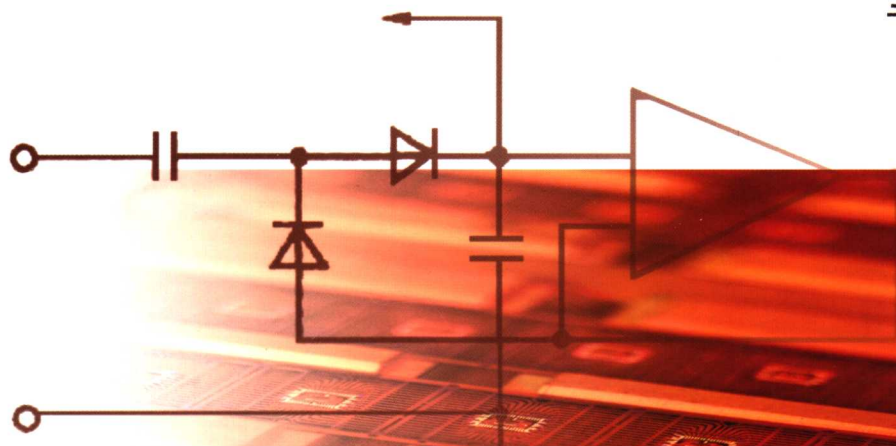


零起点电路入门丛书

Technology
实用技术

图解 脉冲电路

韦琳 编



 科学出版社
www.sciencep.com

科学出版社

科龙书系

零起点电路入门丛书

内容简介

图解

脉冲电路

韦琳 编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“零起点电路入门丛书”之一,作为脉冲电路的入门书,书中首先介绍脉冲电路的基础知识,如微积分电路、二极管开关、晶体管脉冲响应等,然后进一步介绍多谐振荡器、脉冲波的产生电路、各种脉冲电路、脉冲调制与解调电路,最后讲解脉冲电路的应用,如脉冲电机及其电路、函数发生器及其应用等。阅读本书时建议结合本系列的《图解数字电路》学习。

为了便于读者理解消化所学知识,本书尽量把理论图解化,并结合适当的举例来阐述相关的内容。

本书适合刚刚步入电子工程、通信工程、电子技术等领域的初级技术人员以及相关专业职业学校的学生、非电类大学本科生参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

图解脉冲电路/韦琳编. —北京:科学出版社,2006

(零起点电路入门丛书)

ISBN 7-03-017025-3

I. 图… II. ①韦… III. 脉冲电路-图解 IV. TN78-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 020709 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平 / 封面设计:朱冬冬

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 4 月第一次印刷 印张: 13 3/4

印数: 1—4 000 字数: 262 000

定 价: 22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前言

自 20 世纪八九十年代以来,以数字技术为中心的电子技术的发展令人瞠目结舌。电子、通信等领域的进步,也推动了其他产业的电子化、信息化发展,电子信息技术业已成为发展工业的最重要技术之一。近年来,脉冲技术发展也很快,应用亦广泛,典型的应用例子有,如利用脉冲调制(PCM:Pulse Code Modulation)技术的激光唱片(CD)及数字音频磁带录音机(DAT:Digital Audio Tape),除外还应于步进电机、电力技术、仪器仪表等等。脉冲电路在中大规模模块电路之间起波形变换、电平转移等作用,它是产生非正弦波形的核心电路。

从电子电路的观点来看,数字技术又可以分为脉冲电路和数字电路。本书就是脉冲电路的入门书,建议读者结合本系列中的《图解数字电路》来学习。

随着集成电路等半导体元器件的迅速发展,在汽车、家用电器和工厂自动装置等设备上,随处可见采用非正弦波交流电信号的电子电路。非正弦波包括锯齿波、方波及脉冲波等。所谓脉冲波,就是以冲击形式产生的信号波形。

为了便于读者理解和掌握非正弦波,本书首先用正弦波同它进行比较,然后依次介绍非正弦波的分析、处理等。

对于电子器件,由最初的真空管到晶体管,再发展到现在的集成电路,虽然集成电路发展很快,但基本上还是二极管电路或者晶体管电路或者它们的组合电路。关于这些内容在第 2 章中详细介绍。书中还介绍脉冲电路的基础即多谐振荡器和脉冲发生电路,为了进行电路设计,应正确掌握它们的工作原理。

