

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

# Electrical Engineering 1

12026105

Chapter 1

Basic Concepts

$$\frac{df}{dt} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(t+h) - f(t)}{h}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$-E + V = 2$$

$$E = mc^2$$

$$e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\delta \geq 0$$

# Before Class

- ▶ A good textbook & teacher are an advantage but you are the one who does the learning.
- ▶ This course is the foundation on which most other courses in EE.
- ▶ Solve as many problems as you can.
- ▶ LTSpice, circuit simulation software, are used throughout the course.

<https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>





## Learning Objectives

*By using the information and exercises in this chapter you will be able to:*

1. Understand the different units with which engineers work.
2. Understand the relationship between charge and current and how to use both in a variety of applications.
3. Understand voltage and how it can be used in a variety of applications.
4. Develop an understanding of power and energy and their relationship with current and voltage.
5. Begin to understand the volt-amp characteristics of a variety of circuit elements.
6. Begin to understand an organized approach to problem solving and how it can be used to assist in your efforts to solve circuit problems.

# วัตถุประสงค์การเรียนรู้

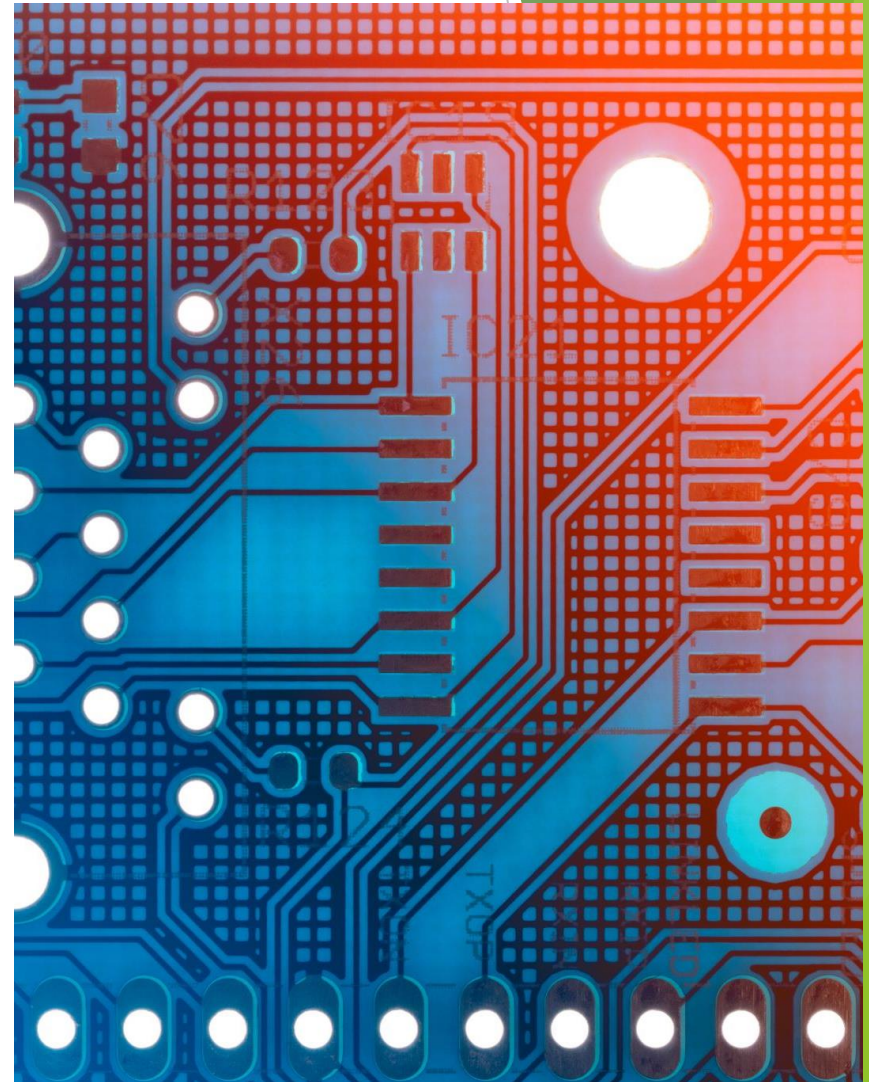
โดยใช้ข้อมูลและแบบฝึกหัดในบทนี้ นักเรียนจะสามารถ:

