

---

## 产品概述 (General Description)

- ◆ WT5533F 是一款驱动 SiC 功率管的原边反馈 AC-DC 控制芯片，输出具有恒压、恒流两个模式。芯片专为驱动 SiC 功率管设计，并采用恒流驱动技术，有效地减小 EMI；谐振谷底开启模式有助于进一步提高效率，减小 EMI；芯片内置了峰值电流补偿，使得在全电压/负载范围内都能提供精准的恒流控制。
- ◆ WT5533F 提供外部可编程的 cable 线的线损补偿，方便系统设计。
- ◆ WT5533F 采用 PWM+PFM 相结合的模式，随着负载下降，工作频率和 CS 峰值都会下降，使系统在各个负载段都保持较高的转换效率，同时最大限度避免音频噪声。
- ◆ WT5533F 提供全面的保护功能，包括 VCC 过压保护，输出过压保护，输出欠压保护，次边肖特基短路保护，CS/FB 引脚开/短路保护，过温保护等。

## 主要特点 (Features)

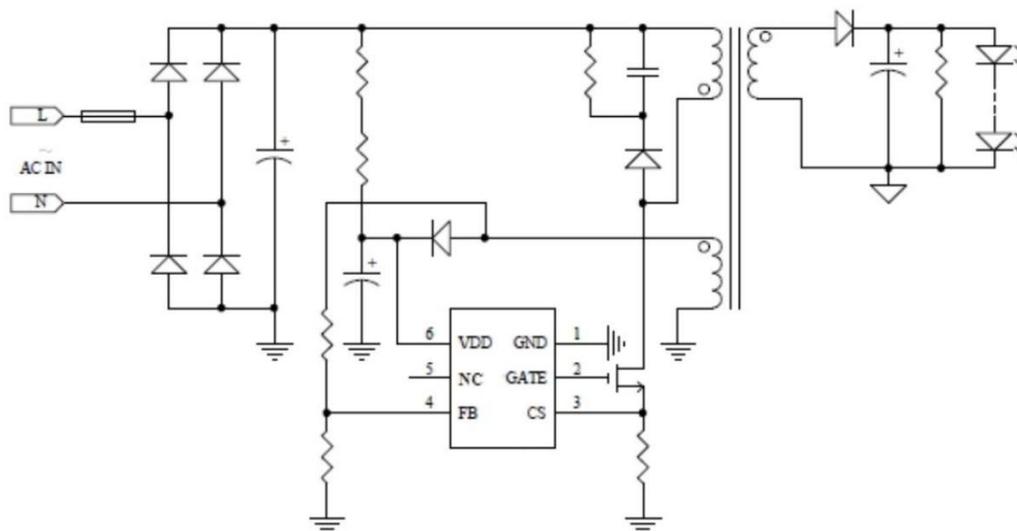
- ◆ GATE 驱动钳位 18V，VCC < 18V 时 GATE = VCC
- ◆ VCC 工作范围 13.2V-34V
- ◆ 推荐最高工作频率 130KHz
- ◆ 低启动电流 < 5uA
- ◆ 高效率、低待机 (能效六 / 75mw)
- ◆ 内置前沿消隐
- ◆ 频率抖动
- ◆ 逐周期限流保护
- ◆ VCC 欠压锁定和过压保护
- ◆  $\pm 5\%$  CC、CV 精度
- ◆ 良好的动态特性
- ◆ 输出过压/欠压保护
- ◆ FB/CS 引脚开/短路保护
- ◆ 过温保护
- ◆ 次边肖特基二极管短路保护
- ◆ 恒流源驱动技术
- ◆ 外部可编程的 cable 补偿
- ◆ 内置线电压补偿，提高恒流精度

◆提供 SOT23-6L 封装

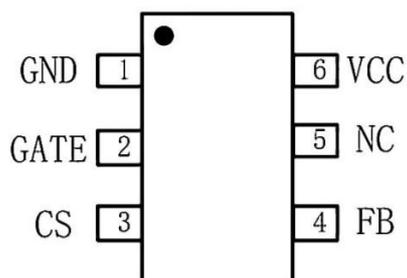
## 应用领域 (Application)

