

# 绪 论

在绪论中,将讨论什么是电路、电路中最常见的两个变量(电流和电压),并基于此介绍电路在信号处理和能量处理两方面的应用、电路元件的建模和分类、看待电路的观点等内容。绪论部分不涉及分析和设计电路的方法,只涉及一些基本变量的定义和很简单的建模思想,但是这给后续若干章节介绍的电路建模、分析和设计方法确立了世界观和话语体系。绪论部分的有些内容在第一次阅读时可能让人觉得莫名其妙,但是在学习后续章节后再返回来看时,会有醍醐灌顶的体会。

## 0.1 电路

**电路** (electric circuit) 是由若干**电气元件** (electrical element) 相互连接构成的电流通路。

### 知识点1

在这个定义中, 电气元件指的是人们在处理能量和信号过程中制作出的各种实际的元器件。

除了上面给出的大众普遍可以理解和接受的广义的电路定义外, 在国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 和我国的国家标准中, 对电路给出了更为严格的狭义的定义<sup>①</sup>, 将对电路的描述数学化, 并且与电磁场建立了紧密的联系。感兴趣并且具备多变量微积分和电磁学知识的读者可以查阅本书附录 A, 以获得相关的信息。

一般来讲, 电路都是人为构成的。人们构成电路的主要目的是处理电能与电信号, 这里所说的处理包括产生、传输、变换和存储等含义。

随着自身能力的发展, 人类不再满足于靠天吃饭或钻木取火。从长期的生产生活和科学研究中人们逐渐认识到, 电能的产生、传输、分配和使用要比其他能源更方便, 因此作为二次能源<sup>②</sup>的电能成为目前人们利用的主要能源形式。电能的产生 (发电)、传输 (输电) 和分配 (配电) 需要借助电路来完成, 这种电路构成了庞大的电力系统。

自古以来, 人们曾寻求各种方法以实现信号的传输。古代战争中的烽火台、鸡毛信、旗语和信号弹等形式曾被广泛使用, 但效率不高, 在传输速度 (有效性) 或抵抗噪声干扰 (可靠性) 等方面都不能令人满意。19 世纪初到 20 世纪初, 人们在研究电信号传输方面取得了重大进展。开始是有线电报和电话, 后来发展到无线电通信以及当代的互联网。这些技术进步的实现主要依靠电路。20 世纪 60 年代, 人们逐渐构建了“信号处理”的全新概念。对信号进行处理的主要目的和作用是通过信号进行加工或变换来削弱信号中的噪声干扰, 选择特征分量, 进行识别和分类等。这些研究同样建立在电路理论应用的基础之上。

**电气工程** (electrical engineering) 就是研究如何利用人为构成的电气装置来处理电能与电信号的工程学科, 有时也简称为**电工程**, 或进一步简称为**电工**<sup>③</sup>。20 世纪初, 电气工程逐渐脱离物理学而成为独立的学科。自 20 世纪 60 年代以来, 计算机科学与技术电气工程学科中发展起来并逐渐成为独立的学科, 不过依然属于广义的电气工程领域。目前, 这个领域中包括电力 (电机) 工程、控制工程、通信工程、电子工程以及计算机科学与技术等众多研究和应用方向。有时, 考虑到广义电气工程涵盖的范围过于庞大, 于是改用其他名称来描述这个领域。对此, 国内外有不同的习惯, 表 0.1.1 示出了这两种归类的方式。当然, 这只是一般习惯的命名方式, 没有统一的标准, 有时不同的人还有不同的理解。

<sup>①</sup> 在 IEC 和国标的定义中, 电路是电路元件组成的路, 路是相互连接的路元件的集, 电路元件是只涉及**电积分量**之间的关系的元件, 路元件是用积分量之间的一个或几个关系来表征的器件的数学模型, 积分量是电磁场相关的量的线、面或体积分。其中的电磁场量包括电场强度、电通量密度、磁场强度、磁通量密度、体电荷密度、电流密度、磁矢量等, 积分量则包括电压、电流、电荷、磁通、磁压、磁链等。

<sup>②</sup> 一般把从自然界中直接获取的能源形式称为一次能源 (如原油、天然气、原煤等), 而把由一次能源加工转换后的其他形式和种类的能源称为二次能源 (如电能、机械能、热能等)。

