

# LinkSwitch—TN 系列节能型 单片开关电源的电路设计

沙占友, 葛家怡, 许云峰  
(河北科技大学, 河北 石家庄 050054)

**摘要:** 在某些家用电器的控制电源以及智能化电能表、住宅供热控制器中, 允许使用非隔离电源。介绍了一种 LinkSwitch—TN 系列单片开关电源, 可取代传统的阻容降压式线性电源, 为实现高效节能型小功率开关电源的优化设计创造了有利条件。

**关键词:** 节能; 单片开关电源; Buck 电路; Buck-Boost 电路; 设计

## Circuit Design of LinkSwitch—TN Family Energy-save Type Single-chip Switching Power Supply

SHA Zhan-you, GE Jia-yi, XU Yun-feng

(Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050054 China)

**Abstract:** In the controlling power supply of some electrical home appliances, intelligent electric energy meter and housing heating controller, the non-isolated power supply is allowed. A kind of LinkSwitch—TN family single-chip switching power supply is introduced, which can replace the traditional resistance-capacity step-down type linear power supply and create advantage for the realizing of the optimizing design of high-efficiency and energy-save type low-power switching power supply.

**Keywords:** Energy-save; single-chip switching power supply; Buck circuit; Buck-Boost circuit; design

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 0219-2713(2004)11-0677-05

## 0 引言

某些电子设备和家用电器并不需要使用输入与输出完全隔离的开关电源。例如, 直流电机的驱动电源, 空调、无霜冰箱和微波炉中的稳压电源, 它们本身就属于隔离系统, 因此可由非隔离式开关电源供电, 但要求这种开关电源的电路简单、电源效率高。

PI 公司于 2004 年 1 月最新推出 LinkSwitch—TN 系列四端非隔离式、节能型单片开关电源专用 IC, 它是专门为取代家用电器及工业领域所用小功率线性电源而设计的, 不仅能去掉笨重的电源变压器, 还克服了阻容降压式线性电源负载特性差的缺陷。LinkSwitch—TN 系列包

含 LNK304P/G、LNK305 P/G、LNK306 P/G 共 6 种型号, 最大输出电流为 360 mA, 适用于家用电器中的控制电源以及 LED 驱动器。

## 1 LinkSwitch—TN 系列单片开关电源的性能特点

1) LinkSwitch—TN 系列产品能以最少数量的外围元器件, 构成非隔离式、节能型开关电源。与传统的“无源(靠电容降压)”解决方案相比, LinkSwitch—TN 采用了 EcoSmart® 节能技术, 不仅能达到比电容降压式线性稳压电源更高的效率, 而且可提高功率因数。

2) 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,

能满足不同用户的需要。

3) 输入电压范围宽, 在交流 85 ~ 265 V 范围内具有良好的电压调整率和负载调整率。有两种工作模式可供选择, 即连续模式 (CCM), 不连续模式 (DCM), 多数情况下选择不连续模式。

4) 抗干扰能力强, 低功耗。LinkSwitch—TN 的开关频率为 66 kHz, 频率抖动范围是 4 kHz。利用频率抖动技术能将电磁干扰降低 10 dB, 还能减小 EMI 滤波器的功耗。功率 MOSFET 能快速导通, 并且无过冲现象。当电源空载且输入电压为 230 V 时, 采用自供电降压电路的功耗仅为 80 mW; 采用外部偏置电路时的功耗低至 12 mW。

5) 保护功能完善。芯片内部有短路后自动重启的保护电路、开环故障检测及保护电路、限流保护电路和具有滞后特性的过热保护电路。

在交流固定输入 230(1 ± 15%) V 或交流宽范围输入 (亦称通用输入) 时, LinkSwitch—TN 的最大输出电流值见表 1。

表 1 LinkSwitch—TN 系列产品的最大输出电流值

产品型号	230(1 ± 15%) V 输入		85 ~ 265 V 输入	
	不连续模式	连续模式	不连续模式	连续模式
LNK304P/G	120	170	120	170
LNK305P/G	175	280	175	280
LNK306P/G	225	360	225	360

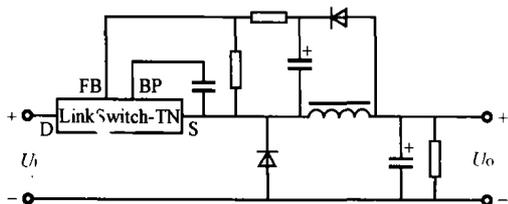
## 2 LinkSwitch—TN 系列单片开关电源的接线方式

### 2.1 LinkSwitch—TN 的 7 种电路接线方式

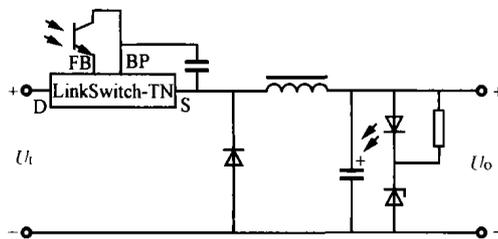
LinkSwitch—TN 的 7 种接线方式分别如图 1(a) ~ (g) 所示。用户可根据需要选其中一种电路。

#### 2.1.1 正端降压式直接反馈电路

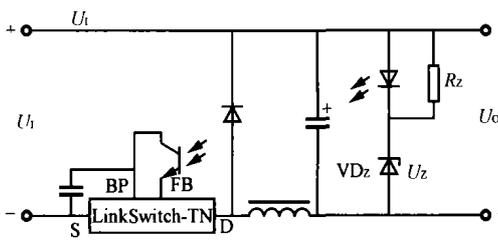
正端降压式直接反馈电路见图 1(a)。其主要特点如下:



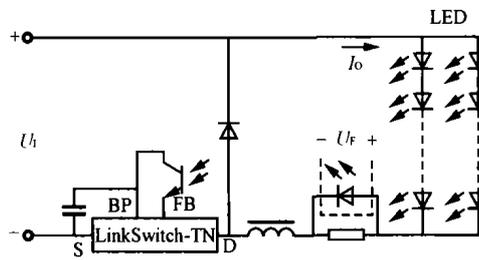
(a) 正端降压式直接反馈电路



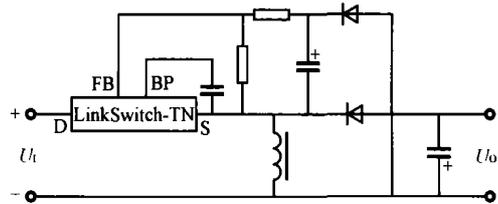
(b) 正端降压式光耦反馈电路



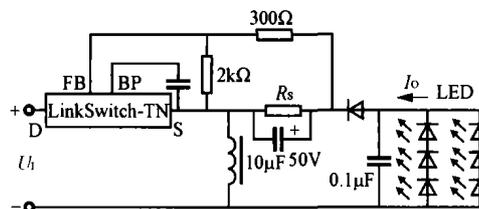
(c) 负端降压式光耦反馈电路



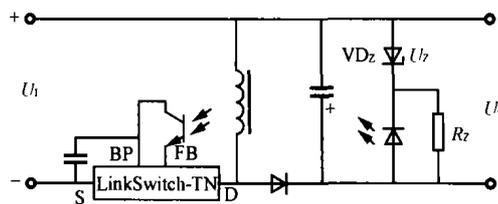
(d) 负端降压式 LED 恒流驱动电路



(e) 正端升压/降压式直接反馈电路



(f) 正端升压/降压式 LED 恒流驱动电路



(g) 负端升压/降压式光耦反馈电路

图 1 LinkSwitch—TN 的 7 种接线方式

- 输出取决于输入(下同,不再赘述);
- 正压输出;
- $U_o < U_i$ ;
- 电路简单,成本低;
- $U_o$ 的精确度约为  $\pm 10\%$ 。

2.1.2 正端降压式光耦反馈电路

正端降压式光耦反馈电路见图 1(b)。其主要特点如下:

- 正压输出;
- $U_o < U_i$ ;
- 采用光耦反馈电路,由外部基准电压决定  $U_o$ 的精确度,输出端不需要接负载电阻,空载时的功耗最低。

2.1.3 负端降压式光耦反馈电路

负端降压式光耦反馈电路见图 1(c)。其主要特点如下:

- 正压输出;
- $U_o < U_i$ ;
- 采用光耦反馈电路,由外部基准电压决定  $U_o$ 的精确度,输出端不需要接负载电阻。

2.1.4 负端降压式 LED 恒流驱动电路

负端降压式 LED 恒流驱动电路见图 1(d)。它适合驱动 LED,其他特点与 2.1.3 相同。

2.1.5 正端升压/降压式直接反馈电路

正端升压/降压式直接反馈电路见图 1(e)。其主要特点如下:

- 负压输出;
- 升压或降压式输出,做升压式输出时, $|U_o| > U_i$ ;做降压式输出时, $|U_o| < U_i$ ;
- 电路简单,成本低, $U_o$ 的精确度约为  $\pm 10\%$ ;

——即使功率 MOSFET 失效,输入端电压也不会加到输出端上而损坏负载。

2.1.6 正端升压/降压式 LED 恒流驱动电路

正端升压/降压式 LED 恒流驱动电路见图 1(f)。该电路适合驱动 LED,它比图 1(d)所示电路恒流驱动的精确度更高,受环境温度的影响更小。其他特点与 2.1.5 相同。

2.1.7 负端升压/降压式光耦反馈电路

负端升压/降压式光耦反馈电路见图 1(g)。其主要特点如下:

- 负压输出;
- 升压或降压式输出,做升压式输出时,

$|U_o| > U_i$ ;做降压式输出时, $|U_o| < U_i$ ;

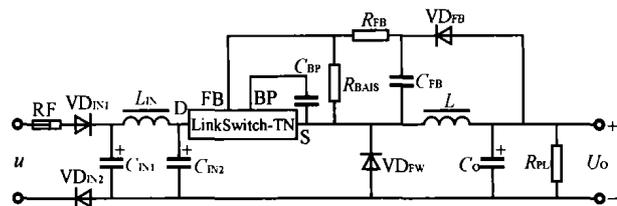
——采用光耦反馈电路,由外部基准电压决定  $U_o$ 的精确度,输出端不需要接负载电阻;

——即使功率 MOSFET 失效,输入端电压也不会加到输出端上;

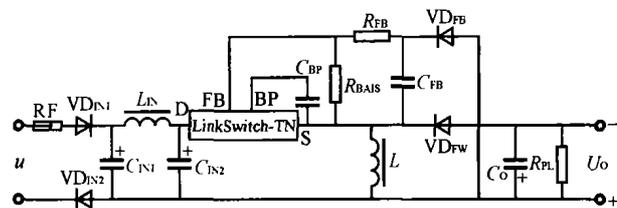
——空载时的功耗最低。

2.2 基本电路结构

由 LinkSwitch—TN 系列构成非隔离式电源时有两种基本电路结构,即 Buck(降压式)变换器, Buck-Boost(降压或升压式)变换器,分别如图 2(a)及图 2(b)所示。RF 为熔断电阻器,VD<sub>IN1</sub>及 VD<sub>IN2</sub>为输入级整流管。VD<sub>FW</sub>为超快恢复二极管。C<sub>IN1</sub>及 C<sub>IN2</sub>为输入级滤波电容, L<sub>IN</sub>为输入级电感。C<sub>BP</sub>为旁路电容, R<sub>BAIS</sub>为偏置电阻。R<sub>FB</sub>, C<sub>FB</sub>和 VD<sub>FB</sub>分别为反馈电阻、反馈电容和反馈二极管。L 为输出级电感, R<sub>PL</sub>为负载电阻。图 2(a)及图 2(b)所示电路的主要区别是 VD<sub>FW</sub>及 L 的接线位置不同。Buck 变换器是将 VD<sub>FW</sub> 并联在源极与输入电压的负端之间, L 串联在源极与输出电压的正端之间。Buck-Boost 变换器则与之相反。对于给定的 LinkSwitch—TN 芯片和电感值,选择 Buck 拓扑不仅可获得最大输出功率,还能降低 LinkSwitch—TN 芯片所承受的电压,减小通过滤波电感的平均电流。



(a) Buck 变换器



(b) Buck-Boost 变换器

图 2 LinkSwitch—TN 的两种基本电路结构

3 LinkSwitch—TN 系列单片开关电源的典型应用

由 LNK304 构成 +12 V/120 mA 非隔离式开关电源的电路如图 3 所示,其输出功率为

1.44 W。该电路适用于空调、洗碗机、电饭煲等家用电器的控制电源,亦可用做夜间照明灯、LED 驱动器、智能化电能表以及住宅供热控制器,在这些地方允许使用非隔离电源。

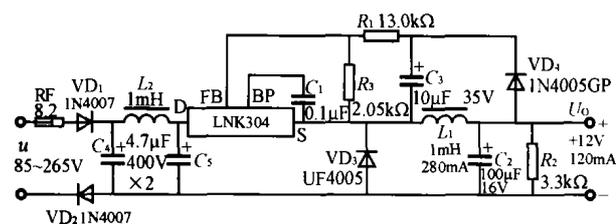


图3 +12V/120mA 非隔离式开关电源的电路

输入电路由可熔断电阻器 RF、二极管 VD<sub>1</sub> 及 VD<sub>2</sub>、电容 C<sub>4</sub> 及 C<sub>5</sub> 和电感 L<sub>2</sub> 组成。可熔断电阻器具有以下功能:

- 对 VD<sub>1</sub> 和 VD<sub>2</sub> 起限流保护作用;
- 降低串模噪声干扰;
- 当其他元器件发生短路故障时, RF 迅速被熔断,切断输入电压。

用可熔断电阻器代替保险管的优点是它在熔断时不会产生电火花或烟雾,既安全又不造成干扰。将二极管 VD<sub>1</sub> 和 VD<sub>2</sub> 串联后,耐压能力可提高到 2 kV, 并且使噪声电流只在二极管导通时通过。

电源调整电路由 LNK304、UF4005 型超快恢复二极管 VD<sub>3</sub>、输出储能电感 L<sub>1</sub> 和滤波电容 C<sub>2</sub> 组成。电感 L<sub>1</sub> 的峰值电流是由 LNK304P 的极限电流来限制的,其控制方案与 TinySwitch 中的开/关控制器很相似。

由于 VD<sub>4</sub>(玻璃钝化的 1N4005GP) 和 VD<sub>3</sub> 的正向压降相同,因此 C<sub>3</sub> 两端的电压能跟随输出电压的变化。C<sub>3</sub> 上的电压经过电阻 R<sub>1</sub> 和 R<sub>3</sub> 分压后送至 LNK304 的引脚 FB。为达到所期望的输出电压值, U<sub>FB</sub> 应等于 0.65 V。

LNK304 是通过跳过周期的方式来对输出电压进行调节的。当输出电压升高时,流入引脚 FB 的电流 I<sub>FB</sub> 也会增加,若电流 I<sub>FB</sub> > 49 μA, 则随后的周期将被跳过去,直到 I<sub>FB</sub> < 49 μA。因此,当负载减轻时将跳过许多周期;负载加重时跳过的周期较少。如果发生输出过载、输出短路故障, LinkSwitch-TN 开关就进入自动重新启动阶段,输出功率降至 P<sub>OM</sub> × 6%, 从而限制了平均输出功率。R<sub>2</sub> 为负载电阻,可将轻载或空载时的输出电

压与额定输出电压的误差控制在 ±10% 以内。取 R<sub>2</sub> = 2.4 kΩ 时,预设的负载电流为 5 mA。

实测该开关电源的负载调整曲线如图 4 所示。

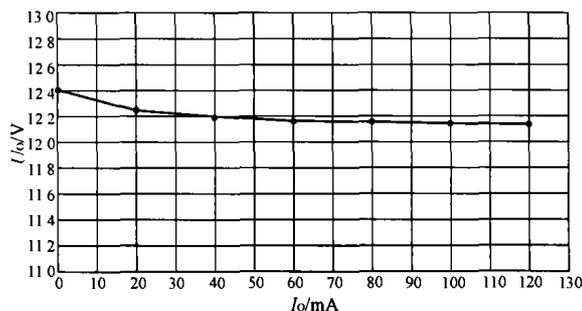


图4 负载调整曲线

## 4 电路设计要点

下面以图 3 为例,介绍 LinkSwitch-TN 的电路设计要点。

### 4.1 续流二极管 VD<sub>3</sub>

采用不连续模式时, VD<sub>3</sub> 应选择  $t_{rr} \leq 75$  ns 的超快恢复二极管作为续流二极管;采用连续模式时,要求  $t_{rr} \leq 35$  ns。UF4005 属于超快恢复二极管,其  $t_{rr} = 30$  ns,能满足上述两种工作模式的需要。不要使用快恢复二极管,因为,这种管子的反向恢复时间为几百 ns,在启动过程中会使 LinkSwitch-TN 总处于连续工作模式,从而产生上升沿很高的尖峰电流强迫转换周期提前结束,使输出无法达到稳定状态。

### 4.2 反馈二极管 VD<sub>4</sub>

反馈二极管 VD<sub>4</sub> 可选用廉价的整流管,如 1N4005 型整流管,但最好采用玻封管,这种管子的反向恢复时间较短。此外,VD<sub>4</sub> 和 VD<sub>3</sub> 的正向压降应相等。

### 4.3 电感 L<sub>1</sub>

推荐 L<sub>1</sub> 采用带铁氧体磁芯的电感,以降低成本并减小音频噪声。L<sub>1</sub> 的电感量应大于或等于设计值,所能承受的有效值电流也要留出一定余量。

### 4.4 输出级滤波电容 C<sub>2</sub>

C<sub>2</sub> 的主要作用是平滑滤波。鉴于输出的纹波电压与 C<sub>2</sub> 的等效串联电阻 (ESR) 呈函数关系,因

此,要尽量选择低 ESR 的电容。

#### 4.5 反馈电阻 ( $R_1$ ) 和偏置电阻 ( $R_3$ )

由  $R_1$  和  $R_3$  构成的电阻分压器应使引脚 FB 的电压保持在 1.65 V。 $R_3$  可选择标称阻值为  $2\text{ k}\Omega/\pm 1\%$  的电阻。

#### 4.6 反馈电容 $C_3$

$C_3$  可选普通的电解电容,它具有“取样保持”的功能。在 LinkSwitch—TN 关闭时间内, $C_3$  上的电压被充电到输出电压值。 $C_3$  的电容量范围是  $10\sim 22\mu\text{F}$ ,当电容量取得过小时会降低在小负载情况下的稳压性能。

#### 4.7 负载电阻 $R_2$

当最小负载电流小于 3 mA 时,直接反馈式电路要求有一个负载电阻来维持输出电压的稳定。选择  $R_2 = 4\text{ k}\Omega$  时,可使  $I_{0\text{min}} = 3\text{ mA}$ 。

此外,在光耦反馈式电路中还需要给外部稳压管接限流电阻 ( $R_z$ ),将稳压管的工作电流限制在  $1\sim 2\text{ mA}$ ,以减小空载时输出的纹波电压,参见图 1(c)。

## 5 结语

LinkSwitch—TN 系列单片开关电源具有性能先进、使用灵活、电路简单、成本低廉等优点,具有良好的应用前景。利用 LinkSwitch—TN 还可设计多路输出式开关电源,其特点是电源的总输出电压及总输出电流等于各路输出之和(对负压应取绝对值)。

#### 参考文献

- [1] 沙占友. 微型单片开关电源的原理[J]. 中国电源, 2001, (1/2).
- [2] Power Integrations 公司产品资料[Z]. 2004.
- [3] 沙占友. 单片开关电源最新应用技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.

#### 作者简介

沙占友(1944—),男,河北科技大学教授(享受国务院政府特殊津贴),河北省优秀教师,已出版专著 20 部,发表学术论文 246 篇,主要研究方向为数字化测量技术、智能仪器及特种电源。

## 飞利浦新型扁平引线封装改进肖特基整流性能

皇家飞利浦电子公司发布了 MEGA 肖特基整流二极管新产品,帮助亚洲的移动通信和消费电子生产商,生产出体积更小、功能更齐全的设备。这些更紧凑的设计是通过飞利浦采用紧凑扁平引线 SOD323F 封装的新型小巧高效的整流器实现的。

这些 MEGA 肖特基整流器和业界标准 SMA 封装相比,体积缩小了 75%,和飞利浦 SOD323 封装的 MEGA 肖特基整流器相比,效率提高了 60%。这些整流器是功率管理应用的理想选择,可以改进性能,延长电池寿命,缩小主板体积,这些都是手机和数码相机之类产品所需的特性,而亚洲的公司是此类产品世界领先的生产商。

改进整体电效率、缩小封装体积的主要障碍仍然是通态压降造成的功率消耗。功率消耗产生的热量导致封装体积远远大于硅芯片,为了将热量疏导出芯片,防止破坏器件。飞利浦的紧凑 SOD323F 扁平引线封装的热通道比 SOD323 双翼封装要短,使用的引线架材料更厚,大大降低了封

装的热阻。

因此,和其他肖特基整流器相比,SOD323F 的 MEGA 肖特基整流器的电流输入输出能力高出 50%,工作温度也较高,为亚洲的设计工程师们提供更灵活的设计及缩小主板体积。

飞利浦的 SOD323F 紧凑小巧,体积仅为  $1.7\text{ mm}\times 1.25\text{ mm}\times 0.7\text{ mm}$ 。新封装除了性能卓越之外,体积也缩小了,降低了采购和生产成本,为肖特基整流器技术提供了最佳性价比。

飞利浦 SOD323F 的 MEGA 肖特基整流二极管系列第一批产品已经上市。

