6.002 电路与电子学

集总电路抽象介绍

课前说明：

- 讲师：**Prof. Anant Agarwal**
- 教材：**Agarwal&Lang(A&L)**
- 仔细阅读所发资料第三页
- 课程任务：

  课后作业练习

  实验

  随堂考试

  期末考试

- 作业中可有两次不做（作业 **11** 除外）
- 对互相协作的要求

  课后作业

    可以与其他人合作，但不准抄袭

  实验

    可以两人结组完成，但自己完成实验报告
- 所发资料上的信息
- 今天需要阅读的内容——

  教材第一章

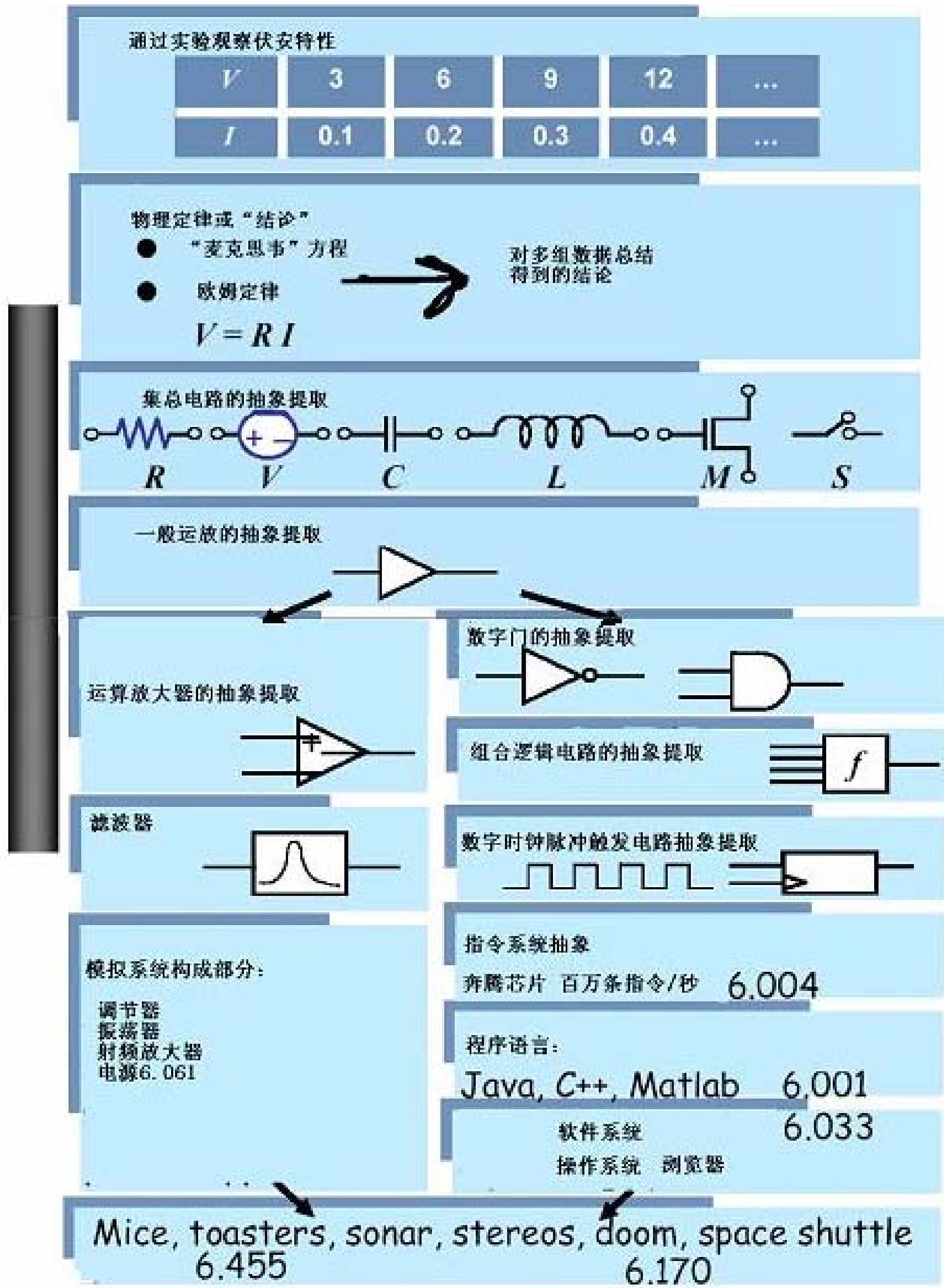
“工程”是什么 ？

对科学知识进行有目的的应用。

6.002 讲的是什么内容?

