

原边控制恒压/恒流AC/DC控制电路

概述

SP2705F 是一款性能优异的原边反馈控制电路，应用于低成本小功率 AC/DC 充电器与适配器。

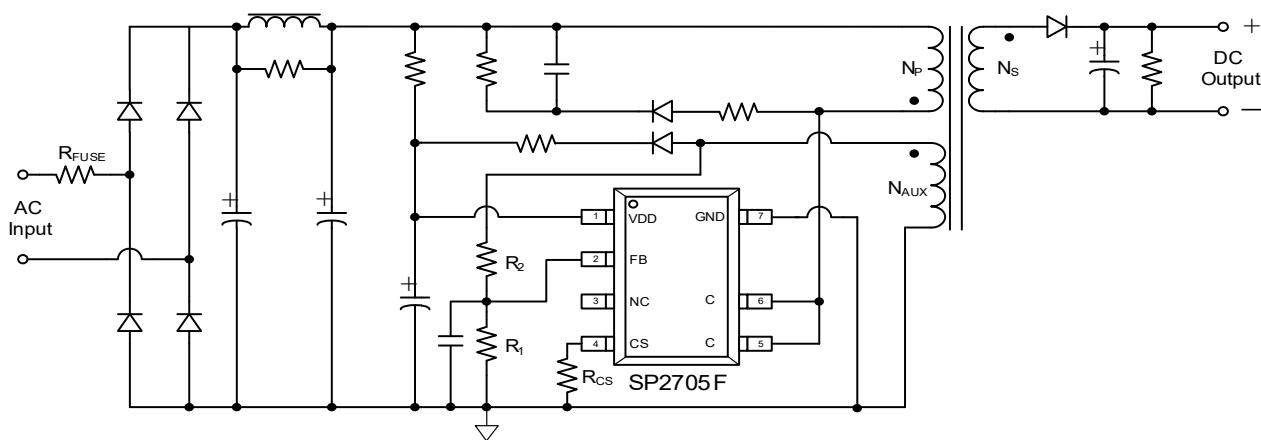
SP2705F 非常适合低成本应用方案，内置环路补偿，无需外置补偿电容；采用原边反馈控制，无需光耦和 TL431。

SP2705F 具有精准的恒压、恒流控制功能，在恒流模式下，输出电流可由 CS 引脚外接的采样电阻 R_{CS} 设定。在恒压模式下，芯片具有多种工作模式，可以保证较高的转换效率。集成输出线缆压降补偿功能实现良好的负载调节。在恒流模式下，工作于 PFM 状态，在恒压模式下，工作于 PWM+PFM+QR 状态，轻载时工作在 PFM 模式，实现芯片待机功耗小于 75mW，满足严苛的欧盟 CoC V5 能效标准。

SP2705F 提供多种保护功能，包括逐周期限流保护 (OCP)，VDD 过压保护，VDD 欠压保护 (UVLO)，VDD 过压钳位保护，交流输入欠压保护 (Brown-out)，交流输入过压保护 (Line-OVP)，输出电压启动过冲保护，输出短路保护，过温保护 (OTP) 保护等。

SP2705F 采用 SOP7 无铅封装。

应用简图



特点

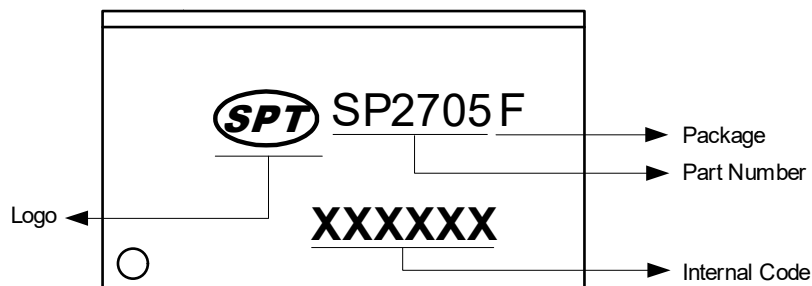
- 原边反馈控制，无需光耦与 TL431
- 内置 800V BJT 功率管，适应高电网电压使用环境
- 全电压范围内 $\pm 5\%$ 的恒压和恒流精度
- 待机功耗低于 75mW，满足六级能效标准
- PWM+PFM 多模式工作，集成 QR 准谐振功能，提高转换效率
- 集成交流输入欠压保护和过压保护功能
- 在恒压模式下，集成输出线缆压降补偿功能
- 内置环路补偿，不需要外置补偿电容
- 集成全面的保护功能：VDD 过压保护、VDD 过压钳位保护，VDD 欠压保护、逐周期限流保护、输入电压过压/欠压保护、输出短路保护、输出电压启动过冲保护、过温保护。

