



采用有源钳位反激式控制器 NCP1568 实现高能效、超高密度电源适配器

安森美半导体
ON Semiconductor®

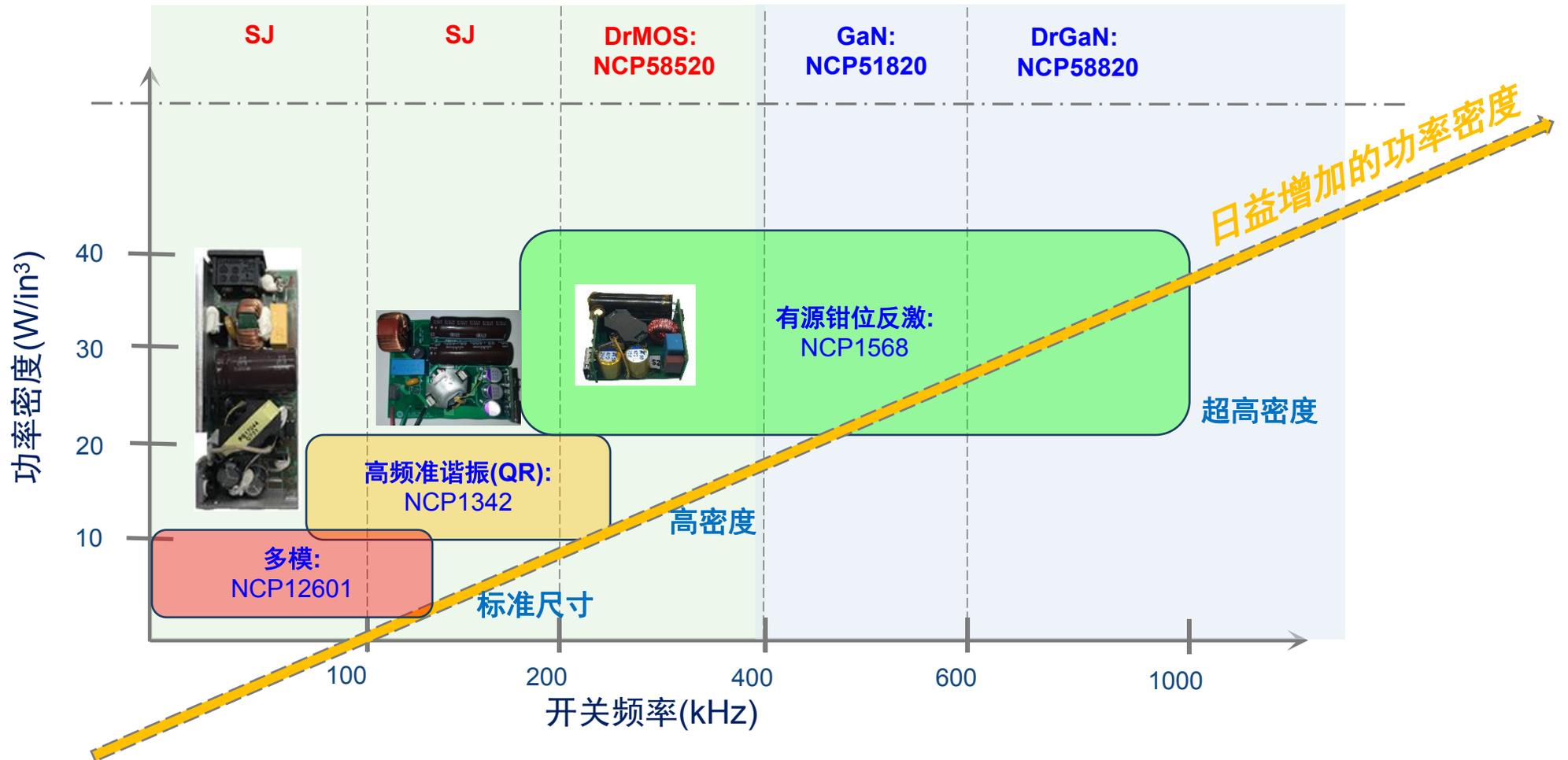


- 为何需要有源钳位反激
- NCP1568关键特性介绍
- 超高密度演示及性能
- NCP51530 半桥驱动器介绍

USB PD适配器的演进

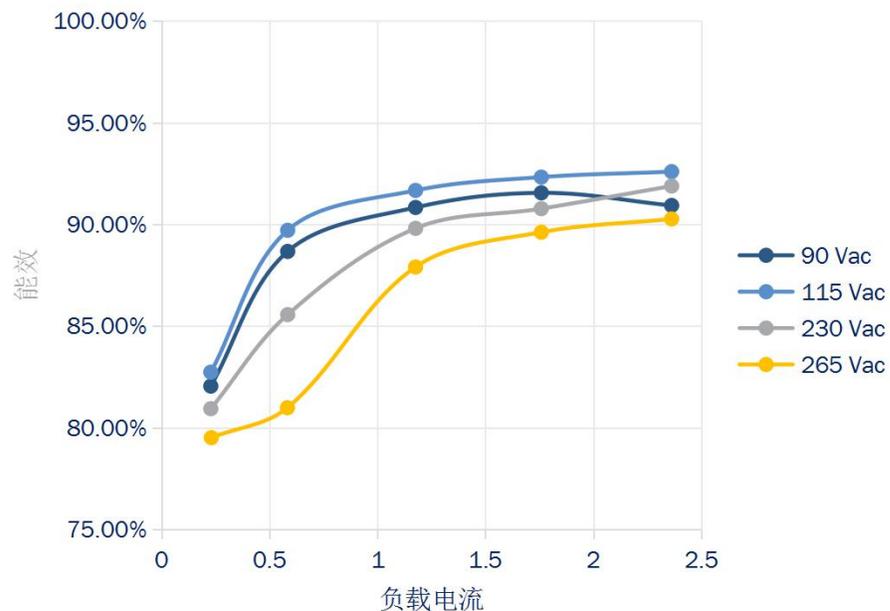
USB PD 适配器电源方案

开关技术/方案



准谐振(QR)反激用于高频模式的局限性

QR 反激RM7 45 W 能效



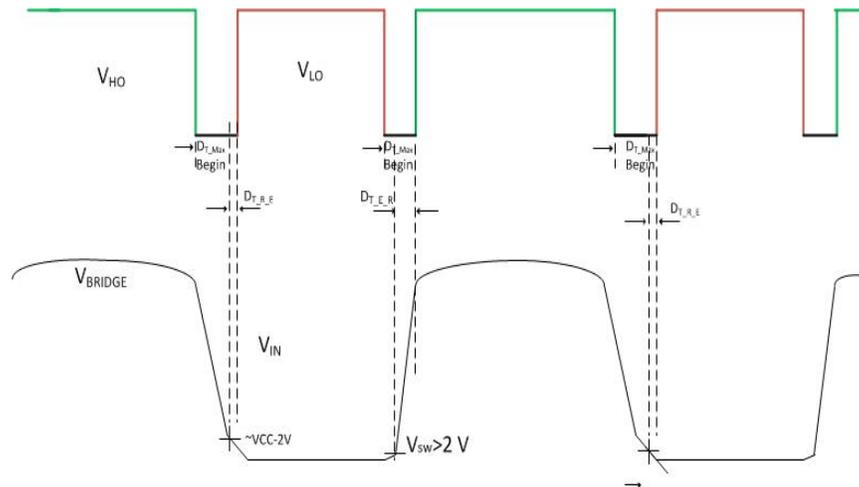
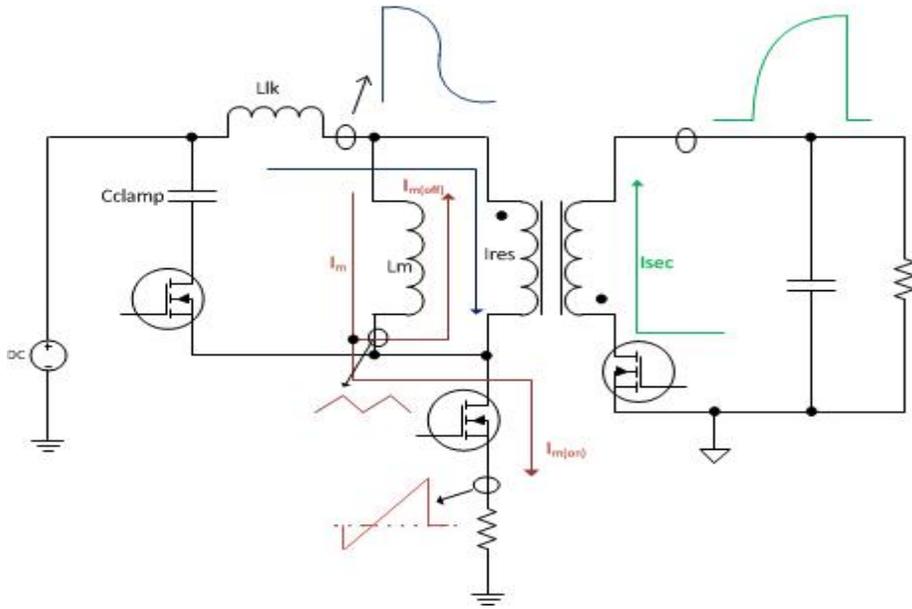
NCP1340 超高密度板

优势:

- 经验证的拓扑
- 低压软开关
- 适用于高输出电压

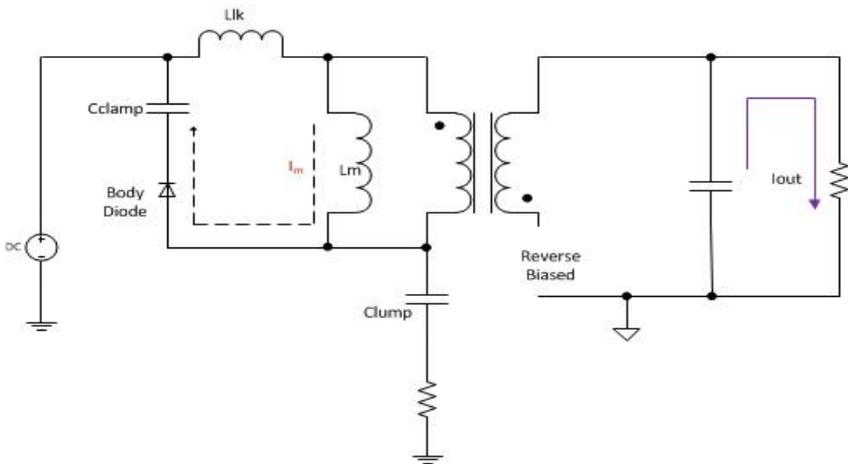
- 漏感能量没法重复利用。漏感能量在缓冲器中损耗。
- 在大批量生产中最小化泄漏电感是繁琐的且增加成本。
- 应通过选择高Rds(on) FET降低 $C_{oss} * V^2 * Freq$ 高压输入开关损耗, 这在90 Vac 时降低能效
- 主开关MOSFET是高压输入的热点, 可能要通过散热器进行热管理。
- EMI 是个挑战. 在EMI和缓冲器方案中必须考虑在开关节点急剧的dv/dt, 采用eGaN 时问题會更多。

为何需要有源钳位反激？



- FET零电压开关具有固定的开关频率
 - 导致高开关频率，提升能效和抗电磁干扰(EMI)性能
- 缓慢增加次级端电流
 - 有利于改善EMI性能
- 漏极波形干净，无任何振铃
 - 能效更高，因为重复利用漏感能量
 - 更好的EMI性能
- 单端拓扑
 - 比LLC相对简单的磁设计
 - 次级端单开关/二极管

