หน่วยที่ 1
ความคิดรวบยอดพื้นฐาน

หัวเรื่อง

- ระบบของหน่วย
- ปริมาณพื้นฐาน
- องค์ประกอบวงจร
- วงจรแบบตัวต้านทาน
- สรุปสาระสำคัญ

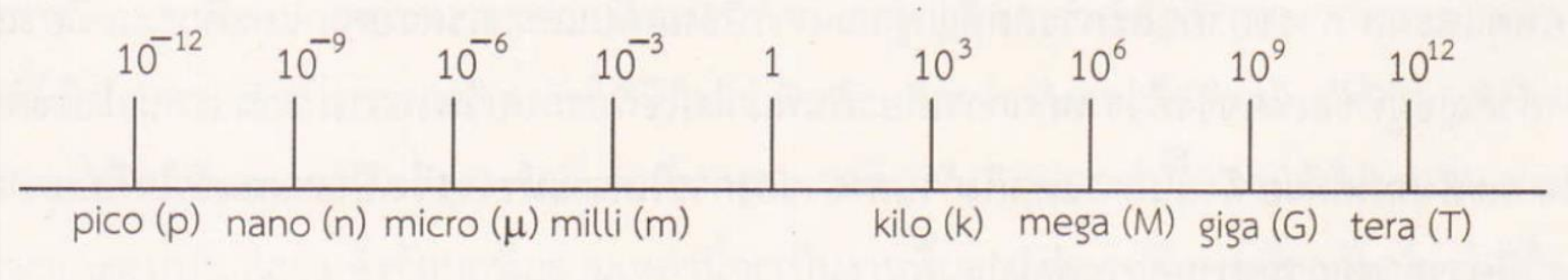
ระบบของหน่วย (SYSTEM OF UNITS)

- ระบบของหน่วยใช้หาค่าปริมาณที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลข ระบบของหน่วยที่เป็นสากลที่มีความสำคัญและใช้มากคือ ระบบของหน่วยนานาชาติ (international system of units : SI) ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐาน ตามตาราง

ตาราง หน่วยพื้นฐานของระบบ SI

ปริมาณพื้นฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร	m
มวล	กิโลกรัม	kg
เวลา	วินาที	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A
อุณหภูมิ	เคลวิน	K
ความเข้มของแสง	แคนเดลา	cd

- หน่วยในระบบ SI ใช้เลขฐานสิบเพื่อเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยพื้นฐาน เรียกว่า คำอุปสรรค (prefix) ซึ่งเป็นคำนำหน้าหน่วยนับ



ปริมาณพื้นฐาน (BASIC QUANTITIES)

- ประจุไฟฟ้าประกอบด้วย 2 ชนิด คือ
  - ประจุบวก จะเกี่ยวข้องกับโปรตอน
  - ประจุลบ จะเกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอน

- ประจุไฟฟ้าเมื่อเคลื่อนที่ จะมีผลต่อการถ่ายโอนพลังงาน การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้านี้เป็นตัวบ่งบอกถึงการไหลของกระแสไฟฟ้า ในระบบ SI หน่วยของประจุไฟฟ้าคือ คูลอมบ์ (coulomb : C)
- ประจุไฟฟ้า 1 C ได้จากการวัดปริมาณประจุในสายไฟฟ้าที่มีขนาดกระแสไฟฟ้า 1 A ในเวลา 1 s หรือ กระแสไฟฟ้า 1 A = 1 C/s (ประจุ 1 C มีอิเล็กตรอนจำนวน $1/(1.602\times10^{-19}) = 6.24\times10^{18}$ ตัว)

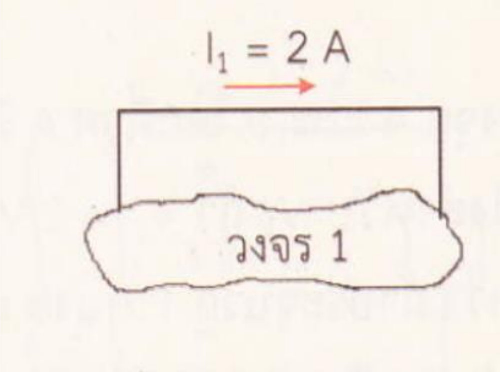
- ในวงจรไฟฟ้า สายไฟฟ้าใช้เพื่อให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่นๆ ได้ง่าย อัตราเวลาของการเปลี่ยนแปลงปริมาณประจุทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า

ในทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์

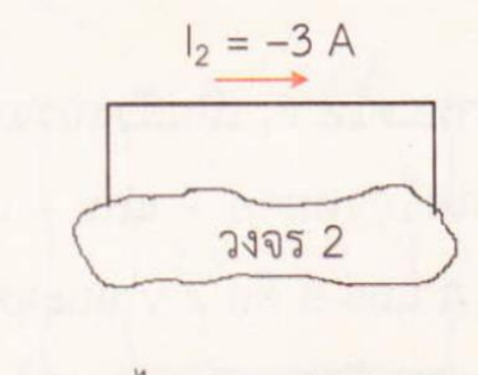
$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad \text{หรือ} \quad q(t) = \int_{-\infty}^{t} i(x)\,dx$$

