



JINGJIA CIRCUIT

电路基础

空间科学与技术学院

贾 静

jjia@mail.xidian.edu.cn

办公地点：南校区G楼234东



1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

实际电路种类繁多，功能各异。电路的主要作用可概括为两个方面：

(1) 进行能量的产生、传输与转换； 如电力系统的发电、传输等。



图1 火力发电



图2 水力发电



图3 变电站



图4 电力传输线



(2) 实现信号的传递与处理。



图1 电视信号发射

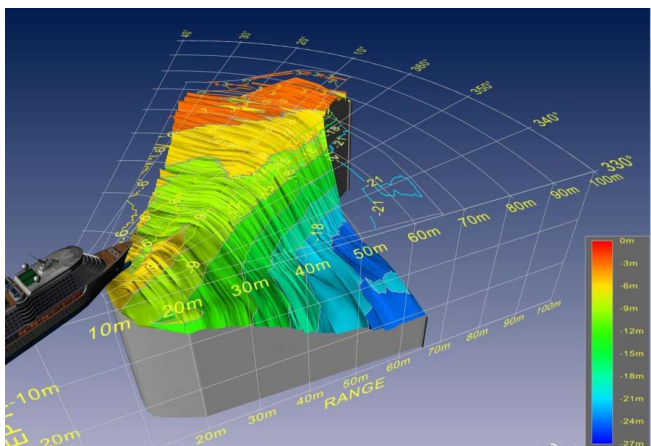


