



低空载功耗、高效率、小封装的反激控制器 恩智浦Greenchip开关电源芯片TEA1832

严一心

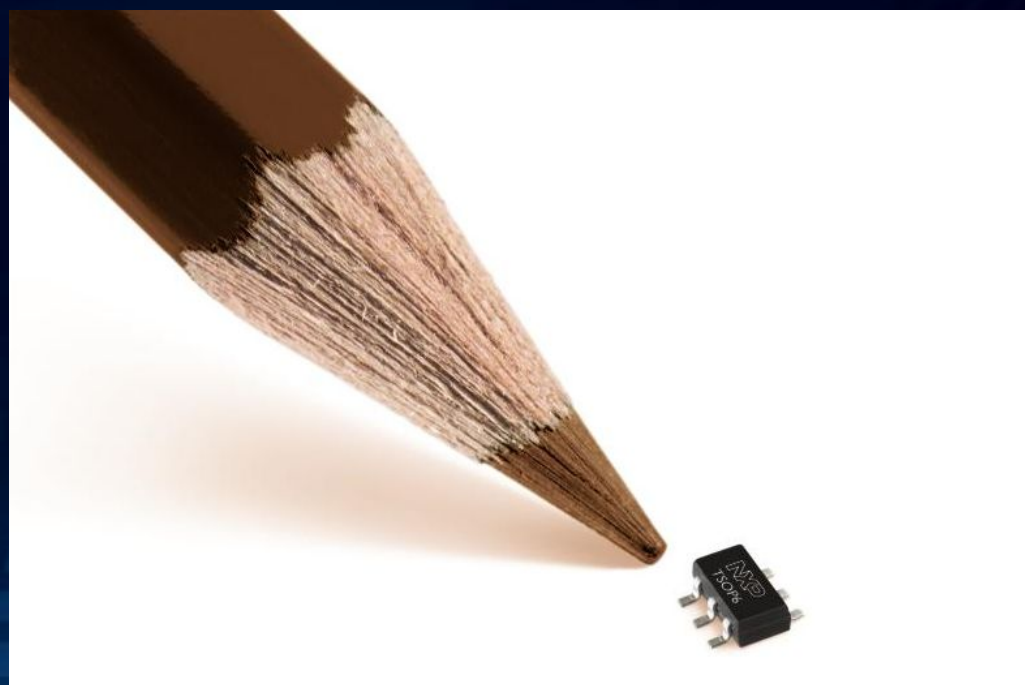
BL Secure interfaces & Power

Mar. 2015



内容提要

1. 总体介绍
 - 特点, 封装和管脚排列
2. 具体应用
 - 节电模式下的空载功耗, 元件设置
 - 45W和65W电源原理图
 - 某些保护功能
3. 关键的功能：
 - 启动
 - 保护
 - 高/低压补偿
4. 演示板的性能介绍：



空载功耗
<75mW
启动时间<2s

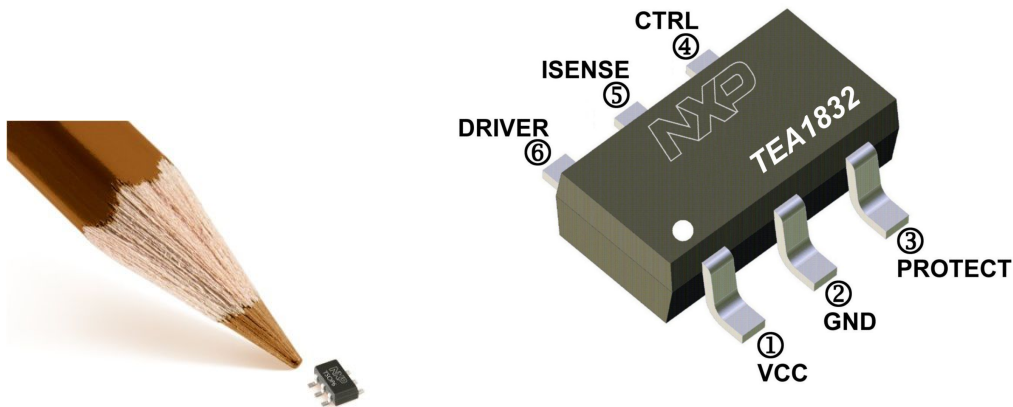
允许临时的
峰值功率

保护:
Brown in/out
OCP
OVP
OTP



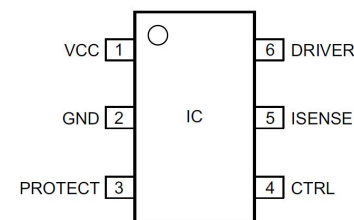
TSOP6 封装:

- ▶ 很小封装, 节省板空间
- ▶ 符合行业标准

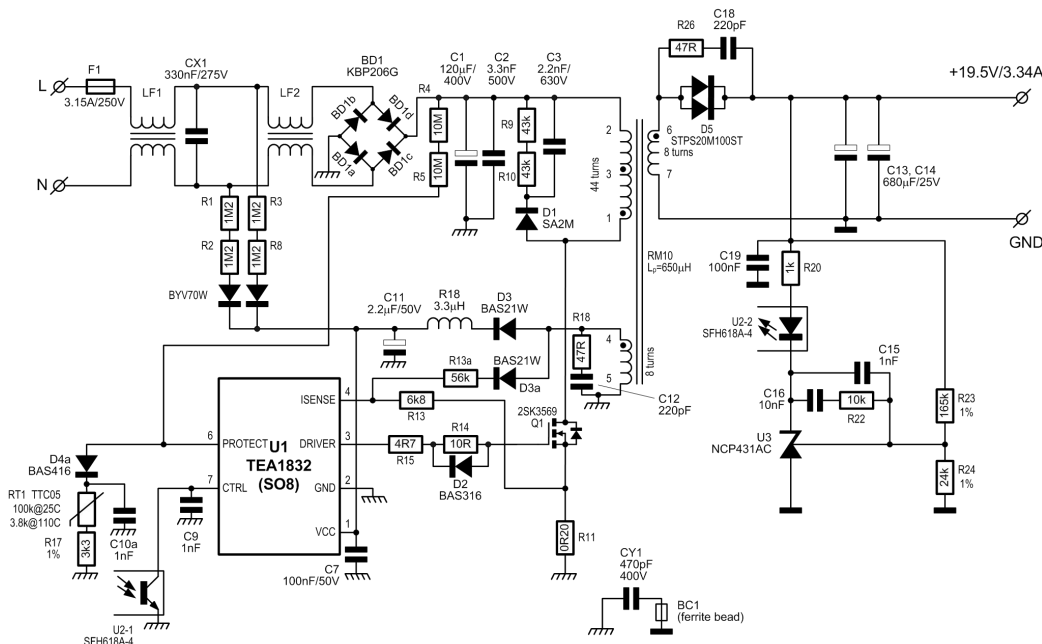


TEA1832(L) pin assignment

Symbol	Pin	Description
VCC	1	supply voltage
GND	2	ground
PROTECT	3	protection and mains detect input
CTRL	4	control input
ISENSE	5	current sense and accurate OVP input
DRIVER	6	gate driver output



TEA1832(L) Application diagram



TEA1832TS: 保护时安全重启
TEA1832LTS: 保护时芯片锁定



TEA1832(L) 芯片的特色

- 高性能的开关电源控制芯片,适宜要求低成本的应用
- 空载下Pin < 55mW (符合 CoC tier2 75mW 规格)
- 较宽的Vcc范围, 最大至36V,较低的UVLO : 10.5V (这样可使用小型的 Vcc 电容)
- 在启动和重启时电源电流很低的 (典型值为10 μ A)
- 在正常工作时的电源电流也较低 (空载下典型值为0.58mA)
- Fmax = 130kHz (电源在峰值功率下), 有峰值电流失控保护
- 打嗝模式时Vcc电压降低, (在负载变动期间保持Vcc 在 UVLO之上, 可允许使用较小容量的Vcc电容)
- 最大占空比增加到89%
- 软启动在IC内部集成 (~3.5msec)