- i แทน กระแสไฟฟ้า   q แทน ประจุไฟฟ้า
- i(t) แทน ปริมาณกระแสที่เวลาใดๆ   q(t) แทน ปริมาณประจุที่เวลาใดๆ
- ตัวพิมพ์ใหญ่แทนปริมาณคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

- ตามที่ทราบแล้วว่า กระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำโลหะเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ถ้าให้การไหลของกระแสมีทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสอิเล็กตรอน เรียกว่าทิศทางกระแสทั่วไป

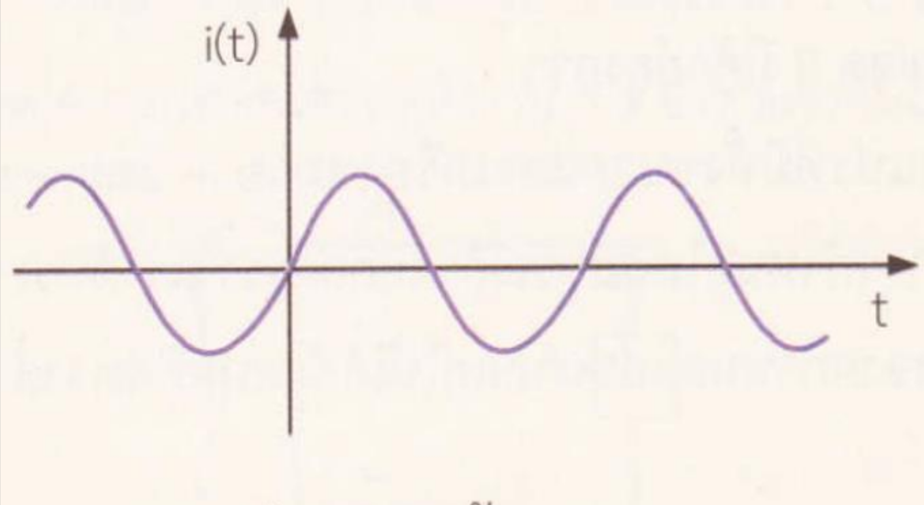


ก) การไหลของกระแสบวก

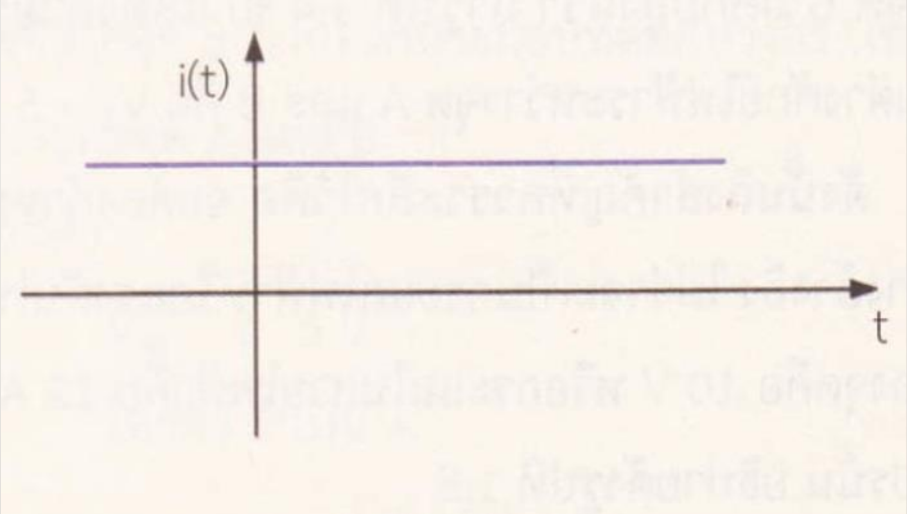


ข) การไหลของกระแสลบ

- กระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ กระแสสลับ (alternating current : AC) และ กระแสตรง (direct current : DC)

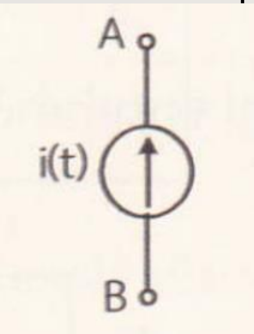


ก) กระแสสลับ

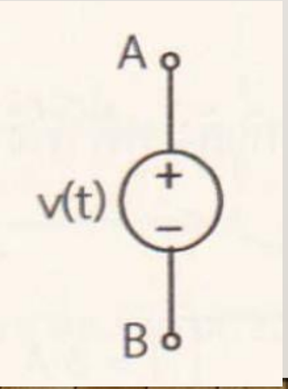


ข) กระแสตรง

- องค์ประกอบวงจร (Circuit Elements)
  - แหล่งกำเนิดอิสระ (Independent Sources : IS) มี 2 ประเภท คือ
    - แหล่งกำเนิดกระแสอิสระ (independent current source)



    - แหล่งกำเนิดแรงดันอิสระ (independent voltage source)



กำลังไฟฟ้า (POWER)