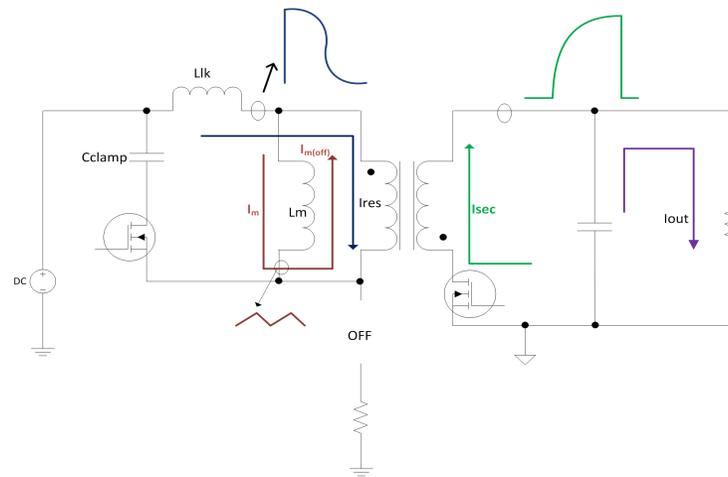
有源反激的关键工作状态



高边体二极管导通

- 当主FET关断，开关节点电压上升，正向偏置钳位FET的体二极管

$$T_{E_D} = \frac{C_{lump} * (V_{in} + V_{clamp})}{I_m}$$

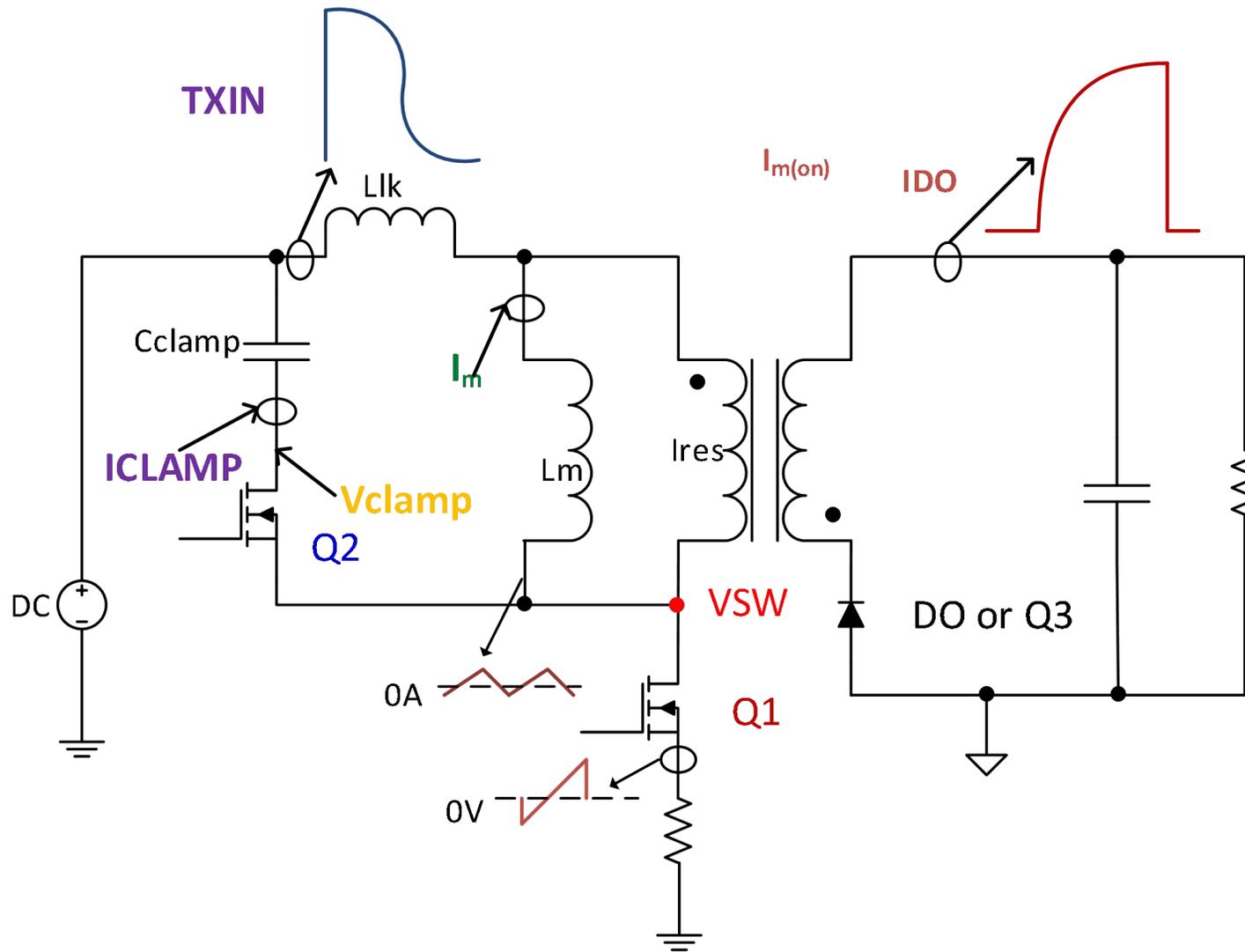


谐振电力传输

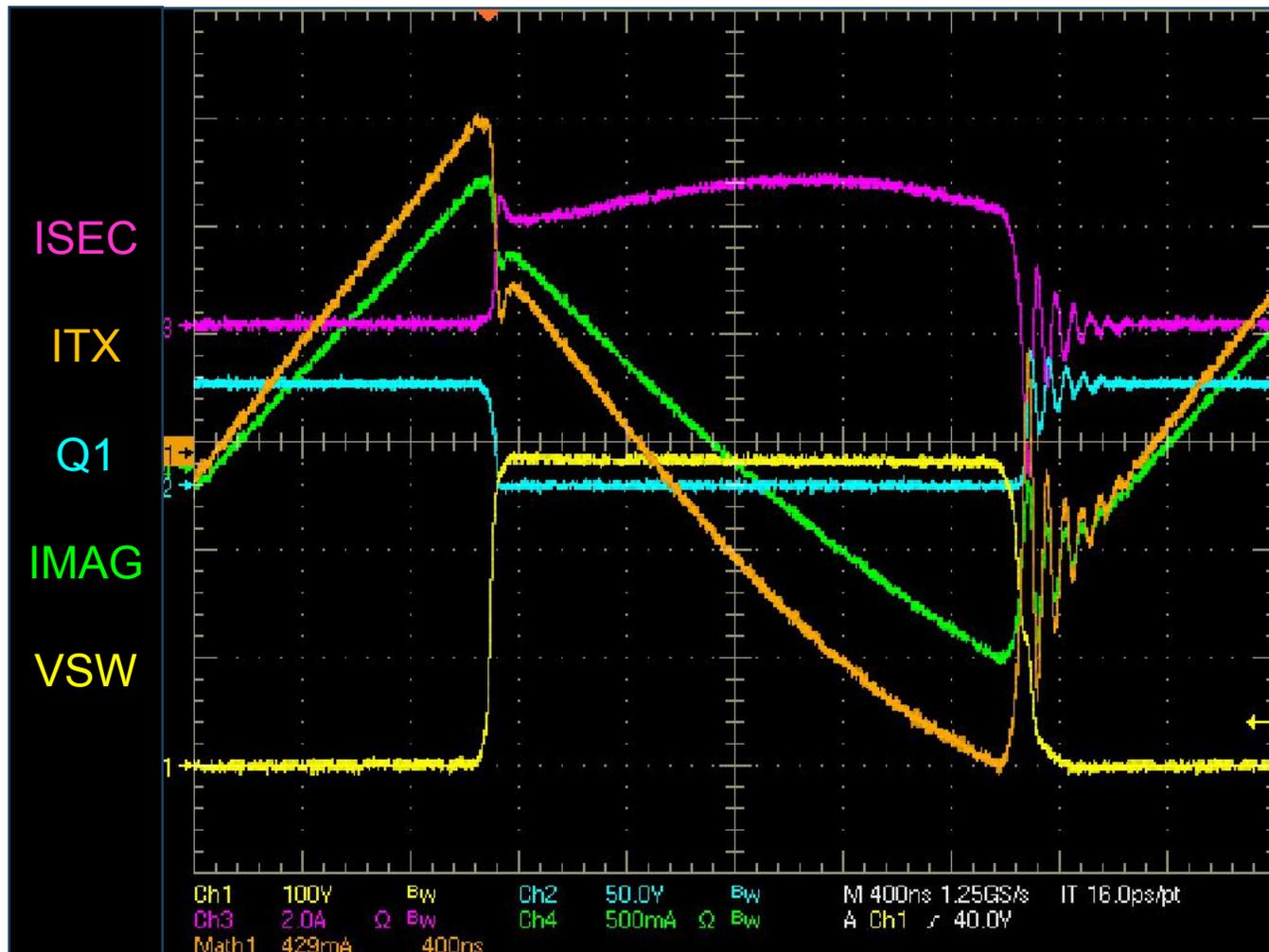
- 只要体二极管正向偏置，漏感就开始与钳位电容谐振。谐振频率由以下方程算得：

$$F_{Res} = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{L_{leak} * C_{clamp}}}$$

评估波形的电路图

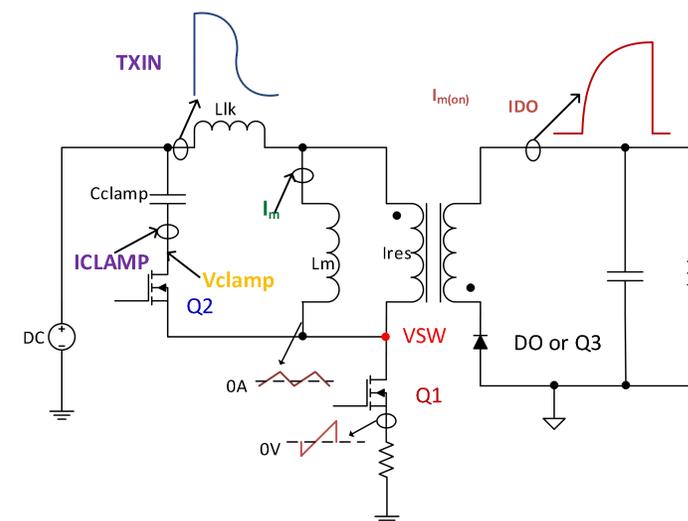


调整ACF开关周期



负励磁电流在导通事件发生前使大电容放电从而实现零电压开关。

数学计算 $I_{pri} - n \cdot I_{secondary}$ 范围内的励磁电流。



NCP1568关键特性亮点

控制方案

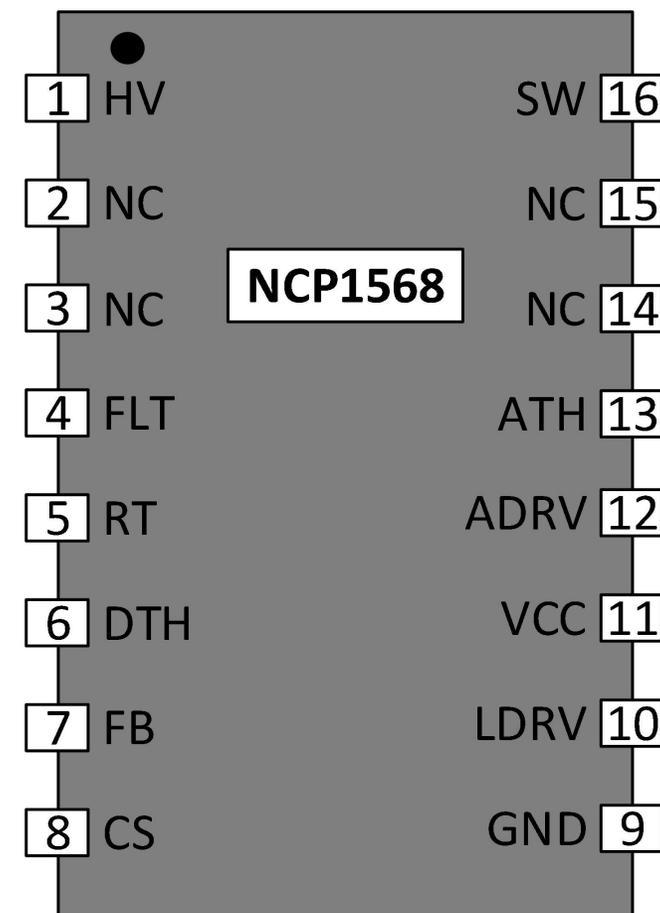
- 自适应ZVS 频率调制支持宽Vout範圍
- 自适应死区控制
- 峰值电流模式控制

DCM及轻载工作

- 可过渡到DCM模式。
- 频率反走, 31 kHz 最小频率钳位
- 安静的跳周期消除噪声
- 待机功耗 < 30mW

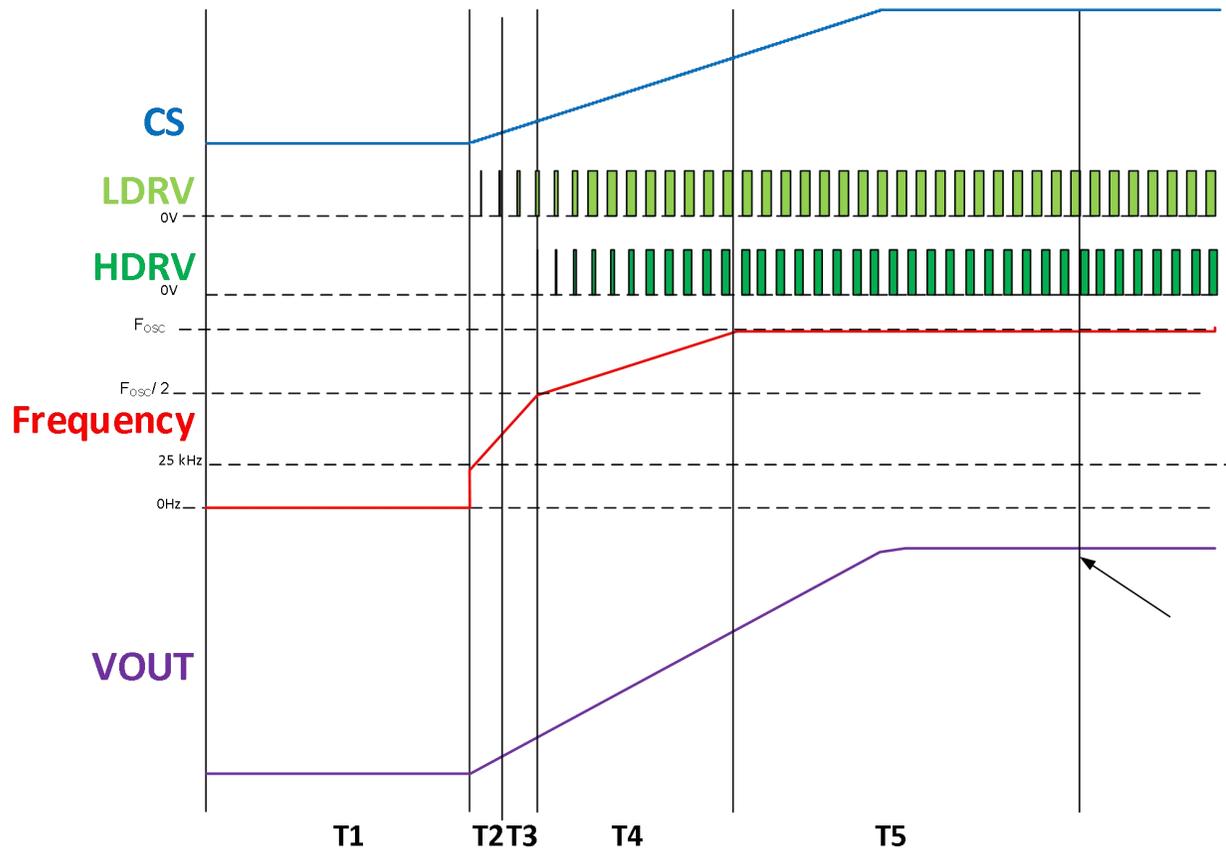
高压启动

- 700 V 高压启动JFET
- 内置感知高压开关节点的能力, 实现最佳的ZVS
- 内置欠压和X2 放电.



