

UCC28700/01/02/03 原边调节功能的恒压、恒流 PWM 控制器

2012 年 10 月 27 日 深圳

手机充电器要求

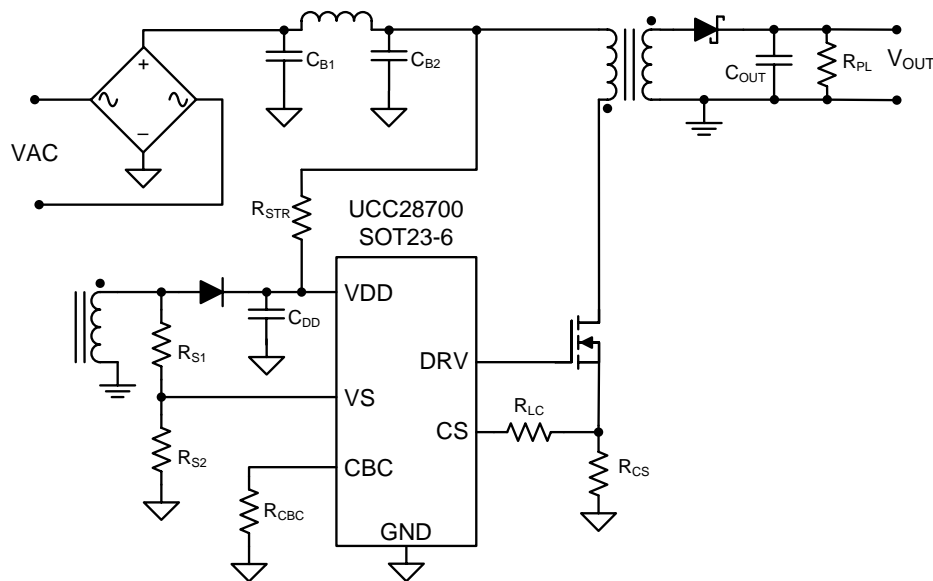
- 满足不同标准的要求
 - 能源之星标准的效率要求
 - 5 星级待机功耗
 - 针对调节及瞬态响应的 **USB** 标准
 - EN55022 EMI 标准
- 成本
 - 对成本极为敏感
 - 元件数少且简单易用



UCC28700/1/2/3 原边控制器

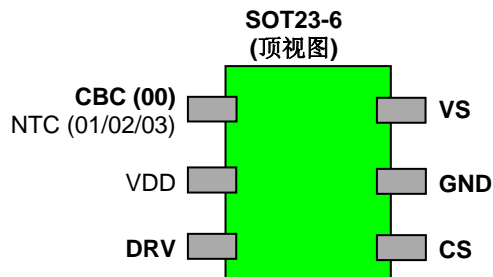
特性

- <30mW 无负载功耗 (满足 5 星级 EC IPP 标准要求)
- 原边调节 (PSR), 不用光耦反馈
- $\pm 5\%$ 电压和电流调节性能
- 130 kHz 最大开关频率可实现高功率密度充电器设计
- 准谐振谷底开关操作可实现高效率
- 频率抖动方案(专利申请中)可简化 EMI 兼容性
- 宽 VDD 范围 (35V) 允许使用小的偏置电容器
- 输出驱动MOSFET
- 保护功能: 过压、欠压和过流
- 可调节电缆补偿 (UCC28700)
- 具有固定电缆补偿的 NTC 电阻器接口选项(UCC28701/2/3)
- SOT23-6 封装



应用

- 通用充电解决方案, AC 适配器
- 低功耗 AC/DC 开关电源 (SMPS)
- 电表

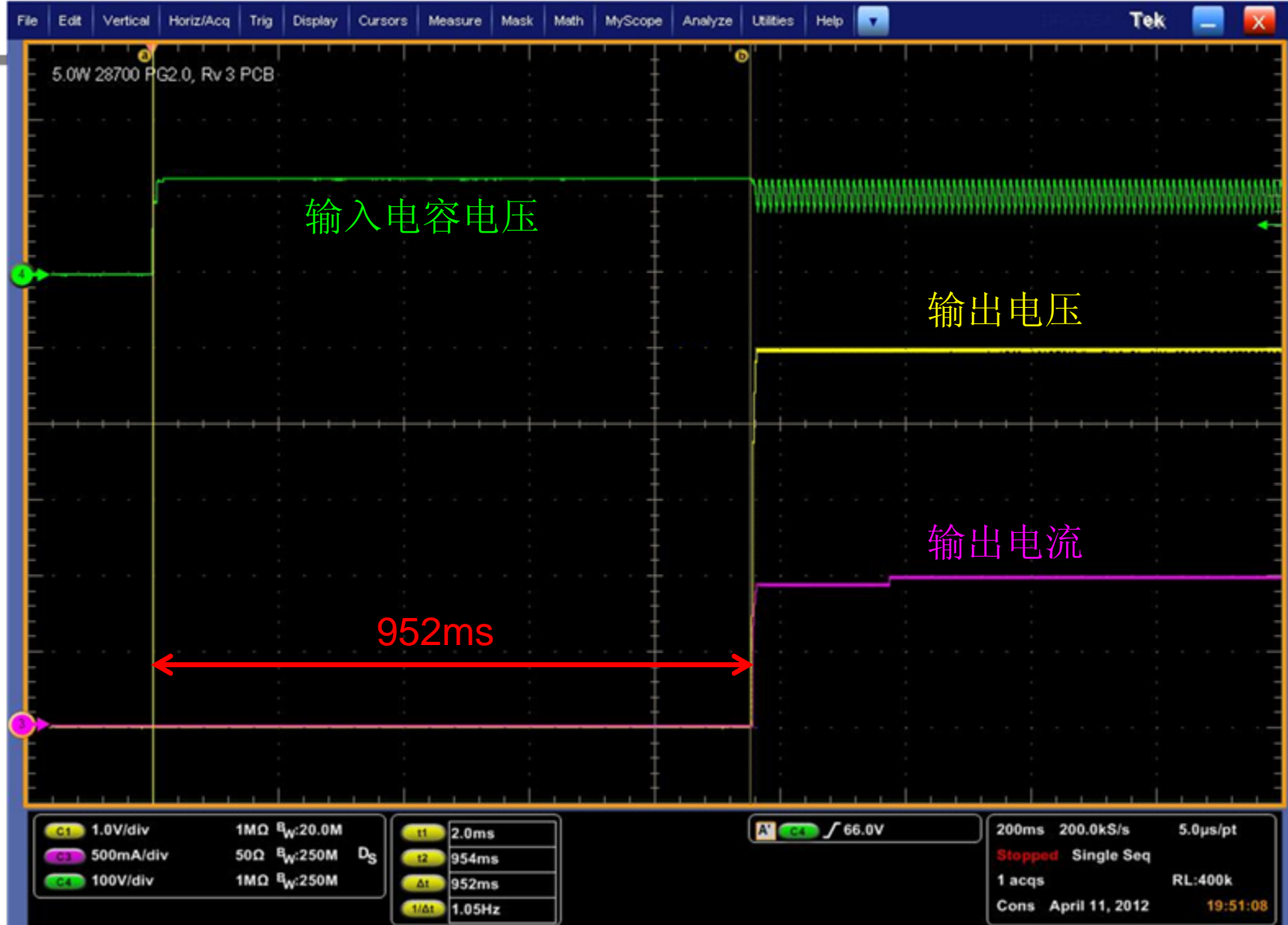


器件型号	无负载功耗	引脚 1	电缆补偿
UCC28700	<30mW	CBC	可调节
UCC28701	<30mW	NTC/SD	0mV@5Vout
UCC28702	<30mW	NTC/SD	150mV@5Vout
UCC28703	<30mW	NTC/SD	300mV@5Vout

