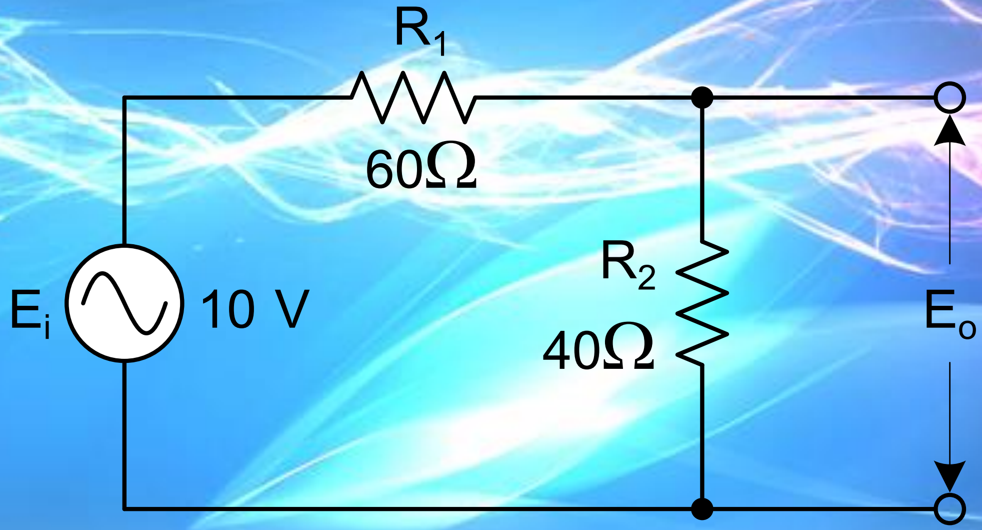
วงจรลดรูปร่างสัญญาณ
และวงจรแปลงรูปสัญญาณ