◆100W 以下充电器、适配器

## 典型应用图 (Typical Application Circuit)



## 引脚定义 (Pin Configuration)



## 引脚描述 (Pin Description)

SOT23-6L PACKAGE		
引脚名称	引脚编号	引脚描述
GND	1	芯片地
GATE	2	芯片驱动引脚, 用于驱动外部功率管
CS	3	电流采样
FB	4	芯片输出电压反馈脚
NC	5	悬空脚
VCC	6	芯片供电电源

### 订购信息 (Ordering Information)

采购器件名称	封装形式	包装	最小包装数量
WT5533F	SOT23-6	盘装	3000PCS

### 极限参数 (Absolute Maximum Ratings)

参数 (Parameter)	极限值 (Extreme)	单位 (Unit)
VCC/芯片 DC 供电电压	35	V
V <sub>FB</sub> /FB 引脚电压	-0.3 ~ 6	V
V <sub>CS</sub> /CS 引脚电压	-0.3 ~ 6	V
V <sub>GATE</sub> /GATE 引脚电压	-0.3 ~ 20	V
T <sub>J</sub> /工作结温	150	°C
T <sub>STG</sub> /储存温度	-65~+150	°C

### 电气特性参数 (Electrical Characteristics)

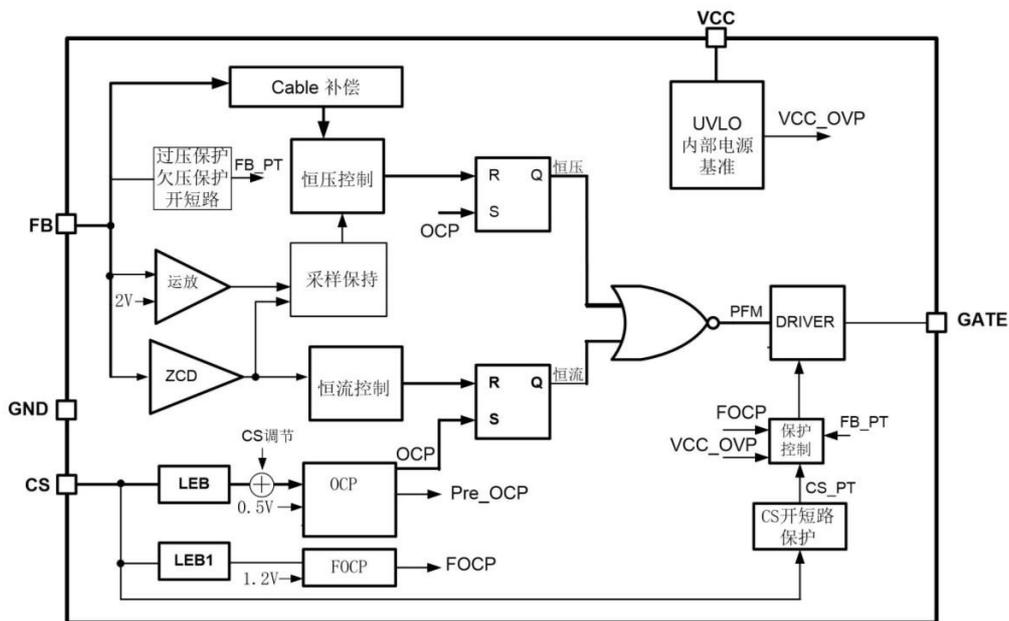
条件: VCC=18V, T=25°C. (除非特别注明)

符号	参数	条件	最小	典型	最大	单位
启动部分						
开启电压	UVLO_on		19	20.2	21.5	V
欠压保护阈值	UVLO_off		12.2	13.2	14.2	V
VCC 过压保护	VCC_OVP		32	34	36	V
启动电流	I <sub>start</sub>	VCC=V <sub>stu</sub> -0.5V		2	5	uA
静态电流	I <sub>vcc</sub>	无脉冲时		450		uA
电流采样部分						
CS 关断阈值	V <sub>ocp</sub>		485	500	515	mV
CS 最低阈值	V <sub>ocp_min</sub>	轻载		200		mV
肖特基短路阈值	FOCP			1.2		V
前沿消隐时间	T <sub>leb</sub>			350		ns
前沿消隐时间 2	T <sub>leb2</sub>	FOCP 消隐时间		150		ns
最大关断时间	T <sub>off_max</sub>			3		ms
transient 过渡阶段				0.3		ms
过渡持续时间	T <sub>mid</sub>			10		ms
反馈部分						
FB 基准电压	V <sub>fb</sub>	CP 可选	1.95	2.0	2.05	V