1. เข้าใจหน่วยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงานด้านวิศวกรรม
2. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าและวิธีการใช้งานที่หลากหลายแอมพลีเคชั่น
3. เข้าใจเกี่ยวกับแรงดันไฟฟ้าและวิธีการใช้งานที่หลากหลายแอมพลีเคชั่น
4. พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกำลังงานไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าและความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า
5. เริ่มเข้าใจลักษณะโวลต์-แอมป์ในอุปกรณ์ต่างๆในวงจรไฟฟ้า
6. เริ่มเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและนำไปใช้เพื่อช่วยแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าได้



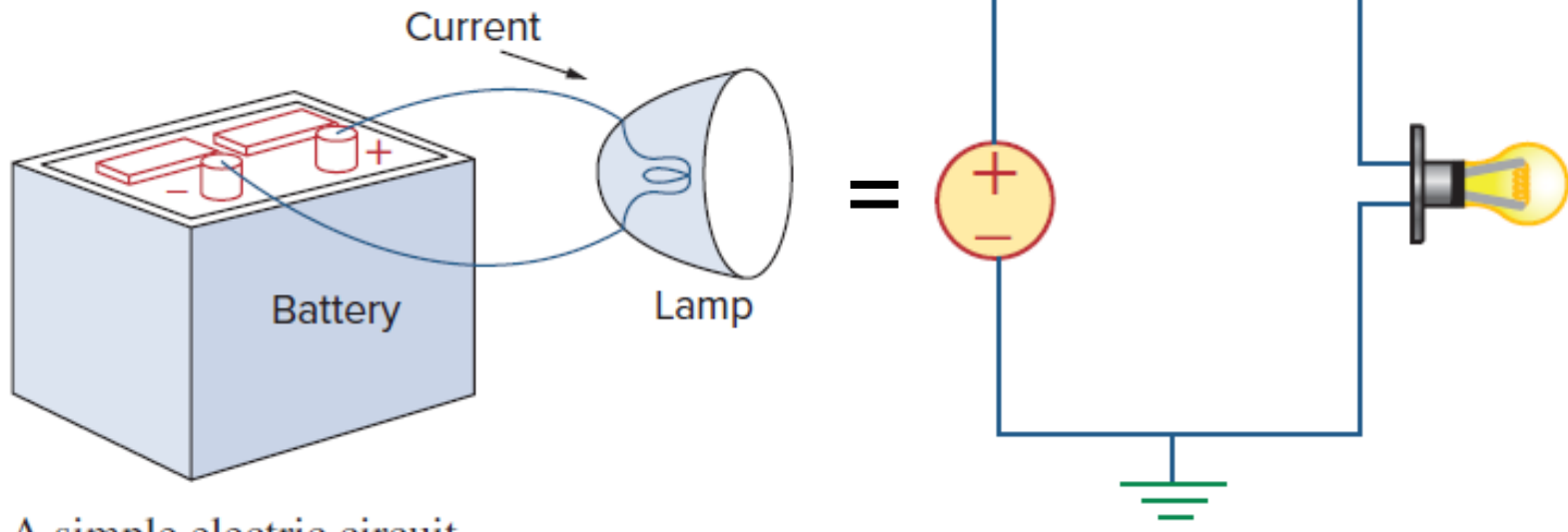
# Basic Concepts- Chapter 1

- Introduction
- Systems of Units
- Charge and Current
- Voltage
- Power and Energy
- Circuit Elements
- Applications



# 1.1 Introduction

An electric circuit is an interconnection of electrical elements.



A simple electric circuit.



## 1.2 System of Units (1)

Quantity	Basic unit	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Thermodynamic temperature	kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd

# 1.2 System of Units (2)

**TABLE 1.2**

The SI prefixes.

Multiplier	Prefix	Symbol
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hecto	h
10	deka	da
$10^{-1}$	deci	d
$10^{-2}$	centi	c
$10^{-3}$	milli	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a



