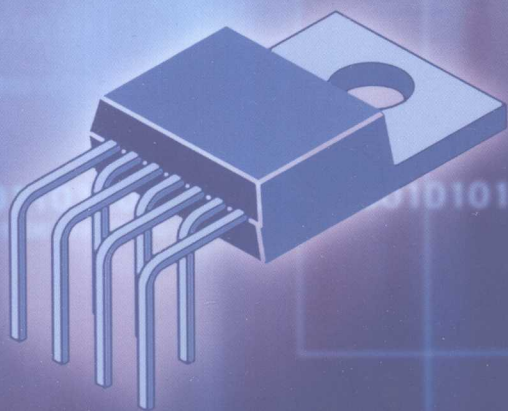


新型集成稳压器 应用指南

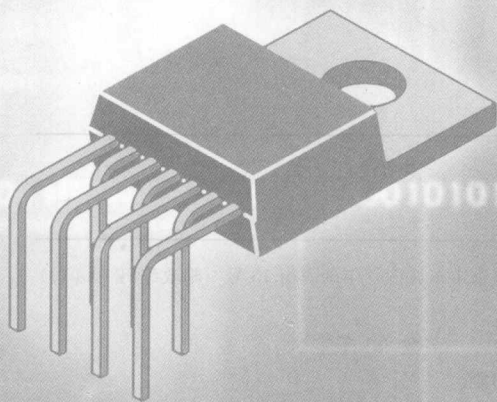
沙占友 王彦朋 尚 燕 编著



化学工业出版社

新型集成稳压器 应用指南

沙占友 王彦朋 尚 燕 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

新型集成稳压器应用指南/沙占友, 王彦朋, 尚燕编
著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 8
ISBN 978-7-122-03426-7

I. 新… II. ①沙…②王…③尚… III. 集成电路-稳
压器-应用 IV. TM44-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 111408 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 陈 静

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 三河市延风印装厂
850mm×1168mm 1/32 印张 13½ 字数 381 千字
2008 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 33.00 元

版权所有 违者必究

前 言

稳压器属于 DC/DC 变换器，它是稳压电源的心脏，也是各种电子设备的动力之源。集成稳压器自 1967 年问世以来，已经历了 50 年的发展历史。目前，集成稳压器正获得迅速发展与广泛应用，为实现稳压电源的集成化、标准化和小型化创造了条件。集成稳压器可划分成两大类：一类是线性稳压器（Linear Regulator），适合构成线性稳压电源；另一类是开关稳压器（Switching Regulator），适合构成开关电源（Switching Power Supply，简称 SPS，一般指 AC/DC 变换器）。而在线性稳压器中，既有传统的标准线性稳压器（Standard Linear Regulator），也包含近年来问世的低压差线性稳压器（Low Dropout Linear Regulator，简称 LDO）和超低压差线性稳压器（Very Low Dropout Linear Regulator，简称 VLDO）。低压差（超低压差）稳压器和开关稳压器均属于高效、节能型供电装置，其电源效率可达 90% 以上，比传统的线性稳压器提高近一倍，它们代表着稳压电源的发展方向，现已成为稳压电源的主流产品。

本书专门介绍集成稳压器的应用，主要有以下特点：

第一，全面、深入地阐述了线性稳压器和开关稳压器的应用技术。

第二，内容新颖。在介绍传统的线性稳压器的基础上，重点阐述新型低压差线性稳压器、超低压差线性稳压器和开关稳压器的原理与应用。

第三，实用性强。在介绍集成稳压器时侧重于应用。不仅介绍典型产品的应用，还详细阐述了低压差线性稳压器和开关稳压器的应用指南，包括设计要点、应用技巧、设计实例和使用注意事项，具有很高的实用价值。

