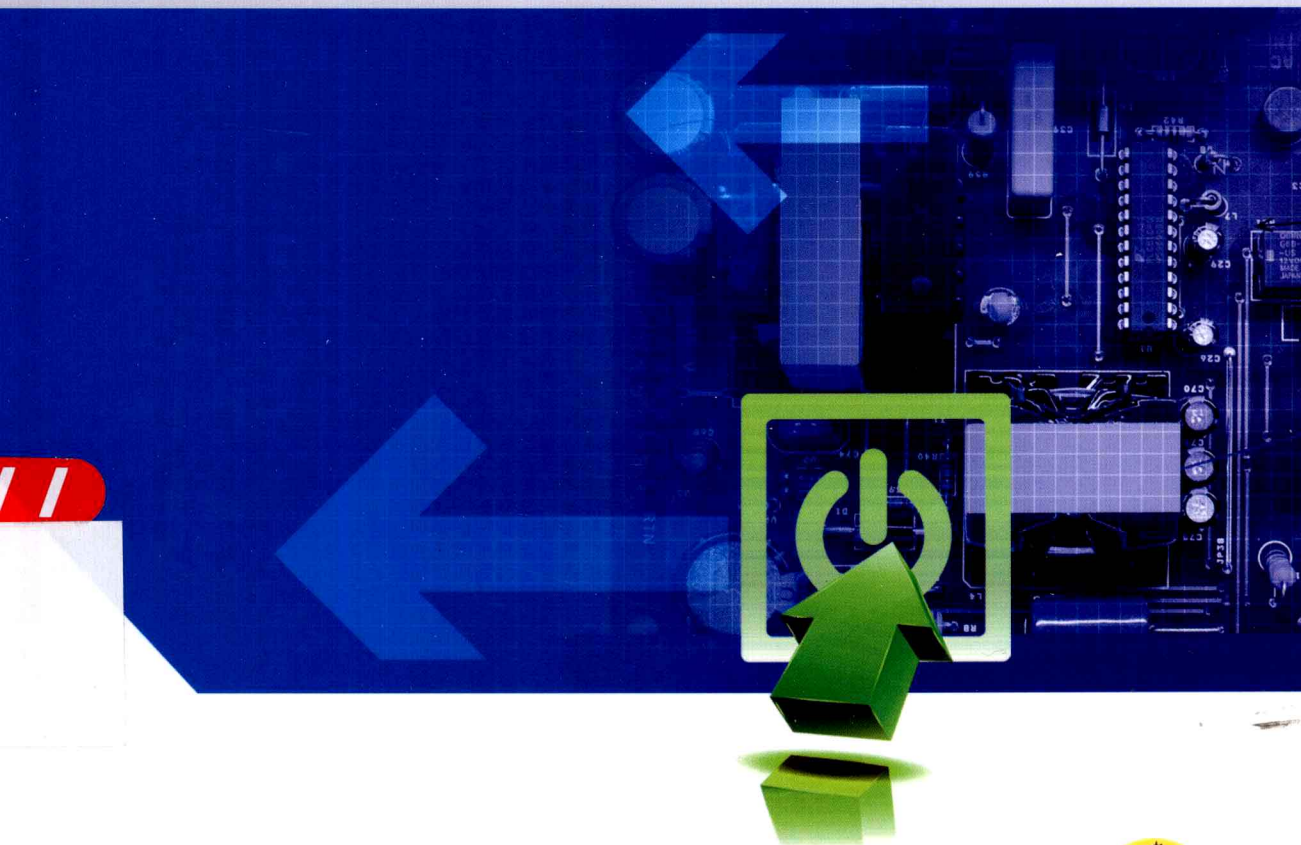


第2版

单片开关电源

设计200例

沙占友 王彦朋 沙江 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

单片开关电源设计 200 例

第 2 版

沙占友 王彦朋 沙 江 等编著



机械工业出版社

本书全面、深入、系统地阐述了单片开关电源的实用电路设计。精选了最具代表性的 200 个设计实例，分成通用开关电源、DC/DC 变换器、电源适配器、蓄电池充电器、家用电器电源、现代办公设备电源、网络及通信设备电源、微型开关电源、功率因数校正（PFC）变换器、高频变压器、LED 驱动电源、工业控制电源、特种开关电源及开关电源保护电路，共 14 大类。全书不仅给出各种单片开关电源的实用电路，还详细介绍了电路设计要点、制作注意事项及关键外围元器件的选择。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。

本书内容丰富、分类合理、深入浅出、图文并茂，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

单片开关电源设计 200 例/沙占友等编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2013. 4

ISBN 978-7-111-41942-6

I. ①单… II. ①沙… III. ①单片电路—开关电源—电路设计
IV. ①TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 061261 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：罗 莉 责任编辑：罗 莉

版式设计：潘 蕊 责任校对：肖 琳

封面设计：赵颖喆 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2013 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21.75 印张 · 534 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-41942-6

定价：59.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010)68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来，随着单片开关电源集成电路在国内迅速推广应用，广大读者迫切需要更全面、系统地掌握其实用电路的设计，快速查阅单片开关电源的设计实例。为此，作者曾撰写《单片开关电源设计 200 例》，该书于 2009 年出版后已经过多次印刷，受到广大读者欢迎。为适应开关电源领域新形势、新技术的发展需要，现对原书做了较大幅度的修改，不仅重新撰写了第一、十二章，还新增了第十、十一章（分别介绍功率因数校正（PFC）变换器、高频变压器的设计实例），另外对其余各章的内容也做了必要的增删及勘误，以满足广大新、老读者的需要。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体，主要有以下特点：

