



ON

安森美半导体
ON Semiconductor®

业界首款电流模式 LLC AC-DC 控制器 NCP1399



议程

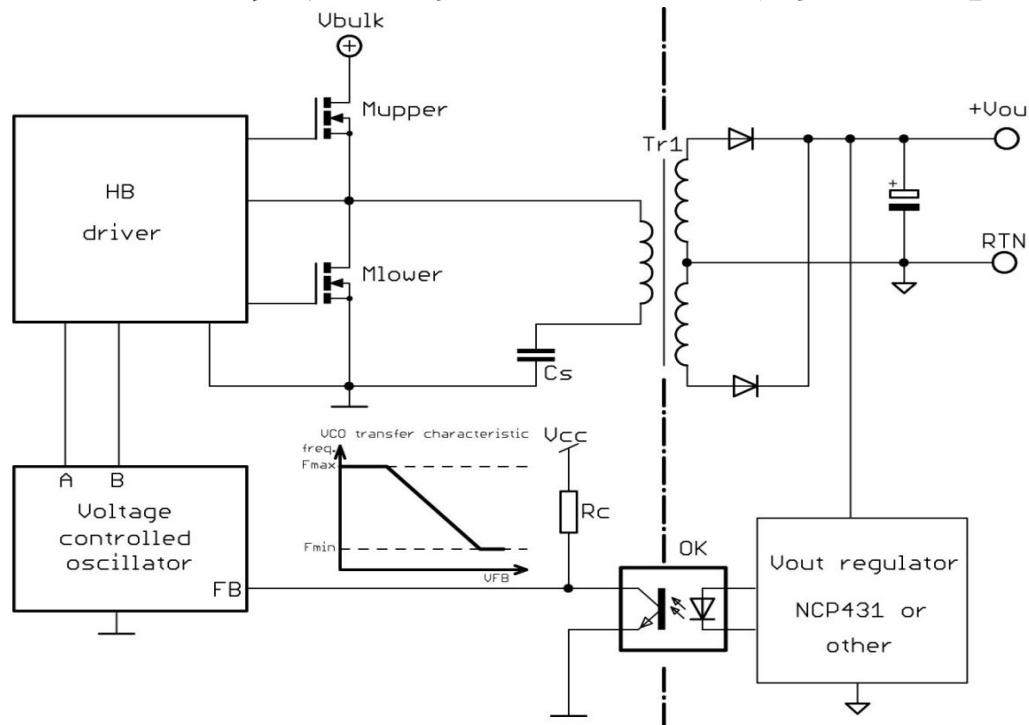
- 1) 传统的电压模式LLC控制器的存在风险及限制
- 2) NCP1399 LLC 应用原理图
- 3) NCP1399 LLC AC-DC控制器电流模式控制
算法及其优势
- 4) NCP1399如何实现满载和轻载时的高能效及
超低待机能耗
- 5) NCP1399专用的控制提供强固的保护
- 6) NCP1399评估板
- 7) 总结



1. 传统的电压模式LLC控制器的 存在风险及限制

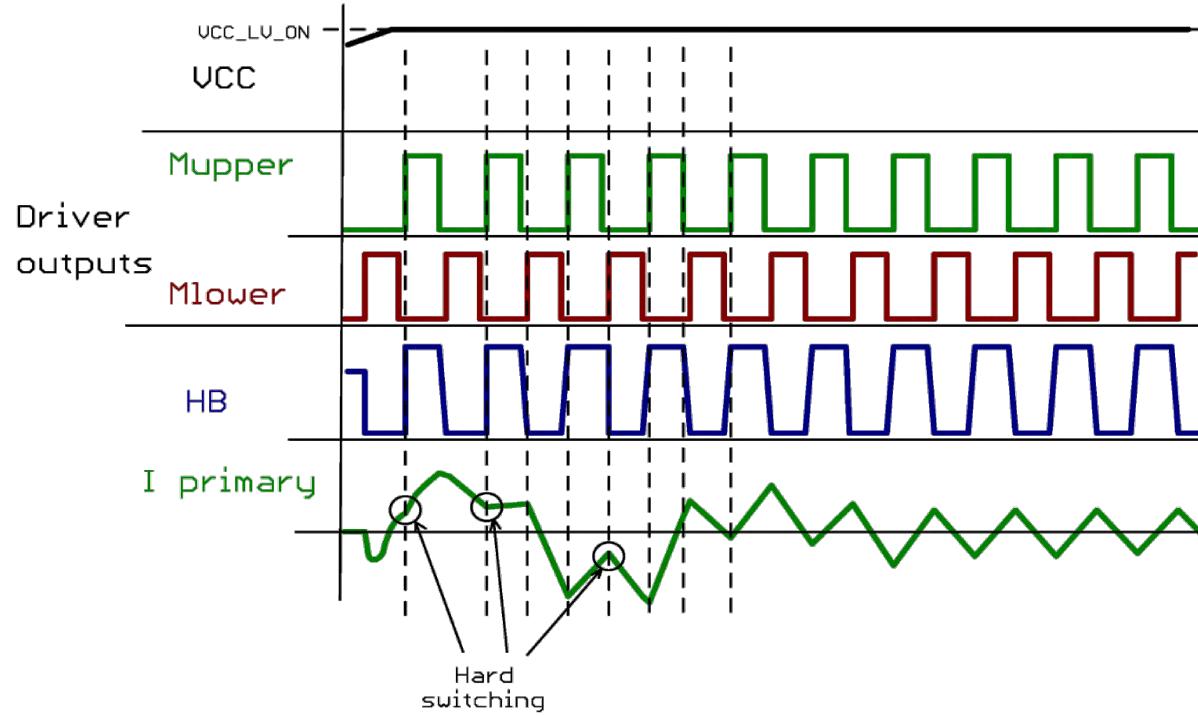


传统的电压模式控制的原理图



- 用于当今所有的谐振控制器
- 次级稳压器改变压控振荡器(VCO)频率从而实现稳压
- 限制及潜在风险**
- 没有直接连接到初级端电流 需要额外的过载及短路系统
- 次级命令系统强制提供较低交叉频率 低瞬态响应

启动序列

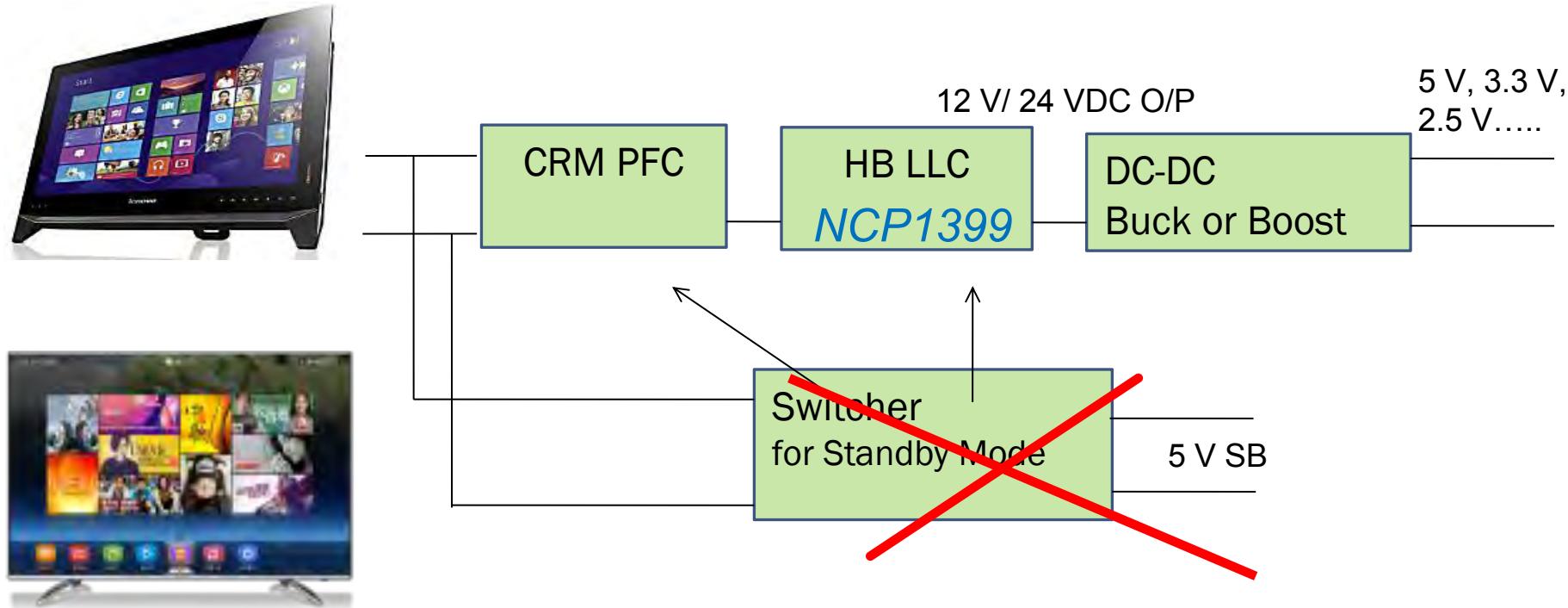


LLC启动行为受一些初始条件影响:

- 谐振回路的元件
 - 实际的谐振电容电压
 - 启动阶段的输出电压(不一定是零)
 - 启动PFC大电容电压和初始导通时间
- => 在所有条件下避免硬开关是不容易的

传统LLC实现低待机功耗的限制

大屏幕电视或一体化电脑电源系统

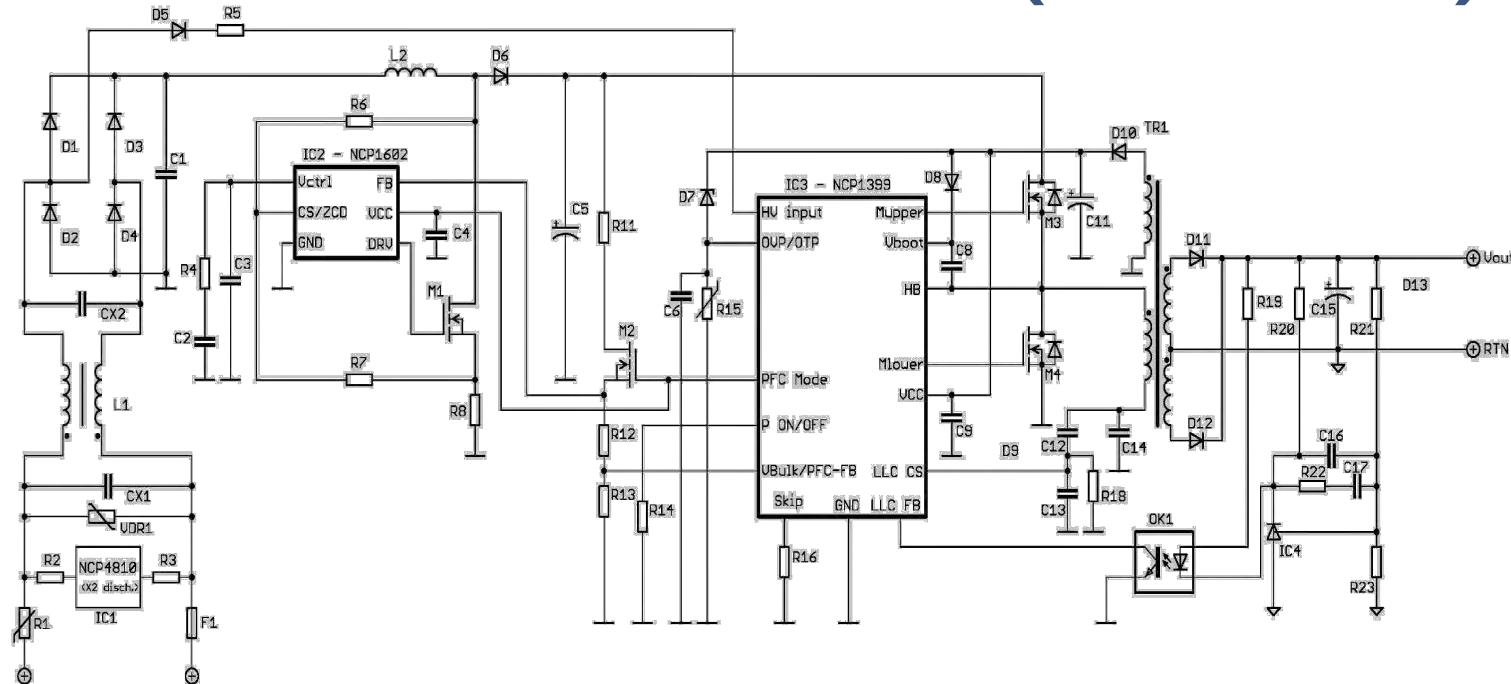


2. NCP1399 LLC 应用原理图



NCP1399 典型应用原理图1

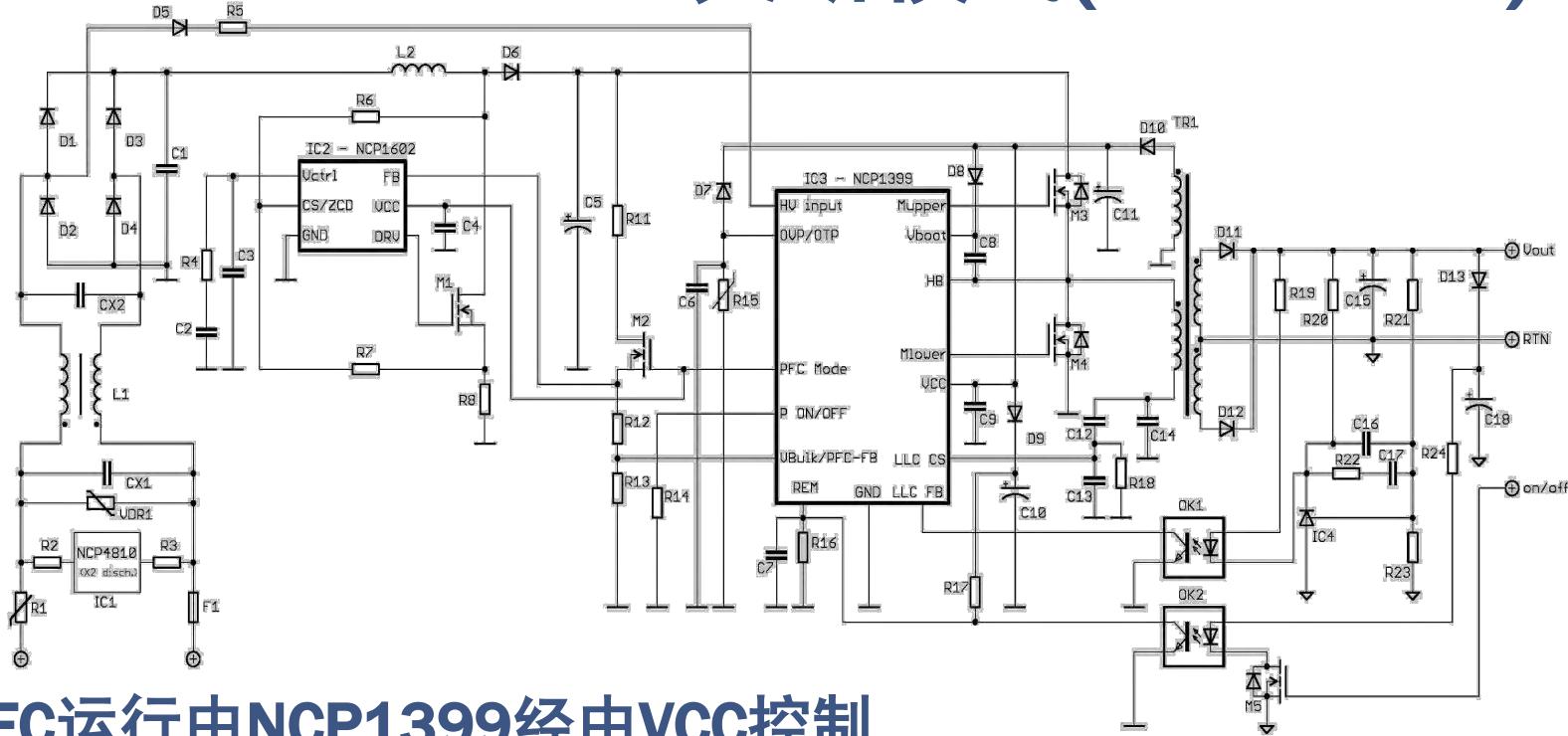
- PFC+“Active OFF”关断模式 (OFF-Mode)