<sup>③</sup> 这里的电工, 是电气工程的简称, 不是指电工这个职业和从事相关职业的人。

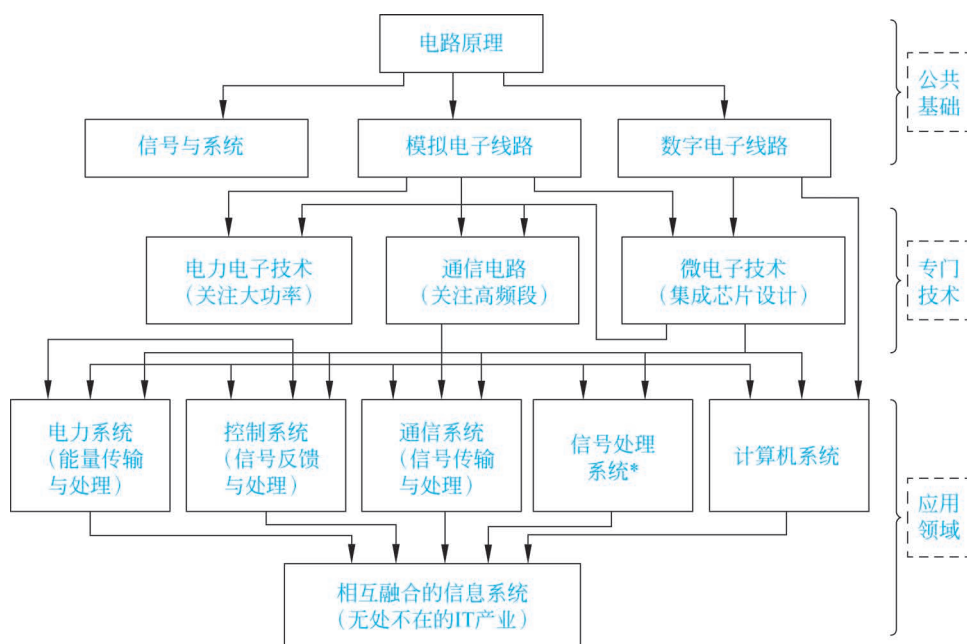
表 0.1.1 对广义电气工程领域的归类与统称

国内习惯的归类与统称	各学科领域	国外习惯的归类与统称
电气工程	电力工程	电气工程
信息科学与技术 (或电子信息科学与技术)	控制工程 通信工程 电子工程 .....	
	计算机科学与技术	
统称: 电气工程与信息科学 (或电气电子信息科学)		统称: 电气工程与计算机科学 (简称 EECS)

前面已经部分地回答了为什么要研究电路这个问题,下面换一个角度,讨论电路与读者日后将要学习的若干后续课程以及与研究方向的关系。

目前,我国高校理工科的许多专业都将电路原理设为必修课,如工科的电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、生物医学工程、计算机科学与技术以及理科的电子信息科学与技术、微电子学、光信息科学与技术等。

在学习电路原理课程之前,读者一般只学过数学、物理等公共基础课程,缺乏对电气工程与信息科学的系统认识。因此这既是一门进入本学科领域的入门课程,也是最重要的技术基础课或核心课之一。这里讲授的许多概念和方法在后续课程中都会得到广泛应用,或者直接用来解决科研与生产中的实际问题。图 0.1.1 简要示出了电路原理与许多其他课程的联系。



\* 指各类信号处理课程,包括某些专业的专门课程(如生物医学工程、核电子学等)

十分明显,处在图中显要位置的“第一号主角”就是电路原理。接下来的3门课与电路原理具有共同特点,都属于众多专业必修的公共基础课。其中信号与系统侧重理论分析,而模拟电子线路(或模拟电子技术)与数字电子线路(或数字电子技术)属于实践性更突出的课程。

