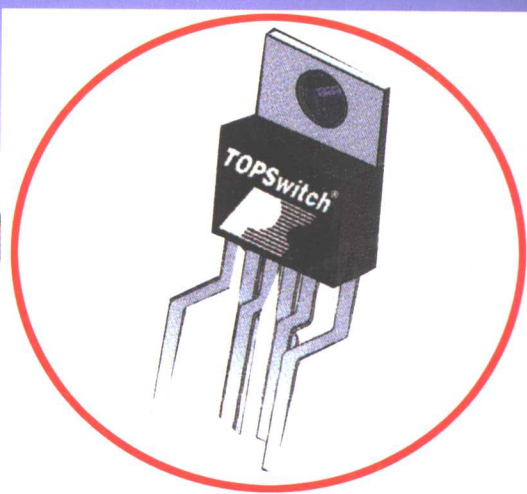




单片开关电源 最新应用技术

第2版

沙占友 王彦朋 周万珍 等编著



单片开关电源最新应用技术

(第2版)

沙占友 王彦朋 周万珍 等编著



机械工业出版社

目前,开关电源正朝着短、小、轻、薄的方向发展。单片开关电源集成电路问世以来,引起了国内外电源界的普遍关注,现已成为具有发展前景和影响力的一项新产品。本书突出实用性,全面系统深入地阐述了单片开关电源的最新应用技术。全书共十二章。第一章为单片开关电源综述。第二章至第十一章分别介绍了当今国际上最流行的 TOPSwitch—II、TOPSwitch—FX、TOPSwitch—GX、TinySwitch—II、LinkSwitch、LinkSwitch—TN、LinkSwitch—HF、DPA—Switch、TEA1520、NCP1050、NCP1000、VIPer12A/22A 等系列几百种单片开关电源的原理与应用。第十二章专门介绍了单片开关电源的设计要点及关键元器件选择。本书充分反映了近年来国内外在该领域的最新科研及应用成果。

本书题材新颖,内容丰富,深入浅出,具有很高的实用价值,可供各类电子技术人员、高校师生和电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

单片开关电源最新应用技术 / 沙占友等编著. —2 版.

北京:机械工业出版社,2005.7

ISBN 7-111-10865-5

I. 单… II. 沙… III. 单片电路—开关电源

IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 071989 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:牛新国

责任印制:石 冉

三河市宏达印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·17.25 印张·434 千字

0001—4000 册

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

近年来,随着电子信息产业的飞速发展,我国已成为世界上生产开关电源及电源模块的大国。预计 2005 年我国生产的开关电源适配器产量将占全球销量的 40%。开关电源以其低损耗、高效率等显著优点而深受人们的青睐,并被广泛应用于计算机设备、电子仪器、通信设备和家用电器中。目前,开关电源正朝着短、小、轻、薄的方向发展。单片开关电源自 20 世纪 90 年代中期间问世以来便显示出强大的生命力,它具有高集成度、高性价比、最简外围电路、最佳性能指标等特点,现已成为开发中、小功率开关电源及开关电源模块的优选集成电路。

为了推广单片开关电源的应用技术,作者编著的《单片开关电源最新应用技术》一书 2003 年由机械工业出版社出版以来已 3 次重印,受到国内专家与广大读者的好评。鉴于近两年来单片开关电源又获得飞速发展,国外一些著名的芯片厂家竞相推出了一大批单片开关电源集成电路,而广大读者又迫切需要掌握该领域的新技术。为此,我们在总结单片开关电源研究工作所积累经验的基础上,又参考了国外厂家提供的最新资料,对原书做了精简并补充了许多新内容。新增内容约占全书的 50%。

本书融科学性、实用性于一体,主要具有以下特点:

1) 全面、深入地阐述了近两年来国际上在单片开关电源领域所取得的新技术和新成果。重点介绍了美国 PI 公司于 2000~2004 年相继推出的 TOPSwitch-FX 系列第三代单片开关电源, TOPSwitch-GX 系列第四代单片开关电源, TinySwitch-II 系列第二代微型单片开关电源, LinkSwitch、LinkSwitch-TN、LinkSwitch-HF、DPA-Switch 系列节能型单片开关电源;还介绍了荷兰 Philips 公司、美国 Onsemi 公司、美国 ST 公司开发的多种新型单片开关电源。此外,本书还详细介绍了同步整流、有源钳位、磁复位等国际先进技术的典型应用实例。

2) 内容深入浅出,实用性强,具有很高的应用价值。全书给出了多种单片开关电源的实用电路,还详细介绍了电路设计要点、印制板设计、芯片测试方法及使用注意事项。本书对广大读者自行开发新型开关电源及电源模块,具有重要的参考价值。

3) 信息量大,知识面宽,便于读者触类旁通,灵活运用。

沙占友教授任本书主编并完成了全书的审阅及统稿工作。王彦朋、周万珍(机械工程学院在读博士生)、孟志永、许云峰、杜之涛、李庆恒、张英、武卫东、刘阿芳任副主编,沙占友撰写了第一章、第六章、第七章、第八章和第九章,王彦朋撰写了第二章,周万珍撰写了第三章,孟志永、安国臣撰写了第十一章,杜之涛、李庆恒撰写了第四章,张英、武卫东、许云峰撰写了第五章,刘阿芳、李欣雨、王科撰写了第十章,安胜彪、张秀清、于鹏,撰写了第十二章。

