

OHM

大学参考教材系列

电子电路

(上)

〔日〕雨宫好文 著
彭 军 译



科学出版社
www.sciencep.com

OHM 大学参考教材系列

电子电路

(上)

〔日〕雨宫好文 著
彭 军 译

科学出版社
北 京

图字:01-2003-3496 号

Original Japanese language edition

Gendai Denshi Kairogaku(I)

By Yoshifumi Amemiya

Copyright©1979 by Yoshifumi Amemiya

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Under license from Ohmsha, Ltd.

Copyright©2003

All rights reserved

現代電子回路学 [I]

雨宮 好文 オーム社 2002

图书在版编目(CIP)数据

电子电路(上)/(日)雨宫好文著;彭军译. —北京:科学出版社,2003

(OHM 大学参考教材系列)

ISBN 7-03-011762-X

I. 电… II. ①雨… ②彭… III. 电子电路-高等学校-教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 060218 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

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

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2003 年 9 月第一次印刷 印张: 9 1/2

印数: 1—5 000

字数: 240 000

定 价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

电子电路和许多课程一样都采用以下两种教学方法：

第一种教学方法是将 $\times\times$ 电路分类为A型电路、B型电路等，A型电路的工作状况如何如何，B型电路的工作状况如何如何，……并用某个关系式计算某个电路常数等等。

第二种教学方法是以某种需要(needs)为出发点，为了满足这种需要采用 $\times\times$ 电路，而要分析这种电路的结构又必须讲解其基本原理，最后列举出实际的应用电路。

第一种教学方法能够有效地学习前人所完成的最终电路，有利于具有一定实践工作经验的技术人员对知识进行整理和提高。

但是，对于学习电子电路课程的初学者来说，这种方法全然是知识的罗列，几乎变成了有赖于记忆的东西。而第二种教学方法则介绍前人完成最终电路的思维过程。这对于学生来说，就是学习解决问题的思考方法，学习从基本项目向实际电路展开的一种过程。

从面向需要(needs-oriented)的话题出发，不断地、一个接一个地、层层深入下去，不但教师容易讲授，学生容易接受，而且在学习的不同阶段，可能会有学生情不自禁地产生“我要是早出生，说不定那时也能发明它”，或者“我的脑海里好像也浮现出高明的想法”的感觉。如果产生这样的效果，那正是著者所希望的。

本书正是基于第二种教学方法所编写的大学课程讲义。

作者本人从事研究工作，在对问题进行分析、推测、判断方面积累了丰富的经验，这些经验当然会反映在教材的内容

中。当进行某项研究时，往往会经历这样的处理问题过程：首先是定性的分析，然后对合理的结果运用数学方法定量地确认。如果最初近似的抓住了事物的整体特征，就有必要进一步提高近似程度，或者根据两种极端情况下的结果确定其中间的状态等等。培养学生良好的分析和处理问题的能力是本书的编写宗旨。

最后，希望同学们学习时不必拘泥于授课的进度，可以先做本书中的练习题，必要时再认真阅读教材，这样可以提高学习能力。编写本书的意图之一也是为了更好地适合于同学们自学。多做练习题是学习取得进步的最好方法，这一点已为许多同学的成绩所证明。

雨宫好文

写在第 3 次印刷之际

本书是“模拟电子电路”教材。在此次印刷之际,同时还
将“数字电子电路”作为《电子电路(下)》一起奉送给读者。
与《电子电路(上)》一样,它不是知识的堆积,而是按照讲授
思考问题的方法的方针编写的。希望大家能喜欢它。

许多读者指出查不到《电子电路(上)》一书例题中采用
的晶体管的型号(2SC3720 等)。我认为从讲授思考问题的
方法的角度出发,重要的不是晶体管的型号而是其特性。这
里我们是将各种特性参数从实际的手册中取出,仅借用其空
名进行各种计算的。