学好以上4门专业基础课程才有可能步入电气工程与信息技术领域的科学殿堂,而电路原理又处于其中的首要位置,可称为“基础课程之基础”。

再下面的电力电子技术等3门课有明显的专业特征,大多数院校将它们列为选修(个别专业必修)课程。如电机、自动化类专业关注大功率电路,因而要学电力电子技术;通信、电子类专业关注高频(射频)段工作的电路,可选修通信电路(或称高频电子线路);而微电子技术方面的课程具有更大的灵活性,虽然许多专业的后续课程并不需要以此类课程为基础,但是考虑到各种工程系统都离不开大规模集成电路的应用,因而相关专业的学生也应了解这方面的简要知识,可选修微电子技术概论类型的课程。如果研究方向侧重微电子技术,当然要学习更多芯片原理与设计方面的课程。

学习电路原理的最终目的是使学生具备设计、开发、研究各类电气工程系统的能力,如图0.1.1中电力、控制、通信、信号处理、计算机等系统。

当代科学技术发展的重要特征之一就是跨学科多领域的融合,图0.1.1中所列各类系统的实现也遵循这一原则。例如,一个雷达设备由通信系统、控制系统与计算机系统联合组成,也可称为3C系统(取communication、control、computer三个英文单词的首字母)。

正如人们利用砖瓦建成高楼大厦一样,电路是构成各种电气系统的基础。当然,学习电路原理要比认识砖瓦更为复杂。正因为如此,它将会给读者带来更多乐趣。

至此,每位读者都可以在图0.1.1中看到自己未来若干年内将要学习的课程或从事的研究领域,以及要学习的相应课程。显然,无论将来从事哪个方向的研究都必须先学好电路原理课程。

必须指出,由于各院校情况不同,而且不少课程正在发生变革,因此图0.1.1对于众多课程相互联系描述只是粗略示意,还有相当多重要课程未能在图中表示。例如,以电磁场理论(或电动力学)为核心形成的一批课程和计算机系列课程都未能涉及。考虑到本课程的重点以及本书的篇幅,不再详细讨论。

从理论上讲,电路的研究内容包括两个方面,即电路分析与电路综合,分别属于电路研究的正问题和逆问题。所谓**正问题**(positive problem)是指已知电路的结构和参数求电路的解(如电压、电流)。大多数电路正问题有唯一解。所谓**逆问题**(negative problem)是指已知电路的解(或给定电路要达到的某种技术指标),要求确定电路的结构和参数。大多数电路逆问题求得的电路结构和参数不唯一。对正问题的求解称为**电路分析**(circuit analysis),

对逆问题的求解称为**电路综合**(circuit synthesis)。电路综合必须以电路分析为基础。从若干满足性能要求的备选方案中根据成本、体积和可靠性等方面的要求选定最终电路结构和参数的过程称为**电路设计**(circuit design)。电路分析与电路综合的理论统称为**电路理论**或**电路原理**。本书(本课程)着重研究电路分析,只涉及非常简单的电路设计,不讨论电路综合理论。



知识点1 练习题  
和讨论

## 0.2 电流和电压

### 0.2.1 电流

载流子(电子或空穴等)的定向移动形成电流。电路原理中讨论的电流一般在导线中流通,于是如何描述导线中电流的强弱就成为受关注的问题。为此人们引入了电  
知识点2

流强度(简称为电流)的概念。电流即单位时间内流过某导线横截面的电荷量。

设在  $dt$  时间内通过导线横截面的电荷量为  $dq$ , 则通过该截面的**电流**(current)  $i$  为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (0.2.1)^{\text{①}}$$

电流的单位名称是安[培], 单位符号是 A。由式(0.2.1)可知, 国际单位制中电流的单位名称也可以表示为库/秒, 因此有  $1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。常用的电流单位还有 mA 和 kA 等, 易知  $1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^{-3}\text{kA}$ 。电子电路中常见的电流大小为几毫安至几安, 而电力系统中常见的电流大小为几百安至几千安。

在电路原理课程中, 习惯于用大写英文字母表示不随时间变化的量, 用小写英文字母表示可随时间变化的量。如果电流不随时间变化, 则表示为  $I$ , 反之表示为  $i$  或  $i(t)$ 。

需要指出, 读者在物理课程中接触的电路基本上都是含单个恒定电压源的简单电路, 通过观察就可以知道流过电路元件的电流方向, 因此对电流的方向并不关心。但在电路原理课程中, 一方面经常遇到含多个电源的复杂电路, 电流的方向无法通过观察得知; 另一方面还会遇到交流电源的情况, 电流的方向会随着时间变化。因此需要特别关注电流的方向问题。

