

基于 AC/DC 控制芯片的原边反馈技术

原边反馈 AC/DC 控制技术是近 10 年发展起来的新型 AC/DC 控制技术，与传统的副边反馈的光耦加 431 的结构相比，最大的优势在于省去了这两个芯片以及与之配合工作的一组元器件，这样就节省了系统板上的空间，降低了成本并且提高了系统的可靠性。在手机充电器等成本压力较大的市场，以及 LED 驱动等对体积要求很高的市场具有广阔的应用前景。

在省去了这一组元器件之后，为了实现高精度的恒流/恒压 (CC/CV) 特性，必然要采用新的技术来监控负载、电源和温度的实时变化以及元器件的同批次容差，这就涉及到初级 (原边) 调节技术、变压器容差补偿、线缆补偿和 EMI 优化技术。

初级调节的原理是通过精确采样辅助绕组 (NAUX) 的电压变化来检测负载变化的信息。当控制器将 MOS 管打开时，变压器初级绕组电流 i_p 从 0 线性上升到 i_{peak} ，公式为

$$i_{peak} = \frac{V_m}{L_p} \times t_{on}$$

此时能量存储在初级绕组中，当控制器将 MOS 管关断后，能量通过变压器传递到次级绕组，并经过整流滤波送到输出端 VO。在此期间，输出电压 VO 和二极管的正向电压 VF 被反射到辅助绕组 NAUX，辅助绕组 NAUX 上的电压在去磁开始时刻可由公式

$$V_{aux} = \frac{N_{aux}}{N_s} \times (V_o + V_f)$$

表示，其中 VF 是输出整流二极管的正向导通压降，在去磁结束时刻可由公式

$$V_{aux} = \frac{N_{aux}}{N_s} \times V_o$$

表示，由此可知，在去磁结束时间点，次级绕组输出电压与辅助绕组具有线性关系，只要采样此点的辅助绕组的电压，并形成由精确参考电压箝位的误差放大器的环路反馈，就可以稳定输出电压 VO。这时的输出电流 IO 由公式

$$I_o = \frac{1}{2 \cdot t_s} \left(i_{peak} \times \frac{N_p}{N_s} \times t_{dis} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{t_{dis}}{t_s} \cdot \frac{V_{CS}}{R_{SENSE}} \cdot \frac{N_p}{N_s}$$

表示,其中 VCS 是 CS 脚上的电压,其他参数意义如图 1 所示。这是恒压(CV)模式的工作原理。

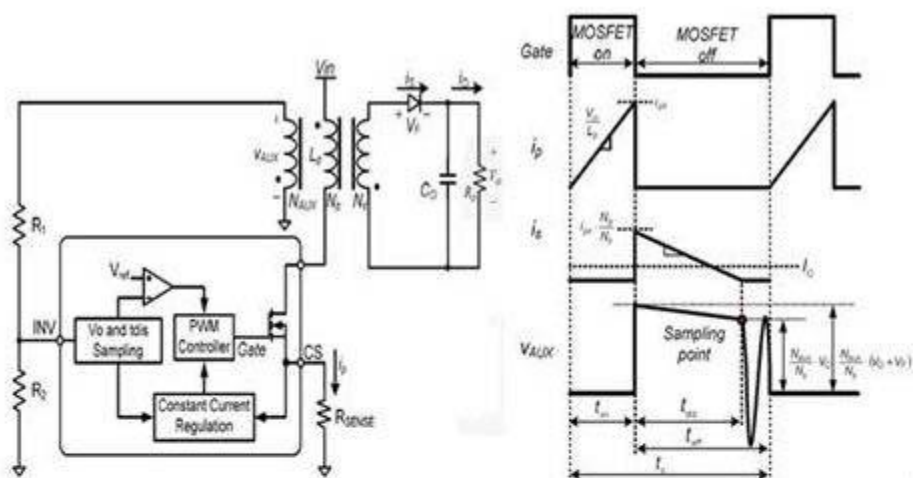


图1原边控制应用框图及主要节点波形图

当负载电流超过电流极限时,负载电流会被箝位在极限电流值,此时系统就进入恒流(CC)模式,这里对IO的公式需要加一个限定条件即

$$\frac{t_{dis}}{t_s} = cons$$

即去磁时间与开关周期的比例保持一个常数,这样在CC模式下的输出电流公式变成了

$$I_{CC} = C1 \cdot \frac{V_{CSLMT}}{R_{SENSE}} \cdot \frac{N_P}{N_S}$$

其中 C1 是一个小于 0.5 的常数, VCSLMT 是 CS 引脚限压极限值。

在使得去磁时间与开关周期的比例保持一个常数后,输出的电压和电流就都与变压器的电感值无关了,因此在实用层面上降低了应用方案对同批次电感感值一致性的要求,从而降低了大规模生产加工的成本。