宽 VDD 范围 8V~35V

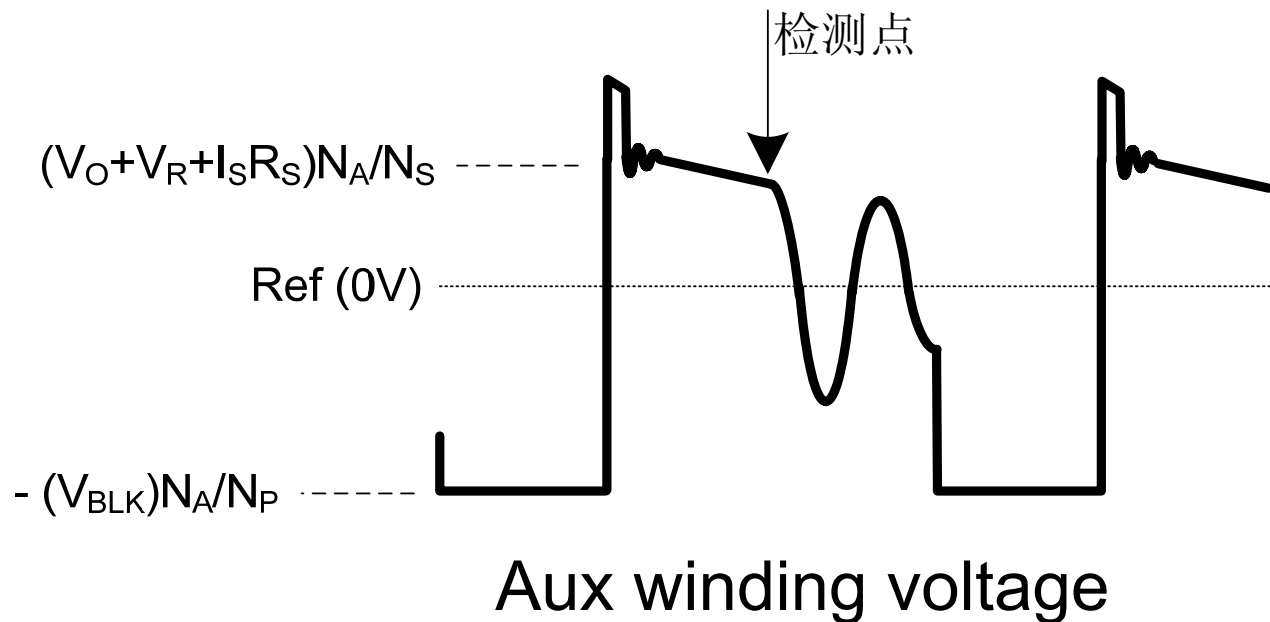
- ✓ 采用电阻启动，启动时间 $< 1\text{ s}$
 - ✓ 不使用高电压启动 MOSFET，最大限度地降低了系统成本
 - ✓ 允许使用低容值 VDD 电容器：220nF 至 470nF
 - ✓ 启动电阻为 13M 至 20M Ω ，以尽量减小待机功耗的影响。
(8mW 和 5mW @230V AC)
- ✓ 在恒电流调节期间允许极低输出电压，以满足 USB 标准的要求
 - ✓ 25V 至 9V 的 VDD 范围可提供 5V 至 1.8V 的 Vout 范围。仍有额外的 10V VDD 范围，保证设计余量。
- ✓ SOT-6 封装，可腾出一个引脚用于实现其他功能。
 - ✓ 可调型电缆补偿 (UCC28700)
 - ✓ NTC 关断 (UCC28701/2/3)

启动时间：在 90VRMS 和满载条件下为 950ms



原边电压检测

- ✓ 辅助绕组电压通过 VS 引脚上的电阻分压器进行检测
- ✓ 输出电压在次级电流导通时间结束时进行采样
 - ✓ 消除了次级电流导通时间里的 IR 电压降
 - ✓ VS 信号鉴别可抑制漏感尖峰和振铃的干扰
 - ✓ 在 VS 引脚上提供了可变消隐时间



恒压调节

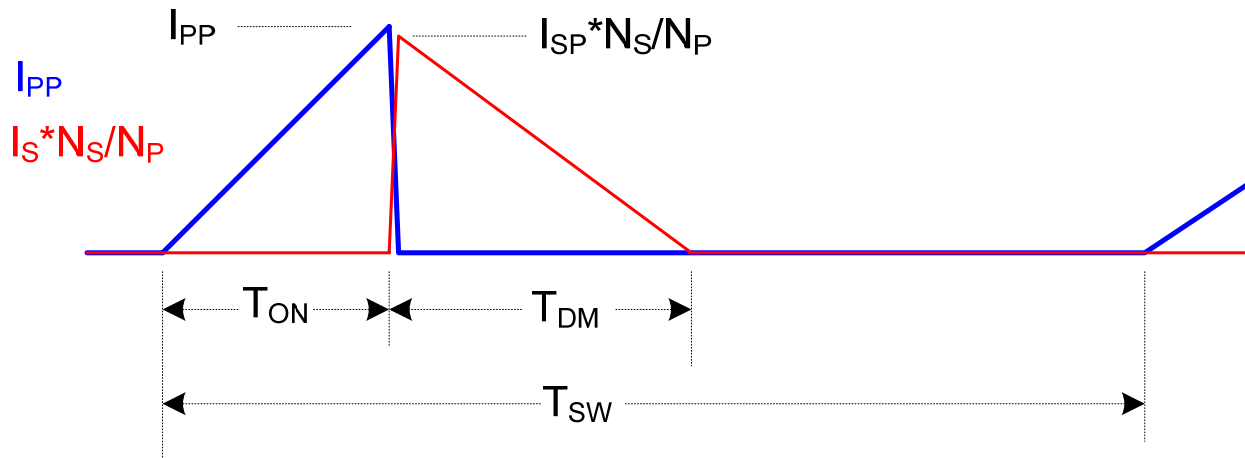
- ✓ 电压调节准确度 $\pm 5\%$ 以内，满足 USB 标准的要求
- ✓ 高精度内部基准用于提供严格的调节
 - ✓ 具有 $\pm 1\%$ 准确度的 VS 内部 4V 基准
- ✓ 针对输出整流器电压降的温度补偿
 - ✓ 如果采用 5:1 VS 电阻分压器和 1% 精度电阻器，分压器在最坏情况下容差在 1.6%
- ✓ 提供可选的电缆补偿

原边控制恒流调节

±5% 恒流调节

√ 原边电流调节

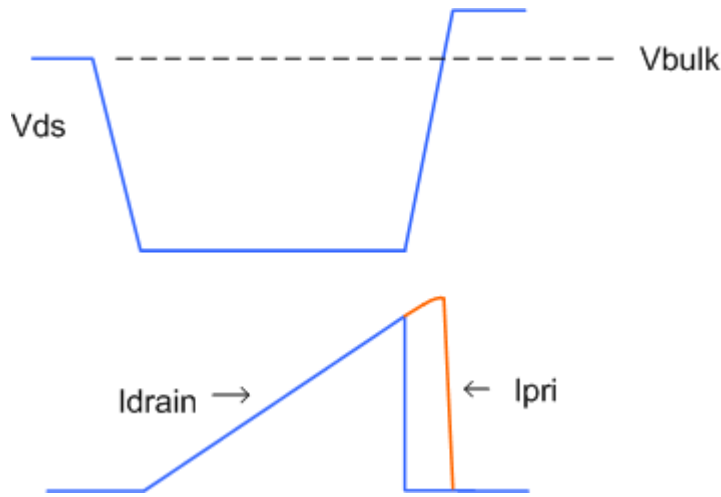
- √ 恒流 (CC) 调节基于原边峰值电流 ($I_{pri Pk}$) 和消磁时间占空比 (T_{DM}/T_{SW})
- √ 恒流 (CC) 调节在最大原边峰值电流 ($I_{pri Pk max}$) 时进行。恒流调节环路在 T_{DM}/T_{SW} 为 42.5% 时动作。当 V_{out} 下降时, F_{sw} 减低以保持 42.5% 的恒定 TDM 占空比。



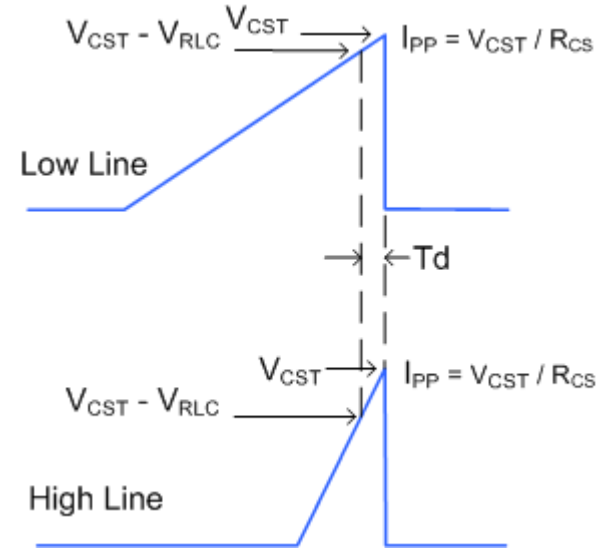
$$I_{OUT} = \frac{1}{2} (I_{SP}) * T_{DM}/T_{SW}$$