应用范围

- 手机充电器，机顶盒电源，电池充电器
- 小功率电源适配器
- 替代线性电源

产品信息

产品型号	封装	打印名称	包装
SP2705F	SOP7、无铅	SP2705F	3K/盘



极限参数

符号	描述	范围	单位
V_{CBO}	功率 BJT 耐压	>800	V
VDD	电源电压	-0.3 ~ 35	V
V_{FB} 、 V_{CS}	CS,FB 引脚电压	-0.3~6	V
T_J	工作结温范围	-40 ~ 150	°C
$T_{STORAGE}$	存储温度范围	-65 ~ 150	°C
T_W	工作温度范围	-40 ~ 85	°C
T_{LEAD}	焊接温度（焊锡，10 秒）	260	°C

注：超出上述“极限参数”可能对器件造成永久性损坏。工作条件在极限参数规范内可以工作，但不保证其特性。器件长时间工作在极限条件下，可能影响器件的可靠性及寿命。

封装热损率

产品封装	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
SOP7	130	50

推荐工作条件

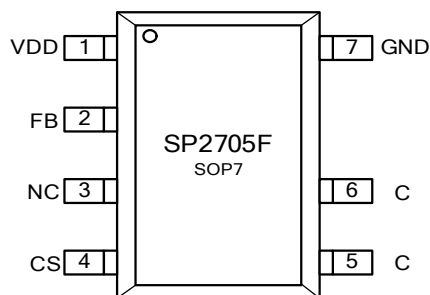
