

Lý thuyết mạch điện tử 1



Giới thiệu môn học

■ Mục tiêu chung:

- Phát triển công cụ cơ bản để thiết kế và phân tích mạch
- Trang bị cho SV các kiến thức cơ bản về mạch điện và điện tử: dây nối, điện trở, tụ, cuộn, nguồn áp và nguồn dòng độc lập hay phụ thuộc, khuếch đại thuật toán,
- Trang bị cho SV các phương pháp phân tích và tính toán trong mạch điện tử, giới thiệu phép biến đổi Laplace và ứng dụng trong phân tích và tính toán mạch điện tử.



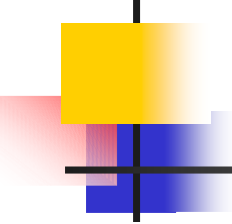
Kết quả học tập mong đợi

- Kết thúc môn học, sinh viên có thể:
 - *Xác định* mạch tuyến tính và biểu diễn chúng ở dạng sơ đồ mạch
 - *Áp dụng* định luật Kirchhoff's dòng và áp, định luật Ohm
 - *Đơn giản* mạch dùng mạch tương đương song song nối tiếp và sử dụng phép biến đổi tương đương Thevenin – Norton
 - *Thực hiện* phân tích vòng và node
 - *Giải thích* cơ sở vật lý của tụ điện và cuộn cảm.
 - *Xác định và mô hình hóa* hệ thống điện bậc nhất và bậc hai gồm tụ và cuộn cảm
 - *Dự đoán* trạng thái quá độ (transient behavior) của mạch bậc nhất và bậc hai.
 - *Áp dụng* phép biến đổi Laplace trong phân tích mạch



Thái độ nghề nghiệp

- Qua học phần này sinh viên nhận thức được vai trò, vị trí của môn học Lý thuyết mạch là nền tảng để tiếp thu các kiến thức chuyên sâu của ngành Điện tử-Viễn thông.
- Tầm quan trọng: là 1 trong các môn cơ sở ngành để thi Cao học



Tài liệu tham khảo

- **Giáo trình:**

- Phương Xuân Nhàn, Hồ Anh Túy, Lý thuyết mạch – Tập 1, NXB KH&KT, 2012.
- James W. Nilsson and Susan A. Ridel, “Electric Circuits”, 8th edition, Prentice-Hall, 2008.

- **Tham khảo:**

- Lessons in Electric Circuits (a free series of textbooks, <http://www.fags.org/docs/electric/>)
- EE 215, Fundamentals of Electrical Engineering, EE Dept., UW



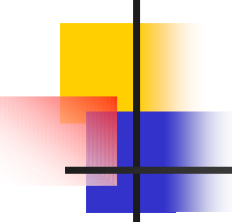
Nội dung chi tiết

- Chương 1: Các thông số cơ bản trong mạch
- Chương 2: Các thành phần trong mạch điện
- Chương 3: Mạch điện trở đơn giản
- Chương 4: Các kỹ thuật phân tích mạch
- Chương 5: Khuyếch đại thuật toán
- *Kiểm tra giữa kỳ*
- Chương 6: Điện cảm, điện dung và hồ cảm
- Chương 7: Đáp ứng của mạch RL và RC bậc một
- Chương 8: Đáp ứng tự do và đáp ứng nhảy bậc của mạch RLC
- Chương 9: Biến đổi Laplace (chương 12 trong textbook)
- Chương 10: Biến đổi Laplace trong phân tích mạch (chương 13 trong textbook)
- *Kiểm tra cuối kỳ*



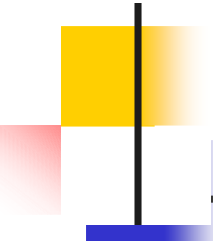
Đánh giá học phần

- Bài tập/Chuyên cần/vấn đáp hoặc thuyết trình : 20%
- Giữa kỳ : 20%
- Cuối kỳ : 60%



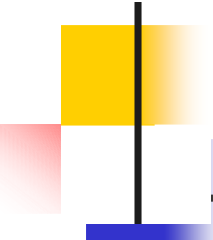
Chương 1

Các thông số cơ bản của mạch điện (**Circuit Variables**)



Mục tiêu của chương 1

- Biết các ứng dụng của kỹ thuật điện tử
- Biết và có thể sử dụng định nghĩa điện áp, dòng điện
- Biết và có thể sử dụng định nghĩa của công suất (*power*) và năng lượng (*energy*)
- Sử dụng *passive sign convention (PSC)* để tính công suất của một thành phần cơ bản trong mạch được cho bởi dòng điện và điện áp.

