

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

โครงการรีโมทควบคุมด้วยสัญญาณวิทยุนี้ได้อาศัยหลักการและทฤษฎีการเข้ารหัสข้อมูล และการถอดรหัสข้อมูล เพื่อที่จะทำการขยายช่องส่งสัญญาณของวงจรบังคับวิทยุให้มากกว่า จากเดิมวงจรบังคับวิทยุสามารถส่งได้ 5 ช่องสัญญาณ โครงการนี้จะขยายช่องสัญญาณให้ส่งได้ 8 ช่องสัญญาณ โดยการติดต่อสื่อสารนี้ได้อาศัยหลักการและทฤษฎีในการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของส่วนประกอบภายในวงจร ด้วยหลักการสร้างความถี่ด้วยอุปกรณ์สร้างความถี่ (Crystal Oscillator) ใช้ทรานซิสเตอร์ในการขยายสัญญาณ เพื่อที่จะนำสัญญาณให้ส่งไปได้อย่างไม่ผิดพลาด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงรายละเอียดของหลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ให้เข้าใจ เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ในการทบทวนโครงการนี้ได้

2.1 หลักการทั่วไปของรีโมท

การสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายโดยการประยุกต์จากการใช้งานจากวงจรบังคับวิทยุ ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับการประยุกต์ใช้ไอซีเข้ารหัส (Encoder) เบอร์ 74148 และไอซีถอดรหัส (Decoder) 74155 ให้ทำงานร่วมกัน เพื่อการขยายช่องสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ โดยภาคส่งสัญญาณจะมีอินพุต 8 ช่องสัญญาณและ 1 ช่องสัญญาณควบคุม ส่วนทางเอาต์พุตก็จะมี 5 ช่องสัญญาณเชื่อมต่อกับวงจรของรีโมทบังคับวิทยุ สำหรับสัญญาณพัลส์ข้อมูลก็จะถูกออสซิลเลตกับสัญญาณความถี่ที่สร้างจากอุปกรณ์สร้างความถี่ (Crystal Oscillator) ขนาด 49.9 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz.) ทำงานร่วมกับทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC1815 ในการขยายสัญญาณ แล้วส่งสัญญาณออกทางสายอากาศ ซึ่งจะสามารถส่งได้ไกลถึง 50 เมตร ในรูปของสัญญาณคลื่นวิทยุที่ย่านความถี่สูง (HF: High Frequency)

ภาครับของวงจรก็จะรับสัญญาณมาจากสายอากาศเข้าสู่วงจรภาครับแล้วทำการแยกสัญญาณพัลส์ข้อมูลออกมา (Demodulate) ใช้งานด้วยทรานซิสเตอร์ 2SC1815 จากนั้นทำการถอดรหัสข้อมูลด้วยไอซี PT8A978 แล้วทำการขยายช่องสัญญาณควบคุมให้ได้ตรงตามที่ภาคส่งทำการส่งมาโดยใช้ไอซี 74155 เป็น 8 ช่องสัญญาณเหมือนเดิม การถอดรหัสข้อมูลจะใช้ประโยชน์ของภาครับแสดงออกทางไดโอดเปล่งแสง (LED: Light Emitter Diode) ก็เพียงพอต่อการใช้แรงดันจุดชนวนสวิตช์ของวงจรภาครับที่ติดตั้งในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

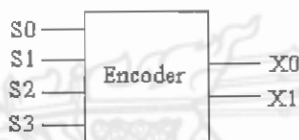
รีโมทวงจรบังคับวิทยุนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ วงจรภาคส่งและวงจรภาครับ

2.2.1 วงจรภาคส่ง (TX)

ภาคส่งของวงจรประกอบไปด้วยไอซี 74148 เป็นไอซีเข้ารหัส (Encoder) และไอซี PT 8A977 ของวงจรระดับวิทยุ เมื่อไอซี PT 8A977 เป็นฟังก์ชันการส่งข้อมูลในรูปแบบของรีโมทคอนโทรล ที่มีขาอินพุต 5 ขา ควบคุมการทำงาน 5 ฟังก์ชันคือ ปุ่มเดินหน้า (Forward: F), ถอยหลัง (Backward: B), เลี้ยวซ้าย (Left: L), เลี้ยวขวา (Right: R) และปุ่มเทอร์โบ (Turbo: T) เนื่องจากรีโมทใช้คลื่นวิทยุในย่าน HF (High Frequency) โครงการนี้จะใช้ความถี่ในย่าน 49.9 MHz. ซึ่งความถี่ของรีโมทภาคส่งจะต้องตรงกันกับความถี่ของวงจรภาครับเท่านั้น

2.2.2 ตัวเข้ารหัส

ตัวเข้ารหัส เป็นวงจรตรรกะที่แปลงรหัสแบบต่างๆ ให้เป็นฐานสองหรือ BCD (Binary Code Decimal) โดยตัวเข้ารหัสมีขาอินพุตทำงานได้ครั้งละ 1 อินพุตเท่านั้น ดังรูปที่ 2.1

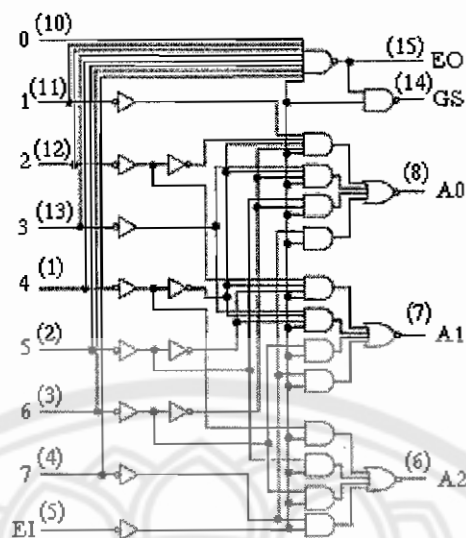


รูปที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของไอซีเข้ารหัส

จากรูปที่ 2.1 เมื่อพิจารณาสถานะการทำงาน ถ้ามีการกดสวิตช์ S1 (01) พร้อมกับ S2 (10) ผลลัพธ์ก็ทำให้เหมือนกับการกดที่สวิตช์ S3 ดังนั้น การแก้ไขความผิดพลาดจึงได้ออกแบบตามตารางความจริง คือ การใส่อินพุตทั้งหมดจากการกดสวิตช์ตามตารางที่ 2.2 โดยเอาต์พุตเป็นผลลัพธ์ของสวิตช์หมายเลขสูงสุด ณ ช่วงเวลานั้น จะมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “ตัวเข้ารหัสลำดับความสำคัญ”

ตารางที่ 2.1 ค่าความจริงของตัวเข้ารหัส

อินพุต				เอาต์พุต	
S0	S1	S2	S3	X1	X0
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1



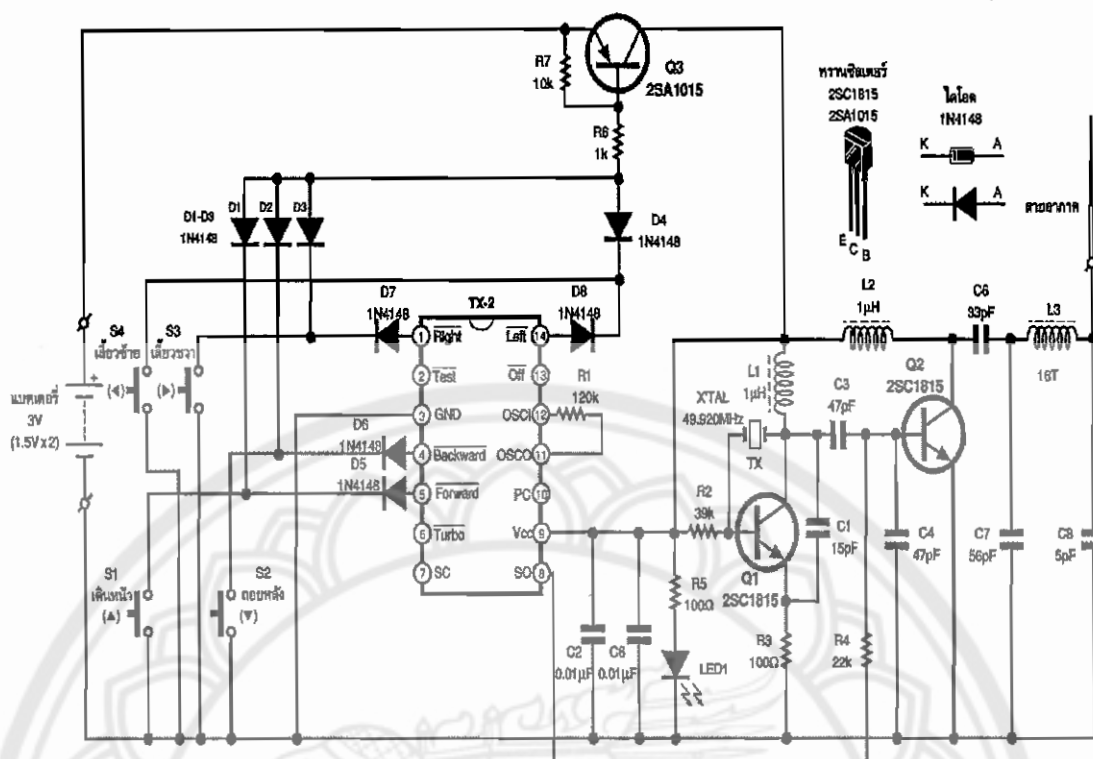
รูปที่ 2.3 แผนภาพการทำงานของไอซี 74148

2.2.3 ภาคส่ง (TX)