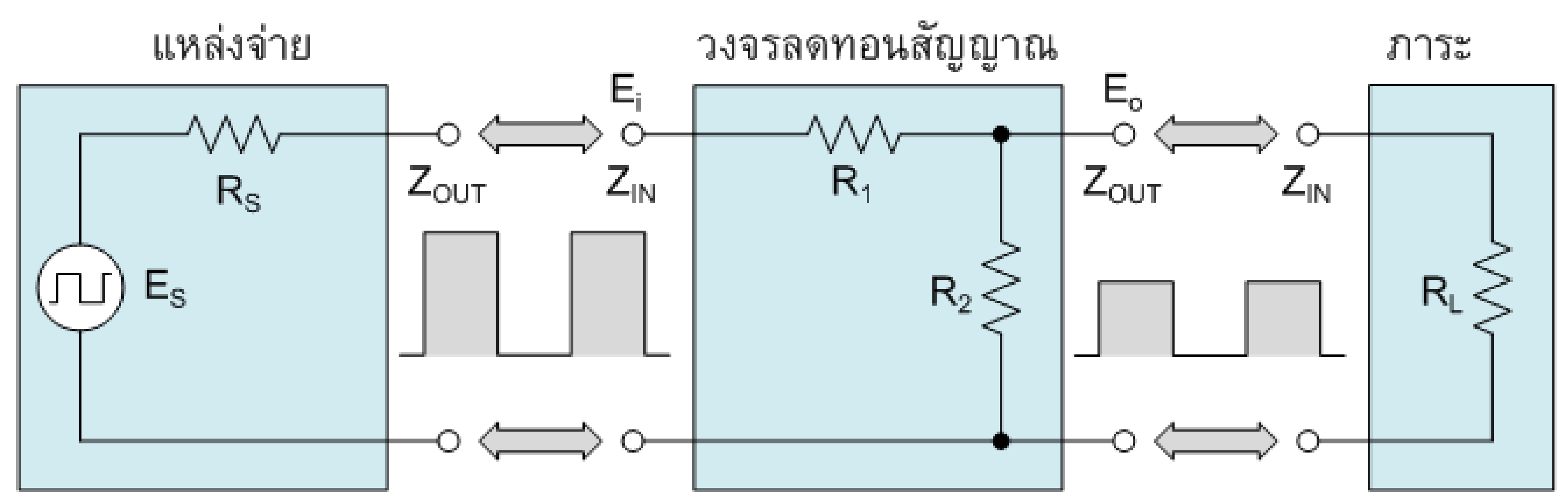


2105-2006 วงจรพัลส์และสวิตชิง

2.1 วงจรลดรูปสัญญาณ

วงจรลดรูปสัญญาณ หรือวงจรลดทอนสัญญาณ (Attenuate Circuit) และอาจเรียกว่า ตัวลดทอน (Attenuator) คือวงจรลดขนาดสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาให้ได้ค่าออกเอาต์พุตมีค่าน้อยลงตามต้องการ ซึ่งจะลดทอนเฉพาะค่าความแรงสัญญาณ ส่วนรูปร่างสัญญาณ เฟสสัญญาณ และความถี่ มีค่าคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง โดยวงจรลดทอนสัญญาณแบบพื้นฐาน เป็นอุปกรณ์ชนิดส่งผ่านอย่างเดียว (Passive Devices) ไม่มีการขยายสัญญาณ ลักษณะวงจรทั้งหมดมีสภาวะต้านทาน อยู่ในรูปของโครงข่ายต้านทาน (Resistive Network) ชนิดสองขั้ว

2.1 วงจรลดรูปสัญญาณ



จากรูปจะเห็นได้ว่าวงจรลดทอนสัญญาณก็คือวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) นั่นเอง โดยทำหน้าที่แบ่งแรงดันที่ป้อนเข้ามาให้จ่ายออกเอาต์พุตลดลงตามค่าที่กำหนดไว้ ด้วยตัวต้านทาน R1 และ R2

การหาค่าวงจรลดทอนสัญญาณ

$$E_o = E_i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

เมื่อ

E_o = แรงดันออกเอาต์พุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย V

E_i = แรงดันป้อนเข้าอินพุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย V

$\frac{E_0}{E_i}$ = ตัวประกอบการลดทอน (Attenuation Factor)

R_1 = ความต้านทานต่ออนุกรมของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย Ω

R_2 = ความต้านทานต่อขนานของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย Ω

2.2 ระดับการลดทอนสัญญาณ

ระดับการลดทอนสัญญาณ (Degree Attenuation) ถูกบอกค่าไว้ในรูปความดังมีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) โดยการใส่ค่าลอการิทึม (log) เข้าไปในสมการของอัตราส่วนค่าแรงดัน ค่า กระแส หรือค่ากำลังไฟฟ้า ที่วัดออกมาได้ การหาค่าระดับการลดทอนสัญญาณ หาได้ดังนี้

เมื่อ A = ระดับการลดทอนสัญญาณ หน่วย dB

P_o = กำลังไฟฟ้าออกเอาต์พุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย W

P_i = กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าอินพุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย W

E_o = แรงดันออกเอาต์พุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย V

E_i = แรงดันป้อนเข้าอินพุตของวงจรลดทอนสัญญาณ หน่วย V

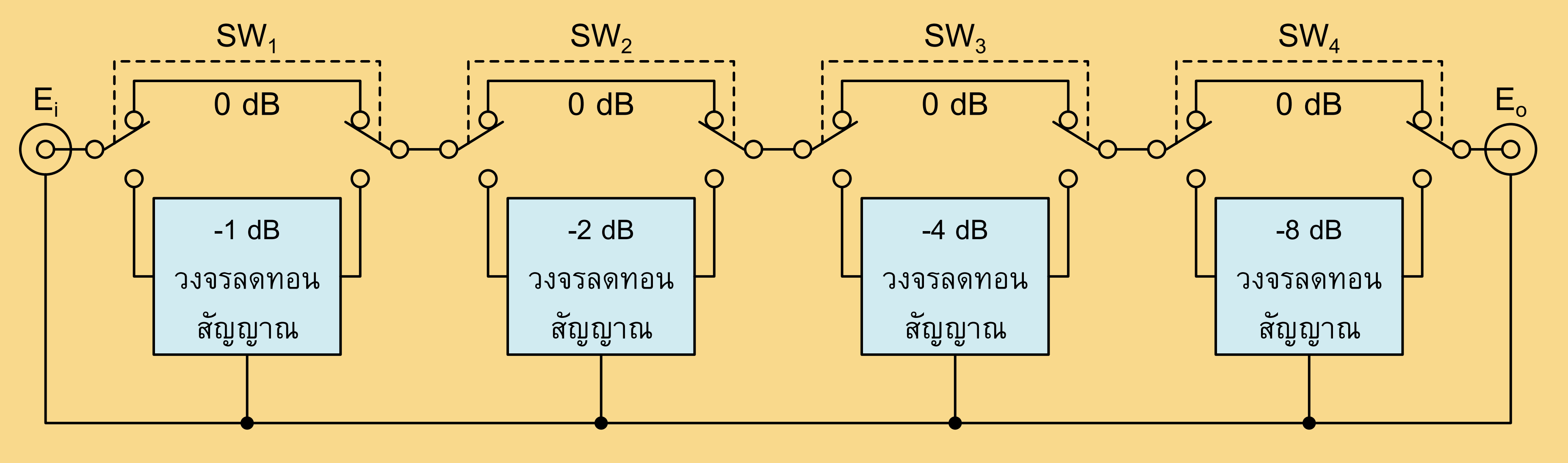
$$\text{ระดับการลดทอน (A)} = 10 \log_{10} \frac{P_o}{P_i}$$

