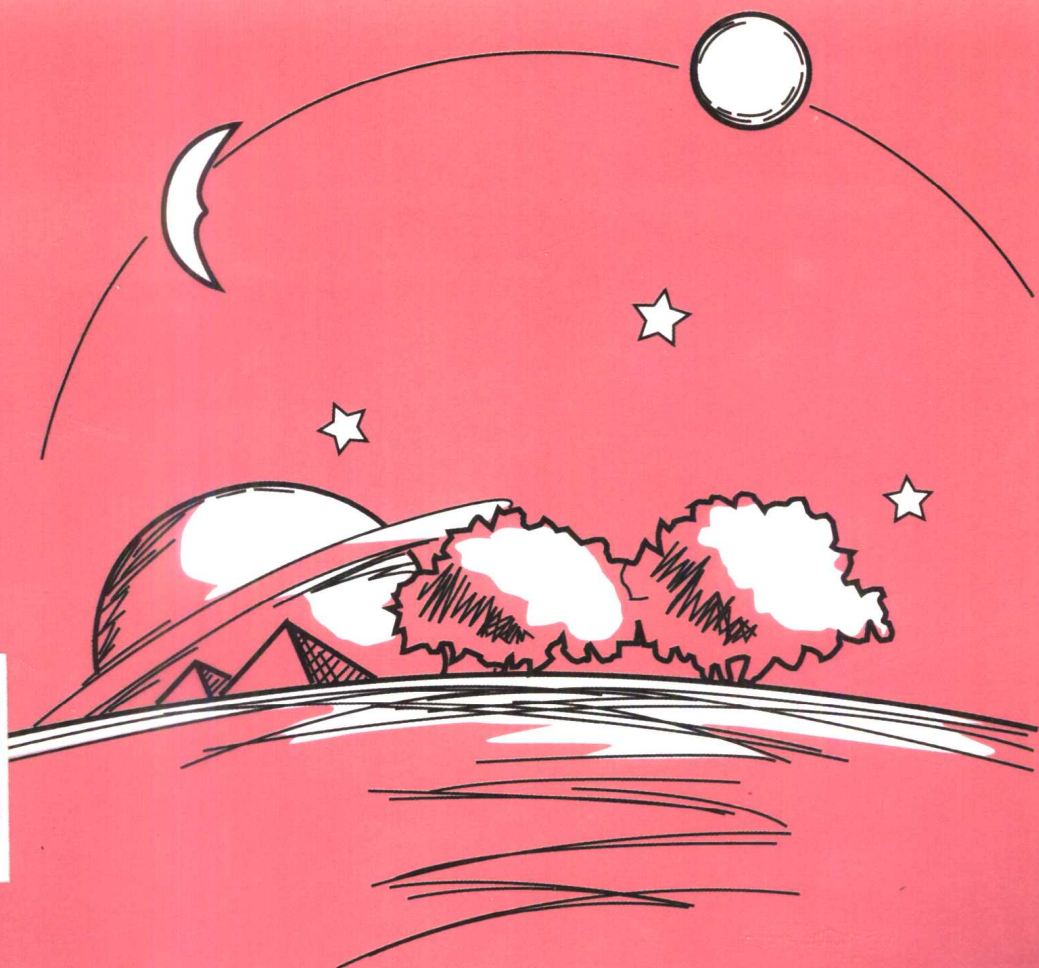


图解电子电路系列

4

脉冲电路

〔日〕 菅谷光雄 中村征寿 著



科学出版社

OHM 社

7N286K.
J335

图解电子电路系列④

脉 冲 电 路

〔日〕菅谷光雄 中村征寿 著
何希才 译
卢乃洪 校



科学出版社 OHM 社

2001

图字：01-97-1036 号

Original Japanese edition

Etoki Denshikairo Shirizu ④ Parusu Kairo

by Mitsuo Sugaya and Masatoshi Nakamura

Copyright © 1987 by Mitsuo Sugaya and Masatoshi Nakamura

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press

Copyright © 1997

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

絵とき電子回路シリーズ④

パルス回路

菅谷光雄 中村征寿 オーム社 1987

图书在版编目(CIP)数据

脉冲电路/[日]菅谷光雄,中村征寿著;何希才译. —北京:科学出版社,1997.