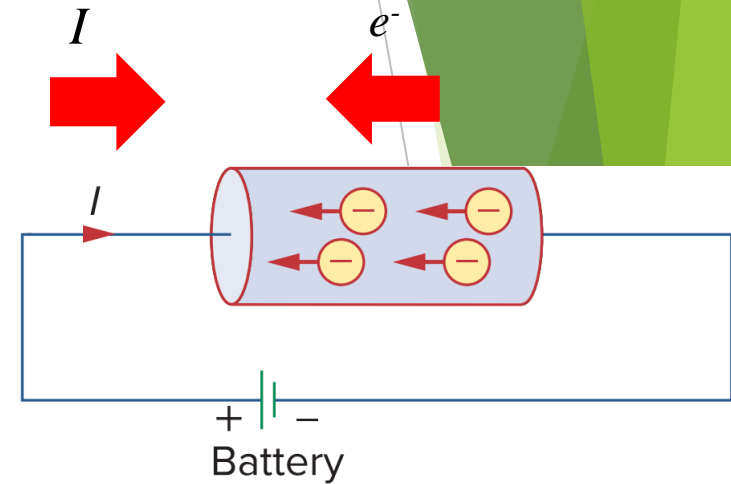
## 1.3 Current (1)

- ▶ Charge is an electrical property of the atomic particles of which matter consists, measured in coulombs (C). ประจุ คือ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคอะตอมที่ประกอบเป็นสสาร มีหน่วยเป็นคูลอมบ์
- ▶ The electronic charge  $e$  on one electron is negative and equal to  $1.602 \times 10^{-19}$  C. The charges that occur in nature are integral multiples of the electronic charge.

ประจุอิเล็กตรอนิกส์  $e$  ของอิเล็กตรอน 1 ตัวมีค่า ประจุ  $-1.602 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์ ประจุที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเกิดจากประจุอิเล็กตรอนิกส์หลายๆตัวรวมกัน

# 1.3 Current (2)

- ❑ The coulomb is a large unit for charges. In 1 C of charge, there are  $1 / (1.602 \times 10^{-19}) = 6.24 \times 10^{18}$  electrons.
- ❑ According to experimental observations, the only charges that occur in nature are integral multiples of the electronic charge  $e = -1.602 \times 10^{-19}$  C.
- ❑ The law of conservation of charge states that charge can neither be created nor destroyed, only transferred. Thus, the algebraic sum of the electric charges in a system does not change.



Electric current due to flow of electronic charge in a conductor.

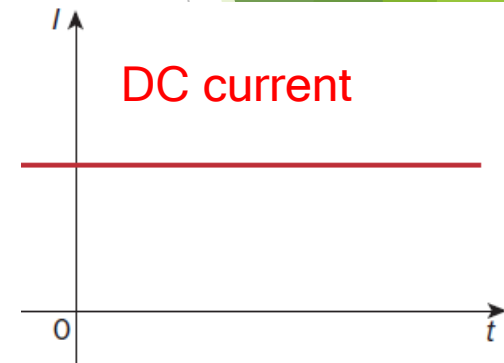
# 1.3 Current (3)



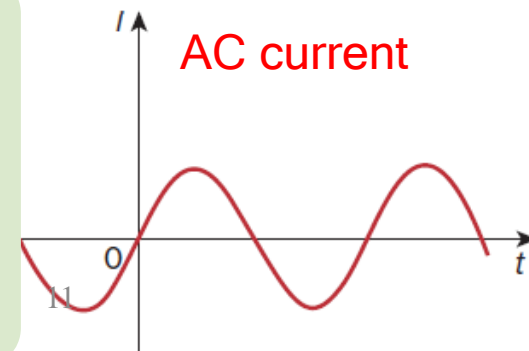
Current  $i = \frac{dq}{dt}$  (อัตราการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าเทียบกับเวลา). The unit of ampere can be derived as  $1\text{A} = 1\text{C/s}$



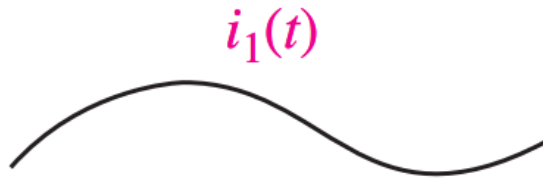
A direct current (DC) is a current that remains constant with time.



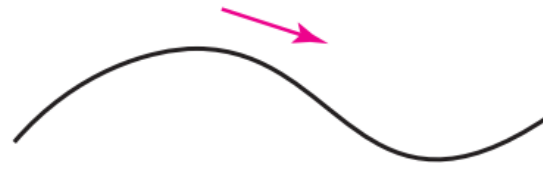
An alternating current (AC) is a current that changes direction with respect to time.