第四，内容由浅入深，循序渐进，各章之间保持相对的独立性，读者既可通读全书，亦可选读部分章节的内容。

沙占友教授撰写了本书第一章、第二章、第三章、第六章和第

九章；王彦朋教授撰写了第四章、第五章和第十章；许云峰撰写了第七章，尚燕撰写了第八章。

参加本书撰写工作的还有李学芝、沙江、韩振廷、沙莎、张文清、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、林志强、刘庆华、杨华、张海涛、郑哲贤、韩滨、刘治国同志。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

编者

2008.6

目 录

第一章 标准线性稳压器的基本原理	1
第一节 集成线性稳压器概述	1
一、线性稳压器简介	1
二、标准集成线性稳压器发展概况	2
第二节 标准集成线性稳压器的基本原理与主要特点	3
一、标准线性稳压器的基本原理	3
二、标准集成线性稳压器的主要特点	5
第三节 集成线性稳压器的基本构成	6
一、基准电压源	6
二、误差放大器	7
三、NPN 型调整管	9
第四节 标准集成线性稳压器的保护电路	9
一、过热保护电路	9
二、过电流保护电路	11
三、调整管安全工作区保护电路	12
第五节 标准集成线性稳压器的选择方法	14
一、标准线性稳压器的基本类型	14
二、集成线性稳压器的选择	15
第六节 标准集成线性稳压器的使用注意事项	17
第二章 标准线性稳压器典型产品的原理与应用	22
第一节 标准线性稳压器的产品分类	22
一、三端固定式集成线性稳压器的产品分类	22
二、三端可调式集成线性稳压器的产品分类	23
第二节 三端固定式线性稳压器的的工作原理	24
一、7800 系列三端固定式线性稳压器的的工作原理	24
二、7900 系列三端固定式线性稳压器的的工作原理	26
第三节 三端固定式线性稳压器的应用技巧	27
一、正、负压固定输出式稳压电源	27

二、可从 0V 起调的单路输出式稳压电源	28
三、正、负压连续可调输出式稳压电源	28
四、恒流源电路	29
五、提高输出电压的方法	30
六、高输入电压的稳压电路	31
七、高输入、输出电压的稳压电路	32
八、具有远程关断功能的高输入电压稳压电路	32
九、由 7800 系列构成的可调式稳压器	33
十、扩展输出电流的方法	33
十一、7~30V 连续可调式稳压器	37
十二、0.5~10V 连续可调式稳压器	37
十三、跟踪式正、负压输出式稳压器	38
十四、开关稳压器	39
十五、功率调幅器	40
十六、具有温度补偿的可调输出式稳压器	40
十七、光控电路	41
第四节 三端可调式线性稳压器的的工作原理	42
一、三端可调式线性稳压器的的工作原理	42
二、三端可调式线性稳压器的结构特点	43
第五节 三端可调式线性稳压器的应用技巧	44
一、三端可调式线性稳压器的典型应用	44
二、0~30V 连续可调式稳压电源	46
三、扩展输出电流的方法	46
四、高稳定度稳压电源	47
五、恒流源	48
六、正、负压可调的稳压器	48
七、开关稳压器	49
八、受 TTL 电平控制的线性稳压器	50
九、慢启动线性稳压器	51
十、功率射极跟随器	51
十一、12V 电池充电器	51
十二、具有限流功能的电池充电器	52