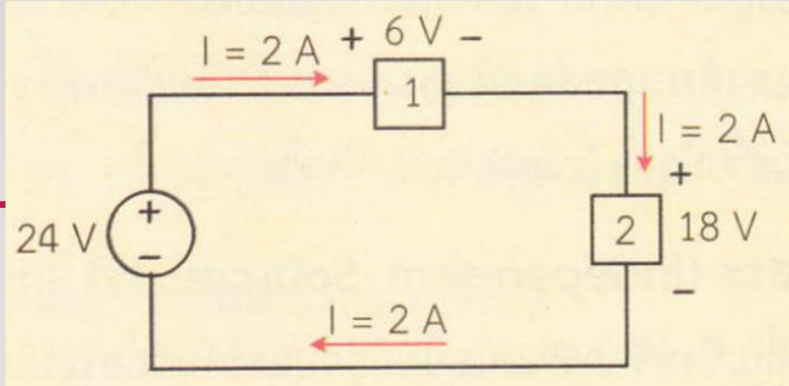
- $P = E\,I$
- $P = E^2/R$
- $P = I^2\,R$

P = กำลังไฟฟ้า หน่วยเป็น วัตต์ (W)

E = แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็นโวลต์ (V)

I = กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

- ตัวอย่าง จากรูป จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจร



$P = EI$

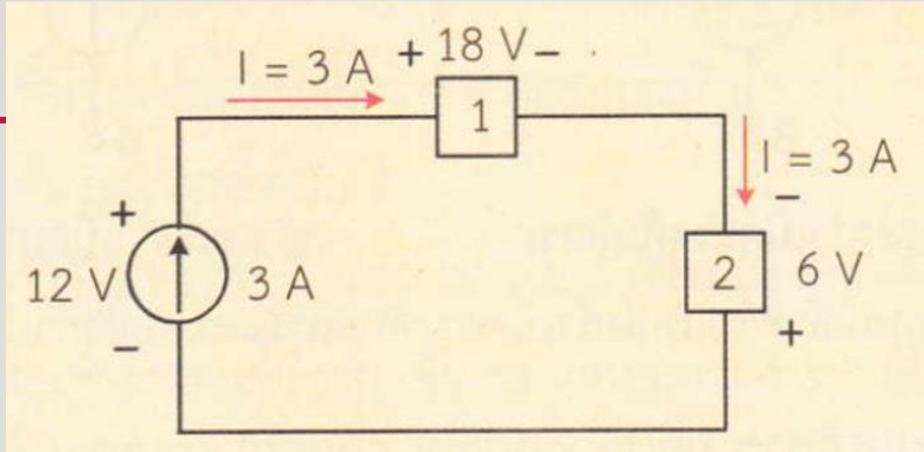
- วิธีทำ

$P1 = (2A)(6V) = 12W$

$P2 = (2A)(18V) = 36W$

$PT = 12W + 36W = 48W$

- ตัวอย่าง จากรูป จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจร



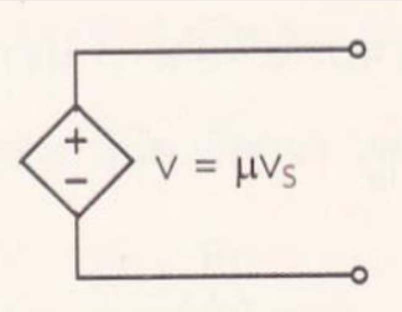
- วิธีทำ

$$P1 = (3A)(18V) = 54W$$

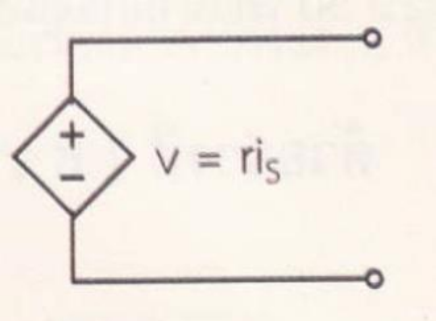
$$P2 = (3A)(6V) = 18W$$

$$PT = (3A)(12V) = 36W$$

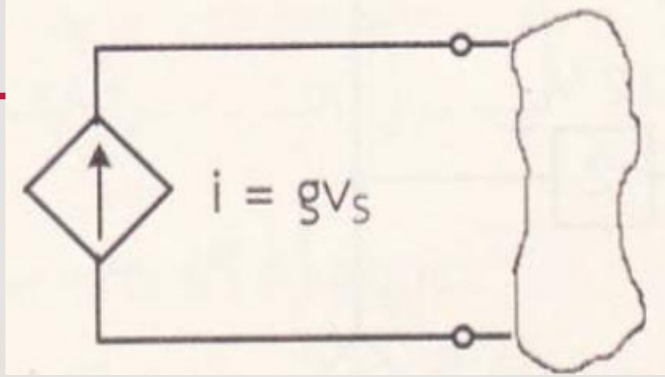
- แหล่งกำเนิดไม่อิสระ (Dependent Sources : DS) มี 4 ประเภทคือ
  - แหล่งกำเนิดแรงดันแปรตามแรงดันควบคุม (voltage-control voltage source : VCVS)