符号	描述	范围	单位
VDD	VDD 引脚电压	8~22	V

输出功率

电路型号	85Vac~264Vac	
	密闭空间	开放空间
SP2705F	5W	6W

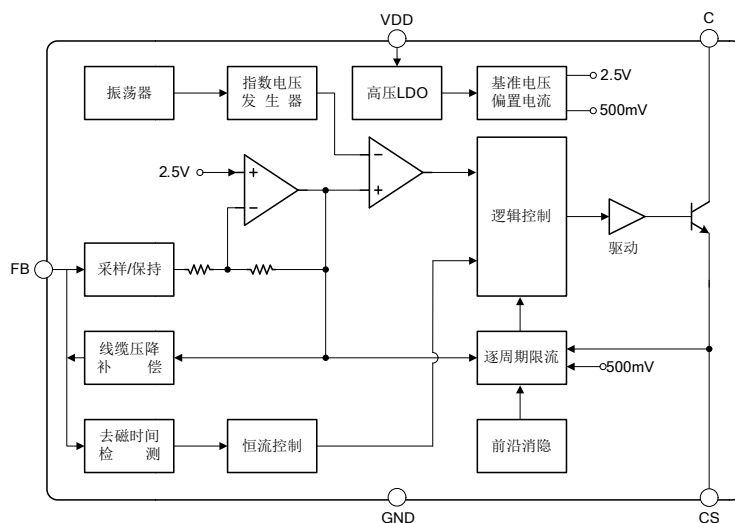
注：环境温度不高于 50℃，且 C 脚有较大面积覆铜改善散热。

引脚定义



序号	名称	功能
1	VDD	电源
2	FB	输出电压反馈输入脚
3	NC	空脚
4	CS	电流取样脚
5,6	C	功率 BJT 集电极脚
7	GND	地

IC 内部框图

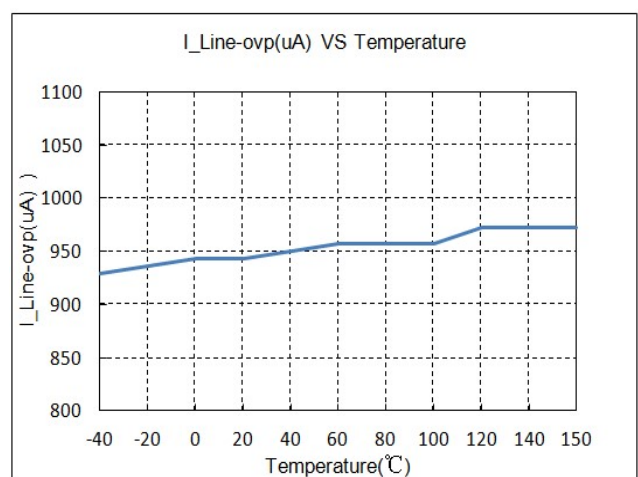
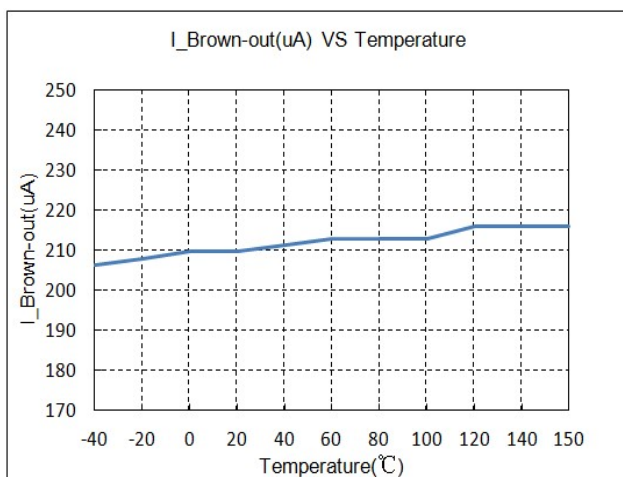
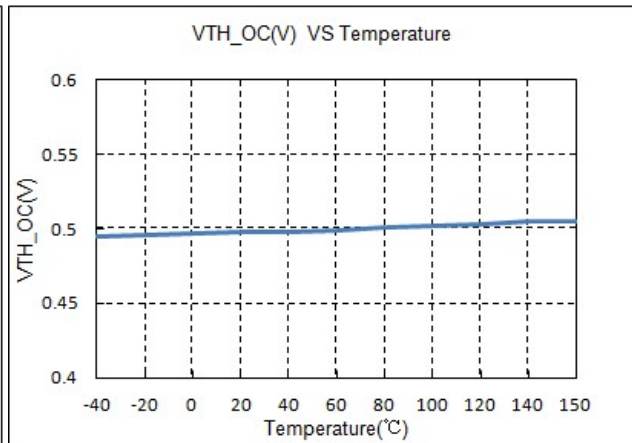
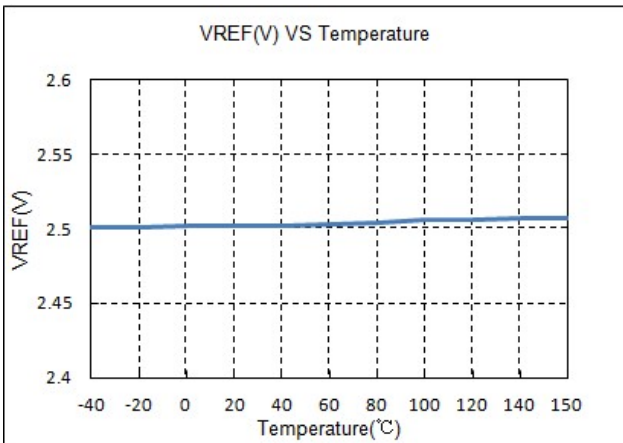
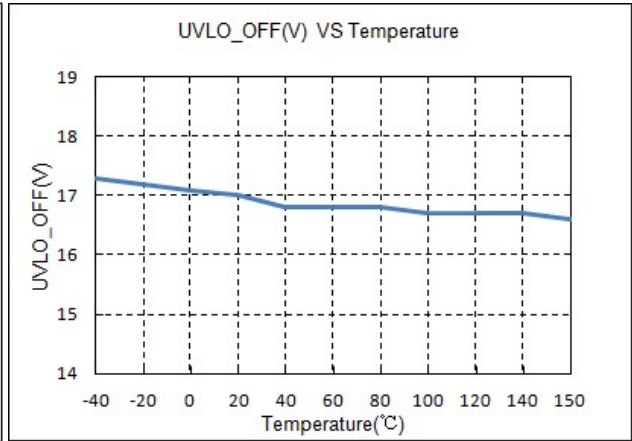
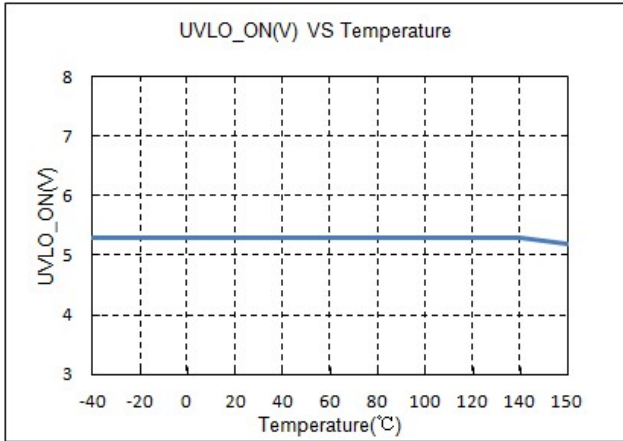