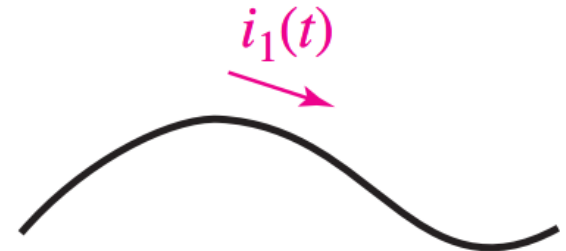
# 1.3 Current (4)



(a)



(b)



(c)

(a, b) Incomplete, improper, and incorrect definitions of a current.

(c) The correct definition of  $i_1(t)$ .



# 1.3 Current (5)

- ▶ A current of  $-5\text{ A}$  flowing as shown in Fig.(b) is the same as a current of  $+5\text{ A}$  flowing in the opposite direction as shown in Fig.(a).



(a)



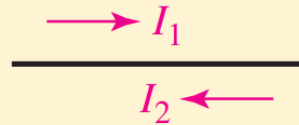
(b)

Conventional current flow: (a) positive current flow, (b) negative current flow.

# 1.3 Current (6)

## PRACTICE

In the wire of Fig. 2.7, electrons are moving *left to right* to create a current of 1 mA. Determine  $I_1$  and  $I_2$ .



■ FIGURE 2.7

## 1.3 Current (7)

► Ex.1 A conductor has a constant current of 5 A. How many electrons pass a fixed point on the conductor in one second?

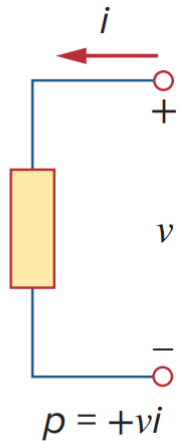
$$\frac{5 \text{ C/s}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ C/electron}} \\ = 3.121 \times 10^{19} \text{ electron/s}$$

# 1.4 Voltage (1)

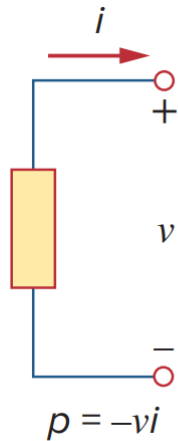
- ▶ Voltage (or potential difference) is the energy required to move a unit charge through an element, measured in volts ( $v$ ,  $V$ ).
- ▶ Mathematically,  $v_{ab} = \frac{dw}{dq}$  (Volt)
  - ▶  $w$  is energy in joules (J) and  $q$  is charge in coulomb (C).
- ▶ Electric voltage,  $v_{ab}$ , is always across the circuit element or between two points in a circuit.
  - ▶  $v_{ab} > 0$  means the potential of a is higher than potential of b.
  - ▶  $v_{ab} < 0$  means the potential of a is lower than potential of b.



# 1.5 Power and Energy (1)



(a)



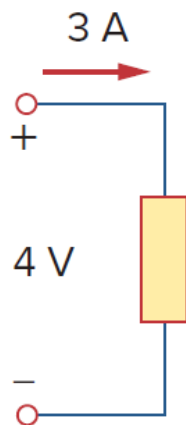
(b)

Reference polarities for power using the passive sign convention: (a) absorbing power, (b) supplying power.

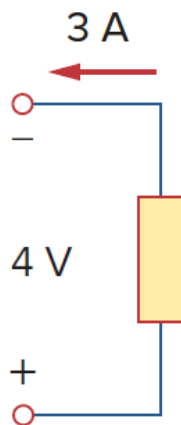
- Power is the time rate of expending or absorbing energy ( $\frac{dw}{dt}$ ), measured in Watts.

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

# 1.5 Power and Energy (2)

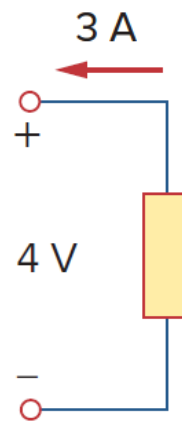


(a)

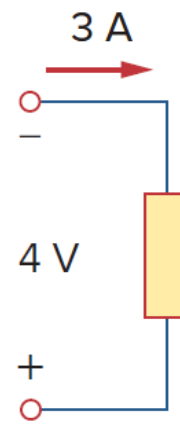


(b)

Two cases of an element with an absorbing power of 12 W: (a)  $p = 4 \times 3 = 12$  W, (b)  $p = 4 \times 3 = 12$  W.



(a)



(b)

Two cases of an element with a supplying power of 12 W: (a)  $p = -4 \times 3 = -12$  W, (b)  $p = -4 \times 3 = -12$  W.