李学芝、沙江、韩振廷、沙莎、陈庆华、张文清、宋怀文、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民同志也为本书作了有益的工作。

由于作者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,欢迎广大读者给予指正。

作 者

2005 年 4 月于河北科技大学

目 录

第2版前言

第一章 单片开关电源综述	1
第一节 单片开关电源的发展概况及主要特点	1
一、集成开关电源的发展概况	1
二、单片开关电源的主要特点	2
三、单片开关电源的应用领域	4
第二节 单片开关电源的产品分类	5
一、第二代单片开关电源的产品分类	5
二、第三代单片开关电源的产品分类	5
三、第四代单片开关电源的产品分类	6
四、第一、二代微型单片开关电源的产品分类	6
五、高效节能微型单片开关电源的产品分类	7
六、飞利浦公司单片开关电源的产品分类	8
七、安森美公司单片开关电源的产品分类	9
八、意法半导体有限公司单片开关电源的产品分类	9
第三节 单片开关电源的性能指标	9
第二章 TOPSwitch-II 系列第二代单片开关电源的应用	11
第一节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的性能特点	11
第二节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的工作原理	12
一、TOPSwitch-II 的引脚功能	12
二、TOPSwitch-II 的工作原理	13
第三节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的快速设计法	17
一、TOPSwitch-II 的 P_D 与 η 、 P_O 关系曲线	17
二、正确选择 TOPSwitch-II 芯片的方法	19
三、根据输出功率比来修正等效输出功率等参数	19
第四节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的典型应用	22
一、4W 后备式开关电源	22
二、由 TOP227Y 构成的 150W 精密开关电源	23
第五节 TOPSwitch-II 在开关电源模块中的应用	25
一、开关电源模块的性能特点和技术指标	25
二、12V、20W 开关电源模块的电路设计	26
三、高频变压器的绕制方法及性能测试	27
第六节 由 TOPSwitch-II 构成的特种开关电源	28
一、复合型开关电源的电路设计	28
二、精密恒压/恒流型开关电源的电路设计	29

三、截流型开关电源的电路设计	30
四、恒功率型开关电源的电路设计	31
第七节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的设计要点	33
第八节 TOPSwitch-II 系列单片开关电源的测试技术	35
一、开关电源稳压性能的测试	35
二、TOPSwitch-II 的性能测试	36
三、测试漏-源击穿电压和关断时的漏电流	37
四、测量各引脚之间的电阻值	37
第三章 TOPSwitch-FX 系列第三代单片开关电源的应用	39
第一节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的性能特点	39
一、TOPSwitch-FX 系列产品的性能特点	39
二、TOPSwitch-FX 与 TOPSwitch-II 的性能比较	40
第二节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的工作原理	41
一、TOPSwitch-FX 的引脚功能	41
二、TOPSwitch-FX 的工作原理	42
第三节 TOPSwitch-FX 系列控制电路的设计	45
一、多功能端内部电路的工作原理	45
二、多功能端的应用电路	45
第四节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的快速设计法	47
一、快速选择 TOPSwitch-FX 芯片的方法	47
二、关键元件的典型参数值	50
三、设计注意事项	50
第五节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的应用	51
一、能进行外部限流的 12V、30W 开关电源	51
二、多路输出的 35W 机顶盒开关电源	52
三、5V 和 3.3V 输出的 17W PC 待机电源	54
四、由 MCU 控制的 TOPSwitch-FX 单片开关电源	54
第六节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的设计要点	55
一、关键元器件的选择	56
二、印制电路的设计	57
第七节 TOPSwitch-FX 系列单片开关电源的测试技术	58
一、性能测试	58
二、各引脚之间的电阻值	58
第四章 TOPSwitch-GX 系列第四代单片开关电源的应用	59
第一节 TOPSwitch-GX 系列单片开关电源的性能特点	59
一、TOPSwitch-GX 系列单片开关电源的性能特点	59
二、TOPSwitch-GX 与 TOPSwitch-II 的性能比较	59
三、TOPSwitch-GX 与 TOPSwitch-FX 的性能比较	60
第二节 TOPSwitch-GX 系列单片开关电源的工作原理	60
一、TOPSwitch-GX 的引脚功能	60

二、TOPSwitch—GX 的工作原理	61
第三节 TOPSwitch—GX 系列单片开关电源的快速设计法	64
一、快速选择 TOPSwitch—GX 芯片的方法	64
二、关键元件的典型参数值	68
三、设计注意事项	69
第四节 TOPSwitch—GX 系列单片开关电源的应用	70
一、高效率 70W 通用开关电源模块	70
二、由 TOP249Y 构成的 DC/DC 变换式 250W 开关电源	71
三、由 TOP246Y 构成的 45W 多路输出式开关电源	72
四、由 MCU 控制的 TOPSwitch—GX 单片开关电源	74
第五节 TOPSwitch—GX 系列单片开关电源的设计要点	74
一、印制电路设计	74
二、使用注意事项	75
第六节 TOPSwitch—GX 系列单片开关电源的测试技术	76
一、TOPSwitch—GX 的性能测试	76
二、测试漏-源击穿电压和关断时的漏电流	77
三、测量各引脚的电阻值	77
第七节 TOPSwitch—GX 在开关电源模块中的应用	78
一、16W 通用电池充电器模块	78
二、密封式 70W 笔记本电脑电源适配器模块	79
三、145W、PC 开关电源模块	81
四、7W 地面数字电视播放设备的电源模块	84
五、10W 高速调制解调器电源模块	86
六、20W 低功耗 DVD 电源模块	89
七、43W 数字电视机顶盒电源模块	91
第五章 TinySwitch—II 系列第二代微型单片开关电源的应用	94
第一节 TinySwitch—II 系列微型单片开关电源的性能特点	94
一、TinySwitch—II 的性能特点	94
二、TinySwitch—II 与 TinySwitch 的性能比较	95
第二节 TinySwitch—II 系列微型单片开关电源的工作原理	95
一、TinySwitch—II 的引脚功能	95
二、TinySwitch—II 的工作原理	96
第三节 TinySwitch—II 系列单片开关电源的应用	100
一、TinySwitch—II 的典型应用	101
二、2.5W 恒流/恒压输出式手机电池充电器	101
三、PC 用 15W 或 10W 待机电源	102
第四节 TinySwitch—II 系列单片开关电源的设计要点及测试技术	104
一、使用注意事项	104
二、印制电路的设计要点	104
三、TinySwitch—II 的性能测试	105