- PFC运行由NCP1399经由VCC控制
- 共享及开关式PFC FB和 LLC BO 电阻分压
- “Active OFF”关断模式版本(NCP1399Ax)采用”Skip”引脚调整进入Skip Mode 的负载状态及侦察FB电压低於VB_remote_off进入关断模式

NCP1399 典型应用原理图2

- PFC+“Active ON” 关断模式(OFF-Mode)



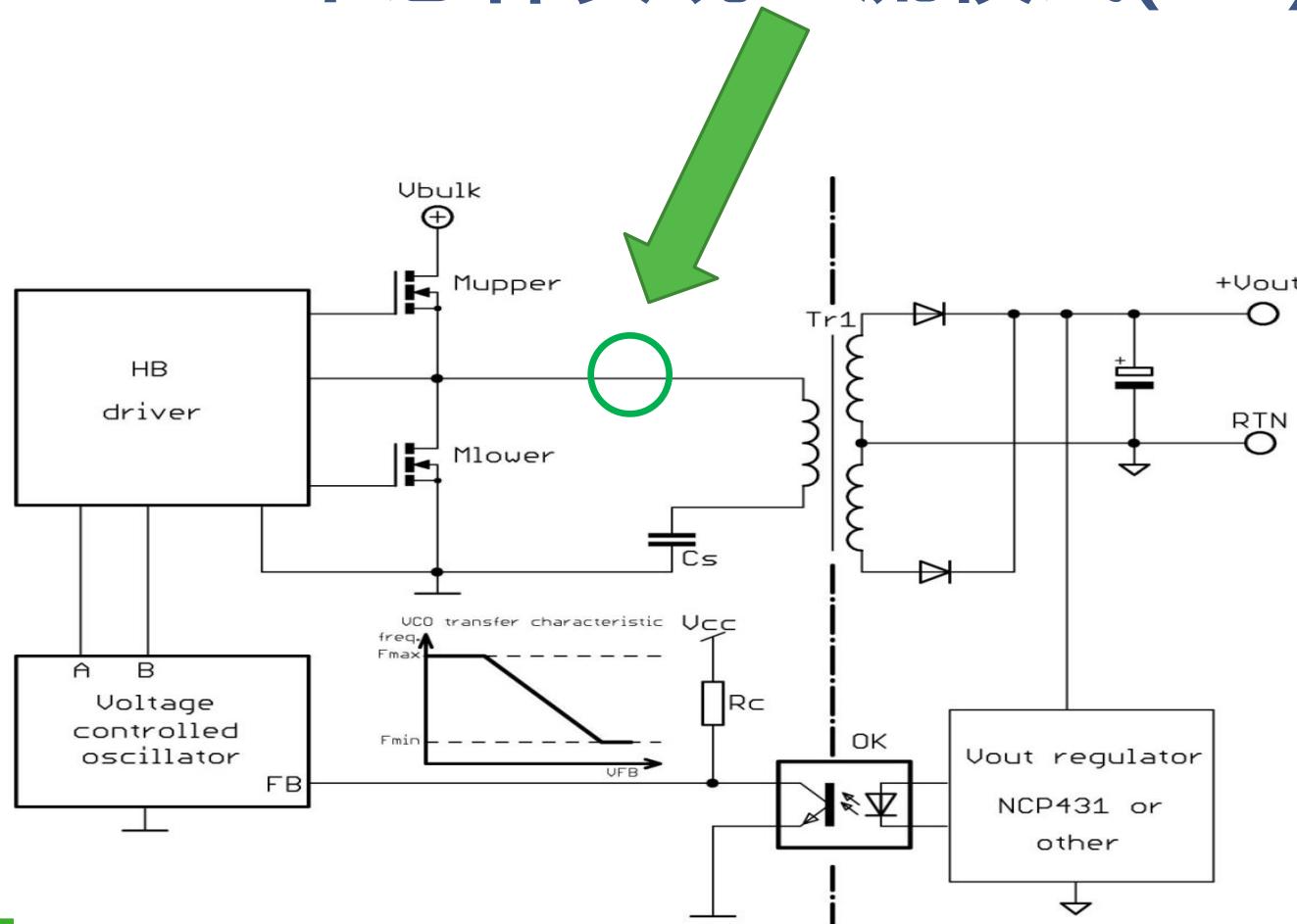
- PFC运行由NCP1399经由VCC控制
- 共享及开关式PFC FB和 LLC BO 电阻分压
- “Active OFF” 关断模式版本 (NCP1399Bx)采用內部設定的”Skip Mode”门栅 (IC内部可编程), 及運用獨立的光耦制REM 引脚而进入关断模式

3. NCP1399 LLC AC-DC控制器电流 模式控制算法及其优势



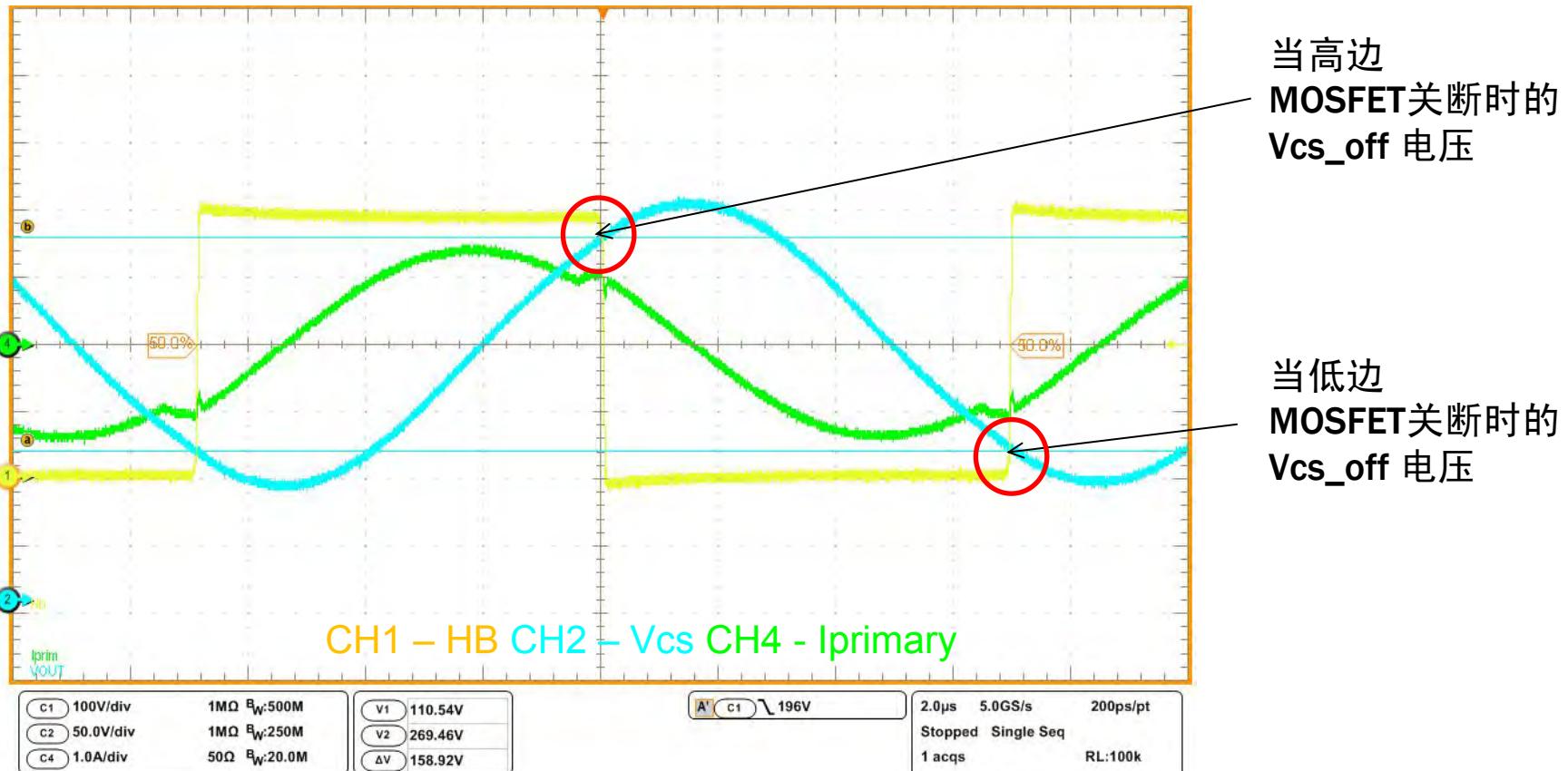
LLC I_{pri}. 电流信号 - 实现电流模式控制

在NCP1399中怎样实现电流模式(CM)控制?



电流模式控制 – 1

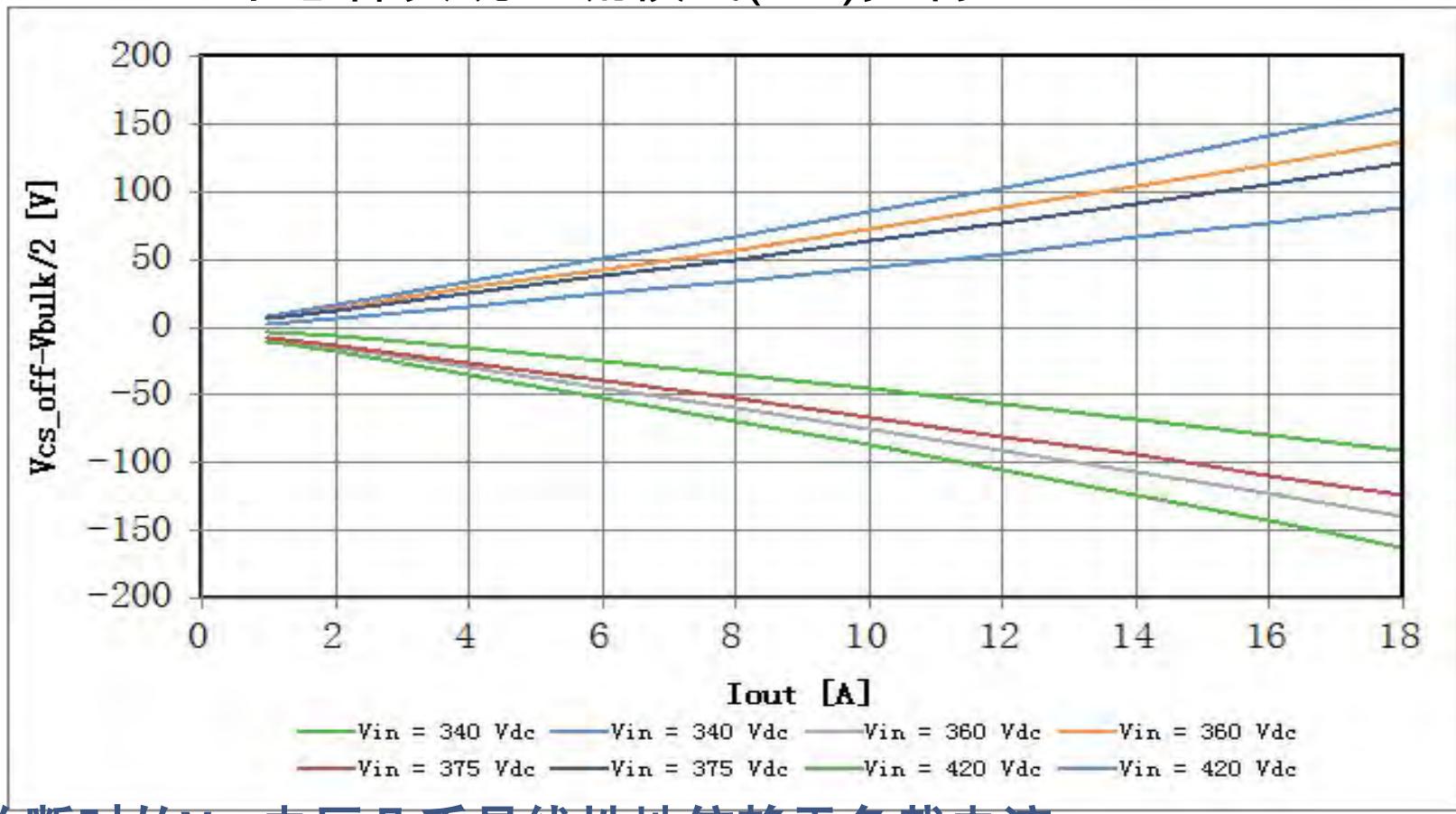
在NCP1399中怎样实现电流模式(CM)控制?



