

# 开关电源用飞兆功率开关 FPS<sup>TM</sup>与GreenFPS<sup>TM</sup>的特点及应用

FSD 200

鲁殿元

**摘要：**飞兆半导体公司生产的 FPS<sup>TM</sup>，是将高功能度的 PWM 电路和坚固的功率 SenseFET 置于同一封装内或集成在同一芯片上的组合功率开关调节器。文中简要介绍了 FPS<sup>TM</sup> 的特点，重点介绍了其新系列 GreenFPS<sup>TM</sup> 的特性及应用实例。

**关键词：**开关电源；功率开关；调整器；FPS<sup>TM</sup>；GreenFPS<sup>TM</sup>

## 1. 引言

在 250W 以下的离线 (off-line) 电源变换器中，选用集传统 PWM 控制电路和功率 MOSFET 于一体 的功率开关调节器 IC 或模块，可以减少系统元件数量，节省印制电路板 (PCB) 空间，提高功率密度和可靠性，简化设计，降低成本。近十年来，世界著名的半导体制造商大多都生产这种二合一器件，代表性产品有功率集成 (Power Integrations) 公司的 TOPSwitch 系列和飞兆半导体 (Fairchild Semiconductor) 公司的功率开关 FPS (为 Fairchild Power Switch 英文缩写，商标是 FPS<sup>TM</sup>) 系列等。

FPS<sup>TM</sup> 早期产品由韩国三星公司生产，当时称为三星功率开关 (SPS)。后来三星公司功率半导体部并入飞兆公司，此类器件改称为 FPS<sup>TM</sup>，并且发展了一些新的系列。飞兆公司原为仙童公司，后称为快捷公司，近年来根据英文发音又称为飞兆。该公司是世界半导体巨商之一。

## 2. 关于 FPS<sup>TM</sup> 的一般介绍

图 1 为基本标准型 PWM 控制器 UC3842 的离线开关电源 (SMPS) 代表性电路。FPS<sup>TM</sup> 不仅在同一封装内集成了 PWM 控制器和功率 MOSFET，而且集成了 PWM 控制器外围元件和电路，具体包括软启动电路、振荡器定时元件 ( $R_T$  与  $C_T$ )、启动电阻、电流感测电阻与 RC 低通滤波器及栅极驱动电路。FPS<sup>TM</sup> 中带电流感测功能的功率 MOSFET，被称为 SenseFET。

图 2 示出了两种设计方案的内部结构：一种是

把坚固先进的功率 SenseFET 芯片和体现现代工艺规范 (State-of-the-art) 的 PWM 电路芯片并排置入同一封装内，另一种是采用 BCD (双极-CMOS-DMOS) 工艺将 SenseFET 和 PWM 电路集成在同一芯片上。

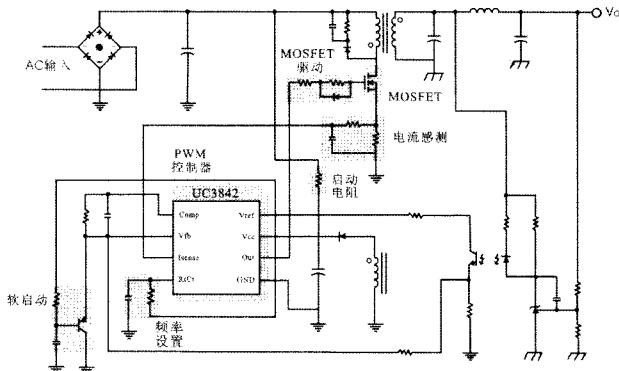


图 1 传统开关电源代表性电路

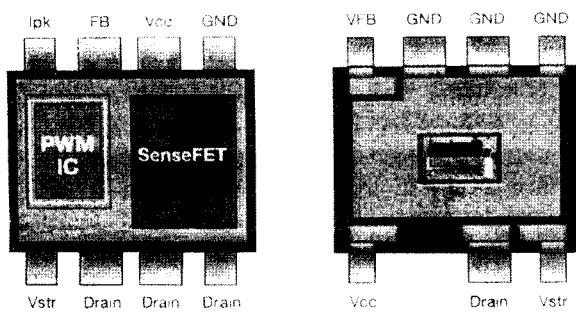


图 2 FPS<sup>TM</sup> 内部结构

FPS™ 根据输出功率和应用领域采用不同的封装（在型号后缀字母中标识），这些封装型式具体包括 DIP-8L、DIP-7L、DIPH-8L、SOP-7L、SOP-8L、TO-3PF-5L、TO-3PF-7L、TO-220-5L、TO-220-4L、TO-220F-5L 和 TO-220F-6L 等。

FPS™ 适用 85~265V 的 AC 通用供电线路输入，内部 SenseFET 的峰值限制电流从 0.3A 到 12A，最高漏极电压分 650V、700V 和 800V 等几种，输出功率从 1W 直达 220W。FPS™ 的固定开关频率有 50KHz、67KHz、70KHz、100KHz 和 134KHz 等，还有些器件（如 KA5P0680C）频率可调，有些器件（如 FS8S0965RCB）开关频率可与 CRT 监视器同步，其余一些器件（如 FSCQ0765RT）应用于彩电（C-TV）工作于准谐振（QR）模式。

FPS™ 对变换器中的过热、能损坏功率 MOSFET 的过电流、DC 输出过电压和 DC 输出过载等提供保护。这些保护特征还与先进的控制特性相结合，如为获得低待机功率采用突发模式操作及

带频率调制的精密振荡器有最低化的 EMI 等，使采用 PWM 单片 IC 驱动分立功率 MOSFET 的 SMPS 传统设计方案无法与其相媲美。

FPS™ 的输出功率不同，应用的领域也不一样。输出功率范围低于 10W 的 FPS™，典型应用是充电器和 PC 辅助电源；10~50W 的器件主要用于 PC、DVD 播放机（DVDP）、机顶盒（STB）、视频磁带录像机（VCR）和 LCD 监视器；50~100W 的 FPS™ 应用主要瞄准 LCD 监视器、PC 和等离子显示；输出功率为 60~160W 的器件应用目标是 CRT 监视器；50~220W 的 FPS™ 重点在彩色电视机（C-TV）SMPS 中应用。

图 3 示出的 180~200W 的彩电 SMPS 电路使用了飞兆功率开关（FPS™）KA5Q1265RF 型器件。这个电路由基于控制器 FAN7527B 的功率因数校正（PFC）预调节器电路和围绕 KA5Q1265RF 的准谐振反激式 PWM 级电路组成，AC 输入电压范围是 195~265V。

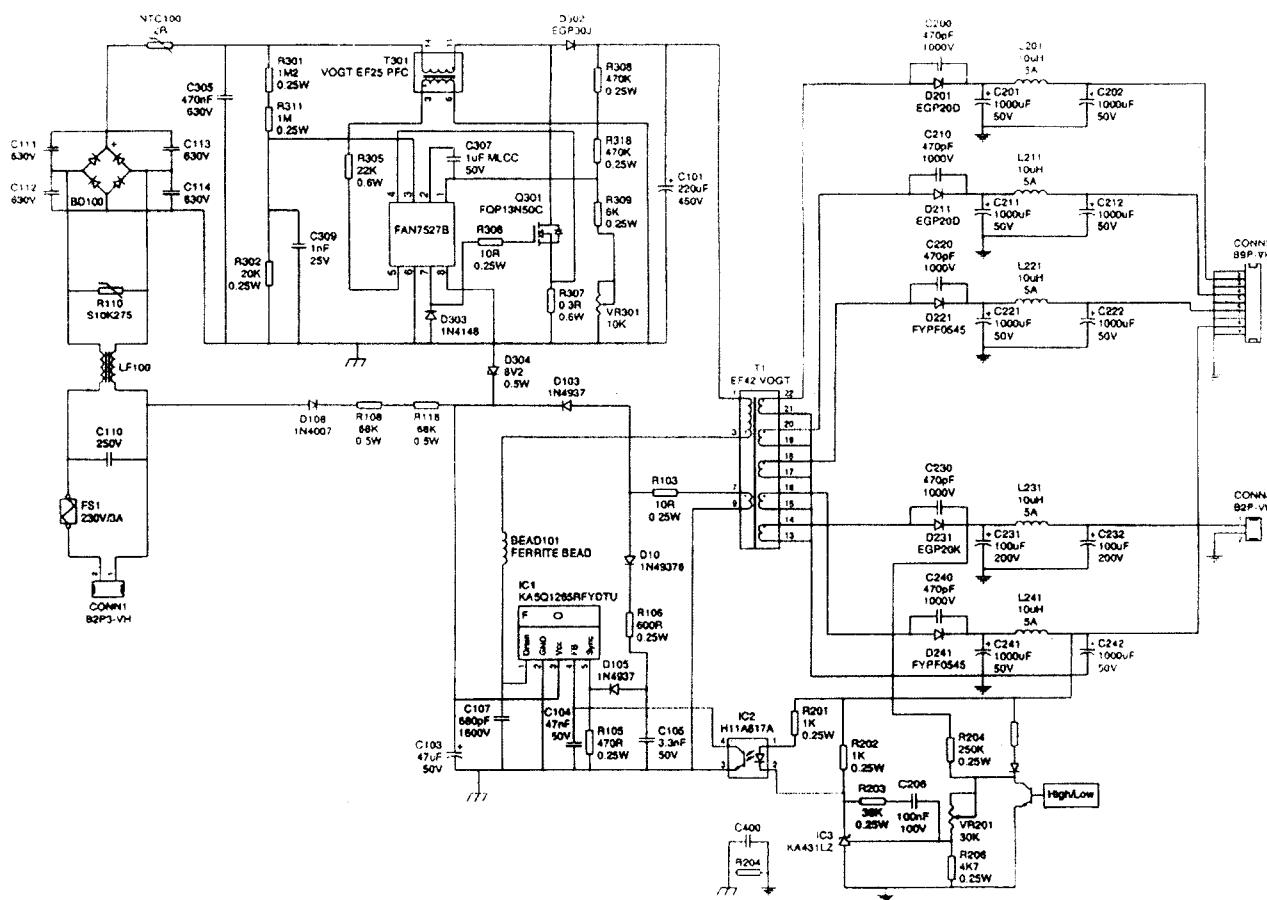


图 3 180~200W 彩色电视机电源电路

表 1 代表性产品控制与保护功能比较

型 号	控制特性			保护模式		
	频率调制	偏置绕组	反馈模式	过电流保护	过电压保护	欠电压锁定
FSD200	是	不需要	电压	无	无	无
FSD210	是	需要	电压	无	无	有
FSMDM311	不是	需要	电压	无	有, 带自动再启动	有
FSD1000	不是	需要	电流/电压	无	有, 锁定	有
FSDL0165RN	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSDL312	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSMDM0265RN	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSDH0265RN	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSDL0365RN	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSMDM0365RN	是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSDM0565R	不是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有
FSMDM07652R	不是	需要	电流	有, 带自动再启动	有, 带自动再启动	有

工作于过渡（或临界）模式（TM）的 PFC 前置级产生 400V 的 DC 总线电压，在桥式整流器输入端产生正弦 AC 电流，谐波成份符合 EN61000-3-2 标准要求，线路功率因数接近于 1。

KA5Q1265RF 的最大峰值电流是 8A，内置 650V 的 SenseFET，采用 TO-3PF-5L 封装。KA5Q1265RF 利用多路输出反激式配置产生 C-TV 所需要的电压。KA5Q1265RF 有一个突发工作模式。在常态下，图 3 右下部 NPN 晶体管基极上的“High/Low”信号处于高电平。当利用微控制器（MCU）使这个信号变为低电平时，通过光耦合器（IC2）的电流增加，反馈电压接近地，器件（IC1）进入突发模式。在此情况下，输出电压降低，直到通过辅助绕组施加到 IC1 上的电压降到 12V 左右。

IC1 脚 VCC 上电压降低，使 PFC 芯片 FAN7527B 脚 8 上的电压降至 8V 以下，PFC 芯片不能激活，保持在低功率待机状态。

由于 FPS™ 器件的准谐振模式在较低的电压上进行开/关转换，使系统效率在满载下达到 90%，并且低 dv/dt 产生很小的内部辐射。

### 3. FPS™ 的新系列—GreenFPS™

GreenFPS™ 是飞兆公司近期开发的新系列器件，带有“绿色”特征。

#### 3.1 GreenFPS™ 的主要特点和性能

与先前 FPS™ 系列器件比较，GreenFPS™ 的主要特点如下：

(1) 满足小于 1W 的“能源之星”标准要求

GreenFPS™ 系列产品全部带有突发模式。图 4 示出了 GreenFPS™ 在反激式变换器应用中突发模式操作相关波形。其中,  $V_{BURSTH}$  是突发模式高门限电平,  $V_{BURSTL}$  是低门限电平。在输出电平增加时, 光耦晶体管电流增大, 反馈电压 ( $V_{fb}$ ) 降低。当反馈电压降至  $V_{BURSTH}$  以下时, 开关停止, 没有电流产生。输出电压依赖于负载电流而降低, 导致反馈电压增加。一旦反馈电压升高到  $V_{BURSTH}$  以上, 进入突发模式, 开关重新开始。随输出电压升高, 反馈电压再次降低。只要反馈电压低于  $V_{BURSTL}$ , 开关又一次停止, 于是电流波形出现周期跳跃。

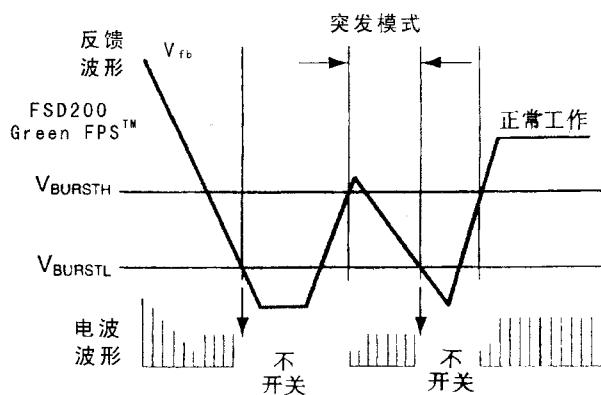


图 4 突发模式操作相关波形

FSD210 型 GreenFPS™ 在 265V 的 AC 线路电压下, 其 5V 的输出无载时仅消耗 92mW 的功率。

### (2) 频率调制使 EMI 最小化

普通 FPS™ 固定频率振荡器在很窄的频带内产生电磁干扰 (EMI), 而大多数 GreenFPS™ 器件在  $\pm 4\text{KHz}$  的范围上调制它的频率, 使 EMT 在一个较宽的频率范围上展开, 仅需要使用简单的 EMI 滤波器即可满足相关标准要求。图 5 示出了 GreenFPS™ 频率调制示图。像 FSD200 的开关频率是 134KHz, 频率调制范围为 (134)  $\pm 4\text{KHz}$ , 从而使 EMI 得到有效抑制。

GreenFPS™ 系列器件的控制特性和保护模式共同点有: (a) 突发模式; (b) 内部软启动; (c) 过载保护 (自动重新启动); (d) 过热关闭 (自动重新启动)。表 1 列出了代表性产品的不同点。

GreenFPS™ 代表性器件的主要参数和封装见表 2。

### 3.2 GreenFPS™ 应用简介

GreenFPS™ 系列器件以中、低功率为主, 大功率器件即将投放市场。其代表性产品的应用范围如表 3 所列。

表 2 GreenFPS™ 代表性器件参数与封装

型号	输出功率 (85~265Vac) (W)	输出功率 (230Vac± 15%) (W)	峰值电 流限制 (A)	漏极电压 (MAX) (V)	静态漏源 导通电阻 (MAX) (Ω)	开关 频率 (KHz)	封装
FSD200	4.8	7.2	0.3	700	32	134	DIP-7L
FSD210	4.8	7.2	0.3	700	32	134	DIP-7L
FSDM311	7.2	7.2	0.6	650	19	67	DIP-8L
FSD1000	12.0	13.6	可调	700	9	70	DIPH-12L
FSDL0165RN	12.0	13.6	1.2	650	10	50	DIP-8L
FSDL312	12.0	13.6	1.2	650	10	50	DIP-8L
FSDM0265RN	16.0	18.4	1.5	650	6	67	DIP-8L
FSDH0265RN	16.0	18.4	1.5	650	6	100	DIP-8L
FSDL0365RN	24.0	28.0	2.2	650	4.5	50	DIP-8L
FSDM0365RN	24.0	28.0	2.2	650	4.5	67	DIP-8L
FSDM0565R	48.0	56.0	2.3	650	2.2	67	TO-220F-6L
FSDM07652R	60.0	68.0	2.5	650	1.6	67	TO-220F-6L

表 3 代表性产品应用范围

输出功率电平	低 功 率	中 功 率	大 功 率
型号	FSD200 FSD210 FSDM311 FSDL312	FSD1000 FSDL0165RN FSDH0265RN FSDM0265RN FSDL0365RN FSDM0365RN FSDM0565R FSDM07652R	FSCQ0765RT FSCQ15658RT
应用范围	充电器 辅助电源（如小显示器）	PC 主电源和辅助电源 DVD 播放机（DVDP）及辅助电源 数字静止相机（DSC） 机顶盒 LCD 监视器 笔记本电脑适配器	彩色电视机（C-TV） DVD 接收机 等离子显示屏

下面仅介绍几款 GreenFPS<sup>TM</sup> 的实际应用电路

(1) 利用 FSD210M 的待机功率低于 100mW 的 1W 电源。

图 6 示出的是使用 FSD210M 的小型非隔离反激式 1W 电源电路，待机功率小于 100mW。这种电源主要用于小家电产品和工厂自动操作系统。在 AC 输入端，R100 是 470V 的过电压保护元件，L100、L101 和 C100、C101 组成输入滤波器，瞬态电压抑制器（TVS）D103 和 1A/1000V 的快速恢复二极管 D102 组成阻尼电路，变压器辅助绕组，D105、R105 和 C104 组成 IC1 (FSD210M) VCC 供电电路，9V 的齐纳二极管 D202 和 R201、R202、Q1、C103 组成反馈电路。输出整流二极管 D201，是 1A/200V 的快速恢复器件。FSD210M 的过载保护模式能识别是暂时过载还是持久性过载。在负载浪涌期间，FSD210M 不会关闭。FSD210M 带增强的短路保护，频率调制特征减小了 EMI。

(2) 利用 FSDL0165RN 的 5W Buck 变换器

采用 FSDL0165RN 的 5W 降压 (Buck) 变换器电路如图 7 所示。变换器的 DC 输入电压  $V_{in}$  为  $120\sim385V_{ac}$ ，输出是 15V/300mA。其应用范围是工业自动化、家电和仪器仪表。这种非隔离单输出 Buck 变换器，在整个输入范围内和在 15V、100~

300mA 的输出电平上，效率高于 77%。在 15V/10mA 的输出负载上，功率消耗小于 350mW。FSDL0165RN 的电流模式控制有最大的工作灵活性，简化了反馈电路，支持不连续和连续导通模式 (DCM/CCM) 操作。器件 (IC1) 的频率调制控制特性帮助减小 EM1。

(3) 采用 FSDM0265RN 的 16W 多路输出隔离反激式变换器

使用 FSDM0265RN 的 16W 多路输出隔离反激式变换器电路如图 8 所示。这种变换器的典型应用有 STB、译码器、小型 DVDP 及利用现场可编程门阵列 (FPGA) 与复杂逻辑芯片的工业和通信等方面，可满足 5V、3.3V、2.5V 与 1.2V 的逻辑电源电压要求。反激式拓扑结构易于扩展，在图 8 中提供了 12V 或 6.6V 的两个附加输出，FSDM0265RN 的工作频率为 70KHz，电流容量是 1.5A。如果改变变压器和 GreenFPS<sup>TM</sup> 的参数，则可以输出高功率电平。FSDM0265RN 利用电流模式控制，提供优良的线路和负载瞬变响应。FSDM0265RN 的过载保护电路能区别是暂时过载还是持久性过载，在负载浪涌条件下器件不会关闭。当变压器次级上的二极管短路时，器件将关断。

## 4. 结束语

飞兆功率开关 FPS<sup>TM</sup> 和绿色开关 GreenFPS<sup>TM</sup> 都是集先进的 PWM 控制电路和坚固的 SenseFET 于同一芯片上或同一封装内的器件。GreenFPS<sup>TM</sup> 除具有逐周脉冲电流限制和过压、过流、过载、过热保护及欠压锁定和软启动等特点外，与普通 FPS<sup>TM</sup>

比较，还增加了低待机功率突发模式及频率调制低EMI 等“绿色”特征。用 FPS<sup>TM</sup> 和 GreenFPS<sup>TM</sup> 设计 SMPS，不仅减少了元件数量和减小了 PCB 尺寸，降低了成本，简化了设计，而且能提高系统的可靠性。◆

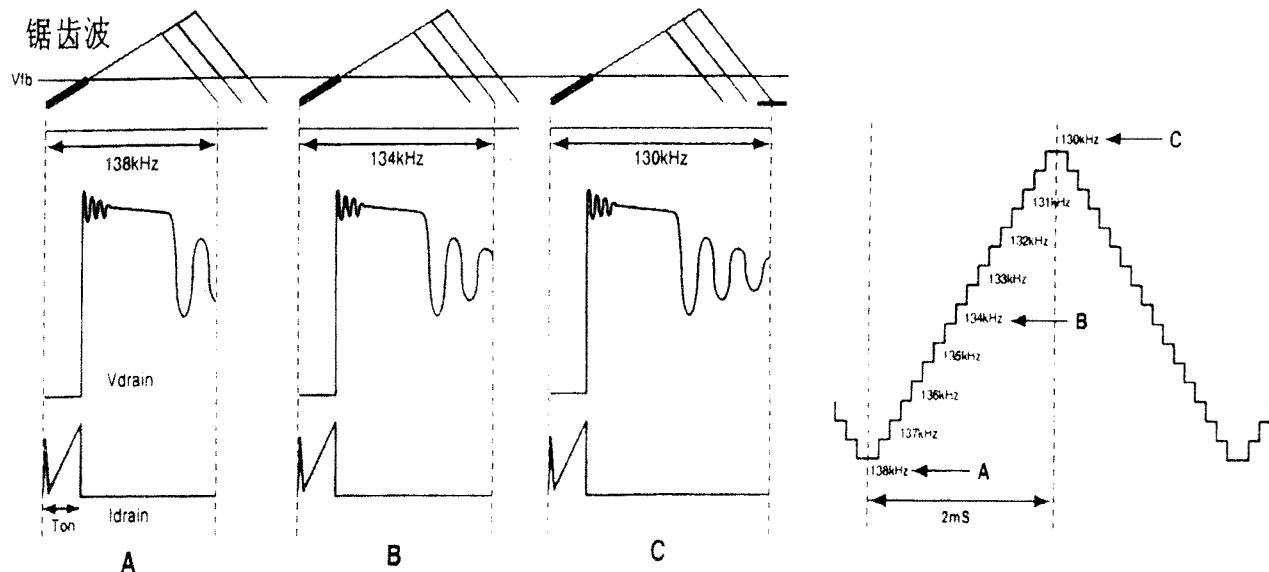
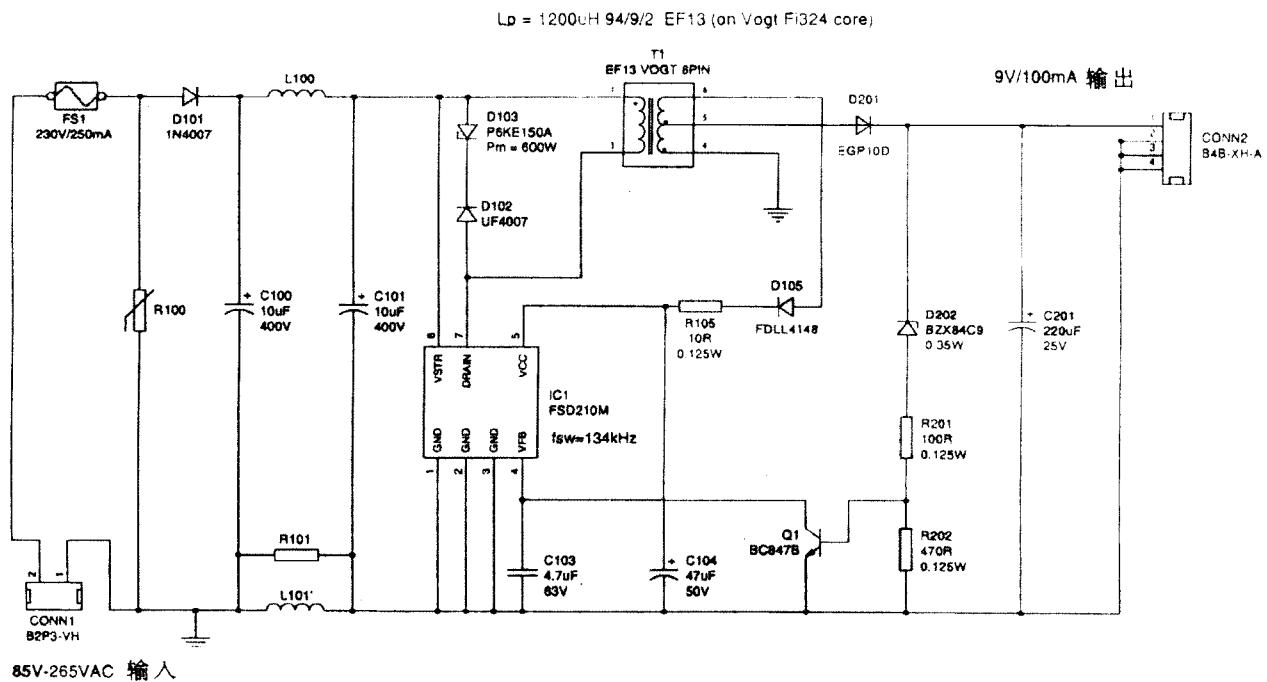
图 5 GreenFPS<sup>TM</sup> 频率调制示图

图 6 待机功率小于 100mW 的 1W 电源电路

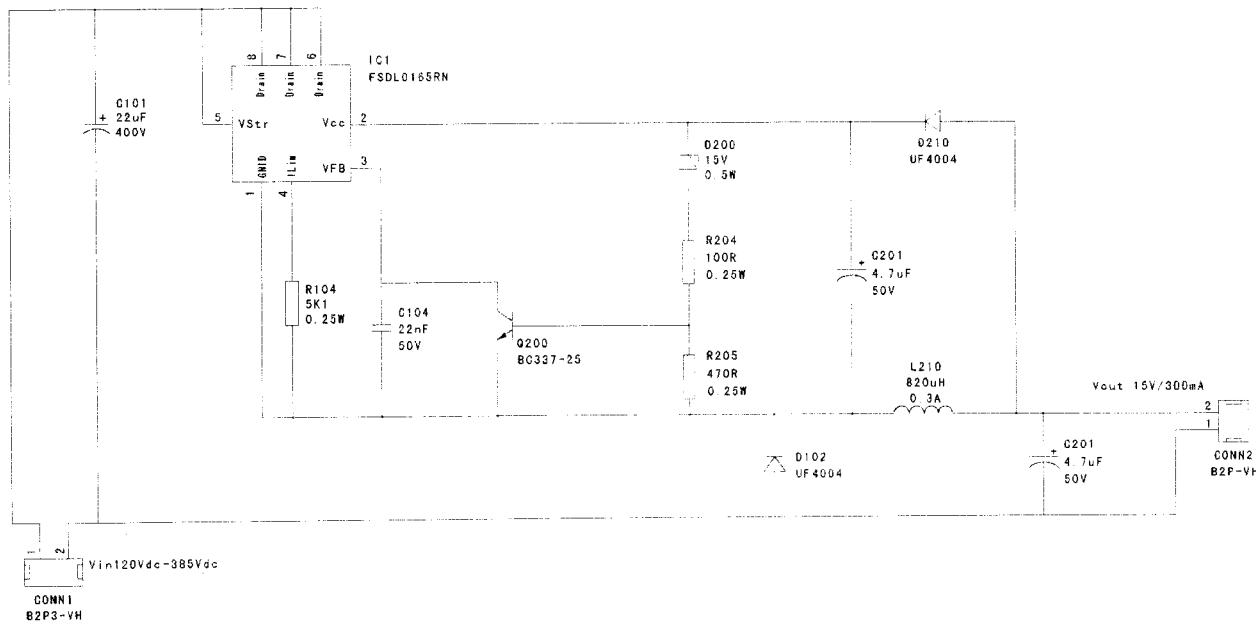


图 7 利用 FSDL0165RN 