OHM电子电气入门丛书

电子电路讲座6

图解 放大电路设计

〔日〕喜安善市　伏见和郎　主编
小柴典居　著

科学出版社　OHM社

图解

OHM 电子电气入门丛书

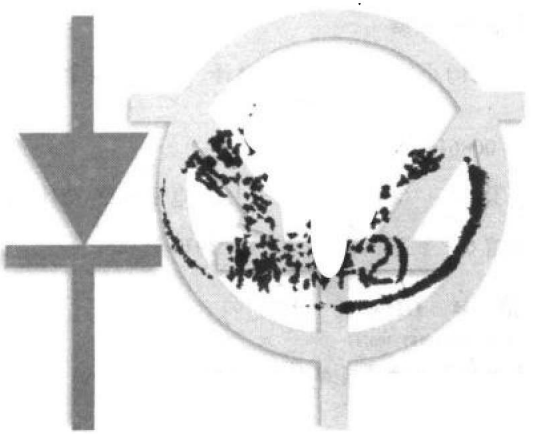
电子电路讲座 6

放大电路设计

〔日〕喜安善市　伏见和郎　主编

小柴典居　著

白玉林　译



科学出版社　OHM 社

2000　北京

图字:01－2000－1574 号

Original Japanese edition
Shogakusha no Tame no Zoufuku Kairo Sekkeihou
By Tsuneori Koshiba, Zenichi Kiyasu, Kazuo Fushimi
Copyright © 1986 by Tsuneori Koshiba
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.
Copyright © 2000
All rights reserved.
本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

初学者のための
增幅回路設計法
小柴典居　オーム社　1993　第 1 版第 4 刷

图书在版编目(CIP)数据

放大电路设计/〔日〕小柴典居著;白玉林译.—北京:科学出版社,
2000.9
ISBN　7－03－008616－3

Ⅰ.放…　Ⅱ.①小…　②白…　Ⅲ.放大器-电子电路-设计　Ⅳ.TN722

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63411 号

科学出版社　OHM 社　出版
北京东黄城根北街 16 号　邮政编码:100717
北京东方科龙电脑图文制作有限公司　制作
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

2000 年 9 月第　一　版　开本:850×1168　1/32
2000 年 9 月第一次印刷　印张:10 1/2
印数:1—5 000　　字数:273 000

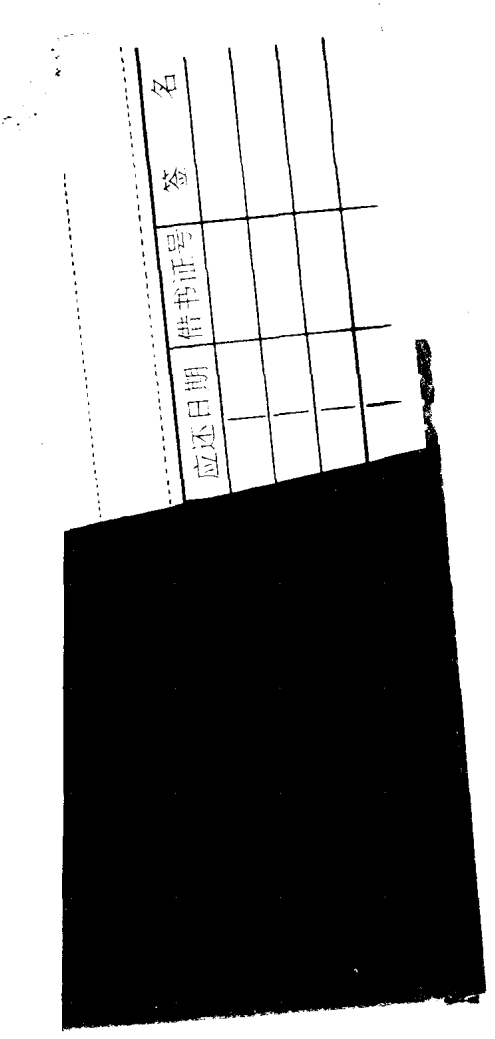
定　价:20.00 元
(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

内容简介

本套丛书系引进欧姆出版社翻译版权出版的中文版系列。基本涵盖了目前电子技术基础课程的主要内容以及必要的电路基础知识。其突出优点是内容简洁、精练，重点突出，注重基本概念和基本原理的阐述。对于进行系统技术培训或入门自学电子技术都不失为一套好教材。

