



การวิเคราะห์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง (High Frequency Electronic Circuit Analysis)



สาຍนต์ ชื่นอารมย์

การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความถี่สูง

(High Frequency Electronic Circuit Analysis)

รหัสวิชา 30105-2003

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
ใช้ได้กับหลักสูตรปริญาตรีและผู้ที่สนใจในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)

กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย

สายันต์ ชื่นอารมย์



การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง (High Frequency Electronic Circuit Analysis)

คำอธิบายรายวิชา : ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าและพารามิเตอร์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในย่านความถี่สูงของไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟต การวิเคราะห์ ออกแบบวงจรแมตซิง วงจรฟิลเตอร์ วงจรเรโซแนนซ์ วงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรทวีความถี่ วงจรเฟสล็อกคัลป วงจรซินทิไซเซอร์ วงจรขยายคลาสต่าง ๆ วงจรขยาย ย่านความถี่สูง วงจรขยายแบบจูนด์และวงจรขยายกำลังแบบลิเนียร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

сайนต์ ชื่นอารมย์.

การวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
228 หน้า.

1. วงจรอิเล็กทรอนิกส์. I. ชื่อเรื่อง.

621.3815

ISBN 978-616-211-965-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

บริษัทวังอักษร จำกัด



69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

Tel. 0-2472-3293-5 Fax 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com> ID Line : @wangaksorn



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



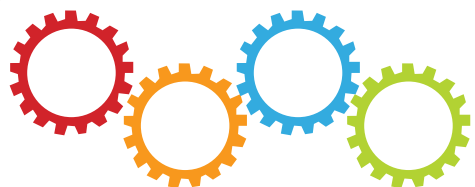
คำนำ

วิชาการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง รหัสวิชา 30105-2003 จัดอยู่ในหมวดวิชา
สมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ตาม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
(สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 8 บทเรียน ได้จัดการจัดการ
เรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)
ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญ
ส่วนที่เป็นความรู้ทฤษฎี หลักการกระบวนการตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวนเพื่อ
ฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอน
ตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้ชี้แนะ (Teacher
Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัด
ห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping)
ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก
ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์
(Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ
มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification
System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความ
สามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National
Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาค
ธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันใน
ประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการ
เรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

สายัณต์ ชื่นอารมย์

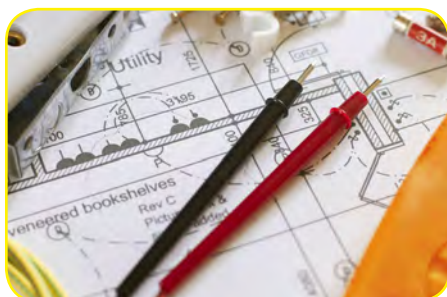


สารบัญ

บทที่ 1

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในย่านความถี่สูงของไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟต

1



บทนำ	2
วงจรไดโอดความถี่สูง	3
วงจรทรานซิสเตอร์ความถี่สูง	8
วงจรเฟตความถี่สูง	14
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 1	21
ใบงานที่ 1.1 วงจรไดโอดความถี่สูง	25
ใบงานที่ 1.2 วงจรทรานซิสเตอร์ความถี่สูง	26
ใบงานที่ 1.3 วงจรเฟตความถี่สูง	27

บทที่ 2

ระบบของการแมตซิง

28



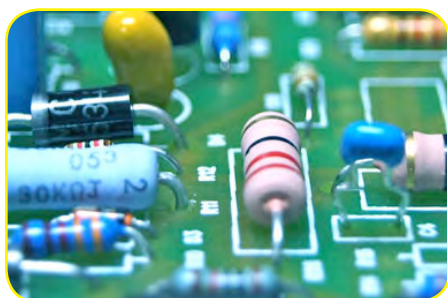
การส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด	29
อิมพีแดนซ์	36
ทรานส์มิสชันไลน์แมตซิง	40
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 2	43
ใบงานที่ 2.1 การส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด	46
ใบงานที่ 2.2 การแมตซิงสายส่งสัญญาณ	48





บทที่ 3 วงจรฟิลเตอร์

49



บทนำ	50
วงจรกรองความถี่ชนิดโลว์พาส	50
วงจรกรองความถี่ชนิดไฮพาส	57
วงจรกรองความถี่ชนิดแบนด์พาส	62
แอกทีฟแบนด์พาสฟิลเตอร์	65
วงจรกรองความถี่ชนิดแบนด์สตัดอป	68
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 3	71
ใบงานที่ 3.1 วงจรกรองความถี่ต่ำ	76
ใบงานที่ 3.2 วงจรกรองความถี่สูง	78
ใบงานที่ 3.3 วงจรกรองแถบความถี่	80
ใบงานที่ 3.4 วงจรกั้นความถี่	82