图2 声呐信号处理

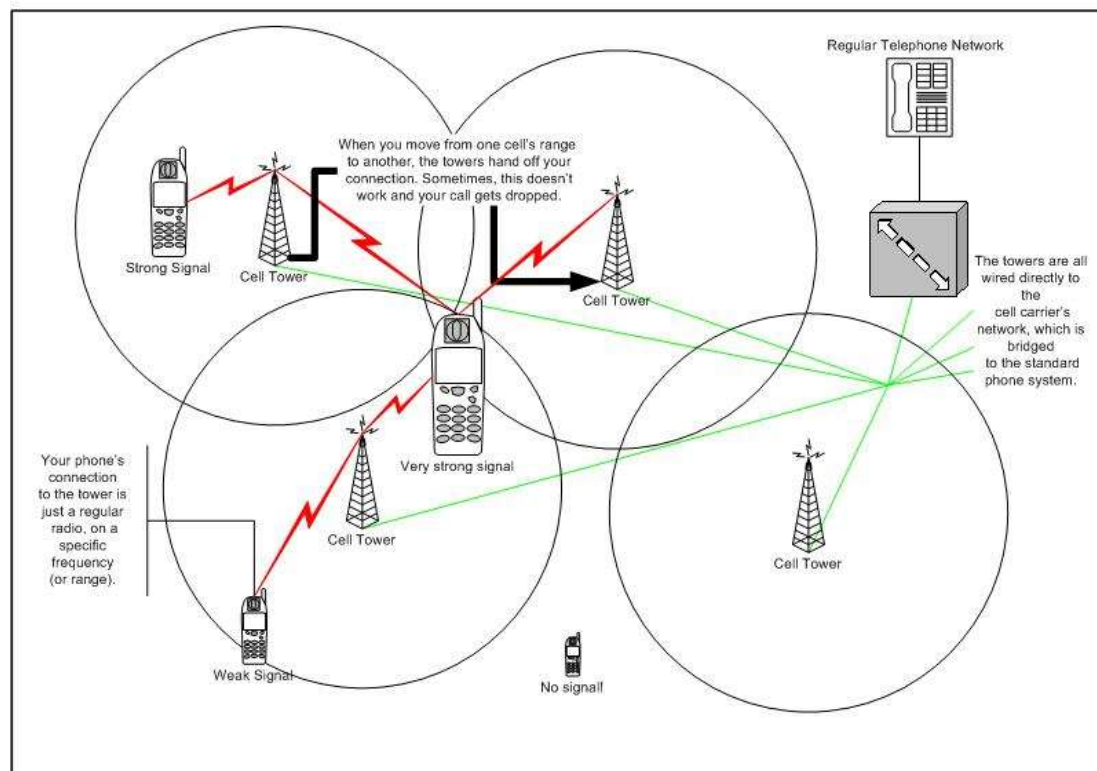


图3 手机信号传输



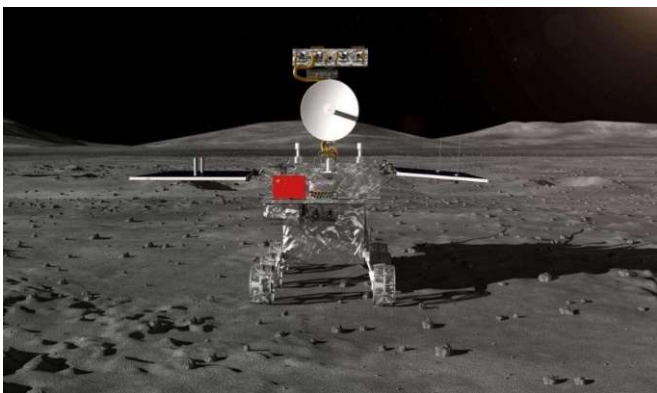
1.1.2 人工智能与电路

人工
智能

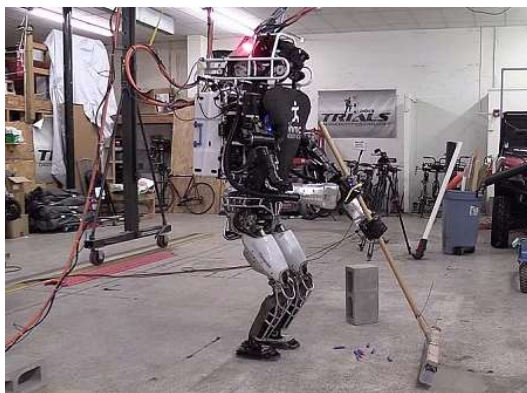
数据：例如深度学习中用于训练的数据，商业行为、图像、语音

算法与架构：出色的数学（统计、概率）能力、软件编程能力

硬件支持：算法的硬件实现、高性能计算平台、适应工业化实际环境



玉兔二号月球车



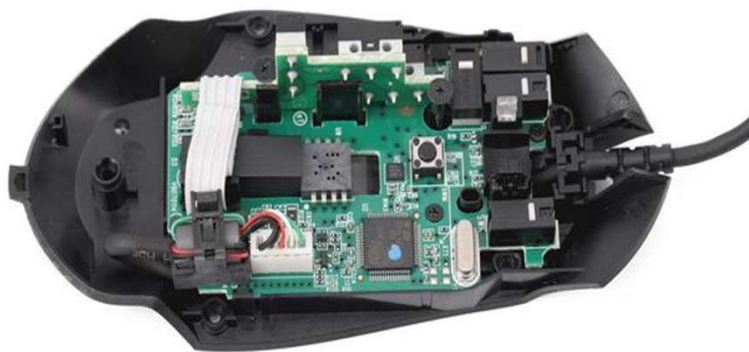
