หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุ

3.1 บทนำ

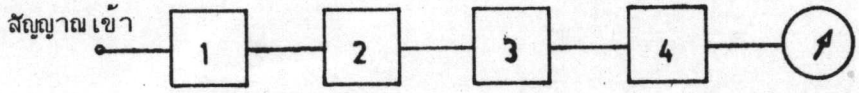
จากการพิจารณาข้อดีข้อเสียของวิธีและวงจรที่ใช้วัดคลื่นรบกวนวิทยุดังที่กล่าวไว้บทที่ 2 หัวข้อ 2.3 จะเห็นได้ว่าวิธีการวัดคลื่นรบกวนวิทยุด้วยวงจรวัดแรงดันแบบตัวดักสัญญาณต่อขนานกับอุปกรณ์ทดสอบ ดังในรูป 2.5 ค. เป็นวิธีและวงจรการวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่เหมาะสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ เพราะว่านอกจากข้อดีของวงจรการวัดแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุแบบนี้ที่ได้กล่าวมาแล้ว เหตุผลสำคัญอีก 2 ประการ คือ พิกัดคลื่นรบกวนวิทยุในมาตรฐานสากลส่วนใหญ่ระบุไว้เป็นพิกัดทางแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุ และเครื่องวัดมาตรฐานที่จะใช้เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบค่าคลื่นรบกวนวิทยุ เป็นเครื่องวัดแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุด้วย วงจรวัดแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุนี้สามารถใช้กับเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุแบบวัดค่ายอด ค่าเฉลี่ย หรือค่ากึ่งค่ายอดก็ได้ ซึ่งจะขึ้นกับการออกแบบวงจรของเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุ สำหรับการวิจัยนี้ได้เลือกออกแบบวงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุแบบวัดค่ากึ่งค่ายอด ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะของคลื่นรบกวนวิทยุที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่เป็นคลื่นรบกวนวิทยุแบบอิมพัลส์ และเหตุที่ไม่เลือกออกแบบวงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุแบบวัดค่ายอดสำหรับการวิจัยนี้ เนื่องจากเหตุผล 2 ประการในทำนองเดียวกับการเลือกวงจรวัดแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุ กล่าวคือ แรงดันคลื่นรบกวนวิทยุค่ากึ่งค่ายอดนี้เป็นค่าที่ถูกระบุไว้ในมาตรฐาน และเครื่องวัดมาตรฐานที่มีอยู่ในปัจจุบัน ค่าแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุที่วัดได้เป็นค่ากึ่งค่ายอด

3.2 วงจรของเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุ

ในการออกแบบวงจรของเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุไม่ว่าเป็นแบบค่ายอด หรืออะไรก็ตามจะต้องให้เครื่องวัดมีลักษณะสมบัติพื้นฐานตามที่กำหนดใช้สำหรับเครื่องวัดแบบแสดงค่านั้นๆ ซึ่งมีลักษณะสมบัติแตกต่างกัน ลักษณะสมบัติของวงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุแบบค่ากึ่งค่ายอดที่จะออกแบบสร้างในการวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในหัวข้อ2.5.1) และตามเป้าหมายเดิมนั้นวงจรของเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ออกแบบสร้างนี้ต้องสามารถวัดคลื่นรบกวนวิทยุตั้งแต่ความถี่ 0.1 เม็กกะแฮร์ตซ์ ถึง 30 เม็กกะแฮร์ตซ์ ค่าต่ำสุด

ของคลื่นรบกวนวิทยุที่ต้องวัดได้ค่าถึงค่ายอดประมาณ 1.0 ไมโครโวลต์ ซึ่งเมื่อออกแบบวงจรเครื่องวัดให้มีลักษณะสมบัติและความสามารถที่กำหนดไว้แล้ว ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับการจัดหาองค์ประกอบวงจรผลิตความถี่โลคัล สำหรับสัญญาณความถี่ต่ำกว่า 530 กิโลแฮร์ตซ์ และความถี่สูงกว่า 1600 กิโลแฮร์ตซ์ คือไม่สามารถจัดหาได้ จึงได้ออกแบบสร้างวงจรเครื่องวัดให้วัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ความถี่มาตรฐานความถี่เดียว คือ ความถี่ 1 เม็กกะแฮร์ตซ์ แต่อย่างไรก็ตามเครื่องวัดที่สร้างขึ้นนี้สามารถปรับให้วัดคลื่นรบกวนวิทยุได้ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 530 กิโลแฮร์ตซ์ ถึง 1600 กิโลแฮร์ตซ์ โดยการเปลี่ยนองค์ประกอบวงจรเพียงเล็กน้อย

วงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ออกแบบไว้นี้ จะแบ่งกล่าวเป็น 4 วงจร คือ วงจรลดขนาด วงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ วงจรดีเทคเตอร์ และวงจรขยายสัญญาณกระแสตรง ดังแสดงไว้ในรูป 3.1



1 - วงจรลดขนาด
2 - วงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์
3 - วงจรดีเทคเตอร์
4 - วงจรขยายสัญญาณกระแสตรง