其次,介绍用于波形整形的脉冲电路以及用于时分调制方式的脉冲调制解调电路的各种使用方法。

对于 PCM 通信,本书主要阐述其原理及利用方法,还简单介绍 CD 和 DAT 的有关内容。

本书还介绍计算机外围设备等采用的脉冲电机及其电路,应用脉冲电路的测量仪器及电视接收机的有关问题,并介绍其中如

何具体应用脉冲电路等。

如果本书有助于读者学习掌握脉冲及非正弦波产生电路的各种技术,编者将不胜荣幸。为了使读者巩固已学到的知识,在各部分给出了适量的举例。

由于编者水平有限,在书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。最后,谨向在编写过程中给予帮助的同仁及科学出版社的编辑表示感谢。

科学出版社

科龙书友服务卡

亲爱的读者：

为了提高我们的图书质量以及选题策划水平,也使我们更好地为您服务,请您填写以下信息。我们会根据您的需要,定期地给您提供科龙图书目录。

姓 名: _____ 电 话: _____ 传 真: _____

电子信箱: _____

工作单位: _____ 邮 编: _____

地 址: _____

教育程度: 初中(中职)☐ 高中(高职)☐ 本科☐ 硕士☐ 博士☐

职 业: 技术人员☐ 科研人员☐ 教师☐ 学生☐

曾购买科龙图书书名(条码上方有标注“东方科龙”):

_____ ISBN 7-03-_____

_____ ISBN 7-03-_____

对本书评价: _____

期望和要求: _____

所从事专业领域: _____

非常感谢您购买科龙图书,若您发现书中有误,请您填写以下勘误表,以便再版时及时更正,进一步提高本书的质量。

勘 误 表

页 码	行 数	错 误	修 改

备注: 我公司承诺对于读者所填的信息给予保密,只用于我公司的图书质量改进和新书信息快递工作。已经购买我公司图书并回执本“科龙书友服务卡”的读者,我们将建立服务档案,并给予直接从我公司邮购图书 95 折免邮费的优惠。

回执地址: 北京市朝阳区华严北里 11 号楼 3 层

科学出版社东方科龙图文有限公司电工电子编辑部(收)

邮编: 100029



目 录

第 1 章 非正弦波	1
1.1 电信号的波形	1
1.1.1 正弦波与非正弦波	1
1.1.2 非正弦波的种类	7
1.2 非正弦波的分析	8
1.2.1 正弦波的合成与非正弦波	8
1.2.2 分析方法	10
1.3 非正弦波的处理	12
1.3.1 基波与谐波	12
1.3.2 谐波产生的谐振	15
1.3.3 非正弦波的失真	16
1.4 脉冲波及其处理	19
1.4.1 脉冲波	19
1.4.2 过渡现象与充放电特性	23
第 2 章 脉冲电路的基础知识	29
2.1 微积分电路	29
2.1.1 微分电路	29
2.1.2 积分电路	35
2.2 二极管与脉冲响应	38
2.2.1 二极管的静态特性	38
2.2.2 二极管开关	39
2.3 晶体管与脉冲响应	47
2.3.1 静态特性与开关工作	47
2.3.2 晶体管的脉冲响应	50
2.4 IC 与脉冲电路	53
2.4.1 数字 IC	53
2.4.2 实际的 IC 与开关特性	60

第 3 章 多谐振荡器	63
3.1 多谐振荡器的分类	63
3.1.1 多谐振荡器的基本构成	63
3.1.2 各种类型的用途	64
3.2 无稳态多谐振荡器	65
3.2.1 原 理	65
3.2.2 振荡周期	70
3.3 单稳态多谐振荡器	75
3.3.1 原 理	75
3.3.2 脉冲宽度的设定	81
3.4 双稳态多谐振荡器	84
3.4.1 原 理	84
3.4.2 加速电容的作用	89
3.4.3 计数器电路	93
3.5 IC 多谐振荡器	93
3.5.1 与非门构成的多谐振荡器	93
3.5.2 触发器 IC	96
第 4 章 脉冲波的产生	103
4.1 间歇振荡电路	103
4.1.1 原 理	103
4.1.2 振荡频率	107
4.2 IC 振荡电路	109
4.2.1 运算放大器	109
4.2.2 脉冲振荡电路	113
4.2.3 文氏电桥振荡电路	115
第 5 章 各种脉冲电路	117
5.1 取出波形一部分的电路	117
5.1.1 波形变换电路	117
5.1.2 二极管与电阻构成的电路	119
5.1.3 取出波形的顶部	119
5.1.4 取出波形的中间部分	121
5.1.5 取出波形的一部分	121
5.1.6 晶体管限幅电路	122
5.2 波形中含有直流分量的电路	125