电气参数

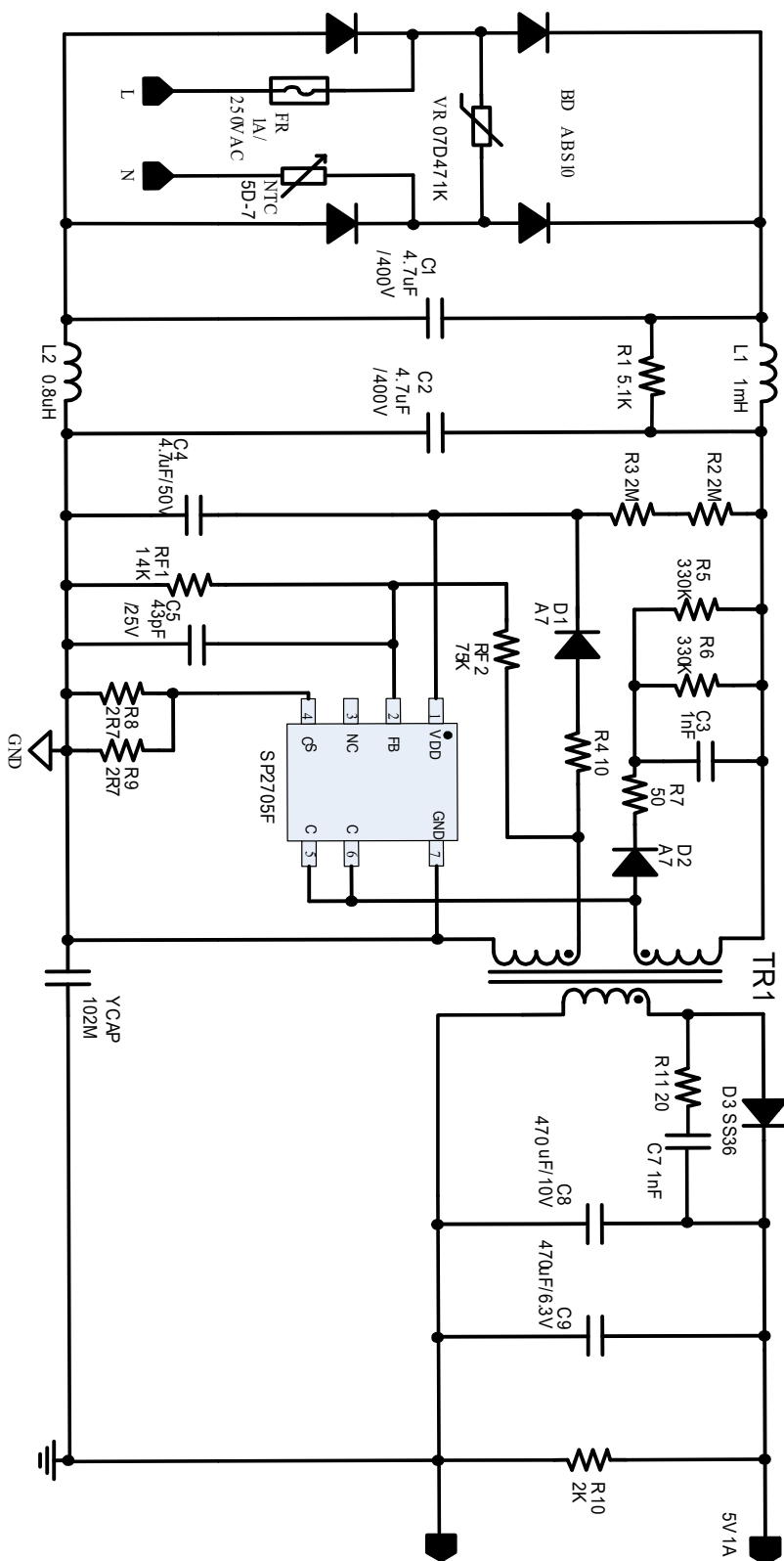
(除非特别声明，测试条件是：环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，电源电压 $V_{DD}=18\text{V}$ 。)