ภาคส่ง (TX) มีการส่งรหัสดิจิทัลเข้ามาที่ขาอินพุต แล้วทำการเข้ารหัสวางจอร์และสร้างสัญญาณของไอซีเบอร์ PT8A977P ก่อนที่ถูกส่งข้อมูลออกไปยังขาเอาต์พุตของ SC (Output pin of the encoding signal with carrier frequency) และ SO (Output pin of the encoding signal without carrier frequency) ซึ่งในการใช้ประโยชน์ในการสื่อสารแบบไร้สาย จะมีการมอดูเลตสัญญาณพัลส์ทางเอาต์พุตหรือสัญญาณข้อมูล กับสัญญาณความถี่ที่สร้างจากอุปกรณ์กำเนิดความถี่ (Crystal Oscillator) ที่ย่านความถี่ 49.9 MHz. ดังรูปที่ 2.4

2.2.4 การทำงานโดยรวมของวงจรภาคส่ง

จากรูปที่ 2.6 เมื่อมีการส่งรหัสเข้ามาหรือการกดที่ปุ่มใดปุ่มหนึ่ง (0-7) มาที่ด้านอินพุตของวงจรเข้ารหัส (รูปที่ 2.2) ที่ไอซี 74148 แล้ว มีการดำเนินการทางตรรกะทางด้านเอาต์พุต ดังรูปที่ 2.3 และส่งต่อไปยังวงจรภาคส่งที่ไอซี PT8A977 เพื่อทำการสร้างความถี่ 1 kHz. ภายในด้วยการออสซิลเลตของขา OSCI (Oscillator input pin) ที่ถูกกำหนดค่าความถี่ของวงจรนี้โดยตัวต้านทานที่คร่อมอยู่ระหว่างขา 11 และขา 12 ของไอซี PT8A977 ขณะนั้นก็มีการสร้างสัญญาณทางเวลาด้วยเนื่องจากเมื่อเรากดปุ่มส่งรหัสมาค้างเกิน 4 วินาที ส่วนของวงจรนับภายใน (Timing Counter) ก็จะทำกรปิดสัญญาณทันที (ช่วยประหยัดพลังงานอีกทางหนึ่ง) โดยที่ขาเอาต์พุต PC จะควบคุมขั้นตอนการเปิด-ปิดของการจ่ายกระแสกับวงจรภายนอกอีกทีหนึ่ง ทำให้การกำเนิดความถี่ภายในก็จะถูกส่งออกมาทางขา OSCO (Oscillator output pin) พร้อมๆกับการเข้ารหัสข้อมูล จากนั้นรหัสข้อมูลที่ได้ก็จะถูกส่งออกไปพร้อมกับสัญญาณความถี่ที่ขา SC และ SO อีกทั้งการกดปุ่ม Off ในวงจรก็จะเป็นการเปิดวงจรหรือหยุดจ่ายกระแสได้



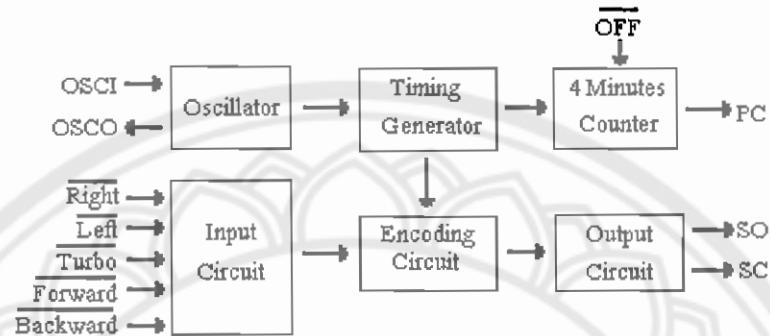
รูปที่ 2.4 วงจรภาคส่ง

เมื่อสัญญาณเอาต์พุตจากขา SO และ SC ถูกส่งออกมา โดยขา SO เป็นขาที่ต้องวงจรกำเนิดความถี่ (Crystal Oscillator) ของสัญญาณคลื่นวิทยุที่บรรจุอยู่ภายใน จากนั้นสัญญาณพัลส์จะถูกโมดูเลตสัญญาณความถี่ที่สร้างขึ้นมา ถูกส่งไปยังทรานซิสเตอร์ Q2 ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้สูงขึ้น โดยที่ภาครับก็จะต้องใช้ค่าความต้านทานที่เท่ากันเพื่อสร้างความถี่เดียวกันในการถอดรหัสสัญญาณ (Decoder) คือค่าความต้านทานคร่อมขา 4 และขา 5 ของไอซี PT8A978

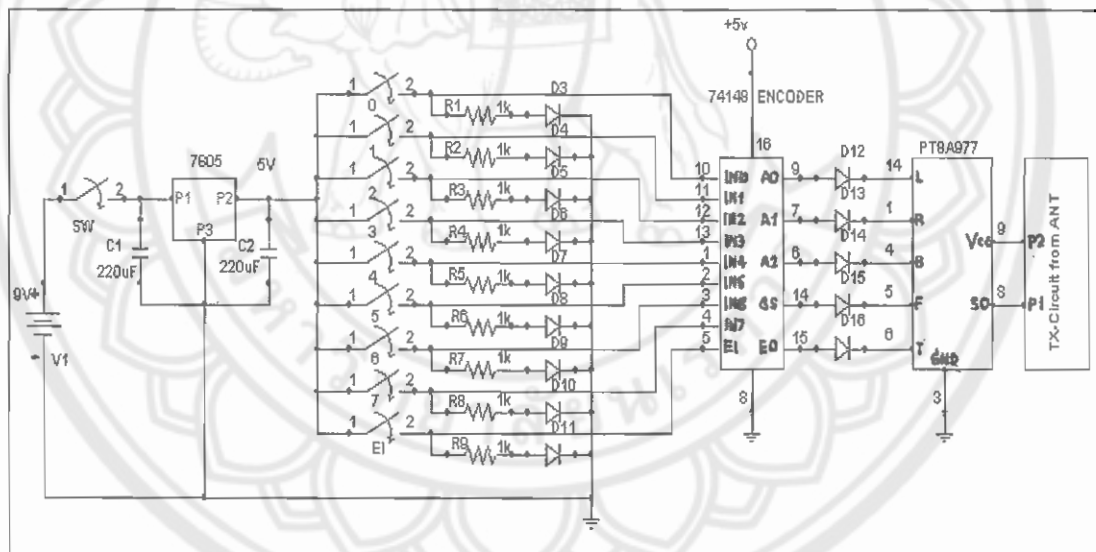
ค่อยจากนั้นเมื่อแบตเตอรี่ได้ขับเคลื่อนผ่านมายังทรานซิสเตอร์ Q3 (เบอร์ 2SA1015) ทำหน้าที่เป็นทรานซิสเตอร์แบบสวิตช์ ใช้เปิด-ปิดการทำงานของวงจรภาคส่ง ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน เพราะฉะนั้นสัญญาณที่ขา SO จึงเป็นการมอดูเลตแบบ FM โดยสัญญาณที่จะส่งไปจะทำงานได้อย่างสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อหลอด LED ที่ติดกับขา 9 ของไอซี PT8A977 แสดงผลการทำงาน (ไฟสว่าง) ถือการต่อกราวด์ให้กับวงจร

ขณะที่ขา SO และ SC ของวงจรจะทำงานที่ตรรกะ 0 ดังตารางที่ 2.3 จะกำหนดให้ขา EI (Enable Input) แสดงการทำงานของไอซีและพร้อมที่จะทำงาน เพราะฉะนั้นเมื่อเรากดที่ปุ่ม 0 ของอินพุตไอซี 74148 ไคโอดเปล่งแสงในวงจรภาคส่งจะแสดงสถานะไฟสว่างถือว่าเป็นการส่งข้อมูลแบบไบนารีตรงกับบรรทัดสุดท้ายของตารางที่ 2.3 เอาต์พุตที่ได้จะแสดงออกมาที่ขา GS (F) แล้วส่งค่านี้เข้ามาทางไอซี PT8A977 ไปประมวลผลการทำงานต่อไป เป็นต้น

จากนั้นสัญญาณที่ได้จากทรานซิสเตอร์ Q1 จะถูกส่งต่อไปยังทรานซิสเตอร์ Q2 เบอร์ 2SC1815 ที่ใช้ขยายสัญญาณ ส่งผ่านตัวเก็บประจุก่อนถูกส่งออกจากตัวเก็บประจุ ผ่านขดลวดเหนี่ยวนำแล้วออกสู่ทางสายอากาศ (ANT) ที่ไม่มีวงจรกรองความถี่ข้างเคียงทิ้ง (Filter) สายอากาศนี้จะเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายโดยที่ไม่อาศัยตัวกลาง ไปสู่วงจรภาครับต่อไป



