

附：模拟电路与数字电路自学考试大纲

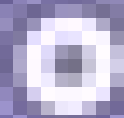
模拟电路与数字电路

组编 / 全国高等教育自学考试指导委员会
主编 / 王佩珠 张惠民

全国高等教育自学考试指定教材

计算机及应用专业 (专科)

出版社



Vertical text on the right side of the page, possibly a title or header.

Vertical text on the right side of the page, possibly a title or header.



全国高等教育自学考试指定教材

计算机及应用专业（专科）

模拟电路与数字电路

（附：模拟电路与数字电路自学考试大纲）

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

王佩荣 张惠民 主编

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模拟电路与数字电路 / 王佩珠, 张惠民编著. —北京: 经济科学出版社, 2000.5
ISBN 7-5058-2160-1

I. 模… II. ①王… ②张… III. ①模拟电路-高等学校-教材 ②. 数字电路-高等学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 19058 号

责任编辑: 戴小敏
责任校对: 杨晓莹 董蔚挺
版式设计: 代小卫
技术编辑: 董永亭

模拟电路与数字电路

(附: 模拟电路与数字电路自学考试大纲)

王佩珠 张惠民 主编

经济科学出版社出版

社址: 北京海淀区万泉河路 66 号 邮编: 100086

总编室电话: 62541886 发行部电话: 62568485

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: esp@public2.east.net.cn

北京市鑫鑫印刷厂印刷

787×1092 16 开 23 印张 560000 字

2000 年 4 月第一版 2000 年 4 月第一次印刷

印数: 001-10100 册

ISBN 7-5058-2160-1/F·1552 定价: 31.00 元

(图书出现印装问题, 请与当地教材供应部门调换)

(版权所有 翻印必究)

组编前言

当您开始阅读本书时，人类已经迈入了二十一世纪。

这是一个变幻难测的世纪，这是一个催人奋进的时代。科学技术飞速发展，知识更替日新月异。希望、困惑、机遇、挑战，随时随地都有可能出现在每一个社会成员的生活之中。抓住机遇，寻求发展，迎接挑战，适应变化的制胜法宝就是学习——依靠自己学习，终生学习。

作为我国高等教育组成部分的自学考试，其职责就是在高等教育这个水平上倡导自学、鼓励自学、帮助自学、推动自学，为每一个自学者铺就成才之路。组织编写供读者学习的教材就是履行这个职责的重要环节。毫无疑问，这种教材应当适合自学，应当有利于学习者掌握和了解新知识、新信息，有利于学习者增强创新意识、培养实践能力、形成自学能力，也有利于学习者学以致用、解决实际工作中所遇到的问题。具有如此特点的书，我们虽然沿用了“教材”这个概念，但它与那种仅供教师讲、学生听，教师不讲、学习不懂，以“教”为中心的教科书相比，已经在内容安排、形式体例、行文风格等方面都大不相同了。希望读者对此有所了解，以便从一开始就树立起依靠自己学习的坚定信念，不断探索适合自己的学习方法，充分利用已有的知识基础和实际工作经验，最大限度地发挥自己的潜能，以达到学习的目标。

欢迎读者提出意见和建议。

祝每一位读者自学成功。

全国高等教育自学考试指导委员会

1999.5

编者的话

模拟电路与数字电路是根据高等教育自学考试计算机及应用专业（专科段）考试计划及“模拟电路与数字电路自学考试大纲”编写的，作为高等教育自学考试计算机及应用专业（专科段）“模拟电路与数字电路”课程的自学教材。数字电路技术是计算机硬件技术的基础，“模拟电路与数字电路”课程是计算机应用专业的一门基础课程，它为学习后继计算机专业课程及从事计算机应用奠定了基础。

本教材由上、下两篇及附录共三部分组成，上篇第1~3章为电路分析基础部分，第4~9章为模拟电路部分；下篇第1~7章为数字逻辑电路部分。电路分析基础部分，主要介绍电路的基本概念、基本定律、基本分析方法及一般交直流电路的计算方法，这部分内容是学习模拟电路及数字电路的必备基础。模拟电路部分，主要介绍常用半导体二极管和三极管的特性参数，以及基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器、功率放大器、集成直流稳压电源的工作原理及应用，这部分的重点是线性集成电路。数字逻辑电路部分，以典型的数字逻辑单元电路、功能部件为例，介绍与分析数字逻辑电路有关的基本概念、基本理论和基本方法，典型组合逻辑电路和时序逻辑电路的分析方法，简单逻辑电路的设计方法，这部分的重点是数字逻辑电路的外特性、逻辑功能和典型应用的分析。