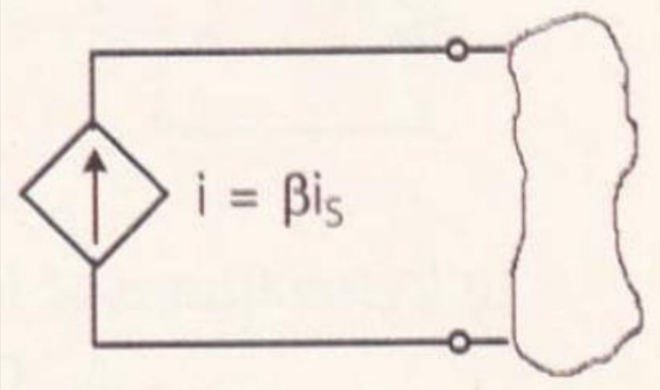
  - แหล่งกำเนิดแรงดันแปรตามกระแสควบคุม (current-control voltage source : CCVS)



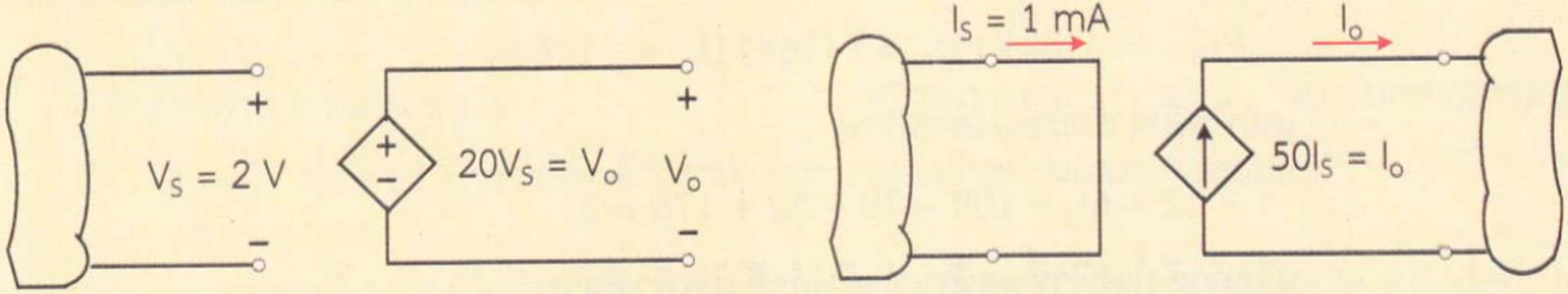
- แหล่งกำเนิดกระแสแปรตามแรงดันควบคุม (voltage-control current source : VCCS)



- แหล่งกำเนิดกระแสแปรตามกระแสควบคุม (current-control current source : CCCS)



ตัวอย่างที่ 1.7 จากรูป จงหาค่าแรงดันหรือกระแสด้านเอาต์พุต



ก) ข)

วิธีทำ รูป ก) แรงดันเอาต์พุต คือ $V_o = \mu V_S$ หรือ $V_o = 20V_S$

$$V_o = (20)(2\text{ V}) = 40\text{ V}$$ **ตอบ**

แรงดันเอาต์พุตมีอัตราขยาย 20 เท่าของขั้วอินพุต ที่ขั้วเอาต์พุตมีแรงดัน 40 V ดังนั้นวงจรจึงเป็นวงจรขยายแรงดันด้วยแฟกเตอร์การขยายเท่ากับ 20

รูป ข) กระแสเอาต์พุต คือ $I_o = \beta I_S$

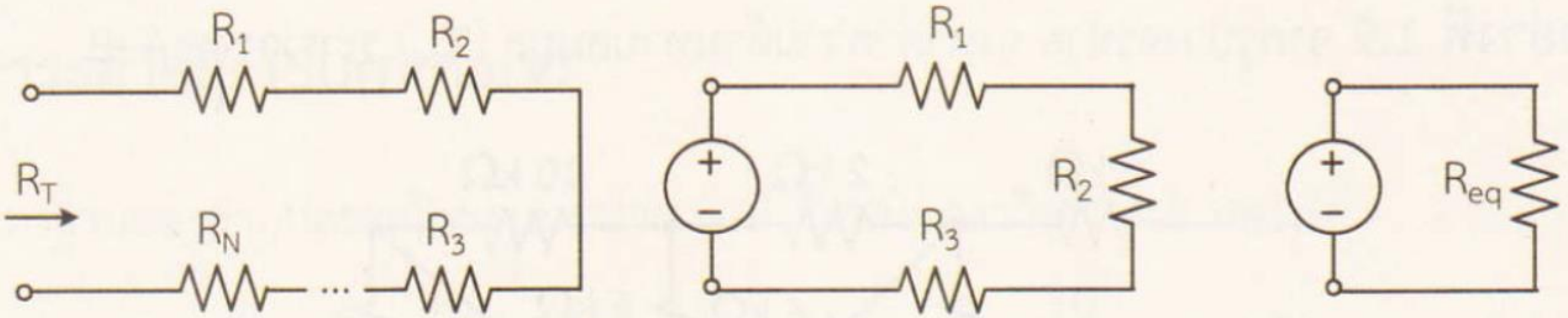
$$I_o = (50)(1\text{ mA}) = 50\text{ mA}$$ **ตอบ**