(图解电子电路系列④)

ISBN 7-03-006214-0

I. 脉… II. ①菅…②中…③何… III. 脉冲电路-基本知识-图解 IV. TN78-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 18940 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

1997 年 12 月第 一 版 开本: A5 (889×1230)

2001 年 3 月第二次印刷 印张: 7 1/4

印数: 5 001—10 000 字数: 221 000

定 价: 15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

现代脉冲技术发展极快,应用很广,身边所见就有将脉冲编码调制(PCM)用于激光唱片(CD)及数字磁带录音机(DAT)等音响方面的应用实例。本书是**图解电子电路系列**的第4卷,讲解脉冲电路的基础知识及应用技术,包括其最新的发展。书中配有大量插图,便于读者理解内容。

在以电视接收机与计算机等为主的各种电子装置中,采用的电信号几乎都是非正弦信号。因此,本书首先用同正弦信号对比的方法,对非正弦信号分析与处理。

另外,电路元件由晶体管发展到集成电路,虽然发展迅速,但基本上仍然是二极管与晶体管电路。所以,本书介绍有关二极管与晶体管电路,并提到集成电路。

作为脉冲电路的基础是多谐振荡器与脉冲发生电路,为了进行电路设计,应确切地理解其工作原理。

本书也提到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中的各种使用方法。

对于PCM通信,本书主要说明其原理及利用方法,还简单涉及到CD与DAT的有关内容。

其次,本书介绍计算机外部设备等采用的脉冲电机,并说明有关复合型脉冲电机,以及应用实例等。

此外,本书还介绍应用脉冲电路的测量仪器以及电视接收机的有关问题,并说明其中如何具体应用脉冲电路的问题。

本书如果有助于读者学习脉冲及非正弦电路的各种技术,作者将不胜荣幸。书中各部分都尽量给出例题。另外,每章的最后都附有练习题,读者可以据此检查自己理解的程度,以期培养自己的实际能力。

最后,在本书出版之际,特向为策划及编辑工作付出心血的欧姆社的各位表示深切谢忱。

作 者

目 录

1 章 脉冲波

1.1 电信号的波形	2
1.1.1 正弦波与非正弦波	2
1.1.2 非正弦波的种类	6
1.2 非正弦波的分析	9
1.2.1 正弦波的合成与非正弦波	9
1.2.2 分析方法	11
1.3 非正弦波的处理	14
1.3.1 基波与高次谐波	14
1.3.2 高次谐波产生的谐振	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	21
练习题	26

2 章 脉冲电路的基础知识

2.1 微积分电路	30
2.1.1 微分电路	30
2.1.2 积分电路	31
2.2 二极管与脉冲响应	35
2.2.1 二极管的静态特性	35
2.2.2 二极管开关	36
2.3 晶体管与脉冲响应	41
2.3.1 静态特性与开关工作	41
2.3.2 晶体管的脉冲响应	43

2.4 IC 与脉冲电路	47
2.4.1 数字 IC	47
2.4.2 实际的 IC 与开关特性	53
练习题	57

3 章 多谐振荡器

3.1 多谐振荡器的分类	60
3.1.1 多谐振荡器的基本构成	60
3.1.2 各种类型的用途	61
3.2 无稳态多谐振荡器	62
3.2.1 原 理	62
3.2.2 振荡周期	64
3.3 单稳态多谐振荡器	67
3.3.1 原 理	67
3.3.2 脉冲宽度的设定	71
3.4 双稳态多谐振荡器	74
3.4.1 原 理	74
3.4.2 加速电容的作用	78
3.4.3 计数器电路	79
3.5 IC 多谐振荡器	81
3.5.1 与非门构成的多谐振荡器	81
3.5.2 触发器 IC	83
练习题	87

4 章 脉冲波的产生

4.1 间歇振荡电路	90
4.1.1 原 理	90
4.1.2 振荡频率	94
4.2 IC 振荡电路	97
4.2.1 运算放大器	97
4.2.2 脉冲振荡电路	100

4.2.3 文氏电桥振荡电路	102
练习题	104

5 章 各种脉冲电路

5.1 取出波形一部分的电路	106
5.1.1 波形变换电路	106
5.1.2 二极管与电阻构成的电路	106
5.1.3 取出波形的顶部	108
5.1.4 取出波形的中间部分	110
5.1.5 取出波形的一部分	110
5.1.6 晶体管限幅电路	111
5.2 波形中含有直流分量的电路	113
5.2.1 二极管与电容	113
5.2.2 箝位电路	114
5.3 脉冲放大电路	116
5.3.1 脉冲放大电路的种类	116
5.3.2 饱和型脉冲放大电路	117
5.3.3 开关速度的高速化	118
5.3.4 不饱和型脉冲放大电路	120
5.4 特殊波形发生电路	124
5.4.1 锯齿波发生电路	124
5.4.2 米勒积分电路	125
5.4.3 自举电路	128
5.4.4 阶梯波发生电路	129
练习题	133