谐振电容集成初级电流(Iprimary) => Vcs电压与初级电流成正比
在关断期间Vcs电压有正或负斜率
=> Vcs与初级电流的关係可用来实现电流模式控制

NCP1399电流模式控制 – 2

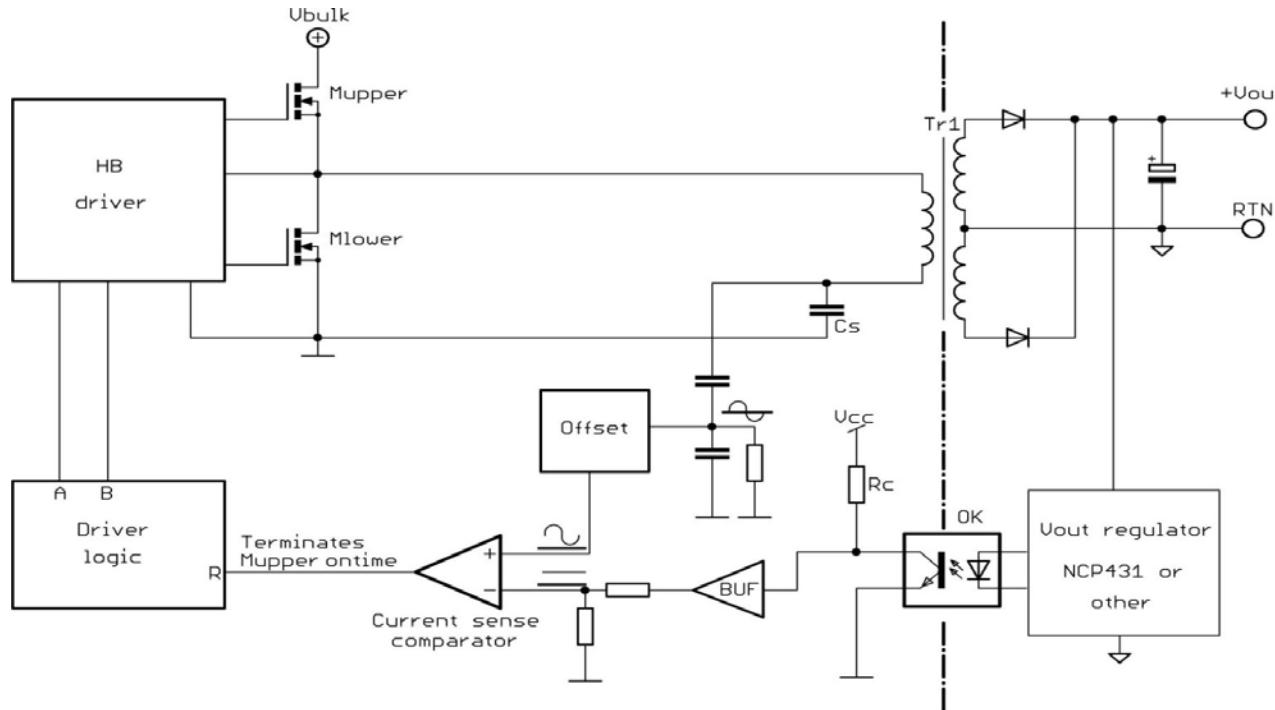
在NCP1399中怎样实现电流模式(CM)控制?



- 关断时的 V_{CS} 电压几乎是线性地依赖于负载电流
- V_{CS} 关断电压曲线随 V_{bulk} 变化
- => V_{CS} 分压可用来实现电流模式LLC控制

NCP1399电流模式控制 – 3

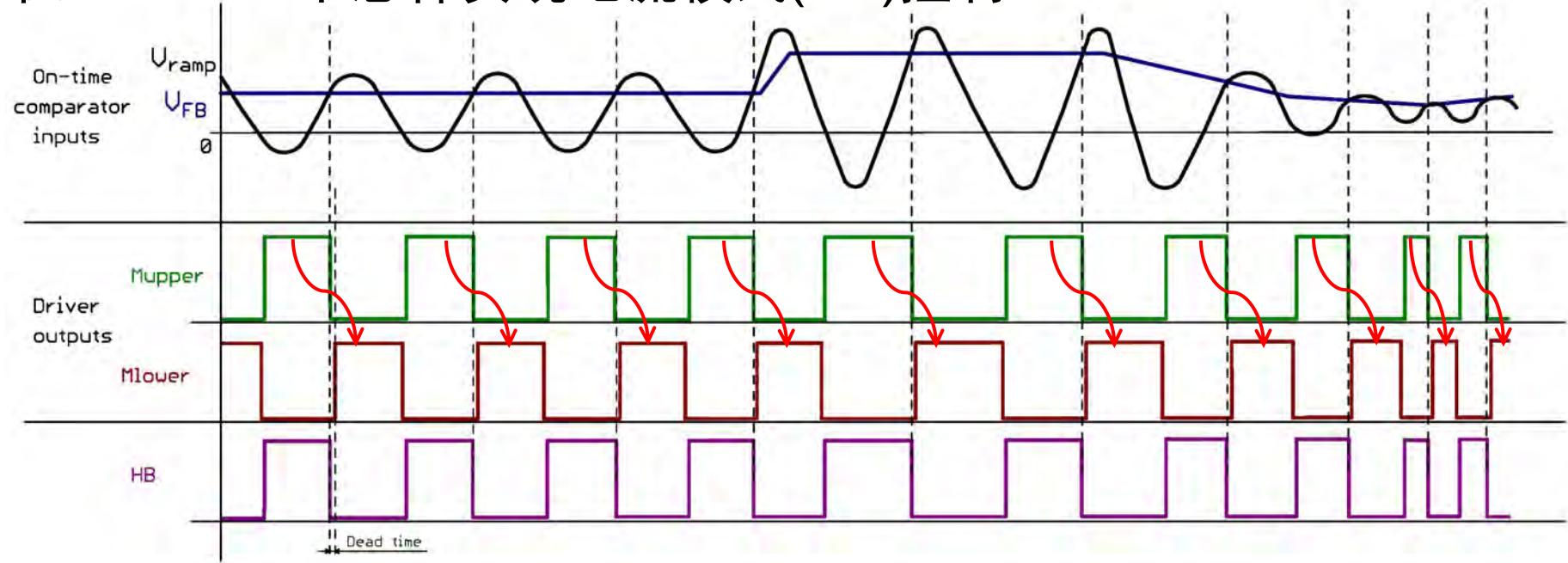
在NCP1399中怎样实现电流模式(CM)控制?



- 只用正谐振电容斜率来定义Mupper导通时间
- 偏移加至Vcs分压信号，以避免轻载时光耦饱和
- 根据FB引脚电压和Vcs电压斜率(反映通过初级电流的线路和负载条件)通过系统自动调节Mupper导通时间
- 然后同样的导通时间被复制用于Mlower MOSFET，确保完美对称的直流

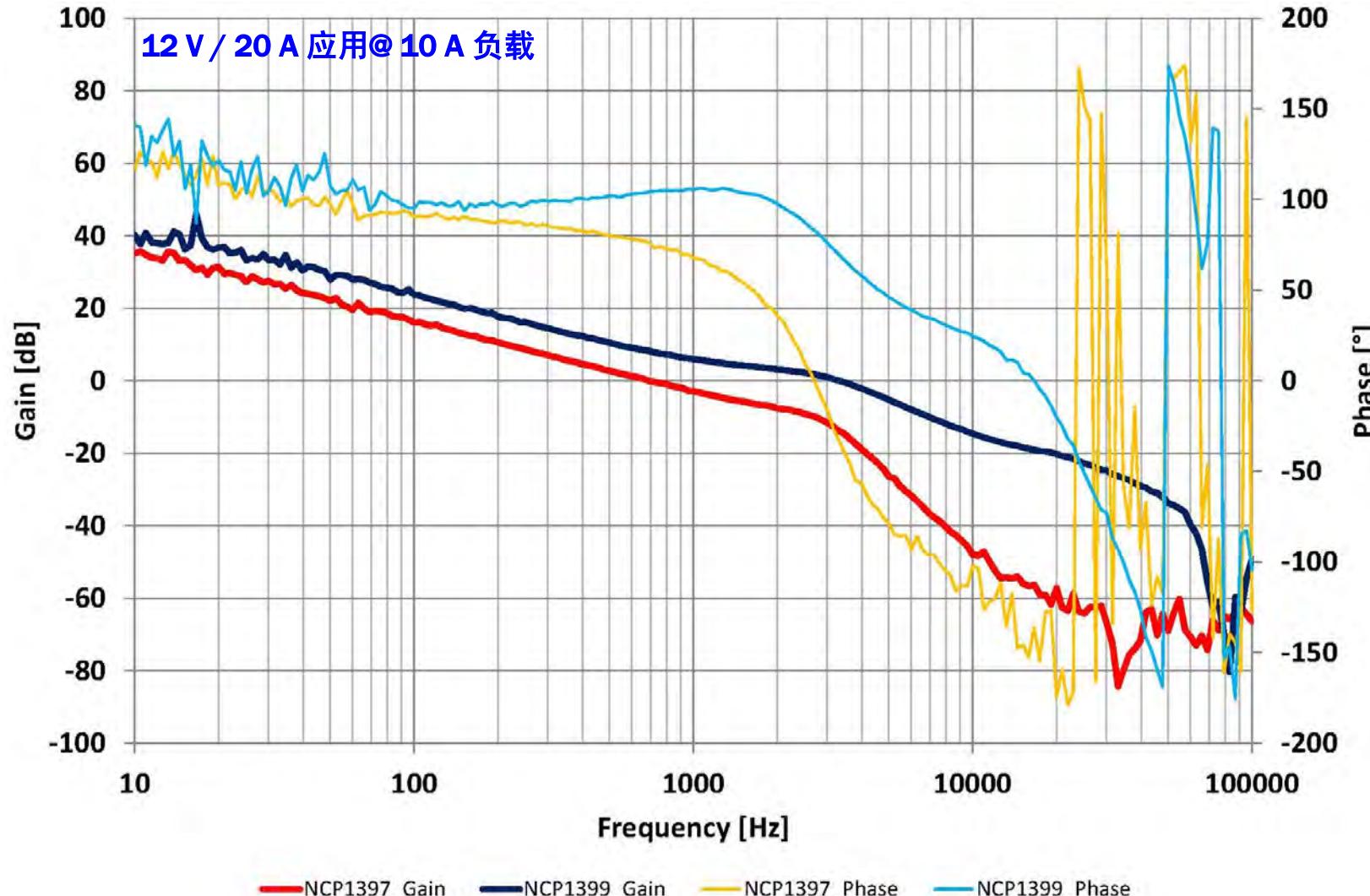
NCP1399 电流模式控制 – 4

在NCP1399中怎样实现电流模式(CM)控制?



- 只用正谐振电容斜率来定义Mupper导通时间
- 偏移加至Vcs分压信号，以避免轻载时光耦饱和
- 根据FB引脚电压和Vcs电压斜率(反映通过初级电流的线路和负载条件)通过系统自动调节Mupper导通时间
- 然后同样的导通时间被复制用于Mlower MOSFET，确保完美对称的直流

波特图：电压模式与电流模式LLC比较



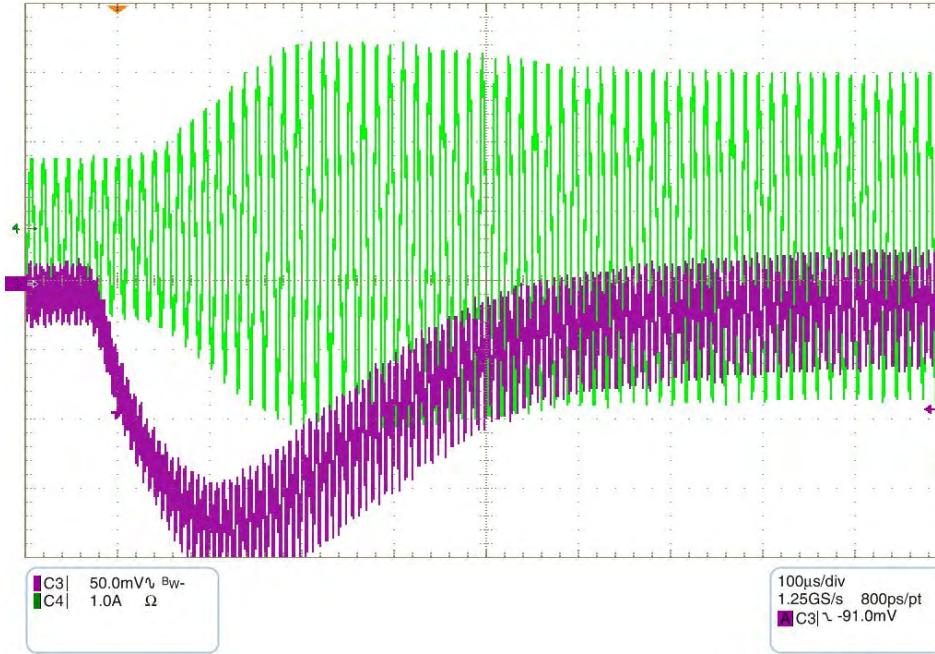
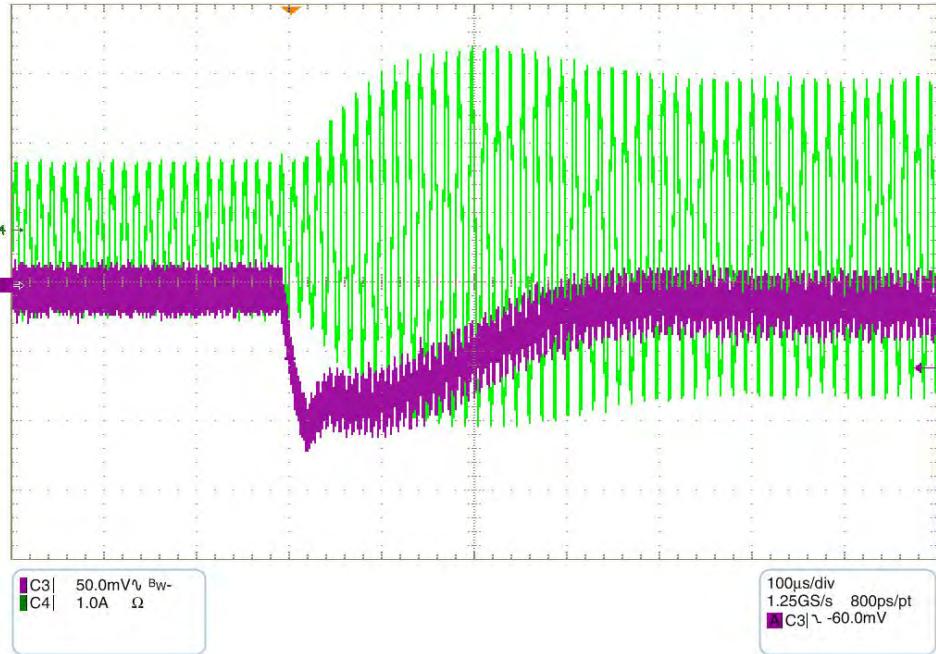
➤ 电流模式控制比传统电压模式提供高得多的 f_0 !!