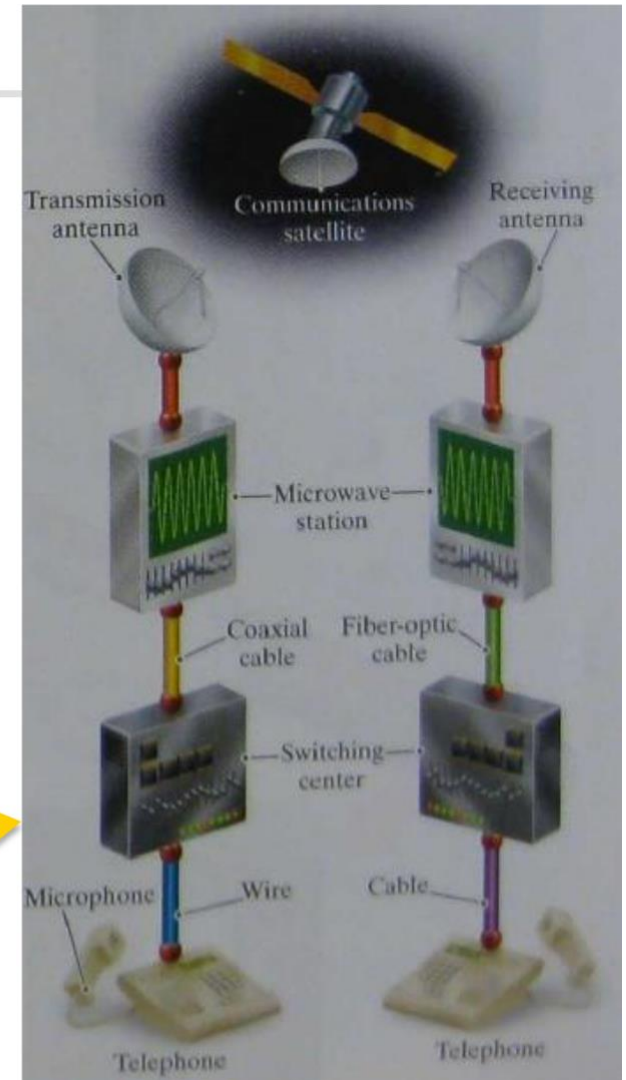


Tổng quan về mạch điện

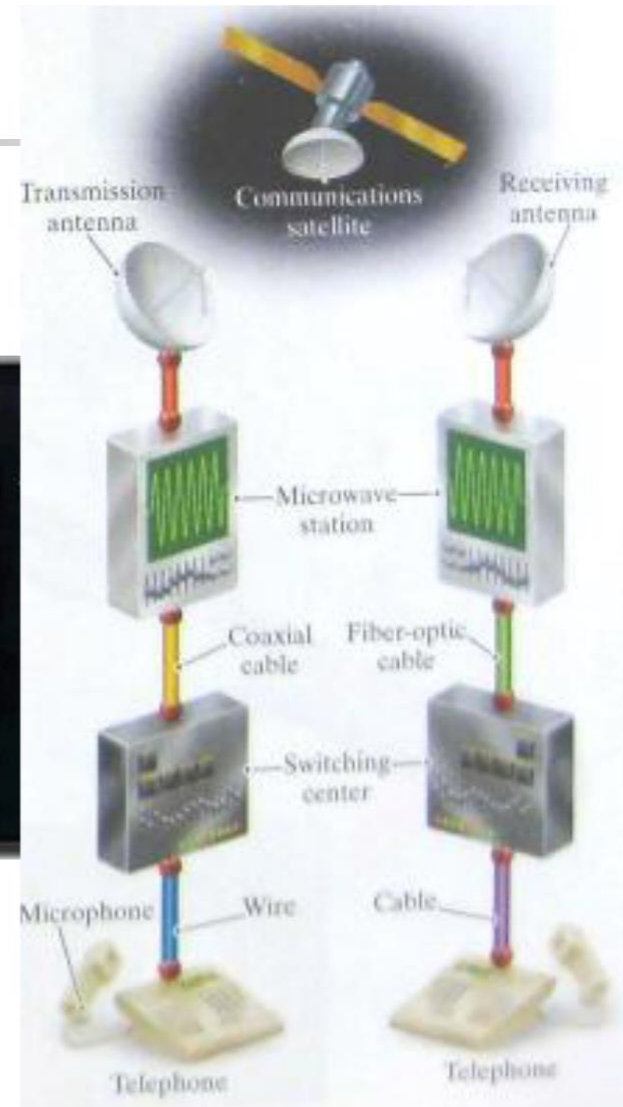
- **Kỹ thuật Điện tử - Viễn thông** liên quan đến các hệ thống phát, truyền và đo các tín hiệu điện.
- **Tín hiệu:** các hàm của một hay nhiều biến độc lập.
- **Tín hiệu điện:** Tín hiệu điện áp & Tín hiệu dòng điện
- **Kỹ thuật điện và điện tử**
 - Kết hợp các mô hình hiện tượng tự nhiên của nhà vật lý với các công cụ toán học
 - Vận dụng các mô hình này để tạo ra các hệ thống giống với thực tế nhất
- **Hệ thống điện và điện tử:** hệ thống truyền thông (communication), máy tính (computer), điều khiển (control), điện (power) và hệ thống xử lý tín hiệu (signal processing systems)