# 1.5 Power and Energy (3)

- ▶ The law of conservation of energy (the algebraic sum of power in a circuit, at any instant of time, must be zero)

$$\sum p = 0$$

- ▶ Energy is the capacity to do work, measured in joules (J).

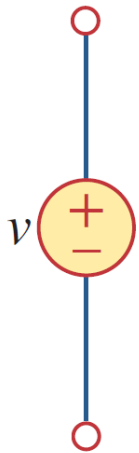
$$w = \int_{t_0}^t p dt = \int_{t_0}^t VI dt$$

- ▶ The electric power utility companies measure energy in Watt-hours (Wh), where 1 Wh = 3,600 J

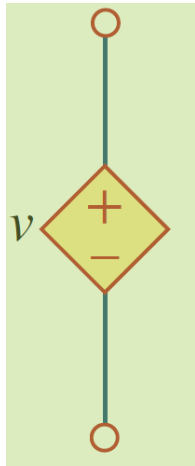
# 1.6 Circuit Elements (1)

- 1. A voltage-controlled voltage source (VCVS).
- 2. A current-controlled voltage source (CCVS).
- 3. A voltage-controlled current source (VCCS).
- 4. A current-controlled current source (CCCS).

Active elements



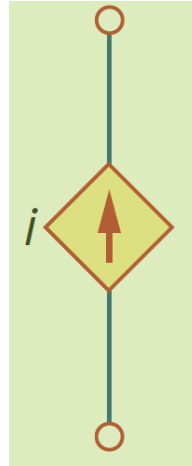
**a**



**b**



**c**



**d**

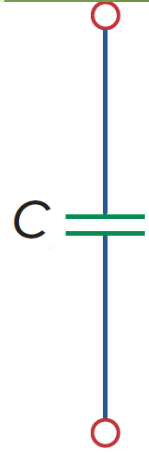
Passive elements



**e**



**f**



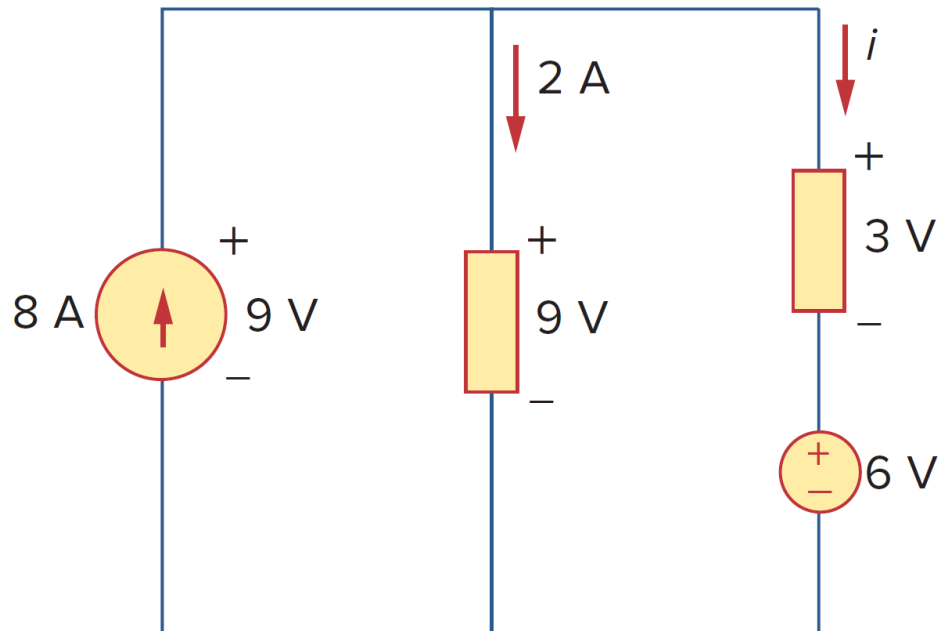
**g**

- A dependent source (b)(d) is an active element in which the source quantity is controlled by another voltage or current.
- They have four different types: VCVS, CCVS, VCCS, CCCS. Keep in mind the signs of dependent sources.