$$I_{OUT} = \frac{1}{2} (I_{PP} * N_P / N_S) * T_{DM}/T_{SW}$$

电流调节受输入电压的影响



实际的峰值电流高于预计值



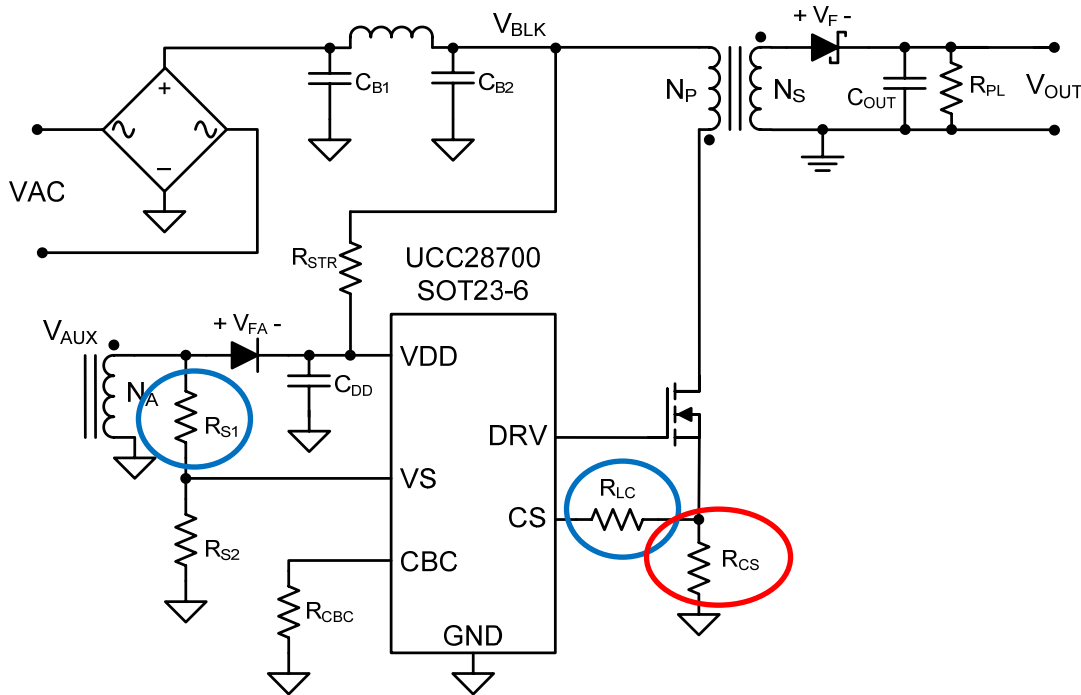
峰值电流误差与线路输入电压成正比

- √ 输入电压补偿可在整个输入电压范围内实现卓越的恒流 (CC) 调节性能
 - √ 恒流 (CC) 调节基于原边峰值电流和消磁时间占空比
 - √ 补偿 IC 内部延迟和栅极驱动关断延迟，以控制整个线路输入电压范围内的原边峰值电流 ($I_{pri Pk}$)
 - √ 补偿由于 MOSFET V_{ds} 关断上升时间导致的额外变压器初级峰值电流。MOSFET dv/dt 取决于初级电流 (I_{pri}) 和总漏极电容。

更高准确度的恒流调节

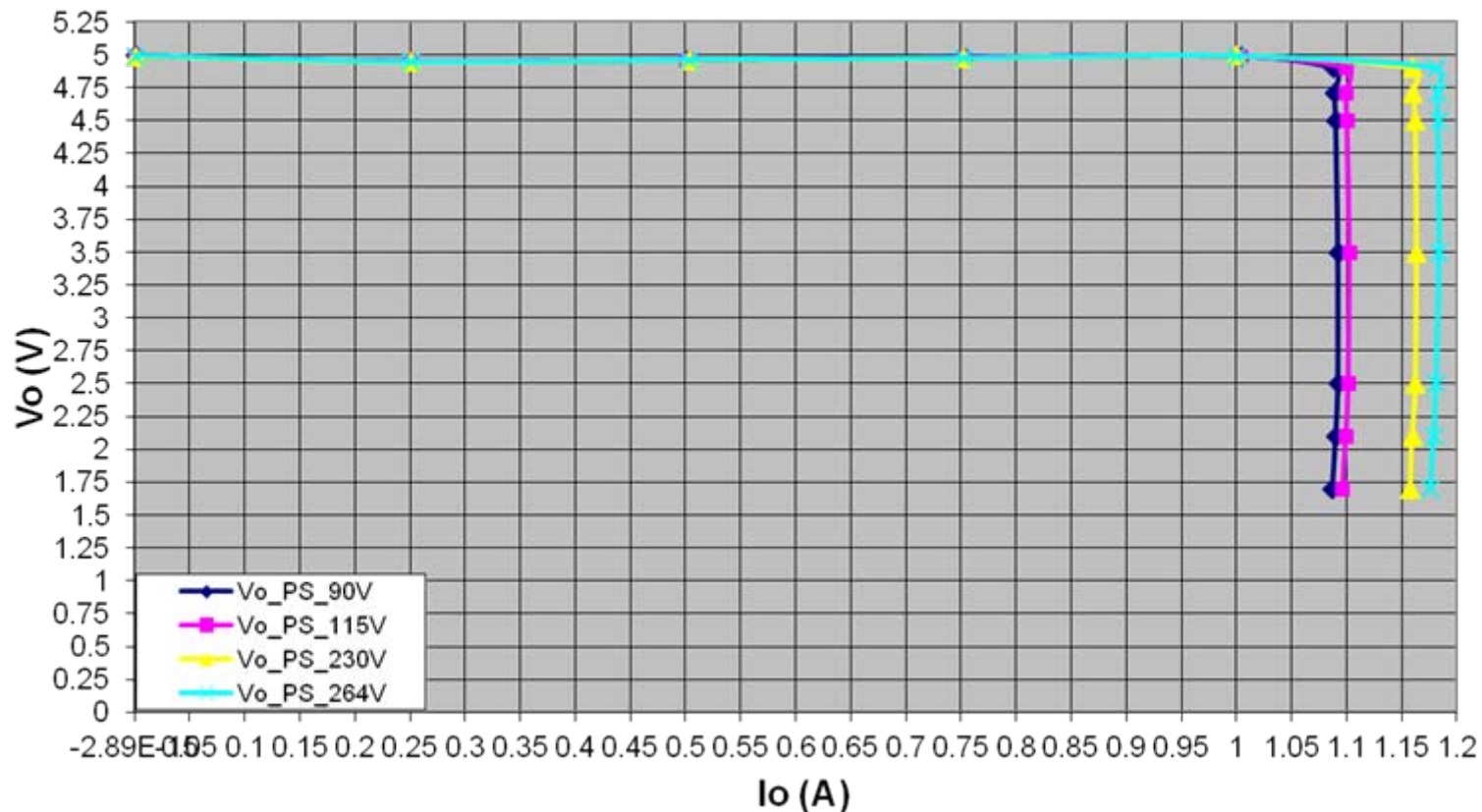
■ $\pm 5\%$ 恒流调节

- ✓ CS 上的电流控制容差（在 $I_p \text{ Max} \pm 3\%$ ）
- ✓ 输入电压补偿功能可对因延迟和输入电压范围内的 di/dt 变化所引起的 CS 误差进行补偿。
- ✓ $\pm 15\%$ 的初级电感 (L_{pri}) 容差仅产生 $< \pm 1.2\%$ 的误差



未采用输入电压补偿时的恒流调节

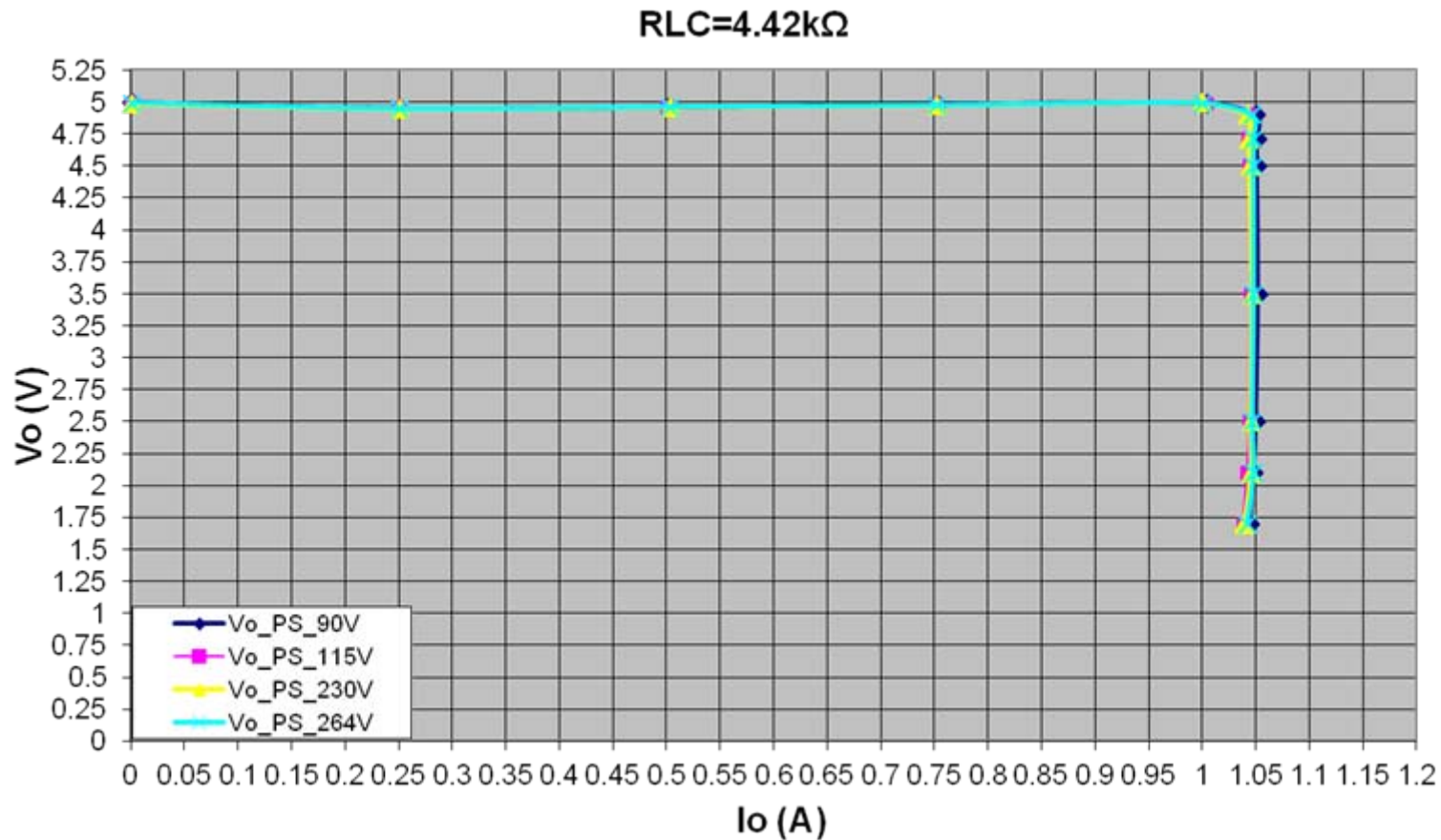
- ✓ 采用 $0\ \Omega$ 输入电压补偿电阻（无输入电压补偿作用）时的 V/I 曲线。
- ✓ CC regulation +4/-4%: 90V to 264VAC and V_{out} from 4.7 to 2V.