第六章 LinkSwitch 系列微型节能单片开关电源的应用	107
第一节 LinkSwitch 系列单片开关电源的工作原理	107
一、LinkSwitch 系列单片开关电源的性能特点	107
二、LinkSwitch 系列单片开关电源的工作原理	109
第二节 LinkSwitch 系列单片开关电源的典型应用	113
一、LNK501 的典型应用	113
二、LNK520 的典型应用	115
三、LinkSwitch 系列单片开关电源的使用注意事项	115
第三节 LinkSwitch 系列单片开关电源的设计要点	117
一、LinkSwitch 的电路模型及设计步骤	117
二、恒压/恒流式充电器的电路设计	119
第四节 LinkSwitch 在开关电源模块中的应用	125
一、1.5W 恒压/恒流式充电器模块	125
二、2.5W 恒压/恒流式充电器模块	127
三、2.75W 恒压/恒流式充电器模块	129
第七章 LinkSwitch-TN 系列微型节能单片开关电源的应用	131
第一节 LinkSwitch-TN 系列单片开关电源的工作原理	131
一、LinkSwitch-TN 的性能特点	131
二、LinkSwitch-TN 的工作原理	132
第二节 LinkSwitch-TN 系列单片开关电源的典型应用	134
一、LinkSwitch-TN 的基本接线方式	134
二、LinkSwitch-TN 的典型应用	135
三、关键元器件的选择	138
第三节 LinkSwitch-TN 系列单片开关电源的快速设计法	139
一、LinkSwitch-TN 的快速设计法	139
二、LinkSwitch-TN 的设计步骤	142
三、恒流输出电路的设计	147
第四节 LinkSwitch-TN 在开关电源模块中的应用	147
一、1.25W 交流非隔离式发光二极管恒流驱动电源模块	147
二、0.6W 交流非隔离式通用仪表用电源模块	150
第八章 LinkSwitch-HF 系列微型单片开关电源的应用	152
第一节 LinkSwitch-HF 系列单片开关电源的工作原理	152
一、LinkSwitch-HF 的性能特点	152
二、LinkSwitch-HF 的工作原理	153
第二节 LinkSwitch-HF 系列单片开关电源的典型应用	154
第三节 LinkSwitch-HF 系列单片开关电源的设计要点	156
一、开关电源的参数选择	156
二、LinkSwitch-HF 的设计要点	157
第四节 LinkSwitch-HF 在开关电源模块中的应用	159
第九章 DPA-Switch 系列单片 DC/DC 电源变换器的应用	161

第一节 DPA-Switch 系列单片 DC/DC 电源变换器的工作原理	161
一、DPA-Switch 系列产品的性能特点	161
二、DPA-Switch 系列产品的工作原理	162
三、DPA-Switch 系列产品的接线方式	167
第二节 DPA-Switch 系列单片 DC/DC 电源变换器的典型应用	170
一、同步整流技术	170
二、采用同步整流的 5V、30W 高效率 DC/DC 变换器	173
三、3.3V、6.6W DC/DC 变换器	175
第三节 DPA-Switch 系列单片 DC/DC 电源变换器的电路设计	177
一、DPA-Switch 的电路设计	177
二、使用注意事项	182
第四节 DPA-Switch 在开关电源模块中的应用	183
一、5W DC/DC 电源变换器模块	183
二、同步整流式 16.5W DC/DC 电源变换器模块	184
三、30W DC/DC 电源变换器模块	187
四、同步整流式两路输出的 50W DC/DC 电源变换模块	189
五、同步整流式 60W DC/DC 电源变换器模块	191
六、15W 多路输出式 DC/DC 电源变换器模块	193
七、带以太网接口的 15W DC/DC 电源变换器模块	196
第十章 TEA1520 系列单片开关电源的应用	201
第一节 TEA1520 系列单片开关电源的原理与应用	201
一、TEA1520 系列的性能特点	201
二、TEA1520 系列的工作原理	202
三、TEA1520 系列的典型应用	206
第二节 TEA1520 系列单片开关电源的设计要点	210
一、反激式单片开关电源的基本原理	211
二、TEA1520 系列单片开关电源的设计要点	211
第三节 TEA1532 型单片开关电源的原理与应用	216
一、TEA1532 的性能特点	216
二、TEA1532 的工作原理	216
三、TEA1532 的典型应用	218
第十一章 NCP1050 等系列单片开关电源的应用	221
第一节 NCP1050 系列单片开关电源的原理与应用	221
一、NCP1050 系列单片开关电源的性能特点	221
二、NCP1050 系列单片开关电源的工作原理	222
三、NCP1050 系列单片开关电源的典型应用	226
第二节 NCP1000 系列单片开关电源的原理与应用	229
一、NCP1000 系列单片开关电源的性能特点	229
二、NCP1000 系列单片开关电源的工作原理	229
三、NCP1000 系列单片开关电源的典型应用	233