符号	描述	条件	范围			单位
			最小	典型	最大	
电源脚 (VDD)						
I_{Startup}	启动电流	$V_{DD}=\text{UVLO}(\text{OFF})-1\text{V}$		3	5	μA
I_{OP}	工作电流			1	2	mA
$\text{UVLO}(\text{OFF})$	启动电压	VDD 电压上升至 IC 工作	15	17	19	V
$\text{UVLO}(\text{ON})$	欠压保护	VDD 电压下降至 IC 关闭	5	5.5	6	V
V_{DD_OVP}	过压保护		27	28	29	V
V_{DD_Clamp}	过压钳位			33		V
电流采样输入脚 (CS)						
T_{LEB}	前沿消隐时间			330		ns
$V_{\text{TH_OC}}$	CS 引过流保护阈值		485	500	515	mV
$V_{\text{TH_OC_MIN}}$	CS 引脚最小阈值			200		mV
$T_{\text{ON_MAX}}$	最大导通时间			40		μs
反馈电压输入脚 (FB)						
$V_{\text{FB_REF}}$	误差放大器基准电压		2.475	2.50	2.525	V
F_{MIN}	最低频率		400	500	600	Hz
F_{MAX}	最高频率		70	-	-	KHz
$I_{\text{CABLE_MAX}}$	最大线缆压降补偿电流			23		μA
$I_{\text{BROWN-OUT}}$	输入欠压保护电流			212		μA
$T_{\text{D_BO}}$	输入欠压保护去抖时间			40		ms
$I_{\text{LINE-OVP}}$	输入过压保护电流			956		μA
$T_{\text{D_LINE-OVP}}$	输入过压保护去抖时间			120		ms
V_{OVP}	输出过压保护阈值			3.2		V
功率 BJT 参数						
V_{CBO}	集电极-基极击穿电压		800			V
V_{CEO}	集电极-发射极击穿电压		500			V
I_{C}	集电极电流				1	A
过温保护 (OTP)						
T_{OTP}	过温保护点			150		$^{\circ}\text{C}$
$T_{\text{OTP_REC}}$	过温保护恢复			125		$^{\circ}\text{C}$

典型温度特性曲线

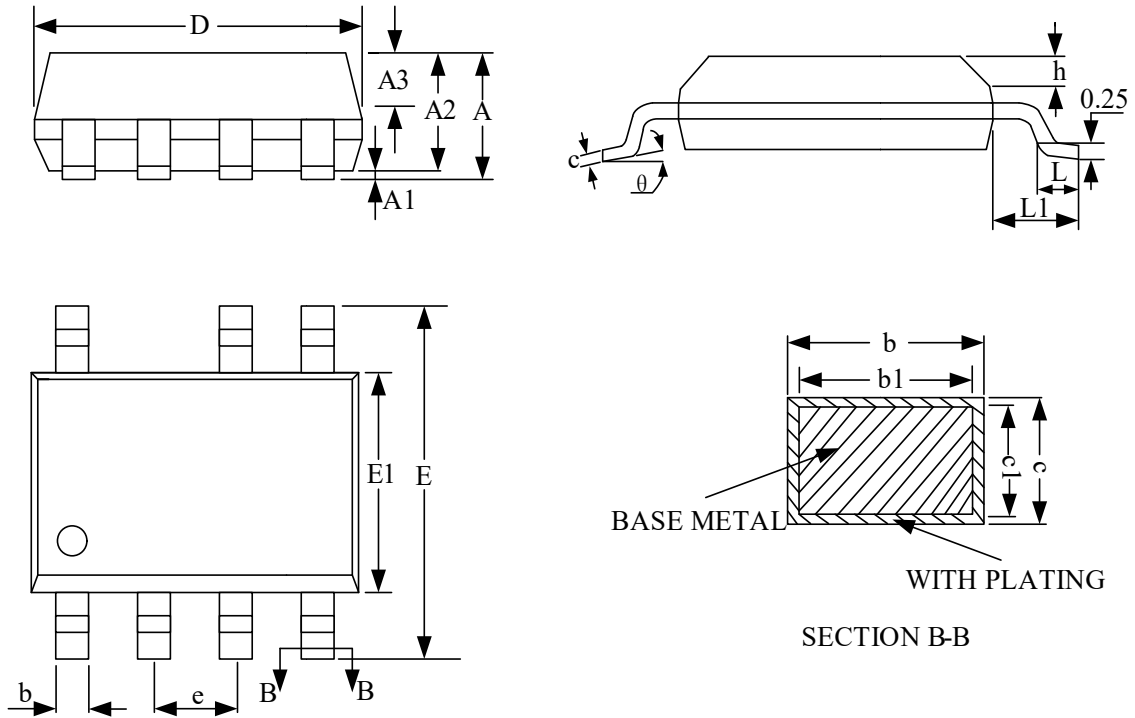


典型应用图



封装外形

SOP7



符号	毫米			符号	毫米		
	最小值	经典值	最大值		最小	经典值	最大值
A	-	-	1.75	D	4.70	4.90	5.10
A1	0.10	-	0.25	E	5.80	6.00	6.20
A2	1.30	1.40	1.60	E1	3.70	3.90	4.10
A3	0.60	0.65	0.70	e	1.27BSC		
b	0.39	-	0.48	h	0.25	-	0.50
b1	0.38	0.41	0.43	L	0.50	-	0.80
c	0.20	-	0.24	L1	1.05BSC		
c1	0.19	0.20	0.21	θ	0	-	8°