$$\text{ระดับการลดทอน (A)} = 20 \log_{10} \frac{E_o}{E_i}$$

อัตราส่วนการลดทอนในหน่วยเดซิเบล (dB) ค่าต่าง ๆ

$\frac{E_o}{E_i}$	การคำนวณค่า	ค่าการลดทอนในหน่วย dB
1	$20 \log_{10} (1)$	0 dB
0.7071	$20 \log_{10} (0.7071)$	–3 dB
0.5	$20 \log_{10} (0.5)$	–6 dB
0.25	$20 \log_{10} (0.25)$	–12 dB
0.125	$20 \log_{10} (0.125)$	–18 dB
0.0625	$20 \log_{10} (0.0625)$	–24 dB
0.03125	$20 \log_{10} (0.03125)$	–30 dB
0.01563	$20 \log_{10} (0.01563)$	–36 dB
0.00781	$20 \log_{10} (0.00781)$	–42 dB

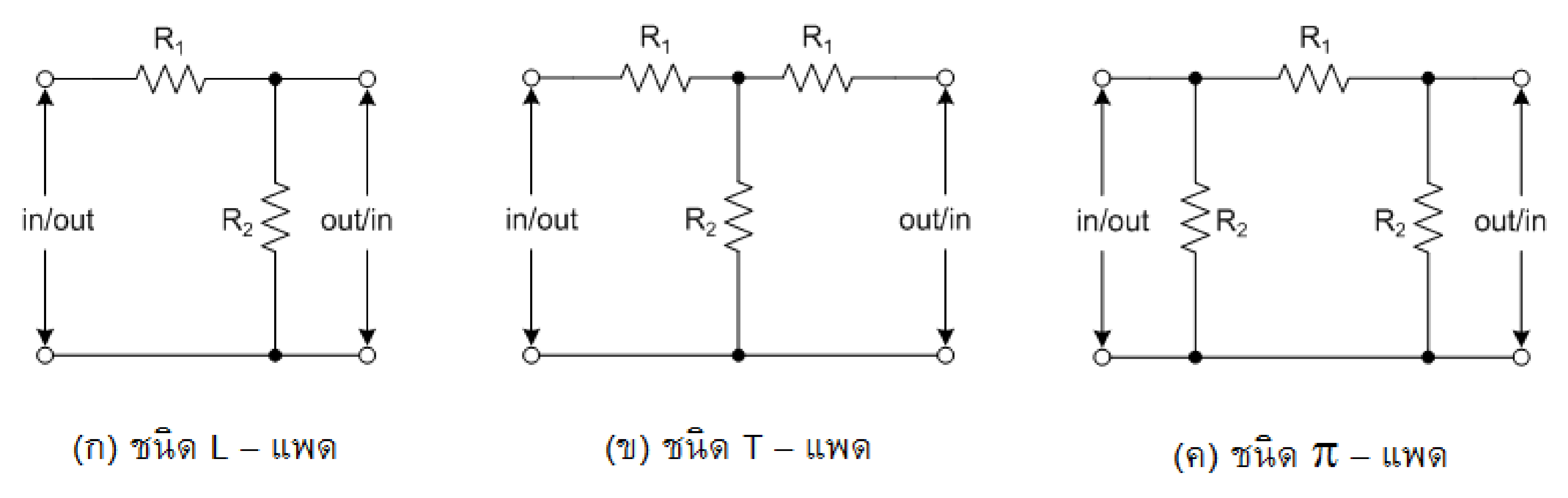
วงจรลดทอนสัญญาณแบบสวิตช์ต่ออนุกรมเป็นลำดับ