多个专利待审批

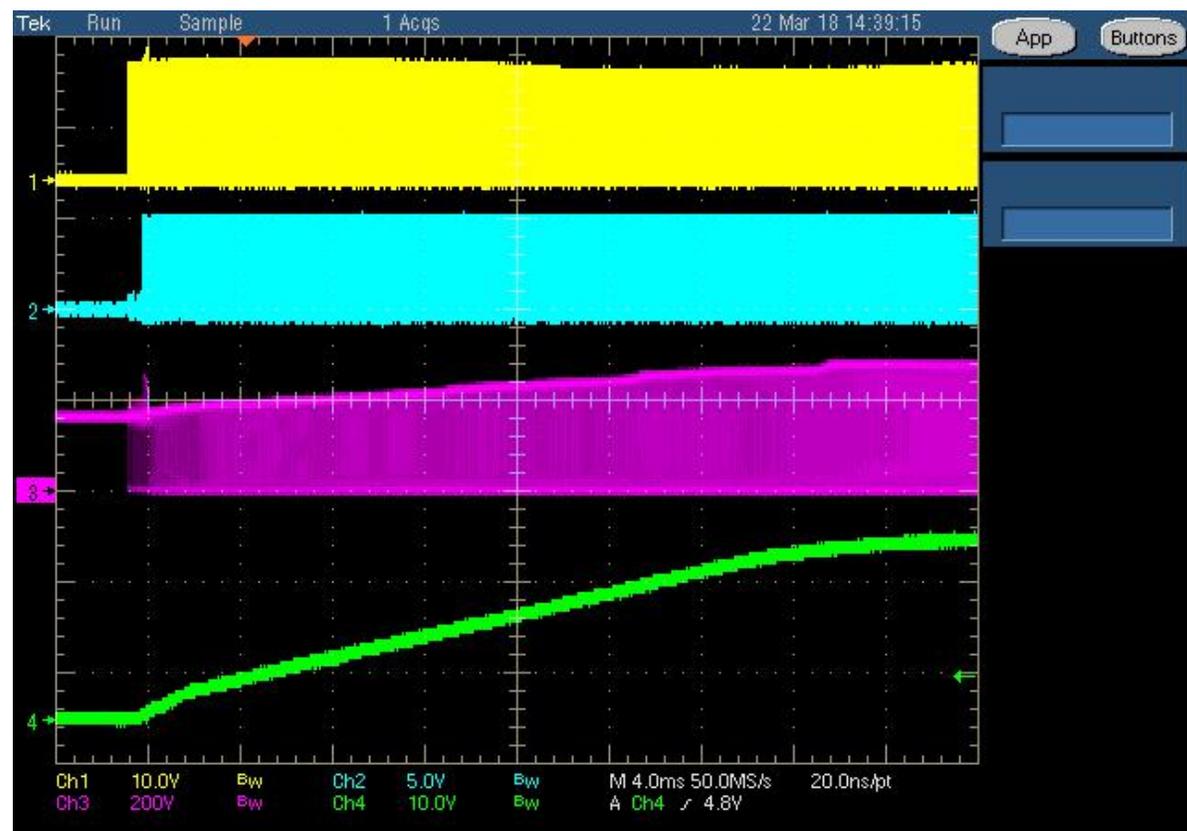
数字软启动



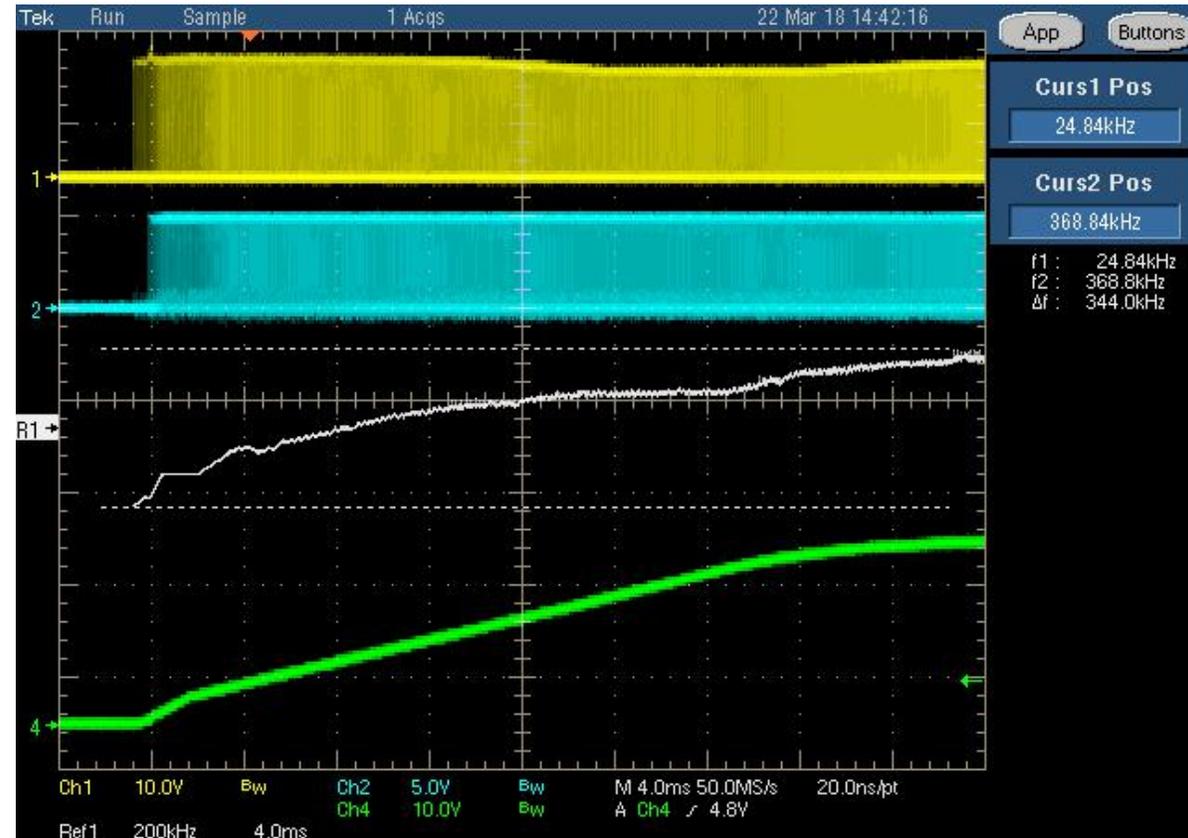
软启动时序图

- **自举电容放电时间(T2 时间)**
 - DCM 模式
 - 低边驱动(LSDRV)最小导通时间
 - 前5个脉冲在最低频率
 - 尽量减小击穿时的能耗
 - 降低平均电能
- **DCM 工作时间(T3 时间)**
 - 充电Boot
 - 支持HSDRV启动
- **HSDRV (T4 时间)分段执行**
 - 电能从ACF钳位电容逐渐传至次级端
 - 更低的MOSFET应力
- **扩展的ACF (T5 时间)**
 - 时序在软启动后完成以稳定
 - 重载(为电容充电)时渐进状态

软启动 - 波形

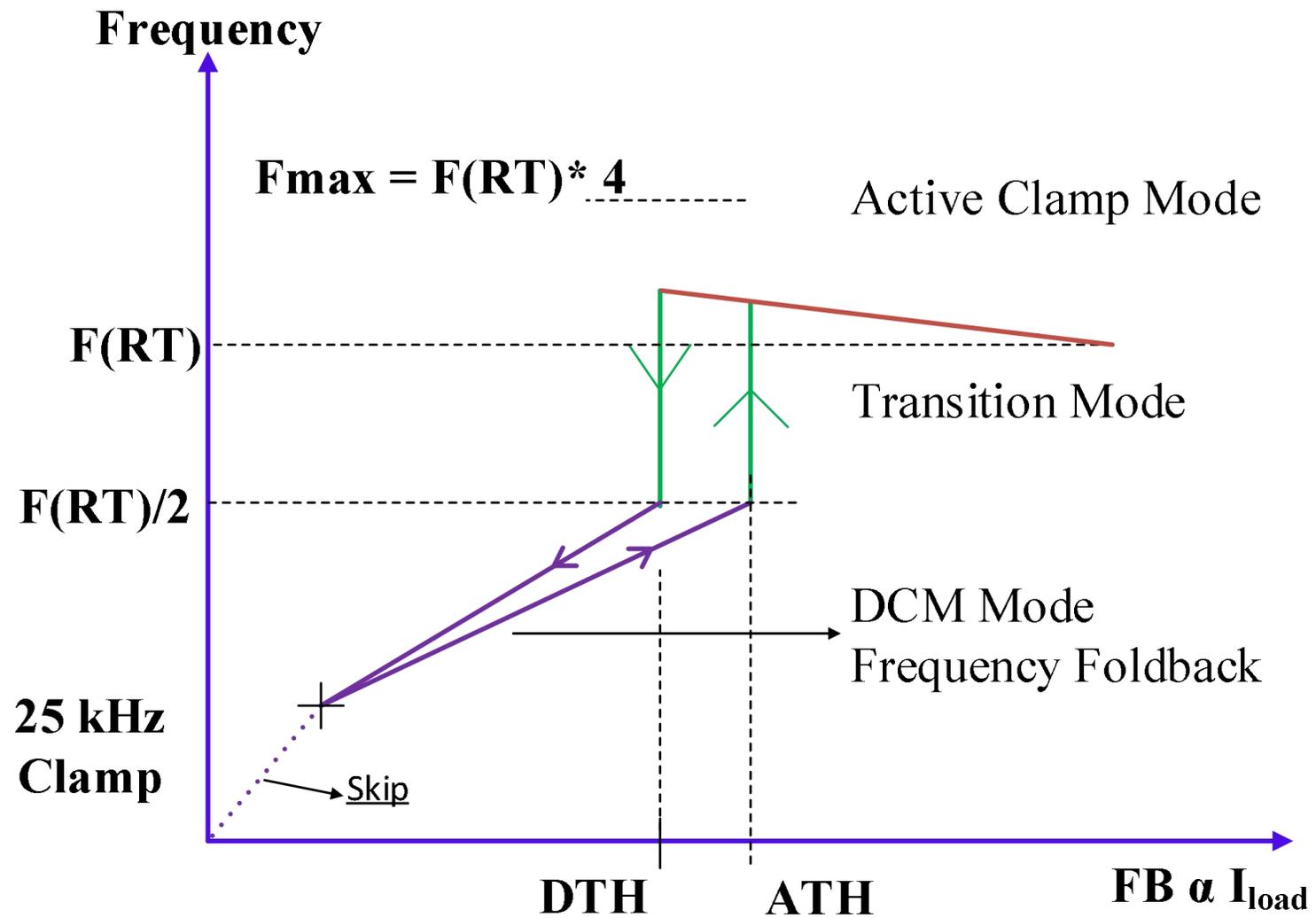


启动波形干净

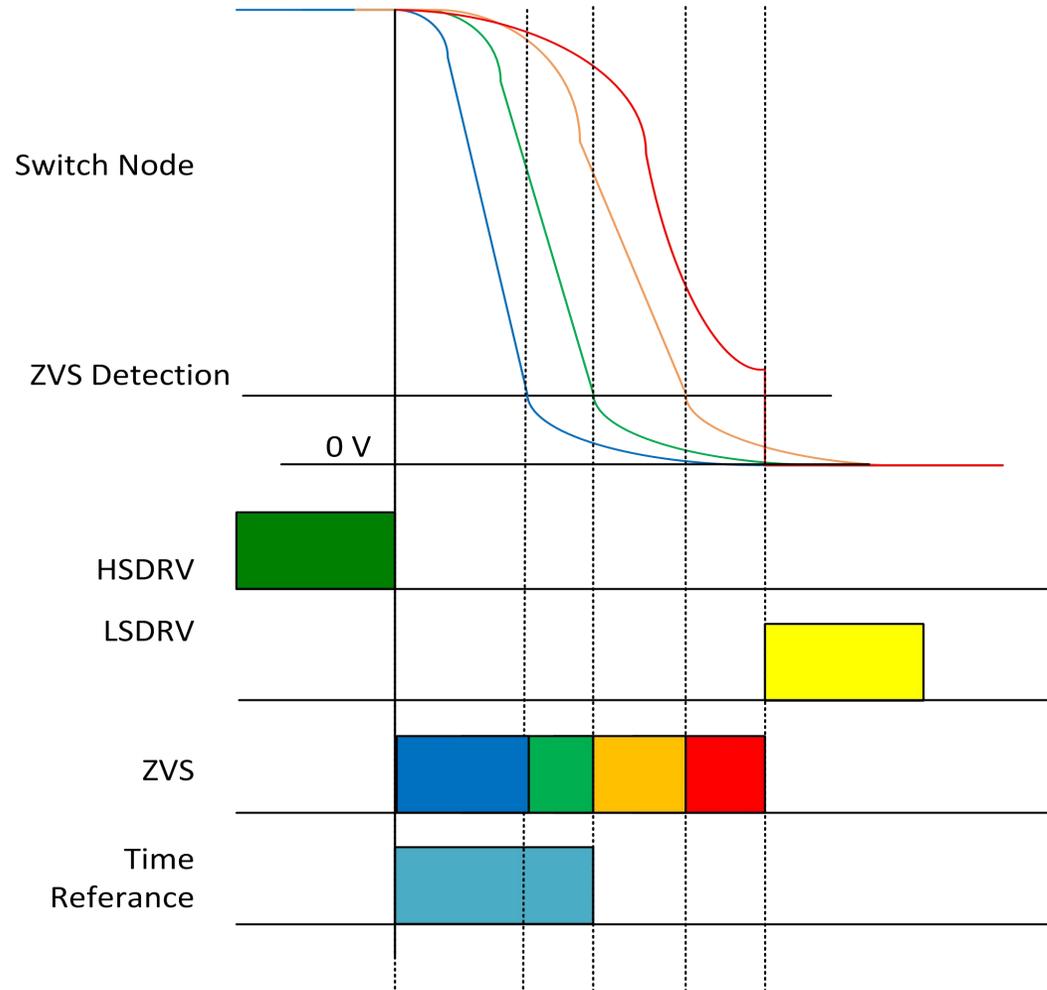


启动时的工作频率变化

频率 vs 负载电流



开关节点进入ZVS频率调制

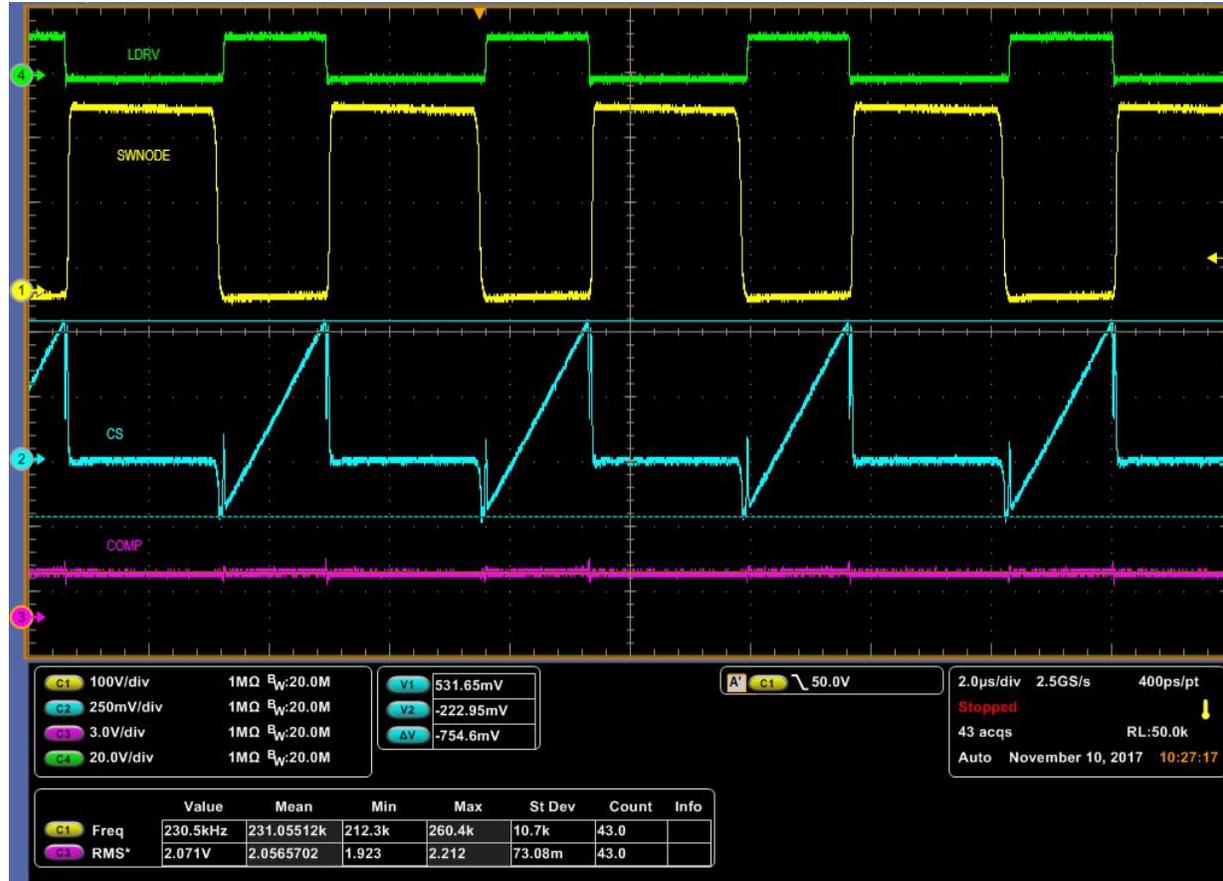


- 内部HV JEFT 监测开关节点.
- 若ZVS发生时间比参考时间快，则频率增加。
- 若ZVS发生时间比参考时间慢，则频率减小。
- 此方法最大限度地减小为实现线路及负载ZVS所需的负循环电流
- 适用于超级结(SJ) FET 和 eGaN