รูป 3.1 วงจรเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ออกแบบสร้าง

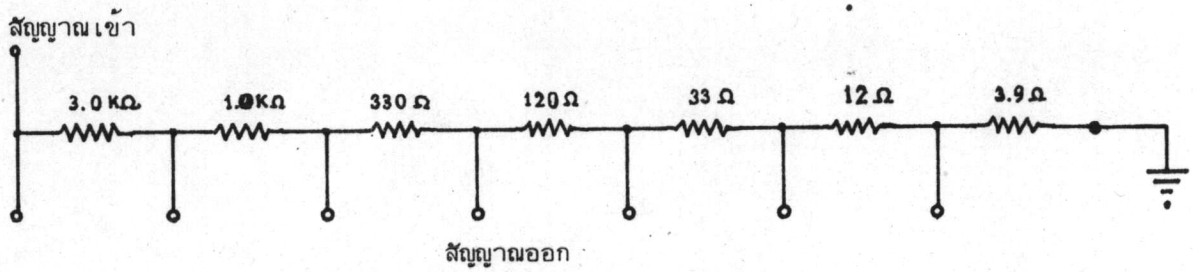
ตามเป้าหมายการออกแบบสร้างเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุ ต้องการให้สามารถวัดค่าแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุต่ำสุด 1.0 ไมโครโวลต์ ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกใช้มัลติมิเตอร์ NORMA มีสเกลวัดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุด 0-60 มิลลิโวลต์ แต่การออกแบบเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุได้คำนวณโดยใช้สเกลถัดไป คือ 0-600 มิลลิโวลต์ ทำให้เข็มชี้ระหว่าง 100-150 มิลลิโวลต์ ที่แรงดันคลื่นรบกวนวิทยุ 1 ไมโครโวลต์ ซึ่งจะคำนวณได้ว่ากำลังขยายของเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุควรมีค่าประมาณ 100000-150000 เท่า

3.2.1 วงจรลดขนาด

หน้าที่ของวงจรลดขนาด คือ ลดสัญญาณคลื่นรบกวนวิทยุให้พอเหมาะ และเป็นการขยายช่วงขนาดสัญญาณที่วัด วงจรลดขนาดที่ออกแบบนี้เป็นโวลต์เตจดิไวเดอร์แบบความต้านทาน โดยให้มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) อัตราส่วนลดสัญญาณค่าต่ำสุดประมาณ 1: 1000 ส่วนอัตราส่วนอื่นๆ ที่สูงกว่านี้จะเลือกให้พอเหมาะสมกับสเกลของมาตรวัดค่าเพื่อสะดวกต่อการอ่าน

2) ความต้านทานรวมของโวลต์เตจดิไวเดอร์ต้องสูงพอที่ไม่ก่อให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อความต้านทานแมทชิ่ง 150 โอห์ม ที่ปลายรับของเคเบิล ในที่นี้ให้ความต้านทานรวมของโวลต์เตจดิไวเดอร์ประมาณ 4500 โอห์ม โดยใช้ค่าความต้านทาน 3000, 1000, 330, 120, 33, 12 และ 3.9 โอห์ม ต่ออนุกรมกันดังรูป 3.2 ซึ่งจากการคำนวณจะได้อัตราส่วนลดตามลำดับ คือ 1:1, 1:3.0015, 1:9.0176, 1:26.6365, 1:92.0020, 1:282.9497 และ 1:1153.5641



รูป 3.2 วงจรลดขนาด

3.2.2 วงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์

วงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ประกอบด้วย วงจรเลือกความถี่ วงจรขยายสัญญาณความถี่วิทยุ วงจรผลิตความถี่โลคัล วงจรผสมสัญญาณ และวงจรขยายความถี่กลาง ซึ่งได้ใช้วงจรเครื่องรับวิทยุเอเอ็มแบบซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์มาดัดแปลงแก้ไขให้เหลือเฉพาะวงจรต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นมาใช้เป็นวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ สำหรับเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ออกแบบสร้างนี้ดังแสดงในรูป 3.3 เมื่อสัญญาณที่ได้จากโวลต์เตจดิไวเดอร์เข้าภาคแรกของวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ คือ วงจรเลือกความถี่ที่ประกอบด้วยขดลวด (coil) และคะแปซิเตอร์ (capacitor) ที่มีสภาพรีโซแนนท์ จากการออกแบบสร้างเครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุได้กำหนดไว้ว่าจะวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ความถี่ 1 เม็กกะแฮร์ตซ์ ฉะนั้นเพื่อให้วงจรเลือกความถี่มีสภาพรีโซแนนท์ที่ความถี่ 1 เม็กกะแฮร์ตซ์ ตามต้องการ และจากการที่ทราบว่าขดลวดของวงจรเลือกความถี่ของเครื่องรับวิทยุมีค่าอินดัคแตนท์ประมาณ 250 ไมโครเฮนรี่ จึงสามารถคำนวณค่าคะแปซิแตนท์ได้จากสมการ (3.1)

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad .....(3.1)$$

เมื่อ f คือ ความถี่ของสัญญาณที่ป้อนเข้าวงจร (แฮร์ตซ์)

