหน่งอุปกรณ์

วงจรพิมพ์เป็นแผ่นพลาสติกที่ผิวหนึ่งถูกเคลือบด้วยแผ่นทองแดงบาง นำมาใช้ทำลายวงจรเพื่อต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกัน ลายวงจรพิมพ์มีส่วนสำคัญต่อการใช้งาน ดังนั้นการเขียนและการออกแบบต้องถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งาน

ขั้นตอนการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ ต้องเตรียมอุปกรณ์ใช้งานให้พร้อม ประกอบด้วย แผ่นวงจรพิมพ์ แผ่นใยขัดสังเคราะห์ กระดาษชนิดถ่ายเอกสารได้ ปากกาเคมีกันน้ำ เตารีด ผงซักฟอก กรดกัดทองแดง ทินเนอร์ และภาชนะพลาสติก เป็นต้น

วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) หรือวงจรเรคติฟาย หมายถึง วงจรไฟฟ้าที่สามารถเรียงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (เปลี่ยนไฟ AC เป็นไฟ DC) อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเรียงกระแสก็คือไดโอดนั่นเอง

การนำเอาทรานซิสเตอร์ไปสร้างเป็นวงจรขยาย ก็คือการให้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ เช่นในเครื่องขยายเสียง เครื่องรับวิทยุ เป็นต้น

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 11
งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. แผ่นปรินต์เอนกประสงค์ตรงกับข้อใด

ก. Froto Board ข. Veroboard

ค. Protoboard ง. Photo Board

2. แผ่นปรินต์ข้อใดที่มีกระบวนการจัดทำที่ซับซ้อนมากที่สุด

ก. มัลติเลเยอร์ ข. แบบสองหน้าเพลททรูโฮล

ค. แบบสองหน้าธรรมดา ง. แบบหน้าเดียว

3. แผ่นปรินต์ข้อใดที่นิยมนำไปใช้กับวงจรที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

ก. มัลติเลเยอร์ ข. แบบสองหน้าเพลททรูโฮล

ค. แบบสองหน้าธรรมดา ง. แบบหน้าเดียว

4. แผ่นปรินต์ข้อใดที่ไม่ใช่แผ่นปรินต์ที่แบ่งตามวัสดุที่นำมาทำเป็นฉนวน

ก. มัลติเลเยอร์ ข. เทฟลอน

ค. เคมวัน ง. กลาสอีพอกซี่

5. การใช้ทินเนอร์ผสมน้ำมันสนเช็ดแผ่นปรินต์ต์เพื่ออะไร

ก. เพื่อขจัดคราบสกปรก ข. เพื่อทำความสะอาด

ค. เพื่อป้องกันออกไซด์ ง. ถูกทั้งข้อกและข้อข

6. Soldering Irons คืออะไร

ก. ฟลักซ์ ข. ตะกั่วบัดกรี

ค. หัวแร้ง ง. ถูกทั้งข้อ ก และข้อ ข

7. ตะกั่วบัดกรีชนิด 60/40 และตะกั่วบัดกรีชนิด 40/60 ชนิดใดจะทำให้การบัดกรีแล้วรอยบัดกรีเงาสวยงามและติดสนิทมากกว่ากัน