5.2.1	二极管与电容	125
5.2.2	钳位电路	126
5.3	脉冲放大电路	128
5.3.1	脉冲放大电路的种类	128
5.3.2	饱和型脉冲放大电路	129
5.3.3	开关速度的高速化	129
5.3.4	不饱和型脉冲放大电路	132
5.4	特殊波形发生电路	134
5.4.1	锯齿波发生电路	134
5.4.2	密勒积分电路	136
5.4.3	自举电路	138
5.4.4	阶梯波发生电路	140
第 6 章	脉冲调制与解调电路	143
6.1	脉冲调制	143
6.1.1	脉冲调制的种类	143
6.1.2	采样定理	145
6.1.3	脉冲调制方式	146
6.2	脉冲调制电路	147
6.2.1	采样与 PAM 调制电路	147
6.2.2	PWM 调制电路	149
6.2.3	PPM 波的产生	150
6.2.4	PFM 波的产生	150
6.2.5	PNM 波的产生	151
6.2.6	Δ 调制波的产生	151
6.3	脉冲解调电路	153
6.3.1	PAM 解调电路	154
6.3.2	PWM 解调电路	154
6.3.3	PPM 解调电路	155
6.3.4	PFM 解调电路	155
6.3.5	PNM 解调电路	155
6.3.6	Δ 调制解调电路	155
6.4	PCM 原理	156
6.4.1	PCM 通信概要	156
6.4.2	采样的构成	157
6.4.3	量化与压缩	158
6.4.4	编 码	159

6.4.5	编码器	160
6.5	PCM 解调与 PCM 通信	162
6.5.1	PCM 解调	162
6.5.2	解码器	162
6.5.3	同步与多路 PCM	163
6.5.4	用于传输的脉冲	164
6.5.5	终端设备	165
6.6	PCM 在家用电子装置中的应用	168
6.6.1	CD 结构	168
6.6.2	DAT 结构	169
第 7 章	脉冲电机及其电路	173
7.1	脉冲电机的结构与工作原理	173
7.1.1	原理与结构	173
7.1.2	脉冲电机的种类及其结构	174
7.1.3	脉冲电机的特性	176
7.2	脉冲电机的励磁方式与驱动电路	179
7.2.1	如何使电机旋转	180
7.2.2	励磁方式	180
7.2.3	励磁信号的产生	181
7.3	脉冲电机驱动电路实例与实际控制	184
7.3.1	驱动电路实例	184
7.3.2	加减速控制	186
第 8 章	脉冲电路的应用	191
8.1	函数发生器及其应用	191
8.1.1	函数发生器	191
8.1.2	基于方波的特性测量	192
8.1.3	函数发生器的构成	193
8.1.4	由三角波获得正弦波	194
8.2	频率计数器	195
8.2.1	频率计数器的原理	196
8.2.2	计数显示电路	197
8.2.3	施密特触发器电路	199
8.2.4	频率计数器的误差	200
8.2.5	基于倒数方式的低频测量	200

8.3 电视接收机中的脉冲电路	201
8.3.1 偏转用的锯齿波电流	201
8.3.2 水平偏转电路	203
8.3.3 垂直偏转电路	207

第 1 章

非正弦波

计算机、电视接收机、雷达等装置中使用的电信号通常是脉冲波、锯齿波之类的非正弦波。除此以外,非正弦波还有很多种,脉冲电路可以产生各种非正弦波形并对波形进行处理。

本章帮助读者了解正弦波与非正弦波的不同点及性质,介绍非正弦波的分析与处理方法。而且为顺利学习下一章内容,也简单涉及概括了典型脉冲波的基础知识。

1.1 电信号的波形

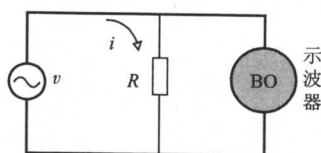
1.1.1 正弦波与非正弦波

大小与方向随时间发生周期性变化的电流称为交流。与直流相比,交流的大小与方向随时间变化的关系较复杂,因此,处理也极其复杂。然而,它具有的性质是直流所不具备的,而某些功能也是直流所不及的,实际使用的大部分都是交流。交流中最基本的波形称为正弦波,除此之外的波形称为非正弦波。在计算机、电视接收机、雷达等装置中使用的电信号有脉冲波、锯齿波等,其电压与电流波形都是非正弦波的一种。