6 章 脉冲调制与解调电路

6.1 脉冲调制	136
6.1.1 脉冲调制的种类	136
6.1.2 采样定理	137
6.1.3 脉冲调制方式	139

6.2 脉冲调制电路	141
6.2.1 采样与 PAM 调制电路	141
6.2.2 PWM 调制电路	142
6.2.3 PPM 波的产生	143
6.2.4 PFM 波的产生	143
6.2.5 PNM 波的产生	144
6.2.6 ΔM 波的产生	144
6.3 脉冲解调电路	146
6.3.1 PAM 解调电路	146
6.3.2 PWM 解调电路	147
6.3.3 PPM 解调电路	147
6.3.4 PFM 解调电路	148
6.3.5 PNM 解调电路	148
6.3.6 ΔM 解调电路	148
6.4 PCM 原理	150
6.4.1 PCM 通信概要	150
6.4.2 采样的构成	151
6.4.3 量化与压缩	152
6.4.4 编 码	153
6.4.5 编码器	154
6.5 PCM 解调与 PCM 通信	157
6.5.1 PCM 解调	157
6.5.2 解码器	157
6.5.3 同步与多路 PCM	158
6.5.4 用于传输的脉冲	159
6.5.5 终端设备	160
6.6 PCM 在家用电子装置中的应用	161
6.6.1 CD 的机构	161
6.6.2 DAT(数字磁带录音机)机构	162
练习题	165

7 章 脉冲电机及其电路

7.1 脉冲电机的结构与工作原理	168
7.1.1 原理与结构	168
7.1.2 脉冲电机的种类及其结构	169
7.1.3 脉冲电机的特性	170
7.2 脉冲电机的励磁方式与驱动 电路	173
7.2.1 如何使电机旋转	173
7.2.2 励磁方式	173
7.2.3 励磁信号的产生	175
7.3 脉冲电机驱动电路实例与实际 控制	178
7.3.1 驱动电路实例	178
7.3.2 加减速控制	179
练习题	183

8 章 脉冲电路的应用

8.1 函数发生器及其应用	186
8.1.1 函数发生器	186
8.1.2 用方波进行特性的测量	186
8.1.3 函数发生器的构成	188
8.1.4 由三角波获得正弦波	189
8.2 频率计数器	192
8.2.1 频率计数器的原理	192
8.2.2 计数与显示电路	193
8.2.3 施密特触发器电路	195
8.2.4 频率计数器的误差	197
8.2.5 采用倒数方式测量低频 频率	197
8.3 电视接收机中的脉冲电路	199
8.3.1 偏转用的锯齿波电流	199
8.3.2 水平偏转电路	201

8.3.3 垂直偏转电路	205
练习题	207
练习题解答	209

1 章

脉冲波

电子计算机、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形。除此以外，非正弦波还有多种，用脉冲电路可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其性质，研究非正弦波的分析与处理方法。而且，概括了典型脉冲波的基本概念和基础知识，从下章开始将帮助读者理解各种脉冲电路。

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。电子计算机、电视接收机、雷达等装置中使用的电信号称为脉冲波、锯齿波等，其电压与电流波形都是非正弦交流的一种。

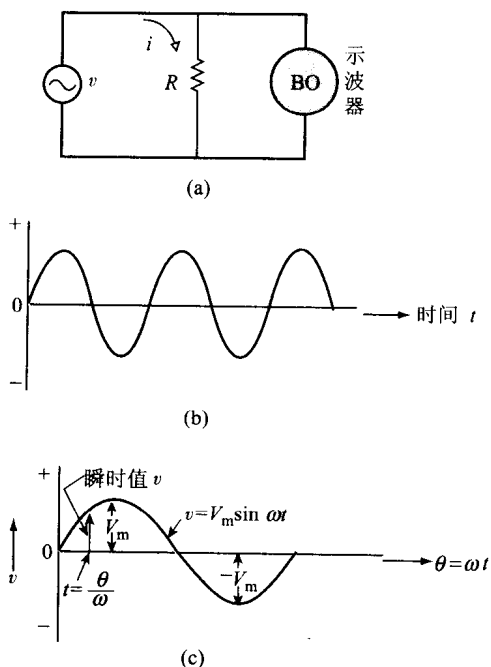


图 1.1 正弦交流的波形

(a) 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

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

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的变化。为表示重复速度采用**周期与频率**的概念。

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。

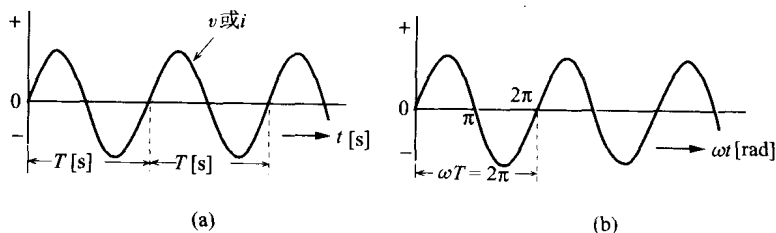


图 1.2 周期与频率

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:

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

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

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

交流的瞬时值是不断变化的, 难以处理。通常, 以作功多少(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。

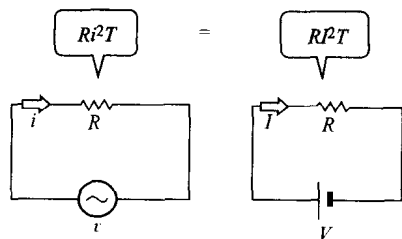


图 1.3 有效值

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 $[\text{Ws}]$ 为:

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

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' $[\text{Ws}]$ 为:

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

式中, 若设 $W = W'$, 则有

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

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:

$$I = \sqrt{I_m^2 / 2} = I_m / \sqrt{2} = 0.707 I_m \quad (1.10)$$

图 1.4(a)是用作图法求得 i^2 值, 图 1.4(b)表示正弦交流的瞬时值 i 、最大值 I_m 以及有效值 I 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

$$V = \sqrt{V_m^2 / 2} = V_m / \sqrt{2} = 0.707 V_m \quad (1.11)$$

一般家庭用的交流电压为 $100\text{V}^{(1)}$, 这指的是有效值。由式(1.11)可求

1) 这是日本电力制度规定的数值, 我国的家庭用交流电源电压为 220V 。——校者注

得最大值为 $V_m = \sqrt{2}V = 1.414 \times 100 = 141.4\text{V}$ ，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：

$$I_a = \frac{2}{\pi} I_m = 0.637 I_m \quad (1.12)$$

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：

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

即正弦交流的有效值大约是其平均值的 1.11 倍。

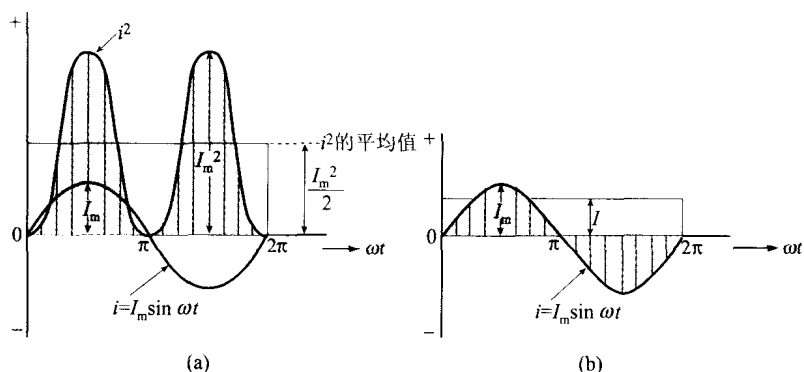


图 1.4 i^2 的平均值以及 I 与 I_m 之间的关系

(b) 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**。

非正弦交流的波形虽与正弦波有很大的不同，但确是有规律地重复的交流，它由频率不同的若干个正弦交流构成。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。

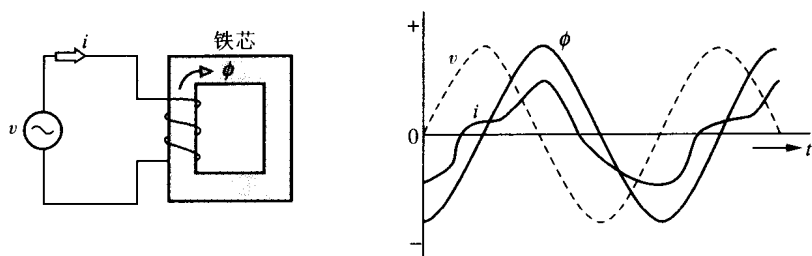


图 1.5 铁芯线圈的电压与电流

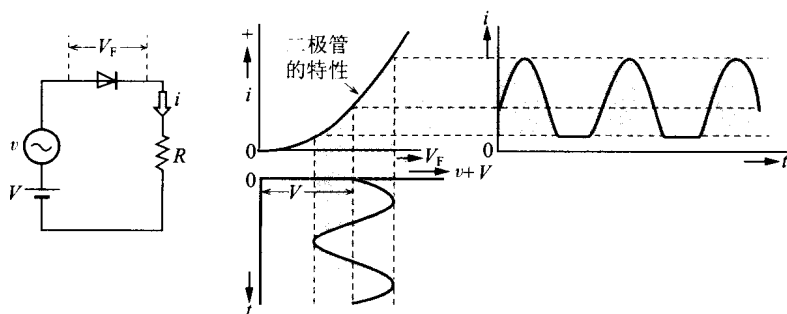


图 1.6 二极管电路的电压与电流

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 $v[\text{V}]$ ，有效值为 $V[\text{V}]$ ，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。

1.1.2 非正弦波的种类

图 1.7 表示非正弦交流的波形实例。其中，有些根据各自的需要产生，有些由电路产生。