十三、数控线性稳压器	53
十四、跟踪式线性稳压器	54
十五、集中调节多路线性稳压器输出电压的电路	54
第六节 三端可调式线性稳压器的性能测试电路	55
一、标准测试电路	55
二、测试电压调整率的电路	56
三、测试负载调整率的电路	56
四、测试纹波抑制比的电路	57
第三章 标准线性稳压器设计指南	59
第一节 线性稳压器的布局与装配技术	59
一、线性稳压器的布局	59
二、线性稳压器的装配技术	62
第二节 线性稳压器输入电路的设计	64
一、输入整流滤波电路的设计曲线	64
二、输入整流滤波电路的设计步骤	68
三、输入整流滤波电路的设计实例	69
第三节 扩展线性稳压器输出电流的方法	71
一、外部调整管的电路结构	71
二、对外部调整管的技术要求及限流保护电路	72
三、调整管的并联使用方法	76
第四节 线性稳压器的设计实例	78
一、集成线性稳压器的选择	78
二、电路设计	78
三、元件参数的确定	79
四、输入电压的确定	79
五、外部调整管的选择	80
六、外部调整管的散热器设计	81
七、输入整流滤波器的设计	81
第五节 线性稳压器的常见故障分析	81
第六节 可编程线性稳压器的电路设计	82
一、数字电位器的基本工作原理	82
二、可编程线性稳压器的电路设计	83

第七节 线性稳压器的散热器设计	86
一、散热器的基本工作原理	87
二、平板式散热器的设计	88
三、成品散热器的热参数计算	92
第四章 低压差线性稳压器的基本原理	96
第一节 低压差线性稳压器的基本原理	96
一、PNP 型低压差线性稳压器的基本原理	96
二、准低压差线性稳压器的基本原理	97
三、超低压差线性稳压器的基本原理	98
第二节 低压差线性稳压器的主要特点及产品分类	100
一、低压差线性稳压器的主要特点	100
二、低压差线性稳压器与其他稳压器的性能比较	102
三、低压差线性稳压器的产品分类	104
第三节 低压差线性稳压器的应用领域及基本用法	107
一、低压差线性稳压器的应用领域	107
二、低压差线性稳压器的基本用法	108
第四节 低压差线性稳压器的选择方法及使用	
注意事项	110
一、低压差线性稳压器的选择方法	110
二、低压差线性稳压器的使用注意事项	111
第五节 低压差线性稳压器典型产品的主要技术指标	113
第五章 低压差和超低压差线性稳压器典型产品的	
原理与应用	117
第一节 SPX1117 型准低压差线性稳压器	117
一、SPX1117 型准低压差线性稳压器的原理	117
二、SPX1117 型准低压差线性稳压器的应用	120
第二节 LP2950/2951 型低压差线性稳压器	123
一、LP2950/2951 型低压差线性稳压器的原理	124
二、LP2951 型低压差线性稳压器的应用	127
第三节 LM2990/2991、MAX1735 型负压输出式低压	
差线性稳压器	130
一、LP2990/2991 型低压差线性稳压器的原理与应用 ...	130

二、MAX1735 型超低压差线性稳压器的原理与应用	137
第四节 多路输出式超低压差线性稳压器	140
一、多路输出式超低压差线性稳压器的原理	140
二、多路输出式超低压差线性稳压器的应用	145
第五节 大电流输出式超低压差线性稳压器	149
一、大电流输出式超低压差线性稳压器的原理	149
二、大电流输出式超低压差线性稳压器的应用	153
第六节 HT71XX、HT72XX 系列高压输入式超低压差线性稳压器	157
一、高压输入式超低压差线性稳压器的原理	157
二、高压输入式超低压差线性稳压器的应用	158
第七节 TC10XX/20XX 系列高精度超低压差线性稳压器	162
一、TC10XX/20XX 系列超低压差线性稳压器的性能特点	162
二、TC10XX/20XX 系列超低压差线性稳压器的原理与应用	164
第八节 MAX1798/1799 型可编程多路输出式超低压差线性稳压器	167
一、MAX1798/1799 型带串行接口的五路输出式 VLDO 的原理	168
二、MAX1798/1799 在 CDMA 数字移动电话中的应用	173
第九节 低压差和超低压差线性稳压控制器	175
一、低压差线性稳压控制器的原理与应用	175
二、超低压差线性稳压控制器的原理与应用	181
第十节 复合式低压差和超低压差线性稳压器	187
一、复合式低压差和超低压差线性稳压器的原理	187
二、复合式低压差和超低压差线性稳压器的应用	192
第六章 低压差线性稳压器设计指南	196
第一节 低压差线性稳压器的设计要点	196
一、低压差线性稳压器电路设计要点	196