输出过压保护	FB_OVP	FB 基准的倍数		1.25		
输出欠压保护	FB_OLP	FB 基准的倍数 <u>Vout</u> 上升		0.5		
输出欠压保护迟滞		FB 基准的倍数 <u>Vout</u> 下降		0.4		
输出过压保护延时	TD_OVP	连续 3 周期		3		CLK
输出欠压保护延时	TD_OLP			72		ms
Cable 补偿最大电流	lcable_max	空载时 FB 脚流出电流		65		uA
过零侦测阈值	Vzcd			25		mv
Source 电流				30		mA
Sink 电流				400		mA
GATE 高电平钳位				18		V
温度部分						
过温保护	Totp	关断		150		°C
过温保护恢复	Totp1	重启		120		°C

注：FB 参考电压分两档 CP 可选，2.0V 和 2.5V。

### 电路内部结构框图 (Functional Block Diagram)



## 功能描述 (Functional Description)

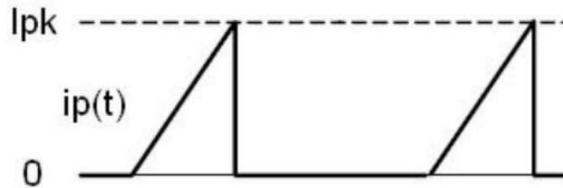
### 1、启动电路和欠压锁定

开始时，电路由高压直流母线通过启动电阻对 VCC 脚的电容充电，此时芯片耗电极小 (<5uA)，当 VCC 充到 20.2V，电路开始工作。电路正常工作以后，电路的供电主要由辅助绕组提供，若工作过程中 VCC 端电压低于 13.2V，控制电路将关闭输出，又开始新一轮的重启过程。

### 2、恒定的原边峰值电流

系统通过一个电流采样电阻  $R_{cs}$  进行原边电流  $i_p(t)$  的采样，当功率管打开时，电流线性上升，满足下式：

$$\frac{di_p(t)}{dt} = \frac{V_g(t)}{L_m}, \quad L_m \text{ 为原边的电感量。}$$



原边电流波形

(1) 如上图所示，当  $i_p(t)$  上升到  $I_{pk}$  时，功率管关闭，恒定的峰值电流为： $I_{pk} = \frac{V_{cs}}{R_{cs}}$

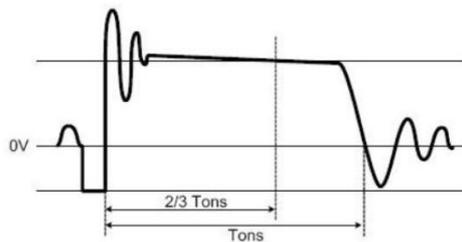
(2)  $V_{cs}$  最高为 0.5V，会随着负载下降而下降；在单个周期内存储在原边电感中的能量为： $E_g = \frac{1}{2} \times L_m \times I_{pk}^2$

(3) 因此能够从输入传到输出的功率为： $P = \frac{1}{2} \times L_m \times I_{pk}^2 \times f_{sw}$

(4)  $f_{sw}$  为开关频率，当  $I_{pk}$  恒定时，输出功率取决于开关频率。

### 3、恒压 (CV) 模式

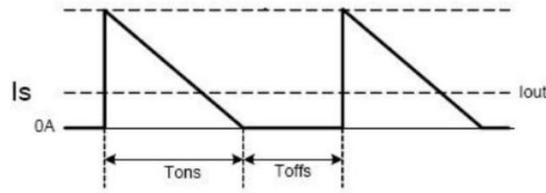
在恒压模式中，WT5533F 通过检测 FB 端的电压来进行调节，使系统的输出电压恒定。当功率管关闭时，辅助端和次级的电压满足： $\frac{V_{aux}}{N_{aux}} = \frac{V_s}{N_s}$  而  $V_s = V_o + V_d$  则  $V_{aux} = \frac{N_{aux}}{N_s} \cdot (V_o + V_d)$ ， $V_d$  是次边二极管的正向导通压降，而  $V_{aux} = V_{FB} \cdot (1 + R_{up} / R_L)$ ，因此通过检测  $V_{FB}$  使得恒定在 2.0V，则输出也就恒定了。