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงระบบควบคุมการทำงานในวงจรภาคส่งในรถบังคับวิทยุ TX (PT8A977)

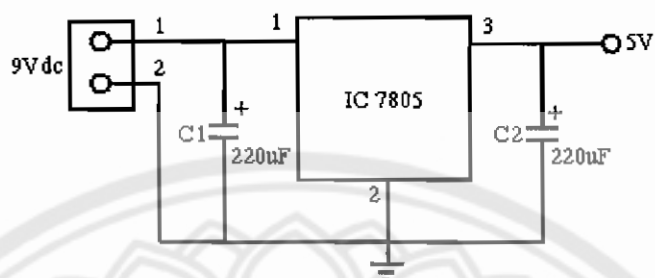


รูปที่ 2.6 วงจรภาคส่ง TX และไอซีเบอร์ 74148

2.2.5 วงจรแปลงแรงดัน

พิจารณาไอซี 74148 จะเห็นว่าใช้แรงดันสูงสุดได้ไม่เกิน 5 โวลต์เนื่องจากทัวไปแรงดัน 5 โวลต์ไม่มีการผลิตขึ้นมา จึงได้มีการแปลงแรงดันมาจากแหล่งจ่าย 9 โวลต์ โดยไอซีเบอร์ 7805 จะได้แรงดันดังต้องการดังรูปที่ 2.7

ซึ่งรูปที่ 2.7 เมื่อเชื่อมต่อวงจรได้สมบูรณ์โดยการต่อเชื่อมกับตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม เพื่อที่จะจ่ายกระแสได้ไม่เกินพิกัด กับสวิตช์จำนวน 8 ตัว (สวิตช์ 1 ตัวต่อกับตัวต้านทาน 1 ตัว) แล้วต่อเข้ากับขาอินพุตของไอซี 74148 ที่ภายในตัวไอซีมีการดำเนินการทางตรรกะ ดังตารางที่ 2.2

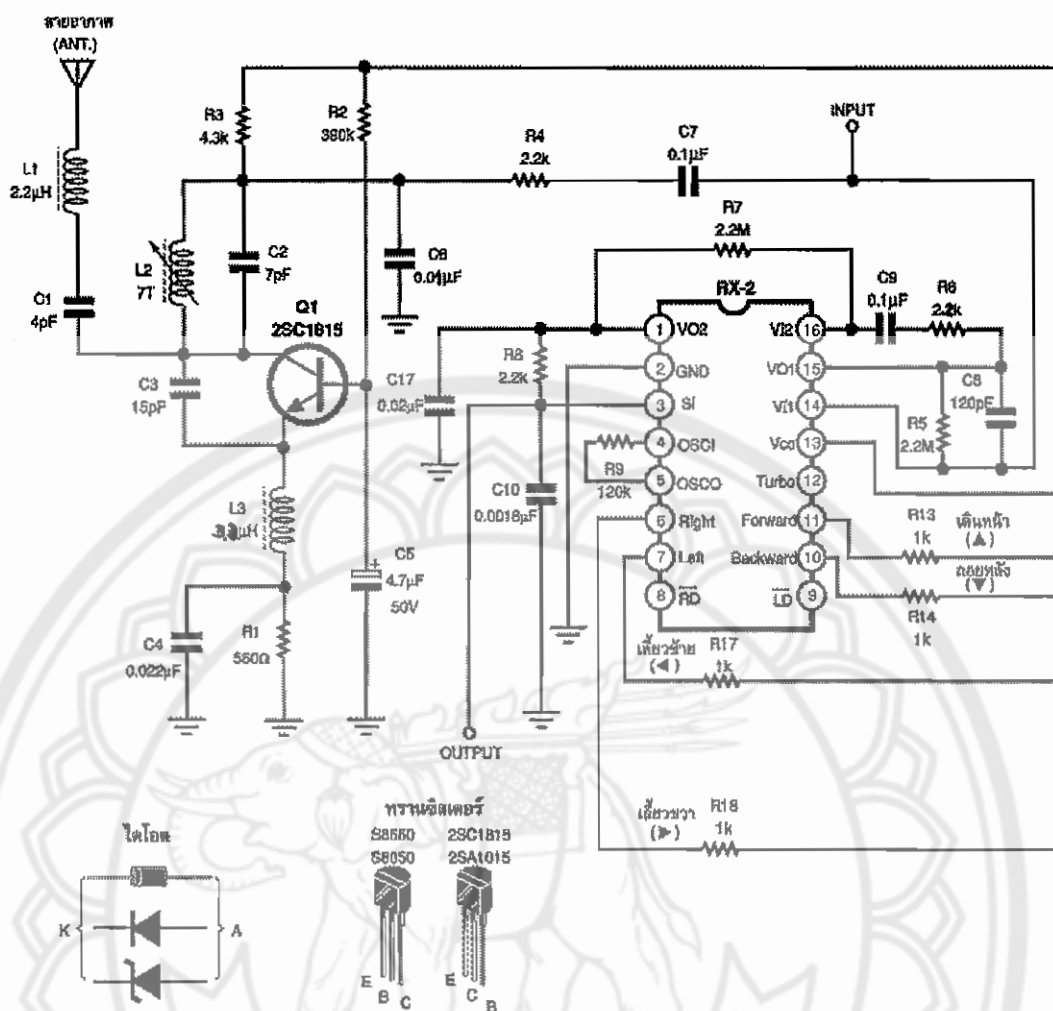


รูปที่ 2.7 การแปลงแรงดัน

2.2.6 วงจรภาครับ (RX)

ส่วนของภาครับก็จะประกอบไปด้วย ไอซีถอดรหัส 74155 และไอซี PT 8A978 ซึ่งทางไอซีภาครับทั้งสองนี้มีความสอดคล้องกับไอซีทางภาคส่ง ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ

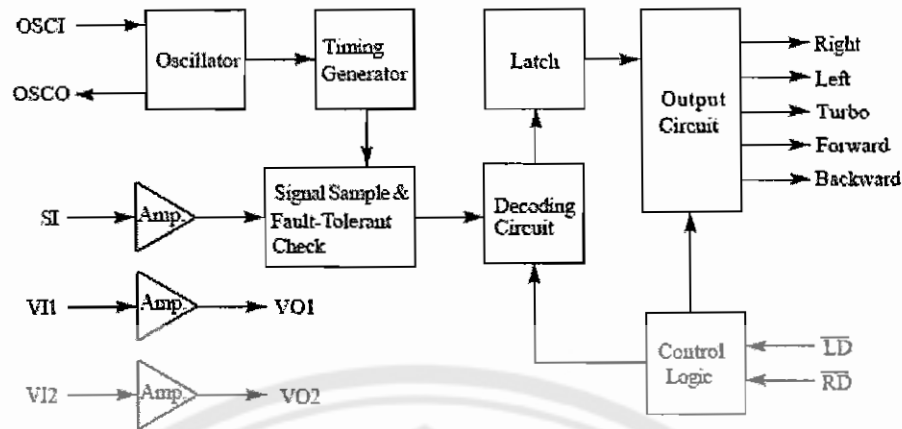
- ส่วนที่ 1 ภาคขยายสัญญาณข้อมูลที่ได้รับมาจากสายอากาศ
- ส่วนที่ 2 การตรวจสอบหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลที่ได้มาจากการขยายสัญญาณ
- ส่วนที่ 3 การถอดรหัสข้อมูลที่ใช้ควบคุมการทำงานของรีโมทภายในตัวไอซี PT8A978



รูปที่ 2.8 วงจรภาครับ

2.2.7 การทำงานโดยรวมของวงจรภาครับ

ดังรูปที่ 2.8 เมื่อสัญญาณวิทยุที่รับเข้ามาที่สายอากาศในส่วนของภาครับ ก็จะถูกเหนี่ยวนำผ่านทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ 2SC1815 ทำหน้าที่รับสัญญาณวิทยุแล้วทำการคิมอดูเลตสัญญาณออกมา เป็นสัญญาณพัลส์แล้วส่งต่อไปยังอินพุตขา 14 (VI1: Input pin for the amplifier 1) และขา 16 (VO1: Output pin for the amplifier 1) ของไอซี PT 8A978 ที่เป็นแอมพลิฟายเออร์ คือ ขยายสัญญาณภายในออกมาก่อนที่จะได้สัญญาณเข้าสู่เอาต์พุตที่ขา 15 (VO1: Output pin for the amplifier 1) และขา 1 (VO2: Output pin for the amplifier 2) ของไอซีตัวเดียวกันนั้น ตามลำดับ จากนั้นสัญญาณพัลส์ที่อยู่ในรูปของรหัสไบนารีก็จะเข้าสู่ขา Right, Left, Forward, Backward และ Turbo ต่อไป



