

基于HC32F334的 3kW 两相交错全桥LLC 参考设计简介

参考设计规格

- 输入电压: DC 380-420V
- 输出电压: DC 48V
- 功率: 3000W
- 峰值效率: 97%
- 谐振频率: 142 kHz
- 两相均流度: >95%
- 输出纹波: <1%

参考设计主要性能优势

- 基于自主知识产权的数字电源控制器方案
- 交错式LLC减少输出纹波电流和输出母线电容
- SR同步整流驱动自驱和软件控制相结合
- 全桥四开关管MOS独立PWM, 均流控制灵活
- 保护功能齐全: 过温, 输出过流, 输入过欠压保护, 输出过压保护等
- 效率高达97%

HC32F334控制器主要功能

丰富的片上模拟外设:

- 3 个 12 位 2.5MSPS ADC, 高达22路可同时使用
- 3 个 高速比较器 CMP, 响应时间30ns
- 3 个 12位模拟 DAC, 比较阈值可设置可对外输出

灵活的数字模块:

- M4 32位RISC 120MHz CPU
- 36KB RAM 和 128KB FLASH
- 2*6路130ps高精度PWM, 支持高精度周期、高精度占空比和高精度错相
- 10个事件驱动的时序引擎
- 可编程逻辑阵列PLA
- 带FPU和DSP内核
- 集成EMB功能
- 8通道DMA, 灵活的触发源, 支持连锁传输

参考设计简介

交错式LLC电源拓扑能大幅度降低LLC输出纹波, 有效减少输出侧滤波电容, 从而减少系统体积; 扩大单相LLC变换器的输出功率容量, 相比直接并联, 多相交错后相间易于均流; 轻负载时还可以以单相全桥模式工作。所以已经广泛应用在中大功率工业领域。小华HC32F334专用数字电源控制器结合了交错LLC的发波时序和保护需求, 完全自主开发设计, 支持12路130ps高精度HRPWM。

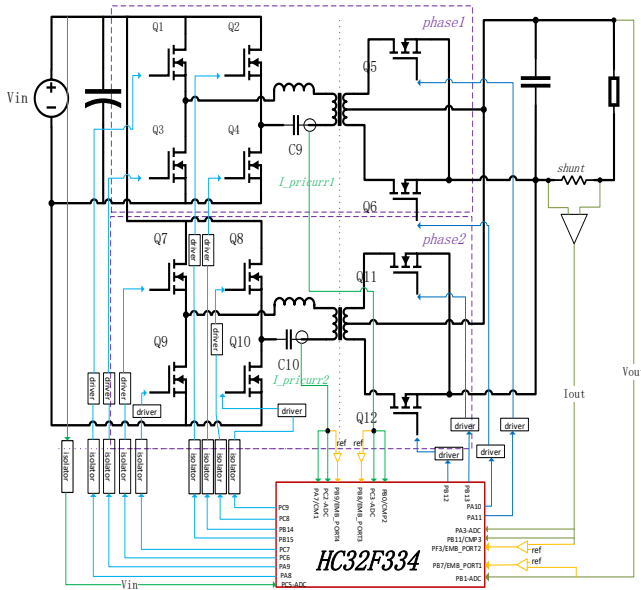
本参考设计反馈量主要为输出电压和两路原边LLC谐振腔电流。输出电压反馈主要用于通过调整LLC的开关频率实现稳压的目的; 两路原边LLC谐振腔电流通过互感器采样后将高频电流信号经过RC滤波为低频信号并送往HC32F334的ADC采样口, 通过对比两路电流的大小从而调整LLC的相位角度实现两相LLC的电流均流的目的。两相LLC交错发波的驱动移相由高精度HRPWM实现, 包含了稳态相位和动态相位以及时序的控制。

为了提高整机的效率和提高功率密度, 输出采用SR整流器。SR驱动采用自驱芯片, 但实际工程中可能会在某些动态时, SR驱动存在异常发波, 所以冗余了软件控制。主要为优化关断控制以及开关控制, 提高SR驱动的效率。

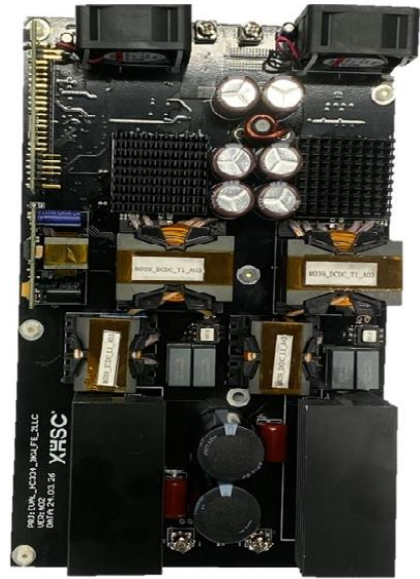
经参考设计测试验证, 基于小华HC32F334芯片的交错式全桥LLC具有效率高、线性度高、均流特性好、稳定性强等显著优点。该设计最高效率高达97%, 全负载范围内原边均能实现软开关, 且能够对故障做出快速的响应, 避免系统的失效。