与此同时,原边反馈系统还会面临线缆压降的问题。因为系统不是直接采样输出端(次级绕组整流后)的电压,而是通过采样辅助绕组的去磁结束点的电压来控制环路反馈的,因此,当输出线较长或者线径较细时,在负载线上会存在较大的内阻(例如在充电器方案中)。在负载电流变化较大的情况下,输出线的末端电压也会有较大变化。在 CV 模式下,这种变化在某些场合是不能接受的,因此,原边反馈驱动芯片还应该提供对线缆压降补偿的功能,这个功能通常是通过在 INV 脚上拉一个小电流来实现的。通过预估补偿值来调节连接在 INV 脚上的分

压电阻的总阻值（分压比例不变），从而补偿不同负载线型和负载大小带来的线缆压降，以维持 CV 曲线的水平性（如图 2 中的 CV 曲线）。

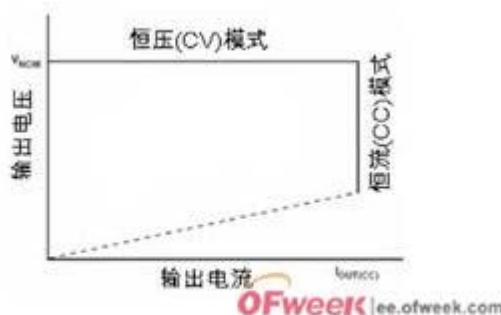


图2原边反馈AC-DC控制器的工作模式示意图

此外，一款好的原边反馈 AC-DC 控制器还应该具备优秀的 EMI 特性，对于传导和辐射这两方面的干扰都应该尽可能降低，目前常见的做法是采用抖频技术和驱动信号柔化技术。抖频技术是指在开关频率的基频基础上引入一个小幅度的频率变化值，以此来降低在开关频率点上的频谱能量强度，优化 EMI 特性。而驱动信号柔化技术则是指将驱动 MOS 管栅极的驱动信号的开启沿（上升沿）变得比较平滑，以减小 MOS 管开启瞬间的能量传导和辐射，从而进一步优化 EMI 特性。

芯联半导体推出的 CL1100 就是一款具备初级（原边）调节技术、变压器容差补偿、线缆补偿和 EMI 优化技术的原边反馈 AC-DC 控制器，并且具有多种保护功能，例如软启动、逐周期的过流保护（OCP）、CS 采样端前沿消隐（LEB）、以及过压保护（OVP）和欠压保护（UVLO）。实测的 CL1100 的恒压/恒流特性曲线如图 3 所示，该芯片可将恒压/恒流精度都控制在 $\pm 3\%$ 之内。

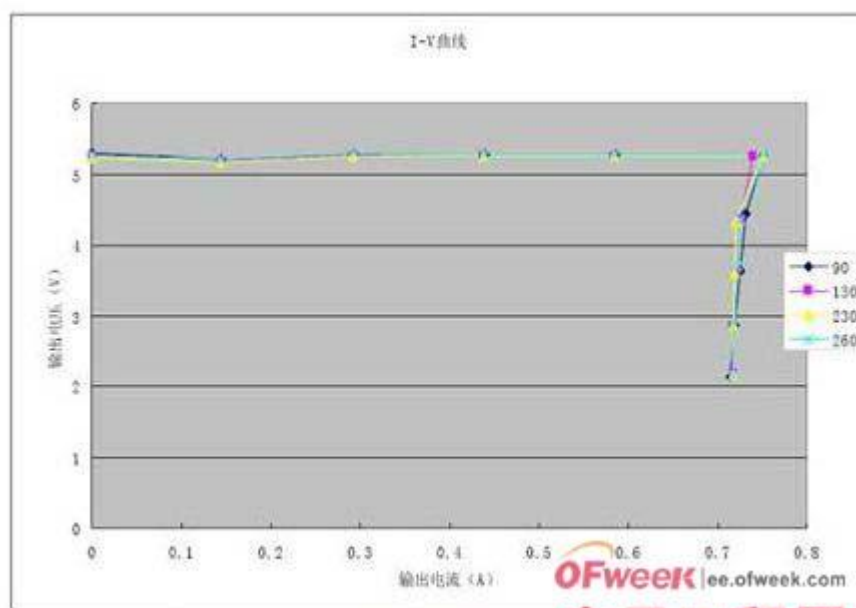


图3 CL1100的实测 CV/CC 拟合曲线。

本文小结

随着小功率隔离 AC-DC 的应用向更低成本及更小体积的趋势发展,原边反馈的 AC-DC 控制芯片应运而生。为了满足高精度的恒流和恒压应用要求,原边反馈控制芯片采用了初级(原边)调节技术、变压器容差补偿、线缆补偿和 EMI 优化技术。这些技术的采用保证了原边反馈的 AC-DC 控制芯片对于应用电源范围,不同特性的负载以及元器件批次容差都具有了很强的适应性,因而成为一种可以广泛应用于不同场合的控制技术。

OFweek 电子工程网