รูปที่ 2.9 แผนภาพบล็อกโคโอะแกรมการทำงานของไอซี PT8A978

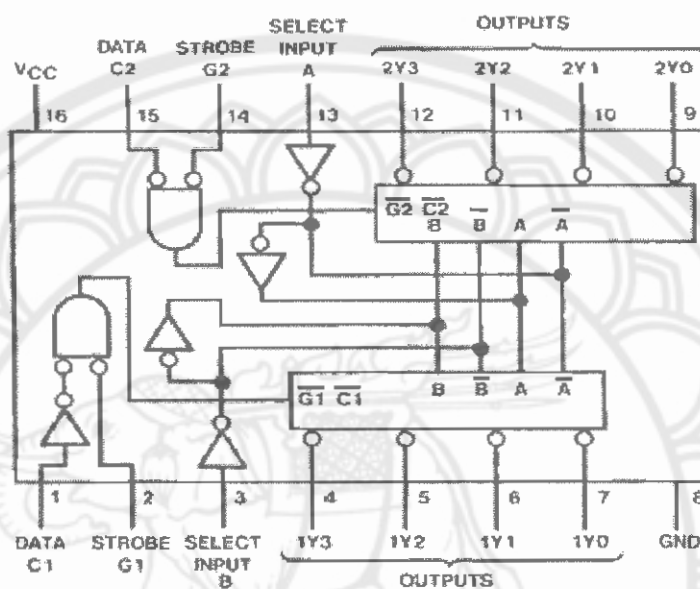
ในส่วนของการออสซิลเลตภายในวงจรขา 1 ของทรานซิสเตอร์ Q1 เบอร์ 2SC1815 ซึ่ง จะสร้างความถี่ที่ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่ต่ออยู่ที่ขา 4 และขา 5 ของไอซี PT8A978 (ทำนอง เดียวกับภาคส่ง) ซึ่งก็คือ OSCI และ OSCO โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานนี้ก็เป็น การเปลี่ยนค่าความถี่ตามที่ต้องการ ซึ่งค่าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในย่านที่ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นสัญญาณที่ ได้จะถูกส่งออกไปยังขาเอาต์พุตของไอซี PT8A978 เช่น เมื่อภาคส่งได้กด 0 ส่งข้อมูลออกมาทาง สายอากาศแล้ว สายอากาศของวงจรขา 1 ก็จะได้รับค่า GS(F) เข้าสู่วงจรขา 1 เพื่อที่จะทำการขยาย สัญญาณออกมาทางวงจรขา 1 F เข้าสู่อินพุตของไอซีถอดรหัส 74155 จะทำการถอดรหัส ออกมาเป็นค่าที่ต้องการตามตารางที่ 2.4 และสัญญาณที่ถูกส่งมาสามารถวัดได้ที่ขา SI: Input pin of the encoding signal

เมื่อข้อมูลใบนารีจากไอซี PT8A978 ที่รับเข้ามาจะเข้าสู่การขยายสัญญาณโดยแอมพลิไฟเออร์ภายในไอซีเอง พร้อมกับการสุ่มตัวอย่างสัญญาณโดยวิเคราะห์และการตรวจสอบสัญญาณ ข้อมูลที่ส่งมาว่าตรงกันหรือไม่ ระหว่างนั้นก็จะมีการสร้างความถี่ขึ้นมาที่ออสซิลเลเตอร์ ดังที่อธิบายไว้ในส่วนของภาคส่งพร้อมกับการสร้างสัญญาณทางเวลาเช่นกัน จากนั้นความถี่ที่สร้าง ขึ้นมาก็จะถูกรวมกับสัญญาณข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบแล้วเข้าไปสู่กระบวนการถอดรหัส สัญญาณ (Decoding Circuit) ภายในวงจร ส่วนการควบคุมการใช้งานลอจิก (Control Logic) คือ การเปิด-ปิดการทำงานของตรรกะสูง (1) และตรรกะต่ำ (0) โดยขอ LD และ RD ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ ไม่ทำงานเมื่อขาใดขาหนึ่งของทั้งสองนี้ถูกต่อลงกราวด์ การควบคุมลอจิกนี้จะควบคุมทั้งในวงจร ถอดรหัสสัญญาณและวงจรภาคเอาต์พุต

สัญญาณข้อมูลที่ถูกถอดรหัสแล้วจะเข้าสู่วงจรสัญญาณนาฬิกา (Latch) ซึ่งเป็นสัญญาณรูป พัลส์ที่ทำงานด้วยตรรกะสูงและตรรกะต่ำ แล้วเข้าสู่การทำงานของวงจรเอาต์พุต ก็จะได้อัซ สัญญาณข้อมูลทางเอาต์พุตของทั้ง 5 ขาออกมา เข้าสู่การทำงานของไอซี 74155 ดังรูปที่ 2.10

2.2.8 ตัวถอดรหัส (Decoder)

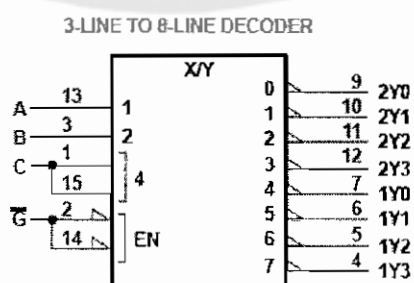
ตัวถอดรหัส (Decoder) ใช้วงจรตรรกะที่แปลงผังรหัสเลขฐานสองแบบต่างๆ ให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งจะถูกใช้ในการถอดรหัสข้อมูลภายในวงจรดิจิทัลต่างๆ โดยทั่วไปทางเอาต์พุตของตัวถอดรหัสจะมีการทำงานที่ตรรกะ 0 ในแต่ละอินพุต ทำให้เอาต์พุตเป็นสถานะทำงานได้ครั้งละ 1 เอาต์พุตเท่านั้น ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างและตำแหน่งขาของไอซี 74155

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าไอซี 74155 ทำหน้าที่แปลงผังเลขฐานสองขนาด 2 บิต ให้เป็นเอาต์พุตขนาด 4 บิตหรือใช้ในการถอดรหัส โดยที่ขาอินพุตเปิดทาง (EN) จะมี 2 ชุดคือ 1G.1C และชุด 2G.2C

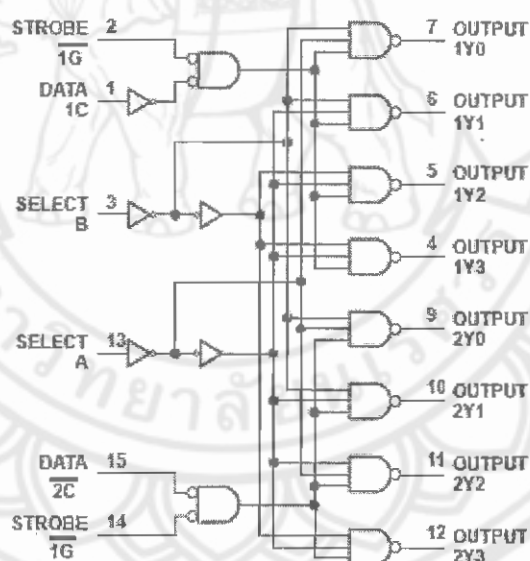
การทำงานของไอซี 74155 เป็นวงจรถอดรหัสจาก 2 ถึง 8 (Decoder) ซึ่งมีการดำเนินการทางตรรกะดังรูปที่ 2.12 เพราะฉะนั้นก็จะได้การแสดงผลออกมาตามตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งขาของไอซี 74148

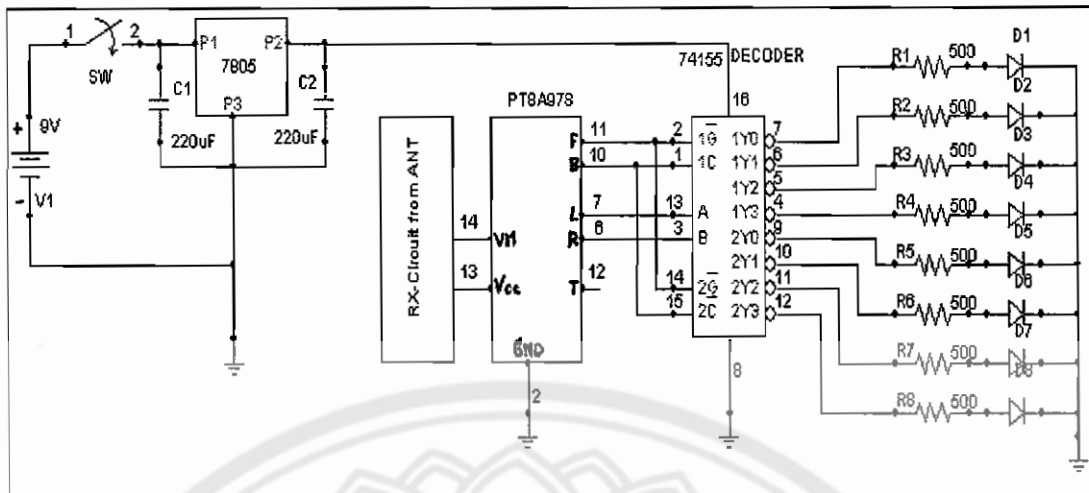
ตารางที่ 2.3 ลอจิกที่ใช้งานไอซี 74155 ทำงานที่ตรรกะ 0

Input				Output							
Select			Strobe	0	1	2	3	4	5	6	7
C(B)	B(R)	A(L)	G(F)	1Y3	1Y2	1Y1	1Y0	2Y3	2Y2	2Y1	2Y0
X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1