第三节 VIPer12A/22A 系列小功率单片开关电源的原理与应用	233
一、VIPer12A、VIPer22A 系列的性能特点	233
二、VIPer22A 系列小功率单片开关电源的工作原理	234
三、VIPer22A 系列小功率单片开关电源的典型应用	236
第十二章 单片开关电源的设计要点	238
第一节 单片开关电源设计概述	238
一、单片开关电源的两种工作模式	238
二、单片开关电源反馈电路的 4 种基本类型	239
第二节 单片开关电源保护电路的设计	240
一、保护电路的分类	240
二、输出过电压保护电路的设计	241
三、输入欠电压保护电路的设计	242
四、软启动电路的设计	243
第三节 单片开关电源的测试技术	244
一、功率测量技术	244
二、主要参数测试	245
三、高频变压器的电气性能测试	246
第四节 单片开关电源关键外围元器件的选择	247
一、TL431 型可调式精密并联稳压器	247
二、线性光耦合器	248
三、电磁干扰滤波器	249
四、瞬态电压抑制器	251
五、快恢复及超快恢复二极管	252
六、肖特基二极管	253
七、熔断电阻器	254
八、自恢复熔丝	255
九、软磁铁氧体磁心	257
十、NCP345 型过电压保护器件	260
参考文献	264

第一章 单片开关电源综述

开关电源 (Switch Mode Power Supply, 简称 SMPS) 被誉为高效节能电源, 它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。目前, 开关电源正进入一个蓬勃发展的新时期, 各种新技术不断涌现, 新工艺被普遍采用, 新产品层出不穷。突出表现在以下几个方面: 开关电源正朝着短、小、轻、薄、单片集成化、智能化、高效节能、绿色环保的方向发展, 开关电源的保护电路日趋完善, 其电磁兼容性设计也取得突破性进展, 专用计算机软件的问世为开关电源的优化设计提供了便利条件, 而开关电源的计算机仿真技术也取得了进展。所有这些, 都为新型开关电源的推广与普及创造了有利条件。

第一节 单片开关电源的发展概况及主要特点

一、集成开关电源的发展概况

近 20 多年来, 集成开关电源沿着下述两个方向不断发展。第一个发展方向是对开关电源的核心单元——控制电路实现集成化。1977 年国外首先研制成功 PWM (脉冲宽度调制, 以下简称脉宽调制) 控制器集成电路, 美国 Motorola 公司、Silicon General 公司、Unitrode 公司等相继推出一批 PWM 芯片, 其典型产品有 MC3520、SG3524、UC3842。在此基础上, 国外又研制出开关频率达 1MHz 的高速 PWM、PFM (脉冲频率调制) 芯片, 典型产品如 UC1825。

第二个发展方向则是对中、小功率开关电源实现单片集成化。这大致分两个阶段: 20 世纪 80 年代初, 意-法半导体有限公司 (SGS-Thomson, 简称 ST) 率先推出 L4960 系列单片开关式稳压器。ST 公司于 90 年代初又推出了 L4970A 系列产品, 包括 L4970A~L4977A。该公司在 1998 年还研制出 L4978 型单片开关式稳压器。其共同特点是将脉宽调制器、功率输出级、保护电路等集成在一个芯片中, 但使用时需配工频变压器与电网隔离, 适合制作低压可调式输出 (5.1~40V)、大中功率 (400W 以下)、大电流 (1.5~10A)、高效率 (电源效率可超过 90%) 的开关电源。但从本质上讲, 它们仍属于 DC/DC 电源变换器。

1994 年, 美国电源集成 (Power Integrations, 简称 PI) 公司在世界上率先研制成功三端隔离式脉宽调制型单片开关电源, 它属于 AC/DC 电源变换器。其第一代产品为 1994 年问世的 TOPSwitch 系列, 第二代产品是 1997 年问世的 TOPSwitch-II 系列, 第三代和第四代产品是在 2000 年 1 月和 11 月相继推出的 TOPSwitch-FX、TOPSwitch-GX 系列单片开关电源, 详见表 1-1。该公司还于 1998 年开发出高效、小功率、低价位的 TinySwitch 系列微型单片开关电源、2001 年又推出了 TinySwitch-II 系列产品, 参见表 1-2。

在 2002 年~2004 年期间, PI 公司最新推出了 LinkSwitch 系列高效率恒压/恒流式三端微型节能单片开关电源、LinkSwitch-TN 系列四端隔离式微型节能单片开关电源、LinkSwitch-HF 系列四端隔离式增强型高效微型单片开关电源和 DPA-Switch 系列高效率单片 DC/DC 电源变换器, 参见表 1-3。

此外, 意-法半导体有限公司 (简称 ST 公司) 最近也相继开发出 VIPer12A、VIPer22A、VIPer50A、VIPer50B、VIPer53、VIPer100、VIPer100A 和 VIPer100B 等中、小功率单片开关