智能双足机器人



北大创新工厂智能结算机



1.1.3 电路和电路模型



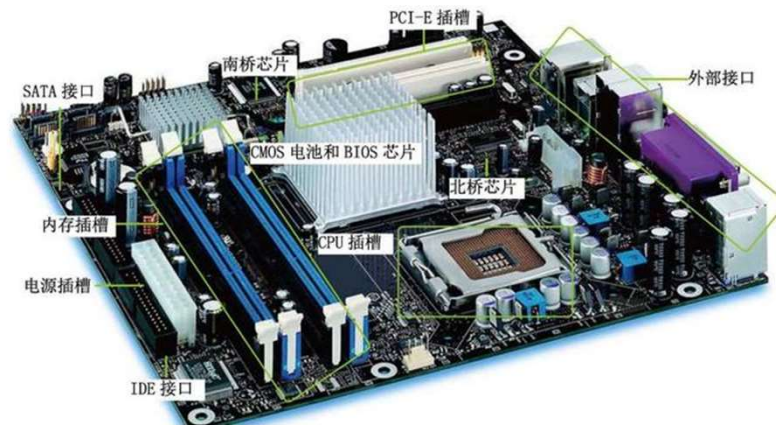
鼠标电路



高压电弧放电电路



美的微波炉电路



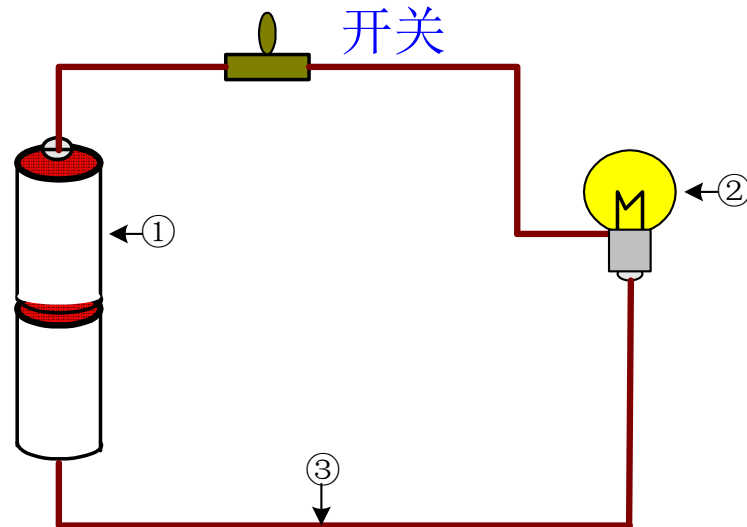
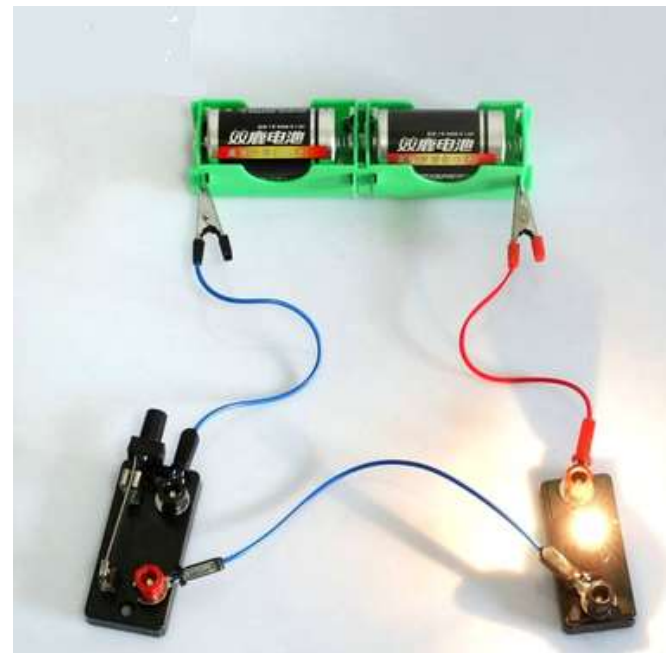
计算机主板



一、最简单的电路

- ①提供电能的能源,简称**电源**;
- ②用电装置,统称其为**负载**。它将电源提供的能量转换为其他形式的能量;或者完成信号的处理和计算。
- ③连接电源与负载的金属导线,简称**导线**。