在力学中, 读者对方向问题已经有所接触。当不知道物体在一条直线上的受力情况时, 总是先任意假设一个方向, 然后在该方向上进行力的合成。如果最终计算的结果为正, 则表示实际受力方向与该方向相同; 若结果为负, 则方向相反。

在电路分析中采用类似的方法, 先任意假设一个待求电流的**参考方向**(reference direction), 再根据本书后续章节介绍的定律、定理和元件本身的性质列写方程求解出该电流的代数量。如果这个代数量为正, 则表明实际电流方向与参考方向相同, 反之则方向相反。参考方向有时也称为**正方向**。类似于力学和电磁学中的情况, 参考方向的选取不会影响实际电流的方向。如果没有特别说明, 本书讨论的电流一般指参考方向意义下的电流。

前面讨论的是电磁学中基于导线中载流子移动得到的电流及其参考方向的定义。在电路分析中, 我们更习惯于研究流经某个电路元件上的电流<sup>②</sup>。

最常见的电路元件对外有两个进行能量或信号交互的“通道”。在电路分析中, 我们往往对于其内部的电磁场性质不感兴趣, 因此在满足一定条件(附录 A)下将其“封装”起来。该元件的电路特性仅通过其与外界进行交互的通道表现出来。电路元件与电路其他部分的连接点称为**端钮**、**端子**或**接线端**(terminal)。如果一个电路元件对外只有两个接线端, 则称

① 这是定义式, 后面不会利用这种方式来求电流。

② 导线也可看作一种元件。

为**二端元件** (two-terminal element)。类似地, 对外有三个接线端的元件称为**三端元件** (three-terminal element), 有  $n$  个接线端的元件称为 **$n$  端元件** ( $n$ -terminal element)。同样地, 也可以定义**二端网络**、**三端网络**、 **$n$  端网络**。不同点在于网络内部可能含多个元件的复杂连接。从网络外面看入, 它们都被称作**子电路**。

基于上面的讨论, 在研究流经某个二端元件的电流时, 我们首先要在其上标明电流的参考方向, 如图 0.2.1 所示, 图中表示成小圆圈的点 A 和点 B 就被称为端钮 A 和端钮 B。



知识点2练习题和讨论



图 0.2.1 电流的参考方向

除了在电路图中用箭头标注方向以外, 电流的参考方向还可以用下标的形式来表示, 即  $i_{AB}$  表示从点 A 流向点 B 的电流。对于流经同一元件的电流有  $i_{AB} = -i_{BA}$ 。

有关电流进一步的讨论可参考附录 A。

## 0.2.2 电压、电位和电动势

### 1. 电压和电位

单位正电荷从电路中的一点移动到另一点, 电场力对单位正电荷所做的功称为前一点对后一点的电压。设电场力将电荷量为  $dq$  的正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功为  $d\omega_{AB}$ , 则**电压** (voltage)  $u_{AB}$ <sup>①</sup> 为

$$u_{AB} = \frac{d\omega_{AB}}{dq} \quad (0.2.2)^{\textcircled{2}}$$

易知

$$u_{AB} = -u_{BA} \quad (0.2.3)$$

电压也称为电位差、电位降或电势差。式(0.2.2)只能给出两点间的电位差, 不能确定某一点的电位值。如果选择电场中 P 点为参考点, 令该点电位为零, 则可以定义电场中 A 点的**电位** (potential) 为

$$\varphi_A = u_{AP} \quad (0.2.4)$$

可知

$$u_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad (0.2.5)$$

电压和电位的单位名称都是伏[特], 单位符号是 V。由式(0.2.2)可知, 国际单位制中电压的单位名称也可以为焦/库, 因此有  $1\text{V} = 1\text{J}/\text{C}$ 。常用的电压单位还有  $\mu\text{V}$ 、 $\text{mV}$ 、 $\text{kV}$  和  $\text{MV}$  等。易知  $1\text{V} = 10^6 \mu\text{V} = 10^3 \text{mV} = 10^{-3} \text{kV} = 10^{-6} \text{MV}$ 。电子电路中常见的电压大小为几微伏至几百伏, 而电力系统中常见的电压大小为几千伏至几兆伏。