使用说明

SP2705F 是一款性能优异的原边反馈 AC/DC 控制电路，非常适用于低成本、离线式、小功率 AC/DC 充电器与适配器。芯片内置高精度恒流和恒压控制电路，可以在十分精简的外围条件下高精度地实现恒流和恒压控制。芯片通过原边采样来进行输出电压的调整，因此可以节省光耦与 TL431。

◆ 启动控制和启动电流

SP2705F 典型的启动电流是 $3\mu\text{A}$ 。当 IC 的 VDD 脚电位低于开启电压时，高压侧通过启动电阻为 VDD 节点电容充电以启动 IC，由于启动电流很小，可以使用一个高阻值的小功率启动电阻（典型值 $4\text{M}\Omega$ ），一方面保证 IC 能够快速启动，另一方面可以降低待机功耗。

◆ 工作电流

SP2705F 的工作电流低至 1mA ，所以应用中可以实现小于 75mW 的待机功耗和较高的工作效率。

◆ 恒流/恒压模式

SP2705F 具有 $\pm 5\%$ 的恒压和恒流精度，如下图 1 所示

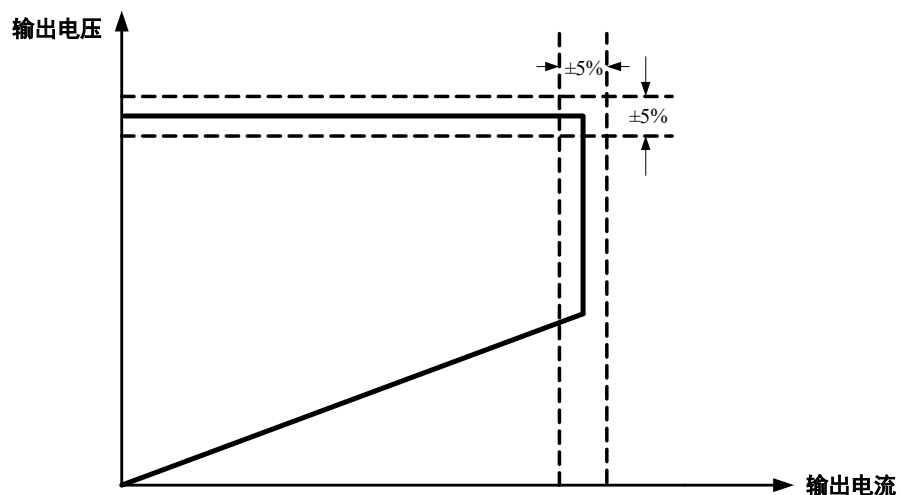


图 1 典型的 CC / CV 曲线

在手机充电器和电源适配器的应用中，系统工作在恒压模式。在电池充电器应用中，未充电的电池首先在恒流状态下进行充电，当电池将要充满时，转换为恒压模式。

恒流模式下，系统限定了输出电流，并且不论输出电压如何下降，系统确保输出电流恒定。恒压模式下，系统通过原边采样来进行输出电压的调整，确保输出电压稳定在设计值。

◆ 工作过程描述

为了确保实现 SP2705F 的恒流/恒压控制，反激电源系统需要设计工作于断续模式（DCM）下，具体可以参见前面的典型应用图。

当反激系统工作于断续模式下，输出电压可以通过辅助线圈进行采样。在功率 BJT 导通阶段，负载电流由输出端电容 C_o 来提供，此时原边电流上升。当功率 BJT 关断时，原边电流按下述等式向副边传递：