第一，全面、深入、系统地阐述了单片开关电源的实用电路设计，从其广阔的应用领域中精选了最具有代表性的 200 个设计实例。

第二，内容丰富，分类合理。内容涵盖通用开关电源、DC/DC 变换器、电源适配器、蓄电池充电器、家用电器电源、现代办公设备电源、网络及通信设备电源、微型开关电源、功率因数校正变换器、高频变压器、LED 驱动电源、工业控制电源、特种开关电源及开关电源保护电路，共 14 大类。在同一类实例中按照开关电源的输出功率从小到大，依次排序。每个设计实例都标明该开关电源的主要特征（输入电压、输出电压、输出电流、输出功率、输出路数等），以便读者能快速查阅。

第三，内容深入浅出，实用性强，具有很高的应用价值。全书在给出各种单片开关电源实用电路的同时，还详细介绍其电路设计要点及关键外围元器件及电路的选择，详细阐述了提高控制环路稳定性的方法。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。

第四，信息量大，知识面宽，便于读者触类旁通，灵活运用。

河北科技大学沙占友教授主要撰写了第一章、第六~十二章，并完成了全书的审阅和统稿工作。王彦朋教授主要撰写了第二~五章。清华大学政维舆情研究室副主任沙江主要撰写了第十三~十六章。李学芝、沙莎、韩振廷、张文清、宋怀文、陈庆华、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、王金和、赵仁明、李新华同志也参加了部分编写。

本书还得到 Power Integrations (PI)、ON Semiconductor、ST、Philips、NSC 等公司的帮助和支持，在此谨表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

作 者

目 录

前言

第一章 单片开关电源集成电路简述	1	第二章 通用开关电源设计实例	23
第一节 单片开关电源集成电路 的主要特点	1	实例一 5V、600mA (3W) 精密开关电源	23
第二节 通用单片开关电源集成 电路的产品分类	5	实例二 15V、330mA (5W) 开关电源	24
一、第二代至第四代单片开关电源 集成电路的产品分类	5	实例三 5V、1A (5W) 精密开关电源 ..	24
二、第五代、第六代单片开关电源集成 电路的产品分类及性能比较	6	实例四 12V、0.67A (8W) 简易开关电源	25
第三节 微型单片开关电源集成 电路的产品分类	10	实例五 12V、1A (12W) 开关电源	26
一、第二代至第四代微型单片开关电源 集成电路的产品分类	10	实例六 12V、1A (12W) 精密开关电源	26
二、高效节能微型单片开关电源 集成电路的产品分类	11	实例七 12V、1A (12W) 光耦 反馈式开关电源	27
第四节 峰值功率输出式单片开关电源 集成电路的产品分类	13	实例八 7.5V、2A (15W) 开关电源	29
一、PeakSwitch 系列单片开关电源集成 电路的产品分类	13	实例九 17.7W (峰值功率 29.7W) 多路输出式开关电源	30
二、TinySwitch-PK 系列微型单片开关 电源集成电路的产品分类	14	实例十 12V、1.67A (20W) 开关 电源	31
第五节 半桥式 PFC 及 LLC 控制器集成电路	14	实例十一 12V、1.67A (20W) 极低 空载功耗的精密开关电源	32
一、PLC810PG 的性能特点及引脚 功能	14	实例十二 5V、4A (20W) 精密开关电源	33
二、PLC810PG 的工作原理	15	实例十三 25W 多路输出式开关电源	34
第六节 双开关正激式加反激式 变换器集成电路	17	实例十四 28W 多路输出式开关电源	36
一、HiperTFS 系列产品的性能特点	17	实例十五 12V、2.5A (30W) 开关电源	37
二、HiperTFS 系列产品的工作原理	18	实例十六 12V、2.5A (30W) 精密开关电源	38
第七节 单片开关电源的 选择方法	20	实例十七 15V、2A (30W) 精密开关电源	39
		实例十八 45W 多路输出式精密 开关电源	40