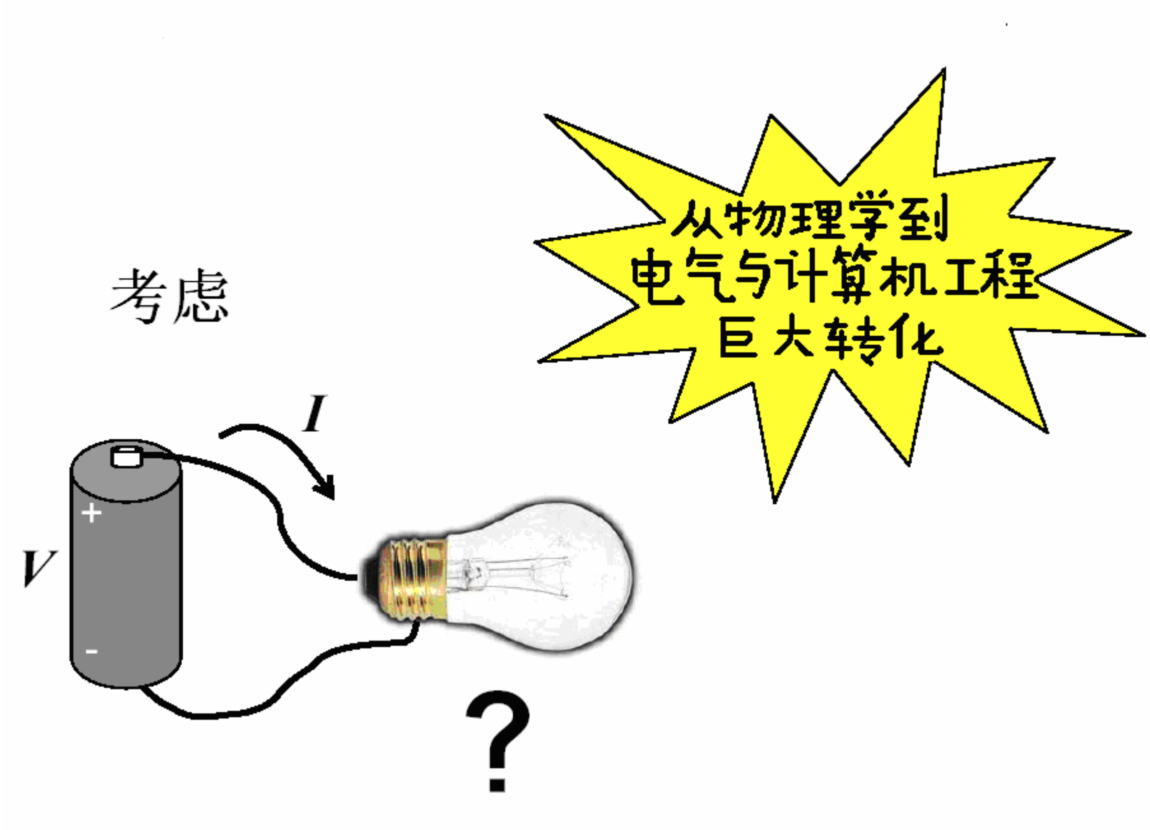
有效运用麦克斯韦方程式

从电子到数字门再到运算放大器。



通过实验观察伏安特性
V 3 6 9 12 …
I 0.1 0.2 0.3 0.4 …
物理定律或“结论”
“麦克思韦”方程
欧姆定律
V = R I
对多组数据总结得到的结论
集总电路的抽象提取
R V C L M S
一般运放的抽象提取
运算放大器的抽象提取
数字门的抽象提取
组合逻辑电路的抽象提取
f
滤波器
数字时钟脉冲触发电路抽象提取
模拟系统构成部分：
调节器
振荡器
射频放大器
电源6.061
指令系统抽象
奔腾芯片 百万条指令/秒 6.004
程序语言：
Java, C++, Matlab 6.001
软件系统 6.033
操作系统 浏览器
Mice, toasters, sonar, stereos, doom, space shuttle
6.455
6.170

集总电路抽象



如果我们希望回答下面问题：