辅助端电压波形

次级电压与输出电压相差一个二极管压降，而这个压降的大小取决于流过二极管的电流，如果每次采样时流过二极管的电流相等，则二极管的压降也是恒定的，因此在次边消磁时间的 2/3 时进行电压的采样，采样后通过调节二极管关的时间来调节输出电压，使其恒定。

## 4、恒流 (CC) 模式



次边的电流波形

在 CC 模式下, CS 为最大值 0.5V, CC 环路的控制是通过次边消磁时间  $T_{ons}$  和周期  $T$  在一个固定的比例完成的,

其比例为:  $\frac{T_{ons}}{T_{offs}} = \frac{0.53}{0.47}$ , 则  $\frac{T_{ons}}{T} = \frac{0.53}{1}$

而输出电流  $I_{out}$  与次级峰值电流  $I_{pks}$  的关系为:  $I_{out} = \frac{1}{2} \times I_{pks} \times \frac{T_{ons}}{T} = 0.265 \times I_{pks}$ ,  $I_{pks} = \frac{N_p}{N_s} \times I_{pk}$ ,

因此输出电流为:  $I_{out} = 0.265 \times \frac{N_p}{N_s} \times I_{pk}$

## 5、驱动

WT5533F 的驱动钳位在 18V, 当  $V_{CC} < 18V$  时, 驱动电压 = VCC 电压。在米勒平台期间 source 驱动电流 30mA (一般维持时间约 250-300ns), 米勒平台过后 source 驱动电流立即上升到 100mA, sink 电流为 400mA。

## 6、Cable 补偿

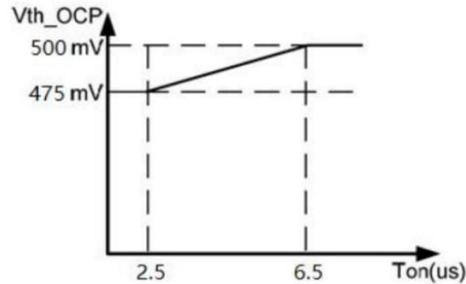
WT5533F 在负载越大, 芯片内部会从 FB 引脚流出来的电流越小 (电流最小值为 0uA, 发生在 CC/CV 临界处, 电流最大值为 68uA, 发生在空载时), 通过反馈环路使得输出电压也越高。通过改变 FB 分压电阻的阻值, 可以对 Cable 补偿的量进行调节, 阻值越大, 补偿量越大。

芯片内部基准为 2V, 运放增益为 17.15 倍, 运放输出  $comp = 18.14 \times FB - 34.28$ , 在满载时  $comp = 1.1V$ , 在空载时频率 670Hz 时,  $comp = 2.7V$ , 也就是在全负载范围内  $comp$  变化范围大约 1.1V-2.7V, 那么 FB 对应为 1.95V (满载) 和 2.04V (空载), 也就是说, 如果没有 cable 补偿, 空载输出电压是满载输出电压的  $2.04/1.95 = 1.046$  倍, 即空载电压比满载电压高 4.6%。

Cable 补偿不但要补掉这天生的 4.6% 的负载调整率, 而且还要补掉 cable 的损耗, 假如 cable 线电阻的损耗是 4%, 那么 cable 补偿要达到 8.6% 才够。

## 7、Line 补偿

为了使系统在 90-264VAC 范围内都有良好的恒流 (CC) 精度, WT5533F 内置了线电压补偿, 使得线电压越高, 实际的过流保护 (OCP) 阈值越低。Line 补偿示意图如下:



## 8、前沿消隐 (LEB)

当功率管打开时, 在采样电阻上将会产生一个尖峰脉冲, 为了防止产生误关断, 内部带有 350ns 前沿消隐功能, 限流比较器在消隐期间被禁止而无法关断外部功率管。

## 9、VCC 过压保护和钳位

当 VCC 电压达到 34V 时, WT5533F 芯片会关闭输出脉冲, 进入自动重启模式, 直到异常解除。

## 10、输出过压保护

当输出电压过高使得  $FB > 1.25$  倍基准参考电压 (连续出现 6 个开关周期) 时, 芯片会进入过压保护状态, 关闭脉冲, 进入自动重启。

## 11、输出欠压保护

芯片启动后, 如果连续 64ms 时间内, FB 电压均低于 50% 参考电压, 则会发生保护, 进入自动重启; 如果启动后输出电压达到设定值, 则保护阈值调整为 40% 参考电压, 此后只有输出电压下降到使得 FB 采样电压连续 64ms 低于 40% 参考电压, 芯片才会触发保护。