如果电压不随时间变化, 则表示为  $U$ , 反之表示为  $u$  或  $u(t)$ 。

由式(0.2.5)可知, 描述两点之间的电压必须指明是从哪点到哪点的电位降, 即必须明

① 电压的另一种表示符号为  $v$ , 国外书刊多按此习惯, 而我国多用  $u$ 。

② 这是定义式, 后面不会利用这种方式来求电压。

确电压的方向。可以采取类似于电流的做法,在求解电路之前先任意指定一个电压的参考方向(正方向),然后根据电路分析方法和元件性质列写方程求解电路。如果求得的电压数值为正,则实际电压与参考方向相同,反之则方向相反。如果没有特别说明,本书讨论的电压一般指参考方向意义下的电压。此外,根据式(0.2.5),我们有时也将电压称为电压降,即两点之间的电压为其间电位降之意。

前面讨论的是电磁学中基于电场力做功得到的两点间的电压及其参考方向的定义。在电路分析中,我们更习惯于研究某个(二端)电路元件上的电压。因此,在研究某个二端元件的电压时,我们首先要在其上标明电压的参考方向,如图 0.2.2 所示。

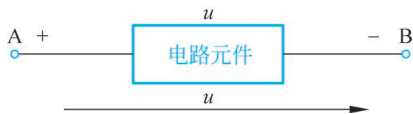


图 0.2.2 电压的参考方向

电压的参考方向既可用“+”“-”极性表示,也可用箭头指向表示。为了与电流参考方向有所区别,推荐采用前一种表示方法。在这种情况下,可以把电压的参考方向称为电压的参考极性。此外,类似于电流,还可以用下标来表示电压,即  $u_{AB}$  表示 A 点到 B 点的电压。

## 2. 电动势

在电路中用电压来表征元件上或两点之间的电位差是比较方便的。但在物理课程中讨论过电动势的概念,同时若干后续课程(例如电机学)也会继续使用这一概念,因此这里有必要介绍电动势。

所谓**电动势**(electromotive force)是指电源内部的非静电力对正电荷做功,使其从负极移动到正极时形成的电位差,即电源两端的电动势是电源负极到正极的电位升<sup>①</sup>。通过前面的讨论可知, $u_{AB}$  指的是 A 点到 B 点的电位降,而  $e_{BA}$  指的是 B 点经由电源内部到 A 点的电位升。因此在电源上有

$$e_{BA} = u_{AB} \quad (0.2.6)$$

电动势的单位名称与电压的相同,亦为伏[特],单位符号也是 V。电动势在电路中的表示方法如图 0.2.3 所示。

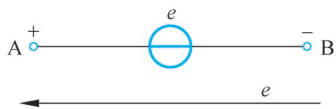


图 0.2.3 电压源上标注的电动势

如果用图 0.2.3 中正负号的方式来表示电动势,则其含义是指从电源负极到正极的电位升为  $e$ ; 如果用图 0.2.3 中箭头的方式来表示电动势,则其含义是指电源沿箭头方向的电位升为  $e$ 。图中的圆圈为(独立)电压源的符号,在 1.2 节将详细介绍。

此外需要明确,电动势和电压是性质截然不同的两个概念。电动势是描述电源内部性质的物理量,表示电源负极到正极的电位升,干电池的电动势永远为正值。而电压则是指电路元件(包括电源)上的电位降,可能是正值,也可能是负值<sup>②</sup>。



知识点3练习题  
和讨论

① 电压可以用来描述任意元件(包括电源),甚至电路中任意两点之间的关系,但是电动势只能用来描述电源。

② 由于电压是对电路中任意两点间电场力做功或电位关系的描述,因此在求解电压前需要设定其参考方向。类似地,要求某点电位,需要先确定零参考电位。但是电压源上的电动势往往不是电路的待求解量,因此通常不对电动势设置参考方向,但这并不妨碍对电压源这个元件设定一个电压变量及其参考方向。第 1 章将讨论这个设定出来的电压变量和电压源自身的电动势之间的关系。

