

现代电源设计与应用丛书

最新开关电源 设计程序与步骤

李龙文 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

现代电源设计与应用丛书

最新开关电源 设计程序与步骤

李龙文 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

近年来各公司新推出的高技术电源控制 IC 多达 100 多款,本书精选了其中有代表性的芯片,重点介绍了它们的内部电路、引脚功能、芯片功能、外围电路。并且针对某几款芯片构成的电源产品,详细介绍了它们的完整设计程序和设计步骤,给出了完整的电路原理图、元器件参数和印制板图。这样做的目的是为了提提高当前电源设计工程师应用新技术、新产品的能力,以使他们设计出的产品更具竞争力。

本书作者多年从事开关电源产品的设计、开发,始终站在国内开关电源设计技术的前沿。本书集成了作者收集、整理的大量技术资料 and 多年的实践经验,读者通过对书中最新电源控制 IC 和产品设计实例的学习,能够基本掌握最新电源控制 IC 的使用方法和高效率、低待机功耗电源产品的基本设计方法。

本书既适合电源设计和应用工程师学习、查阅,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

最新开关电源设计程序与步骤 / 李龙文编著. —北京:中国电力出版社, 2008

(现代电源设计与应用丛书)

ISBN 978-7-5083-6071-3

I. 最… II. 李… III. 开关电源-设计 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 144711 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月北京第一次印刷

1000 毫米×1400 毫米 B5 开本 34.875 印张 808 千字 4 插图

印数 0001—3000 册 定价 59.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《现代电源设计与应用丛书》

编 委 会 成 员

主任委员：季幼章

副主任委员：王兆安 罗方林 倪本来

委 员：（以姓氏笔画为序）

刁成明	丁 钊	王其英	王 聪	艾多文
任元元	刘凤君	刘胜利	刘 勇	朱雄世
李龙文	李定宣	李厚福	阮新波	沙 斐
张广明	张占松	张谷勋	张忠相	张卫平
陆 鸣	陈永真	陈道炼	杨 耕	赵修科
赵良炳	赵建统	周维维	林周布	倪海东
郝晓冬	徐德鸿	徐兰筠	徐泽玮	徐 云
贾玉兰	曹仁贤	龚幼民	郭黎利	康 勇
路秋生	熊兰英			

序 言



随着经济的发展和科技的进步,自20世纪90年代至今,我国以计算机、移动通信、信息网络为代表的信息产业高速发展;以电力系统、铁路系统、通信系统为代表的传统工业需要进行全面改造;节约型社会的建设工作正在进行。所有这些都成为中国电源产业和电源技术大发展的推动力。

目前世界排名前列的电源设计、制造企业的主体部分都设在中国,并在北京和上海等城市建有研发中心。中国企业已从原来简单的仿制向自主设计、研发转型,因此电源产品的研发设计人员需求猛增。而对于大部分的研发人员,设计与应用都是工作中的难点,本套丛书力图解决他们的难题。丛书由中国电源学会组织电源行业的专家、学者、工程技术人员共同编写,并不断吸纳符合要求的作者参加编写。丛书由中国电力出版社陆续出版。

本套丛书有如下特点:

1. **全面** 涵盖现代电源技术的各个方面。

2. **实例** 丛书在阐述设计思想、设计方法的同时,在应用部分辅以完整的设计实例,使读者在学习的基础上,根据实例就能做出相应的电源产品,这样就能解决他们的应用难题。

3. **先进** 涉及最新电路拓扑、功率器件和控制集成电路,力争体现出国内电源设计与应用领域的最高技术水平。

4. **作者** 作者绝大部分是在研发一线工作多年,有丰富实践经验的专家、工程师,他们能带来最新的技术和对实际工作有指导意义的方案。

本套丛书以电源设计、研发的工程技术人员为主要读者对象,也可供科研人员和大专院校的师生参考。

现代电源技术和产品向高效率、低损耗、小型化、集成化、智能化、高可靠性方向不断发展,我们顺应发展组织了这套丛书,希望能对您的工作和学习有一定帮助。

我们衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵的意见和建议。我们的联系方式是 ding_zhao@cepp.com.cn。

《现代电源设计与应用丛书》编委会

前 言



随着全球节能呼声的高涨,开关电源已进入绿色电源及绿色电源控制芯片的时代。美国 80plus、欧洲节能之星的要求,就像汽车排放的欧—IV 标准,已成为必须达到和市场准入的节能标准。空载功耗 $<0.3\text{W}$ 、 $<0.6\text{W}$ 、 $<1.0\text{W}$ 三极标准的实施,使准谐振技术、flyback 频率折返技术、跨越周期式工作、进入猝发模式工作等新技术层出不穷,以降低空载功耗。而对应高效率的要求,无论是 AC/DC,还是 DC/DC,同步整流技术都成为电源设计的必选技术。

对于 LCD TV,不对称 LLC 谐振半桥成为必用的流行电路拓扑;对于 PC 新一代设计,高压有源钳位技术成为流行的首选电路拓扑;对于服务器,交互式 PFC、无整流桥的 PFC、对称全桥 ZVS、交互式有源钳位电路拓扑成为首选。以上三种模式涵盖了小、中、大三个功率范围的全新开关电源技术。

在 DC/DC 中,点载模块成为新亮点,具有更低的输出电压、更高的效率、更小的体积、更高的可靠性、更快的瞬态响应,为此还加入了数字控制技术。

在有源钳位专利解禁之后,各公司新设计的有源钳位控制 IC 总数达到 12 款之多,其中既有应对低压输入的品种,又有应对 400V 高输入电压的品种。而关于 AC/DC 的准谐振反激变换器控制 IC 总数达到 20 余个。即使是用于双晶正激、半桥、全桥,其控制方法也是全新的概念,几乎都在控制 IC 内加入了高压起动电流源电路。用于同步整流的控制 IC 也如雨后春笋,竞相争艳。在开关电源技术发展史上,提升效率最高,幅度最大的就是同步整流技术。此外,功率半导体器件如 MOSFET 的技术进步更大,它的光刻水平从十年前的 $5\mu\text{m}$ 到今天几乎都是 $1\mu\text{m}$ 的水平。这样它的开关速度大幅度提升,栅电荷减少,栅驱动电平从过去的 15V 降到 10V,甚至 5V,5V 逻辑电平的栅驱动 MOSFET 已经广泛用于同步整流。因此,我们的工程师应该彻底更新技术观念了。

应对这些新技术,2003 年以来各公司推出新的 PWM 和 PFC 控制 IC 总数超过过去十年的总和。ONSEMI、National、TI、Linear - Tech、Maxim - IC、ST、Infenion、Philips、IR 新推出的高技术控制 IC 高达 100 多款。本书从中精选出有代表性的电源控制芯片加以介绍,目的是使电源设计工程师能在自己的设计中更多地应用这些新技术,使自己的产品更具竞争力。书中既包括电源控制芯片的内部电路、引脚功能、芯片主要功能等全部信息,更对于某些芯片构成的开关电源产品,给出了完整的设计程序和步骤,完整的电路原理图、元器件参数和印制板图,这样更便于工程师理解、应用。

目前,在电源系统的体积大小方面还有大量工作要做,对比四十年前六个大机柜组成的分立元器件及小规模 IC 的数字计算机,其功能还不如现在的笔记本电脑。相比之下,我们现在的电源体积在电子设备中占的比例还是太大,功率密度还远远不够高。VICOR 公司的 VTM 及 PRM 开辟了 DC/DC 的新篇章,使功率密度上升到了 $1000\text{W}/\text{in}^3$ 的水平。然而 VICOR 的 CEO 讲,电源技术水平提高的空间仍然很大,我们不能总躺在

原有的电路拓扑形式上，要创新，要走新路。VICOR 的 FPA 即走出了 PFC 控制方法及 AC/DC 电路拓扑的新路。对比之下，VICOR 产品消耗的地球资源比我们现在的低价开关电源少得多（铜、铝、锡及其他），因此缩减电源体积，提高功率密度还有很大的空间，这项工作还有漫漫长路要走。

电源技术的数字化是发展的必然，我们只要回想一下这二十多年来个人电脑、服务器、网络、数字通信技术给我们的工作生活带来的重大变化就会认同这一点。给数字系统供电，将来最好的恐怕是数字控制的电源，它给控制系统带来更多的选择及技术控制方法的改进。进入数字系统，整个元器件数大幅度增加，但整个体积却在大幅度减小。

美国目前的数字电源发展速度很快，不仅对大的通信电源完成了设计及配套，而且砖块的 DC/DC 系统也已经数字化，TI（德州仪器）、MICROCHIP（微芯国际）等都推出了相应的产品，Galexys 公司的 DC/DC 都加入了 MCU 或 CPU，连 Notebook 的适配器也进入了全数字的控制芯片时代，而且包含了对 PFC 及 PWM 两部分的控制，iw2202 即是最先登场的一款，所以要敢于突破，敢于尝试。

由于编者多年从事开关电源的设计工作而非理论研究，写作水平有限，书中的缺点和错误难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录



序言

前言

第一章 反激变换器设计 1

- 第一节 绿色模式准谐振反激控制 IC——UCC28600 1
- 第二节 软式跨越可调跨越水平及外锁存的 PWM 控制器——NCP1271 12
- 第三节 采用 NCP1271 设计的 60W 适配器 25
- 第四节 最优秀的准谐振反激变换器控制 IC——NCP1337 ... 32
- 第五节 采用 NCP1337 设计的 160W CRT - TV 电源 39
- 第六节 低待机功耗、高性能可控 PFC 关断的 NCP1381 ... 44
- 第七节 应对准谐振反激多输出电压的二次侧控制器——NCP4326 63
- 第八节 可变关断时间的 PWM 控制 IC——NCP1351 74
- 第九节 待机电源的优秀控制器——NCP1027 88
- 第十节 最小巧的反激变换器控制 IC——LTC3803 - 3 105
- 第十一节 反激变换器的 RCD 吸收回路设计 112
- 第十二节 优秀的全功能绿色电源控制芯片 L6668 116

第二章 正激变换器设计 127

- 第一节 采用 NCP1239 设计的大功率 AC/DC 适配器 127
- 第二节 交互式正激电路拓扑及 PWM

控制器——UCC28220

..... 138

- 第三节 超高频率、超宽输入范围的正激式 PWM 控制 IC——UCC35705 150

- 第四节 高压输入双交互式电流型 PWM 控制器——LM5032 155

- 第五节 LTC3725 控制的单晶正激电路 165

第三章 正激有源钳位变换器设计

..... 175

- 第一节 新一代有源钳位控制器——UCC2891 ~ 94 175

- 第二节 用 UCC2891 的有源钳位正激变换器设计程序 188

- 第三节 交互式有源钳位电流型控制 IC——LM5034 219

- 第四节 新一代高性能的高压输入有源钳位控制 IC——NCP1280 232

- 第五节 电压型高性能有源钳位控制 IC——NCP1562A/B ... 239

第四章 双晶正激电路设计 251

- 第一节 优秀的双晶正激 DC/DC 控制 IC——LTC3705/LTC3706 251

- 第二节 廉价小封装的 PFC - PWM 合成控制 IC——CM6805/06 268

- 第三节 用 L5991 作二次侧控制的双晶正激电路设计 276

第五章 半桥及推挽电路的设计	285	第八章 同步整流设计	428
第一节 用 UCC38083/84 作电流型推挽 DC/DC 的设计	285	第一节 同步整流技术的发展及应用	428
第二节 中功率 AC/DC 的优选方案——NCP1395 谐振半桥	289	第二节 单端正激变换器中设计同步整流的内涵	436
第三节 高性能、可高压直接驱动 MOS 的 LLC 控制器——NCP1396A/B	300	第三节 智能同步整流控制 IC——IR1166/7A-B	450
第四节 零电压谐振变换器制作的彩电开关电源	312	第四节 准谐振反激变换器同步整流控制 IC——TEA1761	455
第五节 新一代谐振半桥控制 IC——L6599 及应用	320	第九章 PFC 控制技术及控制 IC ...	459
第六章 全桥变换器设计	335	第一节 用 NCP1601 制作 100W 的 PFC 电路	459
第一节 全桥移相控制技术的重大进步——LTC3722-1/-2	335	第二节 小巧定频连续电流型 PFC 控制器——NCP1653	465
第二节 PWM 控制技术的最新科技成果——ISL6752 及其应用	351	第三节 连续导通平均电流型 PFC 电路的设计程序	475
第七章 非隔离 DC/DC 变换器设计	361	第四节 中功率适配器的优选控制 IC——NCP1603	480
第一节 预检测栅驱动技术的同步 Buck 控制 IC——TPS 40071	361	第五节 用 ICE1PCS01/02 设计升压型 CCM 方式的 PFC 电路	497
第二节 预检测栅驱动技术提升同步 DC/DC 变换器的效率	368	第六节 连续电流导通型 PFC 的控制环路设计	505
第三节 多功能、多种拓扑高频 PWM 控制器——TPS43000	382	第七节 CCM 方式 PFC 的设计程序	511
第四节 两相升压 DC/DC 变换器控制 IC——LT3782	394	第八节 用 One Cycle 控制技术的无整流桥 PFC 设计	513
第五节 超高频单片 Buck IC——LTC3481	403	第九节 用单周期控制 IC——IR 1150 的 PFC 电路设计	519
第六节 最优秀的 Buck-Boost 控制 IC——LTC3780	412	第十节 自然交互式两相 CRM 型 PFC 控制器——UCC28060	533
		结束语：迎接数字电源时代的到来	547

第一章 反激变换器设计

第一节 绿色模式准谐振反激 控制 IC——UCC28600

一、芯片简介

1. 主要特点

新一代节能的 AC/DC 电源控制系统必须采用绿色模式的准谐振式工作,以减少 EMI (电磁干扰)、提高效率、降低待机损耗。TI 公司的 UCC28600 以一种特色技术解决上述要求, UCC28600 主要特点如下:

- (1) 极低待机功耗 ($<150\text{mW}$), 符合欧洲新的绿色能源标准。
- (2) 准谐振式工作, 降低 EMI, 降低开关损耗。
- (3) 极低起动电流, 最大仅 $25\mu\text{A}$ 。
- (4) 可调过电压保护, 包括输入线路过电压及输出过电压。
- (5) 芯片内部过热保护, 降温到某一水平后重新启动。
- (6) 过流保护, 逐个周期式限流及“打呃”式保护。
- (7) 强输出驱动能力, 有 0.75A 输出, 1A 漏入能力。
- (8) 软起动可调节。
- (9) UCC28600 主要用于 LCD-TV、MONITOR 及机顶盒电源、各种 AC/DC 适配器、充电器, 输出功率可到 200W 。

2. 工作描述

UCC28600 是一款新技术设计的省能源、高水平保护、低成本的 AC/DC 解决方案。结合频率折返、猝发模式工作、降频工作等使电源在空载、轻载时达到最低功耗。UCC28600 和 UCC28051 组成的 AC/DC 适配器电源电路如图 1-1 所示。

UCC28600 的内部等效方框电路如图 1-2 所示。

3. 引脚功能

1PIN SS: 软起动。接一电容到 GND, 内部电流源为其充电, 改变电容即改变充电时间, 改变软起动时间。故障时, 此电容即放电, 经由内部一支小 MOSFET 放电, 降下 SS 端电压, 即降下内部 FB 端电压, 做到峰值电流限制。

2PIN FB: 反馈输入或控制输入。从光耦直接送到 PWM 比较器, 用于控制功率 MOSFET 的峰值电流, 内部有一支 $20\text{k}\Omega$ 电阻从此端接到 5V 基准, 所以光耦的光电三

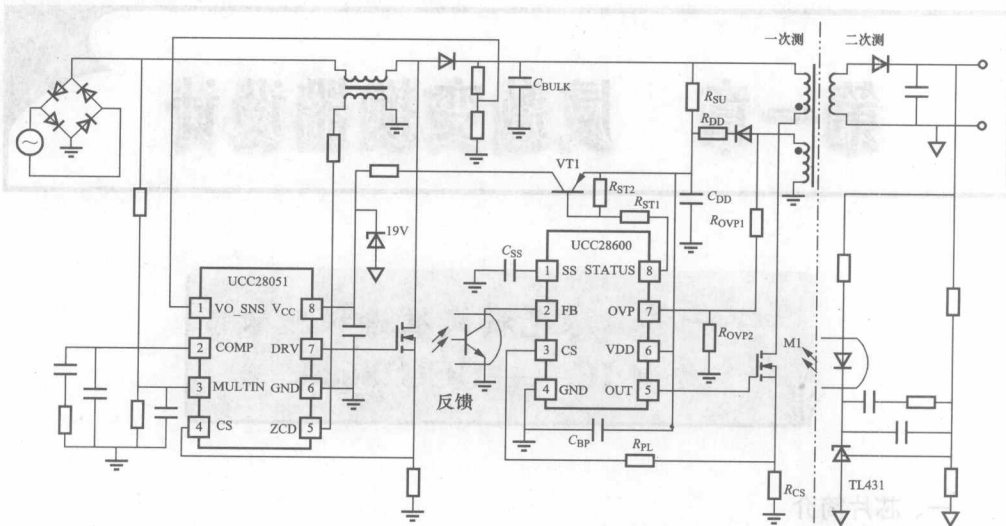


图 1-1 UCC28600 和 UCC28051 组成的 AC/DC 适配器电源电路

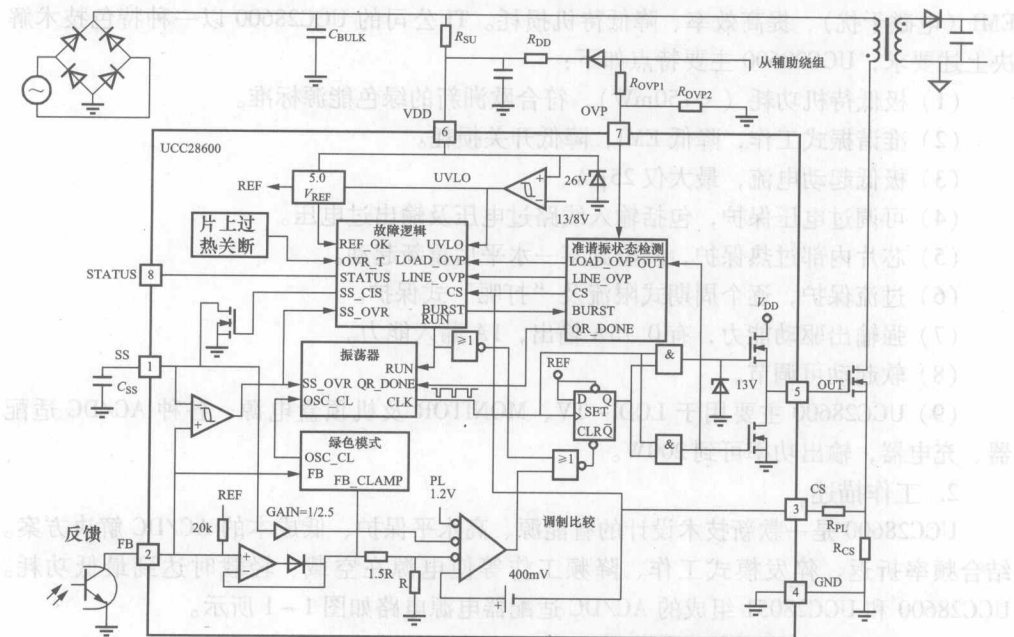


图 1-2 UCC28600 的内部等效方框电路

极管可直接接入。此端电压控制着 IC 的三个工作模式：准谐振（QR）模式、频率折返（FFM）模式及猝发模式（Burst Mode）。

3PIN CS：电流检测输入端。调节功率限制，可调制过流保护，CS 端电压输入从电流检测电阻接入，再用两端之间的电阻值大小调节功率限制。

4PIN GND: 公共端。从 V_{CC} 端到 GND 用 $0.1\mu\text{F}$ 的旁路电容旁路。

5PIN OUT: 输出驱动端。源出 0.75A , 漏入 1A , 输出电平为 V_{CC} 到 GND。

6PIN VDD: IC 供电端。能量从辅助绕组供应, 为防止起动过程中的“打呃”工作, 还要一支较大的储能电容作旁路。

7PIN OVP: 过压保护端。检测输入线路的 OVP, 负载的 OVP 经 QR 开启给出, 用一次偏置绕组同时进行上述三种功能。

8PIN STATUS: 有源高电平开路漏极信号。作待机模式用, 并用它去禁止 PFC 的 V_{CC} 供应。

4. 主要功能

UCC28600 是一个多种模式的控制器, 控制流程如图 1-4 所示, 在不同模式的工作效率如图 1-5 所示, 工作模式取决于线路及负载条件, 在各种工作模式下, UCC28600 终止输出为高电平信号是基于开关电流, 于是 UCC28600 总是工作在电流模式控制, 所以功率 MOSFET 的电流总是要限制的。

在正常工作模式下, FB 端命令 UCC28600 的工作模式在电压阈值上, FB 端的控制模式如图 1-3 所示, 软起动及故障时除外。软起动模式由硬开关控制变换器工作在 40kHz , 在 V_{FB} 低于 V_{SS} , UVLO 起作用时, 软起动模式被锁住, 软起动状态恢复直到 UVLO 关断之后。

在正常工作负载时 (从 $100\% \sim 30\%$ 负载), UCC28600 控制变换器在准谐振下工作 (QRM) 或断续电流下工作 (DCM), 此时 DCM 工作将频率钳制在 130kHz 。在 $10\% \sim 30\%$ 负载时, 变换器工作在频率折返模式下 (FFM), 此时, 峰值开关电流恒定, 输出电压稳压由频率调制解决, 有效地工作在 FFM, 结果用恒定的伏秒积常数给反激变换器变压器的每个周期, FFM 下的调整率用改变开关频率的方法实现, 范围为 $130 \sim 40\text{kHz}$ 。在最轻载时 ($< 10\%$), 变换器进入猝发工作模式, 频率为 40kHz , 猝发模式的平均频率与 FFM 的 40kHz 时相同, 因为猝发模式下用同样的伏秒积控制技术, 保持在待机工作的临界状态中间, 这由变换器的设计参数决定, 如图 1-3 所示。

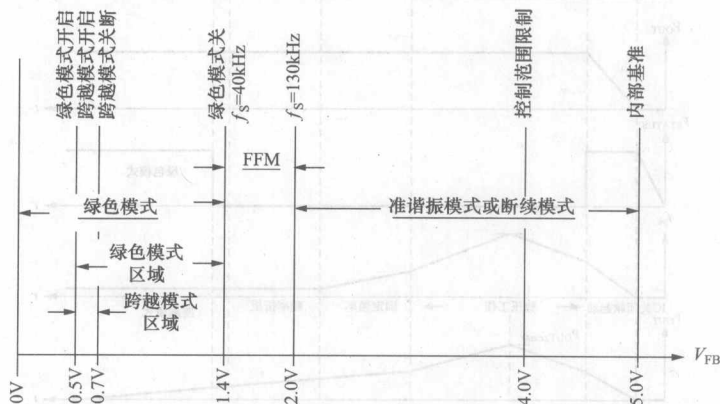


图 1-3 UCC28600 FB 端的控制模式

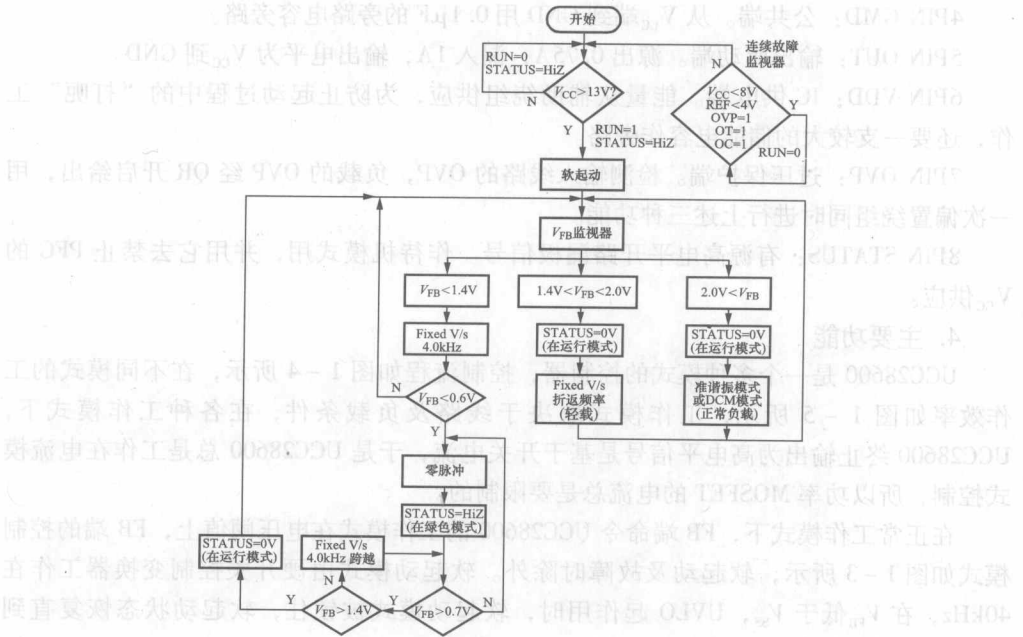


图 1-4 UCC28600 的控制流程

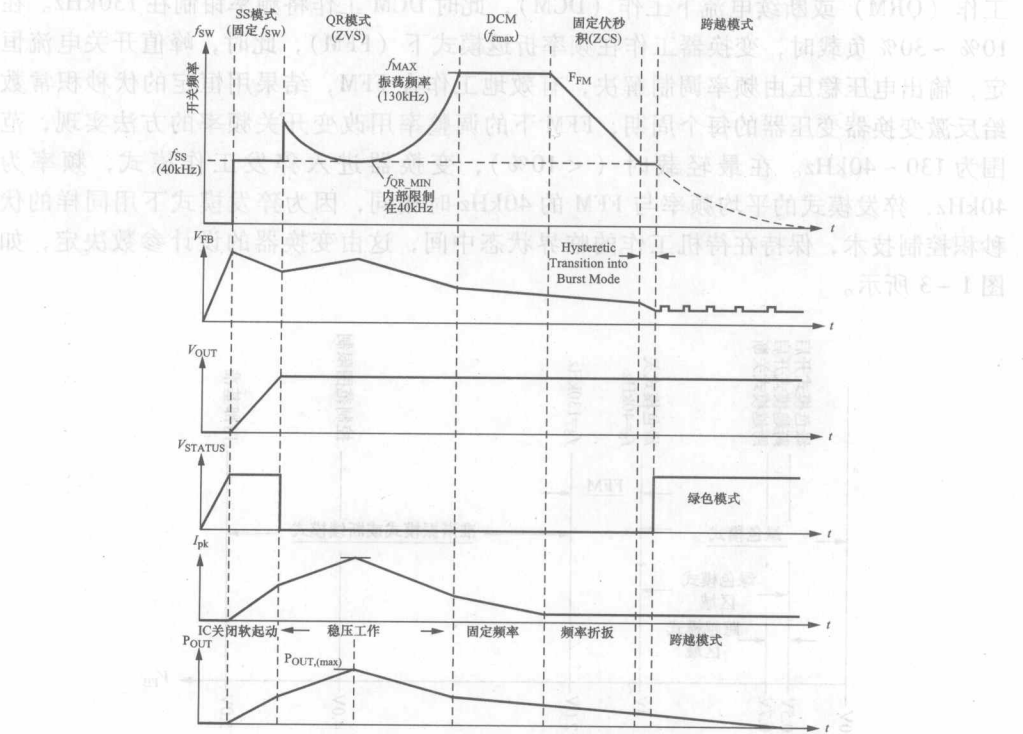


图 1-5 UCC28600 在不同模式的工作频率

细节方框功能图如图 1-6、图 1-7、图 1-8、图 1-9 所示。在所有工作模式下, 控制器都是电流型控制, 此即 UCC28600 监视 FB 端电压作出的决定, 以相应地改变工作模式。

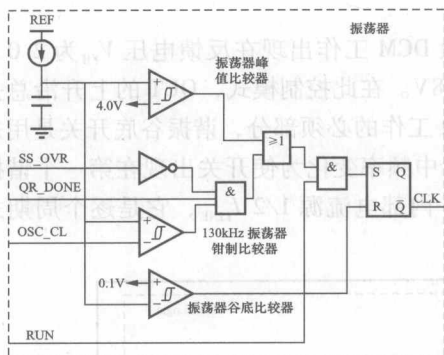


图 1-6 振荡器电路细节

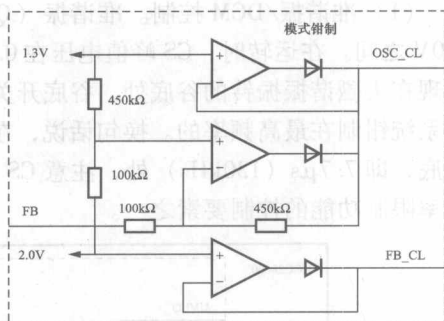


图 1-7 钳制模式电路细节

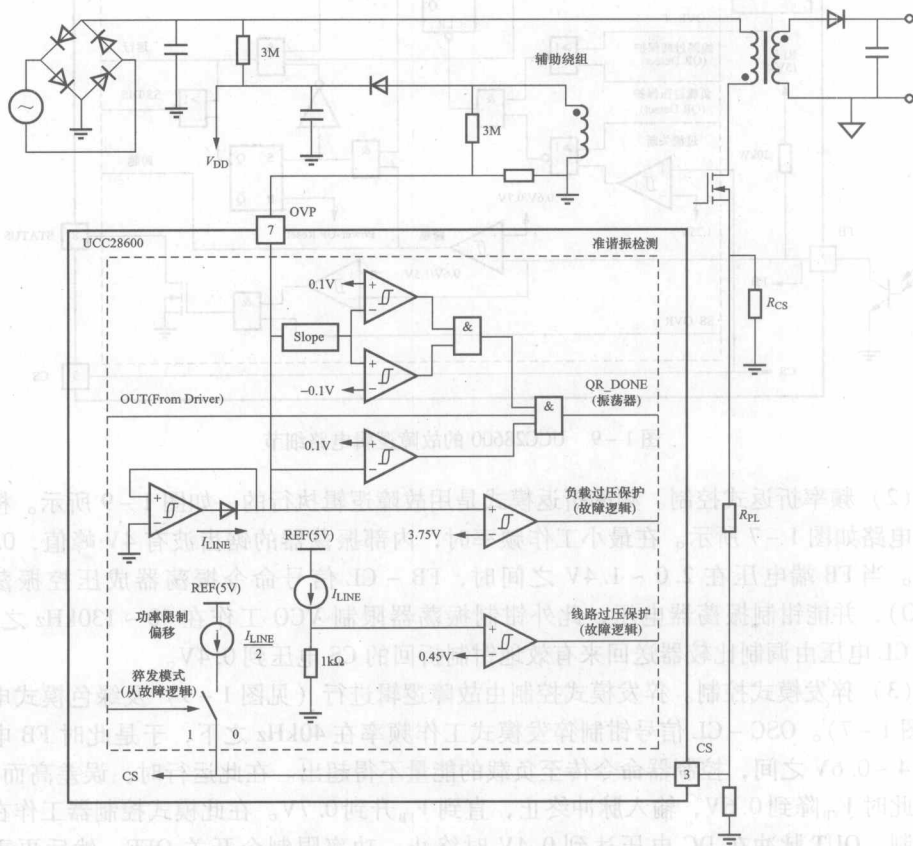


图 1-8 UCC28600 的 QR 检测电路细节

准谐振及 DCM 出现在 V_{FB} 反馈电压为 2.0 ~ 4.0V 时, 相应地, CS 端电压在 0.4 ~ 0.8V, 逐个周期的功率限制利用一个固定的 0.8V CS 限制电压, 过流关断阈值在图 1-9 中给出, 在 QR 中功率限制特色示于图 1-8。给 CS 的偏移电压正比于线路电压, 功率限制特色用 R_{PL} 调节。

(1) 准谐振/DCM 控制。准谐振 (QR) 及 DCM 工作出现在反馈电压 V_{FB} 为 2.0 ~ 4.0V 之间。在运转时, CS 峰值电压在 0.4 ~ 0.8V。在此控制模式, OUT 的上升沿总是出现在去磁谐振振铃的谷底处, 谷底开关是 QR 工作的必须部分, 谐振谷底开关是用来使系统钳制在最高频率的。换句话说, 在 DCM 中频率变化为使开关出现在第一个谐振谷底, 即 $7.7\mu s$ (130kHz) 处, 注意 CS 端有一内部电流源 $1/2 I_{LINE}$, 它是逐个周期式功率限制功能的控制要素之一。

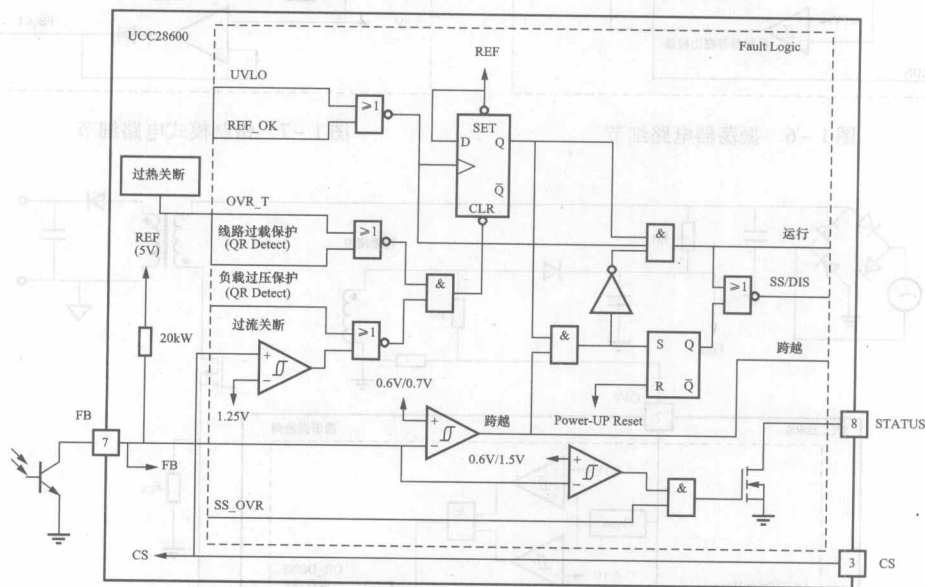


图 1-9 UCC28600 的故障逻辑电路细节

(2) 频率折返式控制。频率折返模式是用故障逻辑执行的, 如图 1-9 所示。模式钳制电路如图 1-7 所示。在最小工作频率时, 内部振荡器的锯齿波有 4V 峰值, 0.1V 谷底。当 FB 端电压在 2.0 ~ 1.4V 之间时, FB-CL 信号命令振荡器成压控振荡器 (VCO), 并能钳制振荡器电压, 此外钳制振荡器限制 VCO 工作在 40 ~ 130kHz 之间, FB-CL 电压由调制比较器送回来有效地钳制折回的 CS 电压到 0.4V。

(3) 猝发模式控制。猝发模式控制由故障逻辑进行 (见图 1-9) 及绿色模式电路 (见图 1-7)。OSC-CL 信号钳制猝发模式工作频率在 40kHz 之下, 于是此时 FB 电压在 1.4 ~ 0.6V 之间, 控制器命令传至负载的能量不得超出。在此运行时, 误差高而 V_{FB} 低, 此时 V_{FB} 降到 0.6V, 输入脉冲终止, 直到 V_{FB} 升到 0.7V。在此模式控制器工作在滞后控制, OUT 脉冲在 DC 电压达到 0.4V 时终止, 功率限制令开关 OFF, 然后再重新 ON。此时 V_{FB} 电压要达到 1.4V, 如图 1-7 所示。猝发模式减少了平均开关频率, 减少了开关损耗, 提高了转换效率。

(4) 故障逻辑。先进的逻辑控制, 结合故障检测提供了合适的功率供给, 这种提供条件终止保护状态, 线路过电压 (OVP)、负载过电压 (OVP) 都由此方框执行, 它还可防止内部基准低于 4.5V 时去工作, 如果故障被检测出来, 如过热、线路 OVP、负载 OVP, 基准电压低落, 则 UCC28600 即关断。

参看图 1-9、图 1-8, 为调整负载的 OVP, 选择 R_{ovp1} 、 R_{ovp2} 分压比到 3.75V 为关断电压, 为调节线路 OVP, 则选择 R_{ovp1} 、 R_{ovp2} 合成去驱动 450 μ A 电流, 此时 V_{ovp} 为 2.5V。

(5) 振荡器。振荡器如图 1-6 所示, 内部设置触发点及钳制到 130kHz 最高, 40kHz 最低, 在猝发模式下, 又低于 40kHz。

(6) 状态端子。状态端子为开漏极输出,如图 1-9 所示。状态端子的输出在 V_{FB} 降到 0.6V 以下时,进入关断状态。在 V_{FB} 端升到 1.4V 以上时重新回到开启状态。绿色模式下用状态端子控制 PFC 部分的关断电路,如图 1-10 所示。执行此功能的关键元器件包括 VT1、 R_{ST1} 及 R_{ST2} ,电阻 R_{ST1} 及 R_{ST2} 的选择使 VT1 饱和,以便给 PFC 控制 IC 供电。而在绿色模式下,状态端子变为高阻抗 R_{ST1} 令 VT1 关断,使 PFC 控制 IC 关断,进入省电机。如果必要可用一支 18V 齐纳二极管和电阻 (R_{cc}) 接到 V_{CC} 处。以确保 PFC 控制器安全工作。

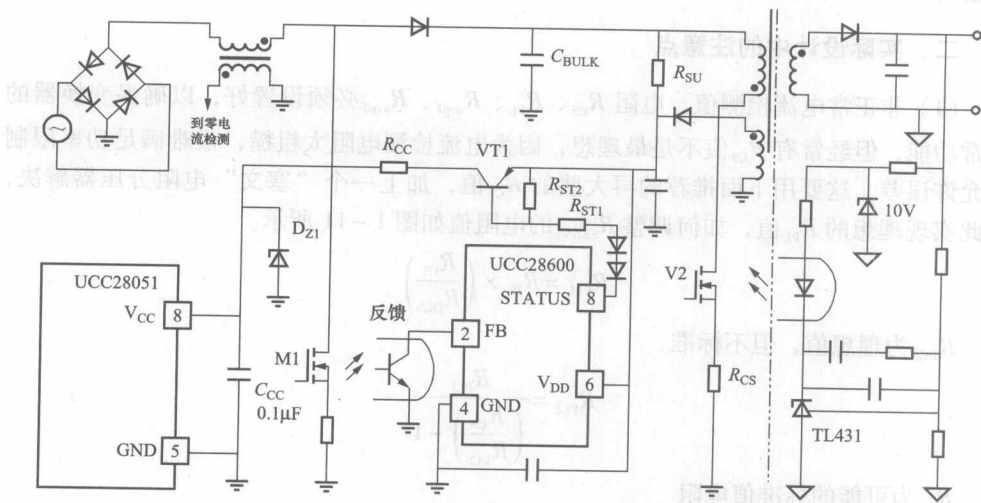


图 1-10 绿色模式下用状态端子控制 PFC 部分的关断电路

(7) 工作模式的调节。工作模式边界的调节由变压器及四个元件 R_{PL} 、 R_{CS} 、 R_{ovp1} 及 R_{ovp2} 执行。变压器特性影响模式是因其一次磁化电感和输出电压幅度（折返到一次的幅度），受 MOSFET 输出电容及变压器漏感的影响，设计过程要选择磁化电感及三种模式下二次折返到一次的电压。应对最大负载及最高输入电压之下，实际电感在磁化电感和 MOSFET 漏极处测出的电容之间谐振要计算在内。这是调节工作在 QR/DCM 边界的条件，其他由振荡器绿色模式决定。

上面四个元件, R_{PL} 、 R_{CS} 、 R_{ovp1} 及 R_{ovp2} 必须调节设置好, 它们会互相作用。UCC28600 的设计计算在后面给出, 为实现设计目标, 仔细地在变压器参数和电阻值之

间实现平衡。

(8) 保护功能及特色。UCC28600 具有很多保护特色，这是一款全新的特色设计，细述如下：

1) 过热保护。芯片过热保护点设置在 140°C ，当温度降下 15°C 后重新恢复正常工作。

2) 逐周期功率限制。在每个周期结束时，CS 端电压超出 0.8V ，即达到过功率限制点。

3) 电流限制。当一次电流超过最大电流水平时，即 CS 端为 1.25V 电压时，器件再次关断。

4) 过电压保护。线路及负载的过电压保护由变压器匝数比 R_{ovp1} 及 R_{ovp2} 调节，OVP 端有一个 0V 电压源，能源出电流不能漏入。线路过压保护出现，此时 OVP 钳在 0V ，当偏置绕组变为负向， $\text{OUT} = \text{HI}$ 或谐振时， 0V 电压源钳制 OVP 到 0V ，从 OVP 端源出电流，它与线路 - OVP 比较器和 QR 检测电路成镜像，如果 OVP 电压大于 3.75V ，线路 - OVP 比较器开始关断程序，并被关断。

5) 欠电压锁定。此项保护用来应对不适宜的偏置条件，欠电压锁定监视 V_{DD} ，并防止其在 UVLO 阈值下工作。

二、实际设计中的注意点

(1) 非正常电流检测值。电阻 R_{CS} 、 R_{PL} 、 R_{ovp1} 、 R_{ovp2} 必须设置好，以确保变换器的正常功能，但经常有 R_{CS} 值不是最理想，因为电流检测电阻太粗糙，很难满足功率限制的允许误差。这要用下面推荐的再大些的 R_{CS} 值，加上一个“塞文”电阻分压器解决，以此实现理想的 R_{PL} 值，如何调整 R_{SENSE} 的电阻值如图 1-11 所示。

R_{DCS} 为理想值，但不标准

R_{CS} 为可能的标准值电阻

$$R_{\text{PL1}} = R_{\text{PL}} \times \left(\frac{R_{\text{CS}}}{R_{\text{DCS}}} \right)$$

$$R_{\text{PL2}} = \frac{R_{\text{PL1}}}{\left(\frac{R_{\text{CS}}}{R_{\text{DCS}}} \right) - 1}$$

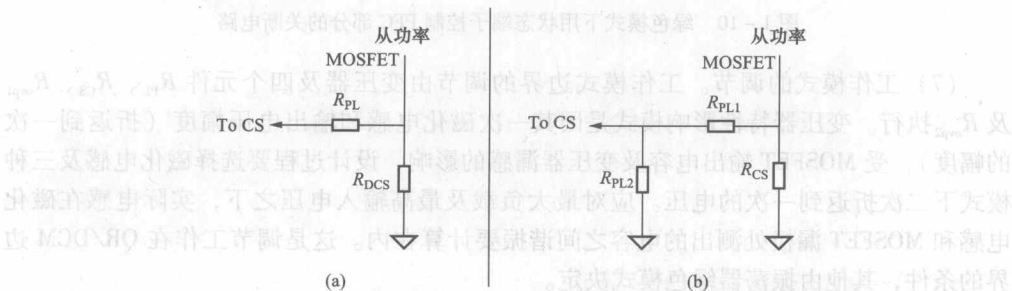


图 1-11 如何调整 R_{SENSE} 的电阻值