的 5W Buck 变换器电路

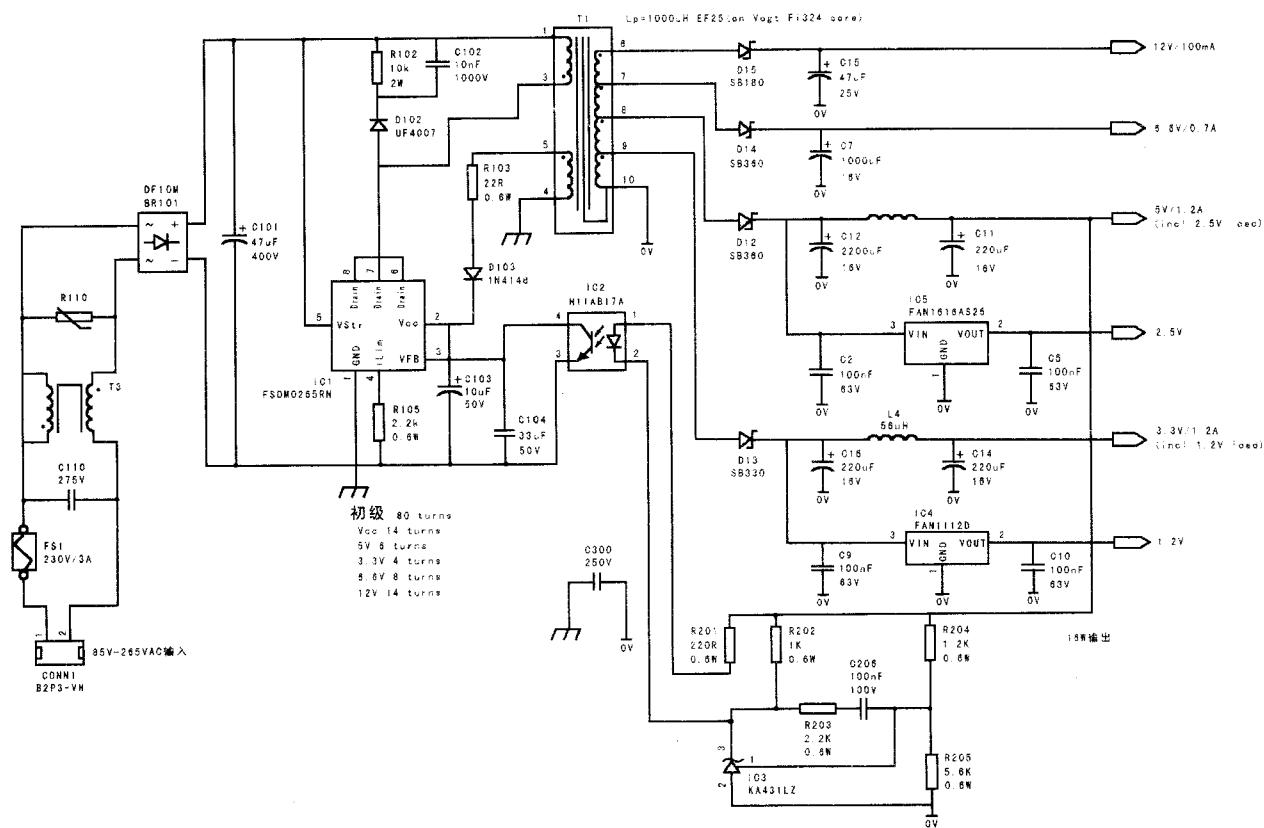


图 8 16W 多路输出隔离反激式变换器电路