วงจรลดทอนสัญญาณแต่ละชุดถูกกำหนดค่าการลดทอนไว้แน่นอนตามต้องการ เช่น –1 dB, –2 dB, –4 dB และ –8 dB เป็นต้น การเลือกค่าการลดทอนโดยโยกสวิตช์ SW1, SW2, SW3 หรือ SW4 ต่อเข้าวงจรลดทอนสัญญาณ นำค่าการลดทอนของวงจรแต่ละวงจรที่โยกสวิตช์ต่อเข้าวงจรลดทอนมาบวกกัน ก็จะได้ค่าการลดทอนรวมของวงจรออกมา ในกรณีที่สวิตช์ทุกตัวต่อไว้ที่ตำแหน่ง 0 dB วงจรลดทอนสัญญาณจะเป็นเพียงสายวงจรต่อผ่านสัญญาณเท่านั้นไม่มีการลดทอน

2.3 ชนิดวงจรลดทอนสัญญาณ

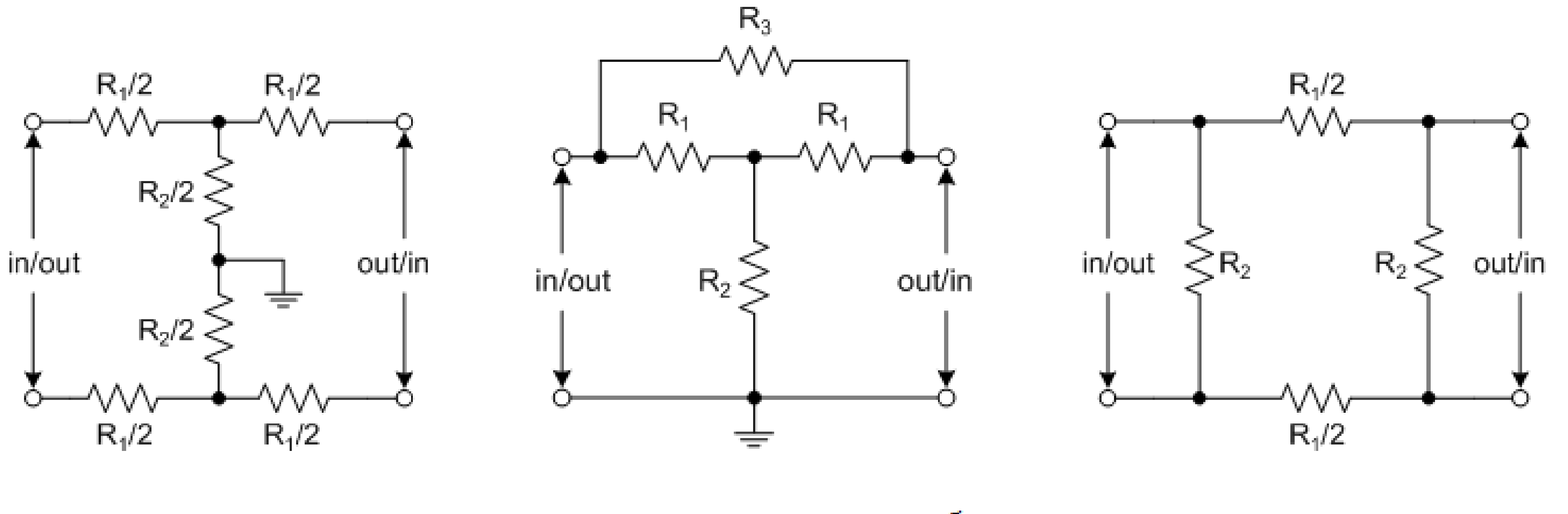
วงจรลดทอนสัญญาณแบบพื้นฐาน



การต่อวงจรลดทอนสัญญาณเข้ากับวงจรต่างๆ สามารถจัดจุดต่อได้ทั้งสองทิศทาง การจัดจุดต่อใช้งานไม่ถูกต้องทำให้การลดทอนสัญญาณของวงจรเปลี่ยนแปลงไป