二、低压差线性稳压器的正确布局.....	198
三、影响低压差线性稳压器正常工作的主要因素.....	200
第二节 低压差线性稳压器关键外围元器件的选择.....	204
一、输入电容器、输出电容器及旁路电容器的选择.....	205
二、外部功率 MOSFET 的选择	206
三、低压差线性稳压器封装形式的选择.....	207
第三节 低压差线性稳压器的应用技巧.....	208
一、+3.3V/5V 输出电压可选择的低压差线性稳压器 ...	208
二、利用跳线器获得不同规格电源电压的方法.....	209
三、由通用元器件构成输出电压低于 1V 的低压差线性 稳压器.....	210
第四节 低压差线性稳压器在微处理器电源系统中 的应用.....	214
一、低压差线性稳压器在微处理器电源系统中的应用.....	215
二、能对微处理器电压进行跟踪的低压差线性稳压器.....	218
第五节 可编程低压差线性稳压器的优化设计.....	218
一、简易数控低压差线性稳压器.....	218
二、由数字电位器构成的数控低压差线性稳压器.....	219
第六节 由低压差线性稳压器构成的恒流源.....	222
一、由低压差线性稳压器构成的简易恒流源.....	222
二、由超低压差线性稳压控制器构成的恒流源.....	223
第七节 低压差线性稳压器的散热器设计.....	225
一、印制板式散热器的设计方法.....	225
二、低压差线性稳压器的散热器设计实例.....	228
第八节 低压差线性稳压器的常见故障分析.....	232
第七章 开关稳压器及开关电源的基本原理.....	234
第一节 开关电源的发展概况.....	234
一、开关电源的发展趋势.....	234
二、开关电源的新技术.....	237
第二节 开关电源的基本原理与构成.....	240
一、开关稳压器的基本原理.....	240
二、开关电源的基本构成.....	242

第三节	开关电源与线性稳压电源的性能比较	243
第四节	DC/DC 变换器的拓扑结构与产品分类	245
一、	DC/DC 变换器的拓扑结构	245
二、	DC/DC 变换器的产品分类	245
第五节	降压式开关稳压器的基本原理	246
一、	降压式 DC/DC 变换器的基本原理	246
二、	降压式 DC/DC 变换器的简化电路	247
第六节	升压式开关稳压器的基本原理	249
一、	升压式 DC/DC 变换器的基本原理	249
二、	升压式 DC/DC 变换器的简化电路	250
第七节	降压/升压式开关稳压器的基本原理	251
第八节	反激式/正激式开关稳压器的基本原理	252
一、	反激式 DC/DC 变换器的基本原理	252
二、	正激式 DC/DC 变换器的基本原理	256
第九节	推挽式 DC/DC 变换器的基本原理	257
一、	推挽式 DC/DC 变换器的基本原理	257
二、	推挽式 DC/DC 变换器的两种类型	259
第十节	半桥/全桥式 DC/DC 变换器的基本原理	260
一、	半桥式 DC/DC 变换器的基本原理	260
二、	全桥式 DC/DC 变换器的基本原理	260
第十一节	软开关 DC/DC 变换器的基本原理	261
一、	准谐振式 DC/DC 变换器的基本原理	262
二、	全桥零电压 DC/DC 变换器的基本原理	263
第八章	开关稳压器典型产品的原理与应用	264
第一节	LM2576/2696/2578/2679 系列降压式开关稳压器	264
一、	LM2576 系列降压式稳压器的原理与应用	264
二、	LM2596 系列降压式稳压器的原理与应用	273
三、	LM2678/2679 系列降压式稳压器的原理与应用	279
第二节	TC1304 型带 LDO 的同步降压式开关稳压器	284
一、	TC1304 型同步降压式稳压器的工作原理	284
二、	TC1304 型同步降压式稳压器的典型应用	288