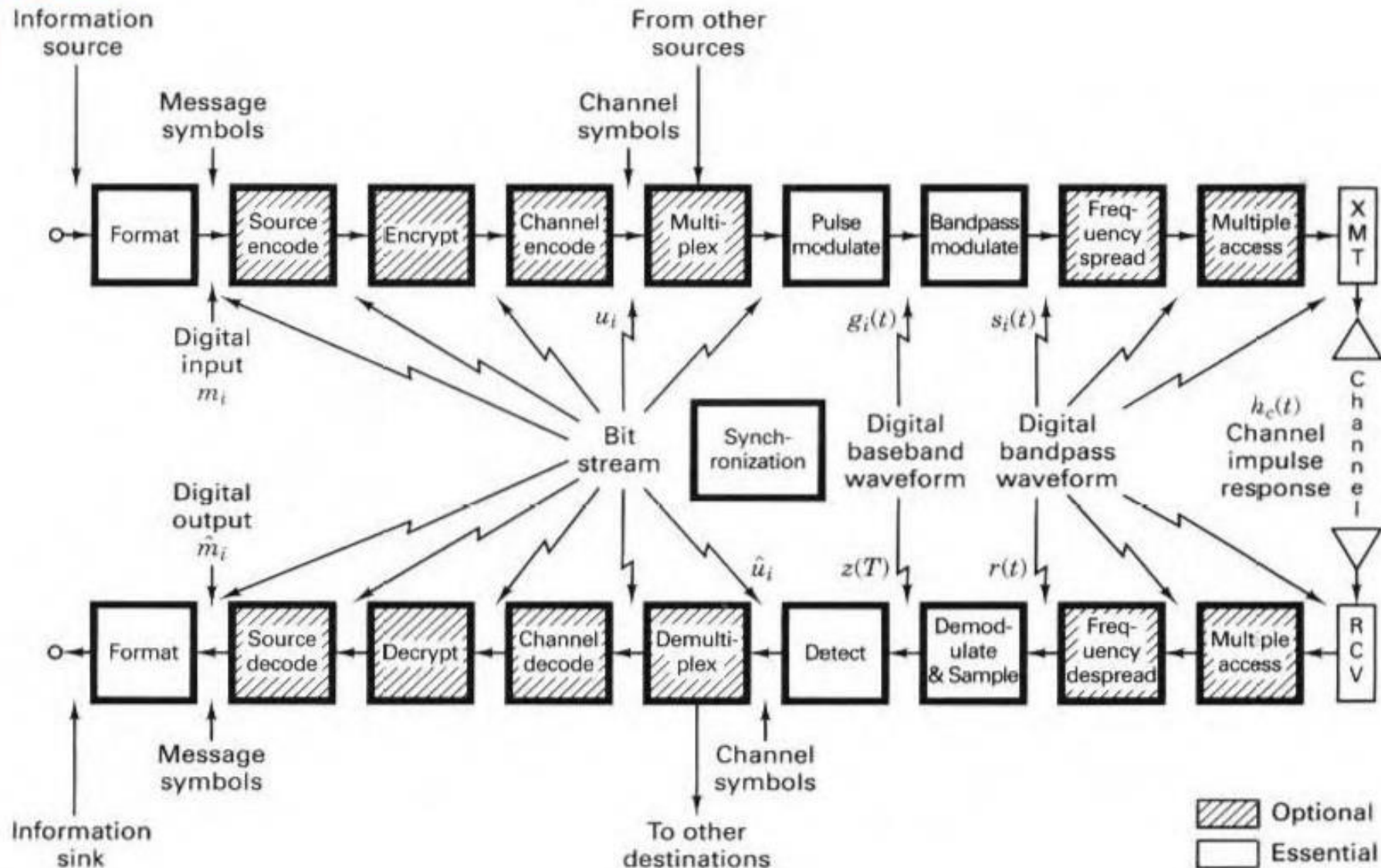
Hệ thống truyền thông

- Hệ thống truyền thông: hệ thống điện phát, truyền và phân phối thông tin
- Thiết bị truyền hình (Television equipment): camera, máy phát (transmitter), máy thu (receiver)
- Kính viễn vọng vô tuyến (radio telescope): khám phá vũ trụ
- Hệ thống vệ tinh (satellite system)
- Hệ thống radar: sử dụng để điều phối các chuyến bay.
- Hệ thống điện thoại.



Communication Systems







Hệ thống máy tính

- **Thông tin xử lý:**
 - Từ xử lý từ (word processing) đến các phép tính toán học (mathematical computations)
- **Kích cỡ và công suất:**
 - Máy tính bỏ túi, máy tính cá nhân đến siêu máy tính (supercomputers)



Hệ thống điều khiển

- **Điều tiết, kiểm soát quá trình**
- **Ví dụ:**
 - Điều khiển nhiệt độ, áp suất, tốc độ luồng chảy trong ống dầu.
 - Trộn nhiên liệu – không khí trong động cơ ô tô phun nhiên liệu
 - Hệ thống tự động dẫn đường và tự động hạ cánh, giúp máy bay cất cánh và hạ cánh.



Hệ thống điện

- **Tạo và phân phối năng lượng điện.**
- **Tạo năng lượng điện:**
 - Hạt nhân
 - Thủy điện
 - Nhiệt (dầu, ga, than đá...)
- **Phân phối điện**
 - Hệ thống đường dây điện