流过灯泡的电流多大？

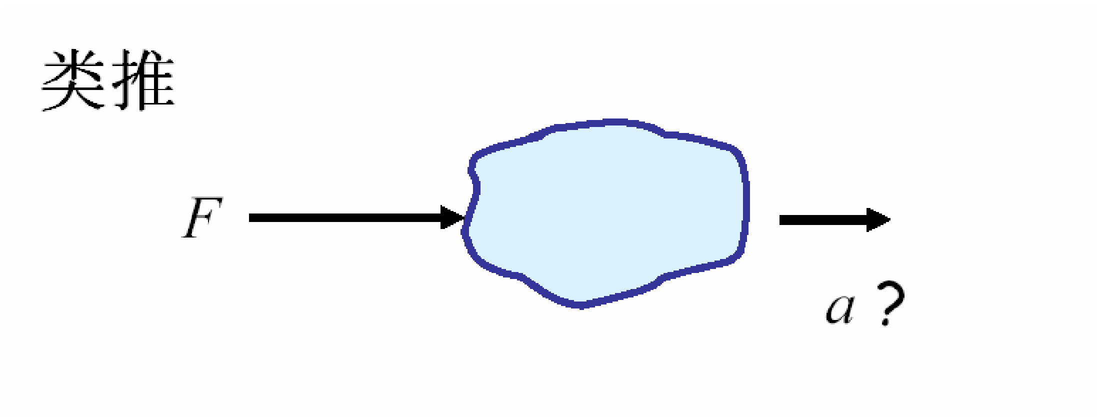
我们可以用较复杂的方法求解：

运用“麦克斯韦方程”

	微分形式	积分形势
法拉第电磁感应定律	$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$	$\oint E \cdot dl = -\frac{\partial \phi_B}{\partial t}$
环路定理	$\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$	$\oint J \cdot dS = -\frac{\partial q}{\partial t}$
其他	$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$	$\oint E \cdot dS = \frac{q}{\varepsilon_0}$
	$\vdots$	$\vdots$