雨宫好文

著者简介

雨宫好文

1944 年 东京工业大学电气工学科毕业

1946 年 铁道技术研究所工作

1957 年 获工学博士

1970 年 名古屋大学教授

1985 年 千叶工业大学教授

现 在 名古屋大学名誉教授

金泽工业大学教授

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 引 言	1
1.2 直流与交流	1
1.3 二极管的工作	3
1.4 电 阻	7
练习题	11
第 2 章 晶体管的放大原理	13
2.1 引 言	13
2.2 晶体管的工作原理	17
2.3 放大电路的形式	20
2.4 从能级图分析集电极电流与电压的关系	26
练习题	29
第 3 章 晶体管的小信号等效电路	33
3.1 有负载电阻时的集电极电流	33
3.2 小信号等效电路	37
3.3 h 参数的测量电路	43
3.4 h 参数的物理意义	46
3.5 h 参数的数值举例	49
练习题	54

第 4 章	放大电路的输入输出电阻及匹配	57
4.1	输入电阻与输出电阻	57
4.2	输入输出电阻的计算	63
4.3	分贝与功率增益	66
4.4	大小的比较	68
4.5	分贝值的估算	70
4.6	各种接地形式的输入输出电阻比较	72
	练习题	76
第 5 章	直流偏置电路及其稳定性	79
5.1	基极电流的流动	79
5.2	自偏置效应的表达式	82
5.3	减小 V_{BE} 变化影响的方法	86
	练习题	87
第 6 章	变压器耦合放大电路	89
6.1	变压器与晶体管的连接方法	89
6.2	变压器耦合放大电路举例	90
6.3	功率放大电路	95
6.4	不使用输出变压器的方法	102
6.5	变压器耦合放大电路存在的问题	104
	练习题	107
第 7 章	直接耦合放大电路	109
7.1	不使用变压器会使增益降低	109
7.2	直接耦合放大电路举例	110
7.3	减小漂移的措施	113
7.4	晶体管的复合连接	116
7.5	直接耦合放大电路存在的问题及其改善方法	119

练习题	121
-----	-----

第 8 章 RC 耦合放大电路 123

8.1 电容器隔断直流	123
8.2 RC 耦合放大电路的实例	124
8.3 电容器的影响	126
8.4 频率提高时出现的问题	132
8.5 如何扩展带宽	138
练习题	144

第 9 章 调谐型放大电路 147

9.1 晶体管的高频等效电路	147
9.2 谐振电路的性质	149
9.3 谐振电路与 Q 值	155
9.4 线圈的实例	159
9.5 谐振型放大电路的实例	163
9.6 扩展带宽的方法	171
练习题	174

第 10 章 负反馈放大电路 177

10.1 已经出现过的负反馈放大电路	177
10.2 简单的负反馈电路	177
10.3 负反馈放大电路的基础知识	179
10.4 负反馈放大电路实例	185
10.5 运算放大器	189
10.6 放大电路的噪声	193
练习题	196

第 11 章 振荡电路	199
11.1 振荡现象及其应用	199
11.2 振荡的原理	199
11.3 负性电阻振荡电路	202
11.4 晶体管振荡电路	205
11.5 振荡频率的变动与石英振荡器	213
练习题	218
第 12 章 调制电路与解调电路	221
12.1 用电波传送信息	221
12.2 振幅调制的原理	221
12.3 振幅调制电路举例	225
12.4 BSB 与 SSB 电路	231
12.5 AM 波的解调电路	236
12.6 频率调制的原理	242
12.7 频率调制电路举例	250
12.8 FM 波的解调电路	254
练习题	258
第 13 章 电源电路	261
13.1 从交流获得直流的方法	261
13.2 减轻脉动成分	266
13.3 整流电压的稳定性	268
练习题	272
第 14 章 FET 放大电路	275
14.1 引言	275
14.2 双极晶体管与 FET 的比较	275
14.3 FET 的结构与原理	277

14.4 FET 的应用电路 282

练习题 285

练习题答案 287

第 1 章 基础知识

1.1 | 引 言

电子电路是由电阻、电容、电感等元件与二极管、晶体管等器件组合而构成的电路。电子电路可以用来放大小电压、产生周期性波形、改变输入电压的波形并传出去等。

为了使电子电路正常工作，必须要有直流电源(例如干电池等)。

1.2 | 直流与交流

图 1.1(a)所示为交流正弦波。这是一种每隔一定时间就正、负交替出现的波形，其时间的平均值为零。图 1.1(b)的波形比较复杂，它对时间取平均的结果也为零。所以，图 1.1(b)也和图 1.1(a)一样是交流。实际上，图 1.1(b)是若干个频率不同的交流正弦波掺混形成的波形。