Hệ thống xử lý tín hiệu

Analog/Digital Signals

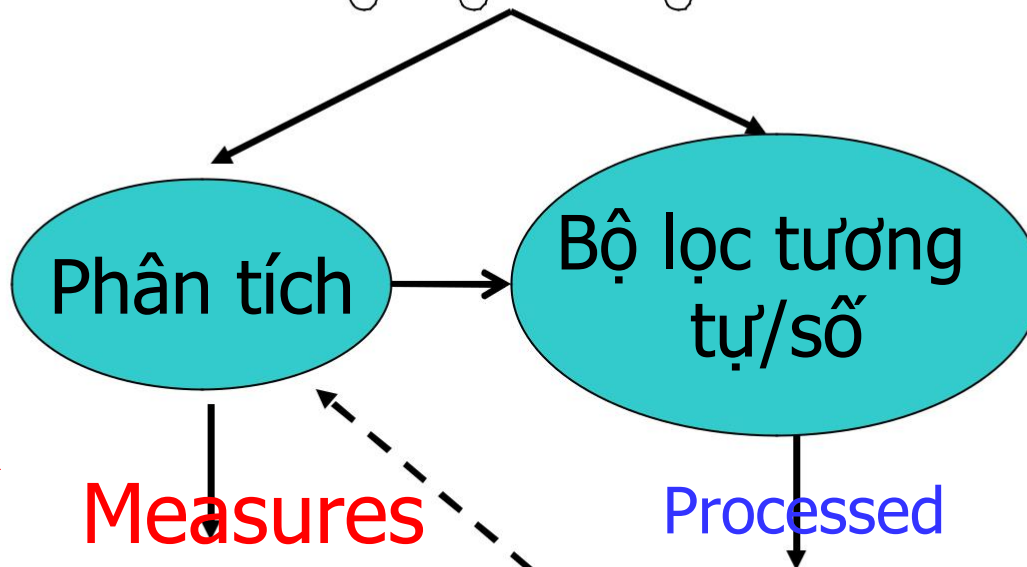
Ứng dụng

Phân tích phổ
Trích đặc tính
Phát hiện tín hiệu

Ước lượng tín hiệu

Kiểm chứng tín hiệu

Nhận dạng tín hiệu



Ứng dụng

Loại bỏ nhiễu

Tách nhiễu

xuyên kênh

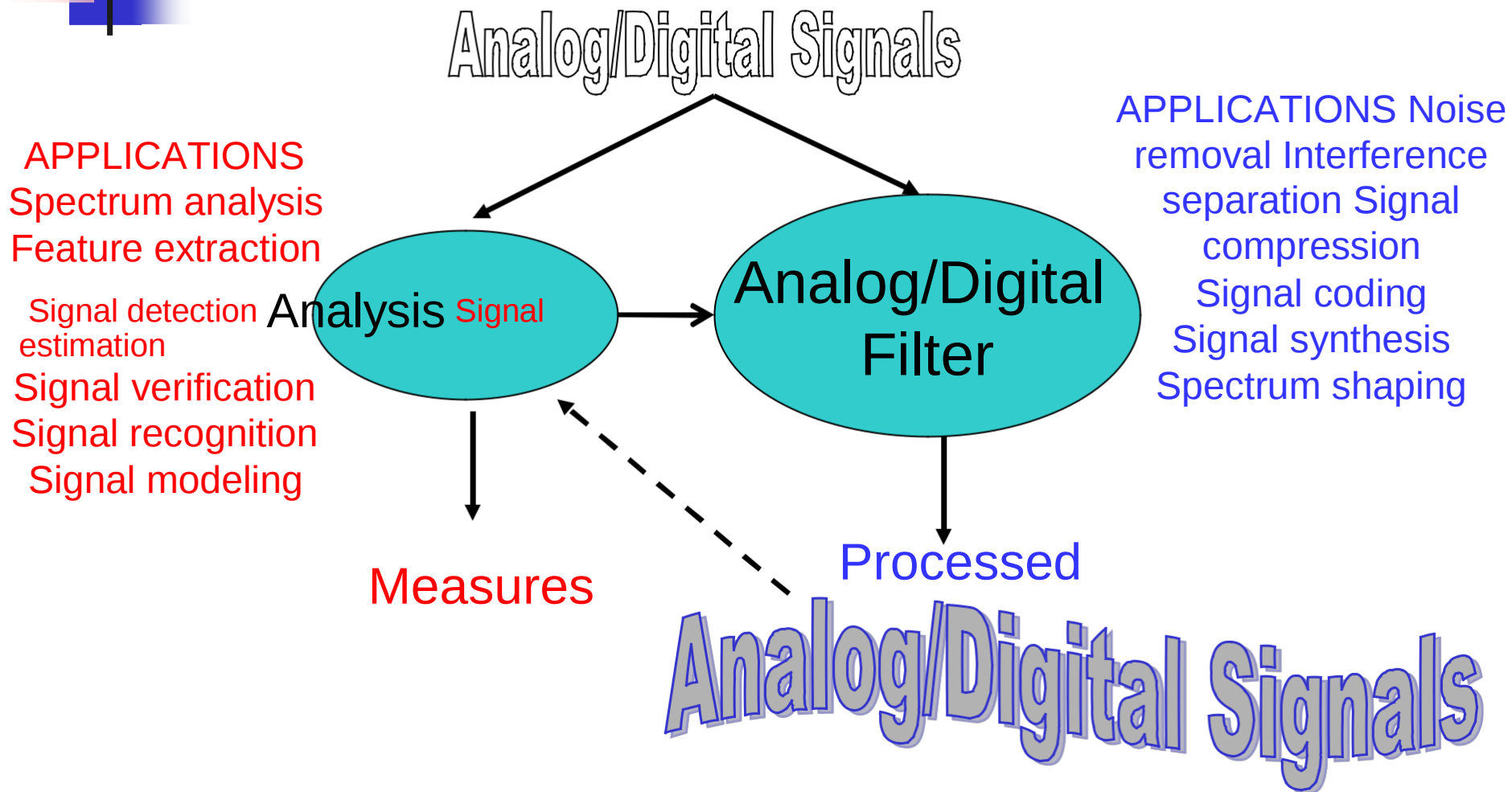
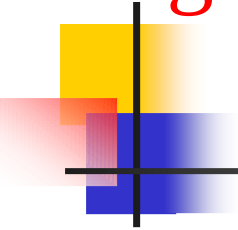
Nén

Mã hóa

Tổng hợp

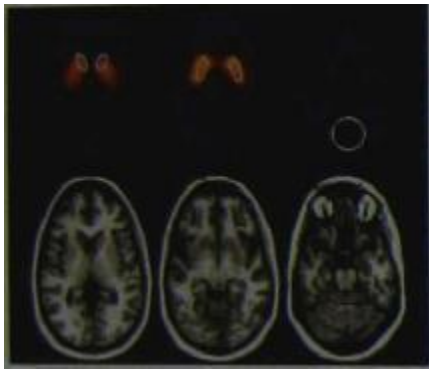
Analog/Digital Signals

Signal Processing Systems



Hệ thống xử lý tín hiệu

- Hệ thống xử lý ảnh (image processing system)
 - An ninh, bảo mật
 - Dự báo thời tiết
 - CT scan



Interactive Systems



Interaction takes place among the engineering disciplines involved in designing & operating them

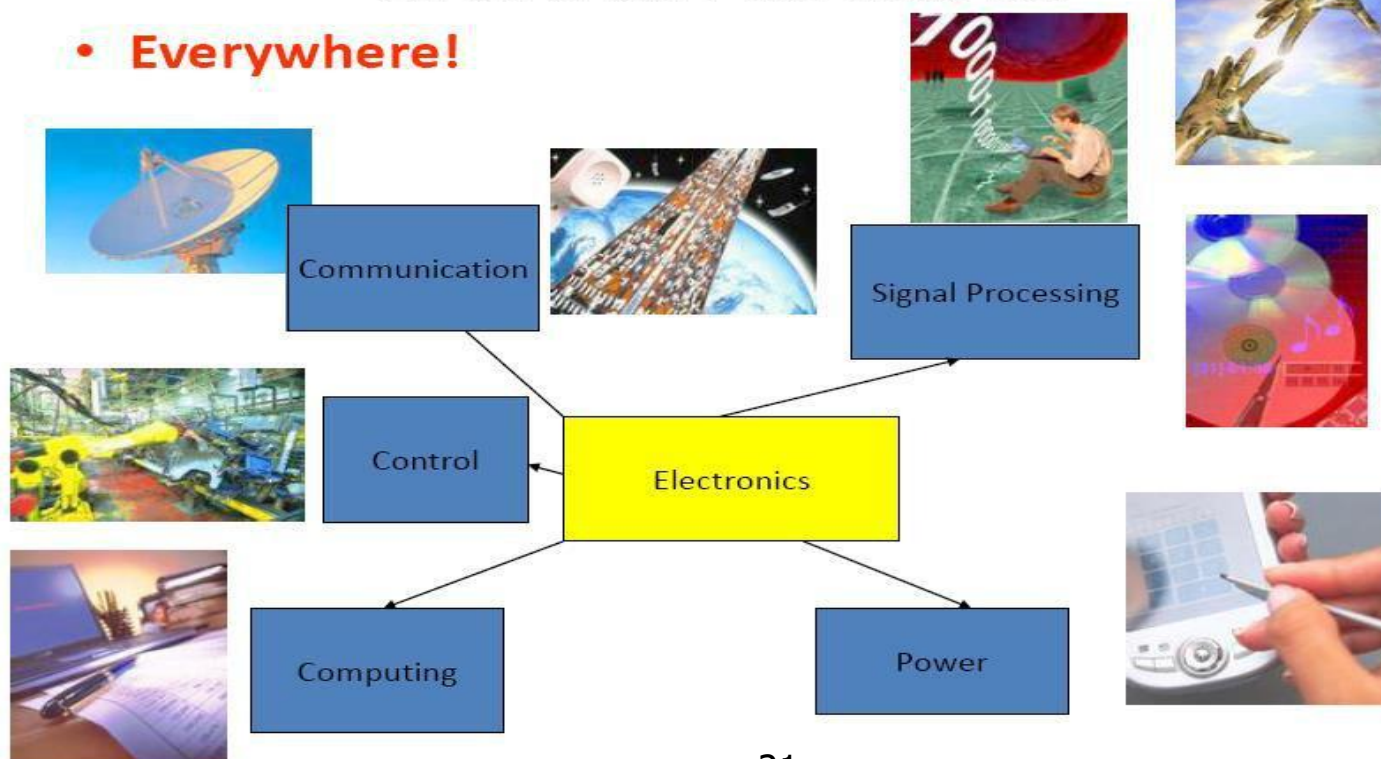
- Communication engineers use computer to control sys
- Computers contain control systems
- Control systems contain computers
- Power systems require extensive communication sys
- A signal-processing system may involve communication links, computers & control systems
- Examples: Commercial airplanes, robots