L คือ ค่าอินดัคแตนท์ของขดลวด (เฮนรี่)

C คือ ค่าคะแปซิแตนท์ของคะแปซิเตอร์ (ฟารัด)

แทนค่าความถี่ (f) 1 เม็กกะแฮร์ตซ์และค่าอินดัคแตนท์ (L) 250 ไมโครเฮนรี่ ในสมการ 3.1 ได้ว่า

$$1 \times 10^{6} = \frac{1}{2\pi\sqrt{250 \times 10^{-6} \times C}}$$

$$C = \frac{1}{10^{12} \times 4\pi^{2} \times 250 \times 10^{-6}}$$

$$= 1.01321 \times 10^{-10} \text{ ฟารัด}$$

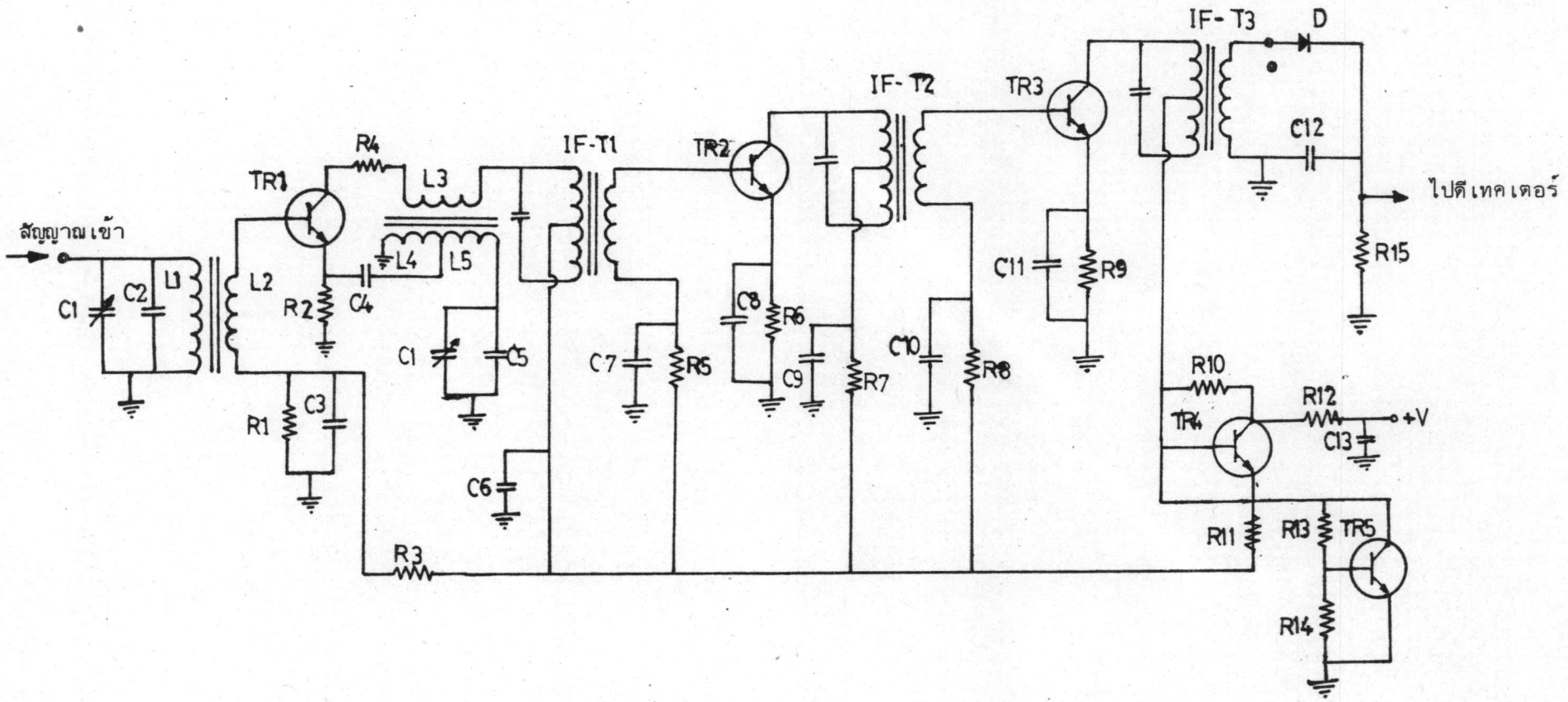
$$= 101.321 \text{ พิโคฟารัด}$$

เพื่อความสะดวกในการปรับให้วงจรเลือกความถี่ได้ 1 เม็กกะแฮร์ตซ์ ตามต้องการ จึงแบ่งค่าคะแปซิเตอร์เป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งมีค่าคะแปซิแตนท์คงที่ (ประมาณ 82 พิโคฟารัด) อีกส่วนหนึ่งสามารถเปลี่ยนแปรค่าได้ตั้งแต่ 0-20 พิโคฟารัด สัญญาณที่ผ่านวงจรเลือกความถี่แล้วนี้จะถูกป้อนเข้าคับปลิ้งทรานสฟอร์มเมอร์ ซึ่งทำหน้าที่แมทชความต้านทานและป้อนกระแสควบคุมการทำงานเข้าที่เบสของทรานซิสเตอร์ TR-1 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายความถี่วิทยุ ออสซิเลเตอร์และมิกเซอร์ไปพร้อมๆ กัน โดยได้ไบอัสผ่านความต้านทาน R3 ขณะที่ R1 และ C3 เป็นอุปกรณ์ช่วยให้ทรานซิสเตอร์ TR-1 ทำงานเป็นปกติตลอดเวลา R2 และ C4 เป็นคับปลิ้งระหว่างออสซิเลเตอร์กับมิกเซอร์ R4 ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโหลด (load) สัญญาณจากวงจรออสซิเลเตอร์ (กรณีนี้มีความถี่ประมาณ 1.455 เม็กกะแฮร์ตซ์) ซึ่งเกิดจากขดลวด (L4 + L5) และคะแปซิเตอร์ (C1 + C5) ถูกป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ TR-1 ทางอิมิตเตอร์ ส่วนขดลวด L3 มีหน้าที่ส่งสัญญาณบางส่วนกลับไปควบคุมวงจรออสซิเลเตอร์ให้ผลิตสัญญาณความถี่ 1.455 เม็กกะแฮร์ตซ์ มีขนาดคงที่ตลอดเวลา โดยการนำสัญญาณที่ออกจากคอลเลคเตอร์ส่วนหนึ่งป้อนกลับไปยังวงจรออสซิเลเตอร์ผ่านทางขดลวด L4 และ L5 สัญญาณที่ออกจาก

คอลเลคเตอร์ของ TR-1 ขณะนี้มีความถี่ประมาณ 455 กิโลแฮร์ตซ์ ส่วนใหญ่ถูกส่งต่อไปยังทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นแมทชิ่งระหว่างคอลเลคเตอร์ของ TR-1 กับเบสของ TR-2 และขดลวดปฐมภูมิกับคะแปซิเตอร์ที่ต่อคร่อมอยู่ก็ทำหน้าที่เป็นวงจรเลือกความถี่อีกด้วย