動態负载响应比較

电流模式(CM) LLC – NCP1399

Vin = 385 Vdc, Iout = 4 至 18 A

VM(电压模式) LLC



CH2 – Vout CH3 – FB CH4 - Iprimary

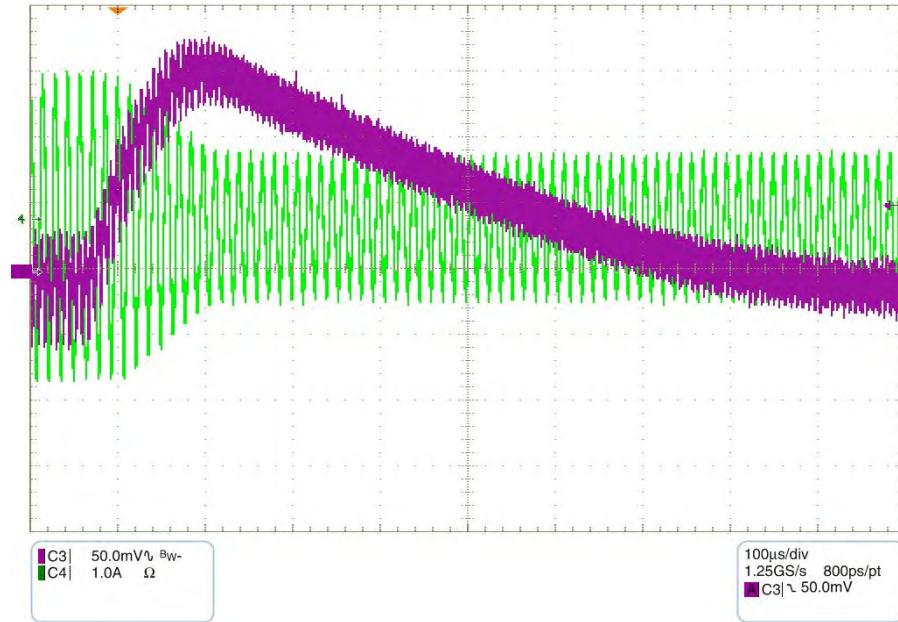
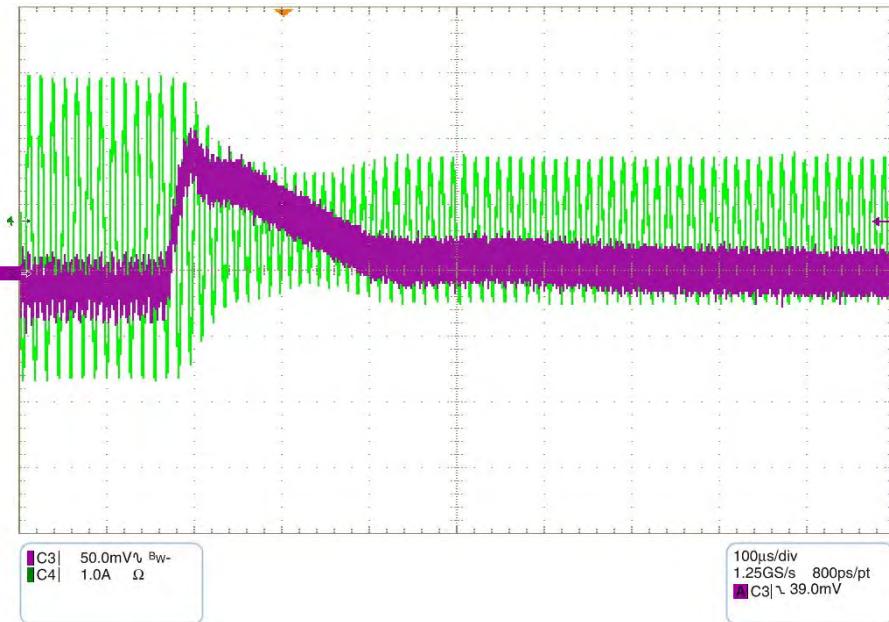
➤ 电流模式(CM) LLC 提供更低压降和更快稳定响应

动态负载响应比较

电流模式(CM) LLC - NCP1399

VM(电压模式) LLC

V_{in} = 385 Vdc, I_{out} = 18 至 4 A



CH3 – Vout CH4 - Iprimary

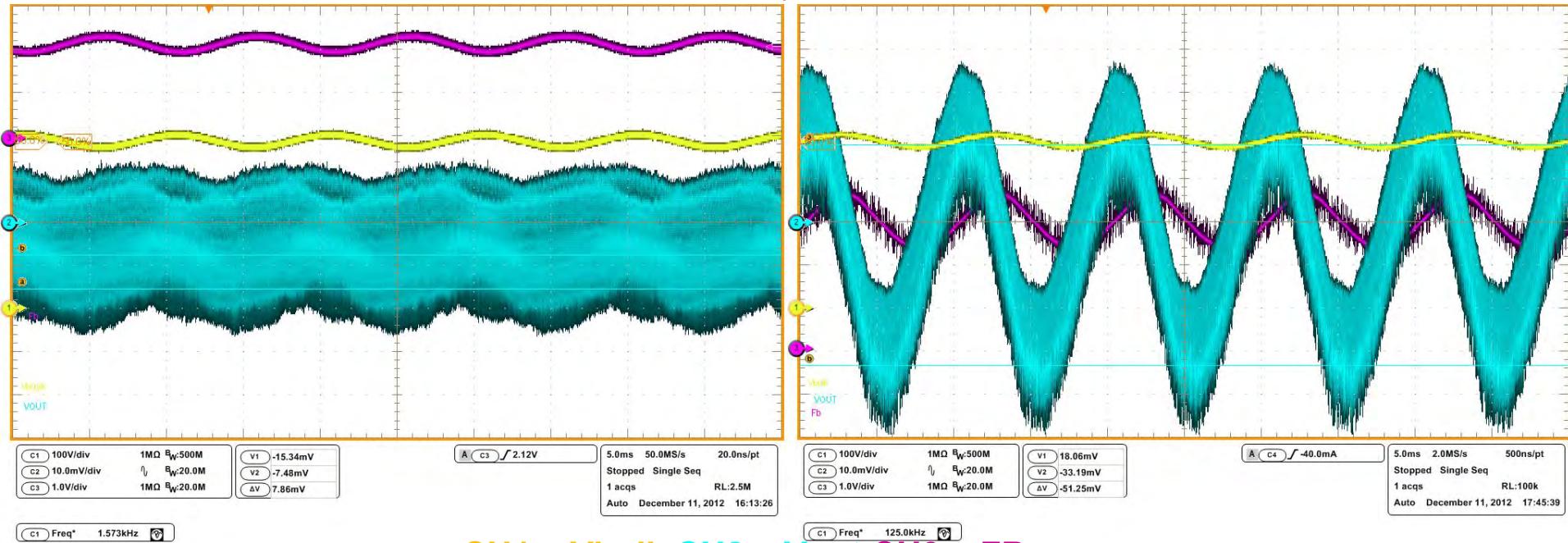
-电流模式(CM) LLC提供更低过冲(overshoot)和更快稳定响应

线性纹波抑制比较

CM LLC - NCP1399

V_{in} = 385 Vdc + 10 Vac/100 Hz, I_{out} = 10 A

VM LLC



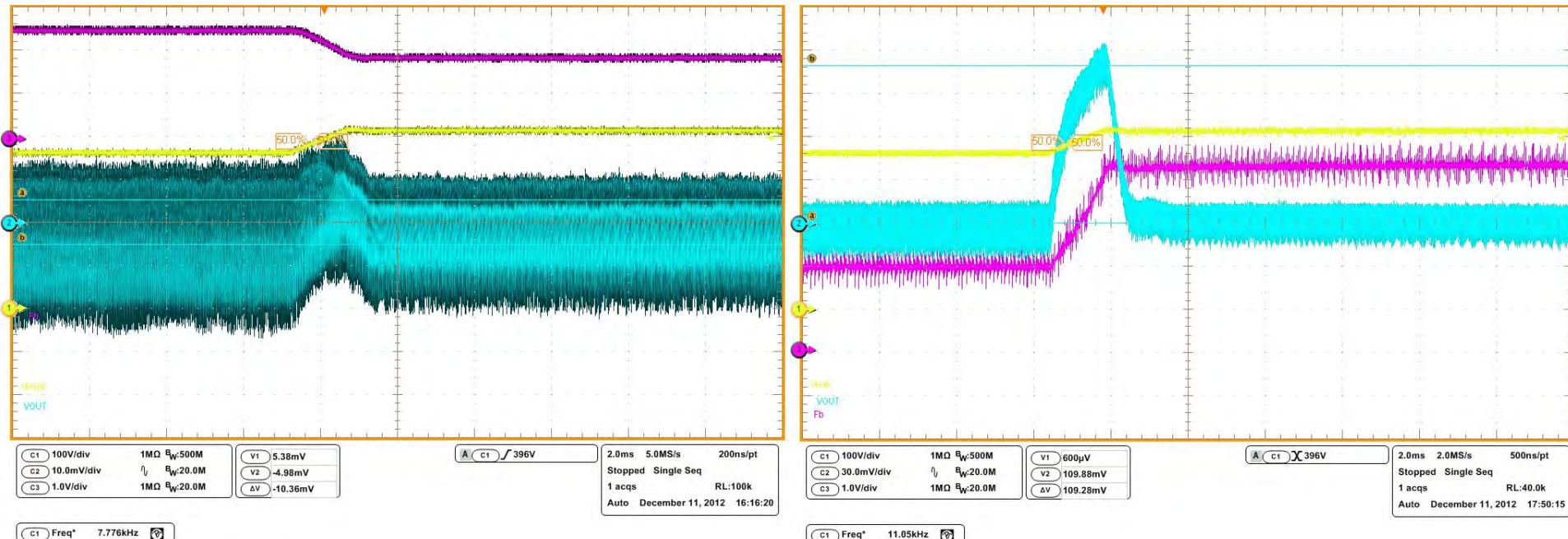
- 电流模式(CM) LLC 控制抑制线性纹波比压控振荡器(VCO)LLC好5倍
- 电流模式(CM) LLC 控制的与V_{bulk}有关的V_{out} 纹波可以忽略不计

线性瞬态比较

CM LLC - NCP1399

VM LLC

Vin = 360 to 410 Vdc, Iout = 10 A



CH1 – Vbulk CH2 – Vout CH3 – FB

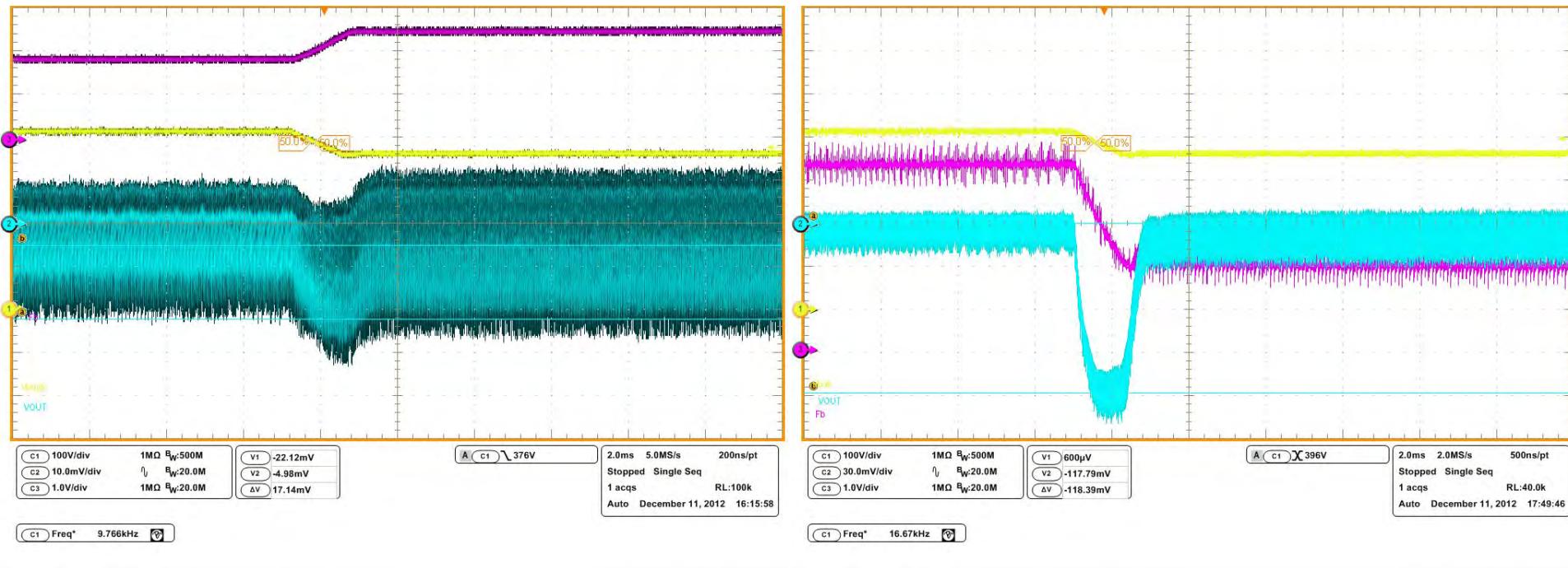
- 电流模式(CM)LLC控制提供较压控振荡器(VCO)LLC控制小10倍的过冲(overshoot)