Mạch điện

Tất cả đều có: mạch điện và điện tử

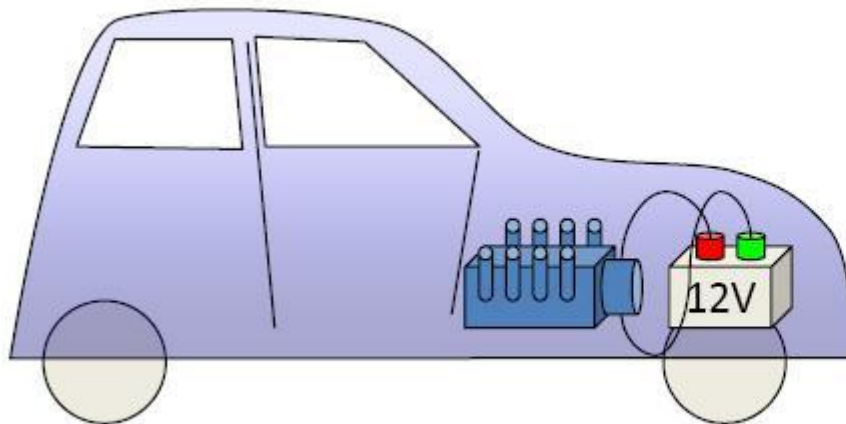
Where can we find it?

- Everywhere!

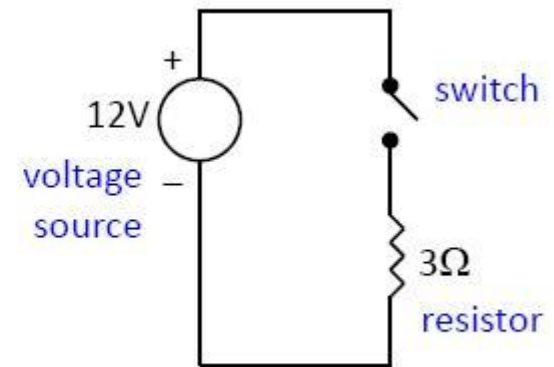


Mạch điện

- **Một mạch điện** là một mô hình toán học xấp xỉ trạng thái một hệ thống điện trong thực tế
- Ví dụ: ắc quy ô tô



"actual electrical system"



electric circuit (model)



Mạch điện là gì?

- **Mục tiêu của lý thuyết hệ thống điện:**
 - Phân tích hệ thống điện
 - Xác định/giải thích/so sánh chỉ tiêu và hiệu suất hệ thống
- Yêu cầu **mô hình toán học** ↔ **mạch điện**
- **Mô hình toán học cung cấp:**
 - Nền tảng quan trọng
 - Cách thiết kế và điều hành hệ thống
- Nói về mạch điện → mô hình !

Phân tích mạch

■ Khái niệm:

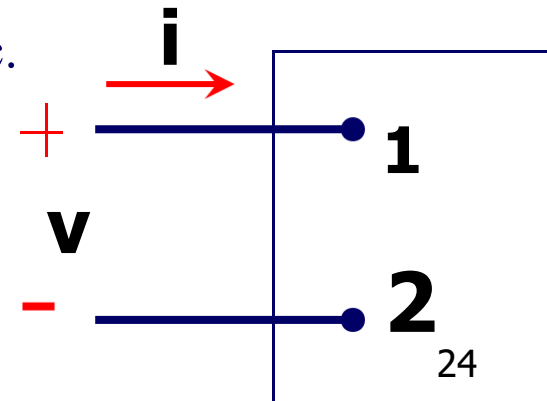
- Mô hình toán học thường được dùng cho hệ thống điện gọi là mô hình mạch - **circuit model**

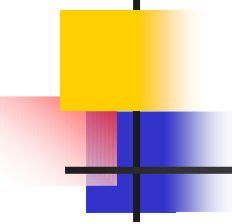
■ Các thành phần mạch lý tưởng cơ bản (Ideal basic circuit components):

- Chỉ có hai đầu cực (terminal), sử dụng để kết nối với các thành phần khác trong mạch
- Được biểu diễn toán học theo dòng (current) i / áp (voltage) v
- Không thể bị chia nhỏ thành các thành phần khác.

■ Biểu diễn thông dụng:

- Thành phần xác định bởi quan hệ toán học giữa v & i





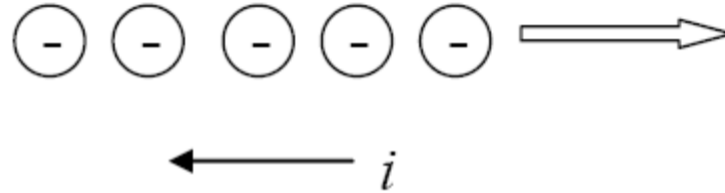
Điện áp và dòng điện

Hệ thống nước: Hệ thống điện

- Ống mang nước
- Dòng chảy qua ống tạo bởi chênh lệch áp suất
- Nước chảy từ nơi có áp suất cao đến nơi có áp suất thấp
- Dây mang điện
- Dòng điện qua dây gây bởi độ chênh lệch điện áp
- Điện chạy từ nơi có điện áp cao đến nơi có điện áp thấp

Luồng gì trong điện học? Điện tích (electric charge)! Làm thế nào để đo lường? dùng dòng điện

Current



- In most circuits what moves are electrons, which have a negative charge. The movement of negative charge in one direction corresponds to the flow of positive current in the opposite direction.