บทที่ 4 วงจรเรโซแนนซ์

84

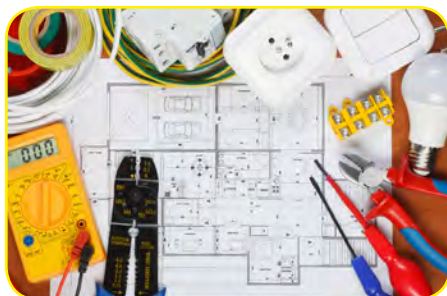


บทนำ	85
วงจรเรโซแนนซ์อนุกรม (Series Resonance)	87
ผลของวงจร RLC อนุกรม เมื่ออยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์	89
การหาค่า L หรือ C ในวงจรอนุกรม	91
ตัวประกอบคุณภาพของวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	92
วงจรเรโซแนนซ์ขนาน (Parallel Resonance)	95
ผลของวงจร RLC ขนาน เมื่ออยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์	97
การหาค่า L หรือ C ในวงจรขนาน	98
ตัวประกอบคุณภาพของวงจรเรโซแนนซ์ขนาน	100
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 4	103
ใบงานที่ 4.1 วงจรเรโซแนนซ์อนุกรม	106
ใบงานที่ 4.2 ออกแบบวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม ที่มีความถี่ 100 kHz	108
ใบงานที่ 4.3 ออกแบบวงจรเรโซแนนซ์ขนาน ที่มีความถี่ 1,500 kHz	109



บทที่ 5 วงจรออสซิลเลเตอร์

110



บทนำ	111
วงจรเฟสชิฟต์ออสซิลเลเตอร์	111
วงจรวินบริดจ์ออสซิลเลเตอร์	114
วงจรโคลพิตต์ออสซิลเลเตอร์	117
ไอซีออปแอมป์กับการกำเนิดสัญญาณไซน์	122
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 5	126
ใบงานที่ 5.1 วงจรเฟสชิฟต์ออสซิลเลเตอร์	131
ใบงานที่ 5.2 วงจรวินบริดจ์ออสซิลเลเตอร์	133
ใบงานที่ 5.3 วงจรโคลพิตต์ออสซิลเลเตอร์	134
ใบงานที่ 5.4 วงจรผลิตรูปคลื่นไซน์ใช้เจเพต	135