## 1.6 Circuit Elements (2)

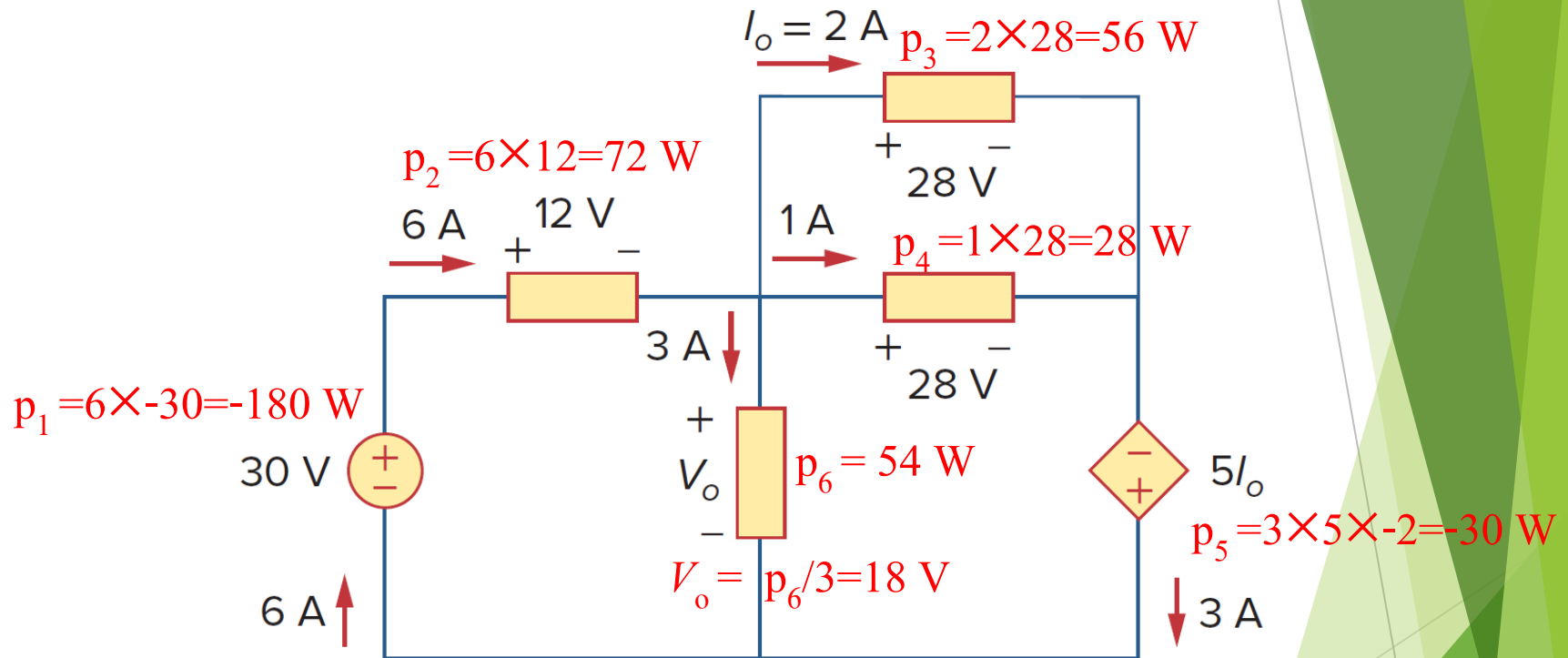
- Ex.2 Find  $i$  and the power absorbed by each element in the network