专利待审批

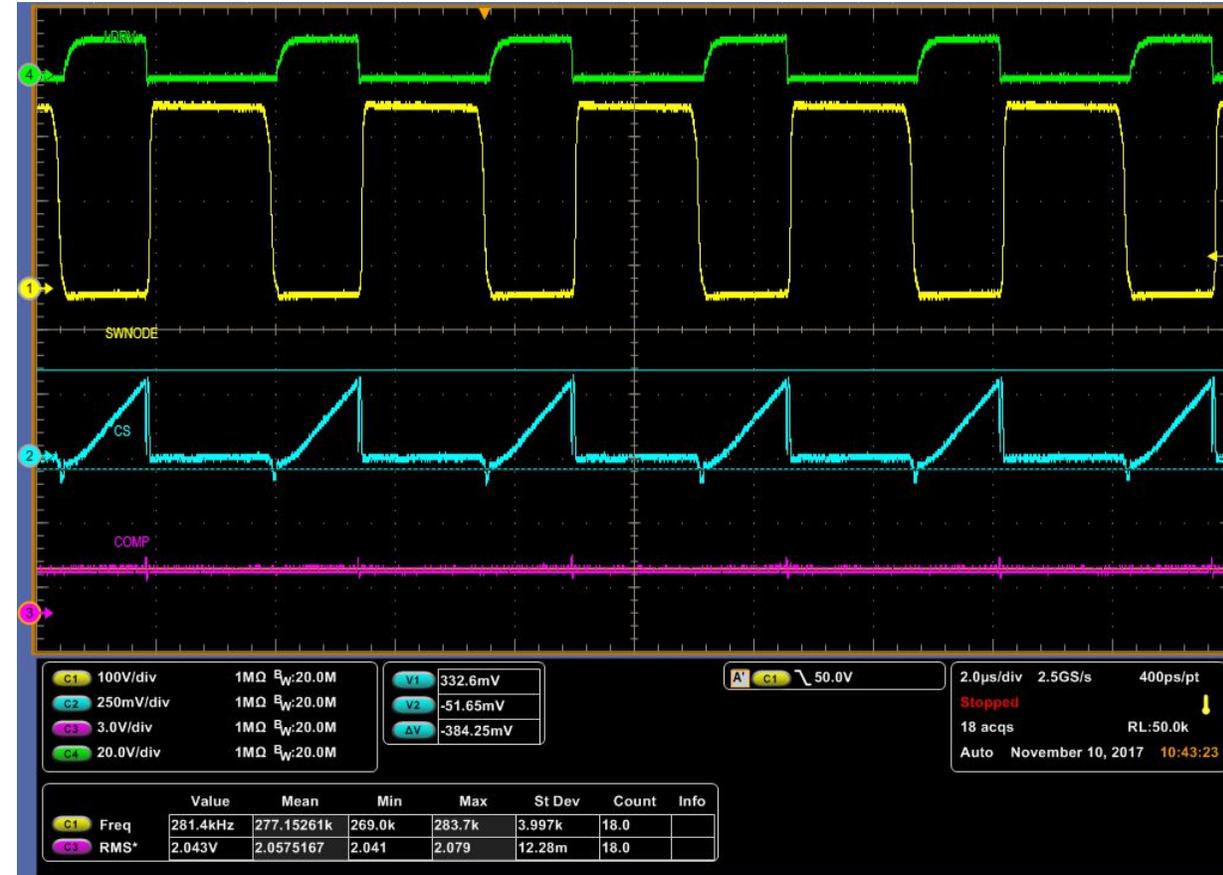
基于自适应ZVS

无自适应ZVS



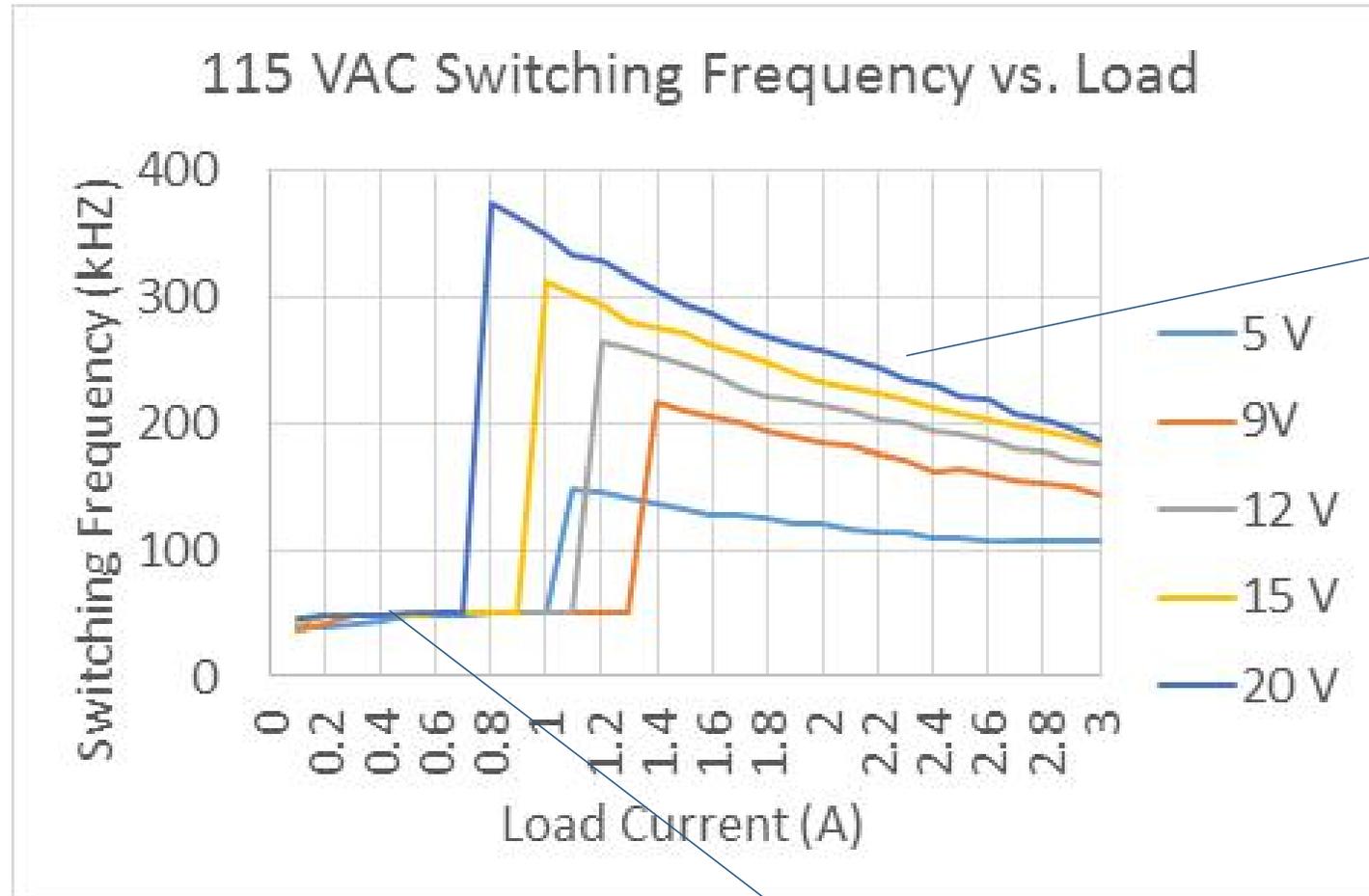
115 VAC 1.5A 负载
开关频率= 231 kHz

自适应ZVS



115 VAC 1.5A 负载
开关频率= 269 kHz

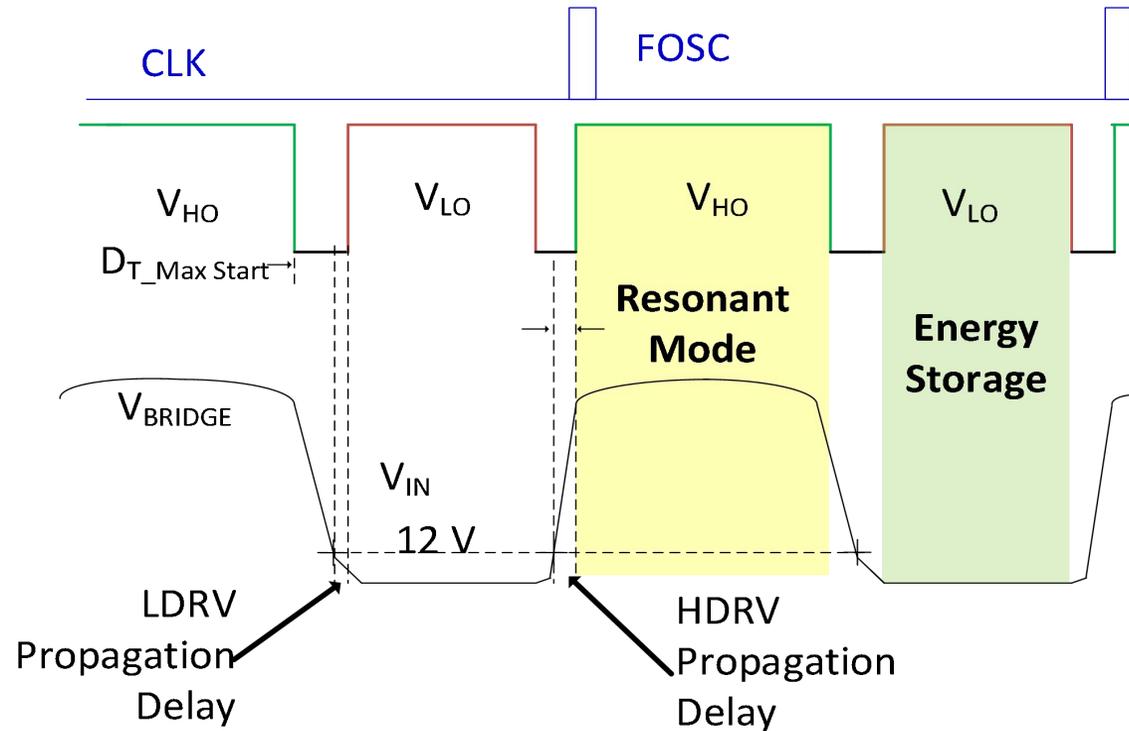
典型频率 vs 负载电流@ 115 Vac



有源钳位模式

非连续模式

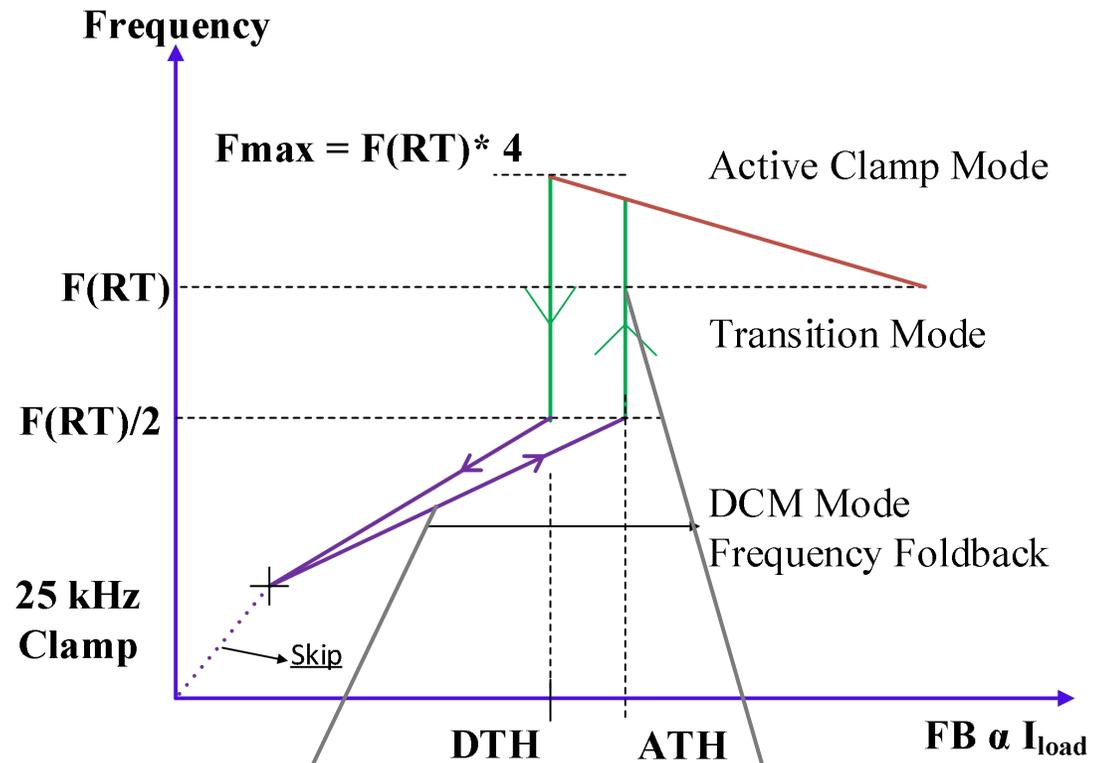
自适应死区时间



- NCP1568 监测开关节点，待电压降至12 V以下，在30 ns内切换至低边驱动器
- If ZVS 未发生~ 400/600 ns (OTP 配置选项)，则LDRV 强制导通

高度可靠, 集成的, 专有的安森美半导体工艺

轻载条件下过渡至DCM

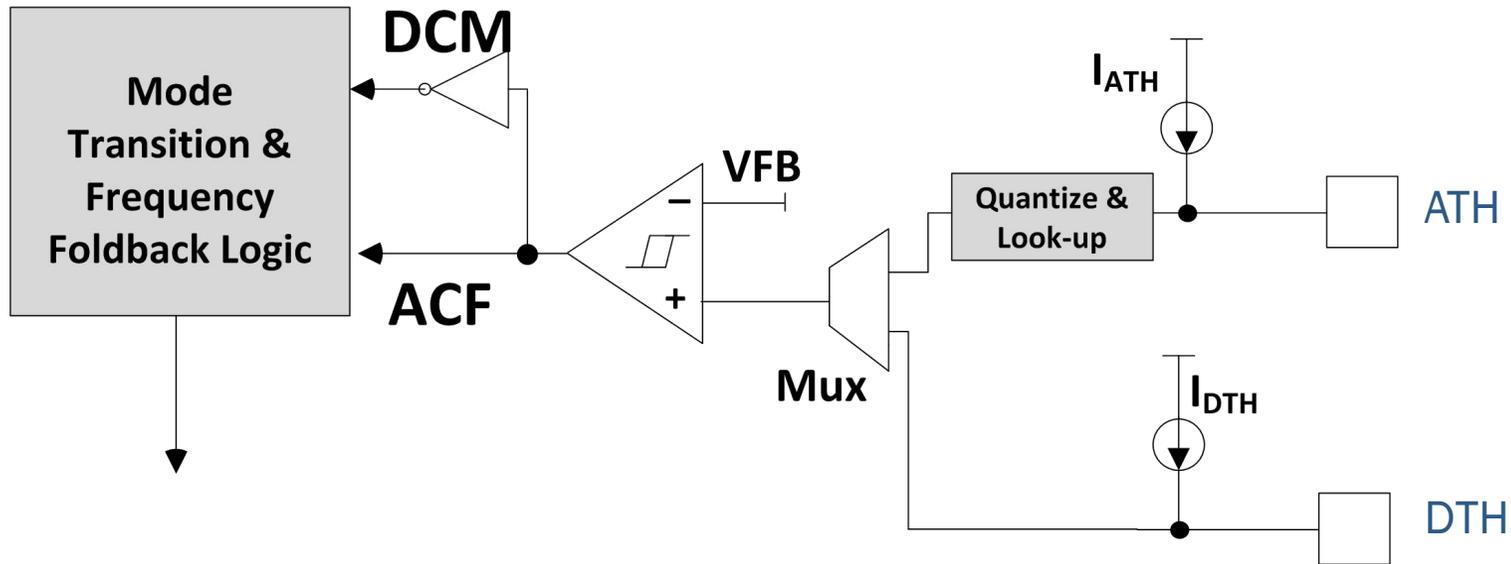


高边FET – 保持OFF

渐进钳位MOSFET前沿调制

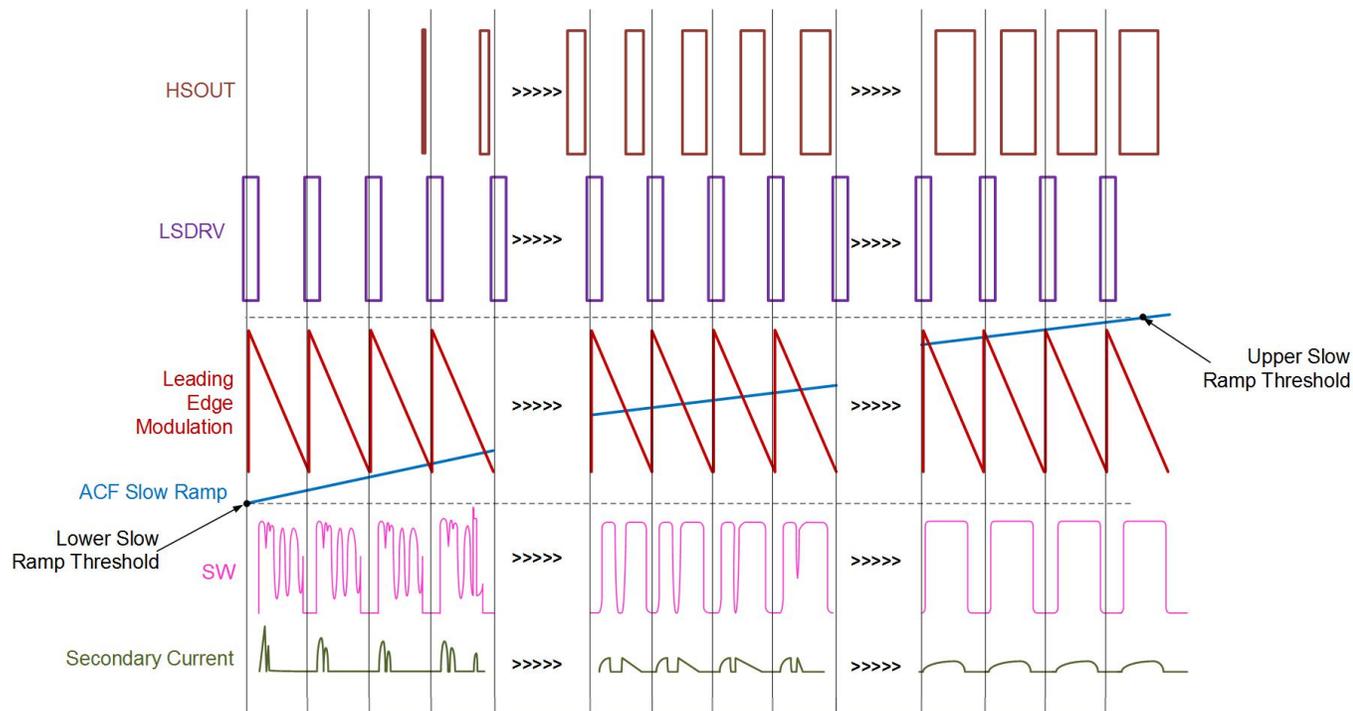
- DCM 模式和跳周期模式的实施将使待机和系统能效符合严格的CoC Tier 2 法规