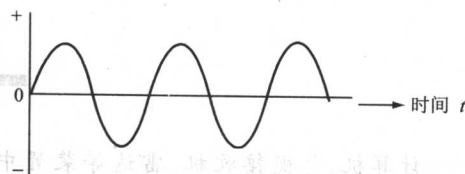
1. 正弦交流

在图 1.1(a)所示的电路中,若用示波器观测电阻 R 两端的电压,则观测到的波形如图 1.1(b)所示。这样的波形称为正弦交流。正弦交流如图 1.1(c)所示,通常是横轴用角度 $\theta(=\omega t)$ 替代时间 t 来表示。

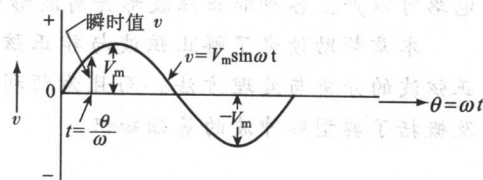
正弦交流的大小随时间而变化,它在各个不同瞬时的大小称为瞬时值,若瞬时值为 v ,则可表示为



(a)



(b)



(c)

图 1.1 正弦交流的波形

$$v = V_m \sin \omega t \quad (\text{V}) \quad (1.1)$$

最大值

式中, V_m 表示瞬时值中最大的数值, 称为最大值。电流也是一样, 若最大值为 I_m , 则瞬时值 i 为:

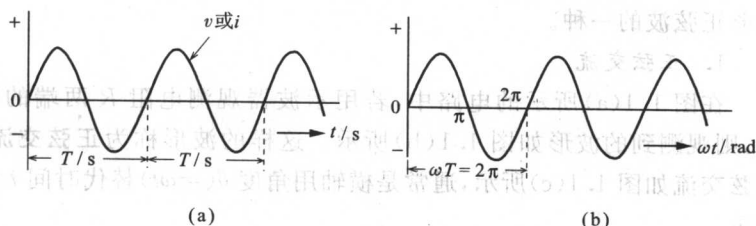
$$i = I_m \sin \omega t \quad (\text{A}) \quad (1.2)$$

正弦交流是周期性地重复相同变化而形成的。为表示重复速度采用周期与频率的概念。

周期

频率

周期表示 1 个周波变化所需要的时间, 用 $T(\text{s})$ 表示, 如图 1.2(a) 所示。周期短就意味着重复速度快。



(a)

(b)

图 1.2 周期与频率

频率表示每秒重复变化的次数,因此,周期 $T(\text{s})$ 与频率 $f(\text{Hz})$ 之间的关系如下:

$$T=1/f \text{ 或 } f=1/T \quad (1.3)$$

正弦波形的横轴用角度 ωt 表示时,1 个周波所需要的时间为 2π (rad),如图 1.2(b)所示,据此,角度与周期 T 的关系为:

$$2\pi=\omega T \quad (1.4)$$

所以,根据式(1.3)和式(1.4),频率 f 与角速度 ω 的关系为

$$\omega=2\pi f \text{ (rad/s)} \quad (1.5)$$

式中, ω 与频率有关,因此也称为角频率。若把式(1.5)代入式(1.1),则正弦交流的电压也可表示为

$$v=V_m \sin \omega t=V_m \sin 2\pi f t \text{ (V)} \quad (1.6)$$

交流的瞬时值是不断变化的,难以处理。通常,以做功多少(有效值)来表示交流的大小,如图 1.3 所示。在 1 个周期流过电阻 R 的交流电流 i 所消耗的电功率,与在相同时间流过相同电阻的直流电流 I 所消耗的电功率相等时, i 与 I 做了相同的功,即电流 I 称为交流电流 i 的有效值。