采用输入电压补偿时的恒流调节

√ 选择输入电压补偿电阻时的 V/I 曲线

√ CC regulation +0.5/-0.8% : 90V to 264VAC and Vout from 4.7 to 2V.



待机功耗及效率要求

Table 1: Energy-Efficiency Criteria for Ac-Ac and Ac-Dc External Power Supplies in Active Mode: Standard Models

Nameplate Output Power (P_{no})	Minimum Average Efficiency in Active Mode (expressed as a decimal) ²
0 to ≤ 1 watt	$\geq 0.480 * P_{no} + 0.140$
> 1 to ≤ 49 watts	$\geq [0.0626 * \ln(P_{no})] + 0.622$
> 49 watts	≥ 0.870

Table 2: Energy-Efficiency Criteria for Ac-Ac and Ac-Dc External Power Supplies in Active Mode: Low Voltage Models

Nameplate Output Power (P_{no})	Minimum Average Efficiency in Active Mode (expressed as a decimal) ²
0 to ≤ 1 watt	$\geq 0.497 * P_{no} + 0.067$
> 1 to ≤ 49 watts	$\geq [0.0750 * \ln(P_{no})] + 0.561$
> 49 watts	≥ 0.860

Table 4: Energy Consumption Criteria for No-Load

Nameplate Output Power (P_{no})	Maximum Power in No-Load	
	Ac-Ac EPS	Ac-Dc EPS
0 to < 50 watts	≤ 0.5 watts	≤ 0.3 watts
≥ 50 to ≤ 250 watts	≤ 0.5 watts	≤ 0.5 watts



- 对于 $\leq 5W$ 的 5V 输出充电器应用，能源之星标准只要求约 68% 的效率
- 能源之星标准所要求的待机功耗仅 0.3W，可以轻松实现
- 要达到 5 星级标准要求则必需实现 30mW 的待机功耗

可实现低待机功耗的诸多特性

- 低启动电流
 - ✓ 超低启动偏置电流 (1.5uA) 允许使用 13M~20M Ω 的启动电阻器
 - ✓ 高工作电压 (35V) \rightarrow 高 N_{AUX}/N_{SEC} 比
 - ✓ 大的 UVLO 迟滞：
 - ✓ 允许采用小的 V_{DD} 电容器
 - ✓ 采用高阻值启动电阻缩短启动时间
- 动态 IC 电源管理
 - ✓ 待机期间的低平均初级偏置电流 (<110uA)
 - ✓ IC 具有低功耗等待状态，用于降低待机模式中的 IC 功耗
- 宽功率控制动态范围

DCM 反激的功率控制动态范围

$$P_{in} = \frac{1}{2} I_{pk}^2 L_p f_S$$

$$P_{in_min} = \frac{1}{2} I_{pk_min}^2 L_p f_{S_min}$$

$$P_{in_max} = \frac{1}{2} I_{pk_max}^2 L_p f_{S_max}$$

$$\frac{P_{in_max}}{P_{in_min}} = \left(\frac{I_{pk_max}}{I_{pk_min}} \right)^2 \frac{f_{S_max}}{f_{S_min}}$$