同时，还有一个简单的方法：

首先，让我们先来建立一个认知：



如果我问：加速度多大？
你会反问：质量是多少？
如果告知：质量为 **m**

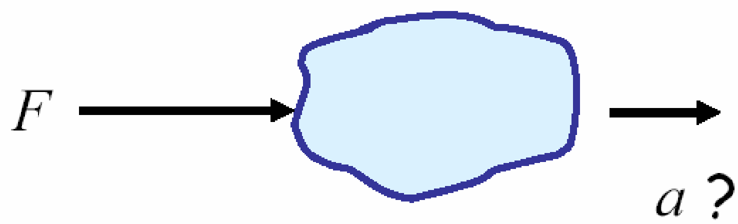
你会立即回答： $a = \dfrac{F}{m}$

完成！！！

同时，还有一个简单的方法：

首先，让我们先来建立一个认知：

类推



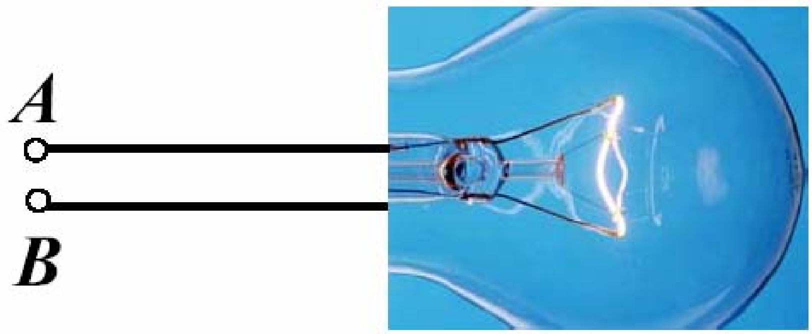
这样做，你忽略了：

- 物体的形状
- 物体的温度
- 物体的颜色
- 受力点

→ 质点离散化

简单的方法……

考虑灯泡的灯丝



们并不关心

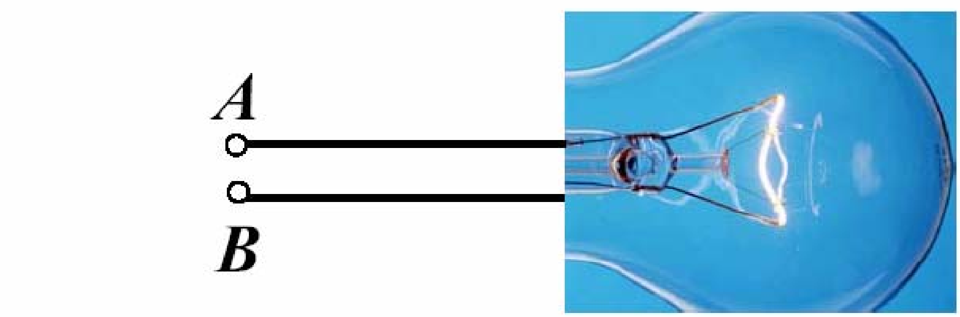
- ●电流是如何从灯丝流过的
- ●电流的温度、形状、方向等

这样，为了计算电流我们以一个

分立元件电阻

来代替灯泡。

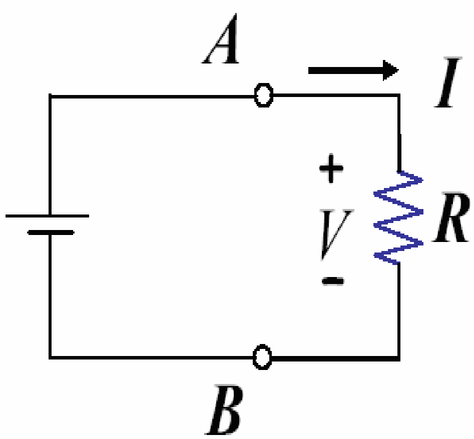
简单的方法……



这样，为了计算电流我们以

一个独立电阻

来代替灯泡。



$$I = \frac{V}{R}$$

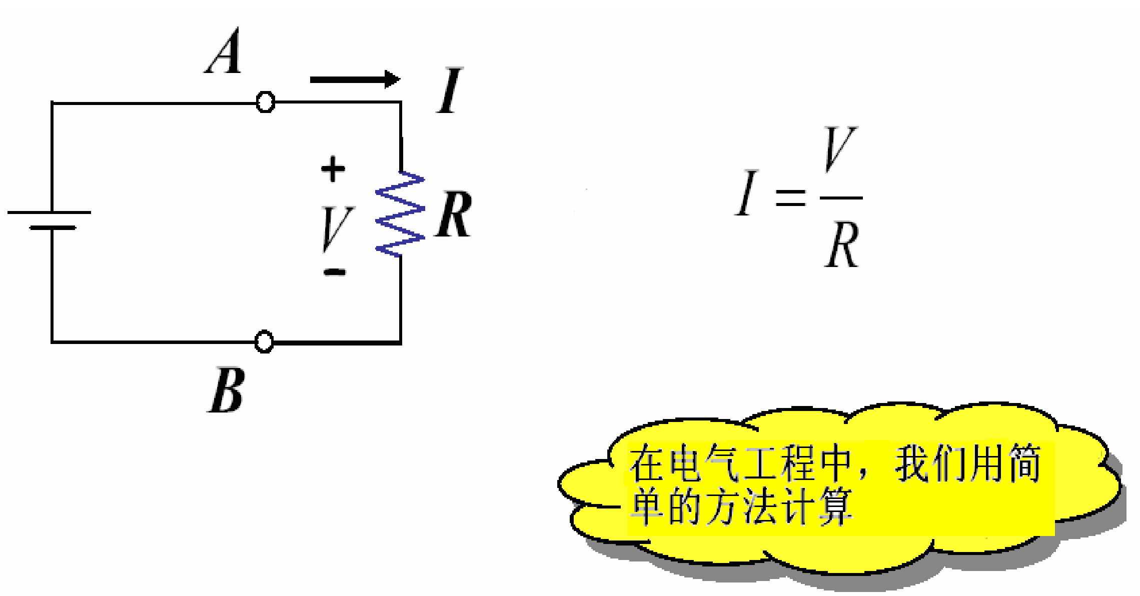