本书是晶体管放大电路的入门教材。书中以大量的实例讲解放大电路的设计方法，内容包括各种放大器的设计及应用等。

适用于大专院校相关专业师生、工程技术人员和电子技术爱好者阅读参考。



作者简历

喜安善市

1939年　东北大学工学部电气工学科毕业
1962年　工学博士
　　前东北大学教授

伏见和郎

1945年　东京大学工学部电气工学科毕业
1961年　工学博士
现　在　东京大学名誉教授

小柴典居

1950年　明治工业专科（现九州工业大学）
　　电气通讯专业毕业
1969年　工学博士
　　前东洋大学工学部教授

译者简历

白玉林

1984年　北方交通大学计算机网络专业工学硕士
现　在　铁道科学院通信电工所副研究员

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前　言

本书是为那些初次学习晶体管放大器的读者而写的。近年来半导体工业有了飞速的进步，现在运算放大器已经是一个非常普通的放大器件了。

另外，在大学中，这门课仅用30课时讲授，结果，即使到晶体管放大器讲完，对许多学生来讲，别说运算放大器，就连晶体管的基本原理也没能接触多少。大多数学生都厌烦总是教授过时的电路知识。这些应当使我们醒悟到，在电子电路的入门阶段，即晶体管放大器的入门部分，过于复杂了。

在写作本书时，我认真考虑了学生们的意见，在不失理论本质的前提下，尽量简化基础部分，并尽快转入晶体管电路基本原理的主题。今后若想深造，可再返回必要处重新学习，或者参考更高一级的专业书籍，这也是考虑本书内容安排时十分注意的问题。

在本书出版过程中，承蒙喜安善市、伏见和郎两位先生不吝赐教，在实验协助、原稿整理、计算机作图等方面也得到了高气一夫、石井刈哉以及铁本和子的帮助，另外，在出版方面更要特别感谢OHM社的各位。

著者谨记

目　录

1　半导体放大器件基础

1.1　半导体的物理特性 …… 12

1.2　半导体 pn 结与二极管的原理 … 18

2　晶体管放大器件

2.1　双极型晶体管的构造与工作原理 …… 34

2.2　晶体管放大的原理 …… 38

2.3　将放大器件转换为等效电路 … 42

2.4　晶体管放大基础 …… 46

2.5　互导 g_m 的性质 …… 47

2.6　晶体管的符号 …… 48

2.7　根据用途进行晶体管分类…… 49

2.8　晶体管的性能参数 …… 50

2.9　晶体管制造概要 …… 51

3　晶体管的偏置方法

3.1　工作点随着 β 的变化而移动 … 56

3.2　集电极电流的稳定系数 …… 59

3.3　固定偏置法 …… 63

3.4 自偏置法 …… 64
3.5 利用电流反馈的自偏置法 …… 65
3.6 利用电流反馈的分压偏置法 … 70
3.7 使用正负电源的偏置法 …… 75
3.8 利用直接 2 级放大的反馈偏置法 …… 77
3.9 利用二极管的偏置补偿 …… 86

4 放大器的基本性能指标

4.1 放大器基础 …… 92
4.2 按频率带宽进行放大器的分类 …… 100
4.3 失真的定义 …… 103

5 晶体管的等效电路

5.1 由晶体管原理推导出的等效电路 …… 112
5.2 用 *h* 参数的等效电路 …… 121

6 晶体管放大器的性质

6.1 发射极接地放大器 …… 130
6.2 基极接地放大器 …… 142
6.3 集电极接地放大器（射极跟随器） …… 151

7　实用放大器基础

7.1　发射极接地标准电路 …… 162
7.2　发射极接地高输入阻抗电路 … 171
7.3　发射极接地 2 级放大器 …… 177
7.4　射极跟随器 …… 183
7.5　相位分割电路 …… 187
7.6　差动放大器 …… 188
7.7　复合晶体管 …… 193
7.8　极联式放大器 …… 200
7.9　推挽放大器 …… 202

8　场效应晶体管放大器

8.1　场效应晶体管简介 …… 210
8.2　结型场效应晶体管 …… 211
8.3　栅绝缘型场效应晶体管 …… 220
8.4　FET 的低频等效电路 …… 222
8.5　FET 作为放大器的用法 …… 230
8.6　源极接地放大器 …… 235
8.7　栅极接地放大器 …… 239
8.8　漏极接地放大器 …… 240
8.9　FET 与晶体管的组合 …… 244

9　放大器的频率特性

9.1　放大器的低频特性 …… 252

9.2 放大器的高频特性 …… 260
9.3 多级放大器的频率特性 … 265
9.4 相位补偿电路 …… 265

10 反馈放大器

10.1 反馈放大的原理 …… 270
10.2 负反馈放大器的构成 …… 273
10.3 负反馈放大器的实例 …… 278
10.4 负反馈放大器的振荡
稳定性 …… 292

11 运算放大器及其应用

11.1 运算放大器的构成 …… 300
11.2 共态的概念及消除 …… 303
11.3 运算原理 …… 307
11.4 有源滤波器的概念 …… 316

附录

附录 1 电压增益的测量 …… 324
附录 2 自举(bootstrap)一词的
来源及电子电路中自举的
意义 …… 325
附录 3 增益、相位的频率特性的
测量 …… 328
附录 4 测量回路增益的

频率特性 …… 330

电路符号表 …… 331
参考文献 …… 335
引用文献 …… 335

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

图解

OHM 电子电气入门丛书

电子电路讲座 6

放大电路设计

〔日〕喜安善市　伏见和郎　主编

小柴典居　著

白玉林　译

科学出版社　OHM 社

2000　北京

图字:01－2000－1574 号

Original Japanese edition
Shogakusha no Tame no Zoufuku Kairo Sekkeihou
By Tsuneori Koshiba, Zenichi Kiyasu, Kazuo Fushimi
Copyright © 1986 by Tsuneori Koshiba
Published by Ohmsha, Ltd.
This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.
Copyright © 2000
All rights reserved.
本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