线性瞬态比较

CM LLC - NCP1399

VM LLC

Vin = 410 to 360 Vdc, Iout = 10 A



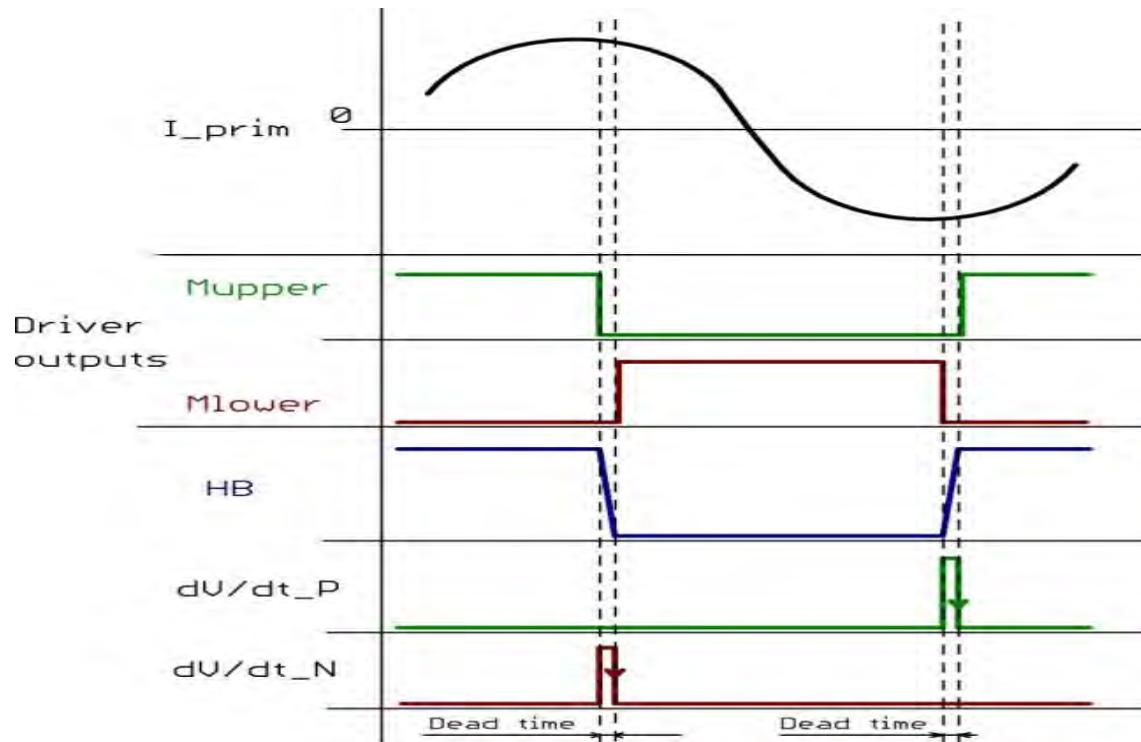
CH1 – Vbulk CH2 – Vout CH3 – FB

- 电流模式(CM)LLC 控制提供较压控振荡器(VCO)LLC 控制小10倍的压降

4. NCP1399如何实现满载和轻载时的高能效及超低待机能耗



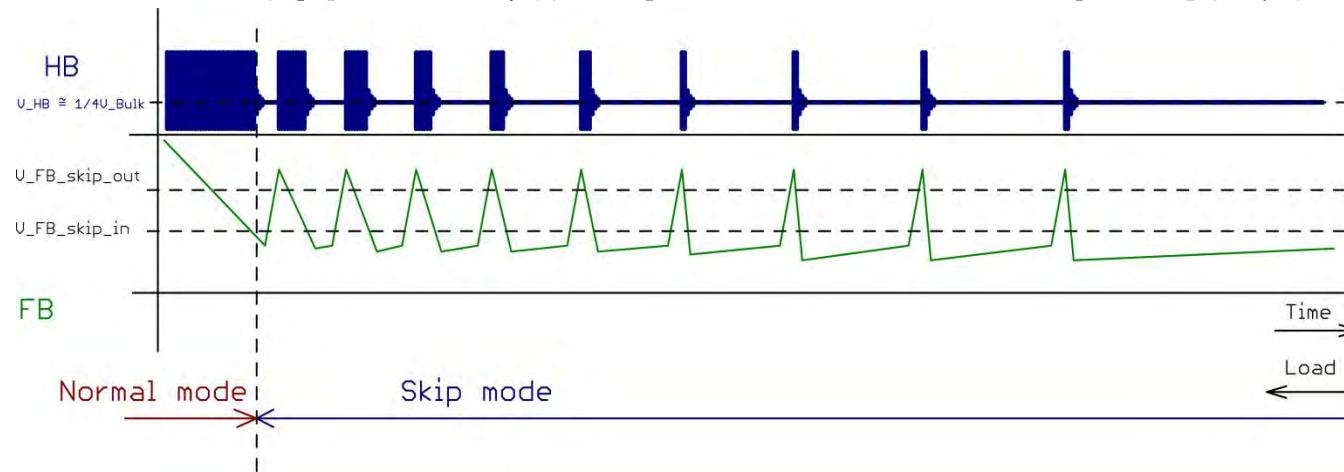
DeadTime (DT)自动调节



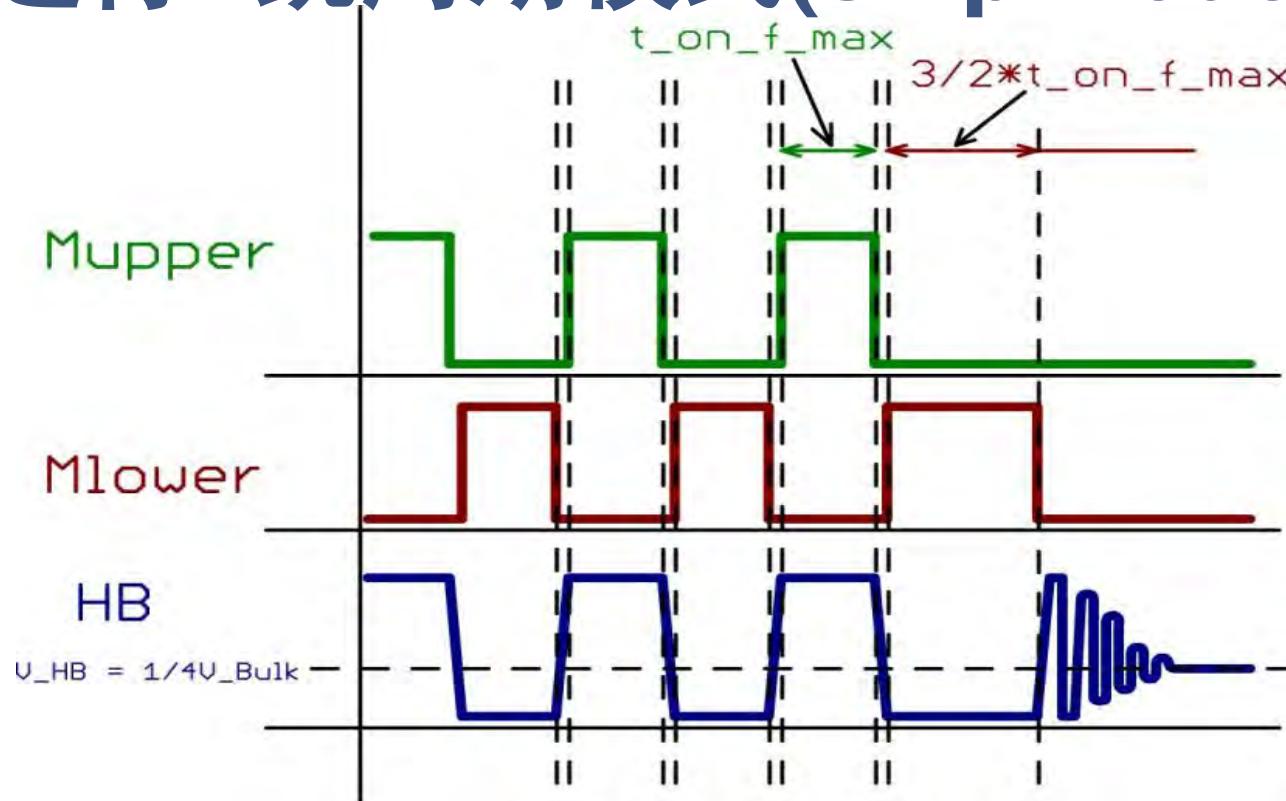
- 当检测到零电压开关(ZVS)转换， dV/dt 传感器器监测HB引脚斜率，并提供逻辑信号 从而根据谐振回路参数优化调节DT
- 提供固定的DT选择 (50, 80, 100, 150, 200, 300, 450, 600 ns)

轻载运行 - 跳周期模式(Skip Mode) 1

- NCP1399基于FB引脚电压电平执行(Skip Mode)跳周期模式
- 跳周期(Skip Mode)比较器将FB引脚电压和预选值进行比较
- 当VFB降至低于预选跳周期(Skip Mode)水平， IC经由专用关断序列进入跳周期模式(Skip Mode)。在这种运行模式下， IC功耗降低， PFC段及使用PFC模式引脚的BO/PFC FB高压分压器可被禁用
- 当FB引脚电压内部增加预选滞后， IC回到正常运行模式

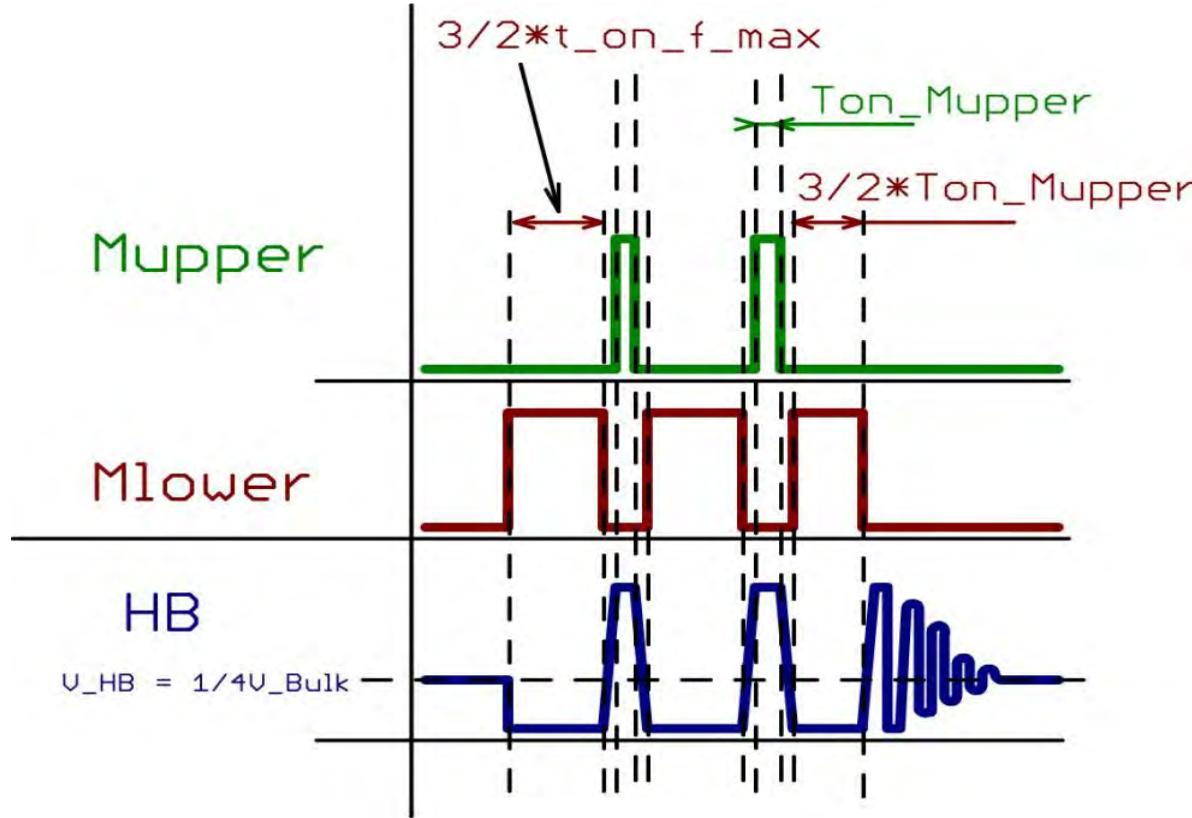


轻载运行-跳周期模式(Skip Mode)2



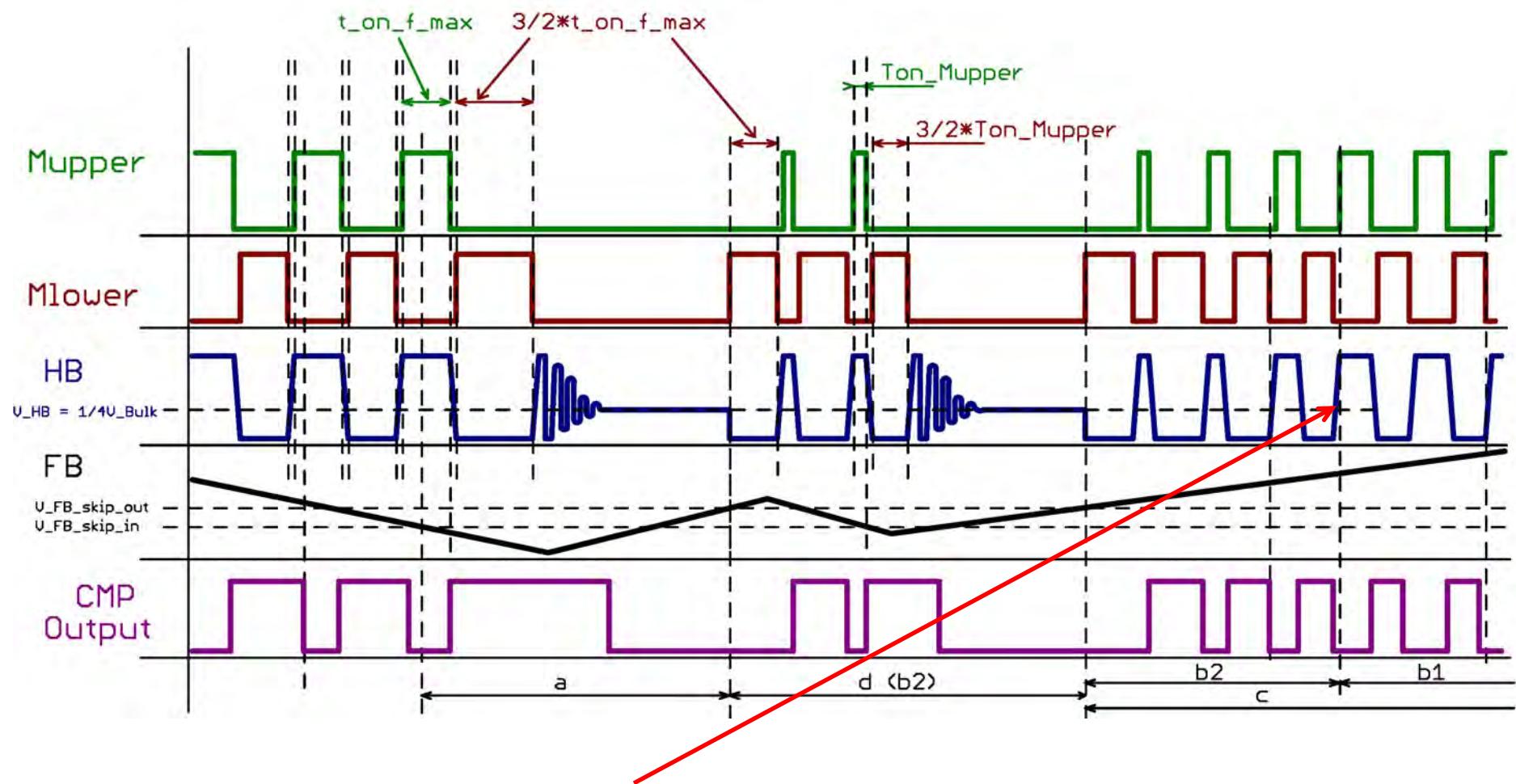
- NCP1399总是以特定的方式进入跳周期模式
- 这运行总是被Mlower驱动脉冲以导通时间等于Fmax的3/2时(或最后一个Mupper脉冲)结束
- 因此谐振电容电压保持为Vbulk*1/4 減低开关損耗