本书的附录附上“半导体器件型号命名”、“常用半导体器件的参数”、“电阻器的色环标志”等内容，便于自考生查阅。

鉴于自考生的教学特点，本教材对基本概念、基本理论和基本分析方法做了尽可能详尽的阐述，并通过大量例题进一步说明基本理论在实际中的应用。

本教材由全国高等教育自学考试指导委员会电子电工与信息类专业委员会指导编写和组织审稿。

教材上篇由西安交通大学王佩珠编写，西安理工大学许开君教授（主审），西安交通大学何金茂教授、西北纺织工学院徐国成教授参审。下篇由华东理工大学张惠民编写，上海交通大学陈铁年教授（主审），华东理工大学杨明福教授、上海师范大学俞时权教授参审。6位教授仔细审阅了书稿，并提出了宝贵的意见。教材下篇编写过程中，主要参考了东南大学皇甫正贤教授编写的《数字集成电路基础》。在此，编者向全国高等教育自学考试指导委员会电子电工与信息类专业委员会、审阅教材的各位教授及参考教材编者表示诚挚的感谢。另外，凌玉华、陈定中在教材下篇的书稿整理和录入方面做了大量的工作，在此一并致谢。

编者

1999年10月于西安交通大学

目 录

模拟电路与数字电路

上篇 电路分析基础与模拟电路

第1章 电路的基本概念及基本定律	(3)
1.1 电路及其组成	(3)
1.2 电流、电压、电动势及其参考方向	(4)
1.3 欧姆定律、电阻及电导	(7)
1.4 焦耳—楞次定律、电功率	(8)
1.5 电气设备的额定值及电路的工作状态	(10)
1.6 基尔霍夫定律	(13)
1.7 电阻的串联和并联	(17)
1.8 电路中的电位及其计算	(20)
习题1	(21)
第2章 电路的基本分析方法	(24)
2.1 电压源和电流源及其等效变换	(24)
2.2 节点电压法	(29)
2.3 叠加原理	(31)
2.4 等效电源定理	(33)
2.5 负载获得最大功率的条件	(36)
习题2	(37)
第3章 单相交流电路	(39)
3.1 正弦交流电的基本概念	(39)
3.2 正弦交流电的表示	(44)
3.3 单一参数的正弦交流电路	(48)
3.4 非单一参数的正弦交流电路	(58)
3.5 复阻抗的串联和并联	(63)
习题3	(65)
第4章 常用半导体二极管和三极管	(67)

4.1 半导体	(67)
4.2 PN 结	(69)
4.3 二极管	(71)
4.4 稳压管	(73)
4.5 晶体管	(75)
4.6 场效应管	(81)
习题 4	(88)
第 5 章 基本放大电路	(90)
5.1 晶体管共发射极放大电路	(90)
5.2 静态工作点的稳定	(101)
5.3 共集电极放大电路—射极输出器	(104)
5.4 多级放大电路及级间耦合	(107)
5.5 差动放大电路	(110)
5.6 场效应管放大电路	(112)
习题 5	(114)
第 6 章 负反馈放大电路	(117)
6.1 负反馈的基本概念	(117)
6.2 负反馈放大电路类型的判别	(118)
6.3 负反馈对放大电路性能的影响	(122)
习题 6	(126)
第 7 章 集成运算放大器	(128)
7.1 集成运算放大器简介	(128)
7.2 集成运算放大器的线性应用	(134)
7.3 集成运算放大器的非线性应用	(142)
7.4 正弦波振荡器电路	(148)
习题 7	(151)
第 8 章 功率放大器	(154)
8.1 功率放大器的特殊问题	(154)
8.2 互补对称功率放大电路	(156)
8.3 集成功率放大器	(162)
习题 8	(164)
第 9 章 集成直流稳压电源	(165)
9.1 单相桥式全波整流电路	(165)
9.2 电容滤波电路	(167)
9.3 直流稳压电路	(168)
9.4 单片集成串联型线性直流稳压电路	(172)
9.5 开关型集成稳压电路	(174)
习题 9	(178)