电源、负载、导线是任何实际电路都不可缺少的三个组成部分。

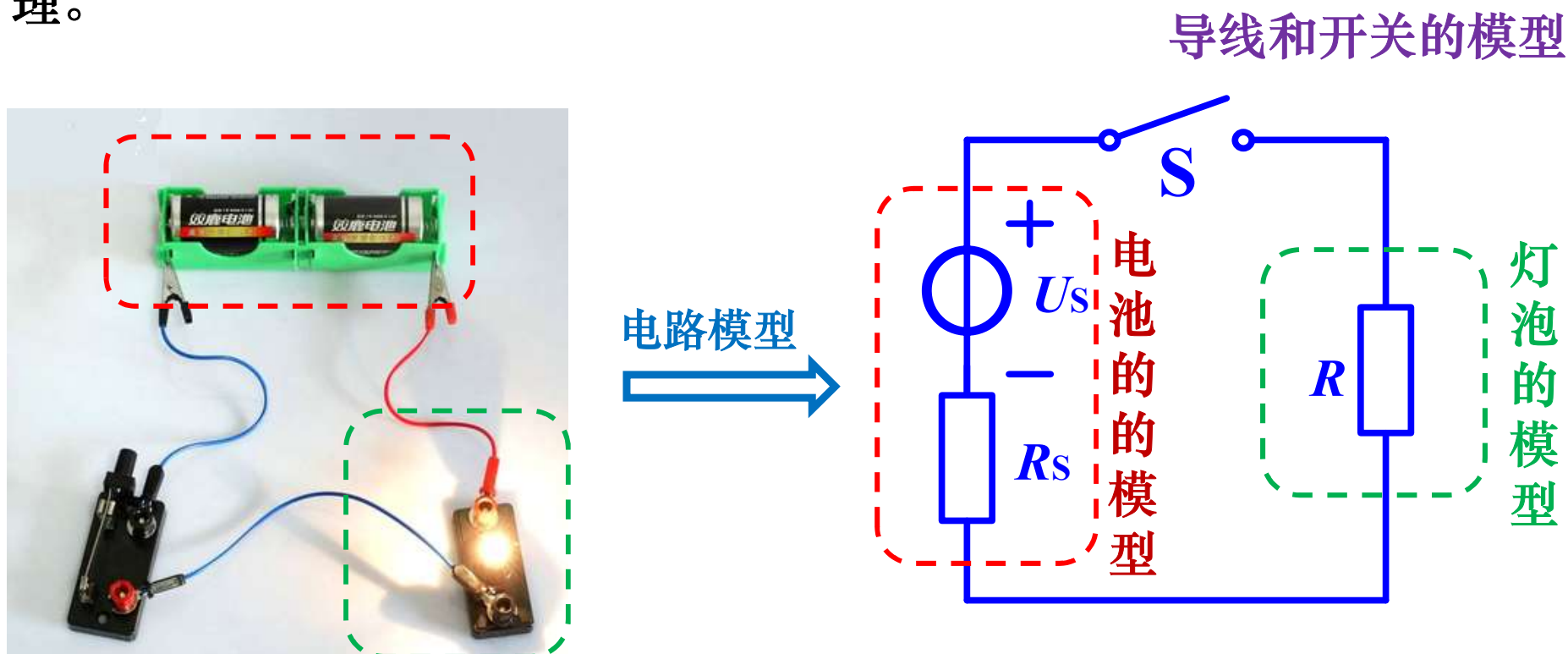


简单的手电筒电路



二、电路模型

- (1) 分析物理系统，要用数学模型（器件模型、电路模型）描述该系统。
- (2) 电路分析理论研究的对象不是实际电路，而是对数学模型的分析 and 处理。



将实际电路中各个器件用其器件模型表示，就得到实际电路的**电路模型**，也称为**电路图**。



导线和开关的模型:



理想导线和开关不消耗能量，没有电阻

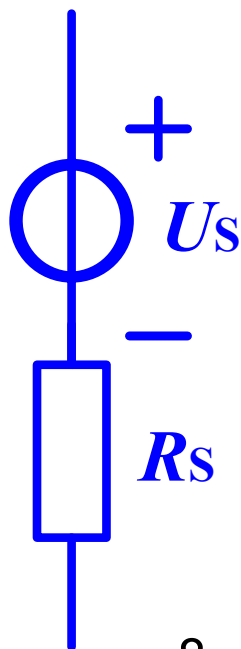
灯泡的模型:



只消耗电能

理想电阻元件模型

电源(电池)的模型:



理想电压源内阻的串联

理想电压源：提供能量

内阻：真实电源内部的电阻，通常值较小。



三、几种常见的理想化元件模型

(1)理想电阻元件：只消耗电能（如电阻器、灯泡、电炉）

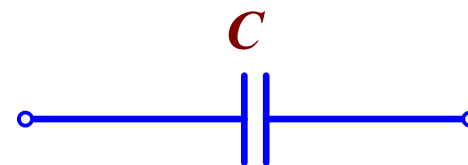
耗能都集中于电阻元件



理想电阻元件模型

(2)理想电容元件：只储存电能（如各种电容器）

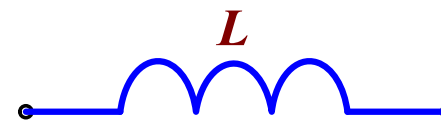
电能只集中于电容元件



理想电容元件模型

(3)理想电感元件：只储存磁能（如各种电感线圈）

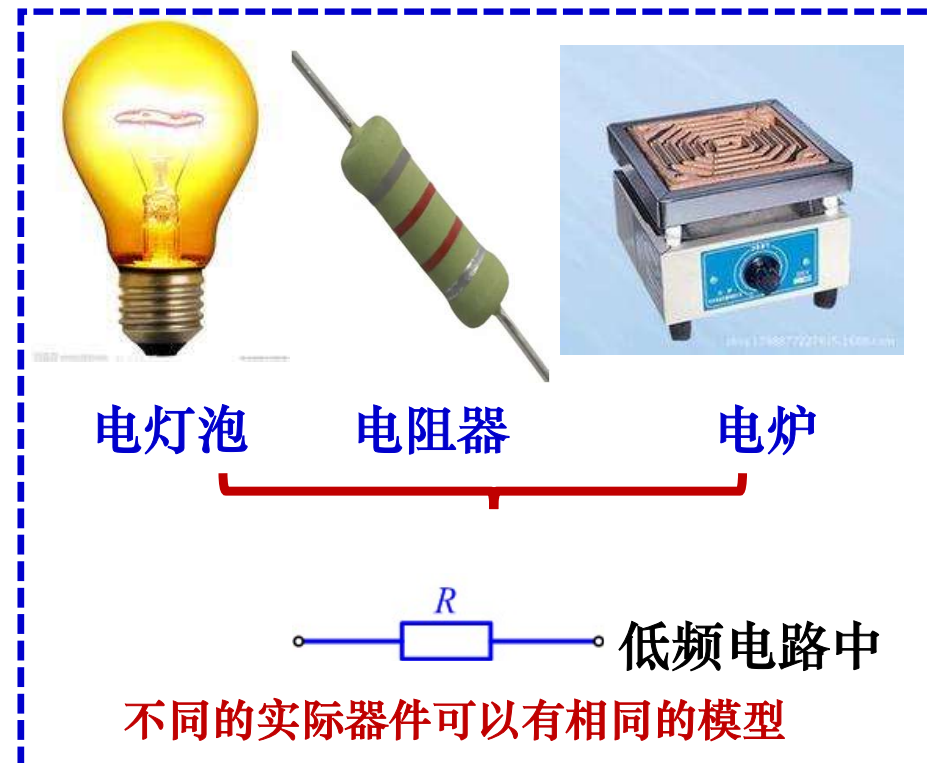
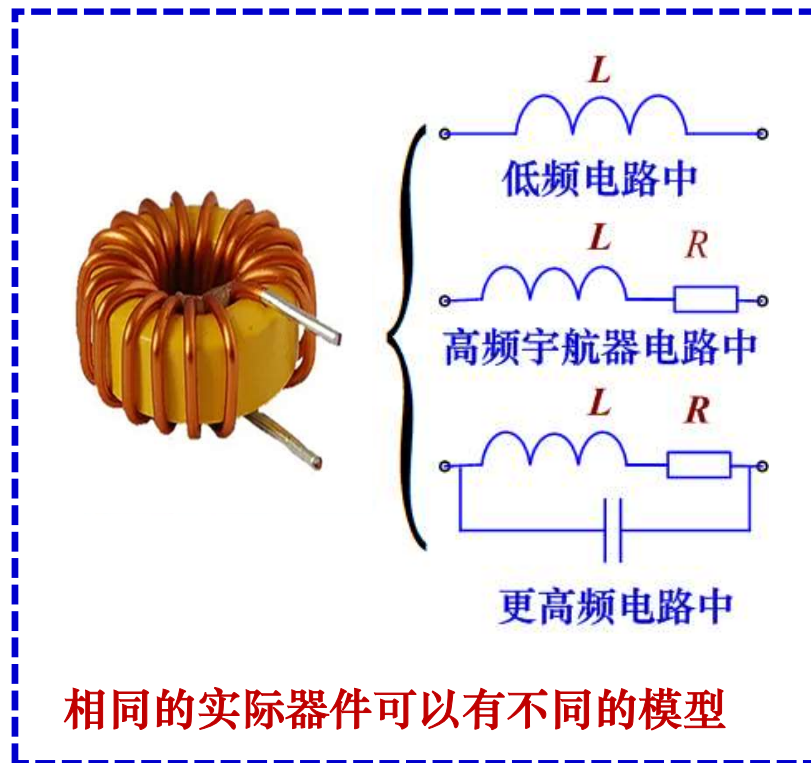
磁能只集中于电感元件