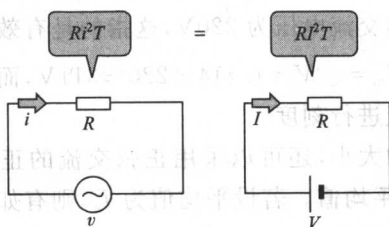


图 1.3 有效值

在图 1.3 的直流电路中,交流在 1 个周期 $T(\text{s})$ 内所消耗的电能 $W(\text{W})$ 为:

$$W=RI^2T \quad (1.7)$$

在交流电路中,电流 i 随时间而变化,如果采用 i^2 的平均值替代直流电路中的 I^2 ,则消耗的电能 $W'(\text{W})$ 为:

$$W'=R \cdot (i^2 \text{ 的平均值}) \cdot T \quad (1.8)$$

式中,若设 $W=W'$,则

$$\text{有效值 } I=\sqrt{(i^2 \text{ 的平均值})} \quad (1.9)$$

因此,若把表示正弦交流的式(1.2)代入式(1.9),可得下述关系式:

$$\text{有效值 } I=\sqrt{\frac{I_m^2}{2}}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}\approx 0.707 I_m \quad (1.10)$$

图 1.4(a) 是用作图法求得 i^2 值的示意图, 图 1.4(b) 表示正弦交流的瞬时值 i 、最大值 I_m 及有效值 I 之间的关系。

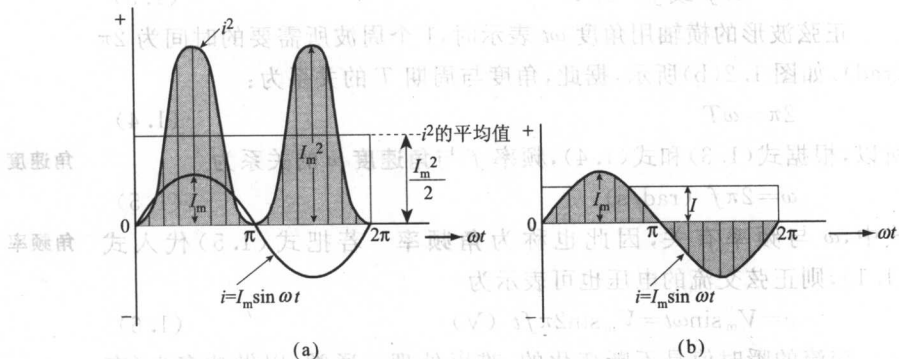


图 1.4 i^2 的平均值以及 I 与 I_m 之间的关系

正弦交流电压有效值的表示方法也与交流电流相同, 即

$$\text{有效值 } V = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \approx 0.707 V_m \quad (1.11)$$

一般家庭用的交流电压为 220V, 这指的是有效值。由式(1.11)可求得最大值为 $V_m = \sqrt{2}V = 1.414 \times 220 \approx 311V$, 而交流电压表与电流表都按照有效值进行刻度。

为表示交流的大小, 还可以采用正弦交流的正或负半周期的平均值, 称为交流的平均值。若设平均值为 I_a , 则有如下关系:

$$\text{平均值 } I_a = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0.637 I_m \quad (1.12)$$

因此, 由式(1.10)与式(1.12)可得有效值 I 与平均值 I_a 的关系式如下:

$$\text{有效值 } I = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_a \approx 1.11 I_a \quad (1.13)$$

即正弦交流的有效值大约是其平均值的 1.11 倍。

【例题 1.1】 (1) 正弦交流的电流瞬时值 $i = 20\sin 200\pi t$ (mA), 试求其最大值 I_m , 有效值 I , 平均值 I_a , 频率 f 以及周期 T 。并试求 $t = 3\text{ms}$ 时的瞬时值。

(2) 写出有效值为 5V, 周期为 40ms 的正弦交流瞬时值 v 的表达式。

【解答】 (1) $i = 20\sin 200\pi t$ (mA) 与 $i = I_m \sin \omega t = \sqrt{2} I \sin 2\pi f t$ 相对比, 所以

最大值 $I_m = 20 \text{ mA}$

有效值 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{20 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} \approx 14.1 \times 10^{-3} \text{ A} = 14.1 \text{ mA}$

平均值 $I_a = \frac{2}{\pi} I_m = \frac{2}{\pi} \times 20 \times 10^{-3} \approx 12.7 \times 10^{-3} \text{ A}$
 $= 12.7 \text{ (mA)}$

频率 $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{200\pi}{2\pi} = 100 \text{ (Hz)}$

周期 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ (s)} = 10 \text{ (ms)}$

瞬时值 $i = 20 \sin 200\pi t = 20 \sin 200\pi \times 3 \times 10^{-3}$
 $= 20 \sin(0.6 \times 180^\circ) = 20 \sin 108^\circ \approx 20 \times 0.95$
 $= 19 \text{ (mA)}$