วงจรนี้มีอัตราขยายกระแสเท่ากับ 50 ความหมายนี้หมายถึง กระแสเอาต์พุตเพิ่มขึ้น 50 เท่าจากกระแสอินพุต

วงจรแบบตัวต้านทาน (Resistor Circuits)

แบ่งออกเป็น **3 แบบ** คือ วงจรอนุกรม (series circuit) วงจรขนาน (parallel circuit) และวงจรผสม (compound circuit) (วงจรประกอบด้วยแหล่งกำเนิด ตัวนำไฟฟ้าและภาระทางไฟฟ้า (load) หรือโหลด)

1.4.1 วงจรอนุกรม การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมเป็นการต่อตัวต้านทานเรียงลำดับตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปและเมื่อนำไปต่อกับแหล่งกำเนิด เรียกว่า วงจรอนุกรม ดังรูปที่ 1.11

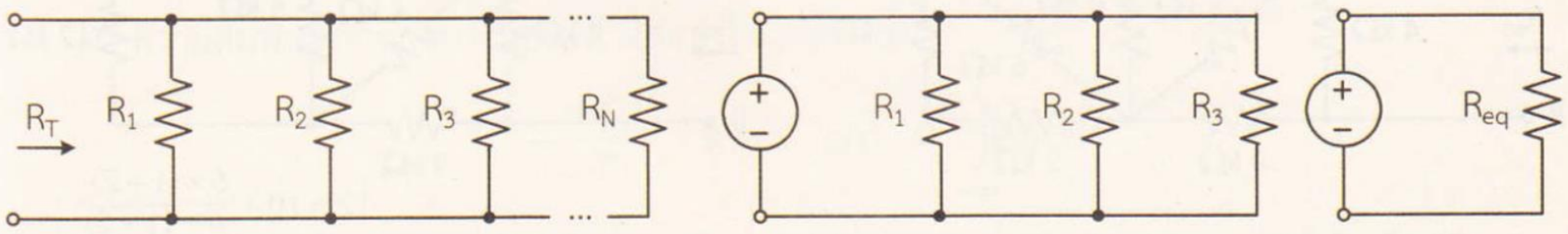


ก) ตัวต้านทาน N ตัว ต่ออนุกรม ข) วงจรอนุกรม ค) วงจรสมมูลของรูป ข)

จากรูปที่ 1.11 เมื่อตัวต้านทาน N ตัว ต่ออนุกรมกันความต้านทานสมมูล (R_{eq}) ได้เป็น

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_N \quad \text{.............................. 1.5}$$

1.4.2 วงจรขนาน การต่อตัวต้านทานแบบขนานเป็นการต่อตัวต้านทานคร่อมกันตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป และเมื่อนำไปต่อกับแหล่งกำเนิดเรียกว่า วงจรขนาน ดังรูปที่ 1.12



ก) ตัวต้านทาน N ตัว ต่อขนาน　　ข) วงจรขนาน　　ค) วงจรสมมูลของรูป ข)

รูปที่ 1.12 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน วงจรขนานและวงจรสมมูล

จากรูปที่ 1.12 เมื่อตัวต้านทาน N ตัว ต่อขนานกัน ความต้านทานสมมูล (equivalent resis–tance: R_{eq}) ได้เป็น

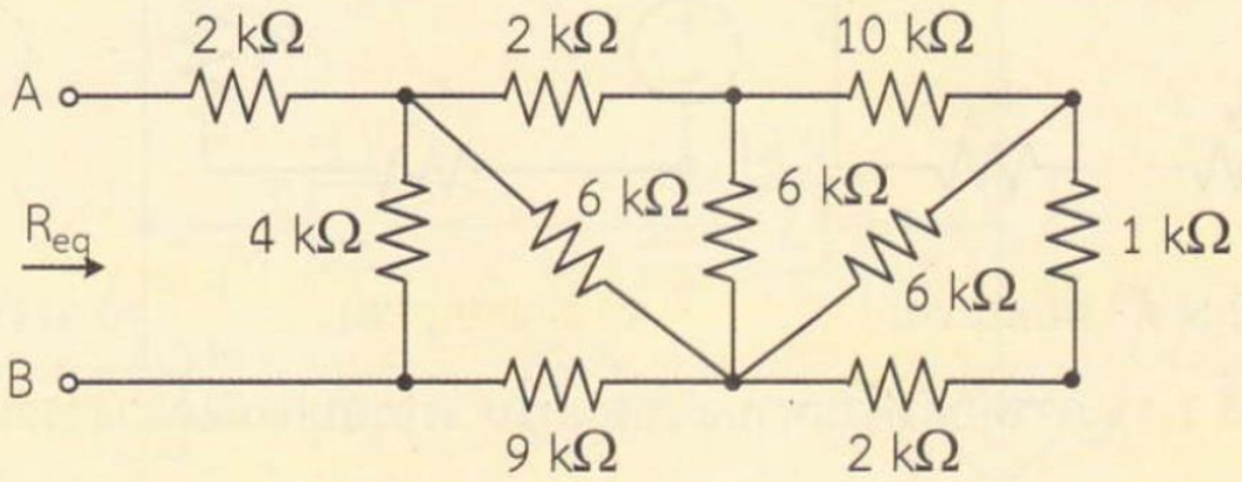
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \qquad \text{.......................... 1.6}$$

กรณีตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน การหาค่าความต้านทานสมมูลนอกจากใช้ตามสมการที่ 1.6 แล้ว สามารถใช้สมการที่ 1.7 ได้เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการคำนวณ

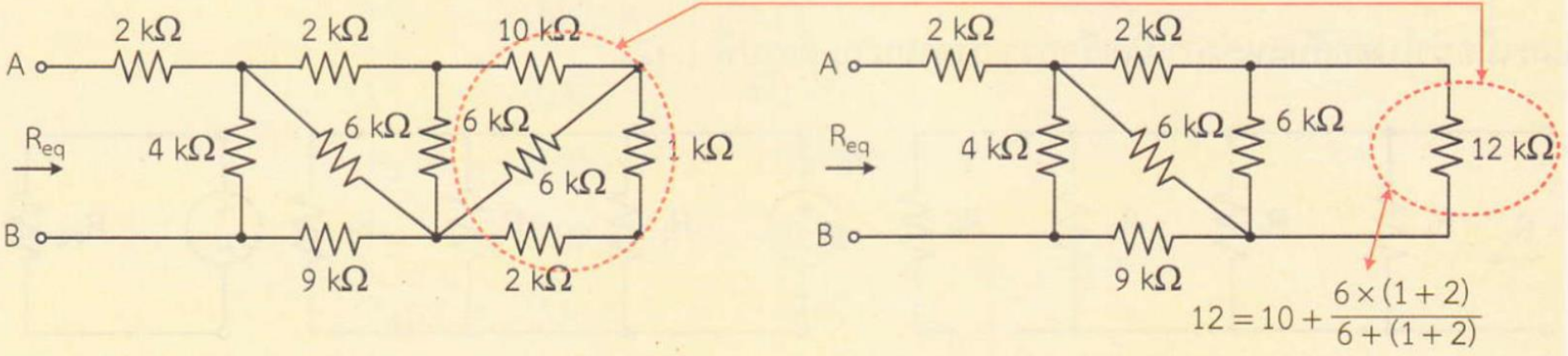
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{หรือ} \quad R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \qquad \text{..........................} \; 1.7$$

1.4.3 วงจรผสม การต่อตัวต้านทานแบบนี้ต้องอาศัยการผสมรวมกันระหว่างวงจรอนุกรมกับวงจรขนาน ถ้าส่วนใดของวงจรต่อแบบอนุกรมจะคำนวณแบบอนุกรม ถ้าส่วนใดของวงจรต่อแบบขนานจะคำนวณแบบขนาน

ตัวอย่างที่ 1.9 จากรูปวงจรข่าย จงหาค่าความต้านทานสมมูล (R_{eq}) ระหว่างจุด A–B

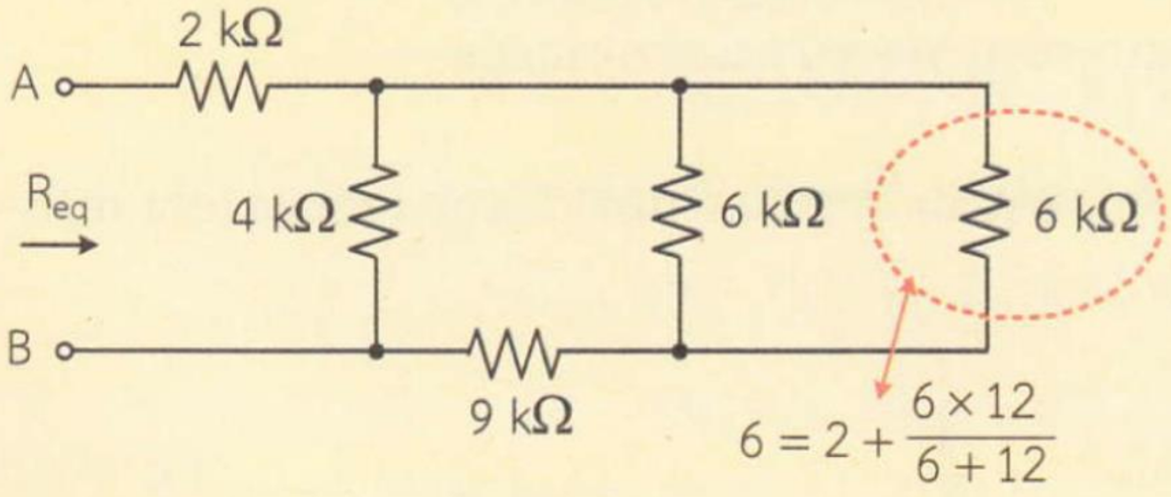


วิธีทำ การต่อระหว่าง A–B เป็นการต่อแบบผสม ให้เริ่มคำนวณจากด้านตรงกันข้ามขั้ว A–B ถ้าต่ออนุกรมให้คำนวณแบบอนุกรม ถ้าต่อแบบขนานให้คำนวณแบบขนาน และแสดงลำดับขั้นการคำนวณหาค่า R_{eq} ดังรูป ก) ถึง ฉ)