บทที่ 6 การจัดคลาสของวงจรขยายและการคัปปลิง

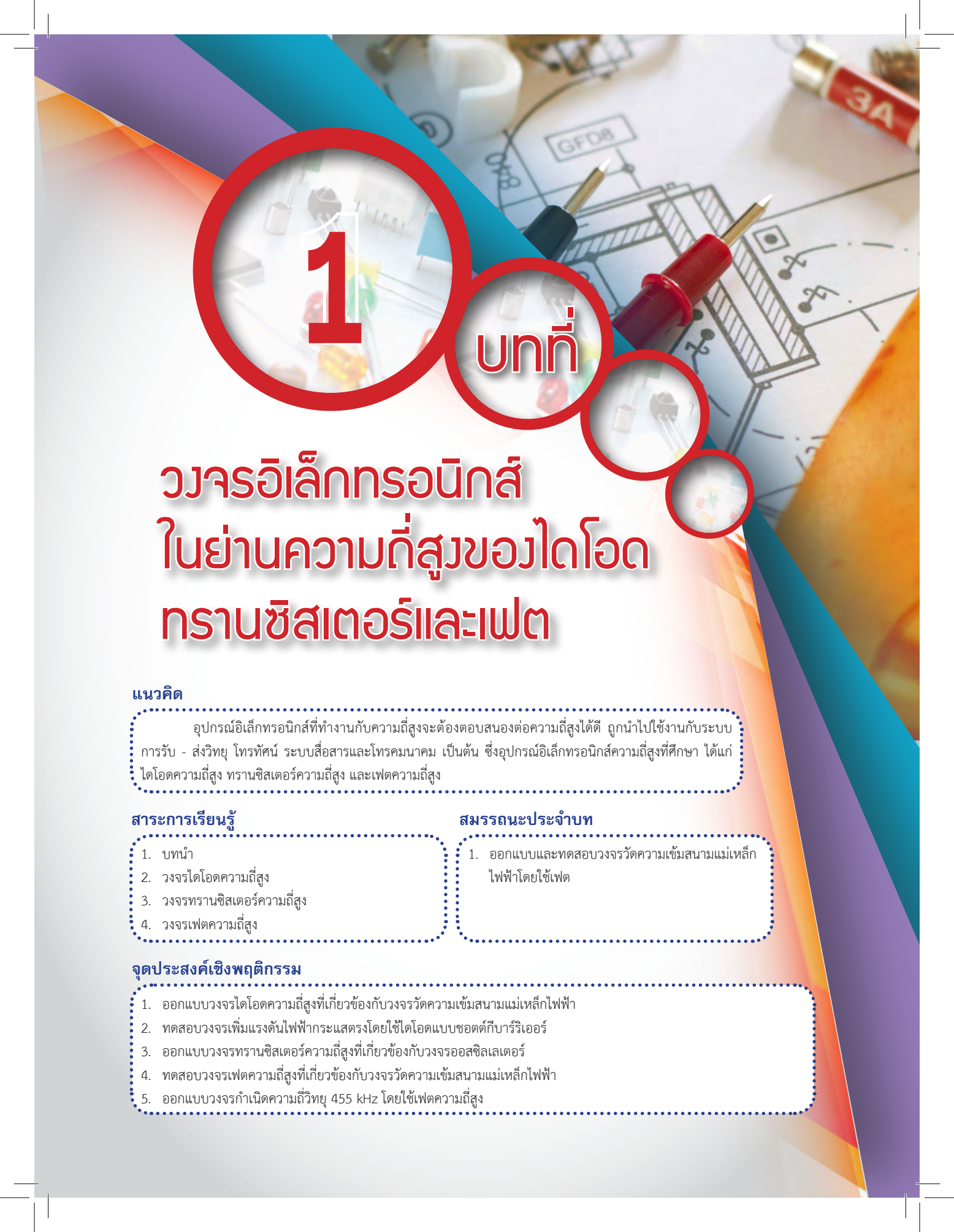
136



คลาสของวงจรขยายเสียง	137
การคัปปลิง	143
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะบทที่ 6	145
ใบงานที่ 6.1 วงจรขยายเสียงคลาส A	148
ใบงานที่ 6.2 วงจรขยายเสียงคลาส AB	151
ใบงานที่ 6.3 การคัปปลิงสัญญาณเสียงโดยใช้ ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า	154







1

บทที่

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในย่านความถี่สูงของไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟต

แนวคิด

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานกับความถี่สูงจะต้องตอบสนองต่อความถี่สูงได้ดี ถูกนำไปใช้งานกับระบบการรับ - ส่งวิทยุ โทรศัพท์ ระบบสื่อสารและโทรคมนาคม เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงที่ศึกษา ได้แก่ ไดโอดความถี่สูง ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง และเฟตความถี่สูง

สาระการเรียนรู้

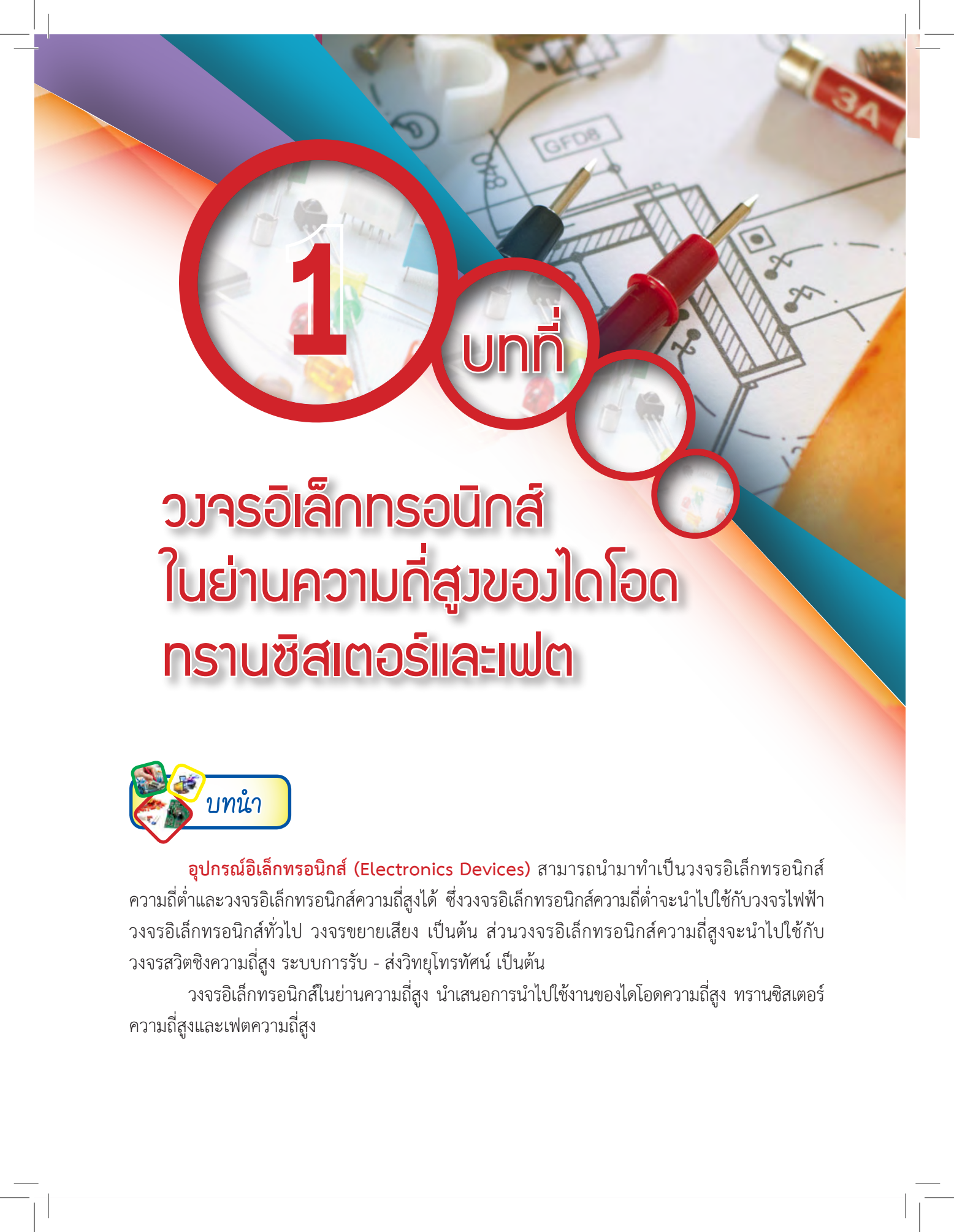
1. บทนำ
2. วงจรไดโอดความถี่สูง
3. วงจรทรานซิสเตอร์ความถี่สูง
4. วงจรเฟตความถี่สูง