## 12、FB/CS 开短路保护

当 FB 上下电阻开短路或者 CS 电阻开短路时, 芯片会发生保护。芯片上电后的第一个脉冲, CS 峰值被限定在 200mv, 最大原边导通时间  $tonp\_max$  被限定在 5us; 当 CS 电阻短路时, 第一个脉冲将由  $tonp\_max$  关断, 只要芯片检测到第一个脉冲是由  $tonp\_max$  关断的, 立即触发保护, 进入自动重启。

需要注意的是, 系统设计时必须保证在最低线电压时, 正常工作 ( $CS=500mv$ ) 时的原边导通时间小于 12.5us, 否则可能误触发 CS 短路保护。

## 13、OTP

当结温达到 150 度时, 芯片发生 OTP 保护, 进入自动重启模式, 当结温低于 120 度时芯片才再次发出脉冲。

---

#### 14、次边肖特基短路 (FOCP)

当次边肖特基短路或者变压器饱和时，会导致 CS 峰值的快速上升，当芯片侦测到 CS 峰值大于 1.2V 时，且连续发生 7 个周期时，芯片会关闭输出脉冲，进入自动重启。需要注意的是这里的前沿消隐时间为 200ns。

#### 15、CS 随负载变化

当系统工作于重载时，CS 阈值为 500mv，随着负载下降，频率会开始下降，当频率下降到 35KHz 时，随着负载继续下降，频率和 CS 峰值同时随负载下降而下降，CS 峰值最低降到 200mv，此后如果负载继续下降，则频率继续下降；这样既有利于保持高效率和低待机功耗，又能最大限度避免音频噪声。

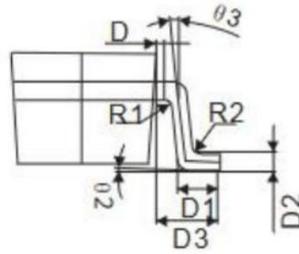
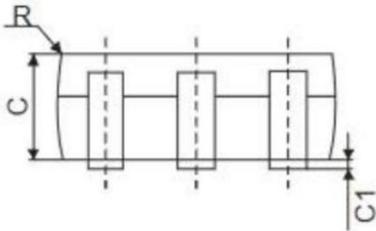
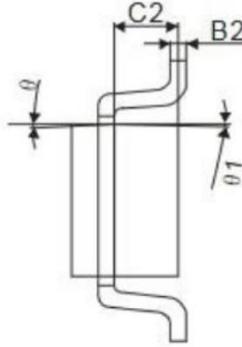
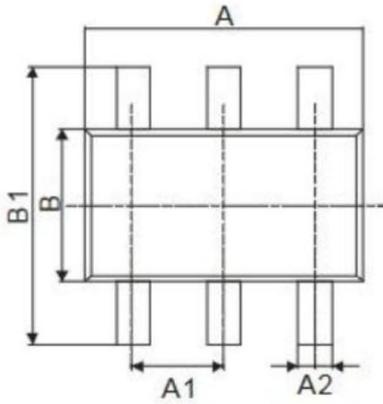
#### 16、最高工作频率

芯片 FB 采样屏蔽时间在 CS 最高 (500mv) 时设定为 2.2us，在 CS 最低 (190mv) 时设定为 0.95us，为了留有余量，CS 最低时，消磁时间建议 1.4us 以上，那么 CS 最高时，消磁时间建议 3.7us 以上，根据恒流时消磁时间  $T_{ons}/T=0.5$  计算，则  $T>7.4us$ ，也就是芯片最高频率推荐 130KHz。

## 外观尺寸 (Package Outline)

SOT23-6L

(unit:mm)



Symbol	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	2.72	3.12	0.107	0.123
B	1.40	1.80	0.055	0.071
C	1.00	1.20	0.039	0.047
A1	0.90	1.00	0.035	0.039
A2	0.30	0.50	0.012	0.020
B1	2.60	3.00	0.102	0.118
B2	0.119	0.135	0.005	0.005
C1	0.03	0.15	0.001	0.006
C2	0.55	0.75	0.022	0.030
D	0.03	0.13	0.001	0.005
D1	0.30	0.60	0.012	0.024
D2	0.25TYP		0.01TYP	
D3	0.60	0.70	0.024	0.028