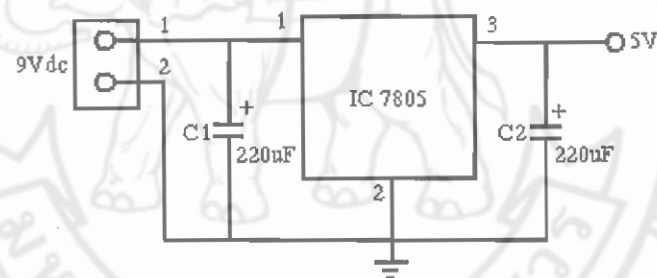
รูปที่ 2.12 แผนภาพการดำเนินการทางตรรกะของไอซี 74155

เมื่อเชื่อมต่อวงจรได้สมบูรณ์โดยการต่อเชื่อมกับตัวต้านทาน 220 โอห์ม เพื่อที่จะจ่ายกระแสได้ไม่เกินพิกัด 20 มิลลิแอมป์ กับไดโอดเปล่งแสงจำนวน 8 ตัวแล้วต่อเข้ากับขาเอาต์พุตของ ไอซี 74155 ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วงจรภาครับ RX และไอซี 74155

จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่าใช้แรงดันสูงสุดได้ไม่เกิน 5 โวลต์ ซึ่งได้มีการแปลงแรงดันมาจากแหล่งจ่าย 9 โวลต์ โดยไอซี 7805 ดังรูปที่ 2.4 และจะได้แรงดันที่ต้องการดังรูปที่ 2.8

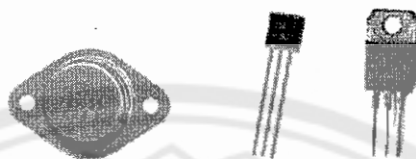


รูปที่ 2.14 การแปลงแรงดัน

เมื่ออินพุตของไอซี 74155 ได้รับสัญญาณข้อมูลมาจากเอาต์พุตของ PT8A978 ก็จะสามารถดำเนินการทางตรรกะตามตารางที่ 2.4 แล้วถูกขยายช่องเอาต์พุตออกมาทั้ง 8 ขาของไอซี 74155 ซึ่งสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ถึง 8 ชิ้น แต่ในทางปฏิบัติจริงไม่สามารถที่จะกดปุ่มเดินหน้าและถอยหลัง หรือเลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวาพร้อมกันได้ ทำให้สามารถใช้งานได้ 3 ช่องสัญญาณ คือ ที่ปุ่ม 0, ปุ่ม 1 และปุ่ม 2 สำหรับเอาต์พุตเหล่านี้ก็จะใช้กระแสไม่เกิน 20 มิลลิแอมป์ในการจุดชนวนการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการได้

2.3 ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR)

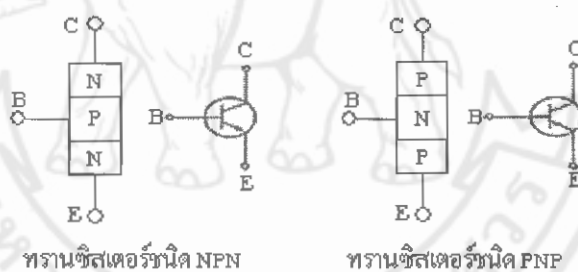
ทรานซิสเตอร์ (Transistor ตัวย่อ Tr หรือ Q) คือสารกึ่งตัวนำที่มีสามขา ใช้กระแสหรือแรงดันปริมาณน้อยๆก็สามารถควบคุมกระแสที่มีปริมาณมากที่ไหลผ่านขาทั้งสองข้างได้ก็คือ ทรานซิสเตอร์เป็นทั้งเครื่องขยาย (AMPLIFIER) ในเครื่องรับวิทยุ และสวิตช์ในวงจรเปิด-ปิดรีเลย์



รูปที่ 2.15 ทรานซิสเตอร์

2.3.1 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

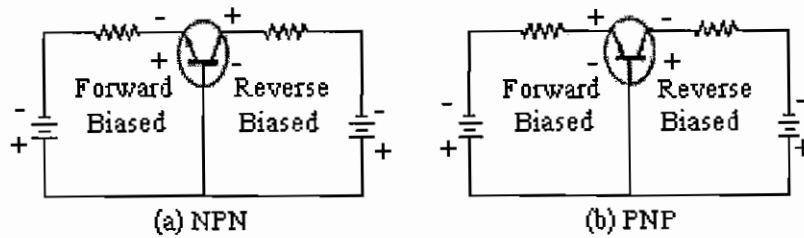
ทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อหรือ BJT ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นต่อกัน โดยมี การสร้างทรานซิสเตอร์สร้างได้ 2 ชนิด คือ NPN และชนิด PNP โครงสร้างดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าโครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะมีสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้นคือ ชั้นเบส (B) คอลเลกเตอร์ (c) และอิมิตเตอร์ (E) แทนด้วยสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2 ดังนั้นเวลาประกอบทรานซิสเตอร์ลงในโครงงานต้องดูตำแหน่งขาให้ถูกต้องไม่ว่าจะเป็นวงจรขยายสัญญาณหรือสวิตช์จะต้องทำการไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ โดยใช้หลักการไบอัสดังนี้

1. ไบอัสตรงให้กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส
2. ไบอัสกลับให้กับรอยต่อระหว่างคอลเลกเตอร์กับเบสดังแสดงในรูปที่ 3



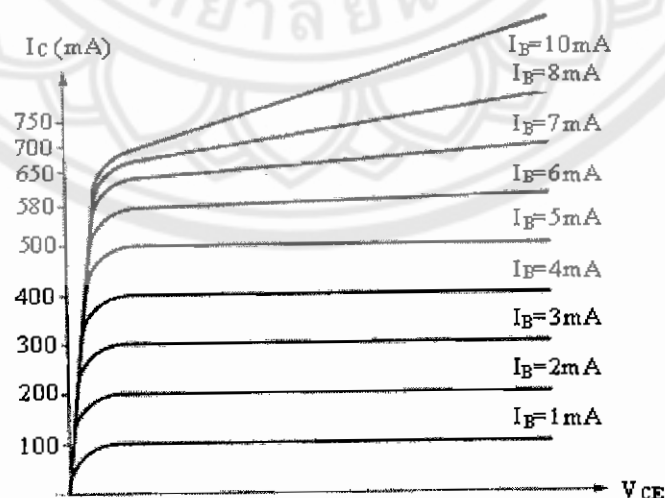
รูปที่ 2.17 การไบอัสทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 2.17 แสดงทิศทางของกระแสในทรานซิสเตอร์ กระแสจะไหลจากทิศทางของหัวลูกศรของทรานซิสเตอร์จากขั้วบวกไปขั้วลบ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองชนิดมีทิศทางการไหลของกระแสกลับกัน กล่าวได้ว่า กระแสที่ไหลผ่านขา E จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ขา C รวมกับที่ขา B เป็นกระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ แต่กระแสที่ขา C เท่ากับกระแสที่ขา B คูณด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์ (h_{FE}) เพราะฉะนั้นกระแสของทรานซิสเตอร์จึงถูกควบคุมโดยกระแสที่ผ่านขา B บางวงจรอาจเห็นว่าทรานซิสเตอร์ถูกเปรียบเทียบกับสวิตช์หรืออาจจะเป็นตัวขยายเป็นเพราะสามารถจัดไบอัสให้ทำงานเหมือนกับเลือกทำให้มันเป็นสวิตช์หรือตัวขยายก็ได้

ประเทศญี่ปุ่น ใช้รหัสบอกชนิดของทรานซิสเตอร์ โดยดูจากเบอร์ของทรานซิสเตอร์จากตัวอักษรที่ตามหลัง 2S... เช่น 2SC1815 เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ใช้ในย่านความถี่สูง

ประเทศสหรัฐอเมริกา เบอร์ของทรานซิสเตอร์จะขึ้นต้นด้วย 2N และตามด้วยหมายเลข

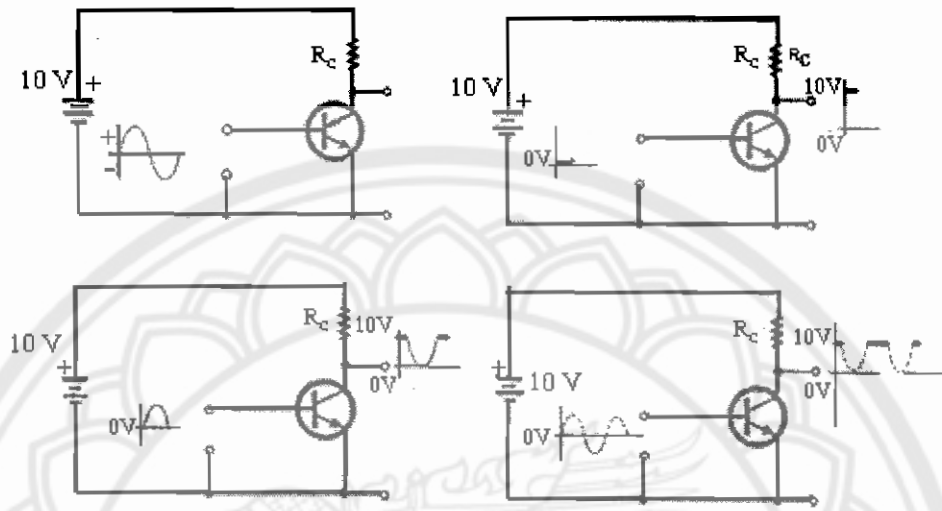
β เบต้า หรือ H_{FE} คืออัตราขยายกระแส จากกราฟในรูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของ I_B ต่อ I_C ในช่วงที่ I_B มีค่าน้อยๆจะได้กราฟเป็นเส้นตรงหรือมีค่าเบต้าคงที่ และเมื่อ I_B มีค่ามากขึ้นจะได้ I_C เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยหรือค่าเบต้าน้อยลง เนื่องจากมีการอิ่มตัว