在电气工程中，我们用简单的方法计算

R 代表我们唯一感兴趣的特性。

就像质点：用质量 **m** 代替物体来求得

$$a = \frac{F}{m}$$

简单的方法……



R 代表我们唯一感兴趣的特性。

R 元件的电压和电流有以下关系：

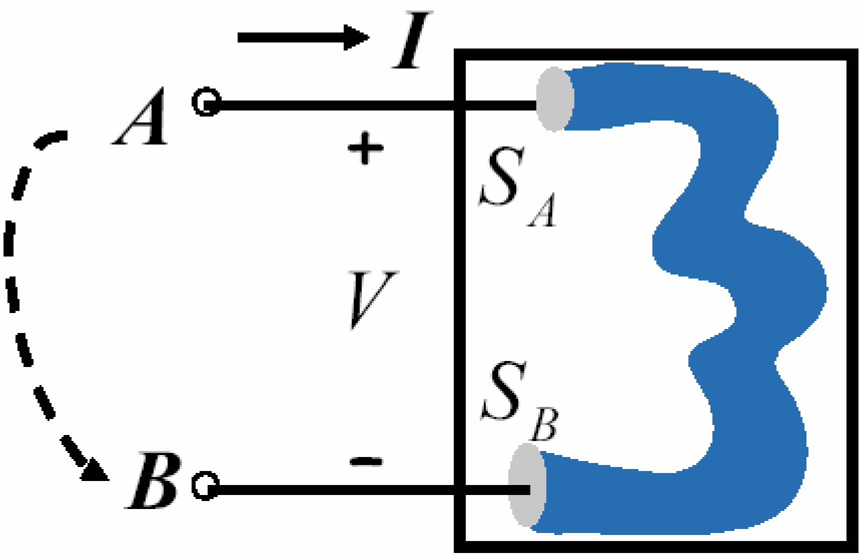
$$I = \frac{V}{R}$$

称为元件的伏安关系特性

R就是对灯泡的集总元件抽象

R就是对灯泡的集总元件抽象

可是还不要着急

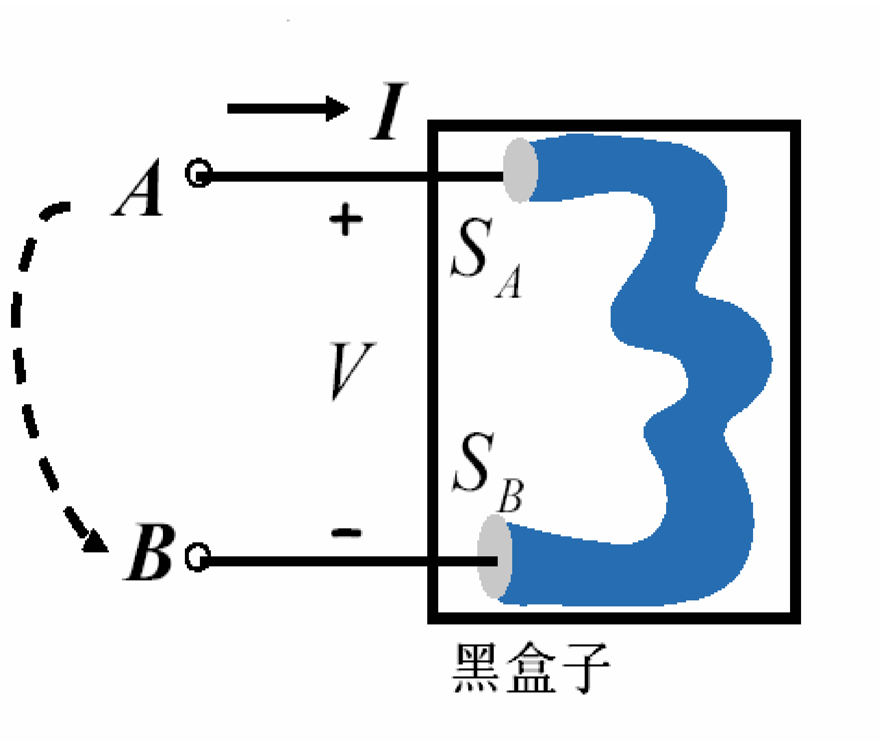


黑盒子

虽然我们在以后的课程中将运用集总抽象这种较简单的分析方法，但我们首先要确定这种方法是合理的。既然这样

就要确定 $\boxed{V}$ $\boxed{I}$

对于元件是有定义的。



元件的

$\boxed{V}$ $\boxed{I}$

必须定义

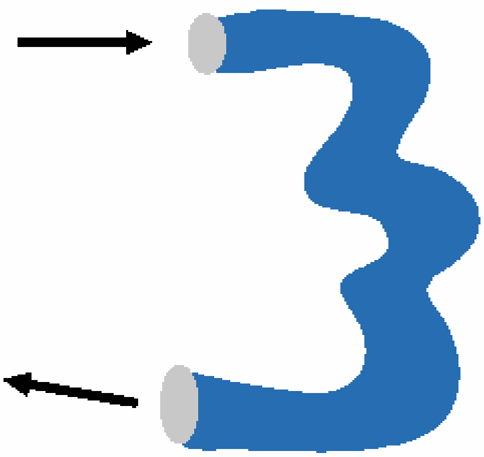
$\boxed{I}$ 必须被定义。

若

$$I \text{ 流入 } S_A = I \text{ 流出 } S_B$$

仅仅在灯丝内当 $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$ 时是正确的。

$$\int_{S_A} J \cdot dS$$



$$\int_{S_B} J \cdot dS$$

由麦克斯韦方程

$$\underbrace{\int_{S_A} J \cdot dS}_{I_A} - \underbrace{\int_{S_B} J \cdot dS}_{I_B} = \frac{\partial q}{\partial t}$$

$I_A = I_B$ 只有 $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$

我们假设该条件成立

$\boxed{V}$ 也必须被定义

看

A & L

因此我们也来假设

V_{AB} 被定义仅当 $\dfrac{\partial \phi_B}{\partial t} = 0$

因此在元件外部 $V_{AB} = \int_{AB} E \cdot dl$

集总问题规定 (LMD)

或自身强制约束

- $\dfrac{\partial \phi_B}{\partial t} = 0$ 元件外部
- $\dfrac{\partial q}{\partial t} = 0$ 元件内部 灯泡 电线，电池