← 125kHz
← 1kHz

↑ 1125
↑ 3

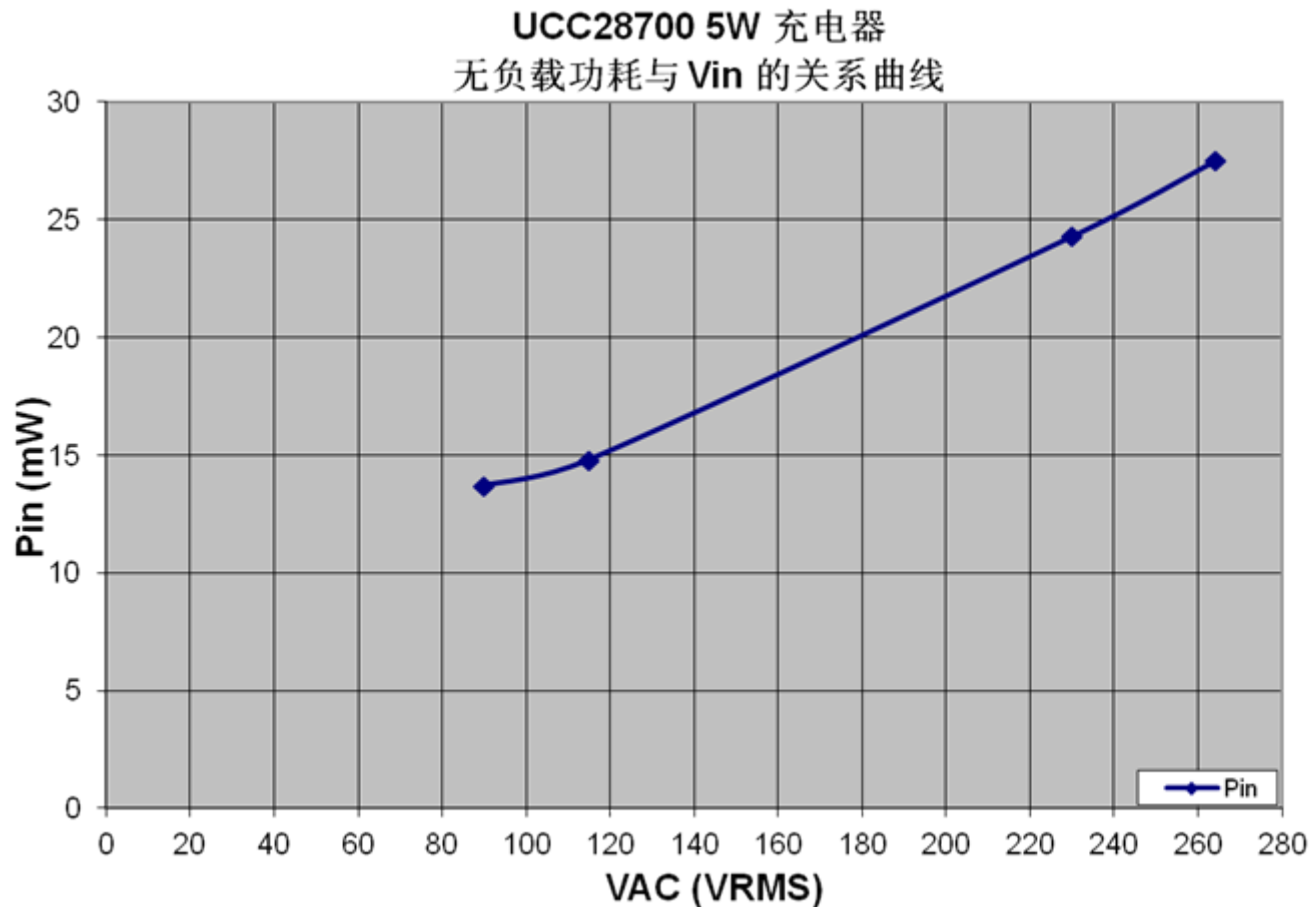
6W 设计实例（在 230V AC）

P_{in_min}	启动电阻	吸收电路	Coss (80pF) 相关功率损耗	总功耗
5.3mW	7mW	2.5mW	8.5mW	23.3mW

宽控制动态范围可实现低待机功耗

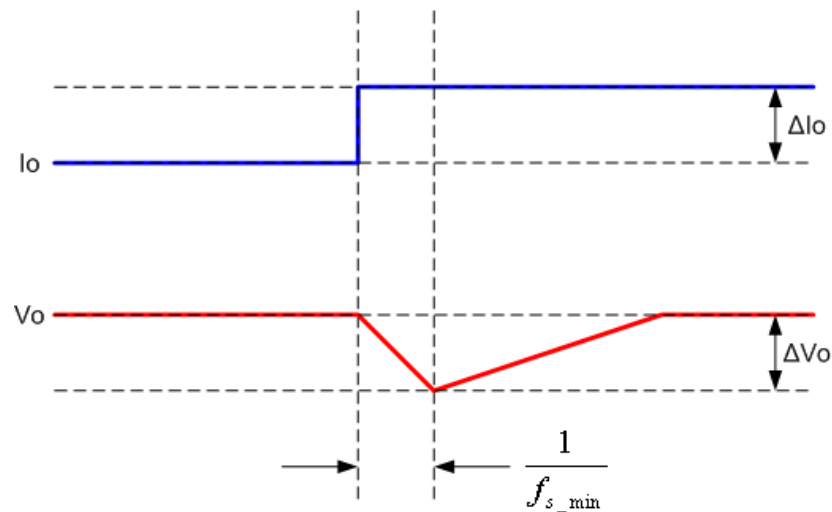
不同输入电压条件下的待机功耗

- 可在不同的输入电压条件下实现 $<30\text{mW}$ 的待机功耗



待机功耗与瞬态响应之间的权衡

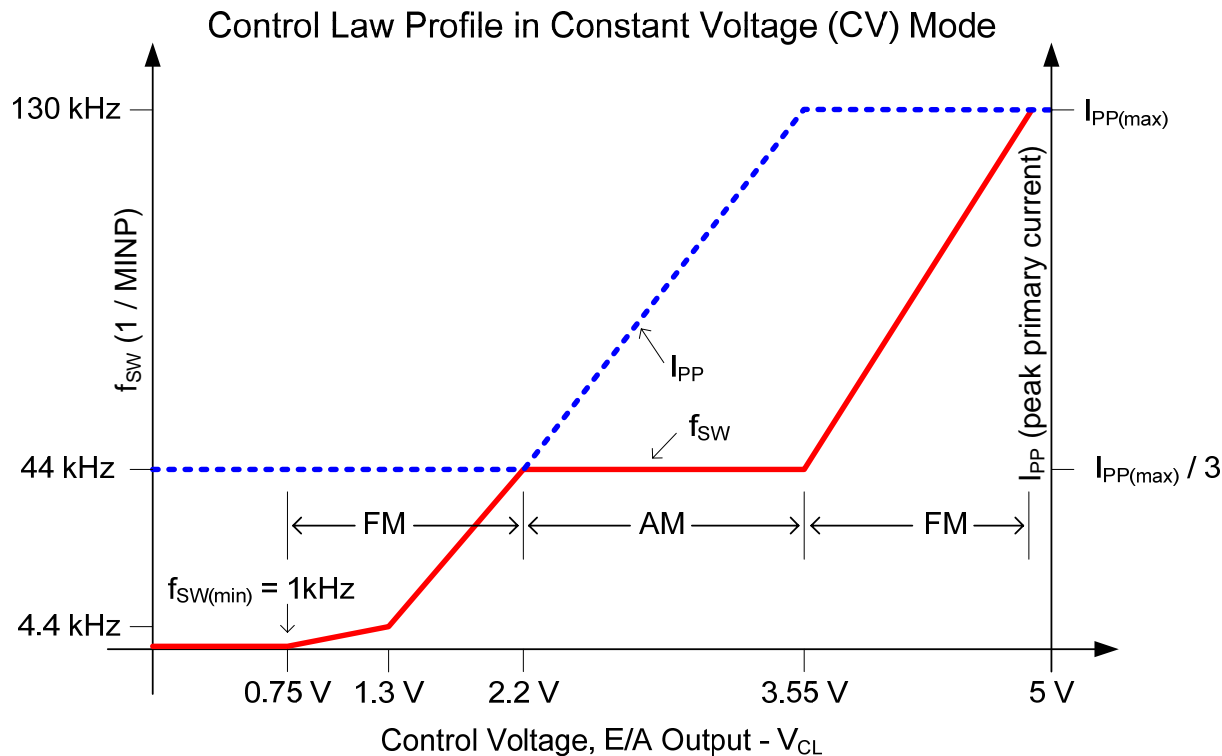
- 通过降低开关频率可以进一步改善待机功耗，但这受限于瞬态响应的要求
- 由于原边控制的原因，输出电压仅在开关操作时检测
- 在最小开关频率下瞬态响应性能最差



$$C_{OUT} = \frac{\Delta I_o}{\Delta V_o \times f_{s_min}}$$

为了保持合理的输出电容器数值（约 660uF），将最小开关频率选定为 1kHz

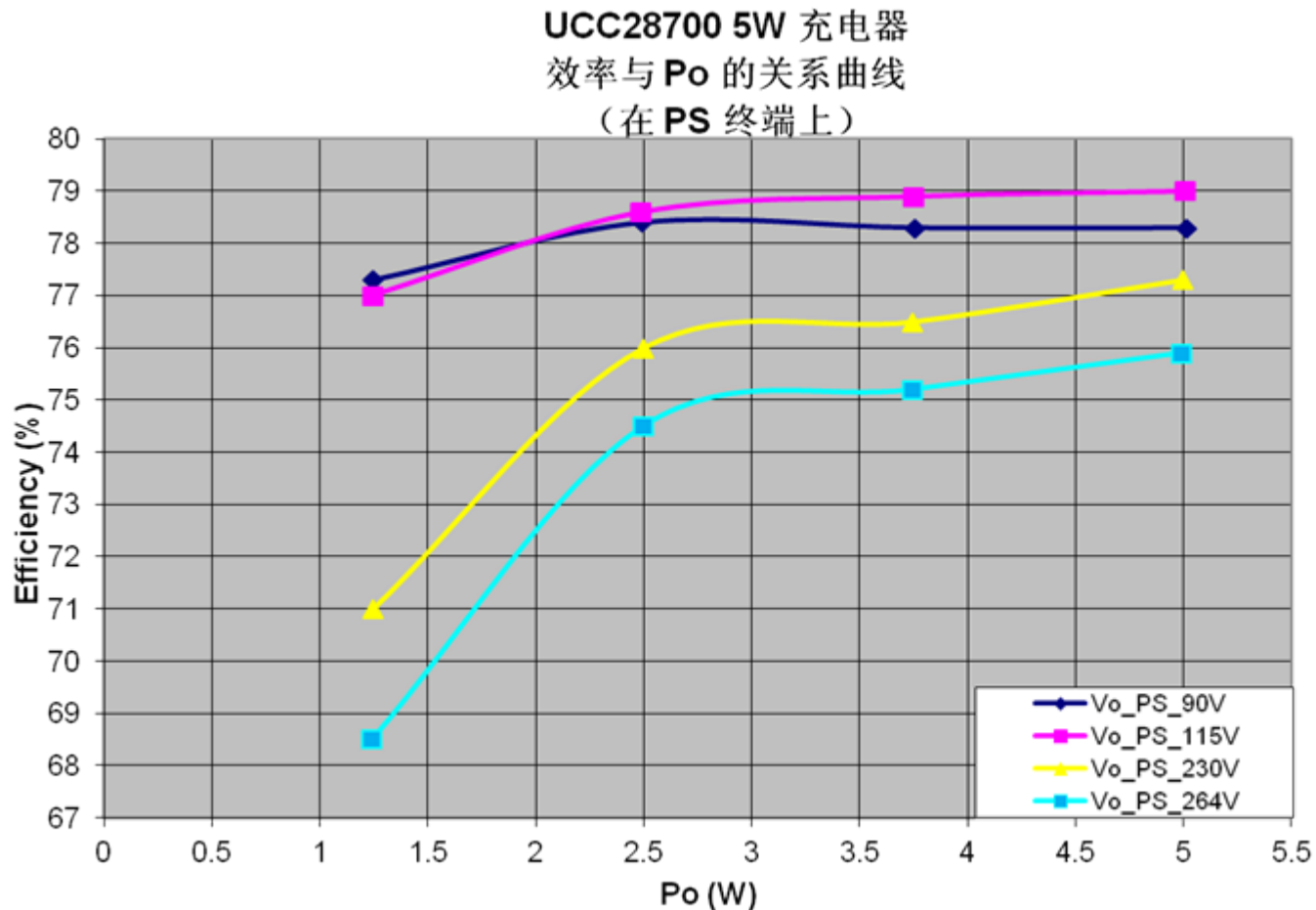
控制方案对提高效率的影响



- ✓ 始终执行谷底开关操作，以最大限度地降低开关损耗
- ✓ 通过采用频率调制获得了平坦的效率曲线
- ✓ 3:1 的峰值电流比可在轻负载条件下消除音频噪声
- ✓ 在轻负载下扩展的 PFM 范围，从而将动态范围扩至高达 1200
- ✓ 最大限度地减少了 IC 功率耗散和启动电阻功耗