结论

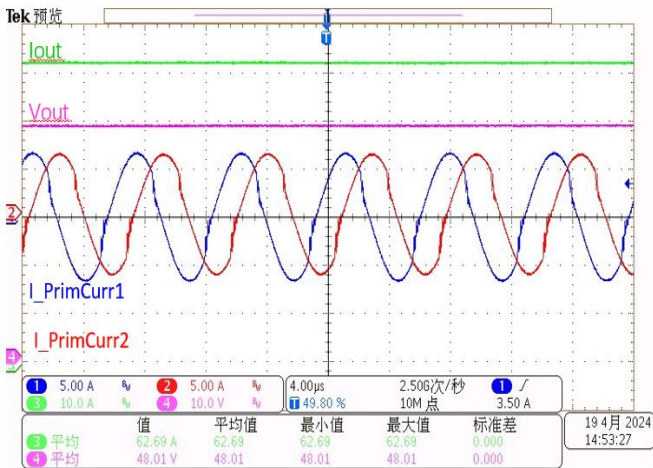
通过使用小华HC32F334芯片进行的两相全桥交错LLC的系统开发, 验证了HC32F334芯片完全能够胜任PWM发波较为复杂的数字电源应用场景; 高效的系统设计、出色的性能指标以及完整的故障保护机制, 验证了HC32F334芯片针对数字电源设计的优异性能。



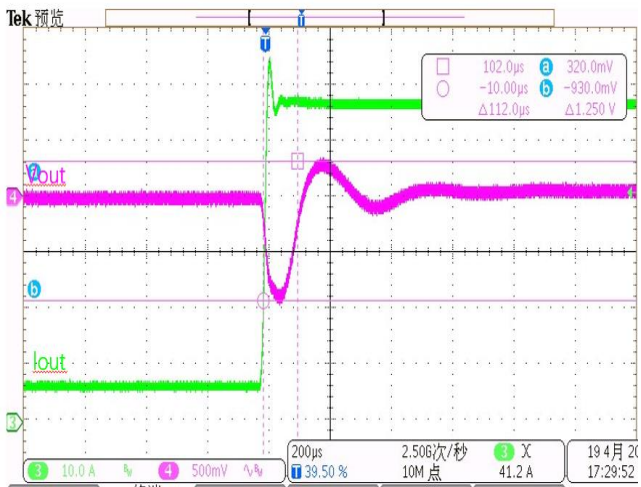
交错LLC系统框图



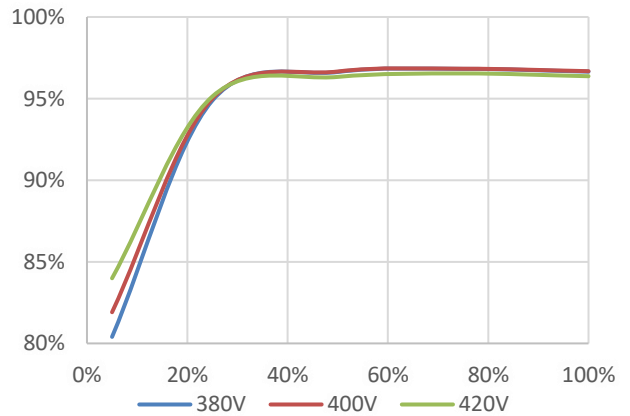
实物图



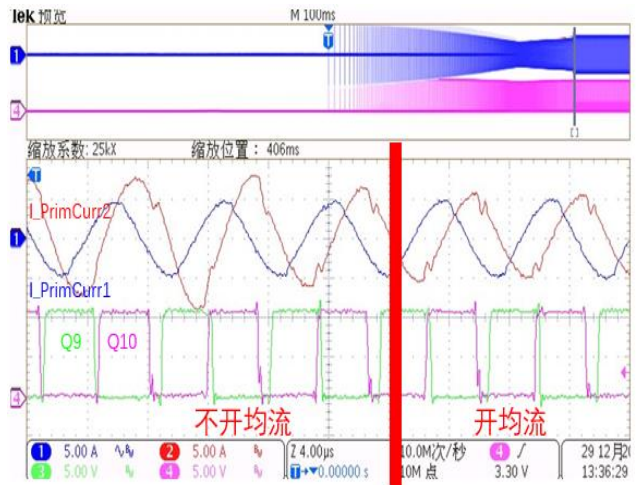
满载输出



动态 (10%到90%, 2.5A/us)



效率曲线



谐振腔电流 (不开均流->开均流)