เพราะฉะนั้นสัญญาณที่ออกจากทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T1 เป็นสัญญาณความถี่เดียว วงจรขยายความถี่กลางซึ่งประกอบด้วยวงจรทรานซิสเตอร์ TR-2 และ TR-3 จึงออกแบบขยายที่ความถี่เดียว คือ ความถี่ 455 กิโลแฮร์ตซ์ เท่านั้น (วงจรขยายความถี่เดียวเป็นเพียงวงจรในอุดมคติเท่านั้น ในทางปฏิบัติแล้ววงจรขยายความถี่เดียวนี้มีความกว้างแถบความถี่ที่ขยายแคบกว่าปกติมาก) ทรานซิสเตอร์ TR-2 ทำงานโดยการฟอร์เวอสไบอัสระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ผ่านความต้านทาน R5 และใช้แรงดันกระแสตรงตกคร่อมความต้านทาน R6 เพื่อไบอัสทรานซิสเตอร์ TR-2 ให้ทำงานคงที่ยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังเป็นบายพาสของเบสด้วยคะแปซิเตอร์ C7 ที่ต่อกับอิมิตเตอร์ของ TR-2 ช่วยให้การทำงานของทรานซิสเตอร์ TR-2 คงที่ตลอดเวลาและคะแปซิเตอร์ C8 เป็นบายพาสของอิมิตเตอร์ สัญญาณขาออกของวงจรขยายนี้จับได้ที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ป้อนผ่านคับปลิ้งทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T2 เข้าวงจรขยายความถี่กลางของทรานซิสเตอร์ TR-3 เข้าคับปลิ้งทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T3 ซึ่งทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T2 และ IF-T3 มีตัวประกอบวงจรและทำหน้าที่เหมือนกับทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T1 และวงจรขยายความถี่กลางของทรานซิสเตอร์ TR-3 ก็เหมือนกับวงจรขยายความถี่กลางของทรานซิสเตอร์ TR-2 จึงไม่กล่าวซ้ำอีก และขอข้ามไปถึงสัญญาณขาออกของทรานสฟอร์มเมอร์ IF-T3 ทางขดทุติยภูมิมีลักษณะเป็นคลื่นรูปซายน์ความถี่ 455 กิโลแฮร์ตซ์ มีขนาดตามสัญญาณที่เข้าทางวงจรเลือกความถี่ และโดยธรรมชาติของสัญญาณคลื่นรบกวนวิทยุ ขนาดของสัญญาณทางบวกและทางลบมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงใช้ไดโอดเพื่อนำสัญญาณทางบวกหรือทางลบไปยังวงจรต่อไป ในที่นี้เลือกเอาสัญญาณทางบวกผ่านความต้านทาน R15 แล้วจึงนำแรงดันสัญญาณตกคร่อมไปป้อนให้กับวงจรภาคต่อๆ ไป ส่วนทรานซิสเตอร์ TR4 และ TR5 เป็นวงจรปรับค่าไฟเลี้ยงให้กับทรานซิสเตอร์

จากการทดสอบวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ปรากฏว่า ได้ข้อมูลดังนี้