实例十九 15V、3.5A (52W) 精密开关电源	41	实例十七 二极管整流式 12V、5A (60W) DC/DC 变换器	63
实例二十 19V、3.6A (70W) 精密开关电源	42	实例十八 5V、14A (70W) DC/DC 变换器	65
实例二十一 15V、6A (90W) 精密开关电源	44	实例十九 同步整流式 5V、14A (70W) DC/DC 变换器	65
实例二十二 5V、12V (150W) 双路 输出式精密开关电源	44	实例二十 3.3~40V、2A (80W) 可调式 DC/DC 变换器	66
第三章 DC/DC 变换器设计实例	47	实例二十一 48V、5.2A (250W) DC/DC 变换器	67
实例一 12V、260mA (3.1W) DC/DC 变换器	47	第四章 电源适配器设计实例	69
实例二 5V、0.8A (4W) DC/DC 变换器	48	实例一 9V、55mA (0.5W) 电源适配器	69
实例三 5V、1A (5W) 简易 DC/DC 变换器	48	实例二 9V、170mA (1.5W) 电源适配器	70
实例四 5V、1A (5W) DC/DC 变换器	49	实例三 6.2V、322mA (2W) 电源适配器	70
实例五 3.3V、2A (6.6W) DC/DC 变换器	50	实例四 6.5V、0.6A (3.9W) 电源适配器之一	71
实例六 5V、2A (10W) DC/DC 变换器	50	实例五 6.5V、0.6A (3.9W) 电源适配器之二	72
实例七 15W 多路输出式 DC/DC 变换器	51	实例六 9V、610mA (5.5W) 电源适配器	73
实例八 同步整流式 3.3V、5A (16.5W) DC/DC 变换器	53	实例七 5V、1.2A (6W) 电源适配器	73
实例九 $\pm 12V$ 、0.8A (19.2W) 反 激式 DC/DC 变换器	54	实例八 12V、0.85A (10W) 电源适配器	74
实例十 同步整流式 2.5V、8A (20W) DC/DC 变换器	55	实例九 10V、1.2A (12W) 电源适配器	75
实例十一 7V、3.57A (25W) DC/DC 变换器	56	实例十 12V、1.25A (15W) 电源适配器	76
实例十二 5V、6A (30W) DC/DC 变换器	57	第五章 蓄电池充电器设计实例	77
实例十三 同步整流式 5V、6A (30W) DC/DC 变换器电路之一	58	实例一 5.5V、270mA (1.5W) 恒压/恒流式充电器	77
实例十四 同步整流式 5V、6A (30W) DC/DC 变换器电路之二	59	实例二 5.3V、320mA (1.6W) 恒压/恒流式充电器	78
实例十五 同步整流式两路输出的 (50W) DC/DC 变换器	61	实例三 5V、350mA (1.75W) 恒压/恒流式充电器	79
实例十六 同步整流式 12V、5A (60W) DC/DC 变换器	62	实例四 9V、220mA (2W) 手机充电器	80
		实例五 6V、330mA (2W)	

恒压/恒流式充电器	81	实例五	1.3W 彩色电视机待机电源	103
实例六 8V、300mA (2.4W)		实例六	1.6W 无绳电话电源适配器	104
恒压/恒流式充电器	81	实例七	3W 洗衣机非隔离式	
实例七 5.5V、450mA (2.5W)		开关电源	106	
恒压/恒流式充电器	83	实例八	5.9W 电磁炉用辅助电源	106
实例八 5V、0.5A (2.5W)		实例九	9.65W 家用电加热	
恒压/恒流输出式手机充电器	84	控制器电源	107	
实例九 5.5V、450mA (2.5W)		实例十	10W (峰值功率 15W)	
恒压/恒流式充电器	85	便携式游戏机充电器	108	
实例十 5V、0.5A (2.5W)		实例十一	10W MP3 音乐播放器	
恒压/恒流式充电器	86	的电源适配器	110	
实例十一 5.5V、0.5A (2.75W)		实例十二	1.44W 非隔离式家用	
恒压/恒流式充电器之一	86	空调器控制电源	111	
实例十二 5.5V、0.5A (2.75W)		实例十三	17.7W (峰值功率 29.7W)	
恒压/恒流式充电器之二	87	多路输出式家用空调器		
实例十三 5V、550mA (2.75W)		控制电源	112	
USB 充电器之一	88	实例十四	20W 隔离式家用空调器	
实例十四 5V、550mA (2.75W)		控制电源	113	
USB 充电器之二	89	实例十五	7W (峰值功率 10W) 数字	
实例十五 2V、1.5A (3W)		视频播放器 (DVD) 电源	114	
恒压/恒流式充电器	90	实例十六	7.5W (峰值功率 13W)	
实例十六 6.7V、0.56A (3.6W)		数字视频播放器		
手机充电器电路	91	(DVD) 电源	116	
实例十七 5.7V、800mA (4.5W)		实例十七	13W 通用输入的数字视频	
恒压/恒流式充电器	92	播放器 (DVD) 电源	117	
实例十八 5V、1A (5W) 便携式		实例十八	20W 低功耗数字视频	
音频播放器充电器	93	播放器 (DVD) 电源	118	
实例十九 5V、1A (5W) 恒压/		实例十九	33W (峰值功率 60W) 个人	
恒流式充电器	94	视频录像机 (PVR) 电源	120	
实例二十 5.25V、1.1A (5.75W)		实例二十	15W 机顶盒电源	121
充电器	95	实例二十一	30W 机顶盒电源	123
实例二十一 13.55V、1.18A (16W)		实例二十二	35W 机顶盒电源	124
充电器	96	实例二十三	43W 数字电视机顶盒	
		电源	125	
第六章 家用电器电源的设计实例	99	实例二十四	16W (峰值功率 35W)	
实例一 1.2W 家用电器非隔离式		音频功率放大器电源	127	
开关电源	99	实例二十五	20W (峰值功率 43W)	
实例二 1.8W 家用电器非隔离式		音频功率放大器电源	128	
开关电源	100	实例二十六	24W (峰值功率 36W)	
实例三 2.7W (峰值功率 4.15W)		音频功率放大器电源	129	
家用电器非隔离式开关电源	101	实例二十七	60W (峰值功率 200W)	
实例四 13W (峰值功率 17.2W)		音频功率放大器电源	130	
家用电器非隔离式开关电源	102	实例二十八	70W (峰值功率 126W)	