ก. ไม่แน่นอน ข. สามารถเป็นไปได้ทุกกรณี

ค. ตะกั่วชนิด 60/40 ง. ตะกั่วชนิด 40/60

8. เมื่อใช้งานหัวแร้งบัดกรีไปนาน ๆ ส่วนปลายของหัวแร้งจะเกิดสิ่งใด

ก. ออกซัน ข. รีออกซิเดชัน

ค. ออกไซด์ ง. ออกซิเดชัน

9. Solder Sucker คืออะไร

ก. ตะกั่ว ข. ที่ดูดตะกั่ว

ค. ที่วางหัวแร้ง ง. หัวแร้ง

10. การบัดกรีที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร

ก. บัดกรีแบบใดก็ได้ ข. จุดบัดกรีจะต้องเรียบและเงา

ค. จุดบัดกรีจะด้านขรุขระ ง. จุดบัดกรีควรใส่ตะกั่วลงไปมาก ๆ เพื่อการบัดกรีติดแน่น

11. ข้อใดคือส่วนผสมของตะกั่วบัดกรีชนิด 60/40

ก. ทองแดง 60% ตะกั่ว 40% ข. ตะกั่ว 60% ดีบุก 40%

ค. ดีบุก 60% ทองแดง 40% ง. ดีบุก 60% ตะกั่ว 40%

12. หัวแร้งแช่มีตั้งแต่ขนาด 10 วัตต์ ถึง 250 วัตต์ ในการบัดกรีงานอิเล็กทรอนิกส์จะใช้กี่วัตต์

ก. ประมาณ 60–75 วัตต์ ข. ประมาณ 45–60 วัตต์

ค. ประมาณ 30–45 วัตต์ ง. ประมาณ 15–30 วัตต์

13. ตะกั่วมัลติคอร์ (Multi–Core) หมายถึงอะไร

ก. การแทรกฟลักซ์ตลอดความยาวของเส้นตะกั่วชนิด 5 แกน

ข. การแทรกฟลักซ์ตลอดความยาวของเส้นตะกั่วชนิด 4 แกน

ค. การแทรกฟลักซ์ตลอดความยาวของเส้นตะกั่วชนิด 3 แกน

ง. การแทรกฟลักซ์ตลอดความยาวของเส้นตะกั่วชนิด 2 แกน

14. ประโยชน์ของฟลักซ์ ในการบัดกรีคือข้อใด

ก. เป็นสารระเหยในการบัดกรี ข. เป็นสารเคมีที่ไว้ทำความสะอาดในขณะบัดกรี

ค. เป็นสารหล่อลื่นในเวลาบัดกรี ง. ถูกทุกข้อ

15. การนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใส่ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยหลักการแล้วจะต้องใส่อย่างไร

ก. อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและเตี้ยที่สุดก่อน

ข. อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่สุดก่อน

ค. อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและสูงที่สุดก่อน

ง. ไม่มีหลักการที่แน่นอน

7. **เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)**

หนังสือเรียนเรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ผู้แต่ง พันธ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

8. **ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)**

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ 11

งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.ค	2.ก	3.ง	4.ก	5.ง
6.ค	7.ค	8.ค	9.ข	10.ข
11.ง	12.ง	13.ก	14.ง	15.ก

	ใบงาน ที่ 11	หน่วยที่ 11
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ 16-18
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 12 ชม.
ชื่องาน งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์		

1. **ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน**

งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

2. **อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ**

2.1 มาตรฐานอาชีพ.....สมรรถนะย่อย.....

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน....

2) วิธีประเมิน.....

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

3. **สมรรถนะประจำหน่วย**

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2 เลือกใช้งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

3.3 วัดงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาอาการเสียได้ 3 อาการ

3.4 แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

4. **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

4.1 อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์งานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4.2 เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.3 แก้ไขตรวจสอบงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4.4 จำแนกอาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.5 แก้ปัญหาการเสียของงานประกอบและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง

4.6 มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

5. **เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์**

1. มัลติมิเตอร์	**1** เครื่อง
2. สายสำหรับต่อวงจร	**1** ชุด
3. มีดคัทเตอร์	**1** ด้าม
4. สีน้ำมันหรือปากกาเคมี	**1** ด้าม
5. ที่ดูดตะกั่ว	**1** ตัว
6. หัวแร้งบัดกรี	**1** ตัว
7. ตะกั่วบัดกรี	**1** ฟุต
8. แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์	**1** ตัว
9. แผ่นวงจรพิมพ์เปล่า	**1** ตัว

6. **คำแนะนำ/ข้อควรระวัง**

1. เตรียมที่ดูดตะกั่ว สีน้ำามันหรือปากกาเคมี มีดคัทเตอร์ให้พร้อม

2. ควรตรวจสอบหัวแร้งบัดกรีเพื่อทดสอบการท างานก่อนปฏิบัติใบงานจริง

7. **ขั้นตอนการปฏิบัติ**

1. ทำงานบัดกรีตัวอักษรโดยวาดโครงตัวอักษรตามชื่อของนักเรียนในลักษณะดังรูป ลงบนกระดาษแข็ง