电源系列产品，并在国际上得到推广应用。

表 1-1 通用型单片开关电源的产品分类

第一代产品	第二代产品	第三代产品	第四代产品
TOPSwitch 系列	TOPSwitch-II 系列	TOPSwitch-FX	TOPSwitch-GX
TOP100/TOP200	TOP221~TOP 227	TOP232~TOP234	TOP242~TOP250
1994 年	1997 年	2000 年 1 月	2000 年 11 月~2002 年 1 月
三端器件		五端器件 适配微控制器 (MCU)	六端/五端器件 适配微控制器 (MCU)
最大输出功率 $P_{OM} \leq 150W$		$P_{OM} \leq 75W$	$P_{OM} \leq 290W$
开关频率 $f=100kHz$		$f=130kHz/65kHz$	$f=132kHz/66kHz$
交流输入电压范围 $u=85\sim 265V$ (宽范围输入), 或 $220(1\pm 15\%)V$ (固定输入)			
电源效率 $\eta=80\%$ 左右			

表 1-2 微型单片开关电源的产品分类

第一代产品		第二代产品
TinySwitch 系列		TinySwitch-II 系列
TNY253~TNY 255	TNY256	TNY264~TNY268
1998 年	1999 年	2001 年 3 月
四端器件		
$P_{OM} \leq 10W$	$P_{OM} \leq 19W$	$P_{OM} \leq 23W$
$f=44kHz$	$f=130kHz$	$f=132kHz$

表 1-3 4 种高效节能型单片开关电源的产品分类

LinkSwitch 系列	LinkSwitch-TN 系列	LinkSwitch-HF 系列	DPA-Switch
恒压/恒流式单片开关电源	隔离式、节能型单片开关电源	隔离式、增强型单片开关电源	单片 DC/DC 电源变换器
LNK500、LNK501、LNK520	LNK304P~LNK306	LNK353、LNK354	DPA423~DPA426
2002 年 9 月~2004 年 3 月	2004 年 1 月	2004 年 10 月	2002 年
三端器件	四端器件	四端器件	六端器件
$P_O < 5.5W$	$I_O < 360mA$	$P_O < 5W$	$P_O < 100W$
$f=42kHz$	$f=66kHz$	$f=200kHz$	$f=400kHz/300kHz$

荷兰飞利浦 (Philips) 公司于 2000 年~2004 年期间开发的“绿色芯片 (GreenChip)”——STARplug 产品, 采用高电压 EZ-HV 工艺技术和低电压 Bi-CMOS 工艺, 将模拟、数字与电源电路集成在一个芯片上, 为设计各种低功耗、低成本的小型化电源适配器及备用电源提供了解决方案。该公司先后研制成功 TEA1510、TEA1520、TEA1530、TEA1620 等系列的单片开关电源, 它们属于反激式开关电源。到目前为止, 飞利浦公司在全球已售出 1 亿块绿色芯片, 广泛用于从电视机电源到笔记本适配器等各个领域。

美国安森美 (Onsemi) 半导体公司也相继开发出 NCP1000、NCP1050、NCP1200 系列单片开关电源。其最大输出功率为 40W, 可广泛用于家用电器的辅助电源和便携式电池充电器、调制解调器、消费类电子产品的备用电源。