รูปที่ 2.18 คุณสมบัติที่สำคัญของทรานซิสเตอร์ จากการต่อวงจรในรูปที่ 2.17

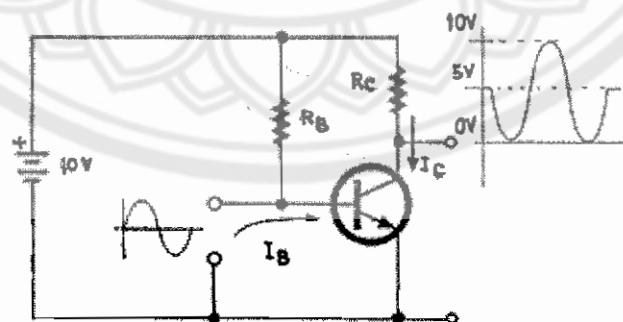
2.3.2 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ

ทรานซิสเตอร์ที่มีคุณสมบัติการขยายกระแสด้วยค่าเบต้า สามารถต่อเป็น วงจรขยายสัญญาณได้ดังรูปที่ 2.19 และป้อนสัญญาณอินพุตทางขา B จะมีสัญญาณเอาต์พุตทางขา C



รูปที่ 2.19 ทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณ

ด้วยวิธีการให้ไบแอสตามรูปที่ 2.20 จะทำให้เกิดการขยายสัญญาณเต็มรูปแบบคือ สัญญาณเอาต์พุตจะสวิงหรือแกว่ง ระหว่าง 0 โวลต์ กับ V_S โดยมีจุดหนึ่งที่ $1/2$ ของ V_S เพื่อให้ได้ สัญญาณเอาต์พุตสวิงได้มากที่สุด และสัญญาณดังกล่าวเมื่อไปคัปปลิ่งผ่าน C ดังรูปที่ 12 ก็จะได้ สัญญาณเป็นไฟสลับในช่วงบวกลบได้



รูปที่ 2.20 การต่อไบแอสทรานซิสเตอร์ทำให้ได้รูปคลื่นเอาต์พุตที่สมบูรณ์

2.3.3 ทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ซิ่ง

ทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ซิ่ง อาศัยหลักการเดียวกันกับการขยายสัญญาณ แต่ในลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์จะทำงานอยู่ 2 สถานะคือ สถานะที่ไม่นำกระแสเลย (OFF) และในสถานะที่นำกระแสจนอิ่มตัว (ON)

2.4 ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor)

ตัวต้านทานไฟฟ้า (Resistor) อุปกรณ์บังคับให้กระแสไฟฟ้าในวงจรเปลี่ยนแปลงตามต้องการ ทำจากวัสดุที่ปล่อยให้อิเล็กตรอนหลุดจากตัวมันได้น้อย มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) ชนิดตัวต้านทานไฟฟ้าที่มีการผลิตออกมาหลายแบบตามหลักสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

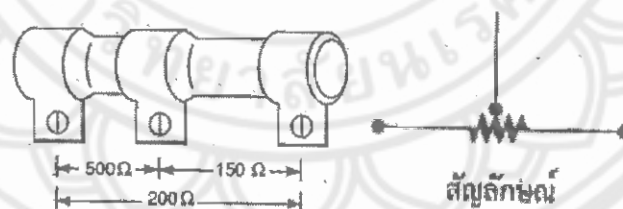
2.4.1 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

1. ชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานคงที่ โดยจะกำหนดค่าความต้านทานเป็นรหัสเช่น ตัวเลขโค้ดสี จะพบเห็นได้ในวงจรทั่วไป



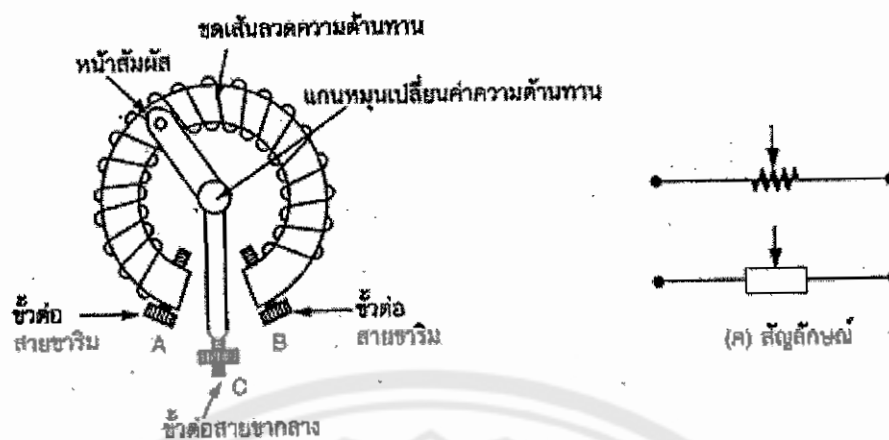
รูปที่ 2.21 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

2. ชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistor) ใช้กับงานที่มีกำลังวัตต์สูงๆ



รูปที่ 2.22 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้

3. ชนิดเปลี่ยนแปลงค่าได้ (Variable Resistor) เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้อย่างต่อเนื่อง จะมีหน้าคอนแทคสำหรับการใช้ในการหมุนเลื่อน



รูปที่ 2.23 ตัวต้านทานแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

2.4.2 ชนิดพิเศษ (Special Resistor)

ชนิดพิเศษ (Special Resistor) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ เปลี่ยนตามอุณหภูมิ (Thermistor) และเปลี่ยนตามความสว่าง (Light Dependent Resistor – LDR)

2.4.3 แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำ

1. แบบถ่าน (Carbon Composition Resistor) ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากผงคาร์บอน
2. แบบลวดพัน (Wire Wound Resistor) พบมากในตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ ซึ่งเป็นส่วนผสมจากนิกเกิล-โครเมียม (Nickel – Chromium) หรือส่วนผสมจากทองแดง-นิกเกิล
3. แบบฟิล์ม (Film Type Resistor) ทำจากฟิล์มบางๆของแก้วและโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบแกนที่ทำมาจากผลึกของเซรามิค

2.4.4 การคำนวณค่าความต้านทาน

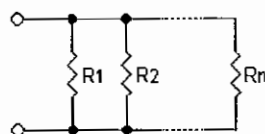
ตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) เป็นสมการที่ (2.1) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์, กระแสไฟฟ้า และความต้านทานของวัตถุต่างๆคือ

$$V = I * R \quad (2.1)$$

เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ (โวลต์), I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) และ R คือ ความต้านทาน (โอห์ม)

2.4.5 วงจรอนุกรม และวงจรขนาน

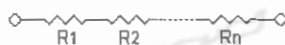
การต่อตัวต้านทานแบบขนานนั้นจะมีความต่างศักย์เท่ากันทุกตัว ดังนั้นค่าความต้านทานสมมูล (R_{eq}) จึงเป็นดังสมการที่ (2.2)



รูปที่ 2.24 การต่อวงจรแบบขนาน

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2.2)$$

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมนั้นจะมีกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันเสมอ แต่ความต่างศักย์ของตัวต้านทานแต่ละตัวจะไม่เท่ากันดังสมการที่ (2.3)

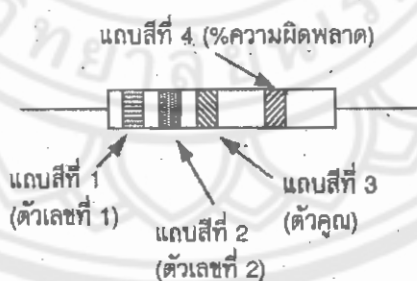


รูปที่ 2.25 การต่อวงจรแบบอนุกรม

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2.3)$$

2.4.6 วิธีอ่านโค้ดสีบนตัวต้านทาน (Resistor Color Code Read Method)

ส่วนใหญ่นิยมใช้กับตัวต้านทานแบบคาร์บอน (Carbon) ชนิด 4 แถบสีได้ดังนี้



รูปที่ 2.26 การอ่านโค้ดตัวต้านทาน

ตัวต้านทานแบบ 4 แถบ โดยค่าตัวเลขของ 2 แถบแรกจะเป็นค่าสองหลักแรกของความต้านทาน แถบที่ 3 เป็นตัวคูณและแถบที่ 4 เป็นค่าขอบเขตความเบี่ยงเบน