有关电压进一步的讨论可参考附录 A。

### 0.2.3 电流、电压参考方向之间的关系

二端元件上电流和电压的参考方向是可以任意指定的。如果考虑这两个参考方向之间的关系,则存在着两种情况,分别称为关联参考方向和非关联参考方向。

#### 知识点4

所谓**关联参考方向**(associated reference direction)指的是电流参考方向从电压参考方向正端指向负端,而**非关联参考方向**(non-associated reference direction)则指的是电流参考方向从电压参考方向负端指向正端。在图 0.2.4(a)中,电流和电压的参考方向是关联的,而图 0.2.4(b)中电流和电压的参考方向是非关联的。易知,一个二端元件的电压参考方向和电流参考方向或为关联,或为非关联,二者必居其一。



知识点4练习题和讨论

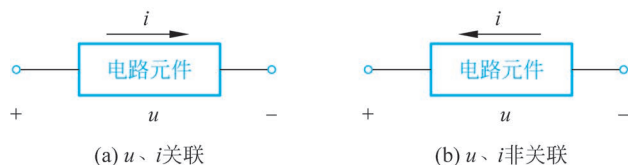


图 0.2.4 二端元件上电流和电压的参考方向

## 0.3 电路用于信号处理

基于上一节介绍的二端元件上的电流和电压的概念,本节说明几个在后文中经常用到的名词,并在此基础上介绍电路的应用。

### 0.3.1 信号

**信号**(signal)是消息的表现形式。所谓消息是对运动或状态变化的直接反映,即待传输与处理的原始对象,如语音、图像或数据。消息是信号的具体内容。信号可表现为某种物理量  $x$  随时间  $t$  变化的函数  $x(t)$ ,如声、光、位移、速度、电压、电流等。广义上讲,一切运动或状态变化都可用数学抽象的方式表示为  $x(t)$ ,绘出的函数图形被称为信号的**波形**。要进一步理解信号与消息之间的关系还需引入“信息”的概念。通常,这 3 个名词很容易混淆,严格的讨论将在后续课程中给出,感兴趣的读者可阅读参考文献 [8]和[9]。

#### 知识点5

如果信号的表达式是确定性的时间函数,则称之为**确定性信号**(deterministic signal),反之则称之为**随机信号**(stochastic signal)。确定性信号又可进一步分为**周期信号**(periodic signal)和**非周期信号**(nonperiodic signal)。如果每经过一定时间间隔后信号的波形就重复一次,则该确定性信号被称为周期信号。周期信号满足

$$x(t) = x(t + nT), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (0.3.1)$$

式(0.3.1)中的最小  $T$  值称为信号的**周期**(period)。周期的倒数称为**频率**(frequency)。不具有周而复始性质的确定性信号称为非周期信号。电路原理课程中将较多讨论周期信号。

如果一个信号在时间轴上的取值是连续的,则称之为**连续信号**(continuous signal),否则称之为**离散信号**(discrete signal)。如果离散信号的取值是连续的,则称之为**抽样信号**(sample signal),否则称之为**数字信号**(digital signal)。时间和取值均为连续的信号称为**模拟信号**(analog signal)。

分析和研究信号的方法包括求取信号的表达式和特征量,对信号进行各种分解和变换等。这些内容将在本书和若干后续课程中重点讨论。

电压和电流都可以作为信号的载体。虽然求解出电压和电流随时间变化的表达式或曲线就已经完全表征了信号包含的所有信息,但人们通常对于一些能够表示信号特征的量感兴趣。实际情况中,有时完整地求解信号随时间变化的表达式比较困难,但可以用某种手段方便地获得其特征量。此外,某些时候仅对获得信号的特征量感兴趣,那么也就无需费时费力地求解其表达式了。

电路原理中关于电流和电压的特征量有很多种,本小节讨论平均值,0.4.2 小节讨论有效值,6.4 节讨论谐波。

对于给定的周期信号来说,基本的特征量之一是平均值。一个电信号  $x$  (可能是电流  $i$ , 也可能是电压  $u$ ) 的**平均值**(average value)定义为

$$\bar{x} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad (0.3.2)$$

**例 0.3.1** 求图 0.3.1 所示电压信号的平均值。

**解** 图 0.3.1 所示为幅值不随时间改变的电压信号。虽然很难得到这种信号的周期,但可以将其看成无数个高度为  $A$ 、持续时间为  $T$  的方波信号前后相加的结果,其中周期  $T$  是任意指定的。图 0.3.2 表示了这种分解方法。



图 0.3.1 例 0.3.1 图



图 0.3.2 理想直流信号的分解

根据图 0.3.2,由式(0.3.2)可知

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T A dt = A$$

即图 0.3.1 所示电压信号的平均值等于其瞬时值。

**例 0.3.2** 求图 0.3.3 所示周期方波电压信号的平均值。

**解** 由式(0.3.2)得

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} A dt = \frac{A\tau}{T}$$

在信号分析中,通常将方波信号在一个周期内有正值部

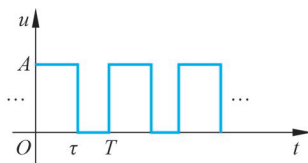


图 0.3.3 例 0.3.2 图

分的时间与周期的比值作为方波信号的一个特征量,称为**占空比**(duty ratio)。图 0.3.3 所示信号的占空比为  $\tau/T$ 。

**例 0.3.3** 求图 0.3.4 所示正弦电压信号  $u = U_m \sin(\omega t)$  的平均值。

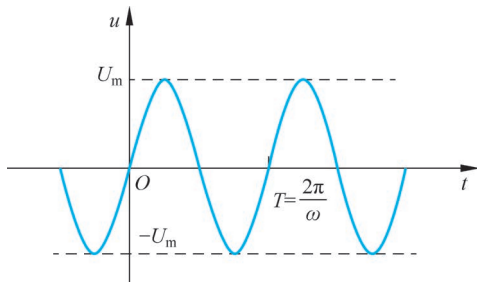


图 0.3.4 例 0.3.3 图

**解** 正弦信号的周期为  $T = 2\pi/\omega$ , 于是根据式(0.3.2)可得

$$\bar{u} = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m \sin(\omega t) dt = \frac{U_m}{2\pi} \cos(\omega t) \Big|_0^{2\pi} = 0$$

即正弦信号的平均值为零。

正弦信号是电气工程领域常见的信号。这种信号的平均值为零,因此很难用平均值这一特征量来比较不同的正弦信号。为了反映正弦信号的特征,人们提出了**绝对平均值**(average absolute value)的概念,即

$$|\bar{x}| = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt \quad (0.3.3)$$

由表达式可见,  $|\bar{x}|$  是先求绝对值再求平均值。

**例 0.3.4** 求正弦电流信号  $i = I_m \sin(\omega t)$  的绝对平均值。

**解** 由式(0.3.3)得

$$\begin{aligned} |\bar{i}| &= \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} |I_m \sin(\omega t)| dt = I_m \frac{\omega}{\pi} \int_0^{\pi} \sin(\omega t) dt \\ &= I_m \frac{1}{\pi} \cos(\omega t) \Big|_0^{\pi} = 0.637 I_m \end{aligned}$$

直流和交流是电路分析中两个非常重要的概念。顾名思义,**直流电流**(direct current)指的是始终不改变方向的电流,**交流电流**(alternating current)指的是方向随时间发生改变的电流。在电路原理课程中经常讨论一种特殊的直流电流,即**理想直流电流**(ideal direct current)。理想直流电流的方向和大小均不随时间发生改变,通常将其记为  $I$ 。还有一种特殊的交流电流也是经常讨论的,即**正弦交流电流**(sinusoidal alternating current),记为  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ 。类似地还有**直流电压**、**交流电压**、**理想直流电压**、**正弦交流电压**等。电压和电流是信号的载体,因此也有直流信号和交流信号之分。

工程实际中遇到的信号是比较复杂的。为了便于分析和处理信号,往往需要对信号进行分解,对不同性质的信号分别进行分析和处理,然后进行整合。最简单的分解方法就是将信号分成理想直流信号与平均值为零的交流信号之和。以图 0.3.3 所示信号为例,可将其分解为图 0.3.5(a)、(b)两个信号之和。