2.3 ชนิดวงจรลดทอนสัญญาณ (ต่อ)

วงจรลดทอนสัญญาณชนิด T – แพด และชนิด p – แพดแบบวงจรดัดแปลง

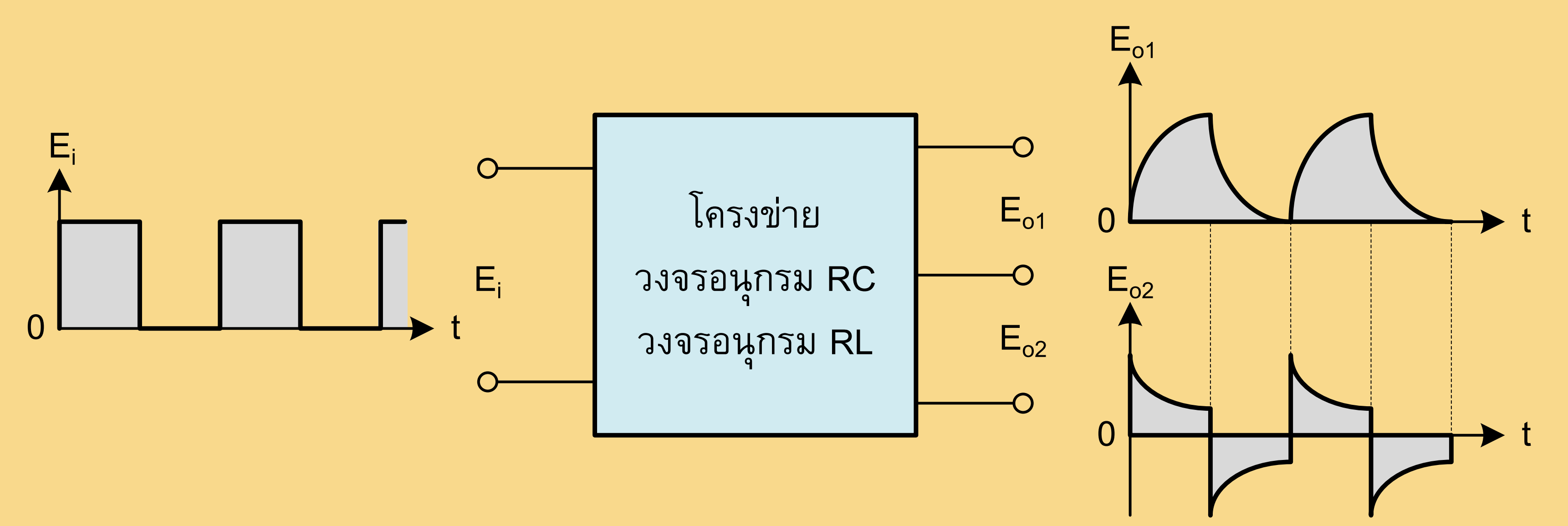


(ก) ชนิด T – แพดแบบสมดุล (ข) ชนิด T – แพดแบบบริดจ์ (ค) ชนิด π – แพดแบบสมดุล

2.4 วงจรแปลงรูปสัญญาณ

คลื่นสี่เหลี่ยม คลื่นพัลส์ และรูปคลื่นอื่นๆ ที่มีลักษณะไม่เป็นคลื่นไซน์ (Nonsinusoidal) สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปได้ โดยป้อนคลื่นสัญญาณเหล่านี้เข้าไปในวงจรโครงข่ายที่ใช้ตัวเหนี่ยวนำ (L) หรือตัวเก็บประจุ (C) ประกอบร่วมในวงจรร่วมกับตัวต้านทาน (R) เช่น วงจรอนุกรม RC และวงจรอนุกรม RL เป็นต้นผลจากการทำงานของตัวเก็บประจุ ต่อวงจรร่วมกับตัวต้านทาน ในวงจรที่จ่ายสัญญาณไฟสลับที่ไม่ใช่คลื่นไซน์ เช่นจ่ายคลื่นสี่เหลี่ยมให้วงจรอนุกรม RC สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมตกคร่อมตัวเก็บประจุเปลี่ยนเป็นคลื่นอินติเกรต และผลจากการทำงานของตัวเหนี่ยวนำต่อวงจรร่วมกับตัวต้านทานในวงจรที่จ่ายสัญญาณไฟสลับที่ไม่ใช่คลื่นไซน์ เช่นจ่ายคลื่นสี่เหลี่ยมให้วงจรอนุกรม RL สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำเปลี่ยนเป็นคลื่นดิฟเฟอเรนชิเอต