$$I_s = \frac{NP}{NS} \cdot IP$$

输出电压可以由辅助线圈来反映，采样波形参照下述图 2，输出电压的计算由下式给出：

$$VAUX = \frac{NAUX}{NS} \cdot (VO + \Delta V)$$

上式中 ΔV 表示输出整流二极管的压降。

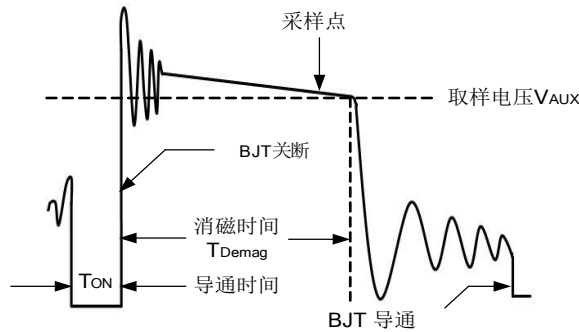


图 2 辅助绕组电压波形

通过在辅助线圈与 FB 之间设置电阻分压电路，辅助线圈的电压在每个消磁阶段将结束的时候（消磁时间的 70%处）被采样，并且这个采样电压将会被保持直到下一个采样周期。采样电压与内部误差放大器的参考电压 V_{ref} (2.5V) 进行比较，它们之间的误差将被放大。误差放大器的输出反映了负载情况，其电压也决定了控制电路的开关频率和 CS 峰值电压，通过这样一个闭环控制，SP2705F 实现了对恒定输出电压的控制。

当采样电压低于 V_{ref} (2.5V)，误差放大器输出达到最大值时，芯片进入恒流控制状态，开关频率由消磁时间决定，实现对恒定输出电流的控制。

◆ 恒流点与输出功率的调整

在 SP2705F 的应用中，系统的恒流输出点与最大输出功率可由 CS 引脚上的采样电阻 R_{cs} 设置，具体可参考典型应用图。当恒流点变化时，系统的最大输出功率也随之改变。 R_{cs} 取得越大，恒流点越小，最大输出功率也随之越小，反之亦然。参考下图 3。

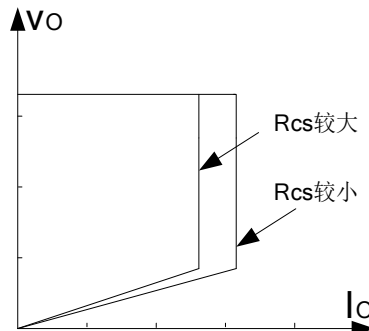


图 3 通过改变 R_{cs} 调节输出功率

◆ OCP 补偿

SP2705F 内部设有 OCP 补偿模块，可以有效的减小恒流模式中输出电流的变化，OCP 阈值在不同的 AC 输入电压下通过斜率补偿曲线可以自动调节。如下图 4，在不同的导通时间下，OCP 阈值电压的变化曲线。导通时间在 0.8~4.2μs 之间，OCP 阈值在 500mV~600mV 之间线性变化。导通时间小于 0.8μs，OCP 阈值为 500mV，导通时间大于 4.2μs，OCP 阈值为 600mV。

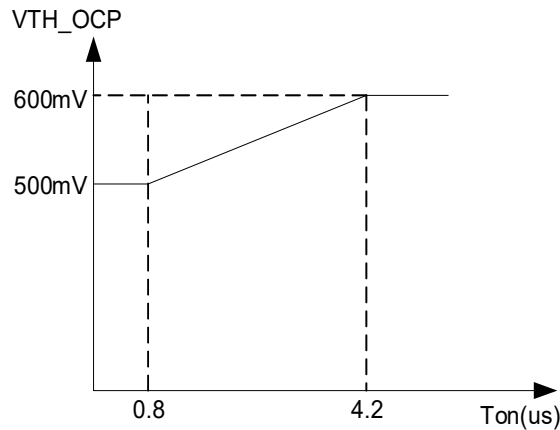


图 4 导通时间与 OCP 的关系

◆ 工作频率

根据负载情况与工作模式的变化，SP2705F 的工作频率可以自行调整，芯片最高工作频率出现在恒压和恒流模式转换处。对于工作于断续模式下的反激式系统，最大输出功率由下式给出：

$$P_{O,MAX} = \frac{1}{2} \cdot L_P \cdot F_{SW} \cdot I_P^2$$

输出电流由下式给出：

$$I_o = \frac{1}{2} \cdot \frac{T_{Demag}}{T_{SW}} \cdot \frac{V_{CS,pk}}{R_{CS}} \cdot \frac{N_p}{N_s}$$

为了实现输出电流恒定，芯片内部控制 $T_{SW}=2T_{Demag}$ ，因此 F_{SW} ：

$$F_{SW} = \frac{1}{2 \cdot T_{Demag}}$$

◆ 可设定的输出线缆压降补偿

SP2705F 集成了输出线缆压降补偿功能，以此取得更好的负载调整率。内部的补偿电流流入外部电阻分压网络，由此在 FB 引脚产生一个抵消电压。补偿电流与输出负载成反比，输出线缆压降补偿由此实现。当输出由满载向空载变化时，FB 引脚产生的补偿电压也会增大。