理想电感元件模型



一个实际电路可能有多个电路模型？





四、电磁波的范围

频率 f	赫兹			千赫兹			兆赫兹			吉赫兹			千吉赫兹			兆吉赫兹		
	3	30	300	3	30	300	3	30	300	3	30	300	3	30	300	3	30	300
频段	极低频	超低频	特低频	甚低频	低频	中频	高频	甚高频	特高频	超高频	极高频	至高频						
													红外线			紫外线		X射线
	无线电波															可见光		Y射线
波段									微波									
	极长波	超长波	特长波	甚长波	长波	中波	短波	米波	分米波	厘米波	毫米波	丝米波						
波长 λ	10	1	100	10	1	100	10	1	100	10	1	100	10	1	100	10	1	
	千公里			千米			米			毫米			微米			纳米		

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

美的微波炉微波部分电路的工作频率是多少？

你的手机天线部分电路的工作频率是多少？

你的话筒拾音电路的工作频率是多少？



1.2 电路分类

1.2.1 集总参数电路(lumped circuit)与分布参数电路(distributed circuit)

实际电路的几何尺寸远小于其工作时电磁波的波长 λ 时，可以认为传送到电路各处的电磁能量同时到达，整个电路可以看成电磁空间的一个点。

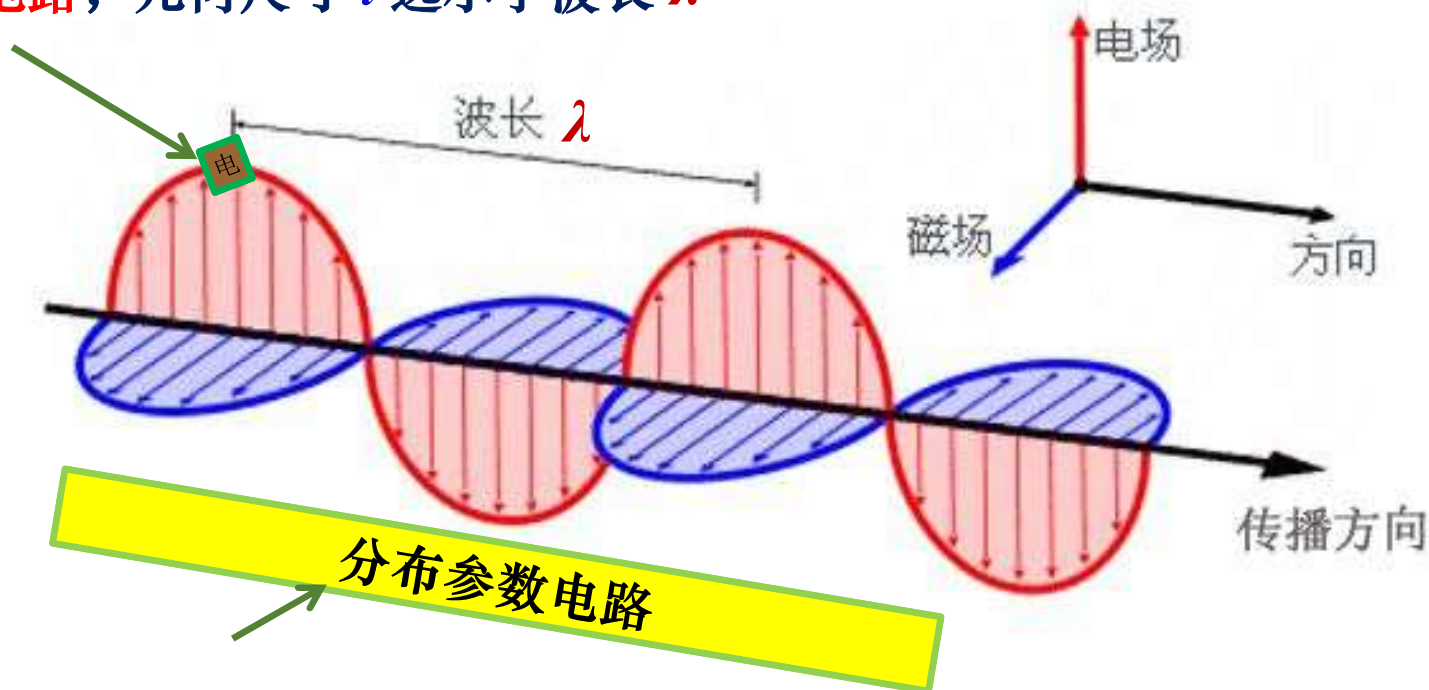
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