2.4 วงจรแปลงรูปสัญญาณ (ต่อ)



แสดงวงจรแปลงรูปสัญญาณในโครงข่ายเชิงเส้น ทั้งวงจรอนุกรม RC และวงจรอนุกรม RL โดยป้อนสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าวงจรทำให้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปสัญญาณไป ได้รูปสัญญาณออกเอาต์พุตเป็นรูปคลื่นดิฟเฟอเรนชิเอต และรูปคลื่นอินติเกรต เป็นผลเกิดจากคุณสมบัติในการทำงานของอุปกรณ์ RLC ที่ต่อในวงจร

2.4 วงจรแปลงรูปสัญญาณ (ต่อ)

รูปร่างลักษณะของคลื่นที่ได้ออกมามีการเปลี่ยนแปลงไปตามค่าเวลาคงที่ (Time Constant ; τ) ของวงจร ค่าเวลาคงที่ (τ ; ทาว) เกิดขึ้นจากค่าความต้านทาน (R) ค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าความจุ (C) ที่นำมาต่อใช้งานในวงจร ค่าเวลาคงที่หาได้ดังนี้

$$\tau = RC$$

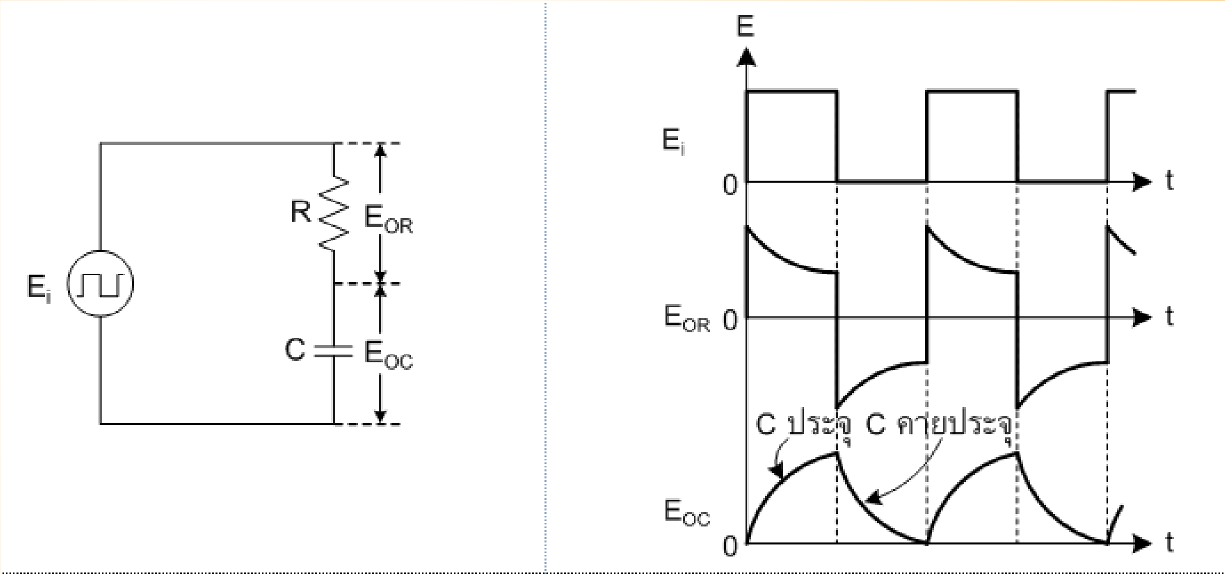
หรือ

$$\tau = \frac{L}{R}$$

เมื่อ	t	=	ค่าเวลาคงที่	หน่วย s
	R	=	ความต้านทานต่ออนุกรมในวงจร	หน่วย Ω
	C	=	ความจุต่ออนุกรมในวงจร	หน่วย F
	L	=	ความเหนี่ยวนำต่ออนุกรมในวงจร	หน่วย H

2.5 วงจรอนุกรม RC

วงจรอนุกรม RC เป็นวงจรที่นำตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุและนำไปต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม การต่อดังกล่าวส่งผลต่อสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่ตกคร่อมทั้งตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงรูปร่างไป