轻载运行-跳周期模式(Skip Mode)3



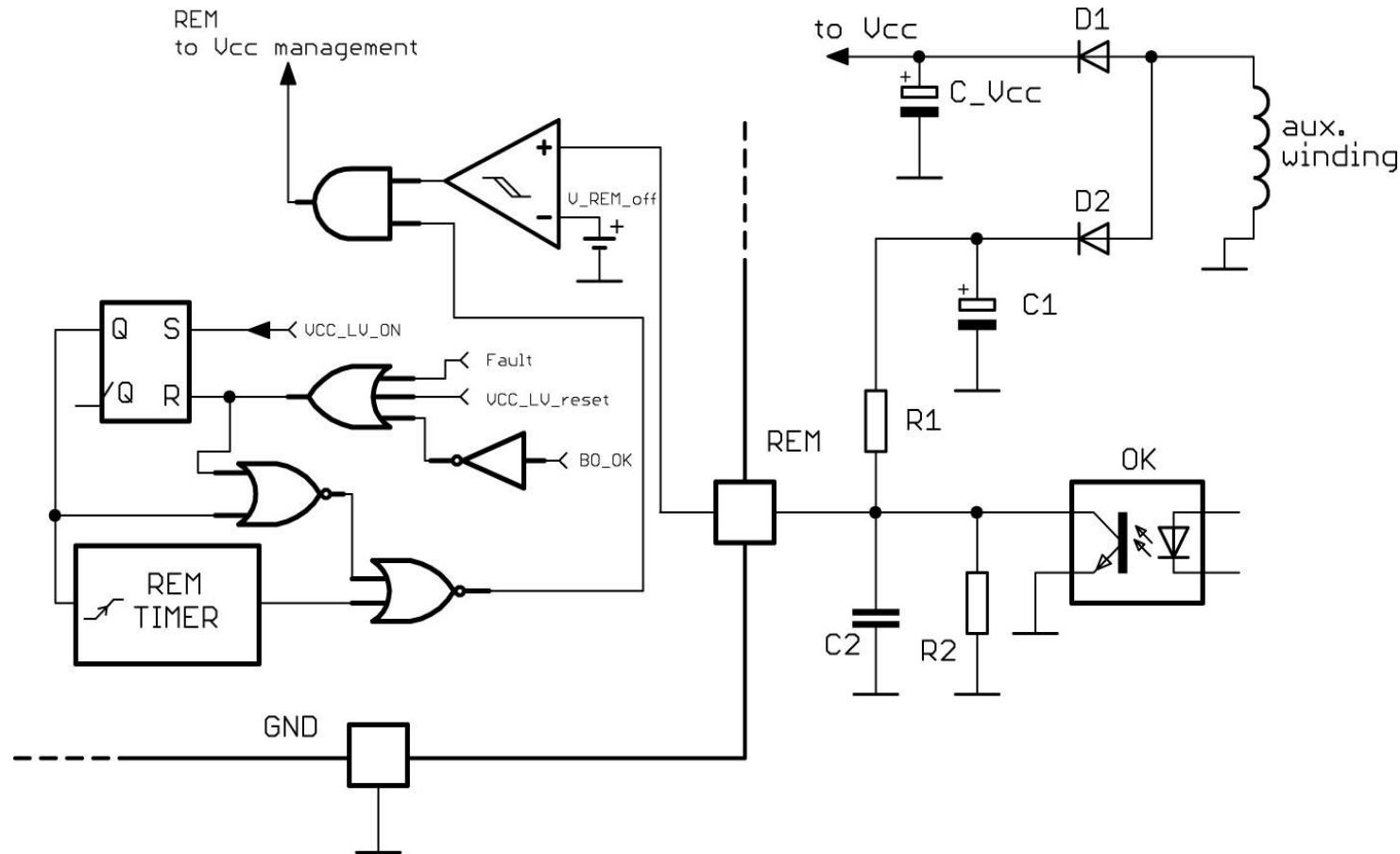
- 当从跳周期模式回到正常模式， **Mlower**的第一个脉冲被延长，对自举(bootstrap)电容进行再充电，并激励谐振回路以准备ZVS条件用于后续的**Mupper**导通进程
- 接下来的**Mlower**脉冲基于导通时间CMP信号而被延长

轻载运行-跳周期模式(Skip Mode)4



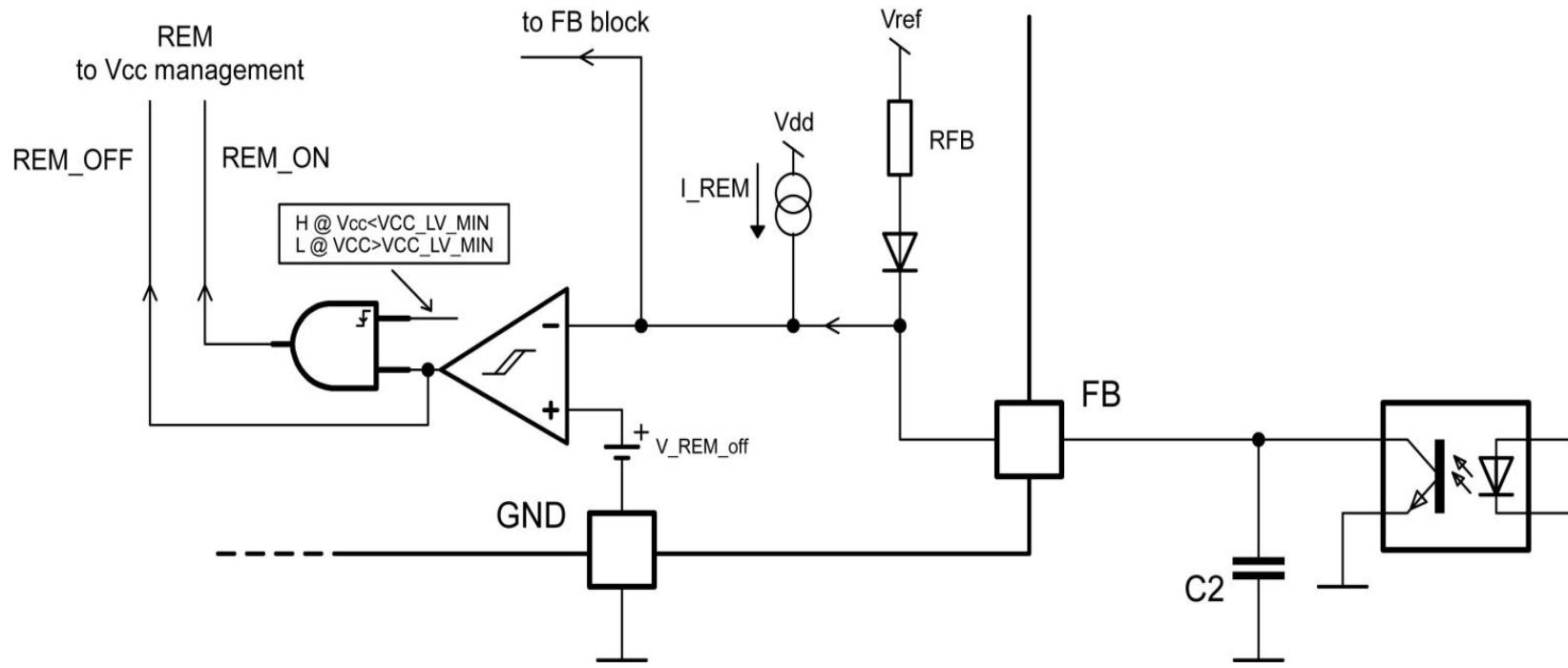
导通时间延长一直重复，直到系统达到50%的对称的占空比

Active-On Off Mode关断模式



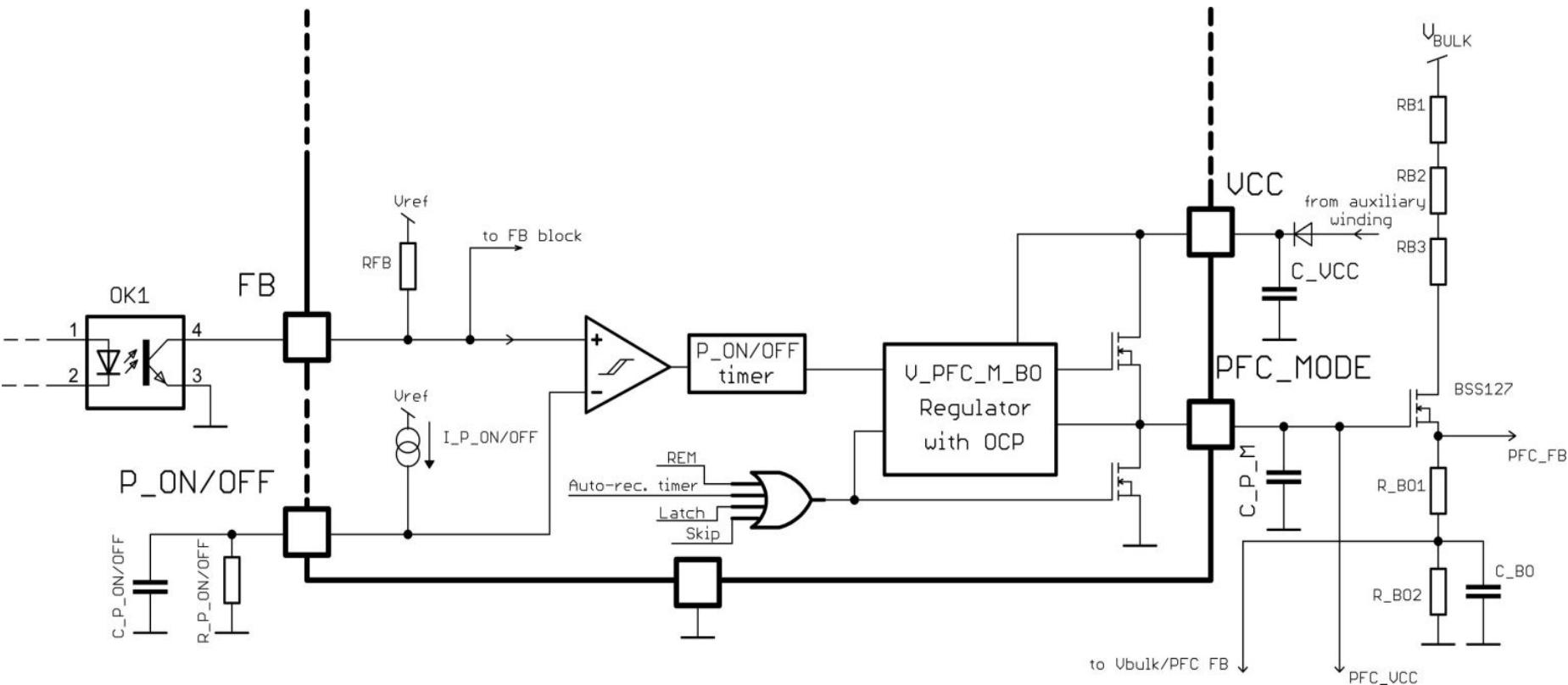
- 使用专用光耦控制关断模式
- 远程光耦关断时，将关断模式功耗降至最低

Active-Off Off Mode关断模式



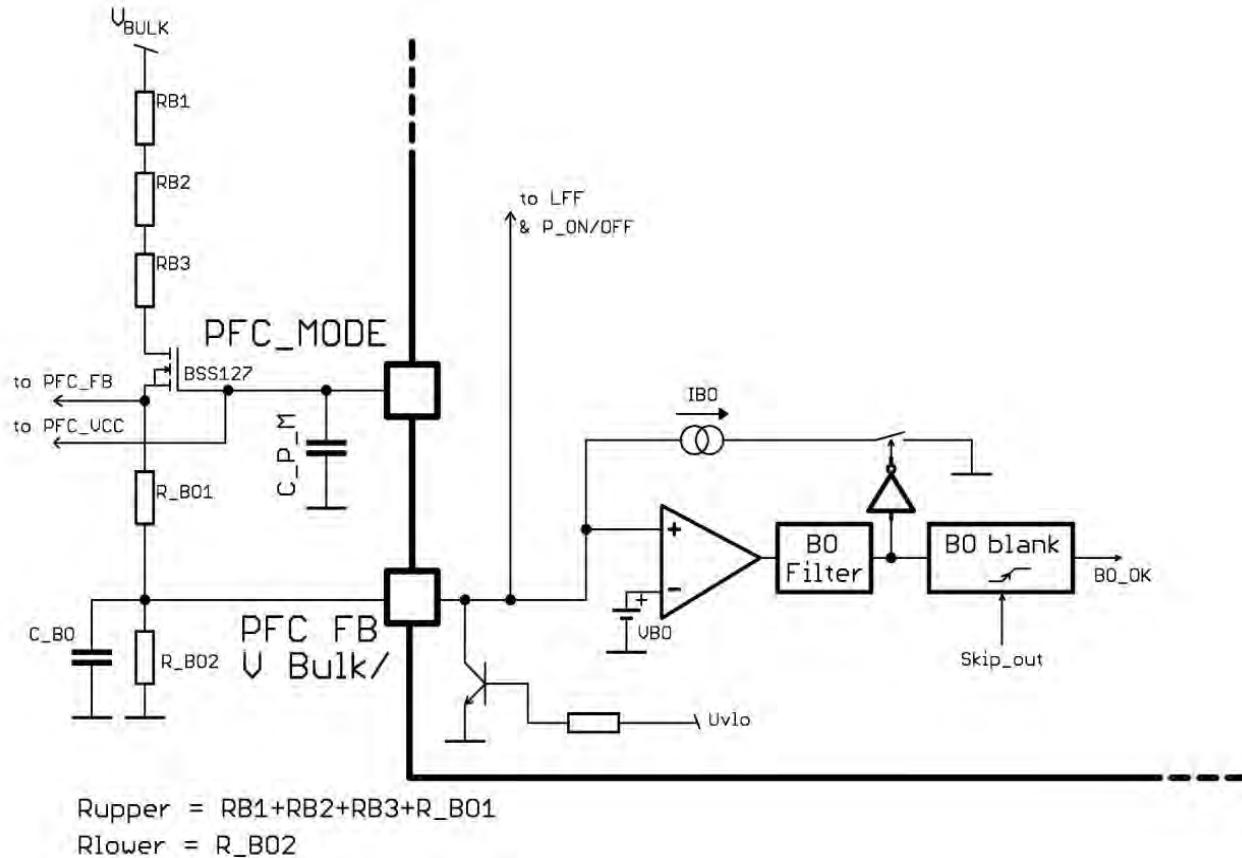
- 使用稳压光耦拉下FB，直到Vcc断开
- 稳压光耦在关断模式下偏置=> 在关断模式损耗稍高但减少了所需元件数

PFC导通/关断功能



- 基于FB引脚电压监测来完成
- PFC預設的计时器(Timer)用来克服瞬态期间的问题
- 三态输出控制PFC FB/LLC Brown-Out (BO)分压器和PFC VCC
- 此PFC导通/关断功能在跳周期模式切斷轻载能耗