----- 光速 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
----- 频率

此时，可以认为该电路是一个集总参数电路。



集总参数电路，几何尺寸 l 远小于波长 λ



分布参数电路，几何尺寸 l 与波长 λ 相当

集总参数电路满足的条件 $l \ll \lambda$

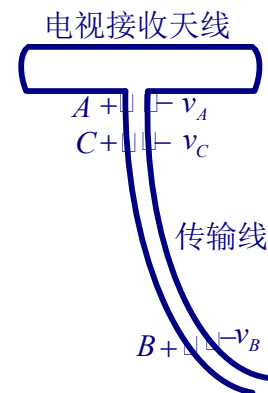
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \begin{array}{l} \text{-----} \text{ 光速} \\ \text{-----} \text{ 频率} \end{array}$$



电路几何尺寸远小于其工作时电磁波波长 λ 的电路称为**集总参数电路**，
否则称为**分布参数电路**。

例1 电力输电线，其工作频率为50Hz，相应波长为6000km，**30km长的输电线**，可以看作是 **集总参数电路**

例2 对于电视天线及其传输线来说，其工作频率为 10^8Hz 的数量级，如 10频道，其工作频率约为200MHz，相应工作波长为1.5m，此时**0.2m长的传输线**是 **分布参数电路**

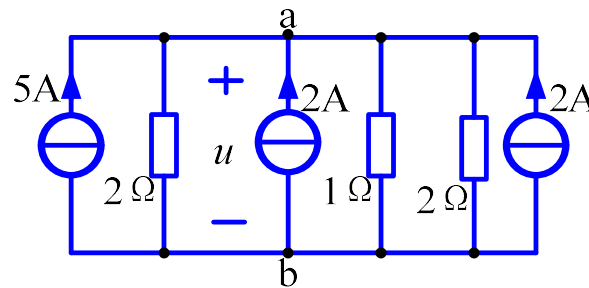




1.2.2 线性电路(linear circuit)与非线性电路(nonlinear circuit)

若描述电路特性的所有方程都是**线性代数方程或微积分方程**，则称这类电路是线性电路；否则为非线性电路。

$$\begin{cases} u = ti \\ i_2 = 2 \frac{du}{dt} \\ 2u - 3i_2 + i_1 = 0 \end{cases}$$



非线性电路在工程中应用更为普遍，线性电路常常仅是非线性电路的近似模型。但**线性电路理论**是分析非线性电路的基础。



1.2.3 时不变电路(time-invariant circuit)与时变电路(time-varying circuit)

时不变电路指电路中除电源外，元件的参数值不随时间变化(**时不变元件**)的电路；描述它的电路方程是**常系数**的代数或微积分方程。反之，由**变系数方程**描述的电路称为**时变电路**。

$$\begin{cases} u = 2i_1 \\ i_2 = 2 \frac{du}{dt} \\ 2u - 3i_2 + i_1 = 0 \end{cases}$$



时不变电路是最基本的电路模型，是研究时变电路的基础。



1.2.4 动态电路(dynamic circuit)与电阻电路(resistance circuit)

动态电路指电路中含有储能元件，如电感或电容。分析动态电路就要用到**微积分方程**。

电阻电路是指电路中不包含任何储能元件。分析电阻电路只需要用到**代数方程**，相对比较简单。

本书主要讨论**集总**参数电路中的**线性时不变**电路；前半部分是电阻电路，后半部分是动态电路。



1.2.5 有源电路(Active circuit)与无源电路(Passive circuit)

这里所说的无源/有源电路，是指无源/有源子电路。

所谓的无源/有源子电路，是说一个二端子电路是否能对外提供能量。

在任何情况下都不可能提供能量的电路称为无源子电路。

在某种情况下能够提供能量的电路称为有源子电路。