音频功率放大器电源·····	132	实例二	10W 高速调制解调器电源·····	170
实例二十九	使用磁放大器的 75W (峰值功率 126W) 音频功率 放大器电源·····	实例三	15W 以太网电源及用电 设备的接口·····	171
	134	实例四	通用以太网电源及用 电设备的接口·····	175
第七章 现代办公设备电源		实例五	供远程通信设备用的 -48V/ +3.3V 电源变换器·····	177
的设计实例 ·····	137	实例六	通信电缆用 15.1W 多路输出 式 DC/DC 变换器·····	178
实例一	10W 单路输出式 PC 待机电源·····	实例七	供振铃信号发生器使用的 -48V/ -55V 电源变换器·····	179
	137			
实例二	15.24W 双路输出式 PC 待机电源·····	第九章 微型开关电源设计实例 ·····	180	
	138	实例一	7V、140mA (1W) 微型开关电源·····	180
实例三	17W 多路输出式 PC 待机 电源·····	实例二	1.2W 双路输出、非隔离式 微型开关电源·····	181
	138	实例三	5.7V、320mA (1.8W) 恒压/ 恒流输出式微型开关电源·····	182
实例四	145W 多路输出式 PC 开关 电源·····	实例四	6V、330mA (2W) 微型恒压/ 恒流输出式微型开关电源·····	183
	140	实例五	6.2V、322mA (2W) 微型开关电源·····	184
实例五	180W 多路输出式 PC SFX 主电源·····	实例六	5.7V、400mA (2.28W) 微型开关电源·····	185
	146	实例七	12V、200mA (2.4W) 微型开关电源·····	186
实例六	由 TOP259E 构成的 65W 笔记本电脑电源适配器·····	实例八	12V、250mA (3W) 超宽输入 电压范围的微型开关电源·····	187
	146	实例九	5V、600mA (3W) 精密 微型开关电源·····	188
实例七	由 TOP269EG 构成的 65W 笔记本电脑电源适配器·····	实例十	3.3V、900mA (3W) 微型开关电源·····	189
	149	实例十一	5V、1A (5W) 精密微型开关电源·····	190
实例八	由 TOP258E 构成的 65W 笔记本电脑电源适配器·····	实例十二	7W (峰值功率 10W) 多路 输出式微型开关电源·····	190
	151			
实例九	由 TOP261L 构成的 65W 笔记本电脑电源适配器·····	第十章 功率因数校正 (PFC)		
	152	变换器设计实例 ·····	192	
实例十	由 TOP249Y 构成的 70W 笔记本电脑电源适配器·····	实例一	无源 PFC 变换器的 基本应用电路·····	192
	154	实例二	有源 PFC 升压式变换器	
实例十一	45W 液晶显示器电源 适配器·····			
	155			
实例十二	35W 液晶显示器电源·····			
	157			
实例十三	60W (峰值功率 90W) 激光打印机电源适配器·····			
	159			
实例十四	20W (峰值功率 80W) 喷墨打印机电源·····			
	160			
实例十五	32W (峰值功率 81W) 喷墨打印机电源·····			
	163			
实例十六	33W (峰值功率 60W) 喷墨打印机电源·····			
	166			
第八章 网络及通信设备电源				
的设计实例 ·····	169			
实例一	7W 地面数字电视播放 (DVB-T) 设备的电源·····			
	169			

	的基本应用电路	195	实例三	1.25W 低压输入式 工业控制电源	245
实例三	80W 有源 PFC 变换器	198	实例四	3W 超宽输入范围的 工业控制电源	246
实例四	312.5W 有源 PFC 变换器	199	实例五	9W 电炉控制电源	249
实例五	347W 有源 PFC 变换器	202	实例六	35W (峰值功率 75W) 直流调速电动机驱动器	250
实例六	抑制 PFC 变换器 电磁干扰的措施	205	实例七	50W (峰值功率 70W) 冷凝式锅炉电源	252
第十一章	高频变压器设计实例	208	第十四章	特种开关电源设计实例	254
实例一	用经验公式选择高频 变压器磁心	208	实例一	4W 后备式开关电源	254
实例二	用输出功率表格选择 高频变压器磁心	210	实例二	2W 复合式开关电源	255
实例三	用 AP 法选择高频 变压器磁心	212	实例三	具有掉电保护功能的 2.5W 复合式开关电源	256
实例四	反激式高频变压器的设计	215	实例四	15W 两路输出复合式 开关电源	257
第十二章	LED 驱动电源设计实例	218	实例五	7.5W 恒压/恒流式开关电源	257
实例一	14W 恒流式 LED 驱动电源	218	实例六	30W 精密恒压/恒流式 开关电源	260
实例二	9W 带无源 PFC 的恒流式 LED 驱动电源	220	实例七	30W 截流式开关电源	262
实例三	5W 带无源 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	222	实例八	30W 恒流/截流式开关电源	264
实例四	10W 带无源 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	225	实例九	15W 恒功率式开关电源	264
实例五	50W 带无源 PFC 及模拟 调光的 LED 驱动电源	227	实例十	由 MCU 控制的单片开关电源	266
实例六	5.25W 带有源 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	229	实例十一	智能化数字电源系统	267
实例七	6W 带有源 PFC 的 LED 驱动电源	231	实例十二	输出电压可从 0V 起调的开关电源	269
实例八	14W 带有源 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 驱动电源	231	实例十三	均流式开关电源	270
实例九	150W 大功率 LED 路灯驱动电源	235	第十五章	开关电源保护电路 设计实例	273
实例十	8W 高压输入式带 PWM 调光的 LED 驱动控制器	240	实例一	由分立式晶闸管构成的输出 过电压保护电路	273
实例十一	10W 带温度补偿的 可调光 LED 驱动器	241	实例二	由双向触发二极管构成的输出 过电压保护电路	273
第十三章	工业控制电源设计实例	243	实例三	由稳压管构成的输出 过电压保护电路	274
实例一	0.6W 非隔离式智能 电能表开关电源	243	实例四	由压敏电阻器构成的几种 过电压保护电路	275
实例二	能防止磁饱和的 0.75W 智能电能表开关电源	244	实例五	由瞬态电压抑制器构成的 一次侧钳位保护电路	275
			实例六	由瞬态电压抑制器构成的 输入及输出保护电路	276

