

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

电源系列丛书

第二版

开关电源设计

Switching Power Supply Design (Second Edition)

Abraham I. Pressman 著

王志强 等译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电源系列丛书

开关电源设计

(第二版)

Switching Power Supply Design
(Second Edition)

Abraham I. Pressman 著
王志强 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地论述了开关电源电路的功率转换和脉宽调制原理、磁性元件的设计原则及闭环反馈的稳定性和驱动保护等内容。书中同时介绍了高频开关电源方面的最新技术进展：功率因数校正技术、软开关技术、荧光灯电子镇流器及手提电脑用低压输入电源。本书还在基本拓扑原理分析的基础上，对各功率变换器件的参数选择和变换器波形进行了定量分析，并给出了不同拓扑电路的设计实例。

本书可以作为学习、研究高频开关电源的高校师生的教材，也可作为从事开关电源设计、开发的工程师的设计参考资料。



Abraham I. Pressman
Switching Power Supply Design

ISBN: 0-07-052236-7

Copyright ©1998 by the McGraw-Hill Companies, Inc.

Original Language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No Part of this publication may be reproduced or distributed in any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Publishing House of Electronics Industry.

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和美国麦格劳-希尔（亚洲）出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封底贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字：01-2004-3564

图书在版编目（CIP）数据

开关电源设计（第二版）/（美）普莱斯曼（Pressman, A.）著；王志强等译. —北京：电子工业出版社，2005.9
（电源系列丛书）

书名原文：Switching Power Supply Design（Second Edition）

ISBN 7-121-01755-5

I. 开… II. ①普…②王… III. 开关电源—设计 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 105787 号

责任编辑：刘继红

印 刷：北京东光印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：30.5 字数：780.8 千字

印 次：2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：45.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。
联系电话：（010）68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

译 者 序

随着电力电子技术的迅速发展,高频开关电源已广泛应用于计算机、通信、工业加工和航空航天等领域。因此,从事开关电源学习和研究的高校师生及从事开关电源设计研发的工程人员,都迫切需要理论性、实用性强的学习资料。这便是我向同行介绍本书的用意所在。

本书从最基本的开关变换器入手,系统论述了开关电源电路的功率变换和脉宽调制原理,磁性元件的设计原则及闭环反馈的稳定性和驱动保护等内容。本书表述严谨规范,材料全面系统,是目前开关电源领域拓扑理论分析与实际电路设计结合得比较好的一本书。

这里要说明,本书是英文原版的中译本,电路中的符号均采用原版形式。

本书的翻译历时一年,翻译工作由华南理工大学电力学院王志强副教授组织完成。该校电力电子与电力传动专业的研究生王凡、任凌、李思杨、徐彪、邱添泉、龙隽、李妍等同学承担了部分章节的翻译工作,没有他们的积极参与和认真工作,本书的翻译出版几乎是不可能的。广西大学电气工程系陈延明博士审阅了本书部分章节,并提出宝贵意见,在此表示感谢。

还要感谢本书作者 Mr. Abraham I. Pressman 先生,感谢 Mc Graw-Hill 公司及其北京代表处王永诚先生。感谢电子工业出版社编辑刘继红对本书翻译的支持和她的辛勤工作。

鉴于译者的水平有限,时间仓促,译文的不足和错漏之处在所难免,希望读者予以批评指正。

译 者

前 言

自作者前一本关于开关电源设计的书（《开关和线性电源及功率变换器设计》，1978 年）出版以来，功率变换领域已有了许多改变。

这些改变的目的是要进一步缩小电源的体积。集成电路技术使在较小的空间里能集成更多的电路功能，它在减小电源系统的体积方面有重要作用。与十年前约 1W/in^3 的功率密度相比，现在开关电源功率密度可达 $2\sim 6\text{W/in}^3$ 。而新型谐振变换器技术使功率密度提高到了 $20\sim 40\text{W/in}^3$ 。

可工作于更高开关频率的功率场效应管的采用，以及新型拓扑技术和集成了更多控制和监视功能的小型 PWM 集成电路芯片的出现都大大减小了当今电源的体积。所有这些新技术在本书中都有介绍。

作者在给美国各大电子公司工程师讲授现代开关电源设计的实践中发现，那些对基本原理有较好理解的人可以很容易地解决日常设计问题并能理解、掌握新技术。

为此，本书以教学引导的方法（In a Tutorial Way）介绍各种新技术，以使读者能理解不同电路效应的基本原理。书中还讨论了不同拓扑的关键波形及可选用的不同设计方案。本书力图避免使用未经推导的经验公式，所有影响设计结果的公式都从基本公式导出。

本书加强了磁设计的内容。这是考虑到大多数电源设计人员仅是电路专家，他们善于用通过示波器观察到的电压数值、电压尖峰波形来分析解决问题，而磁滞回线轨迹是难以用示波器观察到的。这样，电路专家可能会回避或不能很好解决磁设计问题，而把难题留给对电路特性如何影响磁设计不太了解的磁学专家。为此，本书力图加强磁学内容以纠正这种情况。