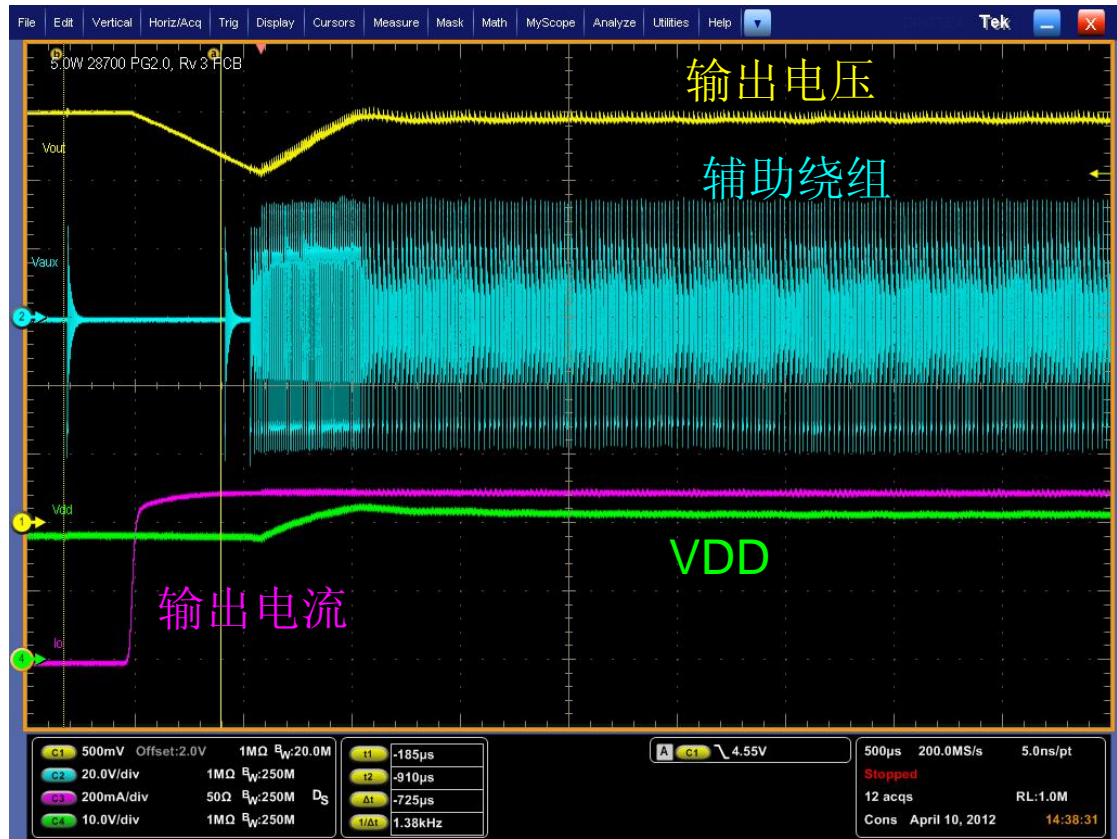
面向能源之星标准的高效率

✓ 115V 电压下的平均效率：78.4%，230V 电压下的平均效率：75.2%



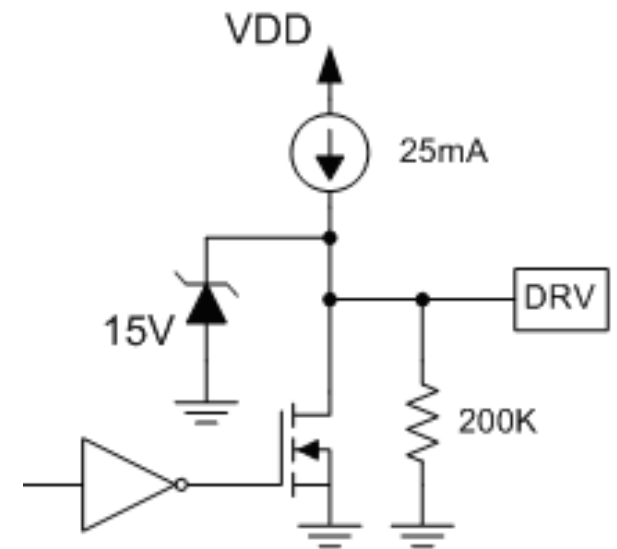
快速瞬态响应

- ✓ 在采样器增益级 = 62.5
 - $\pm 2\%$ V_{out} 偏差将产生整个功率范围的变化
 - 逐周期进行采样
- ✓ 内部 F_{sw} 最小值 = 1kHz
 - 采样间隔最小化
 - 适当的 C_{out} 数值



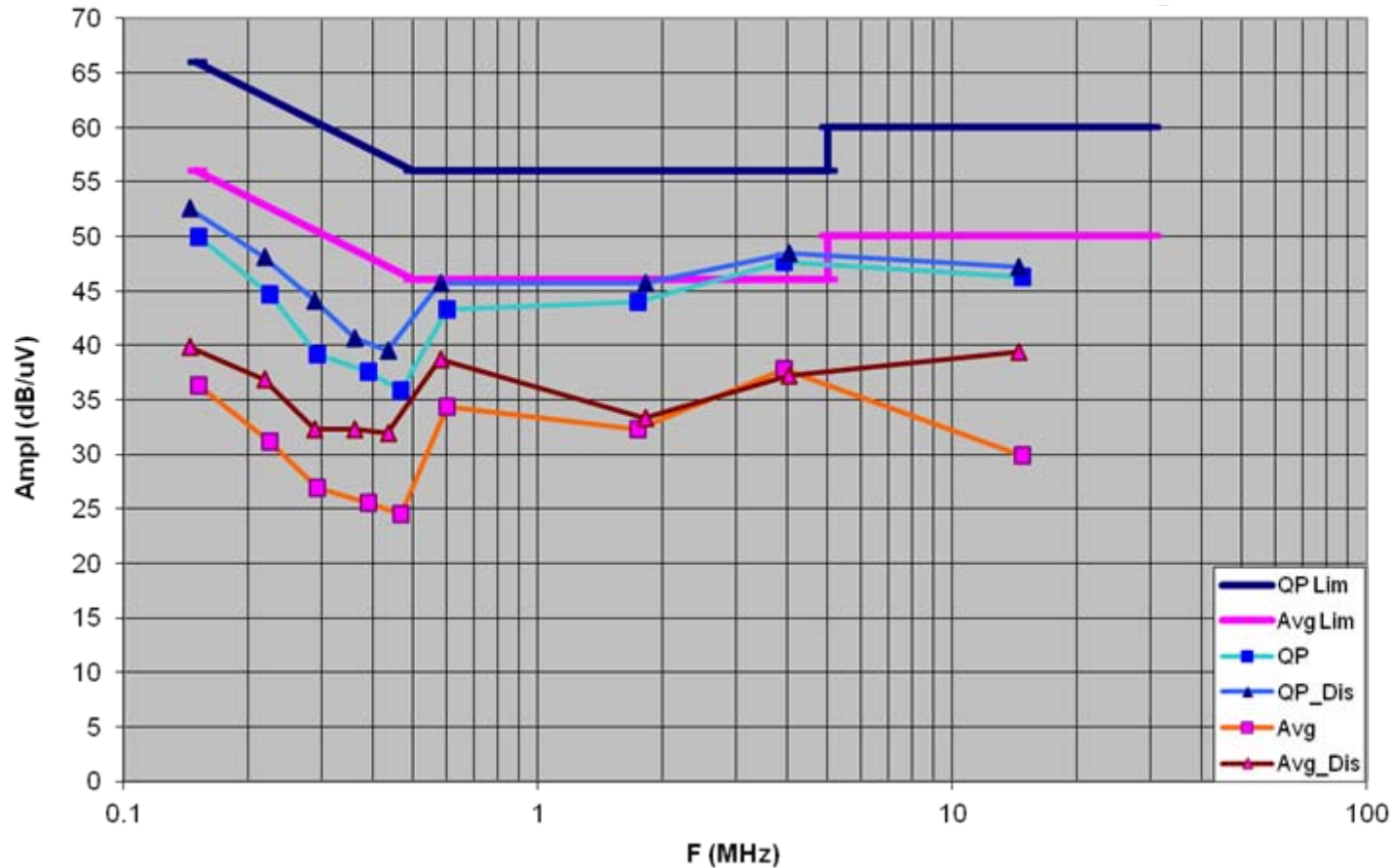
EMI 噪声抑制

- ✓ 频率抖动法降噪
 - ✓ 将基波能量散播至 EMI 接收器带宽 (BW) 以外
 - ✓ 初级电流 (I_{pri}) 抖动用于补偿每个周期中功率的变化
- ✓ 特殊的栅极驱动器设计可较小开关噪声的影响
 - ✓ DRV (栅极驱动) 25mA 电流驱动导通
 - ✓ 减小了前沿 I_{pri} 电流尖峰
 - ✓ 由于执行的是零电流开关操作，因此对开通损耗没有影响