第三节 LM2577 系列升压式开关稳压器	289
一、LM2577 系列升压式稳压器的的工作原理	290
二、LM2577 系列升压式稳压器的典型应用	292
三、LM2577 系列升压式稳压器的设计要点	294
第四节 MAX8627 型同步整流升压式开关稳压器	297
一、MAX8627 型同步整流升压式开关稳压器的 工作原理.....	298
二、MAX8627 型同步整流升压式开关稳压器的 典型应用.....	303
第五节 LTC3441 型降压/升压式开关稳压器	304
一、LTC3441 型降压/升压开关稳压器的的工作原理	304
二、LTC3441 型降压/升压式开关稳压器的典型应用	307
第六节 LT1940 型双路输出式开关稳压器	308
一、LT1940 型双路输出式开关稳压器的的工作原理	308
二、LT1940 型双路输出式开关稳压器的典型应用	309
第七节 LT1931 型负压输出式开关稳压器	311
一、LT1931 负压输出式开关稳压器的的工作原理	311
二、LT1931 负压输出式开关稳压器的典型应用	313
第九章 开关电源设计指南.....	316
第一节 开关电源的设计要点.....	316
一、开关电源的设计要求.....	316
二、开关电源拓扑类型的选择	318
三、设计开关电源的注意事项.....	319
第二节 开关电源关键外围元器件的选择.....	322
一、电阻器的选择.....	322
二、电容器的选择.....	327
三、电感器的选择.....	332
四、输出整流管的选择.....	333
五、功率开关管的选择.....	337
六、光耦合器的选择.....	342
第三节 可编程开关稳压器电路设计.....	345
一、可编程开关稳压器的典型电路.....	345

二、由数字电位器 AD5220 构成的可编程开关稳压器	346
三、由数字电位器 AD5222 构成的可编程开关式 稳压器	346
四、由数字电位器 DS1845 构成的升压式开关稳压器	347
五、由数字电位器 DS3903 构成的降压式开关稳压器	347
第四节 高频变压器的设计	348
一、软磁铁氧体磁芯的性能及产品规格	349
二、高频变压器的设计实例	352
第五节 开关电源的测量技术	355
一、开关电源主要参数的测试方法	355
二、准确测量输出纹波电压的方法	357
三、测量开关稳压器效率的方法	359
四、测量隔离式交流开关电源输入功率的简便方法	360
第六节 集成过电压及过电流保护器的原理与应用	361
一、NCP345 型过电压保护器的原理与应用	362
二、MAX4843 系列过电压保护器的原理与应用	365
三、LTC4213 型过电流保护器的原理与应用	367
第十章 稳压电源计算机辅助设计软件及其应用	370
第一节 稳压电源计算机辅助设计软件综述	370
一、开关电源及开关稳压器设计软件	371
二、开关电源计算机仿真软件	373
三、在线设计与仿真软件	375
四、低压差线性稳压器设计软件	375
第二节 低压差线性稳压器计算机辅助设计软件及应用	376
一、LDO-It 设计软件的主要特点	376
二、LDO-It 设计软件的应用实例	376
第三节 开关电源计算机辅助设计软件及应用	380
一、PI Expert 6.6 的主要特点及辅助软件	380
二、PI Expert 6.6 的导航工具及设计向导	382
三、PI Expert 6.6 的优化设计实例	385
第四节 WEBENCH 网上设计工具软件及应用	391
一、WEBENCH 在线设计软件的主要特点	392

二、WEBENCH 在线设计软件的设计步骤	393
三、WEBENCH 在线设计开关稳压器的应用实例	393
四、WebSIM 软件简介	397
第五节 开关电源仿真软件及应用	399
一、POWER 4-5-6 仿真软件的主要特点	400
二、POWER 4-5-6 仿真软件的拓扑结构及使用要点	400
三、利用 POWER 4-5-6 设计开关电源功率级的方法	403
四、控制电路的小信号分析	407
参考文献	409