สมรรถนะประจำบท

1. ออกแบบและทดสอบวงจรวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้เฟต

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ออกแบบวงจรไดโอดความถี่สูงที่เกี่ยวข้องกับวงจรวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
2. ทดสอบวงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ไดโอดแบบขอตดักบาร์ริเออร์
3. ออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์ความถี่สูงที่เกี่ยวข้องกับวงจรออสซิลเลเตอร์
4. ทดสอบวงจรเฟตความถี่สูงที่เกี่ยวข้องกับวงจรวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
5. ออกแบบวงจรกำเนิดความถี่วิทยุ 455 kHz โดยใช้เฟตความถี่สูง



1

บทที่

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในย่านความถี่สูงของไดโอด ทรานซิสเตอร์และเฟต



บทนำ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Devices) สามารถนำมาทำเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความถี่ต่ำและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงได้ ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำจะนำไปใช้กับวงจรไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป วงจรขยายเสียง เป็นต้น ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงจะนำไปใช้กับ วงจรสวิตชิงความถี่สูง ระบบการรับ - ส่งวิทยุโทรทัศน์ เป็นต้น

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในย่านความถี่สูง นำเสนอการนำไปใช้งานของไดโอดความถี่สูง ทรานซิสเตอร์ ความถี่สูงและเฟตความถี่สูง



วงจรไดโอดความถี่สูง

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ที่นำสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P - Type) ต่อชนกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N - Type) ถูกใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่ต่ำ (Low Frequency Electronics Circuits) จะถูกนำไปใช้กับวงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้ากลับชั่ววงจรเรียงกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงจะนำไปใช้กับระบบวิทยุที่เรียกว่า **ดีเท็กเตอร์ (Detector)** เพื่อแยกคลื่นเสียงออกจากคลื่นพาห้ความถี่สูง หรือนำไปใช้กับวงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นต้น



โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด

โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอดแบบรอยต่อพีเอ็น แสดงในรูปที่ 1.1 อธิบายรายละเอียดดังนี้



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 1.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด

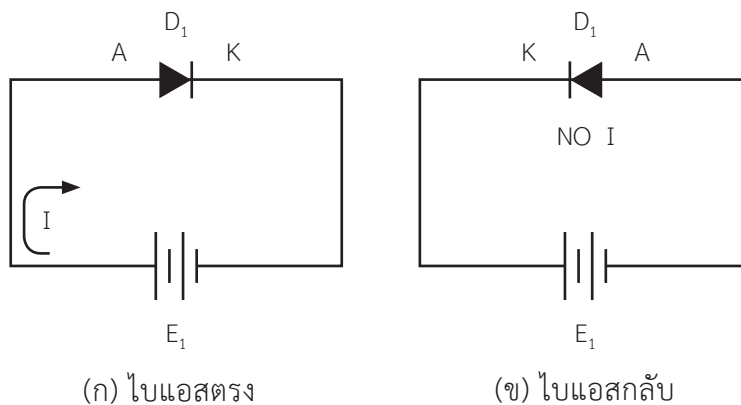
ไดโอดที่สร้างขึ้นจะเชื่อมต่อกับโกรน (Grown Junction) โดยนำสารกึ่งตัวนำที่บริสุทธิ์ (Pure Semiconductor) คือ **เจอร์เมเนียม (Germanium)** หรือ **ซิลิกอน (Silicon)** ใส่ลงในเต้าหลอมแล้วเติมสารเจือปนลงไป โดยเติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกจำนวน 3 ตัว จากนั้นดึงสารกึ่งตัวนำที่กำลังหลอมละลายเหลวนั้นขึ้นมาได้เป็นแท่งสารกึ่งตัวนำชนิดพี หลังจากนั้นเติมสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกจำนวน 5 ตัว ลงไปเพื่อให้สารกึ่งตัวนำที่กำลังหลอมละลายกลายเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จากหลักการดังกล่าวทำให้ได้สารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นที่เชื่อมต่อแบบโกรน