更多参看L&A的第一章

当元件符合集总问题规定时，集总电路抽象可应用

演示 → 对于集总元件实例
其特性完全符合
伏安关系

作为电气工程师我们只对这种问题感兴趣

演示 →

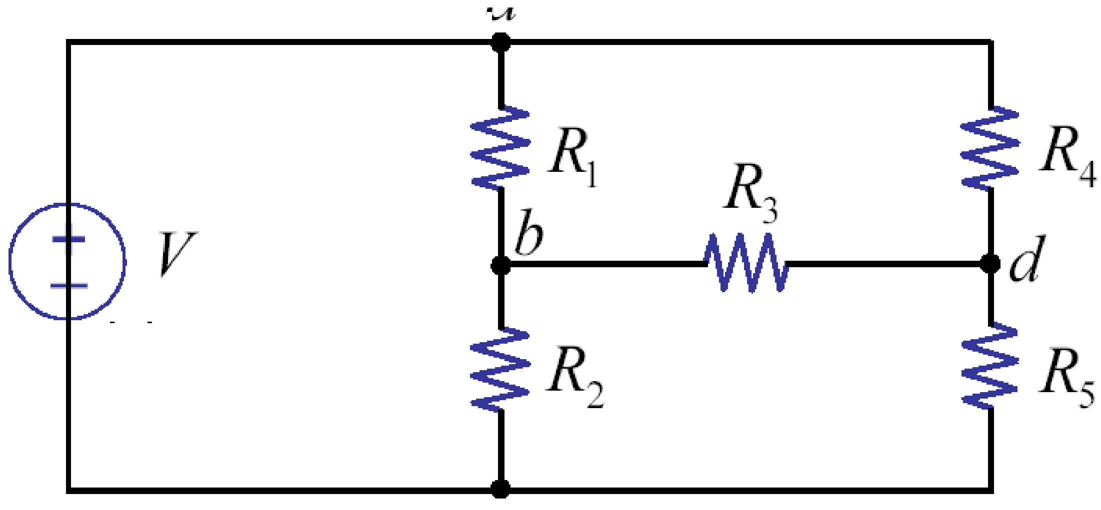
非线性电阻说明
→ 对此并不适用

附加说明
→ 对光烟等不适用

那么，这给我们带来什么好处呢？

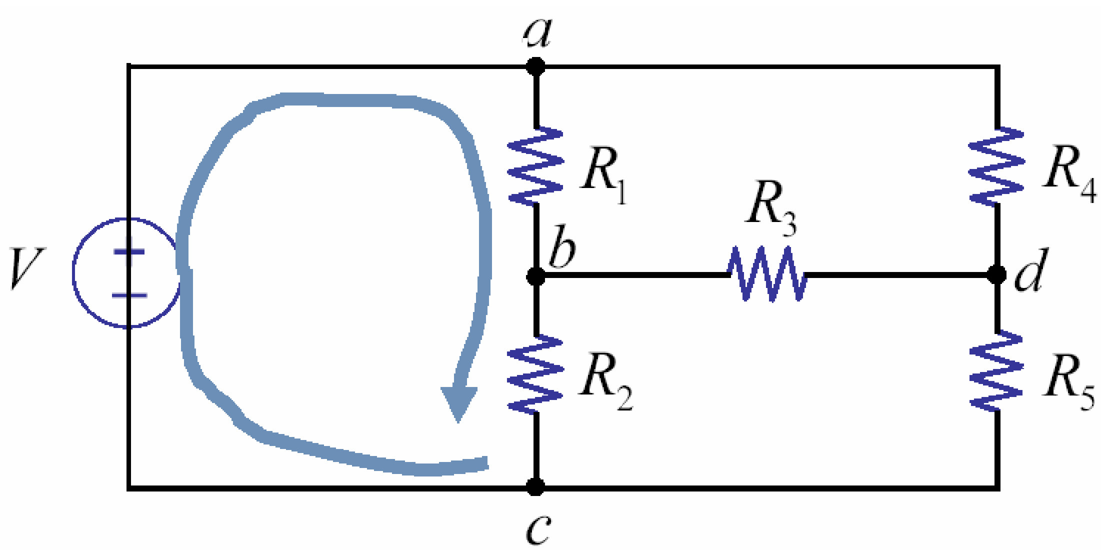
使用集总电路抽象（**LCA**），以简单的代数代替了微分方程。

例如：



在集总问题规定下，电压循环一周满足什么关系呢？

在集总问题规定下，电压循环一周满足什么关系呢？



$$\oint E \cdot dl = -\cancelto{0}{\frac{\partial \phi_B}{\partial t}}$$ under DMD