二、单片开关电源的主要特点

单片开关电源集成电路具有高集成度、高性价比、最简外围电路、最佳性能指标、能构

成高效率无工频变压器的隔离式开关电源等特点。目前,单片开关电源已形成了15大系列、100多种型号的产品。各系列产品的主要特点见表1-4。

表 1-4 单片开关电源的主要特点

产品系列或型号	主 要 特 点
TOPSwitch 系列	三端单片开关电源的第一代产品。内含振荡器、误差放大器、脉宽调制器、门电路、高压功率开关管(MOSFET)、偏置电路、过电流保护电路、过热保护及上电复位电路、关断/自动重新启动电路。能以最简单方式构成无工频变压器的反激式开关电源。交流输入电压范围是85~265V,或220(±15%)V。开关频率为100kHz,占空比调节范围是1.7%~67%。最大输出功率为150W,电源效率为80%左右
TOPSwitch-II 系列	三端单片开关电源的第二代产品。内部功率开关管的耐压值均提高到700V,适宜制作150W以下的普通型和精密型开关电源或电源模块
TOPSwitch-FX 系列	单片开关电源第三代产品。具有多功能、使用灵活、效率高、适配微控制器等优点。与TOPSwitch-II相比,主要增加了下述功能:从外部设定极限电流值、软启动、频率抖动、过电压关断、欠电压保护、过热滞后关断、遥控、同步。能配微控制器或局域网,远程启动或关断开关电源。最大输出功率为75W
TOPSwitch-GX 系列	单片开关电源第四代产品。最大输出功率从75W扩展到290W。新增加了线路检测端(L)和从外部设定极限电流端(X)这两个引脚,用来代替TOPSwitch-FX的多功能端(M)的全部控制功能,使用更加灵活、方便。将开关频率提高到132kHz,这有助于减小高频变压器及整个开关电源的体积。当开关电源的负载很轻时,能自动将开关频率从132kHz降低到30kHz(半频模式下则由66kHz降至15kHz),可降低开关损耗,进一步提高电源效率。采用了被称作EcoSmart®的节能新技术,显著降低了在远程通/断模式下芯片的功耗
TinySwitch 系列	四端小功率、低成本单片开关电源,比TOPSwitch-II增加了使能端,利用该端可从外部关断MOSFET。它用开/关控制器来代替PWM调制器,可等效为PFM调制器。适合构成10W以下的电源适配器、电池充电器和待机电源。TNY256还增加了自动重新启动计数器、欠电压检测电路和频率抖动特性,并将最大输出功率提高到19W
TinySwitch-II 系列	最大输出功率提高到23W,进一步降低了芯片的功耗。开关频率从44kHz提高到132kHz,这不仅能提高电源转换效率,还允许使用低价格、小尺寸的磁心,减小高频变压器的体积。芯片内部增加了自动重新启动计数器、极限电流状态机和输入欠电压检测电路。一旦发生输出短路、控制环开路或者掉电故障,均能保护芯片不受损坏。将TinySwitch的使能端(EN)改为双功能引出端“使能/欠电压端”(EN/UV)。增加了开关频率抖动功能,能有效抑制音频噪声和开关噪声。此外,它还降低了功率MOSFET漏极极限电流的容许偏差
LinkSwitch 系列	采用EcoSmart®节能技术,适合构成具有恒压/恒流(CV/CC)输出特性的特种开关电源。用做电源适配器时芯片工作在恒压区,可为负载提供稳定的电压,此时恒流区用来提供过载保护及短路时的自动重新启动保护。用做电池充电器时芯片工作在恒流区,充电完毕自动转入恒压区。在宽范围输入(交流85~265V)时最大输出功率为3W,交流230V固定输入时最大输出功率为4W。其外围电路简单,成本低廉,价格能与线性电源相媲美
LinkSwitch-TN 系列	能以最少数量的外围元件构成非隔离式、微型节能开关电源。与传统的“无源(靠电容降压)”解决方案相比,LinkSwitch-TN能达到比电容降压式线性稳压电源更高的效率。其外围电路简单,使用灵活,既可设计成正压输出的降压式(Buck)电路,亦可设计成负压输出的降压或升压式(Buck-Boost)电路、降压式LED恒流驱动电路,可满足不同用户的需要。输入电压范围宽。有两种工作模式可供选择:连续模式(CCM)和不连续模式(MDCM)。抗干扰能力强,利用频率抖动技术能将电磁干扰降低10dB。最大输出电流为360mA,适用于家用电器中的控制电源以及发光二极管(LED)点阵驱动器
LinkSwitch-HF 系列	采用EcoSmart®节能技术,适合构成恒压/恒流输出式开关电源,交流输入电压范围宽,最大输出功率一般为3W。开关频率达200kHz,能减小高频变压器的体积与成本。具有短路和开路保护功能。采用频率抖动技术以降低电磁干扰。高效节能,在AC265V的输入下,功耗低于300mW。不需要环路补偿,即可实现ON/OFF(通/断)控制。外围电路简单,成本低廉。适用于3W以下的手机、无线电话、个人数字助理(PDA)、数码相机、MP3及便携式音频设备的充电器,或用于5W以下的备用电源
DPA-Switch 系列	采用CMOS工艺制成的高集成度DC/DC电源变换器,直流输入电压的允许范围是16~75V。可采用正激式、反激式两种工作模式。在PI公司的产品中,以DPA-Switch系列的开关频率为最高,能减小高频变压器的体积,提高环路带宽。开关频率可设定为400kHz或300kHz。电源效率高、低功耗。能实现同步功能,使DPA-Switch的工作频率与外部时钟保持同步。利用外部逻辑信号还可遥控开关电源的通/断
Viper 系列	Viper12A、Viper20A、Viper22A系列属于小功率单片开关电源,最大输出功率为5~20W。Viper50/50A、Viper53、Viper100/100B系列属于中功率单片开关电源,Viper100/100B系列的最大输出功率可达100W。开关频率固定为60kHz,电源电压范围很宽(9~38V)。采用电流控制型PWM调制器,属于四端小功率单片开关电源。它们适用于电池充电器、电源适配器、电视机或监控器的待机电源以及电动机控制电路的辅助电源等。具有滞后特性的欠电压保护功能、过电压保护功能、过电流保护功能及过热保护功能

(续)

产品系列或型号	主 要 特 点
TEA1520 系列	其交流输入电压范围极宽, 可在 80~276V 电压下正常工作, 最大输出功率为 50W, 适合制作世界通用的高效率开关电源。开关频率可以调整。芯片内部专门设计了谷值开关。具有退磁保护 (防止高频变压器发生磁饱和现象)、过电压保护、过电流保护、短路保护及过热保护功能
TEA1566 型	锯齿波振荡器有高频和低频两种工作模式, 前者可提高电源效率, 后者适合低功率输出, 能降低开关损耗, 使芯片功耗低于 100mW。在转换频率模式时不影响对输出电压的调整。利用高效启动电流源来实现开关电源的快速启动
NCP1050 系列	交流输入电压范围是 85~265V, 最大输出功率为 40W, 用户可以选择开关频率。利用芯片内部的动态自供电电源来提供电源电压 U_{CC} 并对其进行调整, 能省去偏置绕组, 简化高频变压器的设计。采用独特的双沿口开、关触发模式来完成脉宽调制功能, 可实现控制环路的快速响应。片内有故障逻辑与可编程定时器控制电路, 专用来检查开关电源是否发生了光耦合器开环、输入欠电压、输出过电流或短路等故障
NCP1000 系列	它属于工作在不连续模式下的集成开关调节器。主要由脉宽调制器、高压功率开关电路和保护电路组成, 适合制作 100W 以下的低成本、低功耗开关电源。芯片内部增加了电源电压限幅器、光耦开路比较器和 8 分频器, 当反馈电路中光耦合器发生开路故障时, 能迅速关断输出, 起到保护作用