ไดโอดมีขาใช้งาน 2 ขา คือ แอโนด (Anode, A) กับแคโทด (Cathode, K) โดยขาแอโนดต่อมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ส่วนขาแคโทดต่อมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น



การไบแอสไดโอด

การไบแอสหรือการกำหนดจุดทำงานของไดโอด แสดงในรูปที่ 1.2 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.2 การไบแอสไดโอด

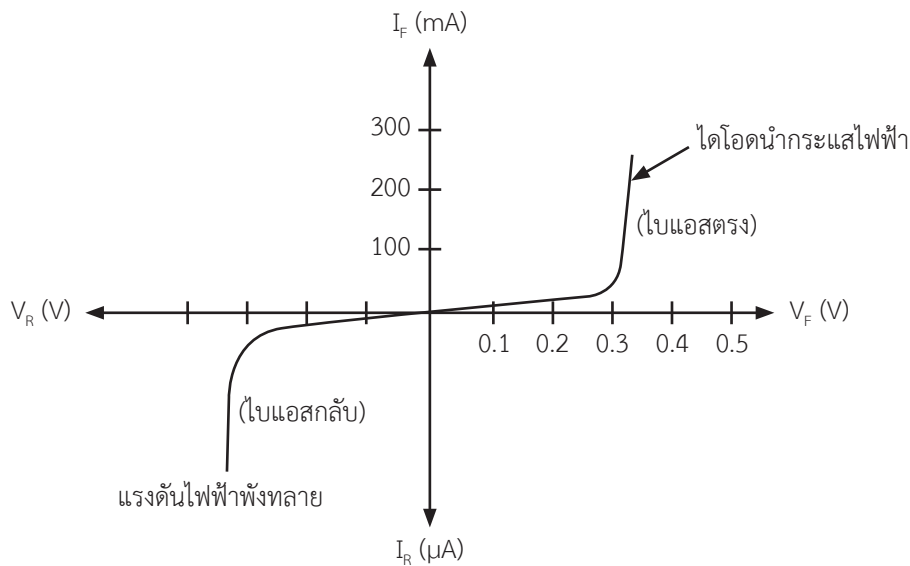
พิจารณารูปที่ 1.2 (ก) แสดงไดโอดได้รับการไบแอสตรง (Forward Bias) โดยขั้วแอโนด (Anode, A) ของ D_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E_1 ส่วนขั้วแคโทด (Cathode, K) ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบ ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ค่าความต้านทานของ D_1 ลดลง มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน D_1 ได้ นั่นคือ ณ เวลานั้นไดโอด D_1 นำกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าคัต - อิน (Cut - in Voltage) บริเวณรอยต่อมีค่าประมาณ 0.2 - 0.3 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม และแรงดันไฟฟ้างกล่าวจะมีค่าประมาณ 0.6 - 0.7 V เมื่อเป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

พิจารณารูปที่ 1.2 (ข) แสดงไดโอดได้รับการไบแอสกลับ (Reverse Bias) โดยขั้วแอโนด (A) ของ D_1 ได้รับศักย์ไฟฟ้าลบจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า E_1 ส่วนขั้วแคโทด (K) ได้รับศักย์ไฟฟ้าบวก ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ค่าความต้านทานของ D_1 เพิ่มขึ้น จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน D_1 ได้



คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอด

คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดซึ่งเป็นชนิดเจอร์เมเนียม แสดงในรูปที่ 1.3 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.3 กราฟแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม

กำหนดกราฟแนวนอนแสดงแรงดันไฟฟ้าไบแอสตรง (Forward Voltage, V_F) และแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับ (Reverse Voltage, V_R) มีหน่วยเป็นโวลต์ กราฟแนวตั้งแสดงกระแสไฟฟ้าไบแอสตรง (Forward Current, I_F) มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์ และกระแสไฟฟ้าไบแอสกลับ (Reverse Current, I_R) มีหน่วยเป็นไมโครแอมแปร์

เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรงซึ่งแรงดันไฟฟ้าไบแอสที่จ่ายให้ไดโอดจะต้องมากกว่าแรงดันไฟฟ้าคัต - อินของไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม คือ จะต้องมากกว่า 0.3 V จะทำให้ไดโอดนำกระแสไฟฟ้าเกิดกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่สูง และถ้าแรงดันไฟฟ้าไบแอสต่ำกว่า 0.3 V จะทำให้ไดโอดหยุดนำกระแสไฟฟ้า

เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ จะทำให้ค่าความต้านทานของไดโอดสูงมาก กระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านไดโอดได้ แต่จะมีเพียงกระแสไฟฟ้ารั่วไหลต่ำ ๆ เท่านั้น และถ้าหากให้แรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับมีค่าสูงขึ้น จะทำให้ไดโอดพังและเสียหาย เรียกว่า **แรงดันไฟฟ้าพังทลาย (Breakdown Voltage)**

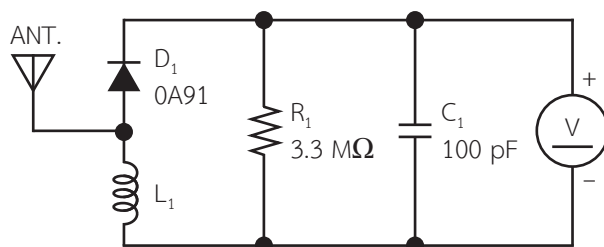


การใช้งานไดโอดความถี่สูง

การนำไดโอดไปใช้งานกับความถี่สูงสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย แต่ที่น่าสนใจได้แก่ ฟیلด์สเตรนจ์มิเตอร์ (Field Strength Meter) และวงจรขยายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Amplifier)

1. ฟیلด์สเตรนจ์มิเตอร์ (Field Strength Meter)

ฟیلด์สเตรนจ์มิเตอร์ คือ เครื่องมือวัดค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 1.4 มีรายละเอียดดังนี้

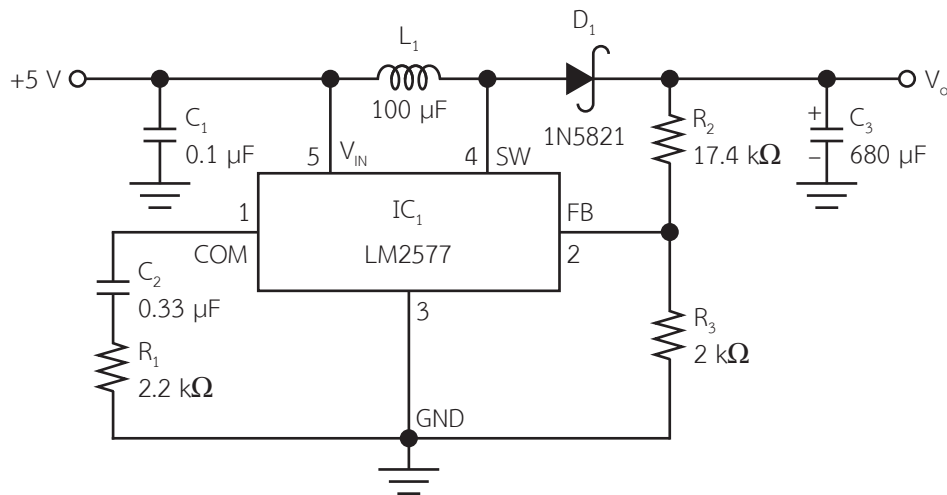


รูปที่ 1.4 ฟیلด์สเตรนจ์มิเตอร์ที่ใช้ไดโอดความถี่สูงเบอร์ 0A91

ขดลวด L_1 ใช้ลวดเบอร์ 22SWG พันบนแกนอากาศ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 นิ้ว จำนวน 7 รอบ หลักการทำงาน คือ เมื่อนำวงจรนี้วางใกล้กับเครื่องส่งวิทยุที่กำลังส่งออกอากาศ สัญญาณวิทยุดังกล่าวจะเหนี่ยวนำทางสายอากาศผ่านขดลวด L_1 จากนั้นสัญญาณวิทยุหรือสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกแยกคลื่นหรือดีเท็กเตอร์ (Detector) ให้สัญญาณที่เกิดขึ้นเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมี R_1 กับ C_1 ดักจับสัญญาณรบกวนความถี่สูง ถ้าสัญญาณที่เข้ามามีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสูงจะทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ตกคร่อม C_1 มีค่าสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ถ้าสัญญาณที่เข้ามามีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำ จะทำให้ C_1 มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมน้อยลง

2. วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า (Voltage Amplifier)

วงจรขยายแรงดันไฟฟ้า เป็นวงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่าสูงขึ้น โดยใช้ไอซีเบอร์ LM2577 และไดโอดความถี่สูงเบอร์ 1N5821 แสดงในรูปที่ 1.5 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.5 วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ไอซี IC_1 เบอร์ LM2577 ทำหน้าที่สวิตชิงแรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage Switching) มีขาใช้งาน 5 ขา คือ ขา 1 ทำหน้าที่ชดเชยความถี่สูง (Compensation, COM) ขา 2 จะทำหน้าที่ป้อนกลับ (Feedback, FB) ขา 3 ทำหน้าที่เป็นกราวด์ (Ground, GND) เพื่อรับแรงดันไฟฟ้าลบของระบบ ขา 4 ทำหน้าที่สวิตชิง (Switching, SW) และขา 5 ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าบวกที่มีค่า $+5\text{ V}$ (V_{IN}) เข้ามาที่ระบบของวงจร