模式转换设置



- 有源钳位反激转换(ATH)可通过一个电阻在外部设置。
- 非连续导通模式转换(DTH)可通过一个电阻在外部设置。
- 在DTH状态下, 比较器使用FB 转换到非连续导通模式(DCM)。
- 单独的 ATH 及 DTH 提供程序转换的灵活性。

前沿调制工作模式



1. 生产有保证的ZVS
2. 减小次级端应力
3. 使环路时间稳定

安森美半导体专利技术

该技术实施于从DCM到ACF和从ACF到DCM退出配置选项。

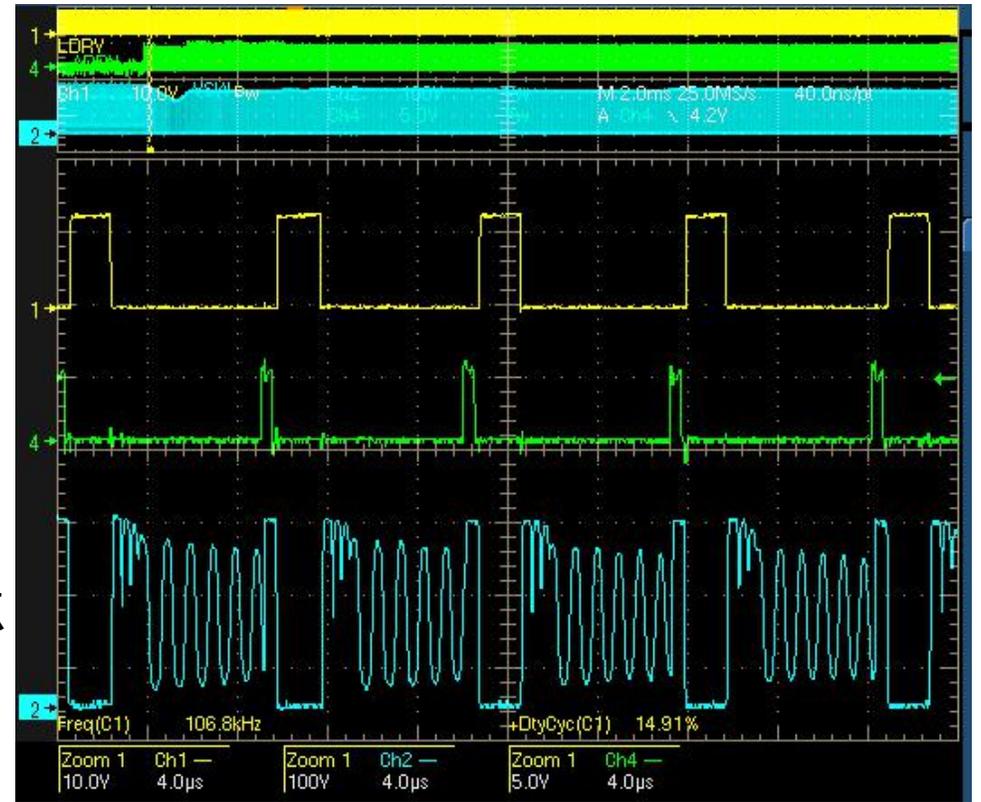
前沿调制工作模式



黄=LDRV

绿=ADRV

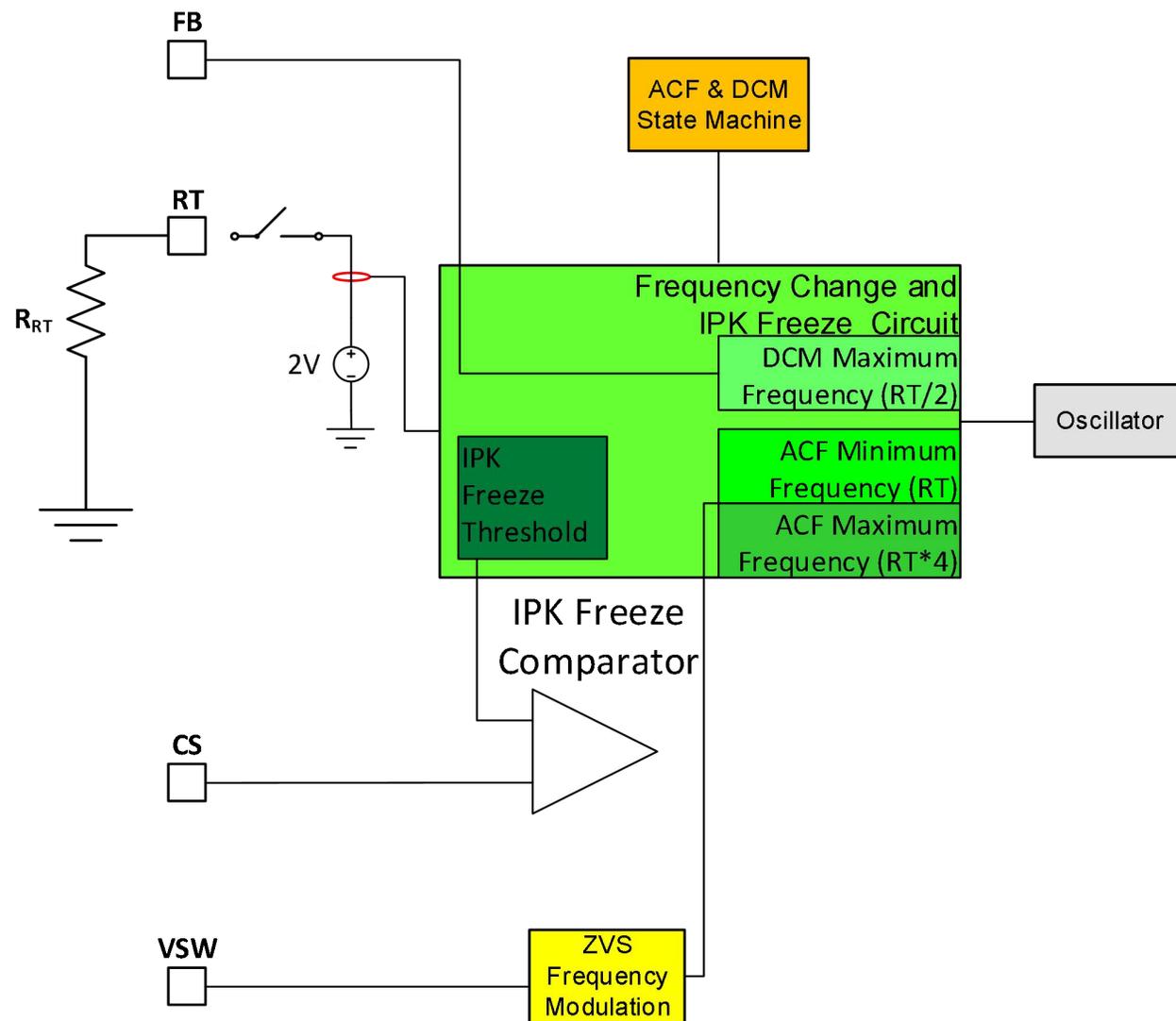
湖绿= 开关节点



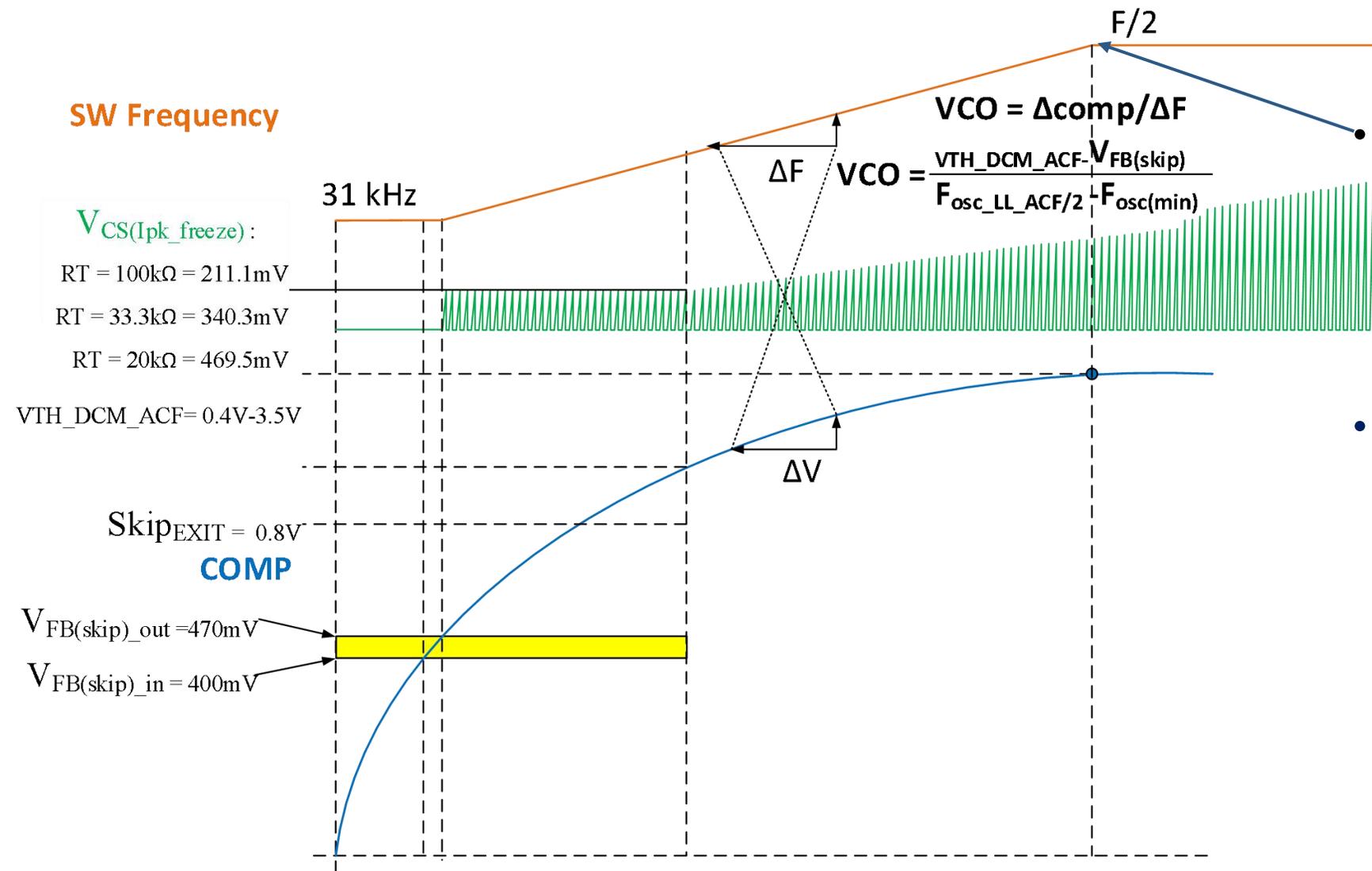
RT引脚功能框图

65W 5V 至20 V USB PD $N_p: N_s = 6:1$

RT (k Ω)	ACF 模式 最小频率 (kHz)	ACF 模式 最大频率 (kHz)	建议的初级端 电感(μ H)
111	90	360	120
100	100	400	106
70	142	571	75
50	200	800	53