BO(Brown-Out)功能



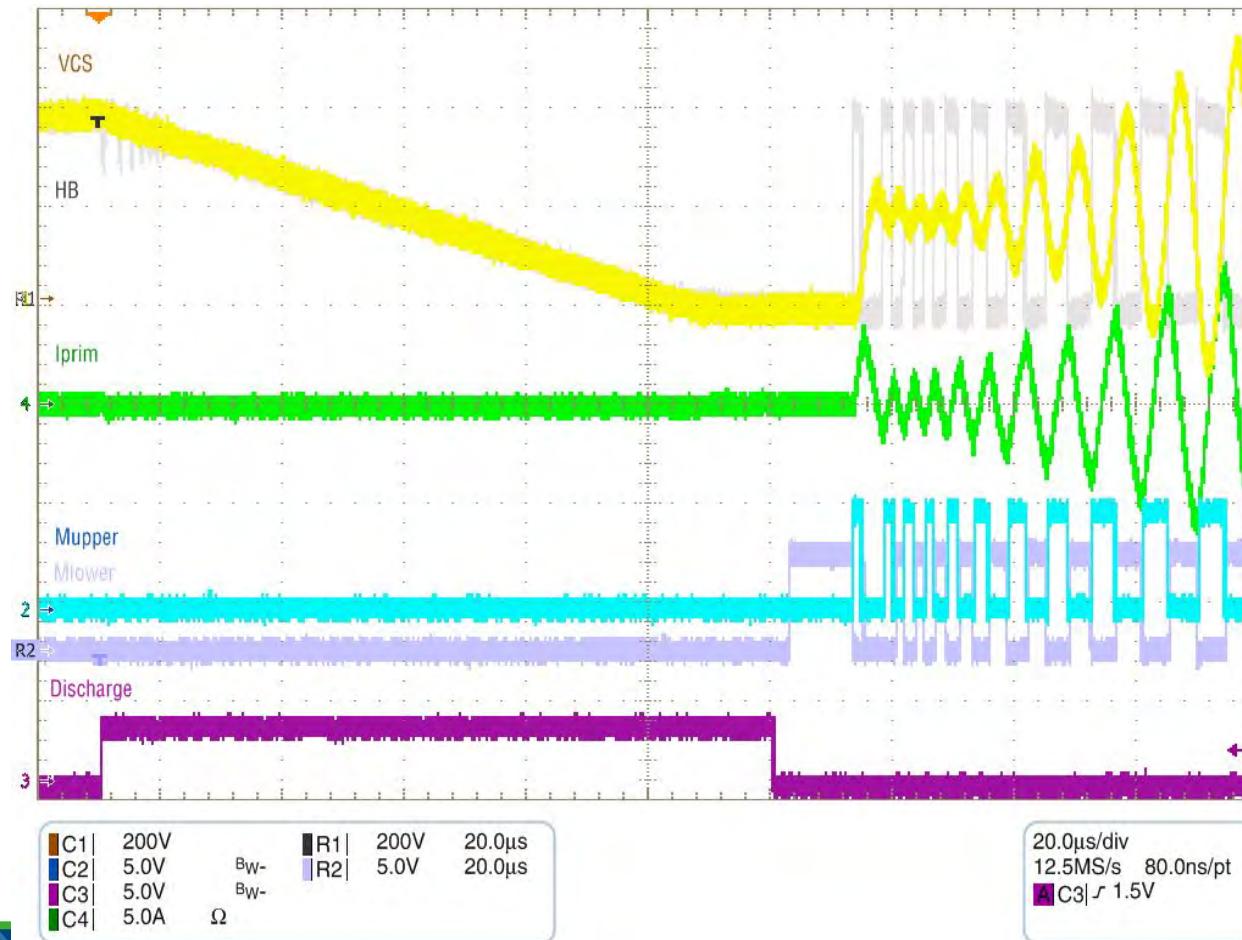
BO分压器可与PFC FB结合，并在关断模式和跳周期模式断开连接

5.NCP1399专用的控制提供强固的保护

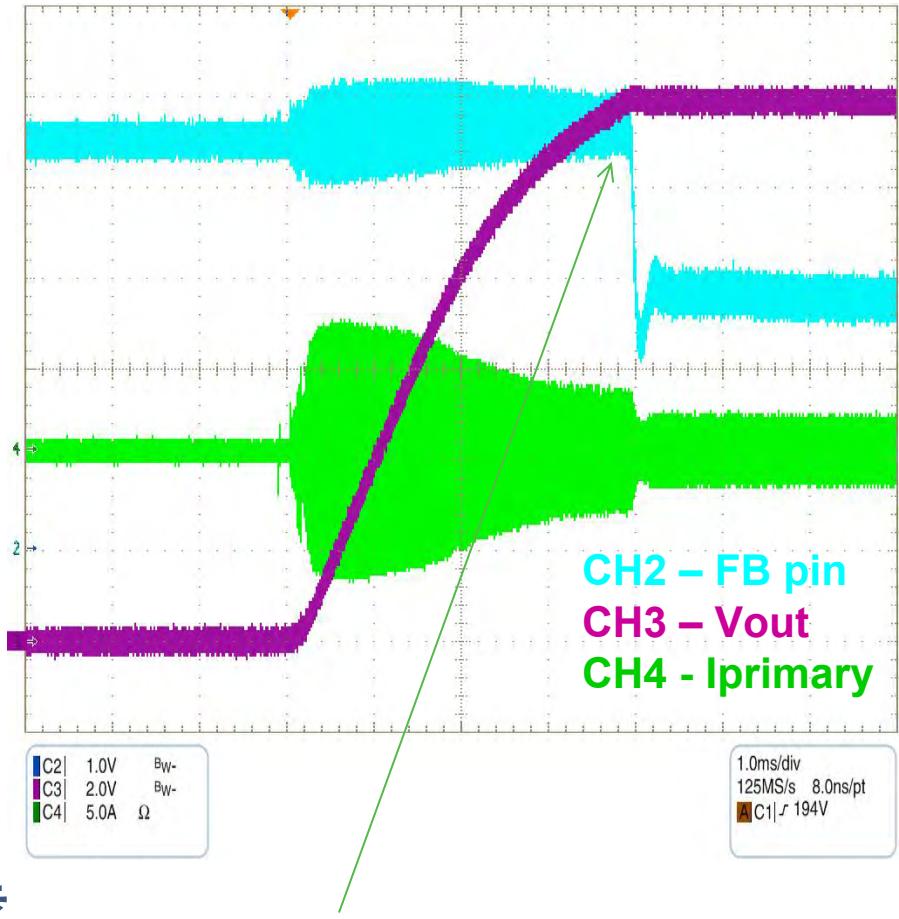
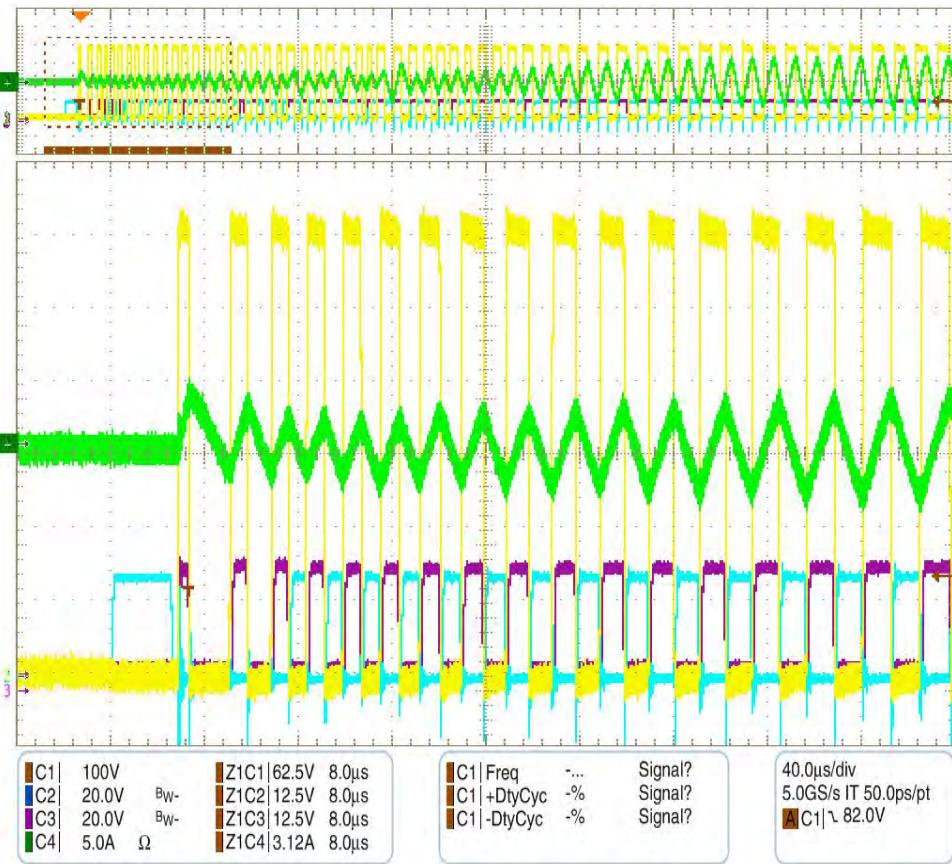


专用启动序列

NCP1399 使用特定启动方案，确保在任何启动条件下的稳固的、无硬开关的启动：



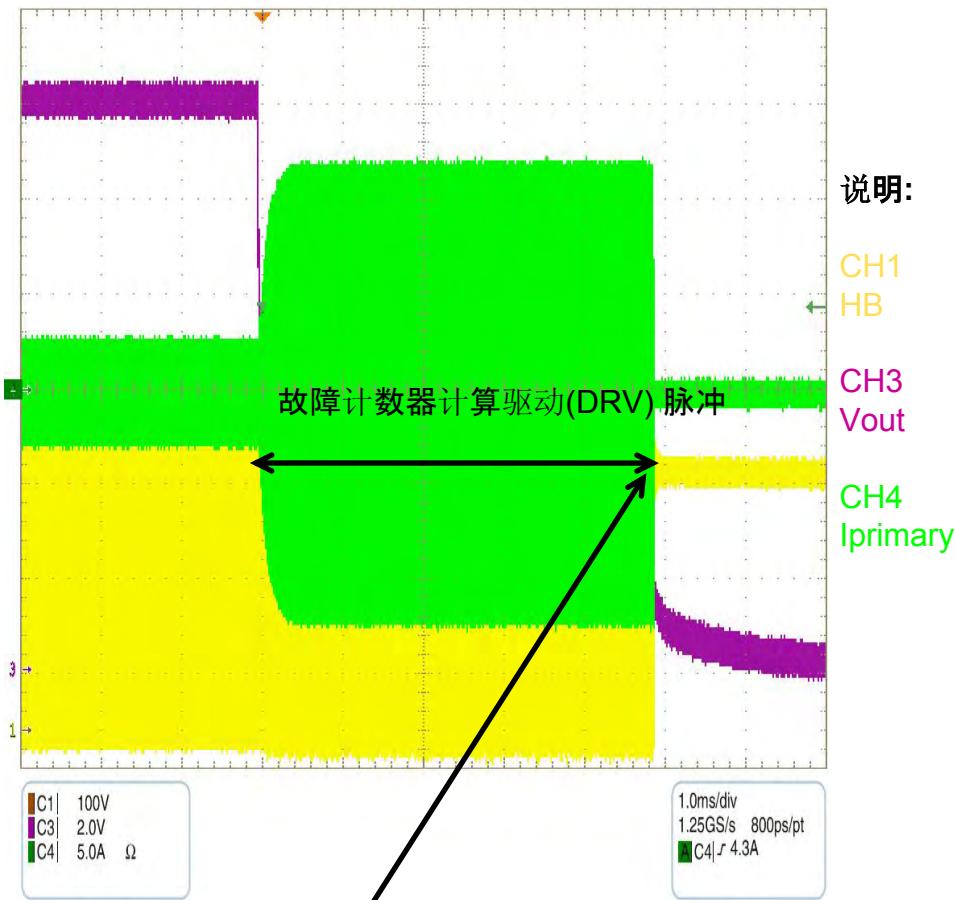
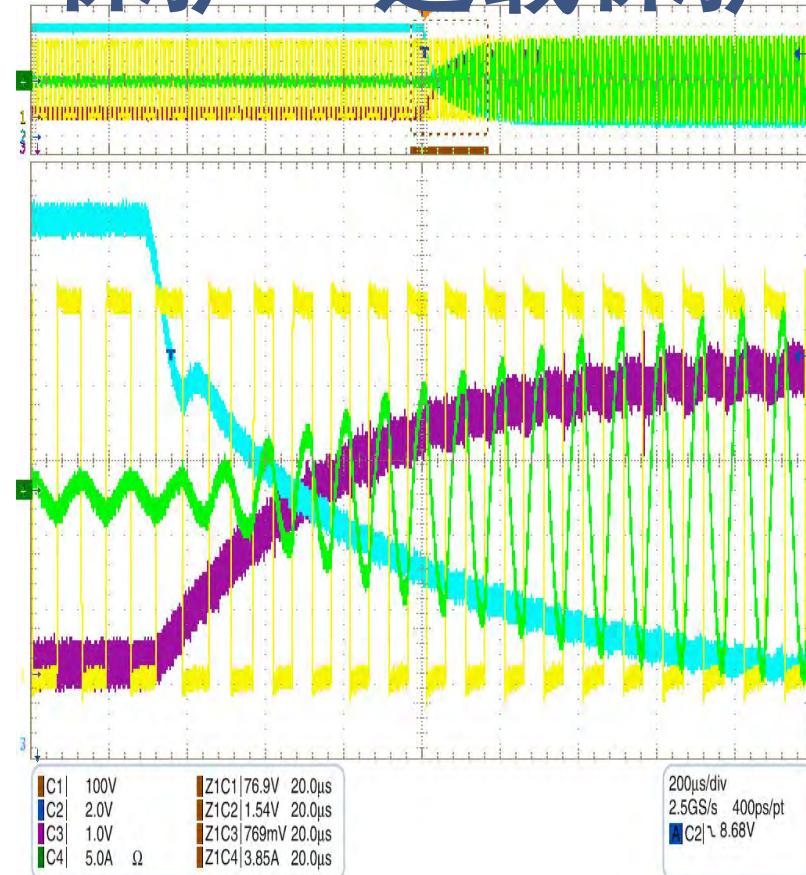
数字软启动序列



- 软启动被添加至后续Mupper阶段的每一步
→ 非线性的软启动
→ 最大 ton cnt. 定义第1个脉冲的导通时间，直到实现电流模式运行

- 当FB稳定下来并达到电流设定点，软启动结束

保护 - 过载保护



使用NCP1399控制器的次级短路

- FB引脚上升，导通时间比较器仍定义了比较值，控制导通时间
- 由于电流控制模式而不会产生硬开关(No Hard-Switching)
- 当FB引脚达到FB最大值时，故障计时器/计数器启动