อัตราขยายแรงดัน	360	
ขนาดสัญญาณขาเข้าสูงสุด (ไม่มีวงจรลดขนาด)	15	ไมโครโวลต์
ขนาดสัญญาณขาเข้าสูงสุด (ใช้วงจรลดขนาด)	15000	ไมโครโวลต์



รูป 3.3 วงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.1 รายการองค์ประกอบวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์

C1	0-20	พิโคฟารัด	50 โวลต์	R1	10	กิโลโอห์ม
C2	100	พิโคฟารัด	50 โวลต์	R2	560	โอห์ม
C3	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R3	12	กิโลโอห์ม
C4	0.008	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R4	100	โอห์ม
C5	47	พิโคฟารัด	50 โวลต์	R5	22	กิโลโอห์ม
C6	33	ไมโคฟารัด	50 โวลต์	R6	100	โอห์ม
C7	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R7	10	กิโลโอห์ม
C8	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R8	100	กิโลโอห์ม
C9	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R9	100	โอห์ม
C10	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R10	10	กิโลโอห์ม
C11	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R11	100	โอห์ม
C12	0.022	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R12	100	โอห์ม
C13	100	ไมโครฟารัด	50 โวลต์	R13	2.2	กิโลโอห์ม
				R14	5	กิโลโอห์ม
				R15	5	กิโลโอห์ม

TR1 - 2 SC 930 D 1 D

TR2 - 2 SC 930 E 1 H

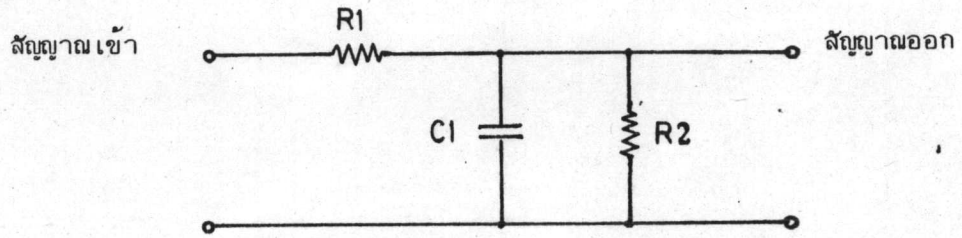
TR3 - 2 SC 930 E 1 H + V 6 โวลต์

TR4 - 2 SC 536 F 1 D

TR5 - 2 SC 536 F 1 J

3.2.3 วงจรดีเทคเตอร์ (เรียกตามมาตรฐาน ASA [28])

วงจรดีเทคเตอร์เป็นวงจรที่รับสัญญาณต่อมาจากวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ ทำหน้าที่ดีเทคขนาดของสัญญาณเข้ามา วงจรดีเทคเตอร์ที่ออกแบบนี้เป็นวงจรดีเทคเตอร์แบบวัดค่ากึ่งค่ายอด ซึ่งมาตรฐานได้กำหนดลักษณะสมบัติไว้คือต้องมี Charge time constant และ Discharge time constant เท่ากับ 1/1000 และ 160/1000 วินาที ตามลำดับ รูป 3.4 เป็นวงจรพื้นฐานของวงจรดีเทคเตอร์ [29] ประกอบด้วยตัวความต้านทาน R1, R2 และคะแปซิเตอร์ C1



รูป 3.4 วงจรพื้นฐานของวงจรดีเทคเตอร์แบบวัดค่ากึ่งค่ายอด

จากวงจรพื้นฐานจะสามารถคำนวณค่าองค์ประกอบได้จาก

Charge time constant = R1 x C1 วินาที

Discharge time constant = R2 x C1 วินาที

และจากข้อกำหนดตามมาตรฐานจะได้ว่า

$$R1 \times C1 = 1/1000 \text{ วินาที} \quad \ldots\ldots(3.2)$$

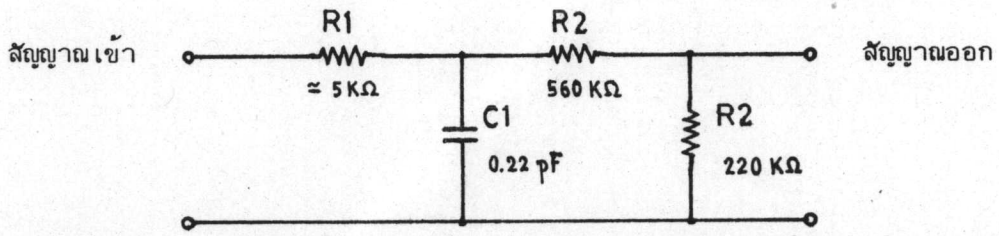
$$R2 \times C1 = 160/1000 \text{ วินาที} \quad \ldots\ldots(3.3)$$