(2) 若设交流电压的有效值为 $V(\text{V})$, 周期为 $T(\text{s})$, 则瞬时值 $v(\text{V})$ 为:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2} V \sin 2\pi \frac{1}{T} t \quad (\text{因为 } f = \frac{1}{T}) \\ &= \sqrt{2} \times 5 \sin 2\pi \times \frac{1}{40 \times 10^{-3}} t \quad (\text{因为 } 4 \text{ ms} = 40 \times 10^{-3} \text{ s}) \\ &\approx 7.07 \sin 50\pi t \\ &= 7.07 \sin 157t \text{ (V)} \end{aligned}$$

2. 非正弦交流

流经图 1.5 所示的铁芯线圈电路的电流以及图 1.6 所示的二极管电路的电流的交流部分都是失真的交流波形。这种交流称为非正弦交流或者畸变交流。

非正弦交流
畸变交流

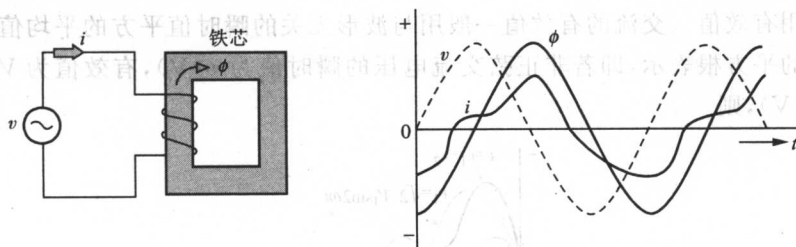


图 1.5 铁芯线圈的电压与电流

非正弦交流的波形虽与正弦波有很大的不同,但它也是由数个有规律地重复的、频率不同的正弦交流构成的。非正弦波同正弦波相比,失真较小时,可近似当作正弦波处理,但失真较大时,要分解为

周期不同的多个正弦波进行处理。这多个三角函数(正弦波)之和称为傅里叶级数。分析非正弦交流就采用这种级数。

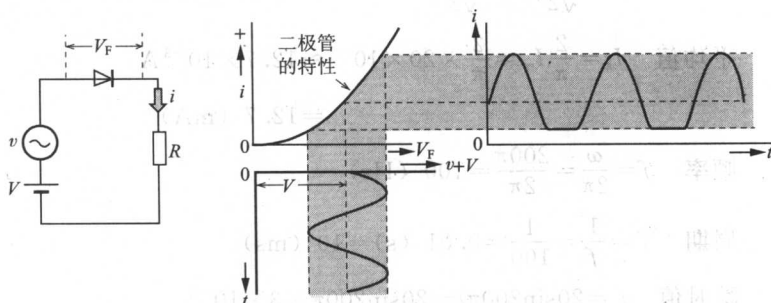


图 1.6 二极管电路的电压与电流

表示非正弦交流的大小也与正弦交流一样采用有效值。交流的有效值一般用与波形无关的瞬时值的平方的平均值的平方根表示,即若非正弦交流电压的瞬时值为 $v(V)$,有效值为 $V(V)$,则有

$$V = \sqrt{(v^2 \text{ 的 1 个周期的平均值})} \quad (1.14)$$

非正弦交流电流的有效值也用同样方法表示。

【例题 1.2】 非正弦交流电压 $v = 10\sin\omega t + 5\sin 2\omega t(V)$, 试求其有效值 $V(V)$ 。

【提示】 非正弦交流的波形虽与正弦波有很大的不同,但它也是由数个有规律地重复的、频率不同的正弦交流构成的。

现设非正弦交流为

$$v = \sqrt{2}V_1\sin\omega t + \sqrt{2}V_2\sin 2\omega t \quad \cdots \cdots \quad (1)$$

其波形如图 1.7 所示。表示非正弦交流的大小也与正弦交流一样采用有效值。交流的有效值一般用与波形无关的瞬时值平方的平均值的平方根表示,即若非正弦交流电压的瞬时值为 $v(V)$,有效值为 $V(V)$,则

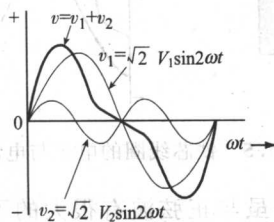


图 1.7 非正弦波