初学者のための
増幅回路設計法
小柴典居　オーム社　1993　第 1 版第 4 刷

图书在版编目(CIP)数据

放大电路设计/〔日〕小柴典居著;白玉林译. —北京:科学出版社,
2000.9
ISBN 7－03－008616

Ⅰ.放…　Ⅱ.①小…　②白…　Ⅲ.放大器-电子电路-设计　Ⅳ.TN722

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 63411 号

科学出版社　OHM 社　出版
北京东黄城根北街 16 号　邮政编码:100717
北京东方科龙电脑图文制作有限公司　制作
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

2000 年 9 月第　一　版　开本:850×1168　1/32
2000 年 9 月第一次印刷　印张:10 1/2
印数:1—5 000　字数:273 000
定　价:20.00 元
(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前　言

本书是为那些初次学习晶体管放大器的读者而写的。近年来半导体工业有了飞速的进步，现在运算放大器已经是一个非常普通的放大器件了。

另外，在大学中，这门课仅用 30 课时讲授，结果，即使到晶体管放大器讲完，对许多学生来讲，别说运算放大器，就连晶体管的基本原理也没能接触多少。大多数学生都厌烦总是教授过时的电路知识。这些应当使我们醒悟到，在电子电路的入门阶段，即晶体管放大器的入门部分，过于复杂了。

在写作本书时，我认真考虑了学生们的意见，在不失理论本质的前提下，尽量简化基础部分，并尽快转入晶体管电路基本原理的主题。今后若想深造，可再返回必要处重新学习，或者参考更高一级的专业书籍，这也是考虑本书内容安排时十分注意的问题。

在本书出版过程中，承蒙喜安善市、伏见和郎两位先生不吝赐教，在实验协助、原稿整理、计算机作图等方面也得到了高气一夫、石井刈哉以及铁本和子的帮助，另外，在出版方面更要特别感谢 OHM 社的各位。

著者谨记

本书的编辑方针

1. 以放大器为主的学习方法

在大学中，总是先从最基础的知识开始学起，并不马上进行实验。当然，也有讲授与实验同时进行的，或者视具体情况不同，先进行实验。总之，最重要的是，应当尽快地进入教授晶体管电路的正题。若尽早讲授晶体管电路，自然会引起学生们的学习兴趣，其后再学理论也不迟。过去的教学中，我们也曾考虑过采用这种学习方法。

本书的结构安排贯彻了这种意图，因此读者可以毫不犹豫地跳过第3、5、6章，而按1、2、4、7章的顺序去阅读本书。致于何时需要再回头学习跳过的各章，我们认为读者自己自然会知道。

2. 舍弃功率放大与高频放大部分

因基础知识部分占去了很多篇幅，故舍弃了这两部分。

3. 与使用 r 参数写法的书籍结合的方法

若想与使用 r 参数写法的书籍参照阅读，只需注意把 $r_e = 1/g_m$ 或 $1/r_e = g_m$ 替换一下就行了。

反之，若想学习 r 参数的使用，也只需把 g_m 换为 $1/r_e$ 再阅读本书即可。

目　录

1　半导体放大器件基础

1.1　半导体的物理特性 …… 12

1.2　半导体 pn 结与二极管的原理 … 18

2　晶体管放大器件

2.1　双极型晶体管的构造与工作原理 …… 34

2.2　晶体管放大的原理 …… 38

2.3　将放大器件转换为等效电路 … 42

2.4　晶体管放大基础 …… 46

2.5　互导 g_m 的性质 …… 47

2.6　晶体管的符号 …… 48

2.7　根据用途进行晶体管分类 …… 49

2.8　晶体管的性能参数 …… 50

2.9　晶体管制造概要 …… 51

3　晶体管的偏置方法

3.1　工作点随着 β 的变化而移动 … 56

3.2　集电极电流的稳定系数 …… 59

3.3　固定偏置法 …… 63

3.4 自偏置法 …… 64
3.5 利用电流反馈的自偏置法 …… 65
3.6 利用电流反馈的分压偏置法 … 70
3.7 使用正负电源的偏置法 …… 75
3.8 利用直接2级放大的反馈偏置法 …… 77
3.9 利用二极管的偏置补偿 …… 86

4 放大器的基本性能指标

4.1 放大器基础 …… 92
4.2 按频率带宽进行放大器的分类 …… 100
4.3 失真的定义 …… 103

5 晶体管的等效电路

5.1 由晶体管原理推导出的等效电路 …… 112
5.2 用 *h* 参数的等效电路 …… 121

6 晶体管放大器的性质

6.1 发射极接地放大器 …… 130
6.2 基极接地放大器 …… 142
6.3 集电极接地放大器(射极跟随器) …… 151

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com