โดย ค่าความต้านทาน R1 และ R2 มีหน่วยเป็น โอห์ม

ค่าคะแปซิแตนท์ C1 มีหน่วยเป็น ฟารัด

ความต้านทาน R1 อาจใช้ค่าเอาท์พุตอิมพีแดนท์ของวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ แทนการใช้ค่าความต้านทาน R1 และในการออกแบบวิจัยนี้ใช้เอาท์พุตอิมพีแดนท์ของวงจรซุปเปอร์เฮทเทโรดายน์ ซึ่งมีค่าประมาณ 5 กิโลโอห์ม แล้วคำนวณค่าคะแปซิแตนท์ C1 และค่าความต้านทาน R2 จากสมการ (3.2) และ (3.3) ได้เท่ากับ 0.2 ไมโครฟารัด และ 800 กิโลโอห์ม ตามลำดับ ในทางปฏิบัติก็ใช้ค่าคะแปซิแตนท์ 0.22 ไมโครฟารัด และค่าความต้านทาน R2 780 (560+220) กิโลโอห์ม ดังรูป 3.5

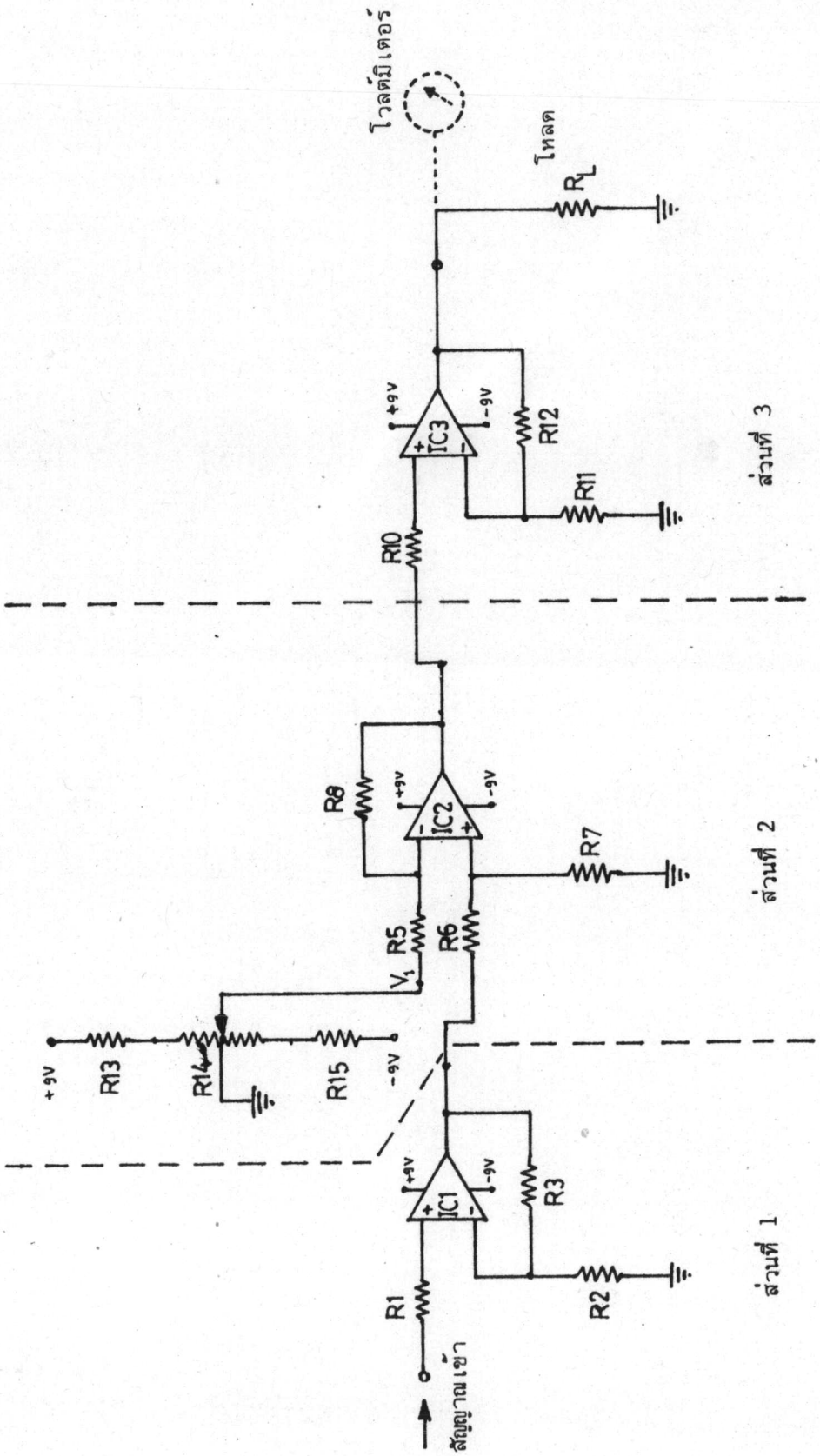
ทำให้ค่า Charge time constant = 1.1/1000 วินาที และ Discharge time constant = 156/1000 วินาที เหตุที่แยกค่าความต้านทาน R2 เป็น 2 ค่าก็เพื่อป้องกันวงจรขยายสัญญาณกระแสตรงภาคต่อไปเข้ามาเป็นโหลดของวงจร ซึ่งจะทำให้ค่า Discharge time constant เปลี่ยนแปลง