ตารางที่ 2.4 ค่าของรหัสสีตามมาตรฐาน EIA EIA-RS- 279

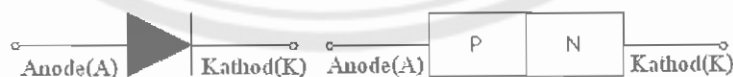
สี/ ตำแหน่ง	1	2	3(ตัวคูณ)	4	สี/ ตำแหน่ง	1	2	3 (ตัวคูณ)	4
ดำ	0	0	1		ม่วง	7	7	10M	0.1%
น้ำตาล	1	1	10	1%	เทา	8	8	100M	0.05%
แดง	2	2	100	2%	ขาว	9	9	1000M	
ส้ม	3	3	1k		ทอง				5%
เหลือง	4	4	10k		เงิน				10%
เขียว	5	5	100k	0.5%	ไม่มีสี				20%
ฟ้า	6	6	1M	0.25%					

2.4.7 การเลือกใช้ตัวต้านทาน

การเลือกใช้ตัวต้านทานจะต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพสัญญาณรบกวน อัตราการกระจายกำลังงาน (Power dissipation) สภาพแวดล้อมความต้องการทางด้านไฟสถับและค่าความต้านทานสำหรับค่าของความถี่ที่แท้จริงขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อน (Tolerance) สัมประสิทธิ์ทางแรงดันสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิและการเปลี่ยนค่า (Drift) เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

2.5 ไดโอด (Diode)

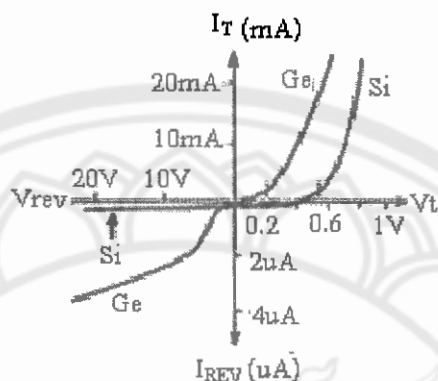
ไดโอด (Diode) ประกอบขึ้นจากวัสดุซิลิคอน (Si) หรือเจอร์เมเนียม (Ge) โดยที่วัสดุชนิด P เป็นขั้วแอโนด ชนิด N เป็นขั้วแคโทด และการนำกระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทดดังแสดงในรูปที่ 2.27 และไดโอดชนิดซิลิคอนจะมีกระแสนอนกลับต่ำกว่าแบบเจอร์เมเนียม การไบแอสตรงหรือไบแอสกลับพิจารณาจากขั้วแอโนดมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่าแคโทดแล้ว ไดโอดไบแอสตรง ถ้าขั้วแอโนดมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกน้อยกว่าแคโทดก็แสดงว่าไบแอสกลับ



รูปที่ 2.27 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไดโอด

การสวิชชิงไดโอด จะเกิดความช้าในการเปลี่ยนทิศขึ้น เนื่องจากว่าที่พาหะใช้เวลาเลื่อนที่ใน หัวต่อ PN 1 นาโนวินาที ซึ่งมีค่าน้อยมาก

ไดโอดมีหลายชนิดแล้วแต่การใช้งานเฉพาะที่แตกต่างกันเช่น ซีเนอร์ไดโอด (ใช้ควบคุมเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า), วารเรคเตอร์ไดโอด (ใช้ปรับความถี่), ซอดกี้ไดโอด (การสวิตซ์ซึ่งที่มีความเร็วสูง) นอกจากนี้ยังมีไดโอดที่ใช้งานย่านความถี่ไมโครเวฟเช่น ทันแนลไดโอด, อิมแพทไดโอด (ใช้ในการกำเนิดและขยายสัญญาณไมโครเวฟ), กันน์ไดโอด

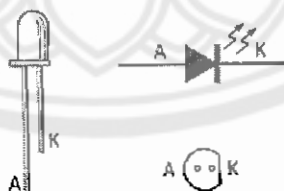


รูปที่ 2.28 การเปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่างไดโอดชนิดเจอร์เมเนียม (Ge) และซิลิกอน (Si)

จากรูปที่ 2.28 ไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมจะนำไฟฟ้าที่แรงดันต่ำกว่าไดโอดชนิดซิลิกอน แต่จะมีกระแสย้อนกลับรั่วไหลมากกว่า จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานของไดโอดชนิดซิลิกอนด้านฟอร์เวิร์ดจะมีค่าต่ำกว่าแบบเจอร์เมเนียม

2.5.1 การประยุกต์ใช้งานไดโอดเปล่งแสง LED

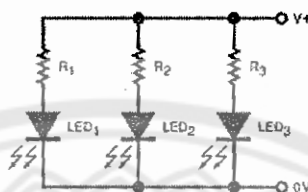
ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED ซึ่งผลิตจากสารกึ่งตัวนำฟอสไฟด์หรือกึ่งตัวนำอาเซไนด์ ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้



รูปที่ 2.29 สัญลักษณ์และขั้วของไดโอดเปล่งแสง

ปกติไดโอดเปล่งแสงกินกระแส 5 มิลลิแอมป์ เมื่อ LED ได้รับกระแสไบแอสตรงจะมีแรงดันตกคร่อม LED ประมาณ 2 โวลต์ ที่กระแสไบแอสตรง 20 มิลลิแอมป์ และจะมี

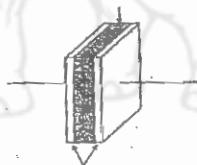
ประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดไฟชนิดทั้งสแตนประมาณ 10-15 เท่า และยังมีการตอบสนองต่อแสงที่เร็วกว่าประมาณ 0.1 ไมโครวินาที ดังนั้น LED จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวแสดงผลหรือใช้เป็นไฟกะพริบ



รูปที่ 2.30 วงจรขับ LED หลายตัวพร้อมกัน

2.6 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้าและคายประจุไฟฟ้าให้กับวงจร ซึ่งโครงสร้างจะประกอบด้วยแผ่นโลหะเพลต 2 แผ่นวางชิดกัน มีฉนวนที่ผลิตมาจากวัสดุต่างชนิดกัน มาชั้นกลางแผ่นตัวนำเรียกว่า “ไดอิเล็กตริก” มีหน่วยคือ “ฟารัด” (Farad: F)

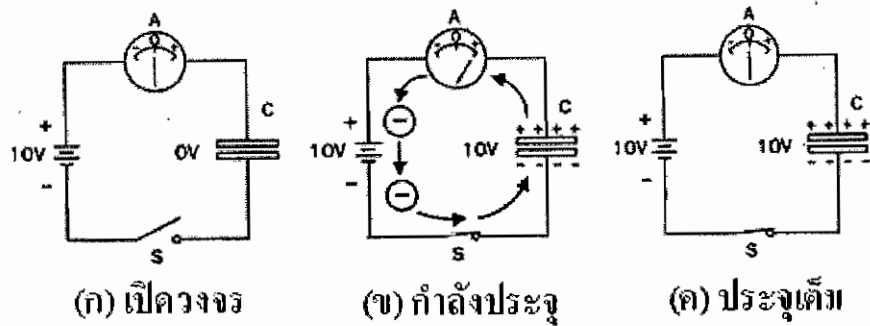


รูปที่ 2.31 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

การทำงานของตัวเก็บประจุ จะทำงานอยู่ 2 สถานะคือ การประจุ (Charge) และการคายประจุ (Discharge)

2.6.1 การประจุ (Charge)

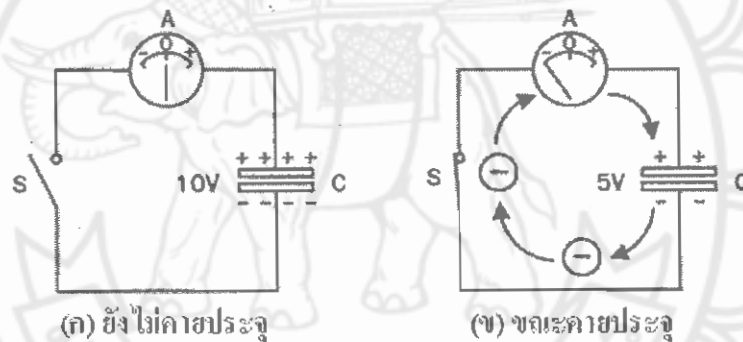
การประจุ (Charge) คือ การสะสมอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 2.32 เมื่อต่อกับแบตเตอรี่ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่จะเข้าไปอยู่ที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไปผลักอิเล็กตรอนของเพลตตรงข้าม เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตถูกผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ



รูปที่ 2.32 ขั้นตอนการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

2.6.2 การคายประจุ (Discharge)

การคายประจุ (Discharge) คือ การที่ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุถ้ามีการครบวงจร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวก



รูปที่ 2.33 ขั้นตอนการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ ตัวเก็บประจุแบ่งตามวัสดุการใช้งานแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

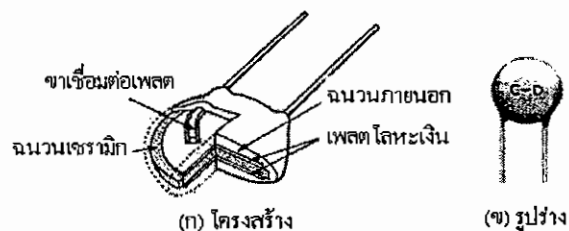
2.6.3 ตัวเก็บประจุชนิดคงที่ (Fixed Capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดคงที่ (Fixed Capacitor) จะมีขั้วบวกและขั้วลบบอกไว้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบกลมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเช่น ชนิดอิเล็กโทรไลติกและ ชนิดเซรามิก