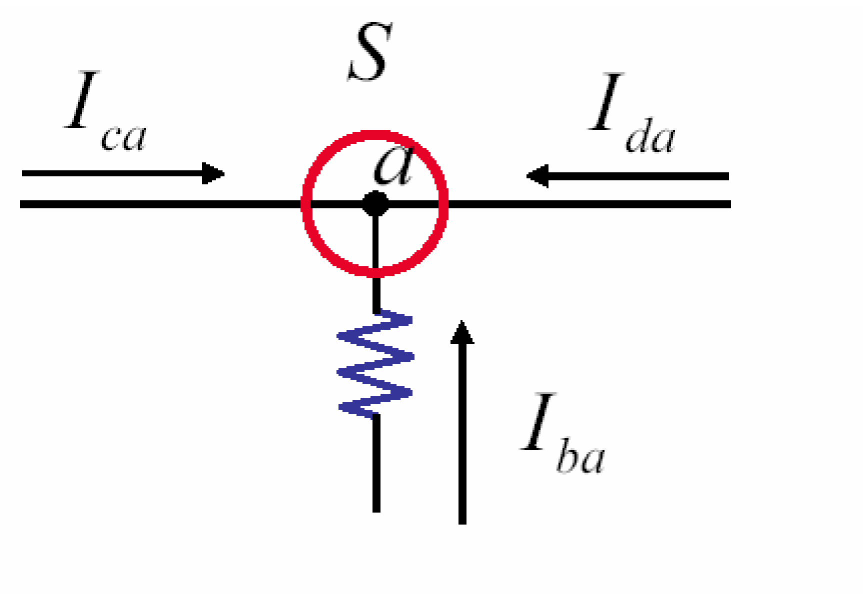
$$\Rightarrow \int_{ca} E \cdot dl + \int_{ab} E \cdot dl + \int_{bc} E \cdot dl = 0$$

$$\Rightarrow + V_{ca} + V_{ab} + V_{bc} = 0$$

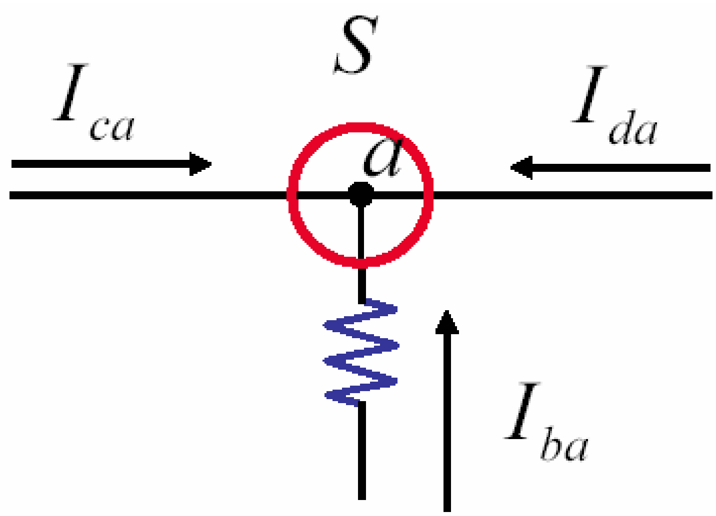
基尔霍夫电压定律：（KVL）
集总参数电路中延任一回路电压之和为零

电流有什么特性呢？

考虑



电流有什么特性呢?



$$\oint_S J \cdot dS = -\cancel{\frac{\partial q}{\partial t}}$$

under LMD
0

$$\Longrightarrow I_{ca} + I_{da} + I_{ba} = 0$$

基尔霍夫电流定律:(**KCL**)
在集总参数电路的任一点，流入的电流之和等于零。

简言之便是电荷守恒。

KVL 和 KCL 总结：

KVL:

$$\sum_j v_j = 0$$

回路

KCL:

$$\sum_j i_j = 0$$

节点