รูป 3.5 วงจรดีเทคเตอร์แบบวัดค่ากึ่งค่ายอด

3.2.4 วงจรขยายสัญญาณกระแสตรง

สัญญาณที่ได้จากวงจรดีเทคเตอร์เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดไม่คงที่และมีขนาดต่ำ นอกจากนั้นยังมีสัญญาณคลื่นรบกวนวิทยุจากแหล่งอื่นปะปนมาด้วย วงจรขยายสัญญาณกระแสตรงนี้จึงออกแบบให้ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และขจัดสัญญาณคลื่นรบกวนจากแหล่งอื่นในขณะเดียวกันด้วย โดยประกอบด้วย วงจรอินเทเกรทเซอร์กิต (IC) 3 ส่วน ดังแสดงในรูป 3.6 ซึ่งควรมีกำลังขยายประมาณ 280–420 เท่า (จากกำลังขยายทั้งหมดที่กำหนดไว้ 100000–150000 เท่า และกำลังขยายของวงจรซุปเปอร์เฮทดทโรดายน์ ประมาณ 360 เท่า) แต่สัญญาณที่วัดจากวงจรดีเทคเตอร์มีเพียง 1/3.55 หรือ 28 เปอร์เซนต์ ของสัญญาณก่อนเข้าวงจรดีเทคเตอร์ ฉะนั้นวงจรขยายสัญญาณกระแสตรงควรมีกำลังขยายประมาณ 700–1100 เท่า จากการออกแบบวงจรขยายสัญญาณกระแสตรง ดังมีรายการองค์ประกอบวงจรแสดงในตารางที่ 3.2 กำลังขยายของวงจรนี้มีประมาณ 900 เท่า

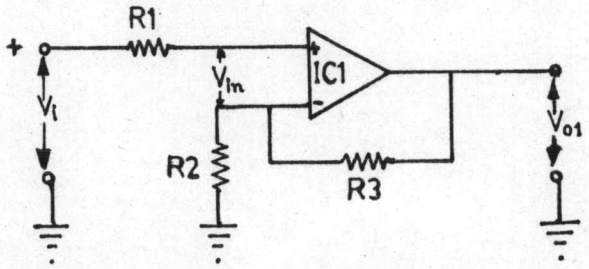


รูป 3.6 วงจรขยายสัญญาณกระแสตรง

I15992597

วงจรในรูป 3.6 มีหลักการออกแบบและทำงานดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสมีวงจรพื้นฐานดังรูป 3.7



รูป 3.7 วงจรพื้นฐานของการขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

โดยป้อนสัญญาณเข้าทางอินพุตขั้วบวกของออปแอมป์อินเทเกรทเซอร์กิต (op. amp. IC1) ซึ่งอัตราขยายแรงดันของวงจรนี้หาได้จาก

$$A_V = \frac{V_{o1}}{V_i} = 1 + \frac{R2}{R3}$$

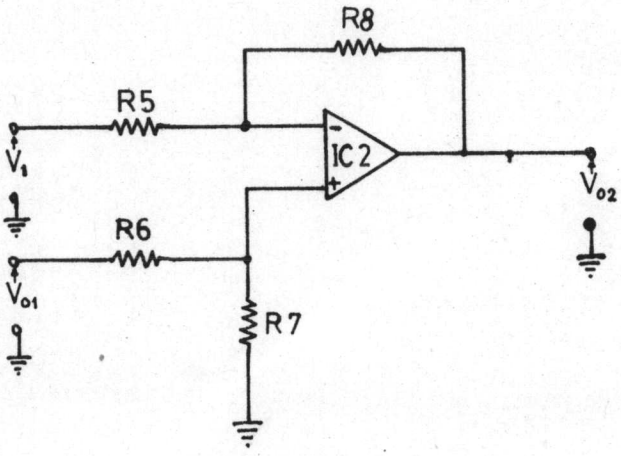
ค่าความต้านทาน R1 ที่ต่ออยู่นั้นเพื่อขจัดแรงดันออฟเซ็ทที่เอาท์พุต (output offset voltage) ซึ่งจะคำนวณหาได้จาก

$$R1 = \frac{R2.R3}{R2 + R3}$$

ในส่วนที่ 1 นั้นออกแบบให้มีอัตราขยายแรงดันต่ำ(อัตราขยาย = 4.33) ทั้งนี้โดยคำนึงว่าส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่รับสัญญาณจากดีเทคเตอร์มาขยาย ซึ่งสัญญาณจากดีเทคเตอร์มีสัญญาณที่ไม่ต้องการปะปนเข้ามาด้วย ดังนั้นหากกำหนดให้ส่วนที่ 1 มีอัตราขยายสูงแล้ว สัญญาณที่ไม่ต้องการถูกขยายให้มีขนาดสูงตามไปด้วย ทำให้การหาสัญญาณที่มีขนาดสูงมาหักลบยุ่งยากขึ้น แต่การที่ไม่ออกแบบส่วนที่ 1 เป็นส่วนขจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการเลยนั้น เนื่องจากสัญญาณของคลื่นรบกวนวิทยุที่ต้องการและไม่ต้องการ บางขณะมีขนาดใกล้เคียงกัน อันจะก่อให้เกิดการผิดพลาดในการขจัดสัญญาณได้ง่าย