(The reason for this is that Ben Franklin had to pick a direction for current flow. He had no idea what actually moved. He guessed wrong.)

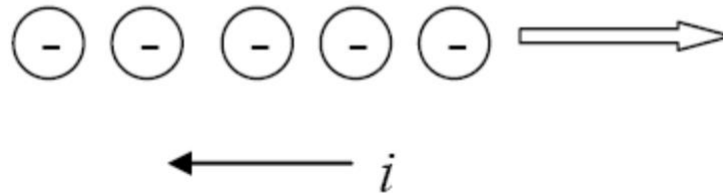
- The rate of charge flow is the electric current

$$i = \frac{dq}{dt}$$

- i = the current in amperes (A)
- q = the charge in coulombs (C)
- t = the time in seconds (s)

$$1A = 1 \frac{C}{s}$$

Dòng điện



- Trong hầu hết các mạch điện, electron (có điện tích âm) dịch chuyển. Sự dịch chuyển của điện tích âm theo một chiều tương ứng với dòng điện theo chiều ngược lại.
- Dòng điện: tốc độ của luồng điện tích.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

- i = dòng điện (A)
- q = điện tích (C)
- t = thời gian (s)

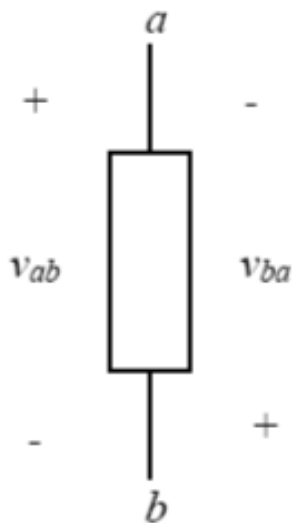
$$1A = \frac{1C}{1s}$$

Điện áp

- Năng lượng trên một đơn vị điện tích tạo bởi khoảng cách giữa các điện tích dương và âm.

$$v = \frac{dw}{dq}$$

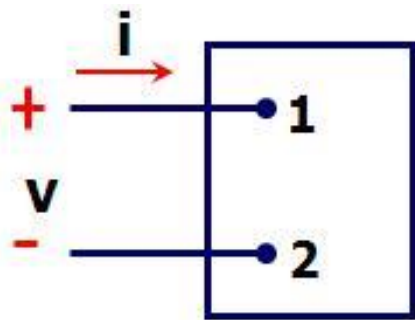
- v = điện áp (V)
- w = năng lượng (J)
- q = điện tích (C)



Điện áp được đo giữa hai điểm, một điểm điện áp cao (+) và một điểm điện áp thấp (-). Biết điểm nào là điểm điện áp cao và điểm nào có điện áp thấp đó gọi là cực tính (polarity). Thường dùng chữ cái và con số ở bên dưới để biểu diễn các điểm.

Bài tập 1.3

- Công thức dưới đây biểu diễn giá trị dòng điện qua 2 cực. Tìm giá trị tổng điện tích (đơn vị: micro-coulombs)



$$i = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 20e^{-5000t} \text{ (A)}, & t \geq 0 \end{cases}$$

Solution

Remember from Eq. (1.2), current is the time rate of change of charge, or $i = \frac{dq}{dt}$. In this problem, we are given the current and asked to find the total charge. To do this, we must integrate Eq. (1.2) to find an expression for charge in terms of current:

$$q(t) = \int_0^t i(x) dx$$

We are given the expression for current, i , which can be substituted into the above expression. To find the total charge, we let $t \rightarrow \infty$ in the integral. Thus we have

$$\begin{aligned} q_{\text{total}} &= \int_0^{\infty} 20e^{-5000x} dx = \left. \frac{20}{-5000} e^{-5000x} \right|_0^{\infty} = \frac{20}{-5000} (e^{-\infty} - e^0) \\ &= \frac{20}{-5000} (0 - 1) = \frac{20}{5000} = 0.004 \text{ C} = 4000 \mu\text{C} \end{aligned}$$

Ass. Pro. 1.4

The expression for the charge entering the upper terminal is given in the equation. Find the maximum value of the current entering the terminal if $a = 0.03679\text{s}^{-1}$

$$q = \frac{1}{a^2} - \left(\frac{t}{a} + \frac{1}{a^2} \right) e^{-at} \text{ (C)}$$

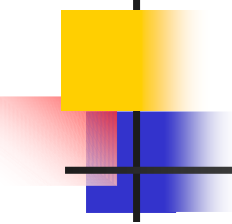
Solution

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{\alpha^2} - \left(\frac{t}{\alpha} + \frac{1}{\alpha^2} \right) e^{-\alpha t} \right] \\ &= \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\alpha^2} \right) - \frac{d}{dt} \left(\frac{t}{\alpha} e^{-\alpha t} \right) - \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\alpha^2} e^{-\alpha t} \right) \\ &= 0 - \left(\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha t} - \alpha \frac{t}{\alpha} e^{-\alpha t} \right) - \left(-\alpha \frac{1}{\alpha^2} e^{-\alpha t} \right) \\ &= \left(-\frac{1}{\alpha} + t + \frac{1}{\alpha} \right) e^{-\alpha t} \\ &= t e^{-\alpha t} \end{aligned}$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} (t e^{-\alpha t}) = e^{-\alpha t} + t(-\alpha) e^{-\alpha t} = (1 - \alpha t) e^{-\alpha t} = 0$$

Since $e^{-\alpha t}$ never equals 0 for a finite value of t , the expression equals 0 only when $(1 - \alpha t) = 0$. Thus, $t = 1/\alpha$ will cause the current to be maximum. For this value of t , the current is

$$i = \frac{1}{\alpha} e^{-\alpha/\alpha} = \frac{1}{\alpha} e^{-1} \qquad i = \frac{1}{0.03679} e^{-1} \cong 10 \text{ A}$$



Bài tập 1.4

- Công thức dưới đây biểu diễn giá trị điện tích qua 2 cực.
Tìm giá trị cực đại của dòng điện nếu $a = 0.03679\text{s}^{-1}$

$$q = \frac{1}{a^2} - \left(\frac{t}{a} + \frac{1}{a^2} \right) e^{-at} \text{ (C)}$$

Tính toán công suất

- Công suất là tốc độ tiêu tốn hay hấp thụ năng lượng theo thời gian
- Công suất, p , là sự thay đổi năng lượng theo thời gian.

$$p = \frac{dw}{dt}$$

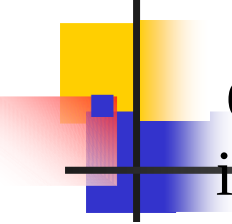
- p = công suất - watts (w)
- w = năng lượng - joules (J)
- t = thời gian - seconds (s)

- Áp dụng quy tắc dây chuyền (Chain rule):

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

- Lưu ý: Công suất có thể được **hấp thụ** (absorbed) tại hai cực đầu cuối hay là **phân phối** (delivered) từ nó.