下面来研究图 1.2(a)，(b)所示的波形。假设这是电流波形，那么它表示电流大小随时间变化，而电流的方向保持不变。所以，图 1.2(a)，(b)是直流波形。

但是，它与从干电池流向电阻的直流电流(图 1.2(c))不同，图 1.2(a)和图 1.2(b)所示的电流大小随时间而变化(脉动)，所以称为**脉动电流**。如果是电压的波形，则称为**脉动电压**。

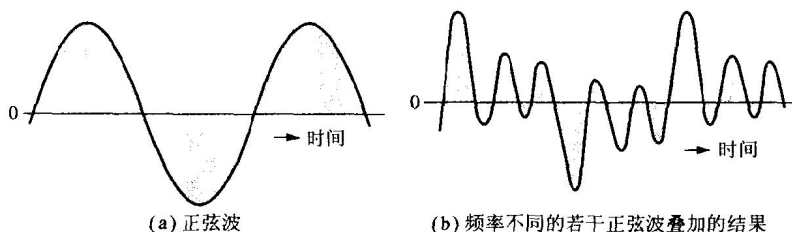


图 1.1 交流波形

图 1.2 中脉动波形的时间平均值显然不为零，而是一定值。该定值称为**直流成分**。从脉动波形中除掉直流成分就余下交流成分，图 1.3 表示的就是这种情况。可以看出波形 A 是直流波形 B 与交流波形 C 叠加的结果。

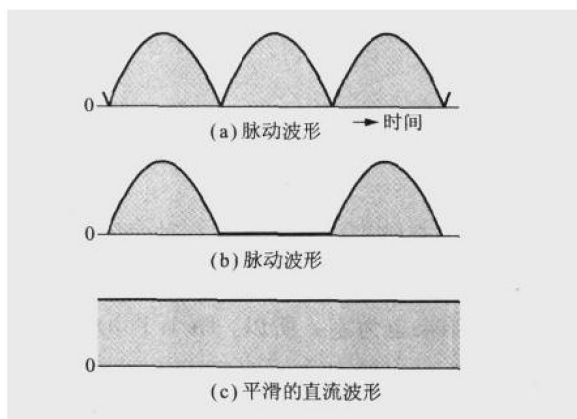


图 1.2 各种直流波形

因此，从波形 A 中除掉波形 C 就得到波形 B。能够除掉波形 C 的电路就叫作**滤波器**。图 1.4(a) 表示从 a, b 端输入波形 A，经过滤波器后，在 c, d 端输出波形 B。也可以简化为图 1.4(b) 的形式。