实例七 集成过电压保护器在 开关电源中的应用	277	一、利用漆包线制作电流检测电阻	295
实例八 由光耦合器构成的输入 欠电压保护电路	279	二、利用 PCB 上的铜导线制作 电流检测电阻	295
实例九 由偏置绕组构成的输入欠 电压保护电路	280	第三节 电容器的选择	299
实例十 由晶体管构成的过电流 保护电路	280	第四节 电感器及磁珠的选择	302
实例十一 由自恢复熔丝管构成的 过电流保护电路	281	一、储能电感的选择	302
实例十二 由自恢复熔丝管构成的卫星 电视接收机保护电路	281	二、磁珠的选择	303
实例十三 由自恢复熔丝管构成的自动 报警系统保护电路	282	第五节 硅整流管的选择	307
实例十四 由软启动功率元件构成的 限流保护电路	282	第六节 快恢复及超快恢复二极管的 选择	308
实例十五 集成过电流保护器在开关 电源中的应用电路	283	第七节 肖特基二极管的选择	311
实例十六 实现过电压、欠电压控制 的 6 种外部驱动电路	284	第八节 瞬态电压抑制器的选择	313
实例十七 PC 开关电源的远程通/ 断控制接口电路	285	一、瞬态电压抑制器 (TVS) 的工作原理	313
实例十八 软启动电路	285	二、瞬态电压抑制器的选择方法	315
实例十九 抑制串模干扰的电路	286	第九节 双极型小功率晶体管的选择	316
实例二十 抑制瞬态干扰的电路	287	第十节 功率 MOSFET 的选择与检测	317
实例二十一 单片机电源电压 监视器电路	288	第十一节 IGBT 的选择	318
第十六章 开关电源关键外围元器件 及电路的选择	291	第十二节 稳压管的选择	321
第一节 固定电阻器的选择	291	第十三节 可调式精密并联稳压器的 选择	323
第二节 电流检测电阻的选择	295	一、可调式精密并联稳压器	324
		二、LMV431 型低压可调式 精密并联稳压器	325
		第十四节 光耦合器的选择	326
		第十五节 光耦反馈控制环路的稳定性 设计	328
		一、对光耦反馈控制环路的基本要求	328
		二、光耦反馈控制环路的稳定性设计	329
		三、提升相位裕量的设计实例	332
		参考文献	335

第一章 单片开关电源集成电路简述

目前,开关电源正朝着单片集成化、模块化的方向发展。单片开关电源集成电路以其高集成度、高性价比、最简外围电路、最佳性能指标的显著优点,深受人们的青睐并获得广泛应用,已成为设计1000W以下大、中、小功率开关电源的优选产品。本章首先介绍单片开关电源集成电路的主要特点及25个系列产品的分类,然后阐述两种新型大功率单片开关电源集成电路的主要特点及工作原理,最后介绍单片开关电源的选择方法。

第一节 单片开关电源集成电路的主要特点

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集成电路。它属于AC/DC电源变换器。第一代产品为TOPSwitch系列(最大输出功率 $P_{OM}=125W$)单片开关电源集成电路;第二代产品是1997年问世的TOPSwitch-II系列($P_{OM}=150W$)单片开关电源集成电路;第三代产品是在2000年1月推出的TOPSwitch-FX系列($P_{OM}=75W$)单片开关电源集成电路;第四代产品是2000年11月推出的TOPSwitch-GX系列($P_{OM}=290W$)单片开关电源集成电路;第五代产品是2007年推出的TOPSwitch-HX系列($P_{OM}=333W$)单片开关电源集成电路,第六代产品是2011年开发的TOPSwitch-JX系列($P_{OM}=244W$)单片开关电源集成电路。TOPSwitch-JX系列与TOPSwitch-HX系列相比,主要优点是将内部功率MOSFET的耐压值从625V提高到725V,空载功耗小于100mW、增加了输出过电流保护(OCP)、输入过电压保护(OVP)、输出过流保护(OPP)等功能。