本书还增加了目前功率变换领域最热门的主题：功率因数校正、荧光灯电子镇流器和用于手提电脑的低输入电压电源。

本书正文和文献中经常出现的波形大部分为理想波形。但作者认为，从教学角度看，由实际工作电路测得的真实波形将更有价值。一个拍摄得到的带尖峰、振荡和畸变的波形将比手绘的理想波形传递更多的电路信息并可增加设计者的信心。本书提供了几种常用拓扑不同频率下拍摄得到的实际波形。

本书主要面向电源设计工程师和学习电源设计的本科生、研究生。对那些不从事电源原始设计，但对电源设计分析、评估、测试和调试有兴趣的人们也很有参考价值。

本书清晰地概括了几乎所有现代开关电源实用技术的要点内容。它的出版与无数对电源技术发展做出贡献的工程师、工业设计师和学者的努力是分不开的。

Abraham I. Pressman

目 录

第1部分 拓扑分析

第1章 基本开关型调整器——buck、boost及反相型拓扑	3
1.1 简介	3
1.2 线性调整器——开关调整器的原型	3
1.2.1 基本工作原理及优缺点	3
1.2.2 线性调整器的缺点	4
1.2.3 串接晶体管的功率损耗	4
1.2.4 线性调整器的效率与输出电压的关系	5
1.2.5 串接PNP型晶体管的低压差线性调整器	6
1.3 buck开关型调整器拓扑	7
1.3.1 基本工作原理	7
1.3.2 buck调整器的主要电流波形	9
1.3.3 buck调整器的效率(忽略交流开关损耗)	9
1.3.4 buck调整器的效率(考虑交流开关损耗)	10
1.3.5 buck调整器的理想开关频率	12
1.3.6 参数设计——输出滤波电感的选择	12
1.3.7 参数设计——输出滤波电容的选择	15
1.3.8 有直流隔离调整输出的buck调整器的电压调节	16
1.4 boost开关调整器拓扑	17
1.4.1 基本原理	17
1.4.2 boost调整器的定量分析	18
1.4.3 boost调整器的不连续工作模式和连续工作模式	18
1.4.4 不连续模式下的boost调整器的参数设计	20
1.4.5 boost调整器的应用及与反激变换器的比较	22
1.5 反极性开关调整器拓扑	22
1.5.1 基本工作原理	22
1.5.2 反极性调整器设计关系	24
参考文献	24
第2章 推挽和正激变换器拓扑	25
2.1 引言	25
2.2 推挽拓扑	25
2.2.1 有主从输出的推挽拓扑基本原理	25
2.2.2 输入及负载变化时从输出的调节	27
2.2.3 从输出电压实际值	27

2.2.4	主输出电感的最小电流限制	28
2.2.5	推挽拓扑中的磁通不平衡	28
2.2.6	磁通不平衡的表现	30
2.2.7	磁通不平衡的测试	32
2.2.8	磁通不平衡的解决方法	32
2.2.9	功率变压器设计	34
2.2.10	初/次级绕组的峰值电流及电流有效值	36
2.2.11	开关管的电压应力及漏感尖峰	39
2.2.12	功率开关管损耗	40
2.2.13	推挽拓扑输出功率及输入电压的限制	42
2.2.14	输出滤波器的设计	43
2.3	正激变换器拓扑	44
2.3.1	基本工作原理	44
2.3.2	输出/输入电压与导通时间和匝数比的设计关系	47
2.3.3	从输出电压	48
2.3.4	次级负载、续流二极管及电感的电流	49
2.3.5	初级电流、输出功率及输入电压之间的关系	49
2.3.6	功率开关管最大关断电压应力	49
2.3.7	实际输入电压和输出功率限制	50
2.3.8	功率和复位绕组匝数不相等的正激变换器	50
2.3.9	正激变换器电磁理论	52
2.3.10	功率变压器的设计	54
2.3.11	输出滤波器的设计	56
2.4	双管单端（以下简称双端）正激变换器拓扑	57
2.4.1	基本原理	57
2.4.2	设计原则及变压器的设计	59
2.5	交错正激变换器拓扑	60
2.5.1	基本工作原理、优缺点和输出功率限制	60
2.5.2	变压器的设计	61
2.5.3	输出滤波器的设计	62
第 3 章	半桥和全桥变换器拓扑	63
3.1	概述	63
3.2	半桥变换器拓扑	63
3.2.1	工作原理	63
3.2.2	半桥变换器磁设计	64
3.2.3	输出滤波器的设计	65
3.2.4	防止磁通不平衡的阻断电容的选择	65
3.2.5	半桥变换器的漏感问题	66
3.2.6	半桥变换器与双端正激变换器的比较	67
3.2.7	半桥变换器实际输出功率的限制	67