这种情况下的滤波器所起的作用是允许低频成分（在这里是直

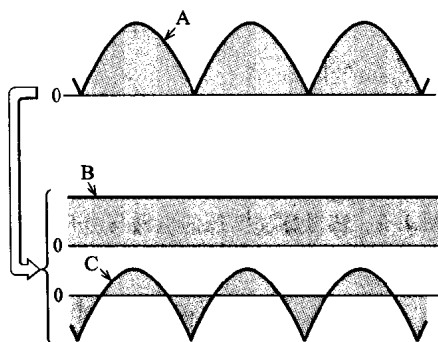


图 1.3 脉动波形分解为直流成分和交流成分

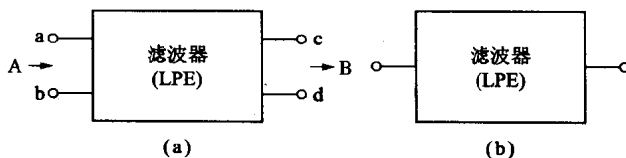


图 1.4 滤波器的符号

流)通过, 而不允许(阻止)高频成分(图 1.3 的波形 C)通过, 所以称为低通滤波器(LPF: Low Pass Filter)。

图 1.2(a), (b)所示的脉动电压或电流是将图 1.1(a)的交流电压加到由二极管和电阻组成的电路上得到的。

1.3 二极管的工作

如果在图 1.5 所示电路的 a, b 两端间加以交流电压 v_1 , 那么在 c, d 两端间将输出脉动电压 v_2 。电路中 D 表示二极管。

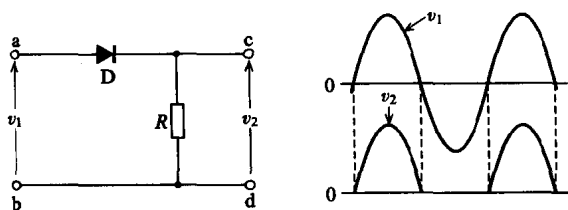


图 1.5 获得脉动电压的电路与电压波形

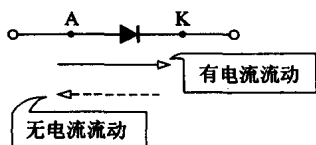


图 1.6 二极管的符号

二极管有两个端子,如图 1.6 所示,分别记作 A, K。A 端与 K 端间的电压极性只有在 A 为正(+)、K 为负(-)时才有电流流过二极管。这种极性的电压称为正向电压,流过的电流称为正向电流。

但是,如果加上反向电压(A 为负, K 为正),那么只有很微弱的电流流过。实际上,可以认为没有电流流过。

这里 A 称为阳极, K 称为阴极。

1. 二极管的电压电流特性

图 1.7(b)所示的曲线是图 1.7(a)中二极管两端的电压 V 与流过二极管的电流 I 之间的关系。或者说,如果测定二极管的电压电流特性,就得到图 1.7(b)所示的曲线。

可以看出,即使加上正向电压,当电压小于某值(记作 V_F)时,电流 I 仍然非常小,实际上可以看作没有电流流过。但是,如果电压一旦超过 V_F ,则有很大的电流流过。所以,

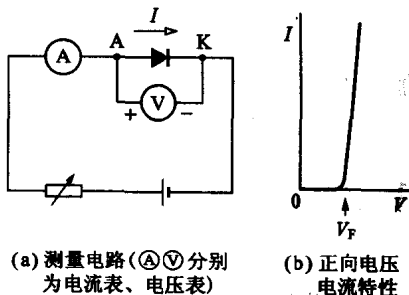


图 1.7 二极管的特性

图 1.6 中所谓如果二极管加上正向电压则有电流流过只是粗糙的说法, 正确的描述应该是如果所加的正向电压超过 V_F (导通电压) 则有电流流过。 V_F 不是临界值。

2. 二极管的正向电压

如果所加正向电压稍大于 V_F , 则正向电流将急剧增大。如果换一个角度看这种现象, 则可以说实际上无论有多大的电流流过二极管, 二极管两端的电压几乎都是不变的值 V_F 。

这个 V_F 值因二极管的材料不同而异。对于半导体锗来说为 0.2~0.3V, 对于硅材料则为 0.6~0.8V (记住 0.7V 就可以了)。

3. 如果所加的反向电压很大

通常二极管加反向电压时几乎没有电流流过。但是如果反向电压超过某一值, 将会有极大的电流流过 (图 1.8)。这个电压值记作 V_z , 称为齐纳电压 (由于齐纳效应而产生的过大电流)。这个大电流称为齐纳电流。 V_z 的值也不是临界值。

对于锗来说, 如果流过大的反向电流, 则二极管就会烧坏, 而硅的耐热性强些。 V_z 的值有 6V, 9V, 30V 等多种。

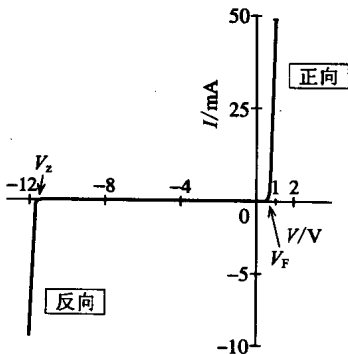


图 1.8 二极管的电压电流特性

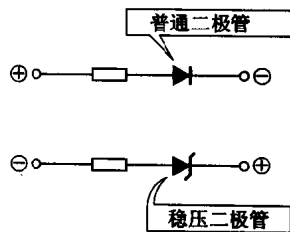


图 1.9 使用二极管时电压的极性