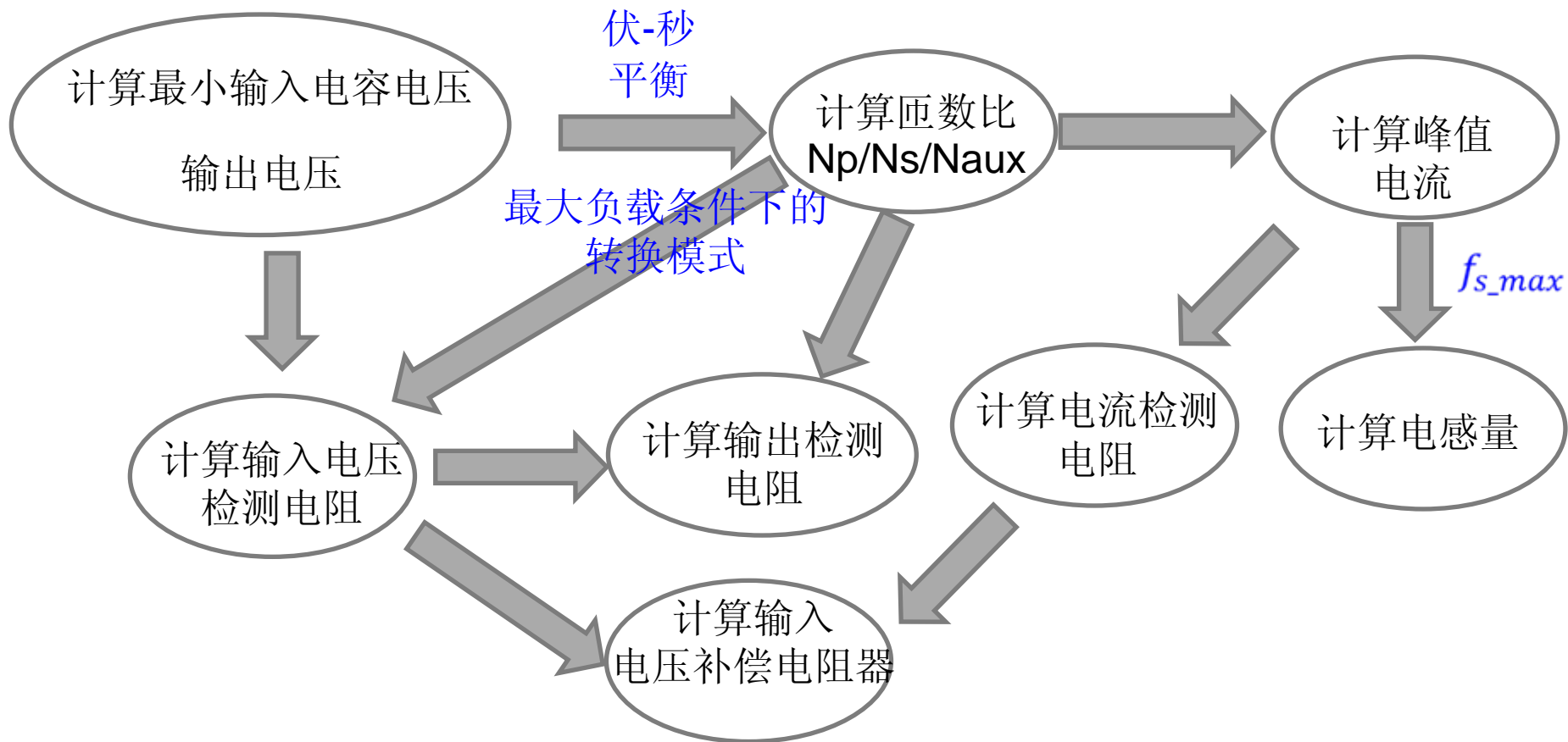
采用和未采用抖动法时的 EMI 对比

5V/1A: Vout 地线接大地



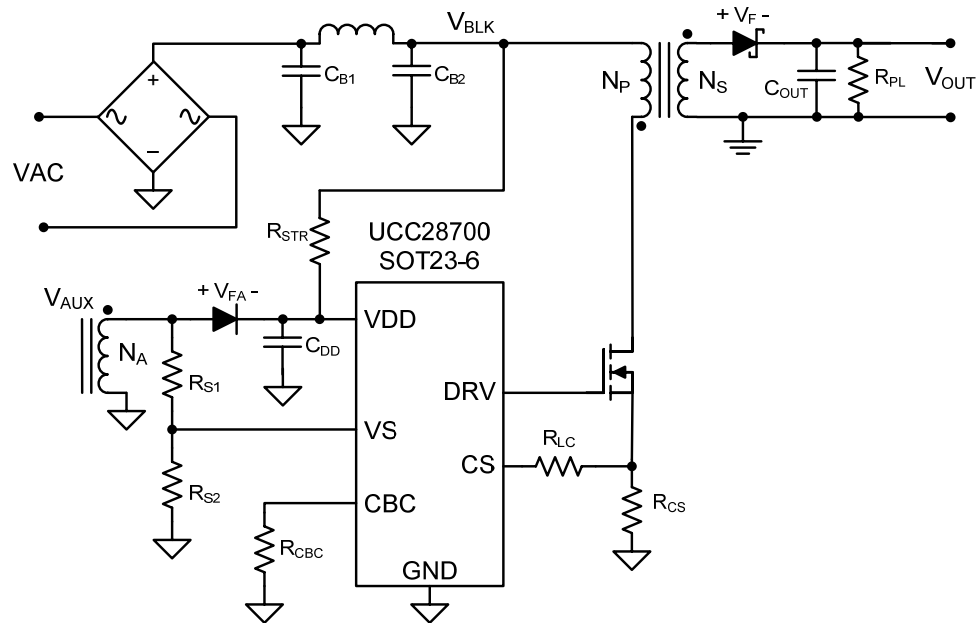
通过采用频率抖动法可实现噪声的大幅降低

设计流程图



成本低/元件少

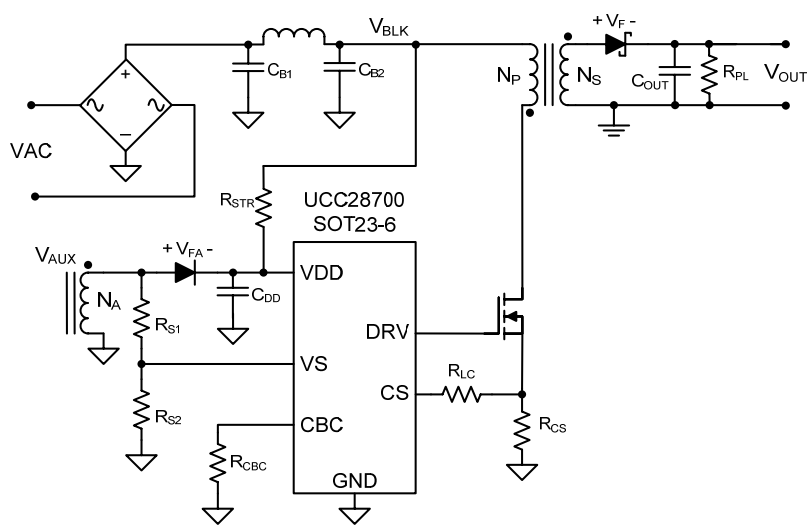
- 采用 SOT23-6 封装的高性价比控制器解决方案。
 - 低成本封装和芯片设计
- IC 所需的元件数量极少。
 - 多功能 VS 引脚
 - 在 CS 引脚可调节输入电压补偿
 - 利用 CBC 引脚来调节电缆补偿



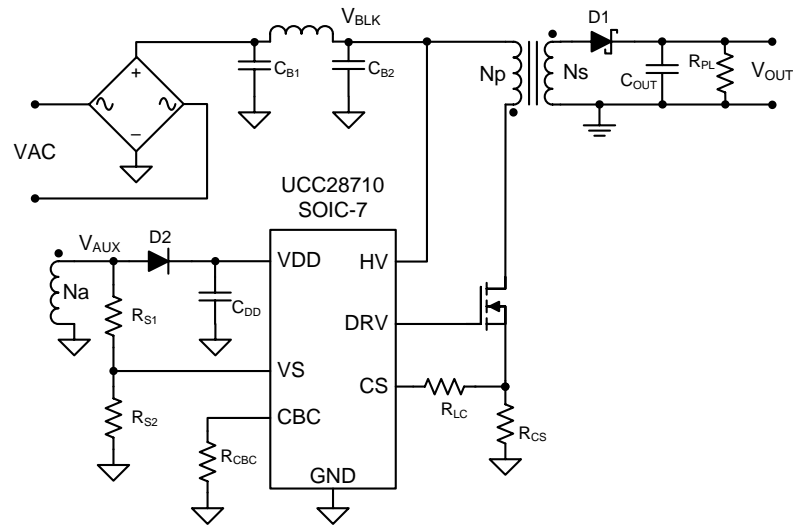
保护功能

- 输出过压
 - 如果输出上升至高于 5.75 V，则器件关断，在重试之前需经过一个 UVLO 周期 (打嗝 [HICCUP] 响应)
- 芯片过温
 - 如果结温度升至高于约 160°C，则器件将被关断
 - 打嗝 (HICCUP) 响应
- 输入欠压锁定 (准欠压保护)
 - 当在体电压 $< 65V \pm 20\%$ 的情况下执行开关操作时
 - 打嗝 (HICCUP) 响应
- 输出过流
 - 电感电流保持不连续状态
 - 峰值初级电流限制
- 开环
 - 倘若辅助 (AUX) 绕组电路中的任意点开路或短路至 GND
 - CS 引脚开路或短路至 GND
 - 器件执行的操作将是：不起动、关断或打嗝 (HICCUP)