三、单片开关电源的应用领域

单片开关电源一经问世便显示出强大的生命力, 目前已成为国际上开发 290W 以下中、小功率开关电源、精密开关电源、特种开关电源及电源模块的优选集成电路。由它构成的开关电源, 在成本上与同等功率的线性稳压电源相当, 而电源效率显著提高, 体积和重量大约可减小 1/3~1/2, 展示了良好的应用前景。

单片开关电源的主要应用领域如下:

(1) 通用开关电源

- ① 各种通用开关电源;
- ② 开关电源模块;
- ③ 精密开关电源模块;
- ④ 智能化开关电源模块。

(2) 专用开关电源

① 微机、USB 接口电源、彩电、录像机 (VCR)、摄录像机 (CVCR)、个人数字助理 (PDA)、LCD 监视器、DVD 刻录驱动器等高档家用电器中的待机电源;

- ② 电子仪器仪表中的电源;
- ③ 调制解调器电源;
- ④ IC 卡付费电表中的小型化开关电源模块;
- ⑤ 机顶盒 (Set-top Box) 电源;
- ⑥ 手机、MP3、DVD 播放器的电池充电器;
- ⑦ AC/DC 电源适配器、辅助电源等。

(3) 特种开关电源

- ① 复合型开关电源;
- ② 恒压/恒流型开关电源;
- ③ 截流输出型开关电源;
- ④ 恒功率输出型开关电源;
- ⑤ 功率因数校正器 (PFC);
- ⑥ 其他类型的特种开关电源。

第二节 单片开关电源的产品分类

一、第二代单片开关电源的产品分类

美国 PI 公司继 1994 年率先推出 TOPSwitch 系列第一代单片开关电源集成电路之后,1997 年又开发出 TOPSwitch-II 系列第二代单片开关电源集成电路。TOPSwitch-II 可划分为 3 种类型:①采用 TO-220 封装的 TOP221Y~227Y 型;②采用 8 脚双列直插式 (DIP-8) 封装的 TOP221P~224P 型;③采用 8 脚表面安装式 (SMD-8) 封装的 TOP221G~224G 型。产品分类情况详见表 1-5。表中, P_{OM} 表示加合适散热器后所能获得的最大连续输出功率。对于 TO-220 封装,需在小散热片上加装散热器,使芯片在正常工作时的结温 $T_j<100^{\circ}\text{C}$ 。这里讲的结温是指管芯的温度,因芯片(管芯)是由半导体 PN 结构成的,故简称结温,用 T_j 表示, T_{jM} 则表示最高结温。对于 DIP-8 和 SMD-8 封装,可借助印制板上公共地线区域的敷铜箔来代替散热片,将源极直接焊在面积为 6.45cm^2 敷铜箔上,此时热阻 $R_{\theta A}=35^{\circ}\text{C/W}$ 。有时为减小开关电源模块的体积,还可将凹型铝散热板直接粘贴在 DIP-8 (或 SMD-8) 封装的芯片上面,或将散热板与源极固定在一起,同样能起到散热作用。

表 1-5 TOPSwitch-II 的产品分类及最大输出功率 P_{OM} (单位: W)

TO-220 封装 (Y)			DIP-8 封装 (P) / SMD-8 封装 (G)		
产品 型号	固定交流输入 111/115/230 (1±15%) V	宽范围交流输入 (85~265V)	产品 型号	固定交流输入 111/115/230 (1±15%) V	宽范围交流输入 (85~265V)
TOP221Y	12	7	TOP221P/221G	9	6
TOP222Y	25	15	TOP222P/222G	15	10
TOP223Y	50	30	TOP223P/223G	25	15
TOP224Y	75	45	TOP224P/224G	30	20
TOP225Y	100	60			
TOP226Y	125	75			
TOP227Y	150	90			

二、第三代单片开关电源的产品分类

TOPSwitch-FX 系列是美国 PI 公司于 2000 年最新研制的具有高性价比的五端单片开关电源集成电路。TOPSwitch-FX 系列可划分成 3 种类型,共 9 种型号,其产品分类详见表 1-6。尾缀 P、G、Y 分别表示 DIP-8、SMD-8 和 TO-220-7B 封装。

表 1-6 TOPSwitch-FX 系列的产品分类及最大输出功率 P_{OM} (单位: W)

产品型号	固定交流输入 230V		宽范围交流输入 85~265V	
	密封式电源模块	敞开式电源	密封式电源模块	敞开式电源
TOP232P TOP232G	9	15	6.5	10
TOP232Y	10	25	7	15
TOP233P TOP233G	13	25	9	15
TOP233Y	20	50	15	30
TOP234P TOP234G	16	30	11	20
TOP234Y	30	75	20	45