(ก) วงจร

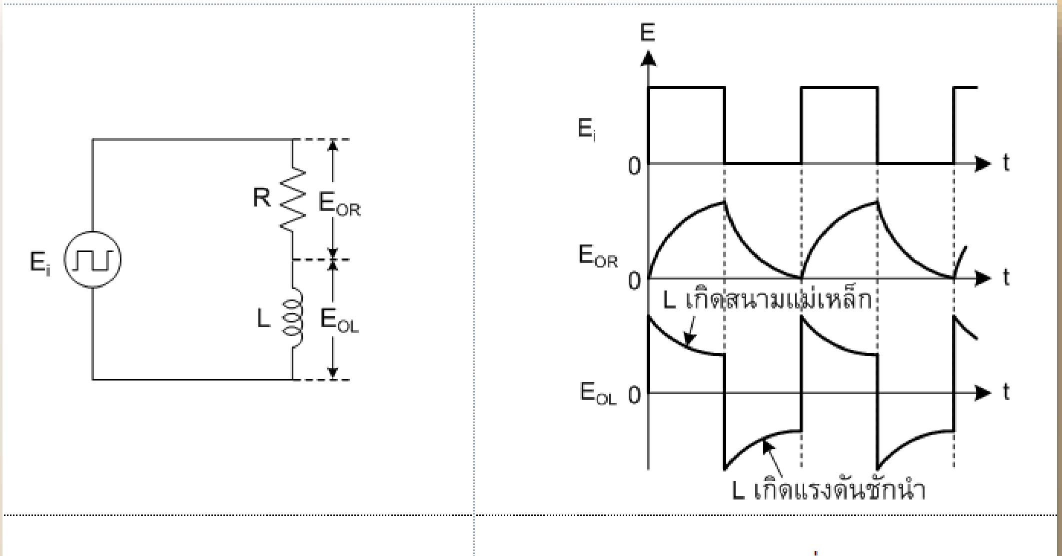
(ข) สัญญาณเกิดที่ตำแหน่งต่างๆ

2.5 วงจรอนุกรม RC (ต่อ)

เมื่อป้อนสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าวงจร ส่งผลให้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมถูกเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากสภาวะการทำงานของวงจรตัวต้านทานในช่วงเวลาที่มีคลื่นสี่เหลี่ยมป้อนเข้ามา ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมในตัวเก็บประจุค่อยๆ เพิ่มขึ้น และทำการคายประจุแรงดันออกมาเกิดการทำงานเช่นนี้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้คลื่นสี่เหลี่ยมเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณคลื่นอินติเกรต ผลการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปดังกล่าว รูปร่างสัญญาณที่เกิดขึ้นยังเปลี่ยนแปลงไปได้อีกตามค่าเวลาคงที่ (τ) ที่เกิดจากการนำค่าความต้านทานมาต่อร่วมกับค่าความจุ ($\tau = RC$)

2.6 วงจรอนุกรม RL

วงจรอนุกรม RL เป็นวงจรที่นำตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำและนำไปต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม การต่อดังกล่าวส่งผลต่อสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่ตกคร่อมทั้งตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำเปลี่ยนแปลงรูปร่างไป



(ก) วงจร (ข) สัญญาณเกิดที่ตำแหน่งต่างๆ

2.6 วงจรอนุกรม RL (ต่อ)

เมื่อป้อนสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าวงจร ส่งผลให้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมถูกเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากสภาวะการทำงานของวงจร ตัวต้านทานต้านการไหลของกระแสสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม ที่ส่งผ่านไปให้ตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ตัวเหนี่ยวนำเกิดสนามแม่เหล็กพองตัวออก ในเวลาช่วงแรกที่มีคลื่นสี่เหลี่ยมป้อนเข้ามา ตัวเหนี่ยวนำยังไม่เกิดสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงดันตกคร่อมในตัวเหนี่ยวนำสูง เมื่อเริ่มเกิดสนามแม่เหล็ก ทำให้แรงดันตกคร่อมในตัวเหนี่ยวนำค่อยๆ ลดลง เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงเวลาที่งดจ่ายคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าวงจร สนามแม่เหล็กในตัวเหนี่ยวนำยุบตัวลงตัดผ่านตัวเหนี่ยวนำอีกครั้ง