PI公司还分别于1998年、2001年、2006年、2012年相继开发出高效、小功率、低价格的TinySwitch系列、TinySwitch-II系列、TinySwitch-III系列和TinySwitch-4系列微型单片开关电源集成电路。在2002~2010年期间,还推出了LinkSwitch系列、LinkSwitch-TN系列、LinkSwitch-HF系列、LinkSwitch-XT系列、LinkSwitch-LP系列、LinkSwitch-II系列、LinkSwitch-CV系列微型单片开关电源集成电路,HiperPLC系列半桥式PFC(功率因数校正)及LLC控制器,HiperPFS系列升压式单级大功率PFC控制器和HiperTFS系列单片集成电源。其中,LinkSwitch-II系列属于精密恒压/恒流(CV/CC)式单片开关电源IC,LinkSwitch-CV为采用一次侧精密恒压(CV)控制的高效、隔离式单片开关电源IC。HiperPLC系列是PI公司于2009年最新推出的半桥式PFC及LLC控制器(目前只生产PLC810PG一种型号),可构成150~600W开关电源。HiperPFS系列产品是美国PI公司于2010年11月新推出的带高压功率MOSFET的升压式单级大功率PFC控制器集成电路,可构成85~1000W高功率因数、高效率开关电源。HiperTFS系列产品是美国PI公司于2010年11月推出的单片集成电源,可构成434W(峰值输出功率可达550W)以下的大功率开关电源。HiperTFS特别适合与HiperPFS系列产品配套使用,用于分布式大功率LED照明的后级直流稳压电源、PC电源、大功率电源适配器、大屏幕液晶电视机等。

此外, PI 公司于 2006 年、2007 年新推出了 PeakSwitch 系列、TinySwitch-PK 系列峰值功率输出式单片开关电源集成电路。该公司生产的单片 DC/DC 电源变换器有 DPA-Switch 系列。

目前, 由 PI 公司生产的单片开关电源集成电路已形成了 25 大系列、几百种型号。各系列产品的主要特点见表 1-1。需要指出的是, 这些产品不仅各具特色, 而且诸如 TOPSwitch-II 系列等早期产品至今市场上仍有销售。

表 1-1 单片开关电源集成电路的主要特点

产品系列	主要特点
TOPSwitch 系列	第一代单片开关电源集成电路。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。交流输入电压范围为 85 ~ 265V, 或 220 ($1 \pm 15\%$) V。开关频率为 100kHz, 占空比调节范围为 1.7% ~ 67%。最大输出功率为 125W, 电源效率为 80% 左右
TOPSwitch-II 系列	第二代单片开关电源集成电路。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	第三代单片开关电源集成电路。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	第四代单片开关电源集成电路。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
TOPSwitch-HX 系列	第五代单片开关电源集成电路, 采用全新的 eSIP-7F 和 eSIP-7C 封装, 内部功率 MOSFET 的耐压值为 700V。其中, TOP261 的最大输出功率可达 333W。比 TOPSwitch-GX 增加了电压监测端, 用作过电压 (OV)、欠电压 (UV)、电压前馈、输出过电压保护 (OVP)。可选全频 (132kHz) PWM 控制模式、半频 (66kHz) PWM 控制模式、低频 (30kHz) PWM 控制模式或多周期调制模式, 在不同模式之间能平滑地切换, 每种模式都能在整个负载范围内实现最佳工作效率。具有远程通、断控制及复位功能, 能精确地对极限电流进行编程。不使用散热器时最大输出功率可达 48W。在整个负载范围内的待机功耗小于 1W
TOPSwitch-JX 系列	第六代单片开关电源集成电路, 将耐压为 725V 的功率 MOSFET、高压开关电源、多模式 PWM 控制器、振荡器、故障保护电路及其他控制电路集成在一个芯片内, 适用于设计 244W 以下的大、中功率反激式开关电源。它采用多模式 PWM 控制技术并具有峰值输出能力, 可充分提高各种负载条件下的电源效率。在交流 230V 输入时的空载功耗小于 70mW。具有输出短路保护 (SCP)、输出过电流保护 (OCP)、输出过电压保护 (OVP)、输出过载保护 (OPP)、输入欠电压 (UV) 检测及过热保护 (OTP) 功能
PeakSwitch 系列	适用于对峰值输出功率与连续输出功率的比值要求很高的领域。最大连续输出功率、最大峰值输出功率范围分别为 13 ~ 76W、25 ~ 126W。开关频率达到 277kHz, 允许选择尺寸较小的高频变压器, 并能减少外围元件数量。采用自适应电流极限调整技术, 来降低输出过载功率; 采用自适应开关周期导通时间控制技术, 提高低输入电压时的峰值输出功率, 并减少输入滤波电容的容量; 利用智能化交流电压检测及重新上电后快速复位的技术, 能降低过载输出功率。采用简单的开/关控制, 无须环路补偿, 能简化外围电路

(续)