UCC28700 至 UCC28710



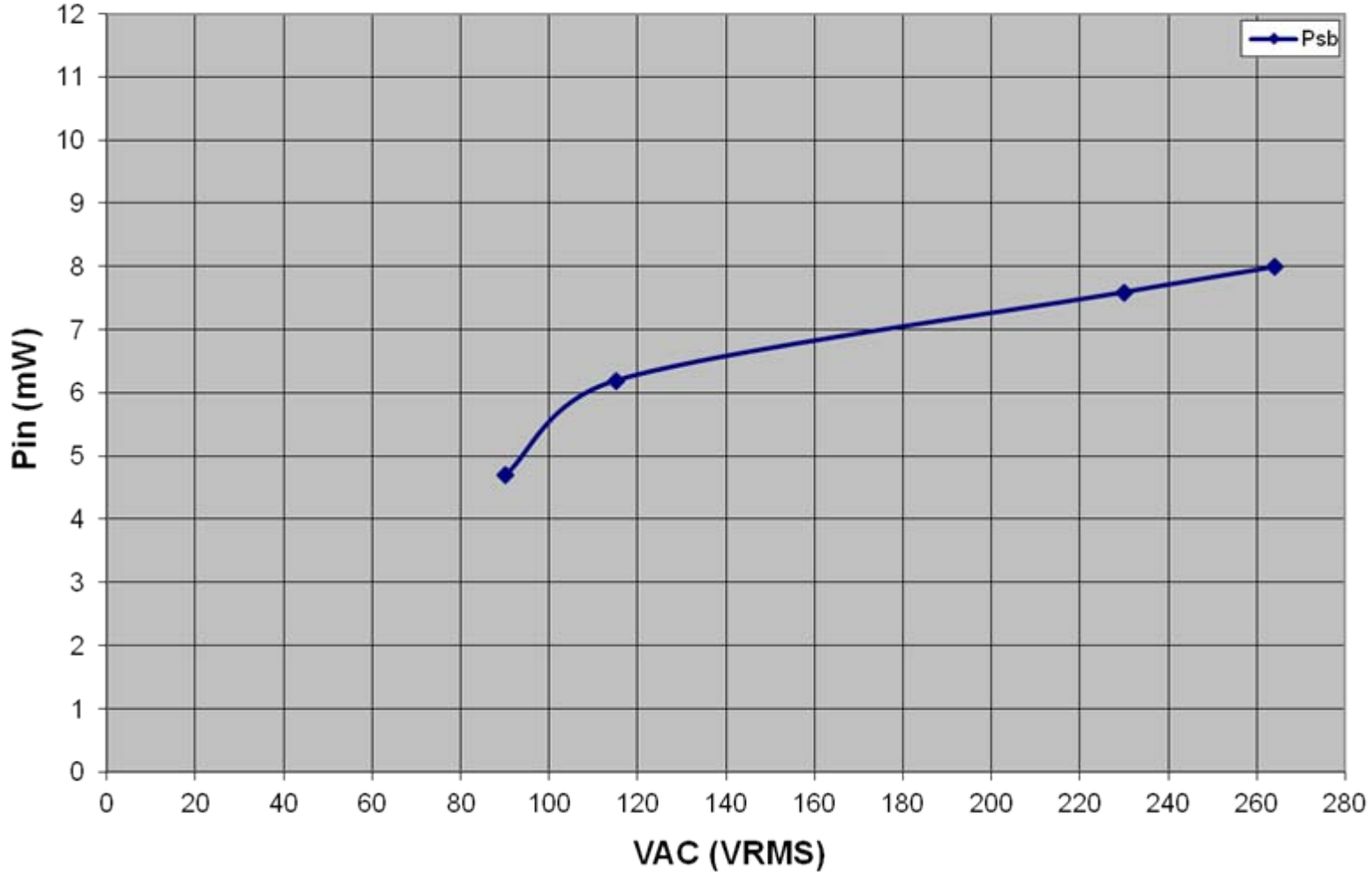
UCC28700



UCC28710

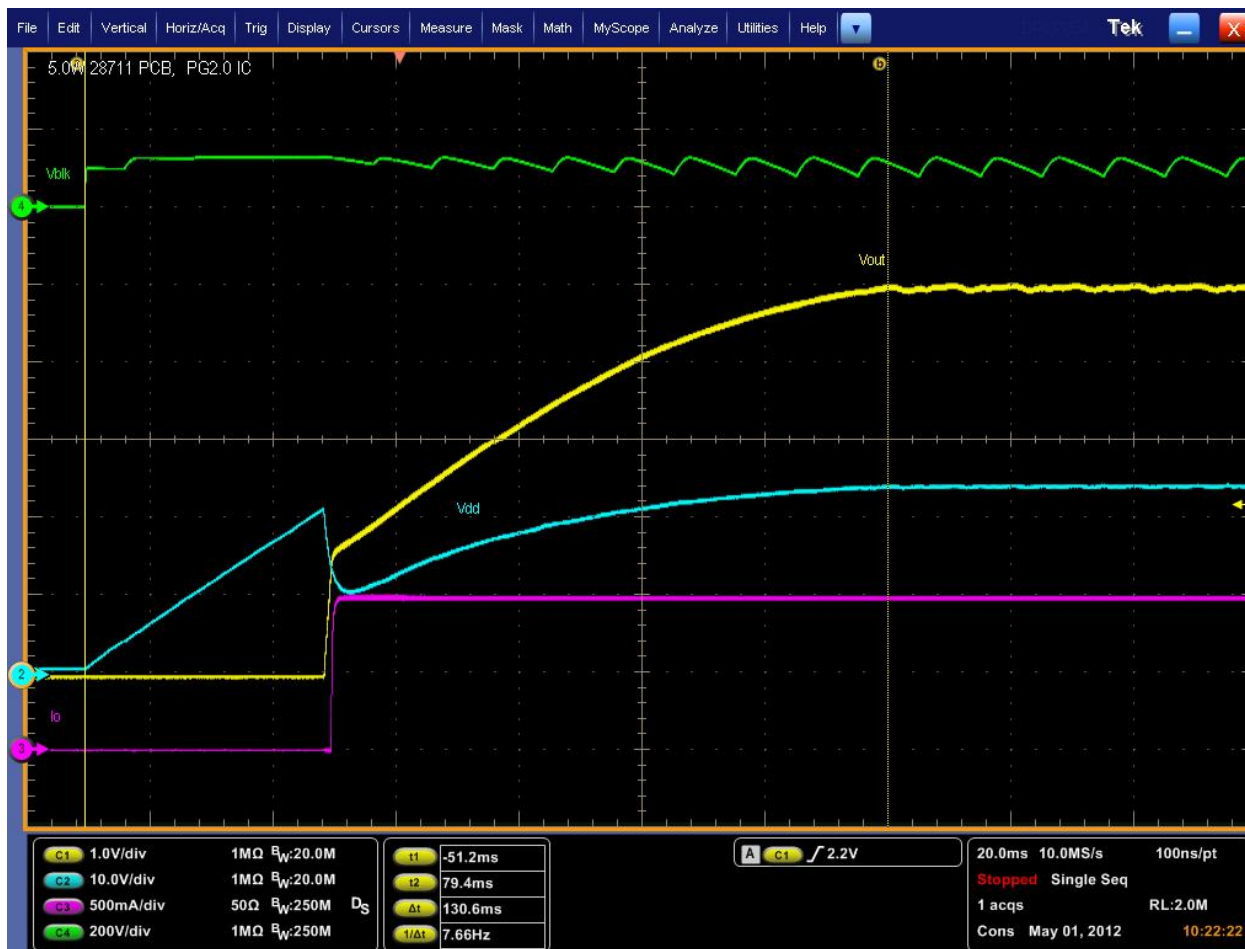
	UCC28700	UCC28710
启动	13M~20M 电阻器	集成型 HV JFET
待机功耗	<30mW	<10mW

UCC28711 5W Charger: No Load Power



可实现低于 **10mW** 的待机功耗

UCC28711 5W 充电器：启动时间



90V/50Hz: 5V/1A

20ms/格

黄色: V_o

2V/格

蓝色: V_{dd}

10V/格

粉红色: I_o

500mA/格

绿色: V_{bulk}

200V/格

低输入电压、满负载启动时间为 131ms（至 V_o 进入稳压状态）。

结束