下篇 数字逻辑电路

第1章 数字电路基础	(183)
1.1 数字电路概述	(183)
1.2 半导体器件的开关特性	(184)
1.3 数制与编码	(187)
习题1	(195)
第2章 逻辑代数与逻辑门电路	(196)
2.1 基本逻辑运算和基本门电路	(196)
2.2 逻辑代数的基本定律及规则	(200)
2.3 集成逻辑门电路.....	(207)
2.4 逻辑函数的化简.....	(216)
习题2	(229)
第3章 组合逻辑电路	(232)
3.1 组合逻辑电路的分析	(232)
3.2 组合逻辑电路的设计	(235)
3.3 组合逻辑电路中的险象及其消除.....	(237)
3.4 中规模集成电路构成的组合逻辑部件	(239)
习题3	(253)
第4章 触发器	(255)
4.1 触发器概述	(255)
4.2 钟控触发器的逻辑功能	(259)
4.3 钟控触发器的触发方式	(264)
4.4 常用集成触发器	(269)
习题4	(271)
第5章 时序逻辑电路	(273)
5.1 时序逻辑电路概述	(273)
5.2 时序逻辑电路分析	(275)
5.3 同步时序逻辑电路设计	(281)
5.4 计算机中常用的时序逻辑电路	(287)
习题5	(297)
第6章 存储器与可编程逻辑器件	(300)
6.1 存储器	(300)
6.2 可编程逻辑器件.....	(308)
习题6	(311)
第7章 脉冲的产生和变换电路	(312)
7.1 555定时器电路及其功能	(312)
7.2 施密特触发器	(313)

7.3 单稳态触发器	(317)
7.4 多谐振荡器	(320)
习题7	(322)
附录一 半导体器件型号命名	(323)
附录二 常用半导体器件的参数	(324)
附录三 电阻器的色环标志	(327)
参考书目	(328)

模拟电路与数字电路自学考试大纲

出版前言	(331)
一、课程性质与设置目的	(333)
二、课程内容与考核目标	(334)
上篇 电路分析基础与模拟电路	(334)
第一章 电路的基本概念及基本定律	(334)
第二章 电路的基本分析方法	(335)
第三章 单相交流电路	(336)
第四章 常用半导体二极管和三极管	(337)
第五章 基本放大电路	(339)
第六章 负反馈放大电路	(340)
第七章 集成运算放大器	(341)
第八章 功率放大器	(342)
第九章 集成直流稳压电源	(343)
下篇 数字逻辑电路	(344)
第一章 数字电路基础	(344)
第二章 逻辑代数与逻辑门电路	(345)
第三章 组合逻辑电路	(346)
第四章 触发器	(347)
第五章 时序逻辑电路	(348)
第六章 存储器与可编程逻辑器件	(348)
第七章 脉冲的产生和变换电路	(349)
实验环节	(350)
三、有关说明与实施要求	(353)
附录 题型举例	(355)
后记	(357)

上 篇

电路分析基础与模拟电路

王佩珠 编著

第 1 章 电路的基本概念及基本定律

1.1 电路及其组成

1.1.1 电路及其组成

把一些电器设备或元器件，按其所要完成的功能用一定方式连接的组合称为电路。它是电流流通的路径。

电路由电源、负载和中间环节三部分组成。

电源可将非电能如化学能、机械能、原子能等转换成电能向电路提供能量。

负载是指电路中能将吸收的电能转换为非电能如电灯、电动机、电热器等用电设备。

中间环节是指将电源与负载连接成闭合电路的导线、开关设备、保护设备等，也常接有测量仪表或测量设备。

任何实际电路是由多种电气元器件所组成，例如最简单的手电筒电路或是一台电视机电路等。电路中各种元器件所表征的电磁现象和能量转换的特征一般都比较复杂，而按实际电气元器件作出电路图有时也比较困难和繁杂，因此，在分析和计算实际电路时，是用理想电路元件及其组合来近似替代实际电气元器件所组成的实际电路。这种由理想元件组成的与实际电气元器件相对应的，并用统一规定的符号表示而构成的电路，就是实际电路的模型，或称模型电路。