三、第四代单片开关电源的产品分类

TOPSwitch-GX 系列是美国 PI 公司继 TOPSwitch-FX 之后, 于 2000 年 11 月推出的第四代单片开关电源集成电路, 并作为主流产品加以推广。2002 年 1 月, 该公司又开发出 TOP250 型单片开关电源集成电路, 其输出功率可达 290W。按照外形和最大连续输出功率来划分, TOPSwitch-GX 系列有 5 种封装形式, 分别为 DIP-8B (后缀为 P)、SMD-8B (后缀为 G)、TO-263-7C (后缀为 R)、TO-220-7C (后缀为 Y)、TO-262-7C (后缀为 F), 总共 33 种型号, 详见表 1-7。

表 1-7 TOPSwitch-GX 的产品分类及最大连续输出功率 P_{OM} (单位: W)

产 品 型 号	固定交流输入 110/115/230 ($\pm 15\%$) V		宽范围交流输入 (85~265V)	
	密封式电源模块	敞开式电源	密封式电源模块	敞开式电源
TOP242P TOP242G	9	15	6.5	10
TOP242R	21	22	11	14
TOP242Y TOP242F	10	22	7	14
TOP243P TOP243G	13	25	9	15
TOP243R	29	45	17	23
TOP243Y TOP243F	20	45	15	30
TOP244P TOP244G	16	30	11	20
TOP244R	34	50	20	28
TOP244Y TOP244F	30	60	20	40
TOP245R	37	57	23	33
TOP245Y TOP245F	40	85	26	60
TOP246R	40	64	26	38
TOP246Y TOP246F	60	125	40	90
TOP247R	42	70	28	43
TOP247Y TOP247F	85	165	55	125
TOP248R	43	75	30	48
TOP248Y TOP248F	105	205	70	155
TOP249R	44	79	31	53
TOP249Y TOP249F	120	250	80	180
TOP250R	45	82	32	55
TOP250Y TOP250F	135	290	90	210

四、第一、二代微型单片开关电源的产品分类

1. TinySwitch 系列第一代微型单片开关电源的产品分类

TinySwitch 系列是美国 PI 公司 1998 年~1999 年推出的一种高效、小功率、低成本的四端单片开关电源专用 IC。TinySwitch 系列有 3 类封装形式, 共 9 种型号。产品分类详见表 1-8。因它所构成的开关电源体积很小, 故英译名有“微型开关”之意。

2. TinySwitch-II 系列第二代微型单片开关电源的产品分类

TinySwitch-II 系列是美国 PI 公司继 TinySwitch 之后, 于 2001 年 3 月新推出的第二代增强型隔离式微型单片开关电源集成电路。该系列产品包括 TNY264P/G、TNY266P/G、TNY267P/G、TNY268P/G, 共 8 种型号。其产品分类见表 1-9。

表 1-8 TinySwitch 的产品分类及最大输出功率 P_{OM} (单位: W)

产品型号	固定交流输入 230/115V	宽范围交流输入 85~265V	开关频率 f/kHz	封装 形式
TNY253P	4	2	44	DIP-8
TNY253G	4	2	44	SMD-8
TNY254P	5	4	44	DIP-8
TNY254G	5	4	44	SMD-8
TNY255P	10	6.5	130	DIP-8
TNY255G	10	6.5	130	SMD-8
TNY256P	8~15	5~10	130	DIP-8
TNY256G	8~15	5~10	130	SMD-8
TNY256Y	8~19	5~11	130	TO-220

表 1-9 TinySwitch-II 系列产品的分类及最大连续输出功率 P_{OM} (单位: W)

产品型号	固定交流输入 230 (1±15%) V		宽范围交流输入 85~265V	
	密封式电源模块	敞开式电源	密封式电源模块	敞开式电源
TNY264P、TNY264G	5.5	9	4	6
TNY266P、TNY266G	10	15	6	9.5
TNY267P、TNY267G	13	19	8	12
TNY268P、TNY268G	16	23	10	15

五、高效节能微型单片开关电源的产品分类

2002 年 9 月, PI 公司推出了 LinkSwitch 系列 (包含 LNK500、LNK501) 高效率恒压/恒流式三端单片开关电源芯片, 2004 年 3 月, 该公司又研制出 LNK520 型恒压或恒压/恒流式三端单片开关电源。LinkSwitch 系列的输出功率见表 1-10。

表 1-10 LinkSwitch 系列的输出功率表 (单位: W)

产品型号	交流输入 230V		交流输入 85~265V		空载时的功耗 /mW
	恒压模式	恒压/恒流模式	恒压模式	恒压/恒流模式	
LNK500P/ LNK500G	3.2 4.3	4 5.5	2.4 2.9	3 3.5	<300 <500
LNK501P/ LNK501G	4		3		—
LNK520P/ LNK520G	3.3 4.2	4 5.5	2.4 2.9	3 3.5	<300 <500

2004 年 1 月, PI 公司又推出 LinkSwitch-TN 系列四端隔离式、节能型单片开关电源, 包含 LNK304P/G、LNK305 P/G、LNK306 P/G 共 6 种型号。其最大输出电流为 360mA, 可取代家用电器及工业领域所用小功率线性电源。LinkSwitch-TN 系列的输出功率见表 1-11。

2004 年 10 月, PI 公司推出了 LinkSwitch-HF 系列四端隔离式、节能型单片开关电源, 包含 LNK353P/G、LNK354 P/G 共 4 种型号。其最大输出功率为 5W。LinkSwitch-HF 系列的输出功率见表 1-12。