Power and Energy

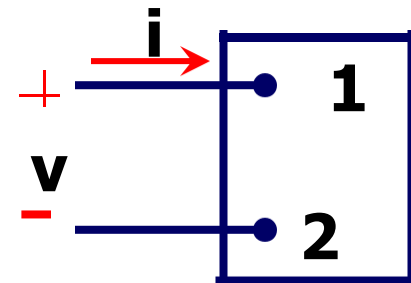


Often, the useful output signal of the electrical system is non-electrical

- output of an image processing system?
- output of a telephony system?
- output of a light lamping?
- Often, the useful output signal of the electrical system is expressed in terms of power and energy
- Also, all practical devices have limitations on the amount of power that they can handle
 - ➔ Voltage and current calculation are not sufficient

Passive sign convention

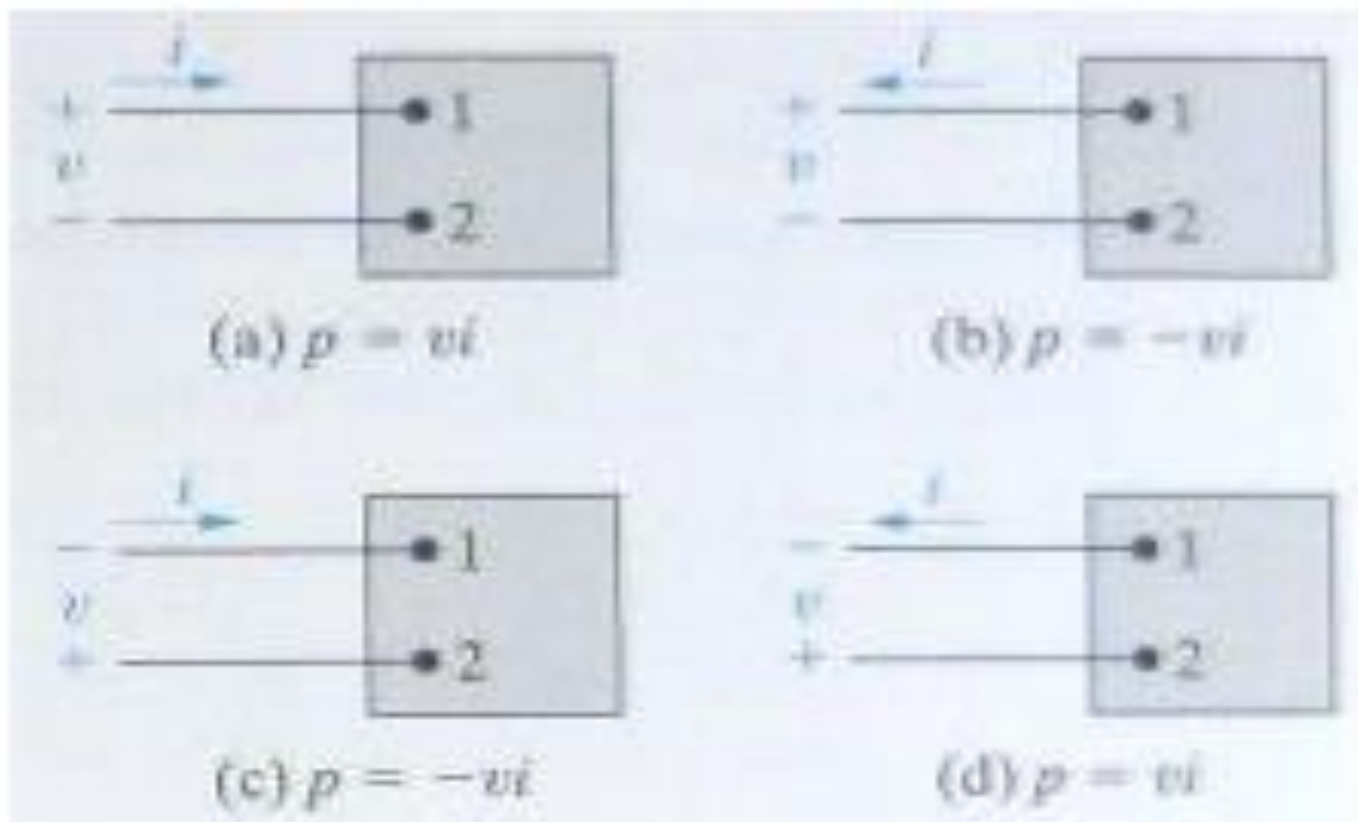
- Việc thiết lập chuẩn cho điện áp, chiều dòng, dấu của dòng và điện áp là rất hữu ích
 - Cực tính của điện áp được biểu thị bởi dấu cộng/trừ.
 - Chiều dòng điện biểu diễn bởi dấu mũi tên đặt kế dòng điện
 - Điện áp giảm (drop) từ “1” đến “2”



- **Passive sign convention:**

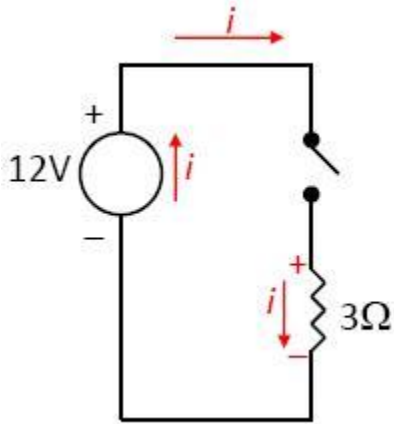
- Nếu dòng chạy theo chiều giảm áp, sử dụng **dấu cộng** trong bất kỳ biểu thức nào liên quan đến dòng và áp. Ngược lại, sử dụng **dấu trừ**