所谓理想电路元件，是指在一定条件下忽略了次要因素以后，把电气元件抽象为只含一个参数的理想电路元件，就如书中所讨论的电阻元件 R 、电感元件 L 和电容元件 C 等。

图 1-1 (a) 是按实物作出的手电筒电路的示意图。这是最简单的实际电路。它由电源（干电池）、小电珠（负载）和开关（中间环节）三部分组成。图 1-1 (b) 是它的模型电路，在图中干电池用电动势 E 和内阻 R_0 及规定的图符来表示，如虚线框内所示。负载小电珠则用电阻 R_L 和电阻图符表示。开关则用字母 S 及相应的图符如图 1-1 (b) 中所示。连接导线的电阻值很小，一般都忽略不计而用直线表示。在今后的讨论中，都是以模型电路来代替实际电路而加以分析和计算的。

通常，将电源内部的电路称为内电路，如虚线框内的电路。开关、负载电阻和连接导线则称为外电路。

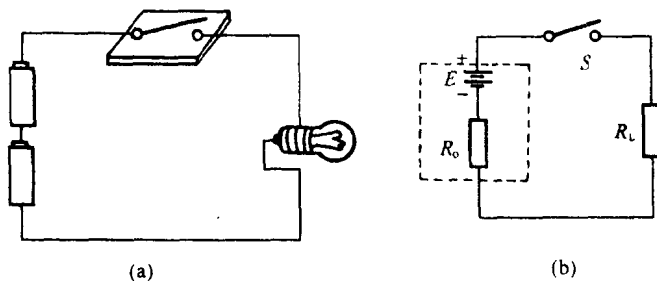


图 1-1 手电筒电路

1.1.2 电路的功能

电路的功能可概括为两大类：一是作为能量的传输或转换，如图 1-1 中，电能通过导线传输给小电珠转换为光能；二是作为实现电信号的传递和处理，例如由计算机控制的自动检测恒温设备中，由热电偶感受温度变化而产生的电动势，通过滤波、放大电路及 A/D（模/数）转换器传送到计算机，经计算机处理后输出的信息，既可由打印机记录现场实时温度，又可驱动执行机构使设备的温度控制在规定的范围内。

1.2 电流、电压、电动势及其参考方向

1.2.1 电流

电流是由电荷作定向运动而形成。习惯上把正电荷运动的方向定为电流的实际方向。

图 1-2 为一段金属导体，负电荷（自由电子）在电场力的吸引下由 b 端向 a 端移动而形成电流，但其效果与等量的正电荷在电场力的作用下由 a 端向 b 端移动是一致的。因此，习惯上把导体中电流的实际方向（真实方向）定为正电荷在电场力作用下运动的方向，即由高电位向低电位运动的方向。在图 1-2 中，导体内电流的方向由 a 端流向 b 端。



图 1-2 电流的真实方向

计量电流大小的物理量称为电流强度，简称电流。电流强度的定义为：单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果任一瞬间，通过导体横截面的电荷量，其大小和方向都不随时间而变化，则电流强度

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

根据国家标准，不随时间变化的恒定物理量用大写字母表示，而随时间变化的物理量则用小写字母表示。因此，式 (1-1) 就是直流电流强度 I 的表示式。

随时间变化的电流其表达式则为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

式中 q 是通过导体横截面随时间而变的电荷量, i 即为瞬时电流值。

在国际单位制 (SI) 中, 电流的单位为安培, 简称安。大型电力变压器中的电流可达几百到上千安培, 而晶体管等电子电路中的电流往往仅为千分之几安培。对于很小的电流可用毫安 (mA) 或微安 (μA) 甚至纳安 (nA) 作单位, 它们的关系是:

$$1 \text{ (A)} = 10^3 \text{ (mA)} = 10^6 \text{ (\mu A)} = 10^9 \text{ (nA)}$$

1.2.2 电压

在图 1-3 中, 电池正极板 a 带正电荷, 负极板 b 带负电荷, 于是在极板 a、b 之间就存在电场。若用导线将电源极板与负载灯泡相联, 则正电荷就在电场力的作用下从 a 板经导线、灯泡移动到 b 板, 形成电流并使灯泡发光, 这说明电场力作了功。为了衡量电场力对电荷作功能力的大小, 引入了电压物理量。其定义为: a、b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于把单位正电荷从 a 点移到 b 点电场力所作的功。用表达式表示为:

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

式中字母都用大写字母表示, 说明 ab 两点间的电压是直流电压。

电压也常用电位差来表示, 即

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-4)$$

式中 U_a 和 U_b 分别为 a、b 两点的电位。在图 1-3 中, 正电荷在电场力作用下从 a 点经负载移到 b 点时, 把电源的电能转换为灯丝的热能, 即电源损失了电能, 说明正电荷在 a 点的电能大于 b 点电能, 或说 a 点电位高于 b 点的电位。可见, 电压的正值就是高电位与低电位的电位差。因此, 我们规定电压的方向就是电位降的方向, 即箭头由高电位端指向低电位端。通常一些教材也常用 “+、-” 表示电位的高、低端。

随时间变化的电压其表达式则为

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-5)$$

式中 q 为 a 点移到 b 点随时间而变的电量, w 为电场力移动电荷 q 所作的功, u_{ab} 即为瞬时电压值。

在国际单位制中, 电压的单位为伏特 (V), 简称伏。把 1 库仑 (C) 的正电荷从 a 点移到 b 点, 电场力所作的功为 1 焦耳 (J), 则 a、b 两点间的电压为 1 伏 (V)。

高电压与微小电压间的关系为

$$1 \text{ (kV)} = 10^3 \text{ (V)}$$

$$1 \text{ (V)} = 10^3 \text{ (mV)} = 10^6 \text{ (\mu V)}$$

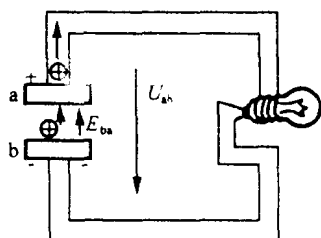


图 1-3 电荷运动回路

1.2.3 电动势

在电场力的作用下，正电荷从高电位 a 点经过负载向低电位 b 点移动，形成电流如图 1-3 所示。正电荷由 a 移到 b 时，就要与 b 极板上的负电荷中和，使两极板间的电场逐步减小到消失，电流也相应要减小到中断。为了使电流持续不断，在 a、b 极板之间必须有一种局外力（非电场力），它能把正电荷从低电位 b 极板通过电源内部推向高电位 a 极板而使 a、b 两电极间始终维持一定的电场强度，电源中的电源力就是完成这个任务的。在图 1-3 中，电源是一个电池，其内部的化学反应所产生的电源力（即局外力或非电场力）使得正电荷由低电位 b 电极通过电源内部被推向高电位 a 电极。由此，电源内部建立了电场，正、负电极间出现了电位差。电路图中用 —|— 表示电动势，左侧较长线段表示电源的正极。

电源力在电源内部不断地把正电荷从低电位点移向高电位点就要克服电场力（阻力作用）作功，才能维持电路中持续不断的电流流通。为了衡量电源力对电荷做功的能力，引入电动势这一物理量。其定义为：电源电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的低电位点 b 经电源内部移到高电位点 a 所作的功。用表达式表示：

$$E_{ba} = \frac{W}{Q} \quad (1-6)$$

式中 Q 是电源内部由电源力移动的电量， W 是电源力所作的功。

比较式 (1-4) 与式 (1-6)，可见电动势与电压具有相同的单位伏特 (V)。

电动势与电压虽然单位相同，但两者物理概念却不同。在电源内部局外力将正电荷从电源负极移到正极作功，是将非电能转化为电能，是使正电荷获得电能而电位升高。因此，电动势的真实方向是由电源内部的负极指向电源的正极，即电位升高的方向。