2. ใช้คีมตัด ตัดและปอกฉนวนของสายไฟให้เหลือเฉพาะเส้นลวดทองแดงภายใน

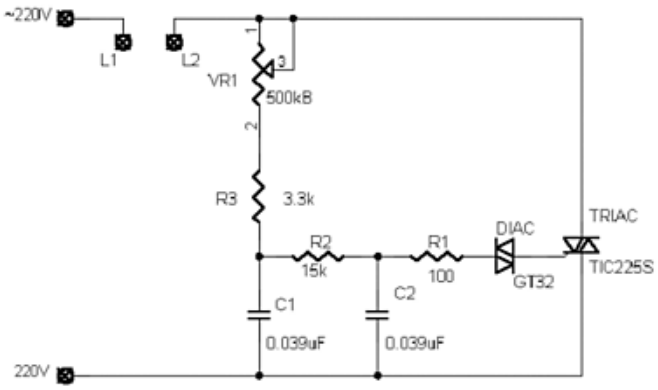
3. ใช้คีมจับปากยาวดัดลวดทองแดงตามแบบ โดยแบ่งเป็นโครงลวด 2 เส้น และส่วนของตัวอักษร

4. วางตัวอักษรเข้ากับโครงลวดบนกระดาษแข็งที่ใช้เป็นแบบ

5. ใช้หัวแร้งและตะกั่วทาการบัดกรีตามจุดต่อต่าง ๆ ตามวิธีที่ถูกต้องจนเสร็จสิ้น โดยให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทั้งสองด้วยหัวแร้ง เมื่อชิ้นงานร้อนได้ที่จึงทาการจ่าย ตะกั่วบัดกรีเข้าที่ตัวชิ้นงาน จากนั้นเมื่อตะกั่วไหลรวมไปยังจุดบัดกรีในปริมาณพอเหมาะแล้วจึงค่อยถอนตะกั่วบัดกรีและหัวแร้งออกจากงานตามลาดับ

6. ตรวจสอบจุดที่บัดกรี โดยจุดบัดกรีที่ดีจะต้องเรียบและเป็นมันวาว

7. งานประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ที่ทำขึ้นเอง



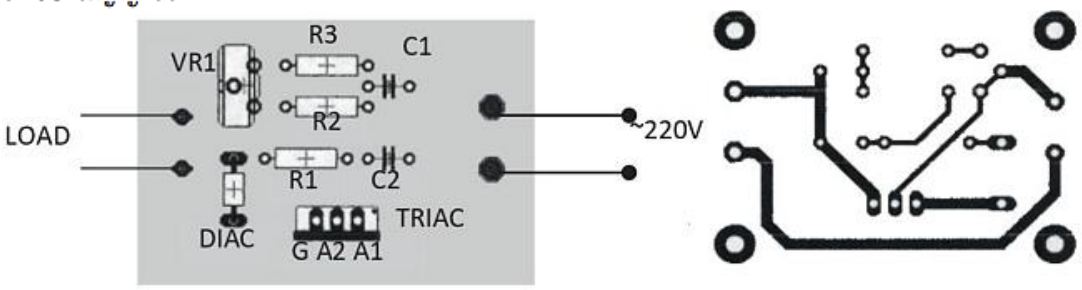
รูปแสดงวงจรหรี่ไฟ

คุณสมบัติของวงจร

ใช้หรี่หลอดไฟไส้ขนาดสูงสุด1000 Wโดยปรับที่ค่าตัวต้านทานVR1

การทำงานของวงจร

จะใช้การควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด ด้วยไตรแอค โดย R2, R2 และ VR1 จะต่อร่วมกับ C1 C2 เพื่อเลื่อนเฟสในการทริกไตรแอค ส่วน R1 จะช่วยลดกระแสทริกที่จะไหลผ่านไดแอค เมื่อปรับVR1 จะทาให้มุมในการทริกให้ไตรแอคนำกระแสเปลี่ยนไป จึงทำให้แรงดันที่จ่ายให้โหลดเปลี่ยนไปตามตำแหน่งการทริกของสัญญาณ



รูปแสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์และแผ่นวงจรพิมพ์

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

8. ตัดแผ่นวงจรพิมพ์ขนาด กว้าง 1.5 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว ตามรูป
9. ใช้กระดาษไขลอกลายวงจรในแนวเต้นตามรูป (อาจปรับขนาดเต้นตามความ เหมาะสม)จากนั้นนำไปวาดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านที่เป็นทองแดงโดยใช้กระดาษ ลอกลาย
10. ใช้ตะปูตอกในจุดที่ต้องเจาะรู
11. ใช้หมึกสีน้ำมันหรือปากเคมี ระบายเส้นลายวงจรพิมพ์จนครบทุกเส้น
12. ทิ้งไวให้หมึกแห้งแล้วจึงนำไปกัด
13. เมื่อกัดลายเสร็จให้ล้างสีออก แล้วทำความสะอาด จากนั้นทาด้วยน้ำยาเคลือบลายวงจรหรือยางสนผสมทินเนอร์
14. เจาะรูตามตำแหน่งที่กำหนดไว้
15. ใส่อุปกรณ์ตามตำแหน่งดังรูป
16. ทำการบัดกร แล้วต่อสาย
17. ตรวจสอบให้แน่ใจอีกครั้ง จากนั้นลองต่อทดสอบใช้งานจรง

ข้อควรระวังในการทำงาน

1. การระบายต้องระบายให้ทึบ ไม่เช่นนั้นลายทองแดงที่กัดอาจไม่สมบูรณ์
2. หลังจากกัดเสร็จแล้ว ควรตรวจสอบลายทองแดงอีกครั้ง ระวังอย่าให้มีเส้นทองแดงที่ ไม่ต้องการ มิฉะนั้นวงจรอาจเสียหายได้
3. การเจาะรูต้องเลือกขนาดดอกสว่านตามขนาดขาของอุปกรณ์
4. การลงอุปกรณ์ที่มีขั้วหรือหลายขาด ต้องระวังอย่าให้ผิดพลาด มิฉะนั้นอุปกรณ์หรือวงจร อาจเสียหายได้
5. ก่อนทดลองวงจรควรให้อาจารย์ผู้สอนตรวจสอบให้แน่ใจอีกครั้ง และควรกระทำด้วย ความระมัดระวัง
6. วงจรนี้ไม่สามารถหรี่หลอดฟลูออเรสเซนต์ได้

8. **สรุปและวิจารณ์ผล**

.....

.....

.....

.....

9. **การประเมินผล**

.....

.....

.....

.....

10. **เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม**

.....

.....

.....

	แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน	หน่วยที่ ……
	รหัสวิชา 20105-2002 ชื่อวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร	สอนครั้งที่ ……
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ …..……	ทฤษฎี …… ชม. ปฏิบัติ …… ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ……		

จุดประเมิน	**ระดับคะแนน**				
	5	4	3	2	1
1. กระบวนการปฏิบัติงาน					
1.1 การปฏิบัติงานตามขั้นตอน					
1.2 ปฏิบัติงานถูกต้องไม่ผิดพลาด					
1.3 ความร่วมมือขณะปฏิบัติงาน					
2. ผลการปฏิบัติงาน					
2.1 บันทึกผลของการทดลองถูกต้อง					
2.2 สรุปผลการทดลอง ได้ถูกต้อง					
3. กิจนิสัยในการ ปฏิบัติงาน					
3.1 ความร่วมมือกัน ขณะปฏิบัติงาน					
3.2 ปฏิบัติงานด้วย ความปลอดภัย					
3.3 ปฏิบัติงานเสร็จ ทันเวลา					

เกณฑ์การให้คะแนน 5 ดีมาก 4 ดี 3 พอใช้ 2 พอใช้ 1 ปรับปรุง

แนะนำเพิ่มเติม

……

……

……

ผู้ประเมิน นางสาวสุภัสสรา เชียงฮวด

วัน……เดือน……พ.ศ. ……