值得注意的是，通过改变 FB 引脚分压网络中的电阻值，可以达到不同的补偿效果，获得所需的负载调整率。如下图 5，最大补偿量是：

$$\Delta V = (I_{CABLE_MAX} \cdot R_2) \cdot \frac{N_s}{N_A}$$

上式中 N_s 为次级绕组匝数， N_A 辅助绕组匝数， I_{CABLE_MAX} 是最大线损补偿电流， R_2 是上分压电阻。

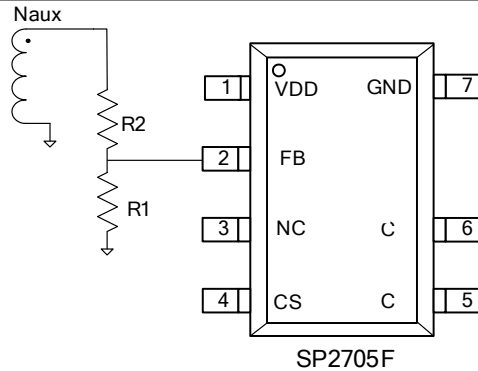


图 5 输出线缆压降补偿

◆ 输入欠压和过压保护

SP2705F 通过监测 BJT 导通阶段流经 FB 管脚上电阻 R2 的电流 (I_{R2}) 来实现保护功能, 当 I_{R2} 低于欠压保护电流 ($I_{\text{BROWN-OUT}}$) 时, 触发芯片内部计时器开始工作, 如果计时超过 40 毫秒, 则控制功率管不再开启; 如果在 40 毫秒内, I_{R2} 恢复大于欠压保护电流, 则计时器就会停止计时, 直到 I_{R2} 再次发生小于欠压保护电流的状态, 芯片内部重新开始计时。Brown-out 保护电压为:

$$V_m = R_2 \times I_{\text{BROWN-OUT}} \times \frac{N_p}{N_A \cdot \sqrt{2}}$$

当流经 R2 的电流 (I_{R2}) 高于输入过压保护电流 ($I_{\text{LINE-OVP}}$) 时, 触发芯片内部计时器开始工作, 如果计时超过 120 毫秒, 则控制功率管不再开启; 如果在 120 毫秒内, I_{R2} 恢复小于过压保护电流, 则计时器就会停止计时, 直到 I_{R2} 再次发生大于欠压保护电流的状态, 芯片内部重新开始计时。Line-OVP 保护电压为:

$$V_{\text{OVP}} = R_2 \times I_{\text{LINE-OVP}} \times \frac{N_p}{N_A \cdot \sqrt{2}}$$

其中 R2 为 FB 管脚上电阻, 如图 5 所示, $I_{\text{BROWN-OUT}}$ 为输入欠压保护电流, $I_{\text{LINE-OVP}}$ 为输入过压保护电流, N_p 与 N_A 为变压器初级和辅助绕组的匝数, 当变压器匝比一定时, 只要 R2 选取合理阻值, 就能得到我们想要的交流输入保护电压。

◆ 电流采样与前沿消隐

SP2705F 提供逐周期限流保护。功率管电流由连接在 CS 引脚上的采样电阻探测。内部功率管刚打开时, 缓冲网络中二极管的反向恢复电流和功率管寄生电容的放电电流在采样电阻上会造成很高的电压尖峰, 引起芯片的误判断, SP2705F 在 CS 引脚上设置有 330ns 的前沿消隐时间, 可以屏蔽这个尖峰对芯片的影响, 因此 CS 引脚的外部无需 RC 滤波网络。

◆ 保护功能

SP2705F 内置丰富的保护功能, 以保证电源系统的可靠性。包括: 逐周期限流保护 (OCP), VDD 过压保护 (OVP), VDD 过压钳位保护, VDD 欠压保护 (UVLO), 交流输入欠压保护, 交流输入过压保护 (Line-OVP), 输出电压启动过冲保护, 输出短路保护, 过温保护等。

声明:

- 1、无锡硅动力微电子股份有限公司保留 DATA SHEET 的更改权，恕不另行通知。请用户及时向我司获取产品最新版本资料，并验证相关信息是否完整和最新。
- 2、半导体产品存在失效或发生故障的可能，用户有责任在使用本公司产品进行系统设计和整机制造时遵守安全标准并采取安全措施，以避免潜在失效风险可能造成人身伤害或财产损失情况的发生。
- 3、产品提升永无止境，硅动力将竭诚为客户提供更优秀的产品。