1.2.4 电流、电压的参考方向

在分析和计算较复杂的电路时，往往难以事先判断电流或电压的实际方向，因而引出了参考方向的概念。参考方向可任意设定，图 1-4 电路中箭头所标方向就是电压和电流的参考方向。电动势的实际方向一般是已知的，由负极指向正极，如图中 E_1 和 E_2 （有时也将所标箭头省略）。电路中设定的电压和电流的参考方向可能与实际方向一致或相反，但不论属于哪种情况，都不会影响电路分析所得结论的正确性。

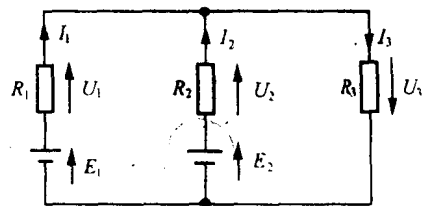


图 1-4 电流、电压的参考方向

按参考方向求解得出的电压和电流值有两种可能。得正值，说明设定的参考方向与实际方向一致，若为负值，则说明参考方向与实际方向相反。必须指出，电路中的电流或电压在未标明参考方向的前提下，讨论电流或电压的正、负值是没有意义的。为分析计算方便，常将电阻两端电压的参考方向与其电流的参考方向设定一致，称关联的参考方向。在图 1-4 中，电阻两端的电压与电流的参考方向，电动势与电流的参考方向都被设定为关联参考方向（注意电源两端的电压与电流却是非关联参考方向）。

例 1-1 在图 1-5 (a) 中, 5 个元件代表了电源或负载电阻, 图中标出了电流和电压的参考方向。

已知: $U_1=100\text{V}$, $U_2=-70\text{V}$, $U_3=60\text{V}$, $U_4=-40\text{V}$, $U_5=10\text{V}$, $I_1=-4\text{A}$, $I_2=2\text{A}$, $I_3=6\text{A}$ 。试标出各电流的实际方向和电压的实际极性。

解: 图 1-5 (a) 中各元件都标出了电流、电压的参考方向, 已知 U_1 、 U_3 、 U_5 、 I_2 和 I_3 的值为正, 这表示实际方向与设定的参考方向一致。 U_2 、 U_4 、 I_1 为负值, 表示实际方向与参考方向相反。因而得出如图 1-5 (b) 中箭头所标各元件的电压、电流的实际方向。电压的方向也可用“+”表示高电位端, 如图 1-5 (b) 中所示。

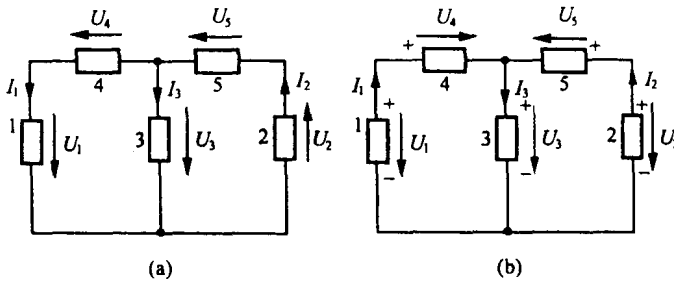


图 1-5 例 1-1 图

1.3 欧姆定律、电阻及电导

1.3.1 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一。它指出电阻流过电流, 会在两端产生电压降, 其值为电阻与电流的乘积。即

$$U = IR \quad (1-7)$$

这一关系, 19 世纪为欧姆所发现。

应用欧姆定律, 需特别注意以下两点:

(1) 电流和电压的实际方向总是一致的, 或两者设为关联参考方向。如图 1-6 (a) 所示, 才可用 (1-7) 式。当两者设为非关联参考方向时, 如图 1-6 (b), 则应该用下式计算

$$U = -IR \quad (1-8)$$

即欧姆定律的公式前要加“负”号。

(2) 欧姆定律仅适用于阻值不随通过的电流或两端电压的变化而变化的电阻电路, 称此电阻为线性电阻或线性电阻电路。严格地说, 绝对的线性电阻是不存在的。但在一定条件下, 当电流或电压在所应用的范围内, 其电阻值相对地保持不变, 则

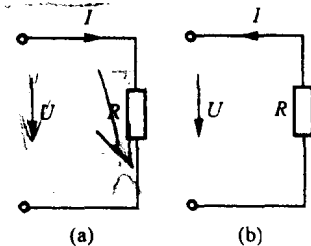


图 1-6 欧姆定律