6 A, -72 W, 18 W, 18 W, 36 W

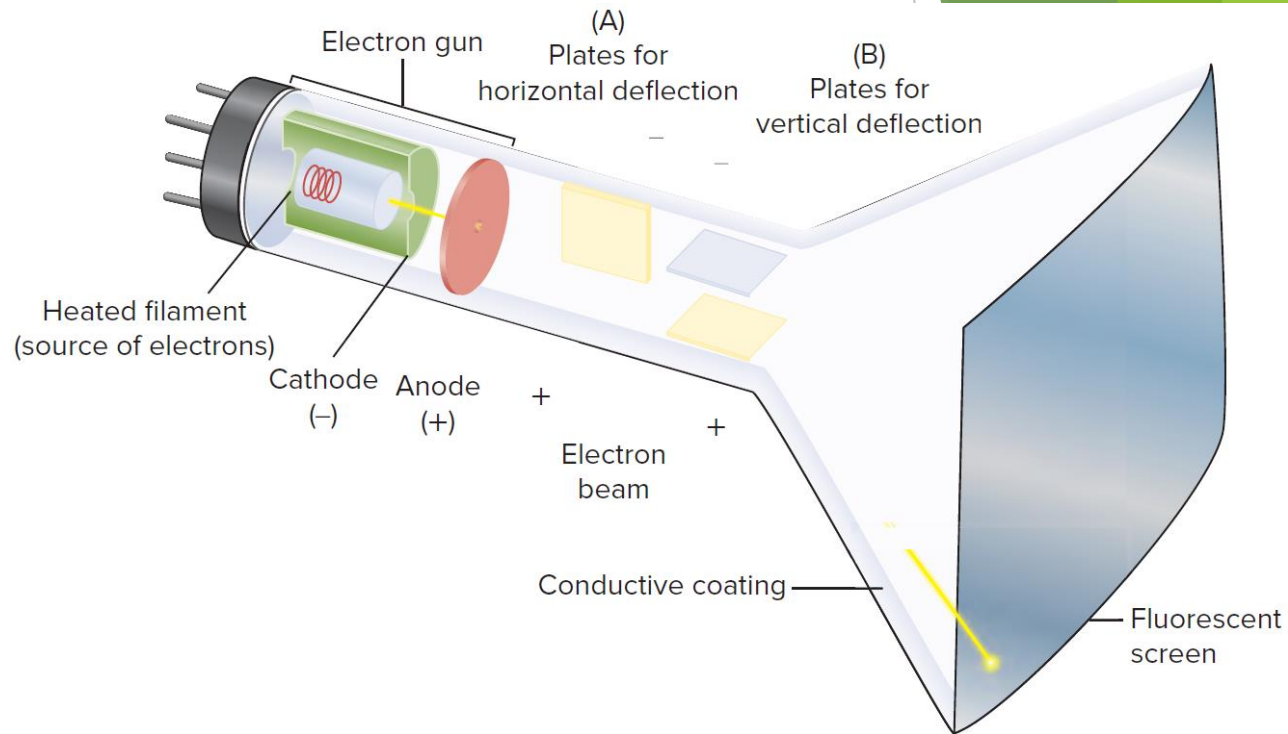
# 1.6 Circuit Elements (3)

- Ex.3 Find  $V_o$  and the power absorbed by each element in the circuit



# 1.7 Applications (TV Picture Tube)

- Cathode-ray tube (CRT)



# 1.7 Applications (Electricity Bills)

The cost of electricity depends upon the amount of energy consumed in kilowatt-hours (kWh)

Other factors that affect the cost include demand and power factors; we will ignore these for now

Typical average monthly consumption of household appliances. (for a family of five)

Appliance	kWh consumed	Appliance	kWh consumed
Water heater	500	Washing machine	120
Freezer	100	Stove	100
Lighting	100	Dryer	80
Dishwasher	35	Microwave oven	25
Electric iron	15	Personal computer	12
TV	10	Radio	8
Toaster	4	Clock	2



# 1.7 Applications (Electricity Bills)

- Ex.5 A homeowner consumes 700 kWh in January. Determine the electricity bill for the month using the following residential rate schedule:
- Base monthly charge of \$12.00.
- First 100 kWh per month at 16 cents/kWh.
- Next 200 kWh per month at 10 cents/kWh.
- Over 300 kWh per month at 6 cents/kWh.

## **Solution:**

We calculate the electricity bill as follows.