ส่วนที่ 2 ของวงจรขยายผลต่างของสัญญาณ เป็นวงจรขยายผลต่างสัญญาณโดยการป้อนสัญญาณ 2 สัญญาณเข้าที่ขั้วอินพุตของออปแอมป์ขยายผลต่างของสัญญาณ ซึ่งเป็นขั้วอินพุตบวก (คือ สัญญาณนี้ไม่ถูก

กลับเฟสเมื่ออยู่ในตัวออปแอมป์อินเทเกรทเซอร์กิต) และขั้วอินพุตลบ (สัญญาณถูกกลับเฟสภายในตัวออปแอมป์อินเทเกรทเซอร์กิต)



รูป 3.8 วงจรพื้นฐานของการขยายผลต่างของสัญญาณ

แรงดันขาออกของออปแอมป์อินเทเกรทเซอร์กิตของวงจรในรูป 3.8 หาได้จากสูตร

$$V_o = \frac{R5}{R8} (V2 - V1)$$

ดังนั้นอัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่าเท่ากับ R5/R8 (ประมาณ 4.55) และสำหรับวงจรดังรูป 3.8 นี้ ค่าความต้านทาน R5 เท่ากับค่าความต้านทาน R6 และค่าความต้านทาน R7 เท่ากับค่าความต้านทาน R8 สัญญาณจากส่วนแรกจะป้อนเข้าที่ขั้วอินพุตบวก เพื่อรวมกับสัญญาณ V1 ซึ่งนำมาจากแหล่งจ่ายไฟให้กับอินเทเกรตเซอร์กิต โดยโวลต์เตจดิไวเดอร์แบบค่าความต้านทาน และมีจุดศูนย์อยู่กึ่งกลางตำแหน่งของการแรงดัน ซึ่งโดยปกติแล้วสัญญาณ V1 ที่ใช้ตามปกติเป็นสัญญาณบวกเท่านั้น แต่เพื่อให้ไฟเลี้ยงของวงจรอินเทเกรตเซอร์กิตเท่ากันตลอดเวลา จึงใช้การแบ่งแรงดันทั้งทางขั้วบวกและขั้วลบ

สัญญาณที่ผ่านวงจรส่วนที่ 2 แล้วนี้มีเพียงสัญญาณคลื่นรบกวนวิทยุที่ต้องการวัดค่า ดังนั้นส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณแบบไม่เป็นเฟสเช่นเดียวกับส่วนที่ 1 จึงออกแบบให้มีอัตราขยายสูงพอที่สัญญาณมีขนาดเหมาะสมกับโวลต์มิเตอร์ดังที่กล่าวไว้แล้ว ในที่นี้อัตราขยายของส่วนที่ 3 ประมาณ 45.45 เท่า

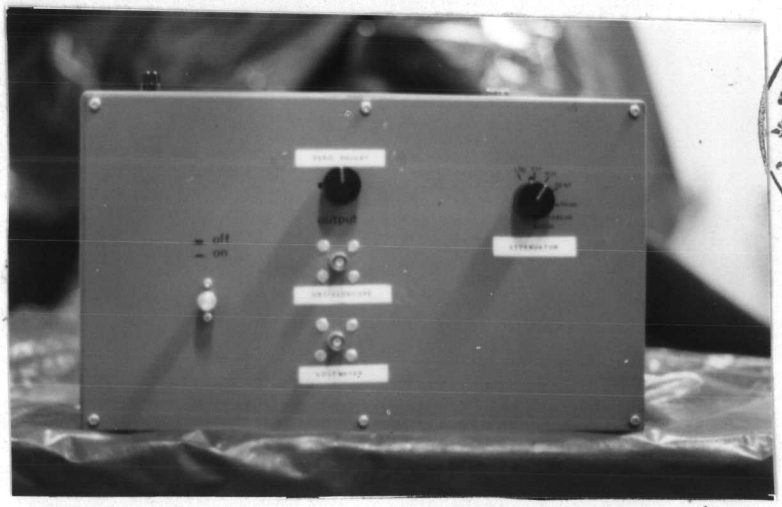
ฉะนั้นวงจรขยายสัญญาณกระแสตรงมีอัตราขยายเท่ากับ $4.33 \times 4.55 \times 45.45 = 895.43$

ตาราง 3.2 รายการองค์ประกอบวงจรขยายผลต่างของสัญญาณ

R1	2.2	กิโลโอห์ม	R2	3.3	กิโลโอห์ม
R3	10.0	กิโลโอห์ม			
R5	2.2	กิโลโอห์ม	R6	2.2	กิโลโอห์ม
R7	10.0	กิโลโอห์ม	R8	10.0	กิโลโอห์ม
R10	2.2	กิโลโอห์ม			
R11	2.2	กิโลโอห์ม	R12	100.0	กิโลโอห์ม
R13	100.0	กิโลโอห์ม	R14	20.0	กิโลโอห์ม
R15	100.0	กิโลโอห์ม	RL	330	โอห์ม

IC1, IC2 และ IC3 เบอร์ 741

(รายละเอียดเกี่ยวกับออปแอมป์อินเทเกรทเซอร์กิต 741 แสดงไว้ในภาคผนวก 2)



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 3.9 เครื่องวัดคลื่นรบกวนวิทยุที่ออกแบบสร้าง