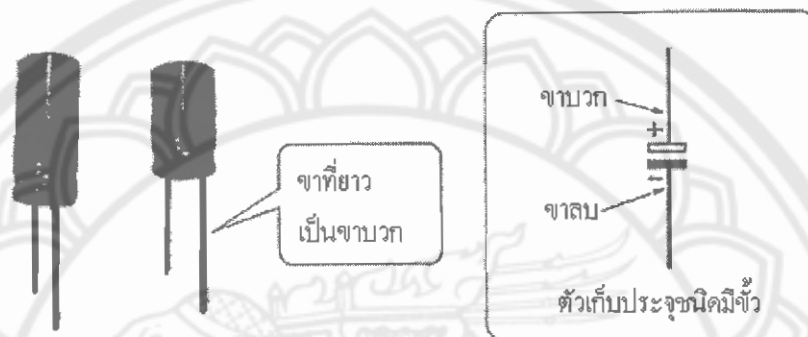
1. ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก มีลักษณะกลมแบนดังในรูปที่ 2.34 ตัวเก็บประจุชนิดนี้จะมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครฟารัด เป็นตัวเก็บประจุชนิดที่ไม่มีขั้ว ทนแรงดันได้ 50-100 โวลต์

2. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ตัวเก็บประจุชนิดนี้จะมีขั้วที่แน่นอนดังรูปที่ 2.35 การป้อนแรงดันนี้จะมีอัตราทนแรงดันมีหน่วยเป็นโวลต์ (V) ในการใช้งานโดยทั่วไปจะเพิ่มแรงดันของตัวเก็บประจุให้สูงกว่าแรงดันที่ใช้งานจริง

14342823
ป.ร.
ด 6665
2552



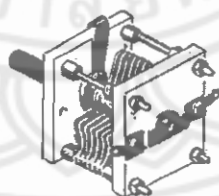
รูปที่ 2.34 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก



รูปที่ 2.35 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์และสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุชนิดมีขั้ว

2.6.4 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor) เป็นชนิดค่าไม่คงที่ ซึ่งมีการนำวัสดุต่าง ๆ มาสร้างขึ้นเป็น Capacitor โดยทั่วไปจะมีค่าความจุไม่มากนัก Variable Capacitor เป็น Capacitor ที่เปลี่ยนค่าความจุได้ด้วยการหมุนแกนของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.36 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

2.6.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ

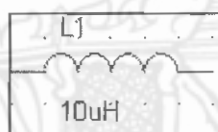
การอ่านค่าตัวเก็บประจุ ปกติมี 2 หน่วยด้วยกัน คือ หน่วยไมโครฟารัด (μF) กับพิโกฟารัด (pF) การบอกค่าแบบเป็นตัวเลขมีค่าน้อยกว่า 1 (ค่าที่พิมพ์บนตัวเก็บประจุ) ค่าที่อ่านได้ก็จะมีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (μF) เช่น 0.1 หมายถึง 0.1 ไมโครฟารัด การอ่านค่าแบบเป็นตัวเลขมีค่ามากกว่า 1

ค่าที่อ่านได้ก็จะมีหน่วยเป็นพิโกฟารัด (pF) เช่น 20 หมายถึง 20 พิโกฟารัด ยกเว้นในกรณีที่ไม่มีหน่วยตามหลังเช่น 10 μF ค่าที่อ่านได้เท่ากับ 10 ไมโครฟารัด และตัวเลขที่บอกค่าเกิน 2 หลัก เช่น 101 ไม่เท่ากับ 101 พิโกฟารัด

2.7 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

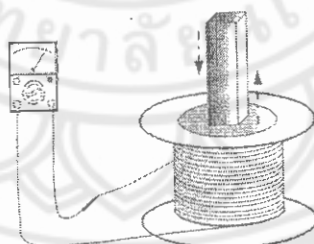
2.7.1 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) คอยล์ (Coils): L เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ลักษณะโครงสร้าง คือ การนำขดลวดตัวนำมาหมุนเกลื่อนที่ติดกับสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นที่ปลายของขดลวด เรียกว่า เกิดการเหนี่ยวนำ (Induce) ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งขดลวดนี้จะเป็นตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเรียกว่า ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด มีหน่วยเป็น เฮนรี (H)



รูปที่ 2.37 สัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ

นอกจากนี้ขดลวดทองแดงที่มีคุณสมบัติที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงใดๆในการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้ามาในตัวมัน เราเรียกว่า ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 การเกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด จากทฤษฎีการเหนี่ยวนำ

2.7.2 แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

1. ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก ความหนาแน่นมากจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำมาก
2. จำนวนรอบของขดลวด ถ้าขดลวดที่พันมีจำนวนรอบมากแรงดันไฟฟ้าก็จะมาก

3. ระยะเวลาที่ขดลวดเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กที่มีความเร็วสูง จะได้แรงดันไฟฟ้าสูง

4. ความต้านทานทางไฟฟ้า ถ้าเส้นลวดใหญ่ความต้านทานน้อย จะได้กระแสไฟฟ้ามาก

2.7.3 อุปกรณ์ขดลวดที่ใช้งานถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ไข้คคอยล์ (Choke Coil) ลักษณะเป็นขดลวดทองแดงอาบนํ้ายาเป็นรอบๆ ทำหน้าที่กรองกระแสดีซี และถ่ายทอคสัญญาณต่าง ๆ

1.1 ไข้คคอยล์แกนเหล็ก ขดลวดที่พันบนแกนเหล็กใช้สำหรับความถี่ต่ำ หรือ ความถี่เสียง ซึ่งมีความถี่ตั้งแต่ 20 Hz.-20 KHz. เรียกว่า A.F. Choke (Audio Frequency Choke) มีใช้ในวงจรภาคจ่ายไฟหรือ วงจรขยายเสียง ทั่ว ๆ ไป

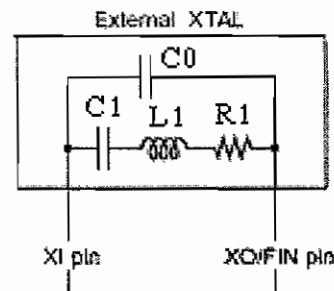
1.2 ไข้คคอยล์แกนผงเหล็กอัด คือ ขดลวดที่พันอยู่บนแกนผงเหล็กอัดแน่น (แกนเฟอร์ไรท์) ให้การเหนี่ยวนำไฟฟ้าปานกลาง ใช้สำหรับกรองความถี่ปานกลางหรือความถี่วิทยุตั้งแต่ความถี่ 20 KHz. ขึ้นไป เรียกว่า R.F. Choke (Radio Frequency Choke) มีใช้ในวงจรโทรทัศน์ วิทยุทั่ว ๆ ไป

1.3 ไข้คคอยล์แกนอากาศ โดยแกนอากาศจะให้ค่าความเหนี่ยวนำต่ำ เพราะไม่สามารถเสริมความเหนี่ยวนำได้ จึงให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้น้อย ซึ่งจะใช้งานกับความถี่สูง เช่น วิทยุ เป็นต้น

2. หม้อแปลง (Transformer) มีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงอาบนํ้ายาที่พันอยู่บนแกนตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป ทำหน้าที่เหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าจากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง การเหนี่ยวนำดังกล่าวเรียกว่า การเหนี่ยวนำข้ามขด (Mutual Inductance) ขดลวดที่ป้อนไฟเข้าเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary: P) ขดลวดที่ให้ไฟออกเรียกว่า ขดทุติยภูมิ (Secondary: S) ใช้งานกับความถี่สูง เช่น เครื่องรับวิทยุและเครื่องรับโทรทัศน์

2.8 อุปกรณ์กำเนิดความถี่ (Crystal Oscillator)

พิจารณารูปที่ 2.39 การออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยใช้แหล่งกำเนิดความถี่ที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ และ อิมพีแดนซ์สูง จะมีองค์ประกอบของอิมพีแดนซ์ ดังสมการที่ (2.4) และสมการที่ (2.5)



รูปที่ 2.39 องค์ประกอบภายในแหล่งกำเนิดความถี่

$$Z(s) = \left(\frac{1}{s \cdot C_1} + s \cdot L_1 + R_1 \right) \parallel \left(\frac{1}{s \cdot C_0} \right) \quad (2.4)$$

$$Z(s) = \frac{s^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_s^2}{s[s^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_p^2]} \Rightarrow \omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad \omega_p = \sqrt{\frac{C_1 + C_0}{L_1 \cdot C_1 \cdot C_0}} \quad (2.5)$$

s คือ complex frequency ($s = j\omega$)

ω_s คือ The series resonant frequency in radian per second

ω_p คือ The parallel resonant frequency in radians per second.

โดยที่ค่าของความถี่ที่ต้องการสร้างขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับค่า C_0 , C_1 , R_1 และ L_1 ที่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสม