



# 功率因数校正控制器 FAN7527 及应用电路

毛兴武<sup>1</sup>, 郑周<sup>2</sup>

(1.山东省临沂市电子工业公司, 山东 临沂 276004; 2.中国人民解放军信息工程学院, 河南 郑州 450004)

**摘要:** FAN7527 提供简易和高性能有源功率因数校正(PFC), 对需要最小 PCB 面积, 减少元件数量和低功率消耗的电子镇流器及高密度电源应用是最适宜的。本文介绍了 FAN7527 的功能、特点及应用电路。

**关键词:** 功率因数校正控制器; FAN7527; 镇流器电路

**中图分类号:** TN86 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-353X(2001)03-0004-05

## Power factor correction controller FAN7527 and its application circuit

MAO Xing-wu<sup>1</sup>, ZHENG Zhou<sup>2</sup>

(1. Shandong Province Linyi city Electronic Industry Corp, Linyi 276004, China; 2. University of Information Engineering PLA, Zhengzhou 450004, China)

**Abstract:** The FAN7527 provides simple and high performance active power factor correction. FAN7527 is optimized for the application of electronic ballast and low power, high density power supplies requiring a minimum PCB area, reduced component count and low power dissipation. This paper introduces the function and features as well as application circuit.

**Keywords:** power factor correction controller; FAN7527; ballast circuit

### 1 引言

美国 Fairchild 最近推出的功率因数校正(PFC)控制器 FAN7527, 与先前 8 脚封装的同类 IC 比较, 在设计及性能方面有许多改进和提高。内部新增加的 R/C 滤波器, 减少了应用时的外部元件。误差放大器及乘法器输出钳位改进了导通过冲特性与电流限制。内置专门电路能阻止无载失控情况发生, 输出驱动钳位电路抑制了功率 MOSFET 栅极驱动无关电压突峰, 从而大大地提高了系统可靠性。

### 2 内部结构及引脚功能

FAN7527 用 8 脚 DIP 和 8 脚 SOP 封装, 引脚排列如图 1 所示。

FAN7527 内部结构主要包含带欠电压封锁

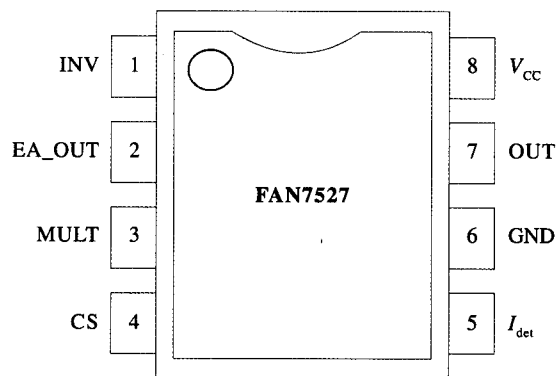


图 1 FAN7527 引脚排列

(UVLO)的内部电源、误差放大器、单象限乘法器、电流感测比较器、零电流检测器、过电压保护(OVP)电路、逻辑电路及输出驱动器等, 框图如图 2 所示。表 1 列出了 FAN7527 的引脚功能。

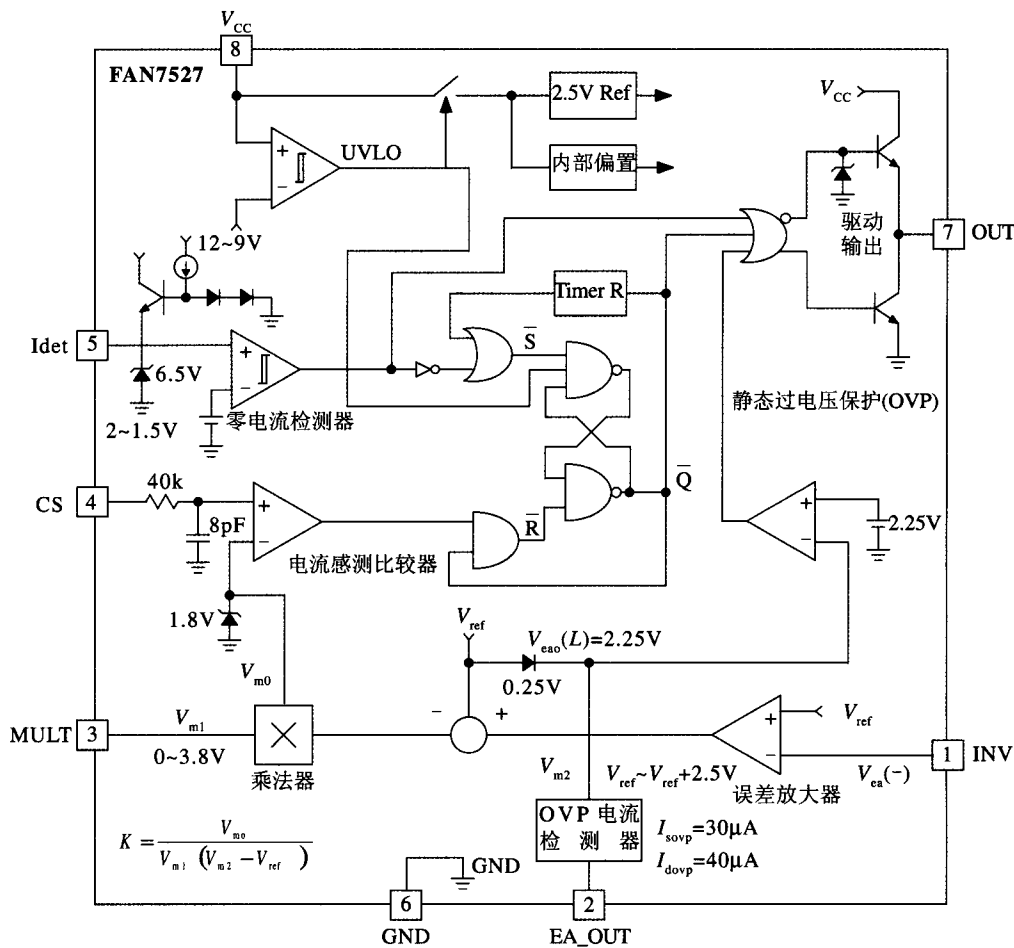


图2 FAN7527 内部结构框图

表1 引脚功能

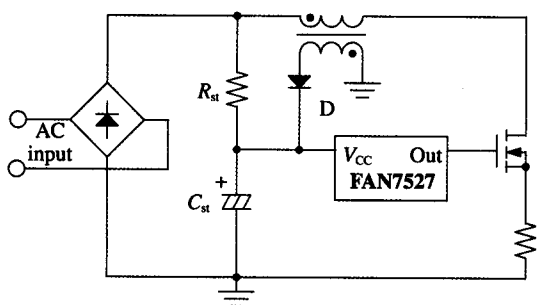
引脚号	引脚名称	功能描述
1	INV	电压反馈误差放大器反相输入
2	EA_OUT	误差放大器输出
3	MULT	乘法器输入
4	CS	电流感测输入
5	$I_{det}$	零电流检测输入
6	GND	地
7	OUT	驱动输出
8	$V_{CC}$	电源电压输入

### 3 工作原理

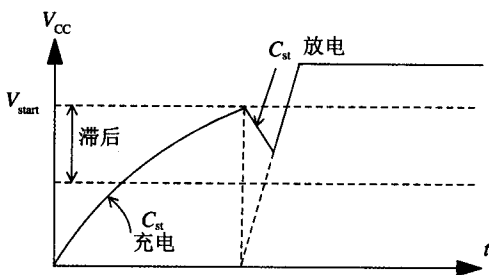
FAN7527是一种高性能临界传导电流模式PFC控制器，专门为用于带最少外部元件的离线(Off-Line)有源预变换器而设计。FAN7527各部分电路的功能与原理如下。

#### 3.1 启动操作

IC的启动电路及启动电容上的电压如图3所示。接通电源，流过启动电阻 $R_{st}$ 的电流对启动电容 $C_{st}$ 充电。当 $C_{st}$ 的充电电压达到启动门限（典型值为12V）后，IC导通，并驱动外部MOSFET开始开关。在IC导通后，由于工作电流增加使 $C_{st}$ 放电。在 $C_{st}$ 上电压因放电降至关闭门限（约9V）之前，PFC升压电感器辅助绕组感应电压经二极管 $DV_{CC}$ 整流和 $C_{st}$ 滤波，施加到 $V_{CC}$ 脚，使 $V_{CC}$ 升高到所需要的电平。IC启动电流不大于 $100\mu A$ ，工作电源电流（输出无开关时）不大于6mA。IC欠电压锁定（UVLO）带有较大滞后IC的低启动电流特征，可保证离线PFC预变换器在宽AC输入范围（90~265V）工作。



(a)



(b)

图3 (a)启动电路 (b)启动电容上的电压波形

### 3.2 误差放大器和过电压保护

图4示出了FAN7527的误差放大器和过电压比较器及相关电路。

PFC变换器DC输出电压经 $R_1$ 与 $R_2$ 、 $R_3$ 电阻分压器取样,通过误差放大器反相输入端监测,误差放大器同相输入端在内部连接 $2.5V(\pm 1.5\%)$ 的带隙参考。误差放大器输出连接乘法器,并在外部连接环路补偿元件( $C_{comp}$ )。环路带宽(BW)设定在 $20Hz$ 以下,致使放大器输出电压在给定的AC线路周期之内相对不变。事实上,误差放大器监视几个AC线路周期上面PFC变换器平均输出电压。误差放大器输入偏置电流(最大值为 $0.5\mu A$ )与 $R_1$ 乘积即为输出电压误差。

误差放大器输出电压受到过电压比较器监视。在IC启动初始阶段,负载突然去除或在输出产生电弧期间,误差放大器控制环路窄带宽特性会导致输出电压失控。当负载移开时,只要误差放大器输出摆幅低于 $1.8V$ ,过电压比较器则被触发,输出驱动器将关闭。

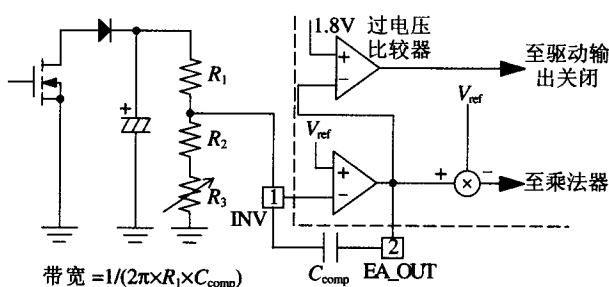


图4 误差放大器和过电压比较器

### 3.3 乘法器

图5为IC乘法器及其相关电路。单象限两输入乘法器能获得功率因数校正。乘法器在IC脚3上的输入 $V_{m1}$ ,连接用作检测AC线路电压的电阻分压器;乘法器在IC内的另一个输入,即为IC脚2上的误差放大器输出与参考电压之差( $V_{m2} - V_{ref}$ )。设乘法器增益为 $K$ ,其输出电压为:

$$V_{m0} = K \times V_{m1} \times (V_{m2} - V_{ref})$$

乘法器输出控制IC内部电流感测比较器在CS脚上的门限电压。随AC电压从零到峰值正弦地变动,迫使通过升压电感器的峰值电流紧紧跟踪AC线路正弦波电压的瞬时轨迹,从而使平均输入电流保持正弦波形且与AC输入电压趋于同相位,呈现纯电阻性负载,致使功率因数几乎等于1(达0.99以上)。

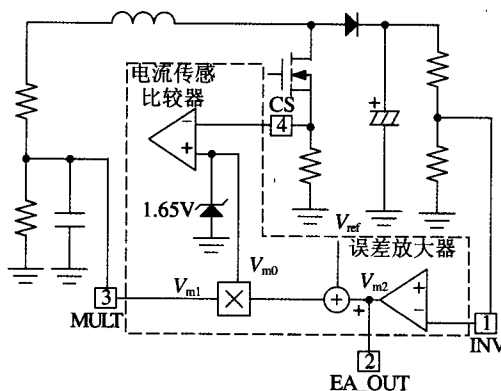


图5 乘法器及相关电路

### 3.4 电流感测比较器

FAN7527的电流感测电路如图6所示。流过

PFC 开关 (MOSFET) 的电流在感测电阻  $R_{sense}$  上转换为电压施加到脚 CS。只要  $V_{cs}$  超过电流感测比较器由乘法器输出设定的门限, 则停止对外部 MOSFET 的驱动并复位 PWM 锁存器。在常态下, 乘法器输出 ( $V_{mo}$ ) 控制峰值电感电流。电流感测比较器反相输入端被 1.65V 的齐纳二极管钳位, 峰值开关电流最大值被限制于:  $I_{pk(max)} = 1.65V / R_{sense}$ 。IC 内部的 R/C 滤波器省略了外部的 R/C 低通滤波网络, 从而减少了 IC 外部元件数量。电流感测比较器采用 RS 锁存器拓扑结构, 可以保证在给定的周期之内在驱动输出端仅有一个信号脉冲出现。

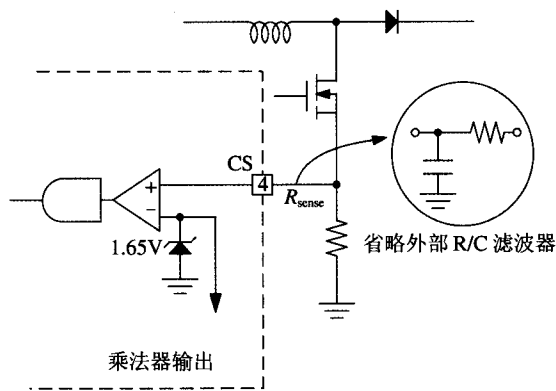


图6 电流感测电路

### 3.5 零电流检测器

FAN7527 作为临界传导模式控制器操作, 功率 MOSFET 利用零电流检测器导通, 并且在当峰值电感电流达到由乘法器输出设定的门限电平时关断。一旦电感电流沿向下的斜坡降至零电平, IC 的零电流检测器通过连接于脚 5 上的电感器副绕组电压极性的反转进行检测, IC 脚 7 产生输出, 驱动外部 MOSFET 又开始导通。当电感电流沿向上的斜坡从零增加到峰值之后, MOSFET 则开始关断。直到电感电流降至零电平之前, MOSFET 一直截止。在电感电流达到零后, 如果驱动输出截止时间多于 300 $\mu$ s, IC 内的定时器能自动或重新启动 PFC 升压变换器。

在 IC 脚  $I_{det}$  内部设计有钳位保护电路。为防止  $I_{det}$  脚突然与地短路, 内部一支限流电阻能保护低钳位晶体管。

### 3.6 驱动输出

FAN7527 包含带高电平钳位的图腾 (推挽式) 输出级, 用作直接驱动外部的功率 MOSFET。IC 的驱动输出峰值电流容量是 0.5A, 上升与下降时间分别为 130ns 和 50ns。

## 4 典型应用

FAN7527 适合于用作电子镇流器和开关电源的功率因数校正。用 FAN7527 作为 PFC 控制器的 32W 双管荧光灯电子镇流器电路如图 7 所示。

在图 7 所示的电子镇流器电路中,  $C_1 \sim C_4$  和  $L_1$  组成 EMI 滤波器,  $D_1 \sim D_4$  为桥式整流器, FAN7527 及外部元件组成 PFC 升压变换器, FAN7541 及  $T_1$ 、 $Q_2$  和  $Q_3$  等组成镇流器控制和半桥式逆变器电路。

在以 FAN7527 为中心的有源 PFC 升压变换器电路中,  $C_5$  (0.1 $\mu$ F) 用作高频噪声滤波, 输入电压及 PFC 升压变换器 DC 输出电压分别经过  $R_1$  与  $R_2$ 、 $R_8$  与  $R_9$  组成的电阻分压器取样, 并通过 FAN7527 脚 3 及脚 1 检测。通过升压电感器  $L_2$  的电流, 被副绕组感测并经 FAN7527 脚 5 被内部零电流检测器检测。流经  $Q_1$  源极电阻  $R_7$  的电流转换成电压信号, 经 FAN7527 脚 4 施加到内部电流感测比较器的同相输入端。当 IC 脚 7 上的输出驱动  $Q_1$  导通时, 二极管  $D_5$  截止, 通过  $L_2$  的电流全部流过  $Q_1$ 。当  $Q_1$  截止时,  $L_2$  中的贮能使  $D_5$  正偏而导通。由于 FAN7527 的控制结果, 使 AC 输入电流保持连续, 桥式整流二极管导通角几乎为 180°, 从而在桥式整流器输入端产生与 AC 输入电压保持同相位的正弦波 AC 输入电流, 导致线路功率因数几乎等于 1。与此同时, 当 AC 输入电压从 90~265V 变化时, 可在  $C_9$  两端产生 400V 稳定的 DC 输入电压。因此, PFC 升压变换器实际上是一种有源高功率因数开关电源。

FAN7541 脚 1 上的电容  $C_{11}$  用作软启动, 脚 2 上的电容  $C_{12}$  (180PF) 与脚 3 上的电阻  $R_{13}$  (22k $\Omega$ ) 为振荡器定时元件,  $R_{12}$  与  $C_{10}$  为脚 8 ( $V_{CC}$ ) 启动元件,  $C_4$  与  $D_7$ 、 $D_8$  和  $C_{10}$  组成 IC 脚  $V_{CC}$  电荷泵电路, IC 脚 4 连接灯检测网络, 在灯未接入或灯脱落等故障情况下, 经 IC 脚 4 检测使内部保护电路

启动, IC 脚 6 与脚 7 上的驱动器输出截止,  $Q_2$  和  $Q_3$  停止开关。

在 FAN7541 启动之后, 先输出高频对灯丝预热, 尔后频率下降, 引起  $L_3$ 、 $C_{15}$  和  $L_4$ 、 $C_{16}$  发生串联谐振, 分别在  $C_{15}$ 、 $C_{16}$  两端产生的  $1500V_{pp}$  的高压使灯引燃。在灯点燃期间, 镇流器输出频率保持在比较热和引燃频率都低的工作频率 (约  $43kHz$ ) 上。

主要元件选取如下:  $Q_1 \sim Q_3$  选用 SKP6N50 ( $500V$ ,  $6A$ ),  $L_1=80mH$ ,  $L_2=1.2mH$  ( $100T: 7T$ ),  $L_3=L_4=3.1mH$ ,  $T_1=1.2mH$  ( $35T: 24T: 24T$ )。在 PFC 升压变换器电路中,  $R_1=2.2M\Omega$ ,  $R_2=12M\Omega$ ,  $R_8=1.2M\Omega$ ,  $R_9=10k\Omega$  (可调),  $R_3=150k\Omega$ ,  $R_7=1\Omega/1W$ ,  $C_9=47\mu F$ ,  $1500V$ ,  $D_6$  选用 IN4148,  $D_5$  选用 BYV26C ( $25ns$ )。