Base monthly charge = \$12.00

First 100 kWh @ \$0.16/k Wh = \$16.00

Next 200 kWh @ \$0.10/k Wh = \$20.00

Remaining 400 kWh @ \$0.06/k Wh = \$24.00

Total charge = \$72.00

$$\text{Average cost} = \frac{\$72}{100 + 200 + 400} = 10.2 \text{ cents/kWh}$$

# Summary

- 1) Circuit หรือวงจรไฟฟ้าประกอบด้วย Elements ทางไฟฟ้า (R,L,C,V,I เป็นต้น) ที่เชื่อมต่อกัน
- 2) SI Unit หรือระบบหน่วยเอสไอเป็นภาษาการวัดระดับนานาชาติที่ช่วยให้วิศวกรสามารถสื่อสารผลลัพธ์ของพวกเขาได้ จากหน่วยหลัก 7 หน่วย สามารถได้หน่วยของปริมาณทางกายภาพอื่นๆ ได้
- 3) Current ( $i$ ) คืออัตราการไหลของปริมาณประจุผ่านจุดที่กำหนดในทิศทางที่กำหนด ( $i = \frac{dq}{dt}$ )
- 4) Voltage คือพลังงานที่ต้องใช้ในการเคลื่อนประจุ 1C จากจุดอ้างอิง (-) ไปยังจุดอื่น (+) ( $v_{ab} = \frac{dw}{dq}$ )
- 5) Power หรือกำลังงานไฟฟ้า ( $p = \frac{dw}{dt} = v \cdot i$ ) คือพลังงานที่จ่ายออก (-) หรือดูดซับเข้า (+) ต่อหน่วยเวลา หรือคือผลคูณของ  $v$  และ  $i$
- 6) Power มีค่าเป็นบวก (+) เมื่อกระแสไหลเข้าขั้วบวกของแรงดันไฟฟ้า
- 7) Voltage source จะสร้างความแตกต่างศักย์ที่แน่นอนที่ขั้วทั้งสองไม่ว่าเชื่อมต่อกับอะไรก็ตาม และ current source จะสร้างกระแสที่แน่นอนผ่านทางสายที่เชื่อมต่อไม่ว่าจะเชื่อมต่อกับอะไรก็ตาม
- 8) Voltage source และ current source สามารถเป็น dependent หรือ independent source ได้ โดย dependent source จะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆในวงจร

# 1.7 Applications (Electricity Bills)

**การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**  
Provincial Electricity Authority

**ใบแจ้งค่าไฟฟ้า**

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัด...

ชื่อผู้ใช้ไฟฟ้า...

สถานที่ใช้ไฟฟ้า...

รหัสการไฟฟ้า (PEA Code) 111101

สายจดหน่วย (MRU) INC100

หมายเลขผู้ใช้ไฟฟ้า (CA/Ref. No.1) 000055815743

เลขที่เอกสาร (Doc No./Ref. No.2) 02/2564

ประจำเดือน (Bill Period) 02/2564

ประเภท (Type) 112x

ตัวคูณ (Multiplier) 0.0000

วันที่อ่านหน่วย (Meter Reading Date) ...

วันที่พิมพ์ (Printing Date) ...

Barcode: 020003447890 17

QR Code

รายละเอียดการใช้ไฟฟ้า (Usage History)

เลขครั้งหลัง (Recent Reading)	เลขครั้งก่อน (Previous Reading)	จำนวนที่ใช้ (Consumption)
41091.000	40691.000	400.00

**A Version**

ค่าพลังงานไฟฟ้า	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าพลังงานไฟฟ้า	1,542.71
ค่าบริการรายเดือน	38.22
ค่า Ft -0.1532 บาท/หน่วย	-61.28
รวมเงินค่าไฟฟ้า	1,519.65
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	106.38
รวมเงินค่าไฟฟ้าเดือนปัจจุบัน	1,626.03

**ข้อความแสดงมาตรการ**

หน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเดือนฐาน

วันที่อ่านหน่วย (Date)	จำนวนหน่วย (Consumption)
23/01/64	350
23/12/63	300
22/11/63	330
23/10/63	410
22/09/63	420
23/08/63	500

ส่วนทศทศ สร้างคุณภาพชีวิตทั่วไทย

www.pea.co.th

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค PEA

PEAchannelThailand

## วิธีการดูประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

**ประจำเดือน (Bill Period)** คือ ใบแจ้งค่าไฟฟ้าประจำเดือน ก.พ. 2564

**ประเภท (Type)** คือ ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

**ไฟฟ้าฟรี 90 หน่วยแรก**

- 3 หลักแรก เป็น 111X คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1.1.1 ส่วนลดค่าไฟฟ้า จากการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากบิลเดือนฐาน (ร.ค. 2563)
- 3 หลักแรก เป็น 112X คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1.1.2
- 2 หลักแรก เป็น 12XX คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1.2

**ไฟฟ้าฟรี 50 หน่วยแรก**

- หลักแรก เป็น 2XXX คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 2

**จำนวนที่ใช้ (Consumption)** คือ หน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบประจำเดือน

**ประวัติการใช้ไฟฟ้า (Usage History)** คือ สถิติการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง 6 เดือน

บ้านอยู่อาศัย ประเภท 1.1 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
15 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 15)	หน่วยละ	2.3488 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	หน่วยละ	2.9882 บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100)	หน่วยละ	3.2405 บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 150)	หน่วยละ	3.7171 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	4.2218 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน) :	8.19	

บ้านพักอาศัย ประเภท 1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 150)	หน่วยละ	3.2484 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	หน่วยละ	4.2218 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน)	38.22	