PSC và ví dụ



Ví dụ 1 (ắc quy xe ô tô)

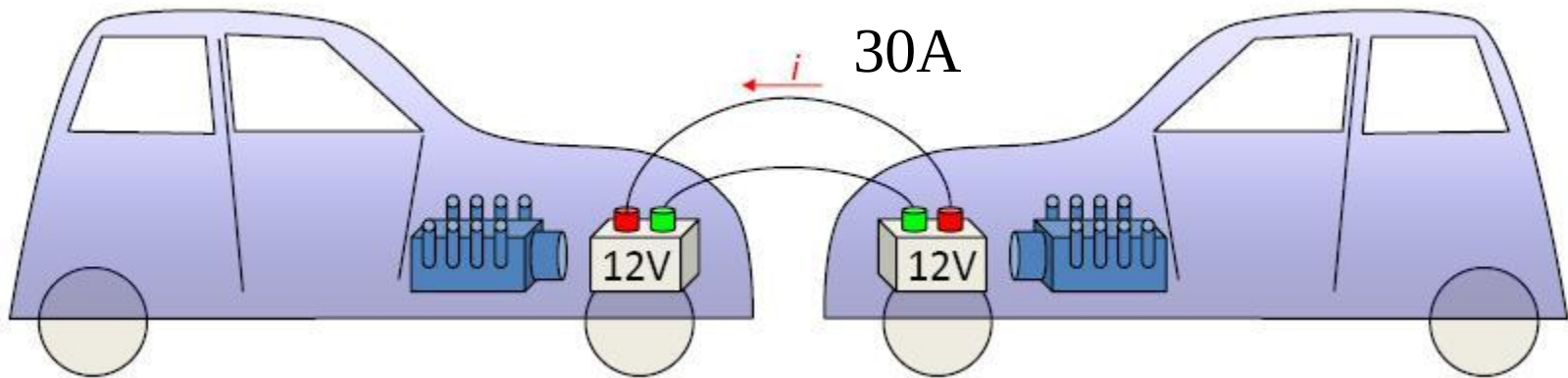
- Điện trở hấp thụ hay phân phối công suất?



- Định luật Ohm: $i = v/R = 12\text{V}/3\Omega = 4\text{A}$

Ví dụ 2: ắc quy xe ô tô

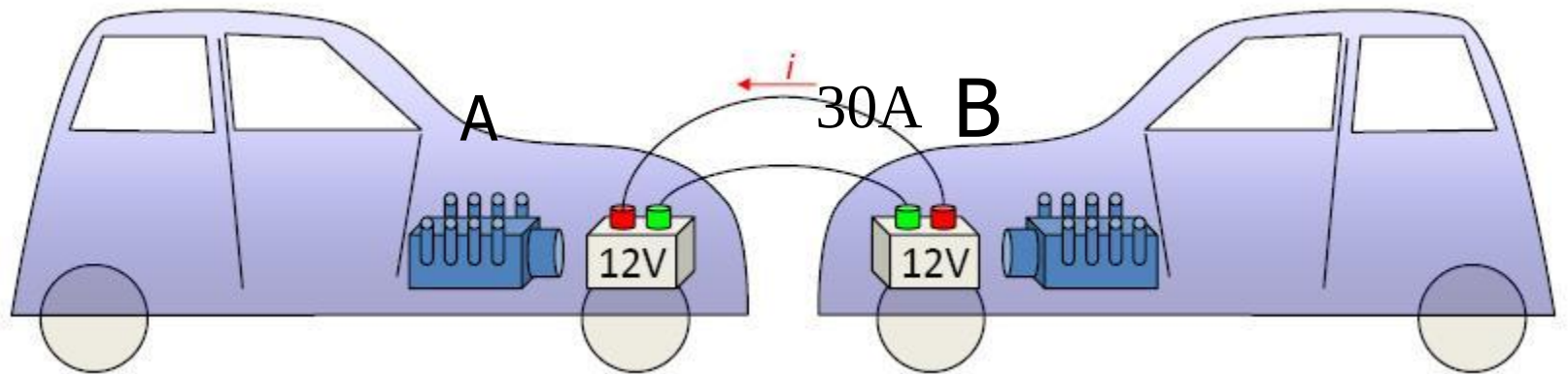
- Ắc quy của xe nào bị hỏng?



- 1. Mô hình hệ thống thật bằng mô hình mạch.
- 2. Tính công suất.

Ví dụ 2: ắc quy xe ô tô

- ắc quy của xe nào bị hỏng?



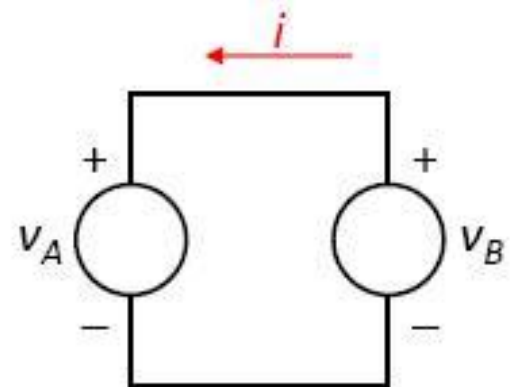
- Ta có, $i=30A$
- Xe nào bị hỏng ắc quy?

Tại v_A : $p=12V30A=360W$

Hấp thụ công suất $\rightarrow$ ắc quy bị hỏng

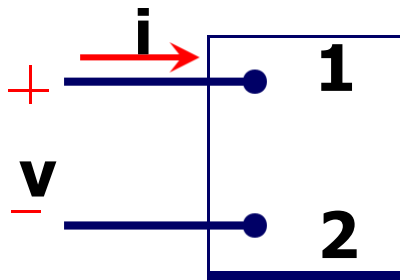
Tại v_B : $p=12V(-30A)= - 360W$

Phát công suất



Bài tập 1.6

- Dòng điện chạy qua 2 cực được cho như công thức dưới đây. Giả sử điện áp tại 2 cực tương ứng với dòng điện đã cho. Tìm tổng năng lượng qua 2 cực.



$$i = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ -5000t & \\ 20e & (A), t \geq 0 \end{cases}$$
$$v = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 10e^{-5000t} & (kV), t \geq 0 \end{cases}$$