ไดโอด D_1 เป็นไดโอดเรียงกระแสไฟฟ้าแบบชอตต์กีบาร์ริเออร์ (Schottky Barrier Rectifier) เบอร์ 1N5821 ที่มีประสิทธิภาพสูง ทำงานกับระบบสวิตชิงความเร็วสูงได้ดี มีหน้าที่ป้องกันการกลับขั้วไฟฟ้าจากเอาต์พุตมาที่อินพุต และจะต้องเรียงกระแสไฟฟ้าให้กับระบบอีกด้วย เรียกว่า **วงจรดีซี - ทุ - ดีซี คอนเวอร์เตอร์ (DC to DC Converter)**

วงจรดีซี - ทุ - ดีซีคอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางอินพุตให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้มีค่าสูงขึ้นออกทางเอาต์พุต V_O สามารถตั้งค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางเอาต์พุต V_O ได้ โดยสร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider) ที่ต่อทางขา 2 ของ IC_1 และจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด 80 mA เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากับ $+12\text{ V}$

$$\text{แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง } V_o = (1.23) \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right)$$

$$\text{แทนค่า } R_2 = 17.40 \text{ k}\Omega \text{ และ } R_3 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$\text{จะได้ } V_o = (1.23) \left(1 + \frac{17.40}{2} \right) = 11.93 \text{ V}$$

อย่างไรก็ตาม แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o จึงขึ้นอยู่กับกำหนัดค่าความต้านทานของ R_2 และ R_3
เมื่อกำหนด $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$ และ $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$

$$\text{จะได้ } V_o = (1.23) \left(1 + \frac{12}{1} \right) = 16 \text{ V}$$

$$\therefore V_o = 16 \text{ V}$$

$$\text{เมื่อกำหนด } R_2 = 18 \text{ k}\Omega \text{ และ } R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\text{จะได้ } V_o = (1.23) \left(1 + \frac{18}{1} \right) = 23.37 \text{ V}$$

$$\therefore V_o = 23.37 \text{ V}$$

ตัวเก็บประจุไฟฟ้า C_1 ค่า $0.1 \mu\text{F}$ ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนความถี่สูง ส่วน C_3 ทำหน้าที่เป็นวงจรดีคัปปลิง (Decoupling) เพื่อสำรองแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบ



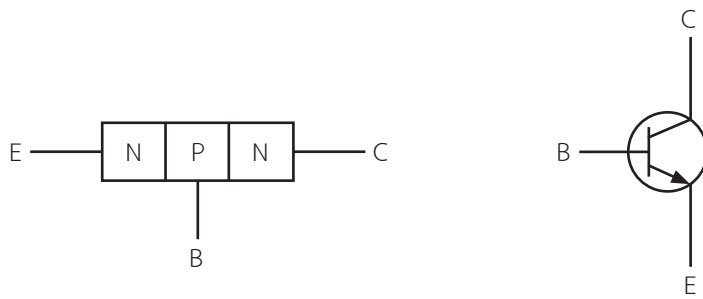
วงจรทรานซิสเตอร์ความถี่สูง

ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่พัฒนามาจากหลอดสุญญากาศ ทำให้มีประสิทธิภาพสูงและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียต่ำ ถูกใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างมากมาย เช่น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป วงจรขยายเสียง วงจรของการรับ - ส่งข้อมูล และโทรทัศน์ เป็นต้น



โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดสองรอยต่อ (Bipolar Junction Transistor, BJT) มีขาใช้งาน 3 ขา คือ เบส (Base, B) คอลเลกเตอร์ (Collector) และอิมิตเตอร์ (Emitter, E) มี 2 ชนิด คือชนิด NPN กับชนิด PNP

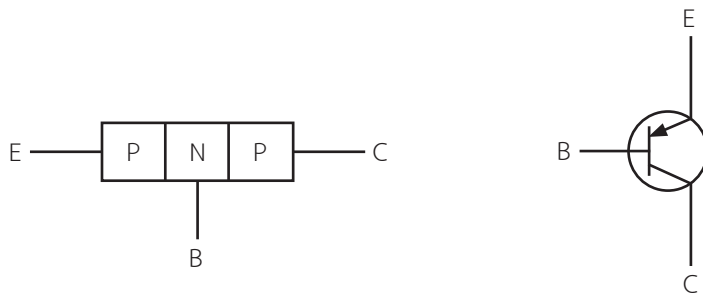


(ก) โครงสร้าง

(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 1.6 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แสดงในรูปที่ 1.6 ประกอบด้วยรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ 2 รอยต่อ มีขาเบสอยู่ตรงกลางโดยจะเติมสารเจือปนในปริมาณที่น้อยกว่าสารกึ่งตัวนำที่ขาคอลเล็กเตอร์และขาอีมิเตอร์ กล่าวคือ ขาอีมิเตอร์จะถูกเติมสารเจือปนมากที่สุด จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขาอีมิเตอร์มีมากกว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาเบส



(ก) โครงสร้าง

(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 1.7 ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

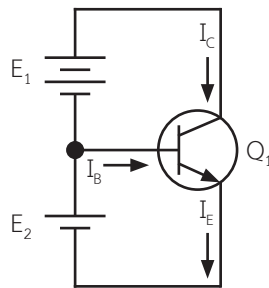
โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP แสดงในรูปที่ 1.7 จะตรงข้ามกับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN กล่าวคือ ขาอีมิเตอร์กับคอลเล็กเตอร์ต่อออกจากสารกึ่งตัวนำชนิด P ขณะที่สารกึ่งตัวนำชนิด N จะต่อเข้าที่ขาเบส



การไบแอสทรานซิสเตอร์

การไบแอสทรานซิสเตอร์ (Transistor Biasing) คือ การกำหนดจุดทำงานที่เหมาะสมให้กับทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์มีหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยปราศจากการผิดเพี้ยน อาศัยการควบคุมกระแสไฟฟ้าทางอินพุตในปริมาณที่ต่ำ เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าเอาต์พุตในปริมาณที่สูงขึ้น กล่าวคือจะนำกระแสไฟฟ้าเบสอินพุตไปควบคุมกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์เอาต์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานนำกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าคัต - อิน (Cut - in Voltage) ระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์มีค่าประมาณ 0.2 - 0.3 V (ทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียม) และจะมีค่าประมาณ 0.6 - 0.7 V ในกรณีที่เป็นทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิกอน

1. การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

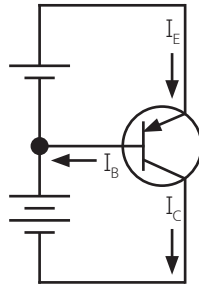


รูปที่ 1.8 การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แสดงในรูปที่ 1.8 โดยจะกำหนดให้ขาเบสกับอิมิตเตอร์ได้รับไบแอสตรง ส่วนขาเบสกับคอลเล็กเตอร์ได้รับไบแอสกลับ ขณะที่ศักย์ไฟฟ้าที่ขาคอลเล็กเตอร์เป็นบวกสูงสุดขาเบสจะได้รับศักย์ไฟฟ้าบวกรองลงมา และขาอิมิตเตอร์จะต้องได้รับศักย์ไฟฟ้าลบสูงสุด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับอิมิตเตอร์ลดลง เกิดกระแสไฟฟ้าเบส (I_B) กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ (I_C) และกระแสไฟฟ้าอิมิตเตอร์ (I_E) ตามลำดับ

$$\text{นั่นคือ } I_E = I_B + I_C$$

2. การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



รูปที่ 1.9 การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP จะกำหนดศักย์ไฟฟ้าตรงข้ามกับการไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แสดงในรูปที่ 1.9 โดยจะกำหนดให้ขาเบสกับอิมิตเตอร์ได้รับไบแอสตรง ส่วนขาเบสกับคอลเล็กเตอร์ได้รับไบแอสกลับ ขณะที่ศักย์ไฟฟ้าที่ขาอิมิตเตอร์เป็นบวกสูงสุด ขาเบสจะได้รับศักย์ไฟฟ้าบวกรองลงมา และขาคอลเล็กเตอร์จะได้รับศักย์ไฟฟ้าลบสูงสุด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาอิมิตเตอร์กับคอลเล็กเตอร์ลดลง เกิดกระแสไฟฟ้าเบส (I_B) กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ (I_C) และกระแสไฟฟ้าอิมิตเตอร์ (I_E) ตามลำดับ

$$\text{นั่นคือ } I_E = I_B + I_C$$



การใช้งานทรานซิสเตอร์ความถี่สูง

ในการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานกับความถี่สูงมีมากมายนับไม่ถ้วน แต่ที่น่าสนใจนี้เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Circuits) แบบต่าง ๆ ได้แก่ วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ตลีย์ (Hartley Oscillator) และวงจรออสซิลเลเตอร์แบบผลึกแร่ (Crystal Oscillator) ซึ่งวงจรออสซิลเลเตอร์นี้ทำหน้าที่ผลิตคลื่นพาห้ความถี่สูง เพื่อนำสัญญาณเสียงหรือข้อมูลข่าวสารส่งออกทางสายอากาศ