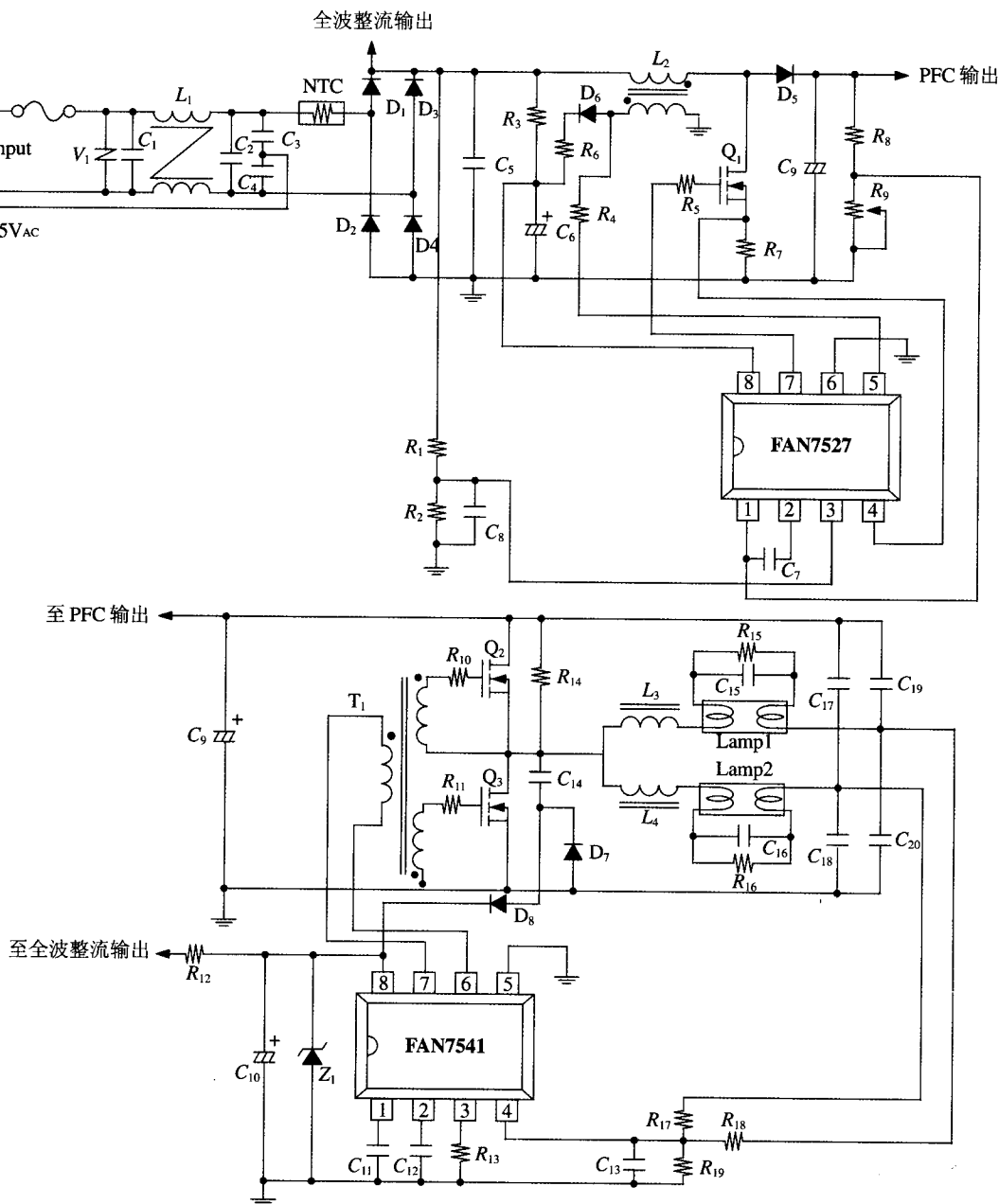


图 7 用 FAN7527 作为 PFC 控制器的 32W 双管荧光灯电子镇流器电路