DCM模式下频率反走

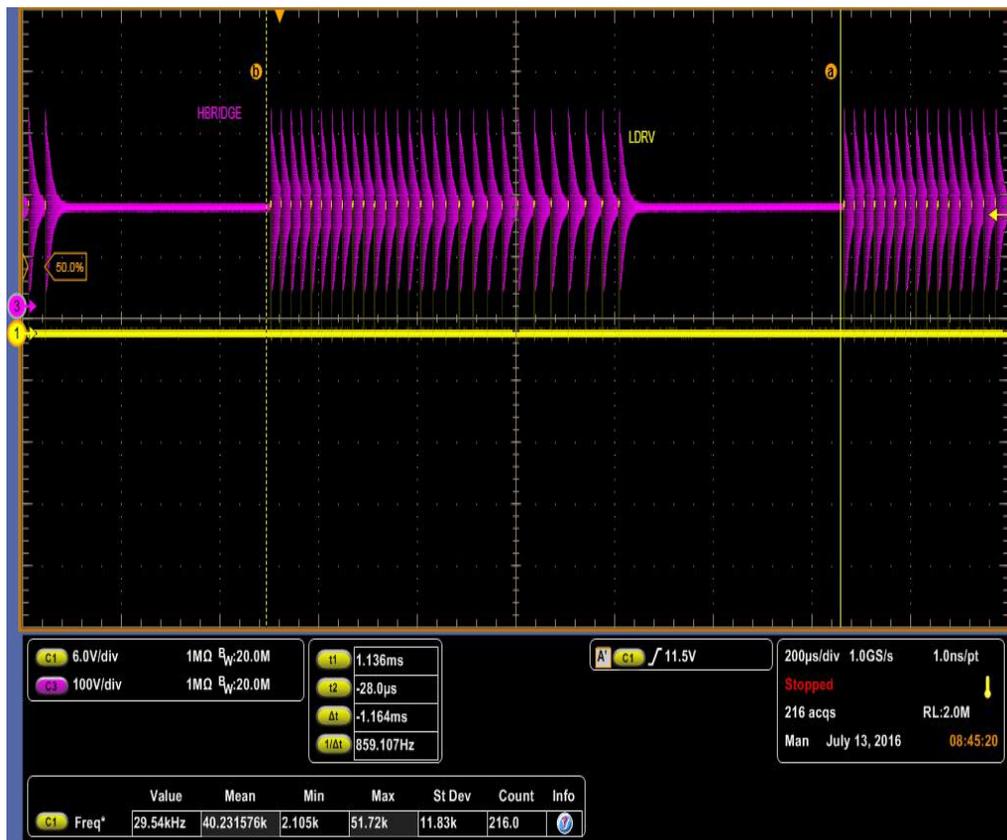


频率反走启动点由DTH引脚设置

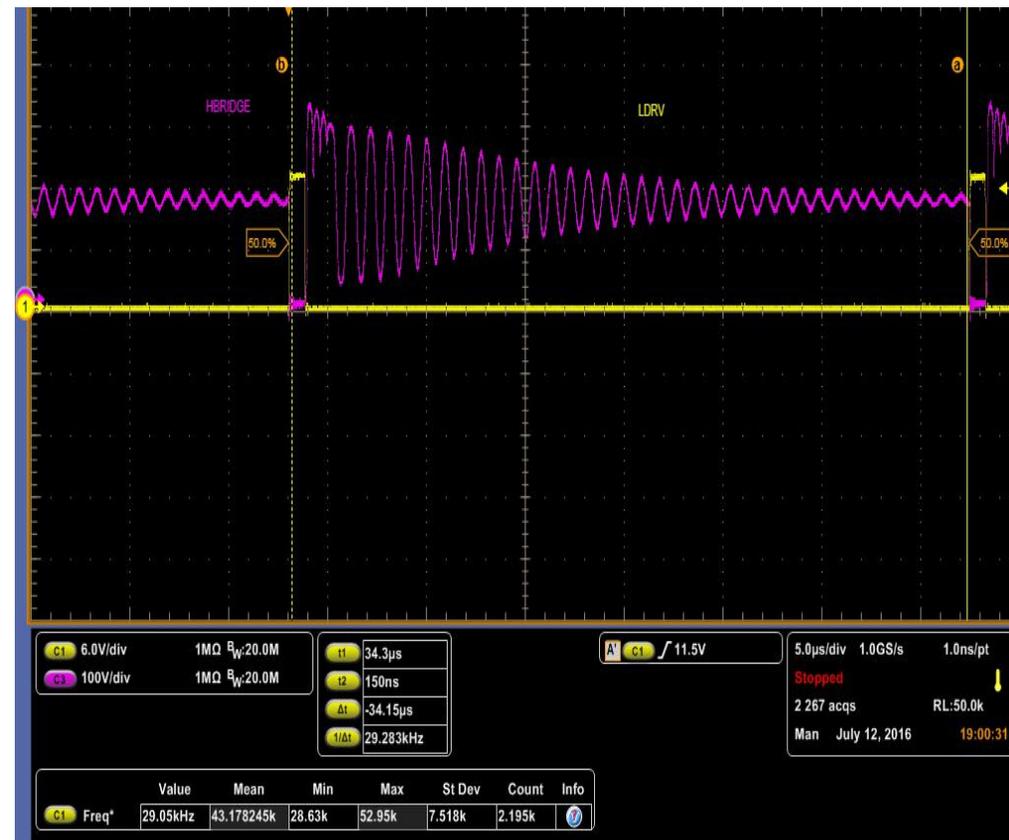
- 峰值冻结阈值是根据工作频率上升而提高（从而降低电感），以保持启动跳周期的恒定功率。



待机时安静的跳周期和频率钳位



安静的跳周期，800 Hz 脉冲



空载时~29 kHz 频率钳位

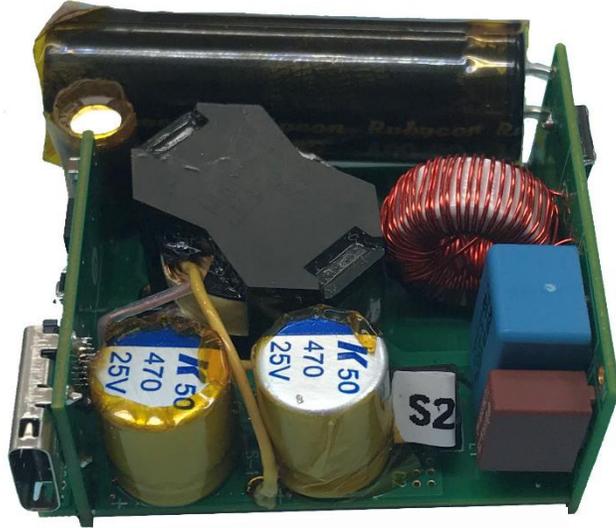
采用NCP1568的USB PD超高密度板一站式方案

65W USB PD 适配器

90W USB PD 适配器

5V8A 或10V/4A 适配器

NCP1568 USB PD 65W 超高密度演示板



采用的器件:

NCP1568 ACF 控制器
NCP51530 半桥驱动器
NCP4305 同步整流控制器
WT6615F PD 控制器
超级结(SJ) FET

工作模式:

有源钳位反激及DCM

满载能效:

94.0% @ 120 Vac (20 Vout/3.25A)
94.6% @ 230 Vac (20 Vout/3.25A)

变压器类别:

RM 8 LP

功率密度:

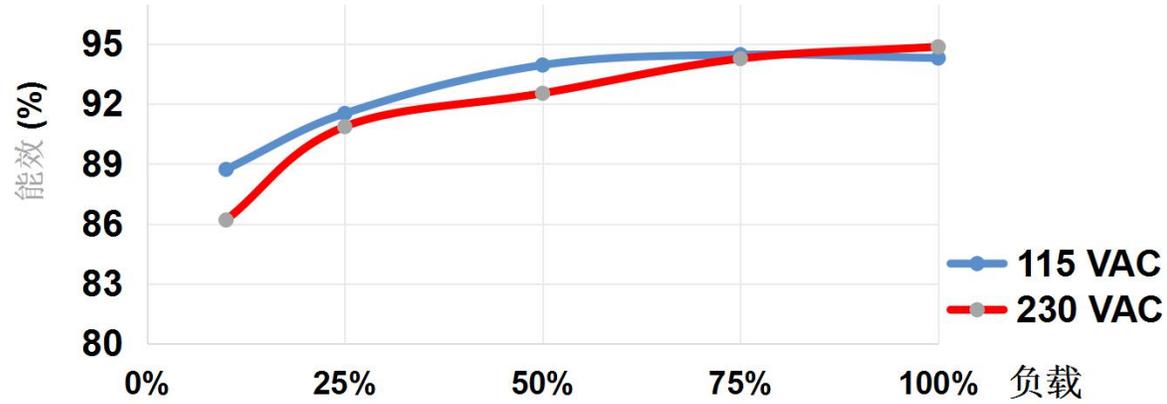
31.1 W/in³

板尺寸:

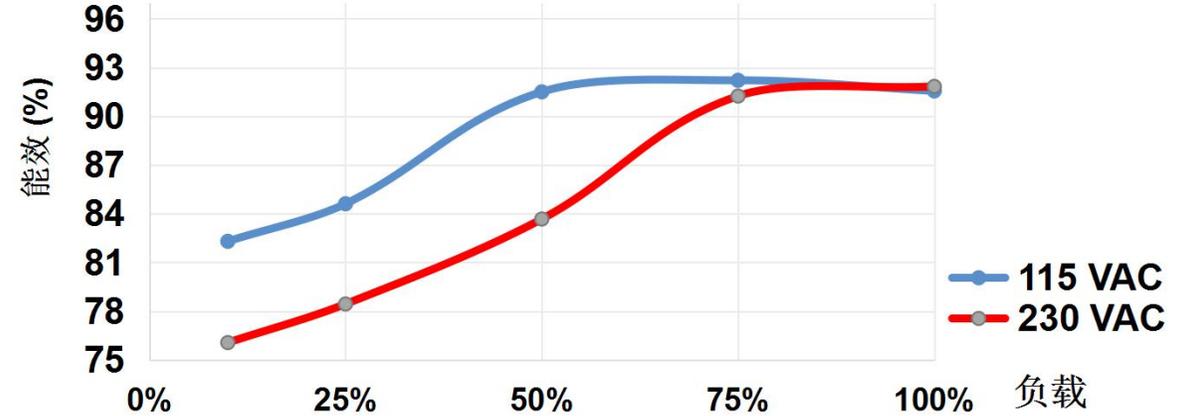
1.66" x 1.78" x 0.70"

NCP1568演示板能效

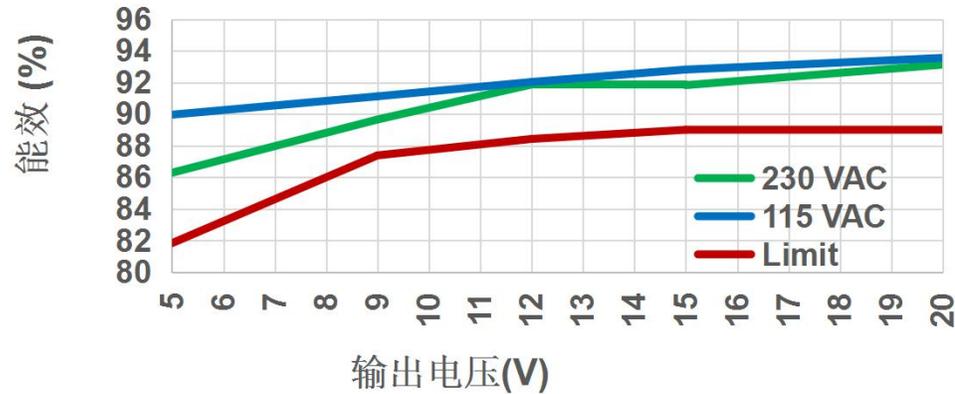
ACF 能效- 20V 输出电压



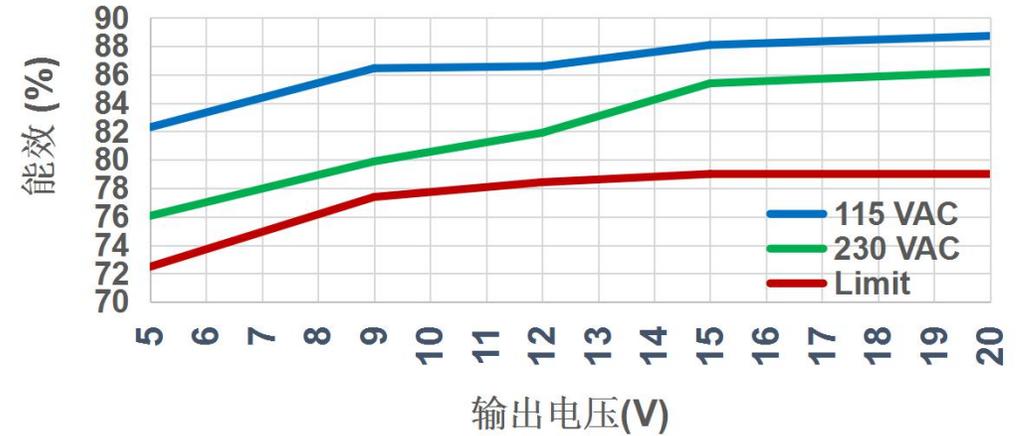
ACF 能效- 5V 输出电压

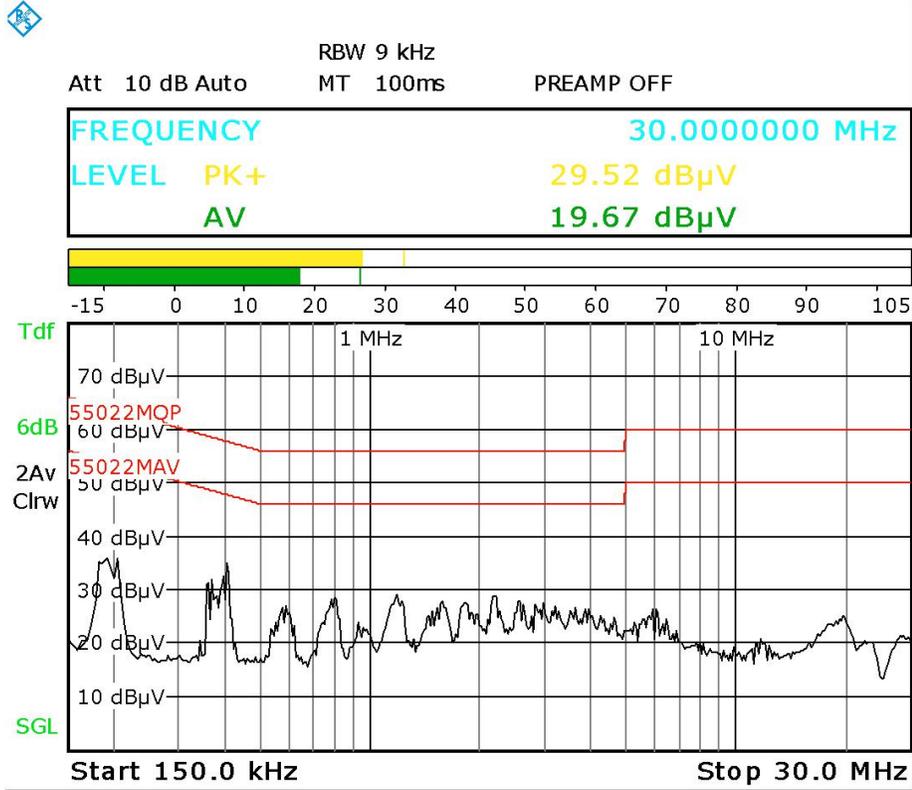


4 点平均能效 vs. 输出电压

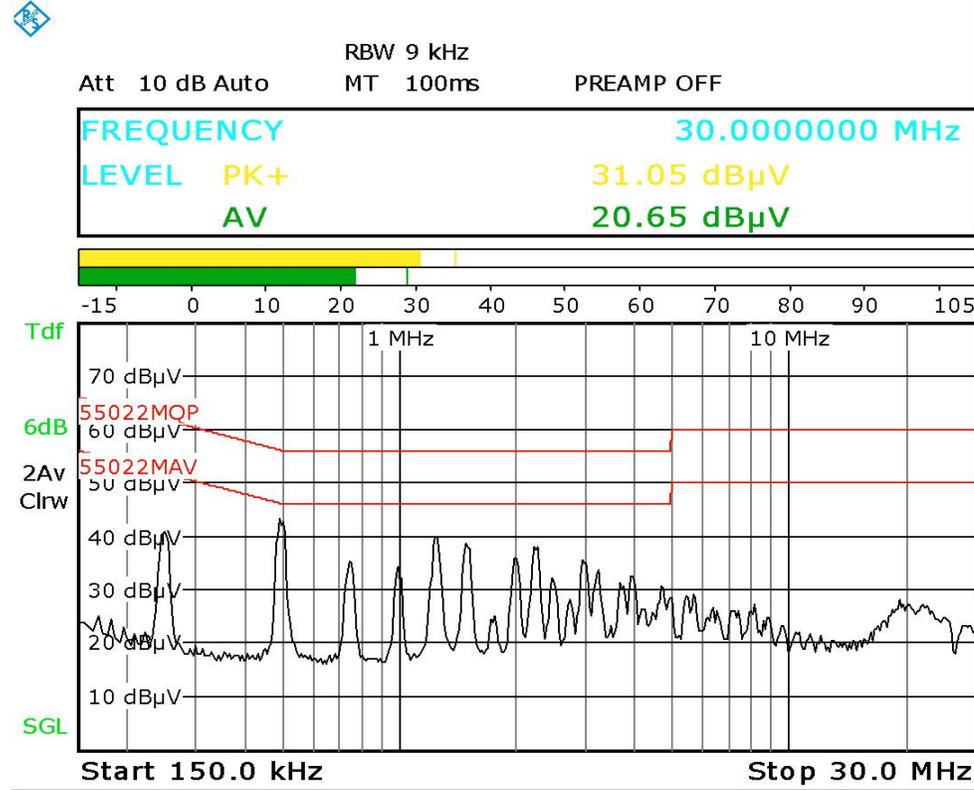


10% 负载能效 vs. 输出电压





115 VAC



230 VAC

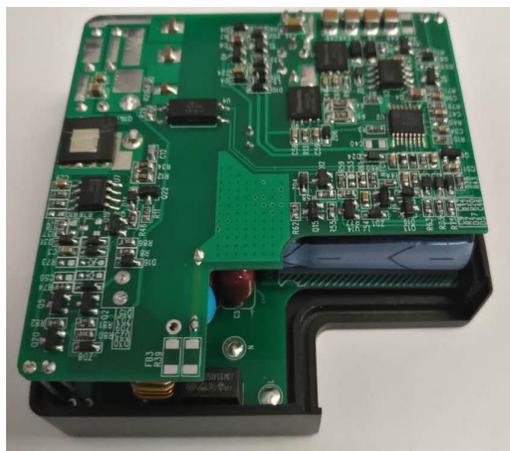
NCP1568 USB PD 90W演示板



30W USB PD



90W USB PD



采用的器件:

NCP1622 PFC 控制器
NCP1568 ACF控制器
NCP51530 半桥驱动器
NCP4306 同步整流控制器
WT6615F PD 控制器
超级结(SJ) FET(CoolMOS)

工作模式:

有源钳位反激及DCM

满载能效:

92.0% @ 115 Vac (20 Vout/4.5A)
92.5% @ 230 Vac (20 Vout/4.5A)

待机功耗:

75mW

PFC 电感:

RM8

变压器类型:

RM8

功率密度:

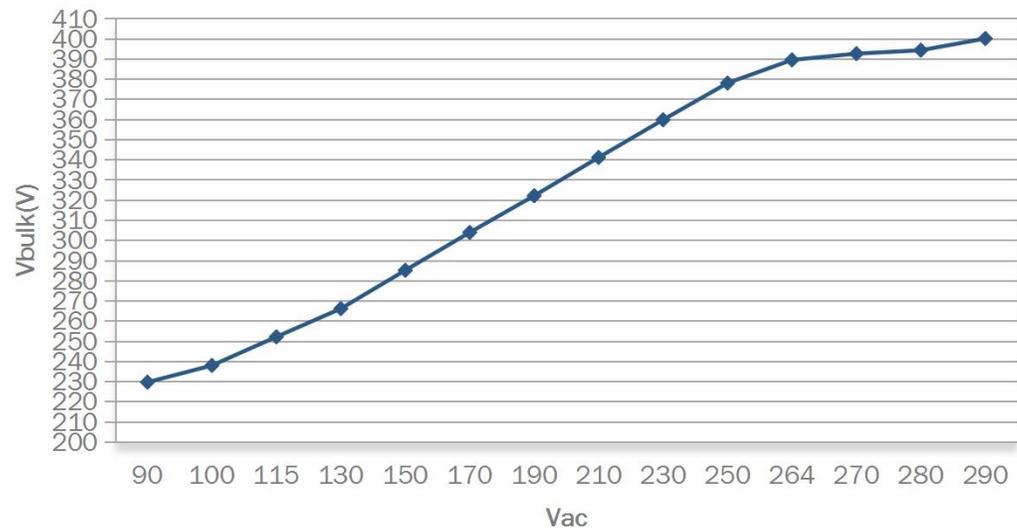
20.8 W/in³

板尺寸:

63mmx 63mm x 21mm



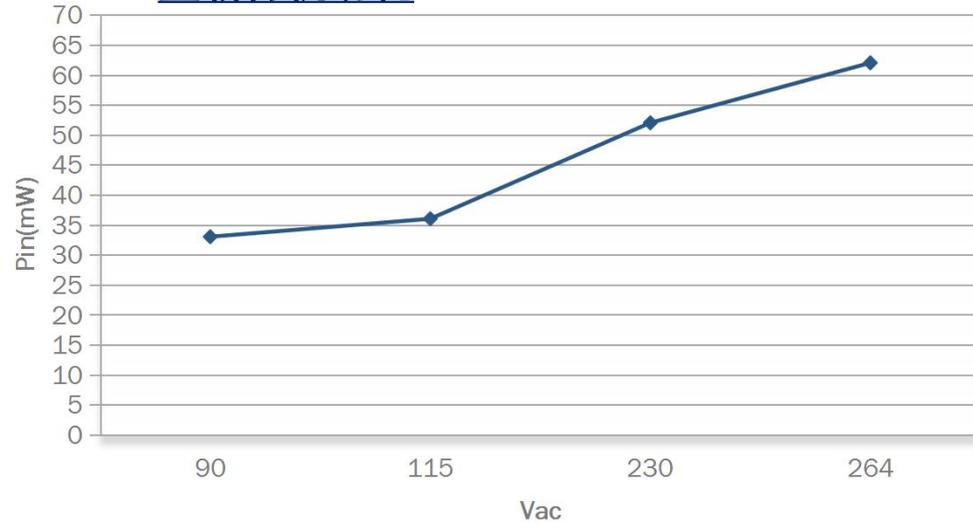
升压跟随PFC Vi/Vo曲线及能效分布



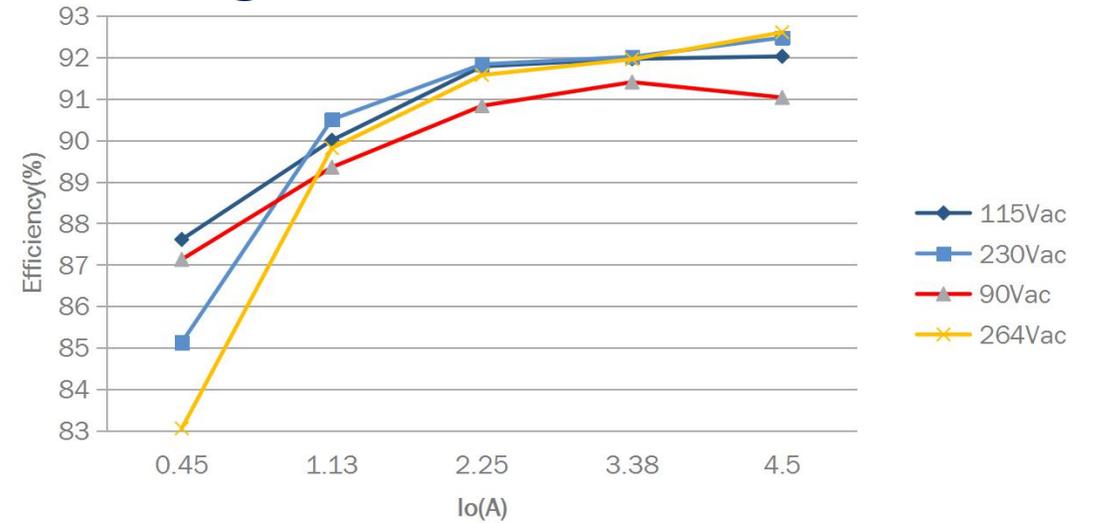
20V4.5A				
Vin	Vbulk	Total efficiency	BiF PFC efficiency	ACF DCDC efficiency
90Vac	230Vdc	0.9103	0.961	0.9472
115Vac	250Vdc	0.9202	0.9688	0.9498
230Vac	360Vdc	0.9247	0.9777	0.9458
264Vac	390Vdc	0.926	0.9782	0.9466

90W PD 演示- 待机功耗及能效

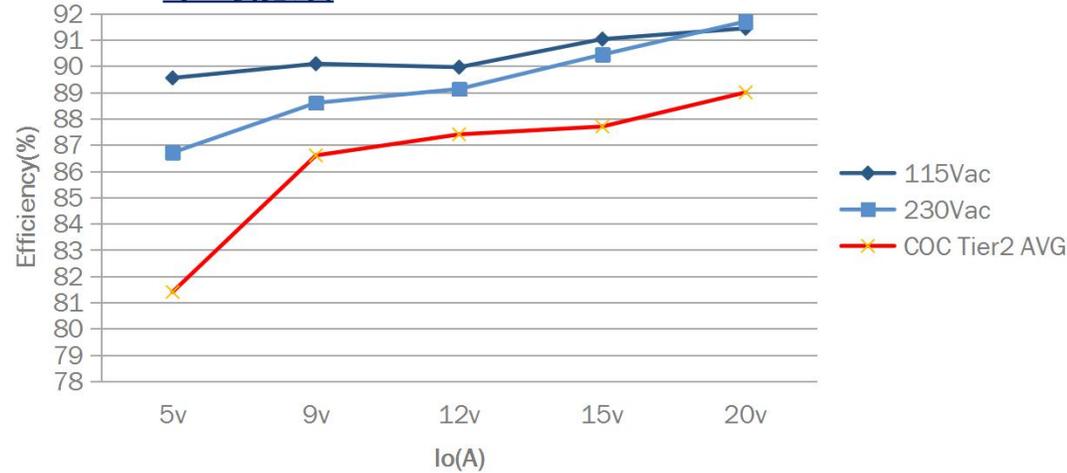
空载待机功耗



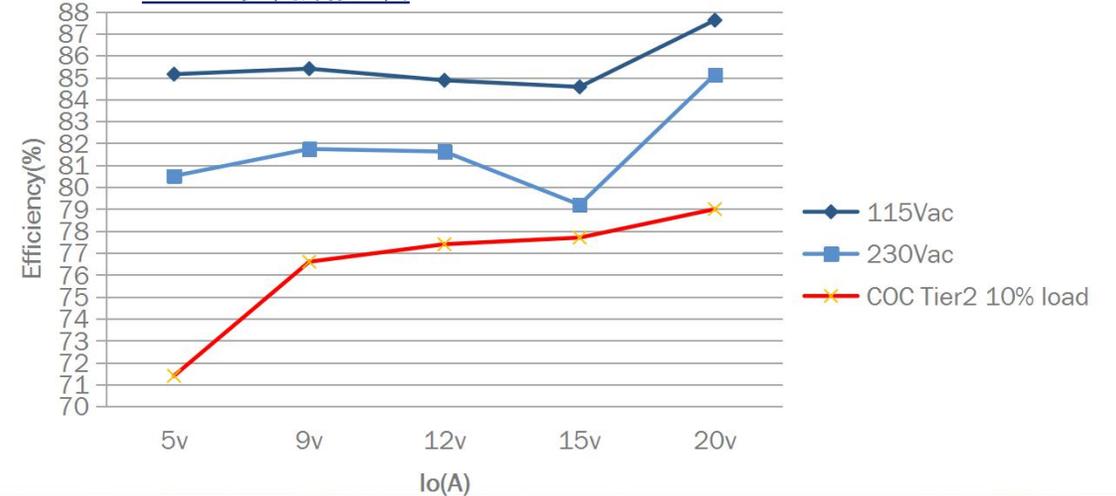
能效 @ 20V



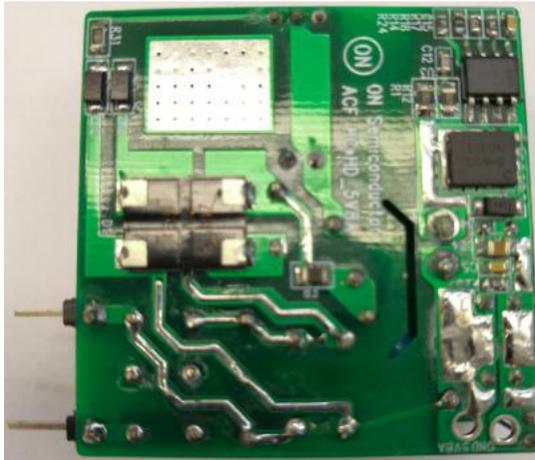
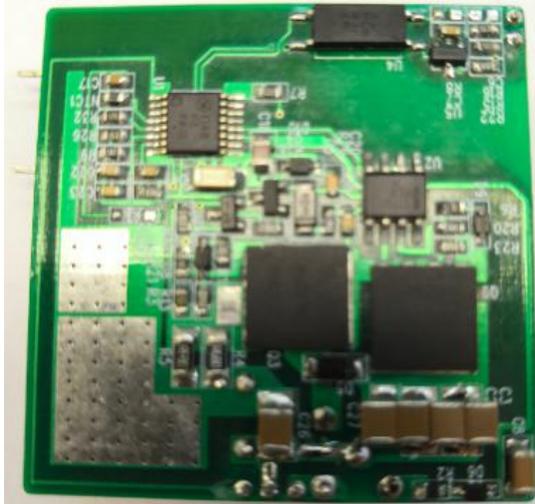
平均能效



10% 负载能效



NCP1568 40W 5V/8A或10V/4A超高密度演示板



采用的器件:

NCP1568 ACF 控制器
NCP51530 半桥驱动器
NCP4305 同步整流控制器

工作模式:

有源钳位反激及DCM

满载能效:

92.3% @ 115 Vac(5.25V/8A)
93.4% @ 115Vac(10V/4A)
93.2% @ 230Vac (5.25/8A)
94.1% @ 230Vac(10V4A)

待机功耗

<30mW

变压器类型:

RM7

功率密度:

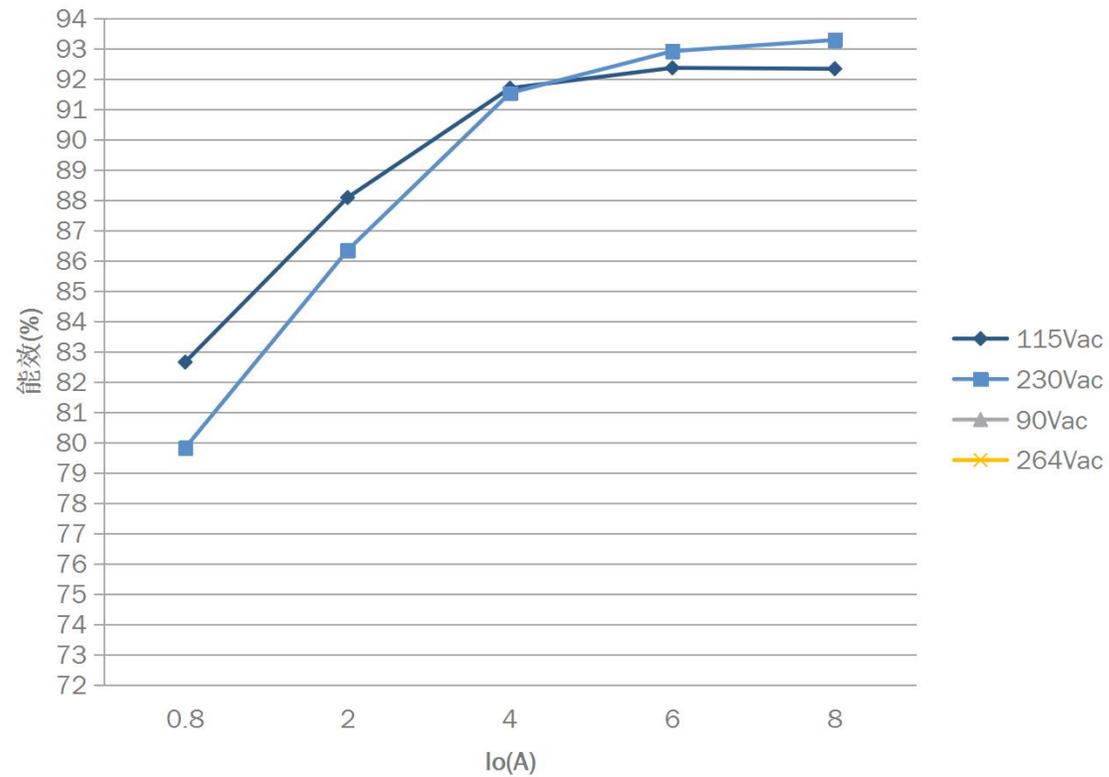
24.6 W/in³

板尺寸:

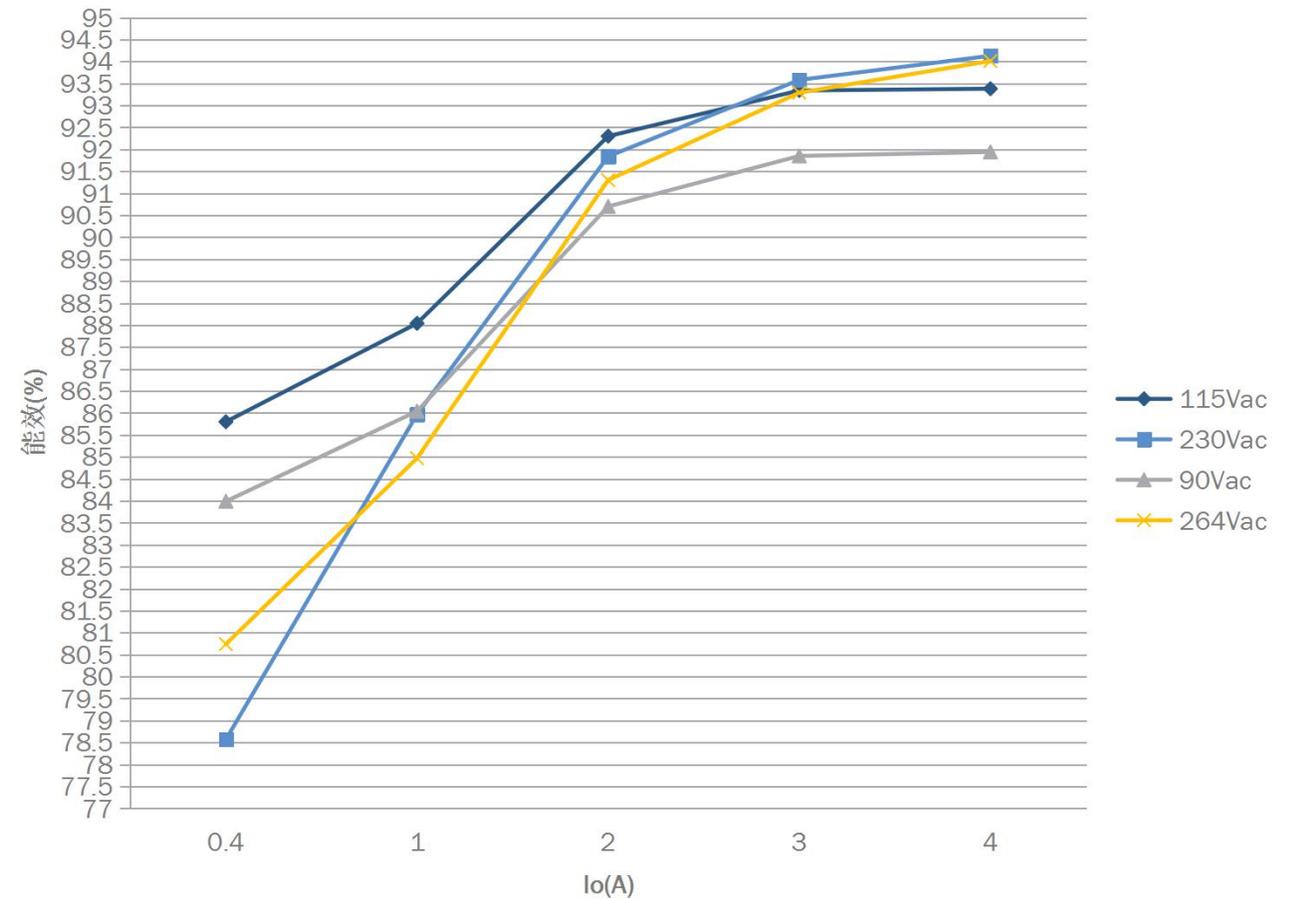
40mmx 40mm x 17mm

5V/8A & 10V/4A 能效 vs 负载曲线

5V/8A 能效



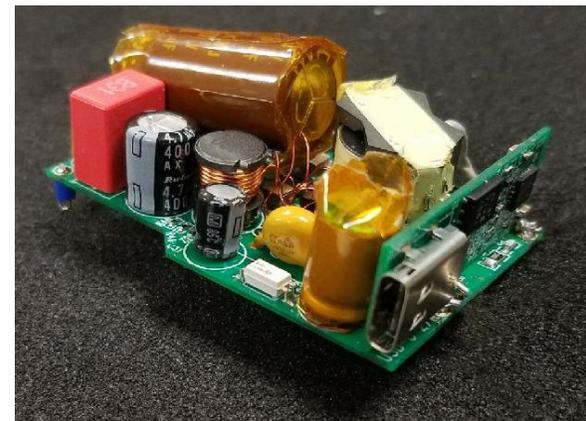
10V/4A 能效



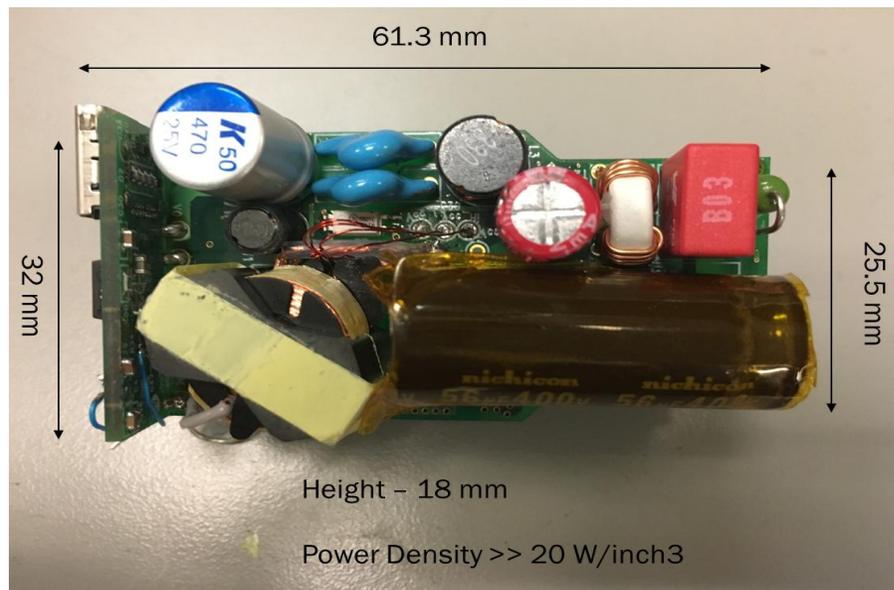
其它采用NCP1568的超高密度PD 适配器一站式方案



标准的5V/2.4A 充电器  **27W USB PD**



39W USB PD



NCP51530 – 高性能2 A 700V 半桥驱动器

价值定位

The NCP51530 are 700 V high frequency high-side and low-side drivers with very low and matched propagation delays for direct drive of 2 N-channel power MOSFETs in High Performance SMPS & Digital High power converters.

独特的特性

- Input range: up to 700 V
- Excellent dynamic
 - 100 ns Max Prop delay
 - 5 ns Delay matching
 - 15 ns Rise & Fall Times
- Negative bridge pin voltage up to -10 Volts

优势

- Off-line applications
- Well suited for high frequency operations
- Robust design

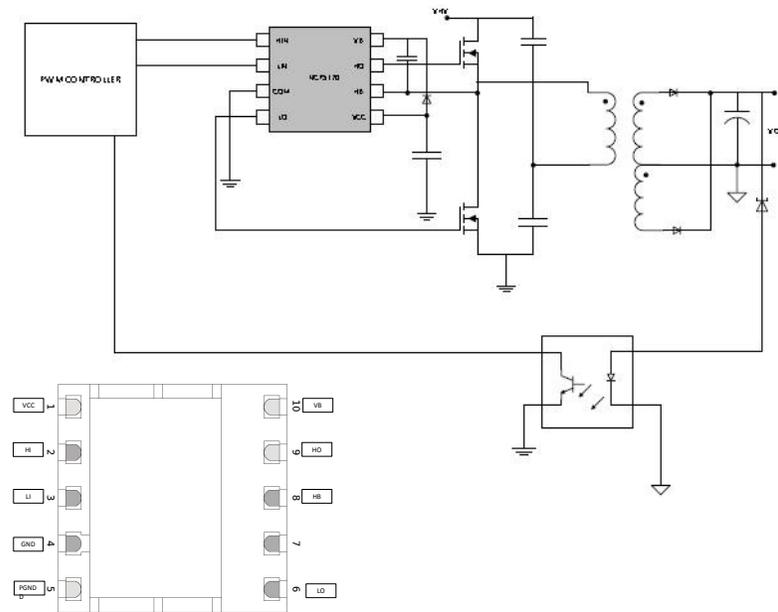
其它特性

- Dual input logic
- 1.3A/2.5A source/sync currents
- Max Vcc : 20 V
- 100 ns Min pulse width
- Under voltage lockout for both inputs

市场与应用

- Server & Telecom Off-line Power Supplies

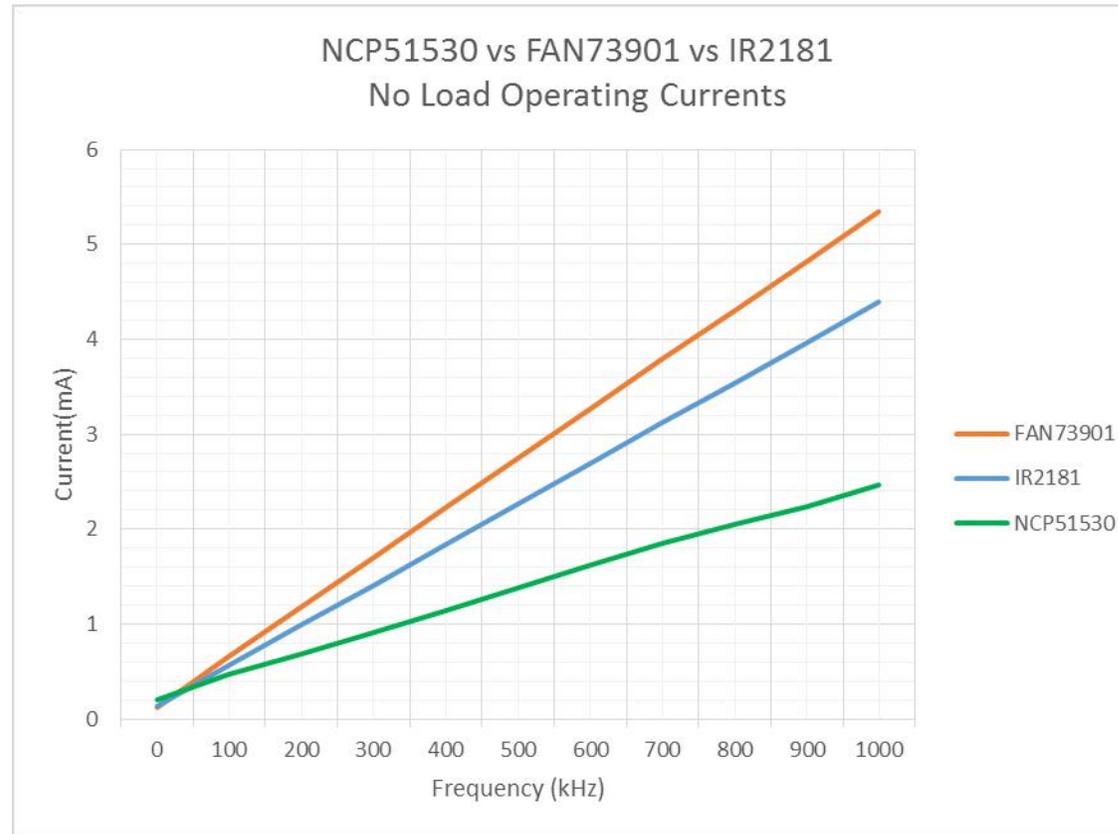
应用数据



订购及封装信息

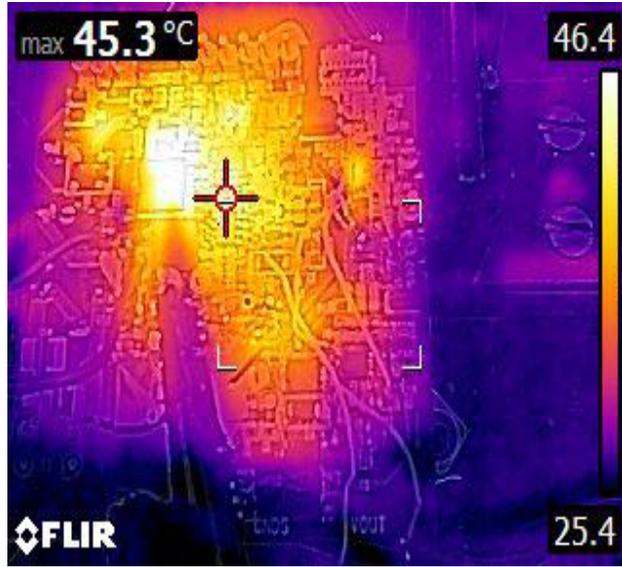
- NCP51530DR2G: SOIC-8
- NCP51530AMNTWG: DFN10 4*4

NCP51530空载工作电流vs 竞争器件



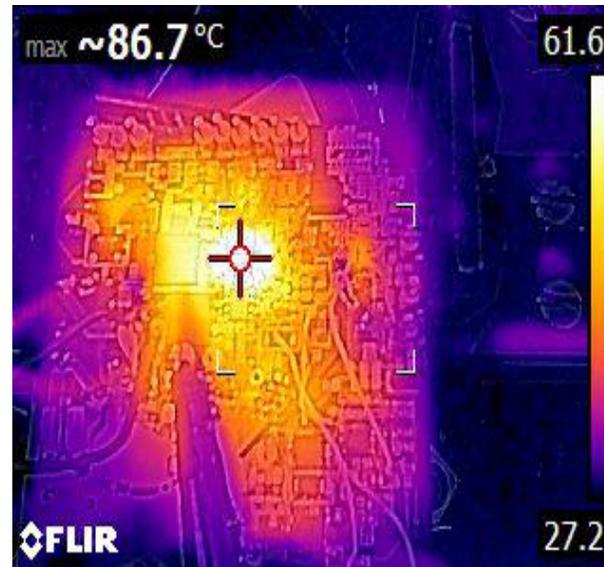
- VCC/VB = 12 V. 半桥引脚对地短路. 驱动引脚空载.
- 我们可观察到NCP51530空载电流比竞争器件小得多

应用表现



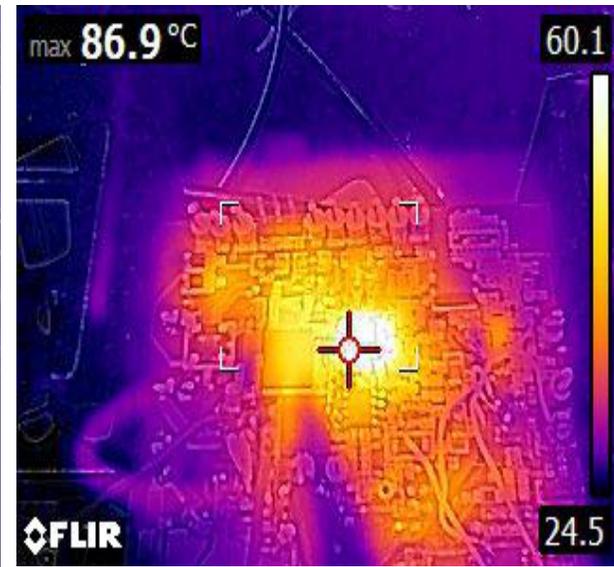
NCP51530

驱动器温度: 45C



竞争器件A

驱动器温度: 86.7C



竞争器件B

驱动器温度: 86.9C

应用 - 有源钳位反激- 20V/2.25 A
输入电压- 230 Vac , 开关频率- 300 kHz
半桥驱动器驱动高边FET = IPL60R385CP

总结

- 有源钳位反激是最适合超高密度电源适配器的拓扑，功率密度超过20W/in³
- 超高密度适配器的关键挑战是符合CoCV5 Tier 2 对空载待机功耗的规定和热管理(满载能效)用于宽输出范围的快充/PD应用
- NCP1568 创新的控制架构包括
 - 自适应ZVS 频率调制
 - 自适应死区时间控制
 - 可选可配置的ACF/DCM 转换及领先的边沿转换模式
 - 内置 X2 电容放电和高压启动.....
- 超高密度演示/ 一站式方案彰显出色的性能，解决上述挑战

谢谢！

有关安森美半导体有源钳位反激式控制器NCP1568的
更多信息，请访问网站：www.onsemi.cn

详细信息请联系您的销售代表或授权代理商
关注“安森美半导体”官方微信平台