产品系列	主要特点
LinkSwitch-PH 系列	单片隔离式带 PFC 及 TRIAC (双向晶闸管) 调光的 LED 恒流驱动电源集成电路, 能满足 85 ~ 305V 宽范围交流输入电压的条件, 具有 PFC、精确恒流 (CC) 控制、TRIAC 调光、远程通/断控制等功能。其最大输出功率为 50W, 功率因数大于 0.9, 电源效率可超过 85%, 适用于中、小功率的高性能隔离式 LED 驱动电源
LinkSwitch-PL 系列	单片非隔离式带 PFC 及 TRIAC 调光的 LED 恒流驱动电源集成电路, 是美国 PI 公司于 2010 年 11 月推出的新产品。它是专为紧凑型 LED 照明灯而设计的, 能实现超小尺寸、低成本、TRIAC 调光、单级 PFC 及恒流驱动功能。适配 85 ~ 305V 交流输入电压, 最大输出功率为 16W, 功率因数大于 0.9
TinySwitch 系列	第一代微型单片开关电源集成电路。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 控制器, 可等效为 PFM 控制器。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	第二代微型单片开关电源集成电路。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
TinySwitch-III 系列	第三代微型单片开关电源集成电路。具有高效节能、高度集成、低成本等特点, 输出功率范围为 5 ~ 28.5W。采用开/关控制方式, 能在任何负载要求下达到恒定的电源效率。通过选择 BP/M 端的电容量, 可从外部设定极限电流值。在用相邻型号进行替换时, 无须重新设计高频变压器, 也不用改变外围元件。具有输入欠电压保护、输出过电压保护功能。降低了最大过载功率, 从而可降低高频变压器、钳位电路及二次侧元器件的成本。空载功耗低于 150mW; 增加偏置绕组后可降到 50mW 以下
TinySwitch-4 系列	第四代微型单片开关电源集成电路。将内部功率 MOSFET 的额定耐压值提高到 725V, 并大幅度降低了通用输入电压范围内的最大过载变化。使用外部电阻即可进行线电压检测, 并利用线电压补偿过载功率。具有欠电压 (UV) 保护功能, 能从外部设定极限电流值, 可获得更高的连续输出功率。在低输入电压下能维持输出稳定, 允许采用较小容量的输入电解电容器
TinySwitch-PK 系列	具有峰值功率输出能力的微型单片开关电源 IC, 在短时间所提供的峰值功率最高可达连续 (或平均) 输出功率的 2.8 倍。选择 230V (允许变化 $\pm 15\%$) 交流输入电压时, 最大输出功率为 45W。具有输入欠电压保护、输出过电压保护、过热保护和功率开关管自适应导通时间延长功能
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。用作电源适配器时, 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启动保护。用作电池充电器时, 芯片工作在恒流区, 充电完毕自动转入恒压区。在交流 85 ~ 265V 输入时, 最大输出功率为 3W; 交流 230V 固定输入时, 最大输出功率为 4W。外围电路简单, 成本低廉, 价格与线性电源相媲美
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 系列产品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 (Buck) 式电路, 亦可设计成负压输出的降压或升压 (Buck-Boost) 式电路、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 (CUM), 非连续模式 (DUM)。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 LED 点阵驱动器

(续)

产品系列	主要特点
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, 或用于 5W 以下的备用电源
LinkSwitch-XT 系列	它具有全世界通用的输入范围, 适配 230 (1 ± 15%) V 或 85 ~ 265V 的交流电, 最大输出功率为 9W, 可取代小功率线性电源。其外围电路简单, 不需要使用钳位保护电路, 也不需要反馈绕组及环路补偿电路, 成本低廉, 电源效率高, 安全性好。采用频率抖动技术, 具有自动重启、过热保护等功能
LinkSwitch-LP 系列	它具有外围元件数量少、不需要使用钳位保护电路、稳压性能好、电源效率高、成本低廉等优点, 最大输出功率为 3W。LinkSwitch-LP 系列产品采用频率抖动技术来抑制电磁干扰, 允许使用低成本的电磁干扰 (EMI) 滤波器; 它通过简单的开/关控制, 无须环路补偿。适配 230 (1 ± 15%) V 或 85 ~ 265V 的交流电, 可取代小功率线性电源。适合构成手机、个人数字助理 (PDA)、电动工具、MP3 播放器、电动剃须刀的充电器
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为 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 系列产品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
LinkSwitch- II 系列	它属于精密恒压/恒流式单片开关电源, 通过高频变压器的一次绕组来检测输出电压, 进而实现恒压/恒流控制, 可省去光耦合器并节省二次侧恒压/恒流控制电路。恒压/恒流精度高, 不仅能对高频变压器的容差、输入电压及环境温度变化进行补偿, 还可对充电器的输出引线压降进行补偿, 使输出电压及输出电流均达到高精度指标。具有完善的保护功能 (包括过热保护, 过电流保护, 输出短路情况下的过载保护, 开路故障保护) 和软启动功能
LinkSwitch-CV 系列	它采用一次侧精密恒压控制, 以取代光耦合器及二次侧恒压控制电路, 可大大简化小功率恒压输出式开关电源的设计, 特别适用于 17W 以下的多路输出隔离式反激式开关电源, 如构成数字视频设备 (DVD)、机顶盒电源。电压调整率可达 5%。内部包含 700V 功率 MOSFET、开/关控制电路、自偏置电路、频率调制电路、逐周期电流限制电路及具有滞后特性的过热保护电路
HiperPLC 系列 (PLC810PG)	PLC810PG 是将 PFC 和 LLC 控制器集成在一个芯片中、能控制功率范围为 150 ~ 600W 的 AC/DC 变换器, 构成带功率因数校正器的高效率开关电源, 校正后的功率因数可达 0.92 ~ 0.99, 电源效率可大于 85%。半桥 LLC 谐振变换器属于一种变频转换器, 当 $f \uparrow$ 时, $U_o \downarrow$; 当 $f \downarrow$ 时, $U_o \uparrow$, 因此通过改变工作频率即可调节输出电压, 实现稳压目的。PLC810PG 的 LLC 典型工作频率为 100kHz, 实际工作频率随输入电压和负载而变化, 调节范围为 50 ~ 300kHz。适合构成 32 ~ 60in 的大屏幕液晶电视机电源、150 ~ 600W 高效率隔离式开关电源及大功率 LED 驱动电源
HiperPFS 系列	将连续导电模式 (CCM) 的 PFC 升压控制器、栅极驱动器和高压功率 MOSFET 集成在一个超薄的芯片中, 能大大简化大功率 PFC 电源的外围电路设计, 提高轻载时的效率。最大峰值输出功率可达 1000W。当负载从 10% (轻载) 变化到 100% (满载) 时, 电源效率均大于 95%。当交流输入电压为 230V 时, 空载功耗小于 130mW, 且输出电压保持稳定。功率因数最高可达 0.98
HiperTFS 系列	芯片内部包含双开关正激式变换器 (用作主电源控制器, 亦称主电源变换器)、中功率反激式变换器 (用作辅助电源控制器, 简称辅助控制器)。最大输出功率为 20W; 3 只高压大功率 N 沟道 MOSFET。最大总输出功率可达 434W, 最大峰值输出功率可达 550W。采用高频变压器磁复位控制技术, 可防止高频变压器在任何情况下发生磁饱和