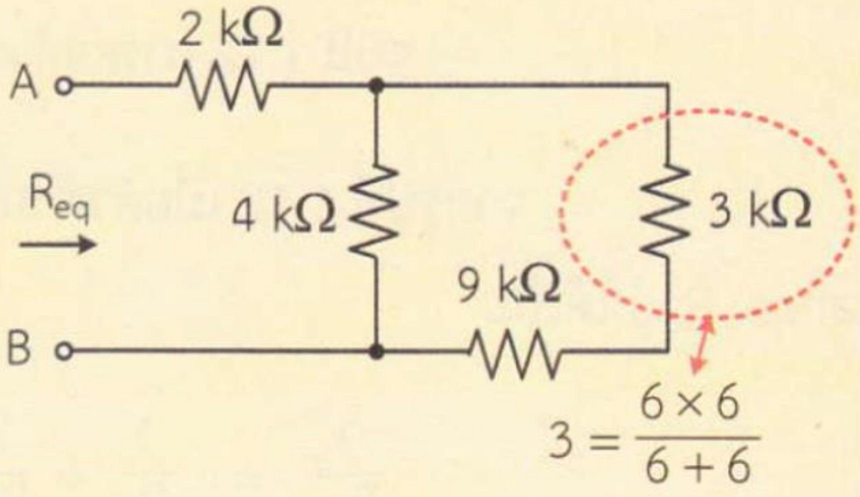


ก)

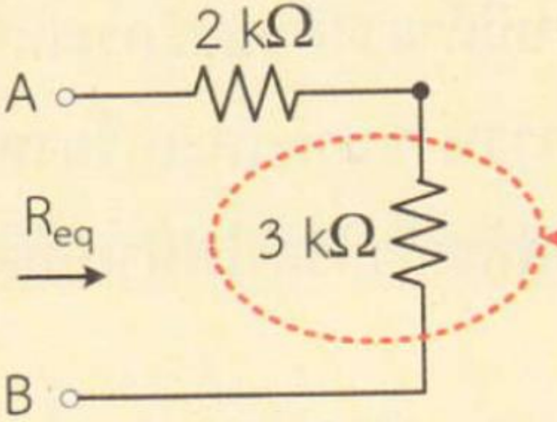
ข)


2 kΩ
A
B
R_eq
4 kΩ
6 kΩ
6 kΩ
9 kΩ
6 = 2 + (6 × 12)/(6 + 12)

ค)

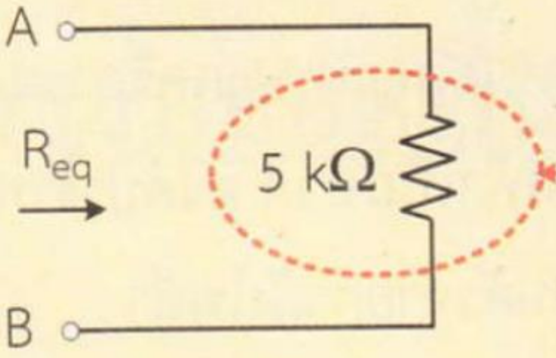

2 kΩ
A
B
R_eq
4 kΩ
3 kΩ
9 kΩ
3 = (6 × 6)/(6 + 6)

ง)



$$3 = \frac{(9+3)\times 4}{(9+3)+4}$$

จ)



$$5 = 2 + 3$$

ฉ)

ดังนั้น $R_{eq} = 5\ k\Omega$

ตอบ

1.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

1. มาตรฐานของคำอุปสรรคในระบบหน่วย SI ที่ใช้มากในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

p	=	10^{-12}	k	=	10^{3}
n	=	10^{-9}	M	=	10^{6}
μ	=	10^{-6}	G	=	10^{9}
m	=	10^{-3}	T	=	10^{12}

2. ประจุเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสสาร มีหน่วยวัดเป็น คูลอมบ์ ทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุบวกเป็นทิศทางการเคลื่อนที่กระแสบวก หรือทิศทางการเคลื่อนที่กระแสบวกเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

3. การกำหนดนิยามของกระแส ต้องมีทั้งขนาด (ค่า) และทิศทาง โดยปกติจะใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ “I” แทนค่าคงที่ และใช้ i(t) หรือ i แทนค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง (ไม่คงที่)

8. แหล่งกำเนิดอิสระและแหล่งกำเนิดไม่อิสระ แหล่งกำเนิดแรงดันอิสระและแหล่งกำเนิดกระแสอิสระในอุดมคติเป็นองค์ประกอบวงจรที่มีสองขั้วมีคุณลักษณะพิเศษเฉพาะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงโดยไม่คำนึงถึงแรงดันตกคร่อมหรือกระแสไหลผ่านระหว่างขั้วแหล่งกำเนิดนั้น ส่วนแหล่งกำเนิดไม่อิสระ ค่าแรงดันหรือกระแสแปรตามการควบคุมหรือระบุจากในวงจร