第一章

标准线性稳压器的基本原理

传统的集成线性稳压器亦称标准线性稳压器 (Standard Linear Regulator), 受当时技术和工艺条件的限制, 它们均采用输入—输出压差较高的 NPN 型晶体管作为调整管, 导致其功耗较大, 电源效率较低。鉴于这类“经典型”产品还被大量生产和广泛应用, 目前在市场上仍占有较大份额, 因此本章首先介绍其发展概况、基本原理、主要特点和保护电路, 然后阐述标准线性稳压器的选择方法及产品分类。

第一节 集成线性稳压器概述

一、线性稳压器简介

线性稳压器 (Linear Voltage Regulator, 简称 Linear Regulator) 因其调整管工作在线性工作区而得名。线性稳压器的优点是稳压性能好, 输出纹波电压小, 电路简单、成本低廉。主要缺点是调整管的压降大, 功耗高, 稳压电源的效率低, 一般仅为 35%~45%。

目前国内外生产的集成线性稳压器多达数千种, 产品主要包括两种: 固定输出式 (含三端固定式、多端固定式、低压差固定式), 可调输出式 (含三端可调式、多端可调式、低压差可调式)。按照输出电压的特点来划分, 又有正压输出, 负压输出, 跟踪式正、负压输出 3 种形式。

从电路原理上划分, 线性稳压器亦可分成串联调整式、并联调整式两种类型, 它们的等效电路分别如图 1-1-1a)、b) 所示。图中的 R 代表调整管的等效电阻, R_L 为负载电阻。串联调整式的内部调整管与负载相串联, 能输出较大的电流, 且输出电流与输入电流

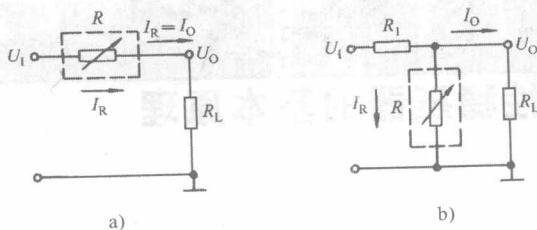


图 1-1-1 线性稳压器的等效电路

a) 串联调整式; b) 并联调整式

基本相等, 适合构成线性稳压器。并联调整式的调整管与负载相并联, 输出电压稳定度很高, 但输出电流很小, 一般只做基准电压源使用。

二、标准集成线性稳压器发展概况

1. 三端固定式集成线性稳压器

美国仙童 (Fairchild) 半导体公司于 20 世纪 70 年代初首先推出 $\mu A7800$ 系列和 $\mu A7900$ 系列三端固定式集成线性稳压器。它的问世是电源集成电路的一大革命。它极大地简化了电源的设计与应用, 能以最简方式 (类似于三极管) 接入电路, 并具有较完善的过电流、过电压、过热保护功能。目前, 7800 系列和 7900 系列已成为世界通用系列, 也是用途最广、销量最大的集成线性稳压器。其优点是使用方便, 不需作任何调整, 外围电路简单, 工作安全可靠, 适合制作通用型、标称输出的稳压电源。其缺点是输出电压不能调整, 不能直接输出非标称值电压, 电压稳定度还不够高。

2. 三端可调式集成线性稳压器

三端可调式集成线性稳压器是 20 世纪 70 年代末至 80 年代初发展起来的, 由美国国家半导体公司 (NSC) 首创的第二代三端集成线性稳压器。它既保留了三端固定式线性稳压器结构简单之优点, 又克服了电压不可调整的缺点, 并且在电压稳定度上比前者提高了一个数量级。适合制作实验室电源及多种供电方式的直流稳压电源。它也可以设计成固定式输出, 以代替三端固定式线性稳压器, 进一步改善稳压性能。