此外, 美国意-法半导体 (ST) 有限公司、德州仪器 (TI) 公司、安森美半导体 (ON Semiconductor) 公司、荷兰飞利浦 (Philips) 公司等, 也分别推出大批单片开关电源集成电

路，可广泛用于各种消费类电子产品的电源。

第二节 通用单片开关电源集成电路的产品分类

一、第二代至第四代单片开关电源集成电路的产品分类

1. 第二代单片开关电源集成电路

第二代单片开关电源集成电路为 TOPSwitch- II 系列。TOPSwitch- II 系列产品的分类及最大输出功率 (P_{OM}) 见表 1-2。

表 1-2 TOPSwitch- II 系列产品的分类及最大输出功率

最大输出功率 P_{OM}/W					
TO-220 封装 (Y)			DIP-8 封装 (P)/SMD-8 封装 (G)		
产品型号	固定交流输入电压： 110/115/230 ($1 \pm 15\%$) V	宽范围交流输入电压： 85 ~ 265V	产品型号	固定交流输入电压： 110/115/230 ($1 \pm 15\%$) V	宽范围交流输入电压： 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	—	—	—

2. 第三代单片开关电源集成电路

第三代单片开关电源集成电路为 TOPSwitch-FX 系列。TOPSwitch-FX 系列产品的分类及最大输出功率详见表 1-3。

表 1-3 TOPSwitch-FX 系列产品的分类及最大输出功率

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W			
	固定交流输入电压：230 ($1 \pm 15\%$) V		宽范围交流输入电压：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

3. 第四代单片开关电源集成电路

第四代单片开关电源集成电路 TOPSwitch-GX 系列产品的分类及最大输出功率见表 1-4。

表 1-4 TOPSwitch-GX 系列产品的分类及最大输出功率

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W			
	固定交流输入电压: 110/115/230 ($1 \pm 15\%$) V		宽范围交流输入电压: 85 ~ 265V	
	密封式电源模块	敞开式电源模块	密封式电源模块	敞开式电源模块
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

二、第五代、第六代单片开关电源集成电路的产品分类及性能比较

TOPSwitch-HX 系列、TOPSwitch-JX 系列分别为第五代、第六代单片开关电源集成电路。TOPSwitch-HX 系列的产品分类及最大输出功率分别见表 1-5、表 1-6。TOPSwitch-JX 系列的产品分类及最大输出功率分别见表 1-7、表 1-8。

表 1-5 TOPSwitch-HX 系列产品的分类及最大输出功率 (产品之一)

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W					
	固定交流输入电压: 230 ($1 \pm 15\%$) V			宽范围交流输入电压: 85 ~ 265V		
	密封式电源适配器	敞开式电源模块	峰值输出	密封式电源适配器	敞开式电源模块	峰值输出
TOP254P/G	16	28	47	11	20	30
TOP254M			62			40

(续)

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W					
	固定交流输入电压: 230 (1 ± 15%) V			宽范围交流输入电压: 85 ~ 265 V		
	密封式 电源适配器	敞开式 电源模块	峰值输出	密封式 电源适配器	敞开式 电源模块	峰值输出
TOP255P/G	19	30	54	13	22	35
TOP255M			81			52
TOP256P/G	21	34	63	15	26	40
TOP256M			98			64
TOP257P/G	25	41	70	19	30	45
TOP257M			119			78
TOP258P/G	29	48	77	22	35	50
TOP258M			140			92

表 1-6 TOPSwitch-HX 系列产品的分类及最大输出功率 (产品之二)

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W			
	固定交流输入电压: 230 (1 ± 15%) V		宽范围交流输入电压: 85 ~ 265 V	
	密封式电源适配器	敞开式电源模块	密封式电源适配器	敞开式电源模块
TOP252E	10	21	6	13
TOP254E/Y	30	62	20	43
TOP255E/Y	40	81	26	57
TOP256E/Y	60	119	40	86
TOP257E/Y	85	157	55	119
TOP258E/Y	105	195	70	148
TOP259E/Y	128	238	80	171
TOP259L	128	162	80	120
TOP260E/Y	147	275	93	200
TOP260L	147	190	93	140
TOP261E/Y	177	333	118	254
TOP261L	177	244	118	177
TOP262E	177	333	118	254
TOP262L	177	244	118	177

表 1-7 TOPSwitch-JX 系列产品的分类及最大输出功率 (产品之一)

产品型号	最大输出功率 P_{OM}/W			
	固定交流输入电压: 230 (1 ± 15%) V		宽范围交流输入电压: 85 ~ 265 V	
	密封式电源模块	敞开式电源	密封式电源模块	敞开式电源
TOP264EG	30	62	20	43
TOP265EG	40	81	26	57