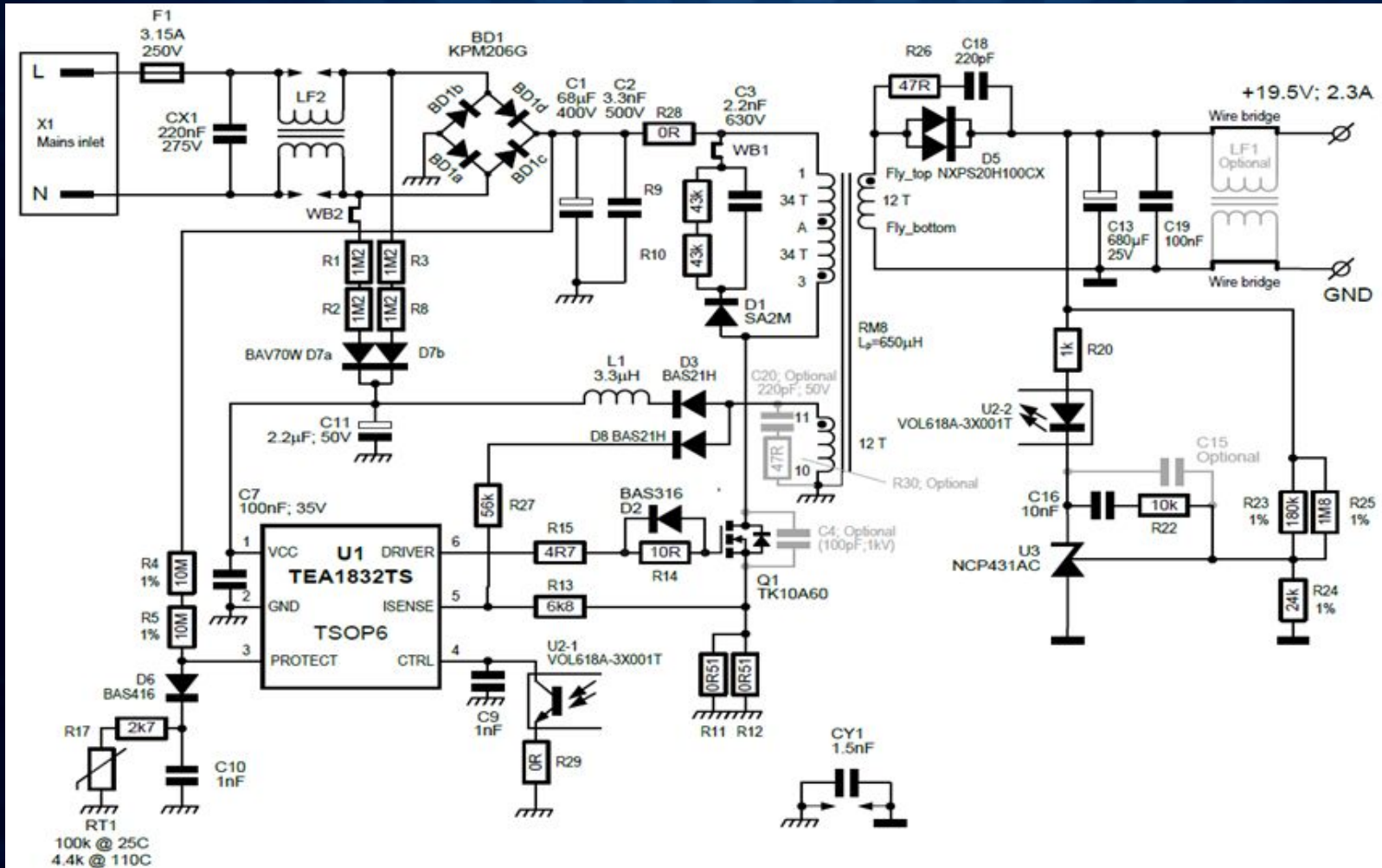


TEA1832(L) 丰富的保护功能

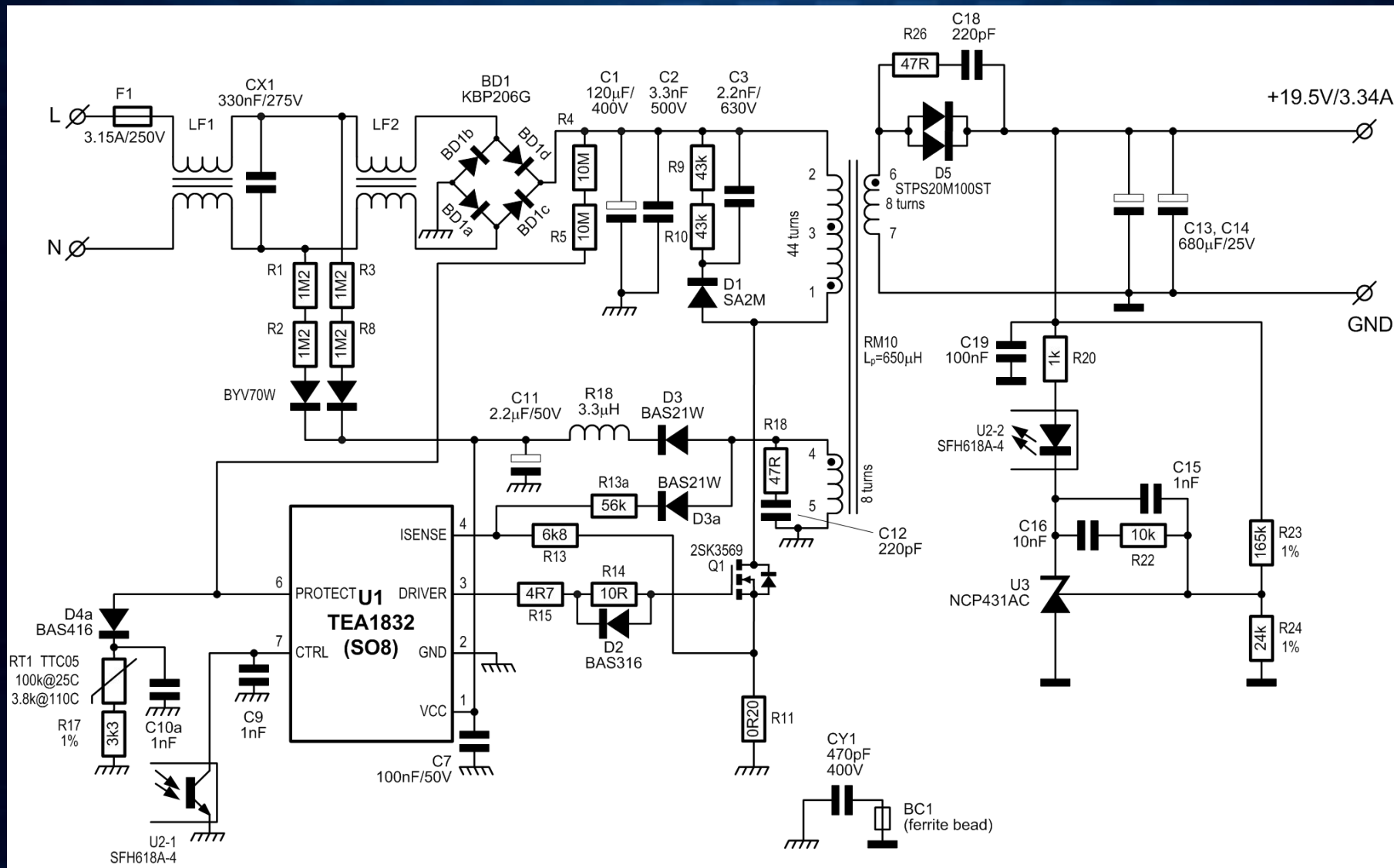
- 经由 Pin (PROTECT) 实现 **Brown-in and brown-out** 保护
 - ➔ 每mS切换 Pin (PROTECT) 电压为低, 用于测量Vbus
 - ➔ 当在内部计数器检测到 连续brownout事件达9次 (32ms), 触发Brownout保护
- 可调的高/低输入电压补偿
 - ➔ 经由Pin (PROTECT) 测量Bulk 电容电压
 - ➔ 经由Pin (ISENSE) 产生直流偏置电压
- 经Pin (ISENSE) 实现精确的OVP
 - ➔ 原边开通时测量峰值电流
 - ➔ 副边开通期间做OVP检测
- Pin (Vcc) 内部集成OVP (计数: 达到连续4次)
- 内部的过功率定时 (典型值: 30mS)
- 过功率保护和高/低输入电压补偿 (NXP 专利)
- 低的、可调的过流保护(OCP)触发电平
- 保护用的输入端(例如外部OTP和 OVP)
- IC 内部过温保护(OTP)
- 最大占空比保护 (计数: 连续8次)



TEA1832在典型的45W应用原理图 (19.5V/2.3A)



TEA1832在典型的65W应用原理图(19.5V/3.34A)