แบบฝึกหัด

เรื่อง ระบบของหน่วยต่าง ๆ

1. จงแปลงค่าต่อไปนี้ให้อยู่ในรูปสัญกรณ์วิศวกรรม (engineering notation)

ก) 1.172×10^{-5} A

ข) 45,000 Ω

ค) 0.038 nA

ง) 13,540,000 Hz

จ) 0.0056 μm

ฉ) 3,600,000,000 bits

ช) 1130 Ω

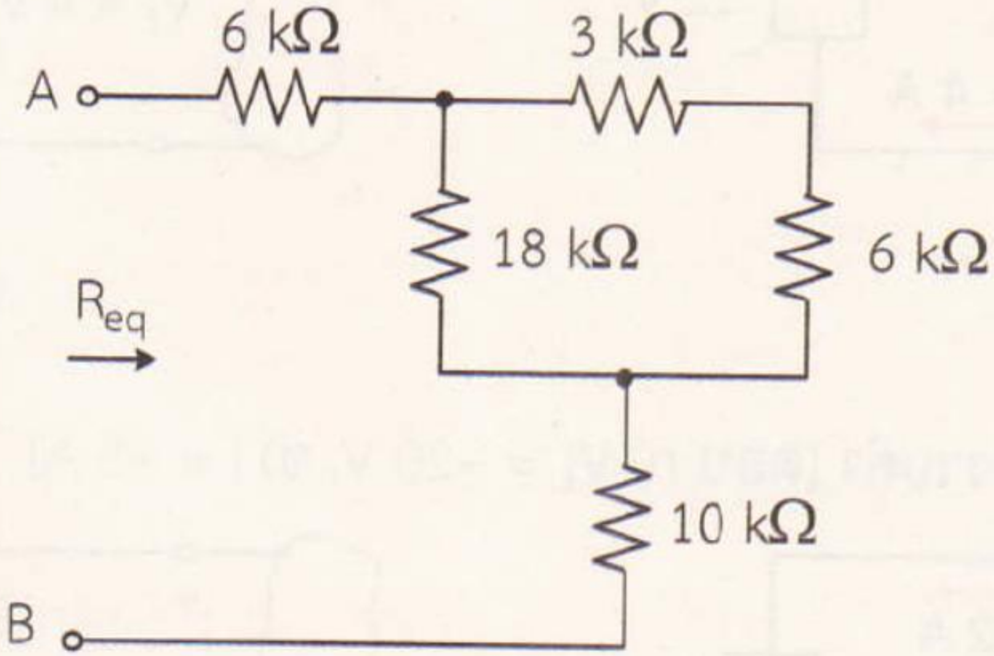
ซ) 790 mJ

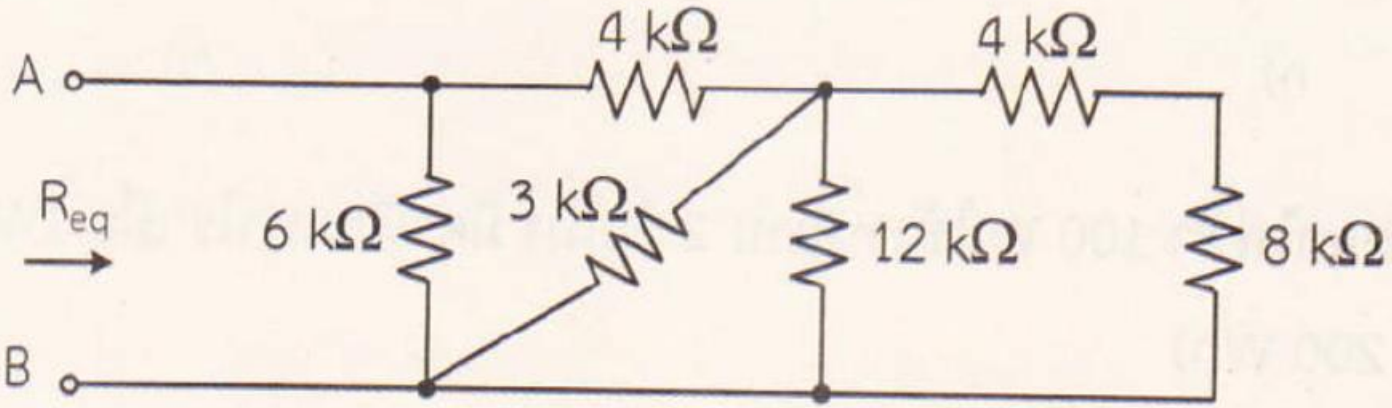
ฌ) 1.3×10^{-5} s

แบบฝึกหัด

เรื่อง วงจรแบบตัวต้านทาน

9. จากรูป จงหาค่าความต้านทานสมมูลที่ขั้ว A–B (**ตอบ** $R_{eq} = 22\ k\Omega$)



แบบฝึกหัด

10. จากรูป จงหาค่าความต้านทานสมมูลที่ขั้ว A–B (**ตอบ** $R_{eq} = 3\ k\Omega$)