内置可编程功能

NCP1399具有许多内部可编程功能

- 空载期钳位和故障选项
- TSD阈值
- 使用可调节的阈值选择远程和关断模式
- VCC导通/关断阈值
- CS偏置和斜率补偿增益
- 提供CS LEB
- 跳周期模式的内外阈值
- 故障计时器/计数器及其持续时间—包括自动恢复计时器、累积或非累积选择
- OTP/OVP 闩锁或自动恢复选择
- BO 选择 (IBO, VBO, 跳周期期间功能)
- 最大导通时间 (Ton) 故障检测 (导通时间和闩锁/自动恢复)
- 启动序列的第一个Mupper和Mlower脉冲宽度
- 软启动增量影响软启动持续时间
- P打开/关断功能的激活和滞后以及计时器功能

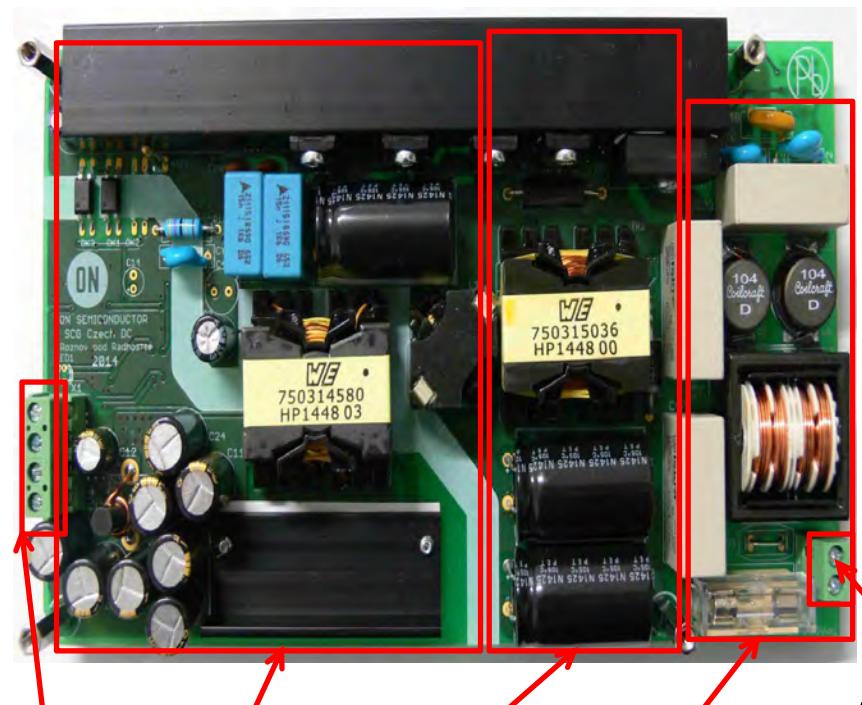
所有上述特性可选择通过封装内修整 (IPT) 并永久在融合的多晶硅中运行=> 可靠的方案!!!!



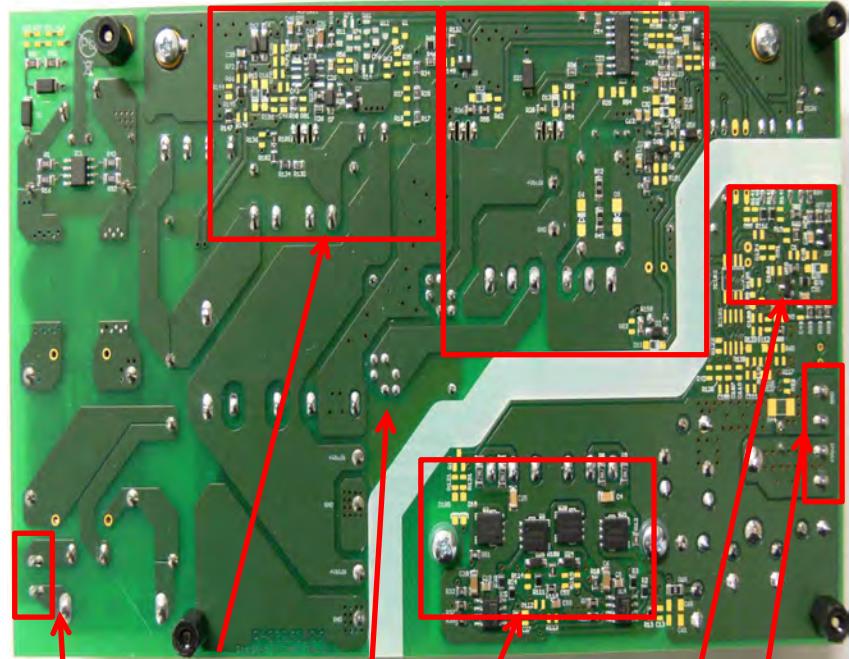
6. NCP1399评估板



评估板照片 - 正面

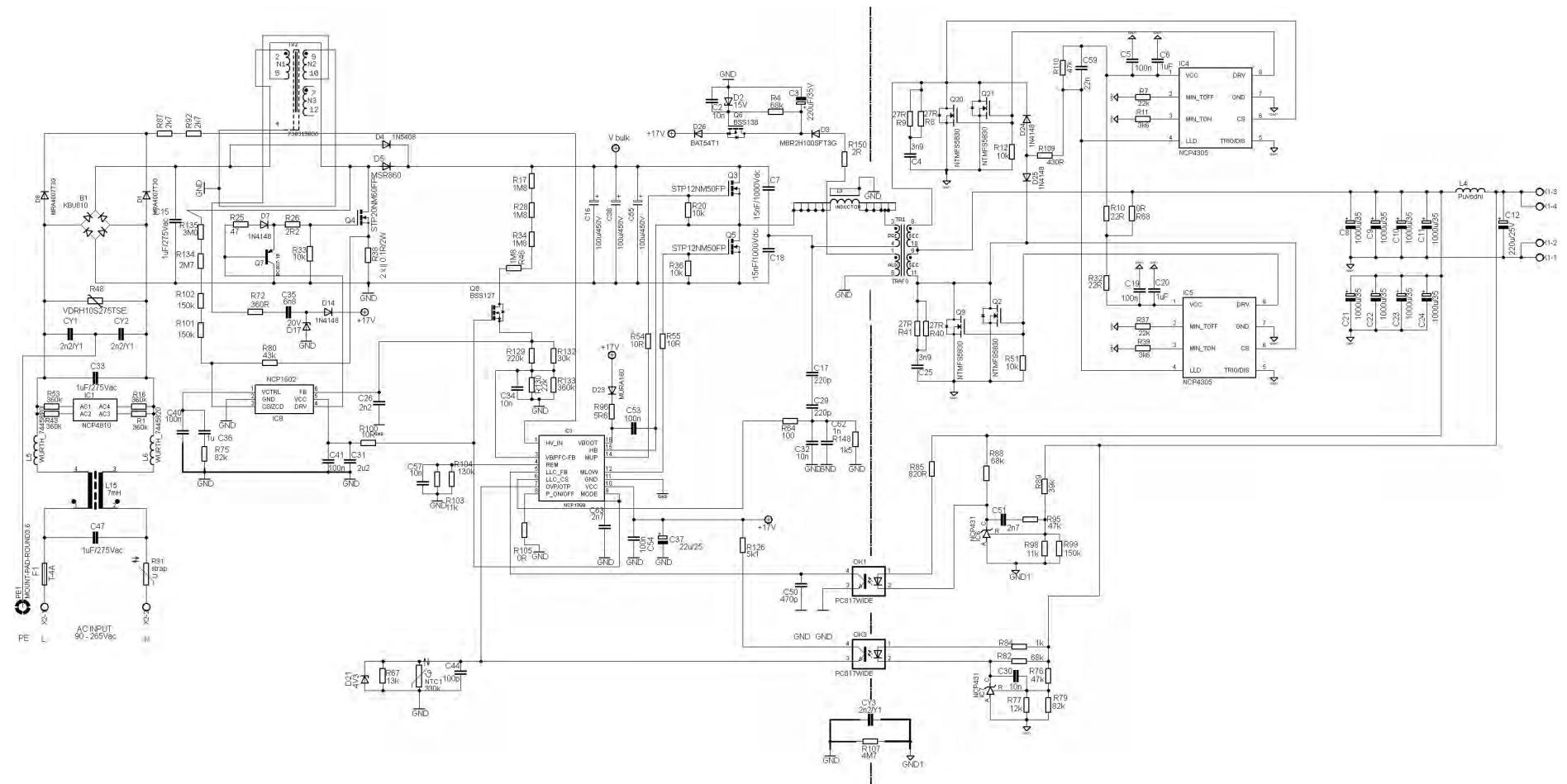


DC 输出 LLC 段 PFC 段 EMI 滤波器



AC 输入 PFC 段元件 SR 元件 DC 输出
NCP1399 和 LLC 段元件 次级稳压和 OVP

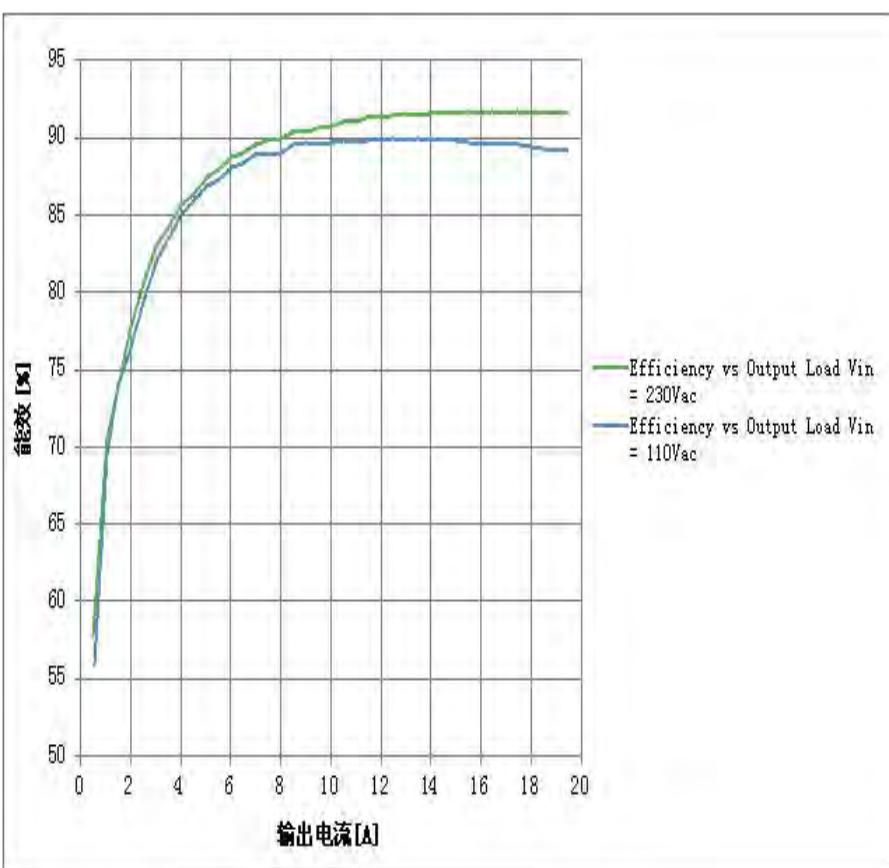
评估板原理图



注:实际安装用于板组装和测量。现可提供其它PCB布局。请参
照全板原理图及布局的后援幻灯片



评估板能效



空载/轻载功耗

PFC一直运行，并保持大电容偏置在390 Vdc，以确保从空载消耗状态到满载的好的瞬态响应

		线性 / 负载 条件	110 Vac	230 Vac
输入电压 [Vac]	功耗[mW]	50 mW 输出	170 mW	188 mW
110 Vac	105	75 mW 输出	203 mW	215 mW
230 Vac	129	100 mW 输出	235 mW	248 mW
		250 mW 输出	430 mW	432 mW

注1：关断模式可用于空载时不要求完整的Vout的系统。可大幅降低功耗

注2：这演示板中使用的NCP1602不是最终样品，可能对空载功耗有影响



7. 总结



业界首款电流模式LLC AC-DC 控制器 NCP1399有以下特点：

- 1) 更迅速的动态反应
- 2) 更高的轻载及平均效率
- 3) 不需辅助电源实现Standby Mode (Sleep Mode) 低待机能耗
- 4) 可靠的开机启动模式及过流/短路保护 – 避免硬开关状态(No Hard-Switching)
- 1) IC 内部编程给工程师弹性设计



NCP1399 电流模式谐振控制器

描述

The NCP1399 is a high performance current mode controller for half bridge resonant converters. This controller implements 600 V gate drivers, simplifying layout and reducing external component count. The built-in Brown-Out input function eases implementation of the controller in all applications. In applications where a PFC front stage is needed, the NCP1399 features a dedicated output to drive the PFC controller. This feature together with dedicated skip mode technique further improves light load efficiency of the whole application.

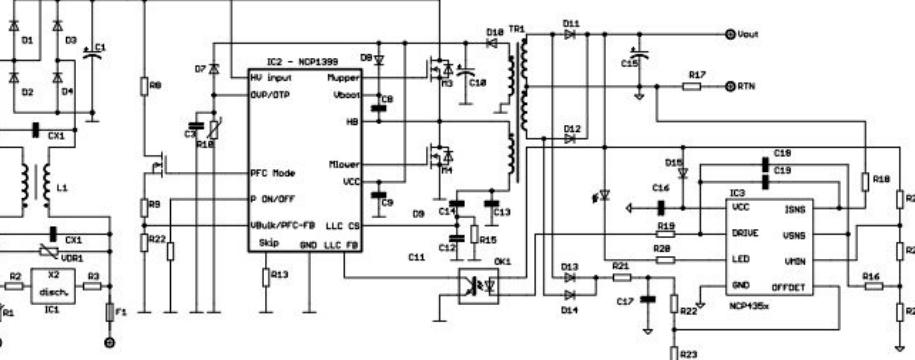
特点

- High-Frequency Operation from 20 kHz up to 750 kHz
- Current Mode Control Scheme
- Automatic Dead-time with Maximum Dead-time Clamp

优势

- Optimize for physical size or highest efficiency
- Built-in safety protection, improved transient response
- Improved efficiency

应用电路



应用

- High power AC/DC adapters for notebooks
- Offline battery chargers
- Industrial and medical power sources
- Computing power supplies

封装

- SOIC-16 NB (LESS PINS 2 AND 13) D SUFFIX CASE 751DU

安森美半导体中国地区代理商

- 完整中国地区代理商名单及联系方式请访问：
<http://www.onsemi.cn/PowerSolutions/locateSalesSupport.do>



安森美半导体网上资源 请在新浪微博上关注@安森美半导体



-  在新浪微博上关注@安森美半导体
-  **YOUKU** 优酷 观看我们 安森美半导体
-  www.onsemi.cn
-  hppc.think-onsemi.cn
-  **Linkedin** Join our Group
-  follow us @onsemi
-  watch us /onsemiconductor