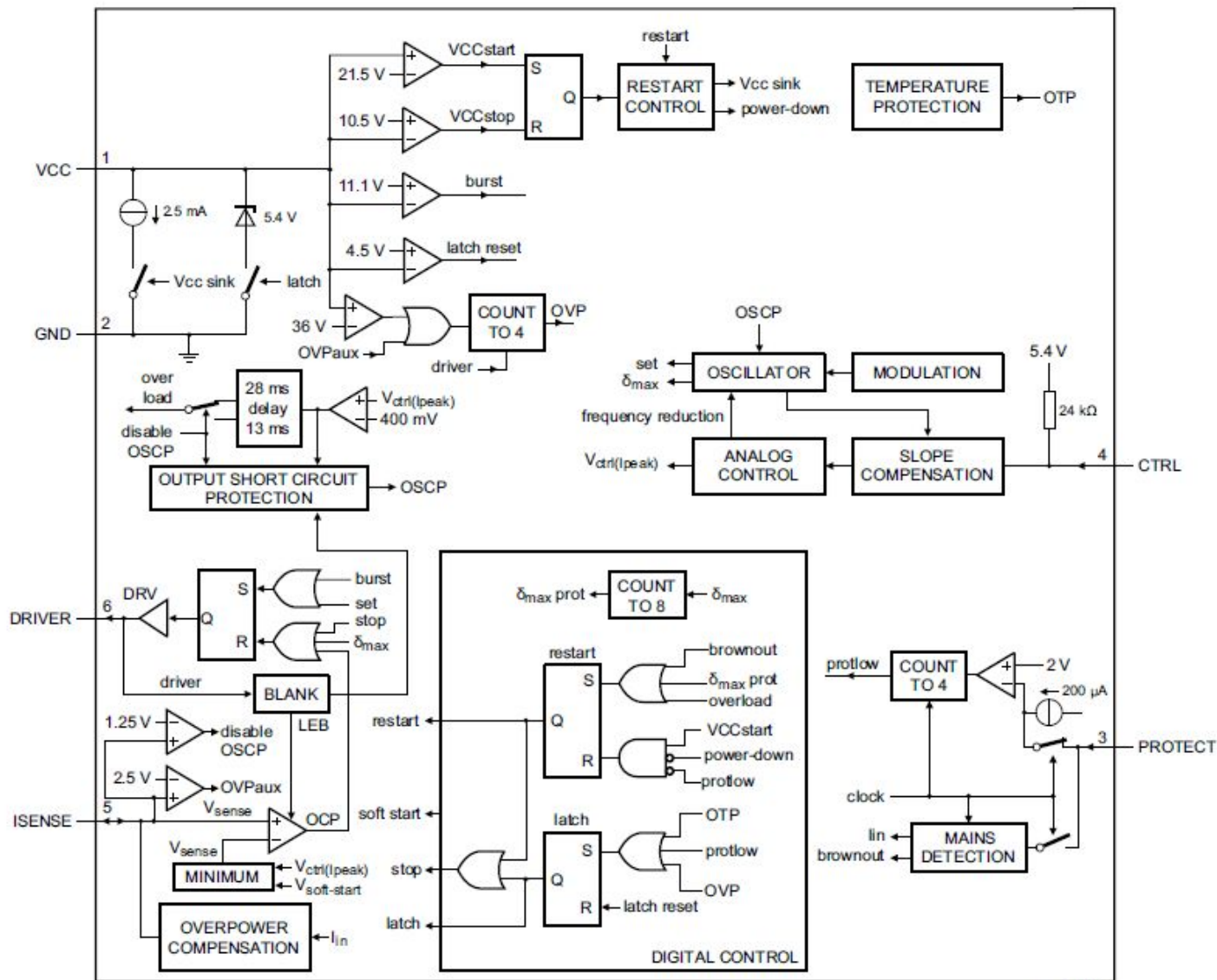


不同后缀的TEA1832的差异

功能	TEA1832TS (重启)	TEA1832LTS (锁定)
OPP time-out	30 ms	180 ms
OPP	慢速重启 ¹	锁定
UVLO	重启	锁定
OVP 经Pin(ISENSE)&Pin(VCC)	锁定	锁定
外部实现的 OTP	锁定	锁定
IC内部过温 (OTP)	锁定	锁定
Brown-out	重启	重启
最大占空比保护	重启	重启

¹慢速重启时间 = 3 周期的VCC电容放电/充电时间

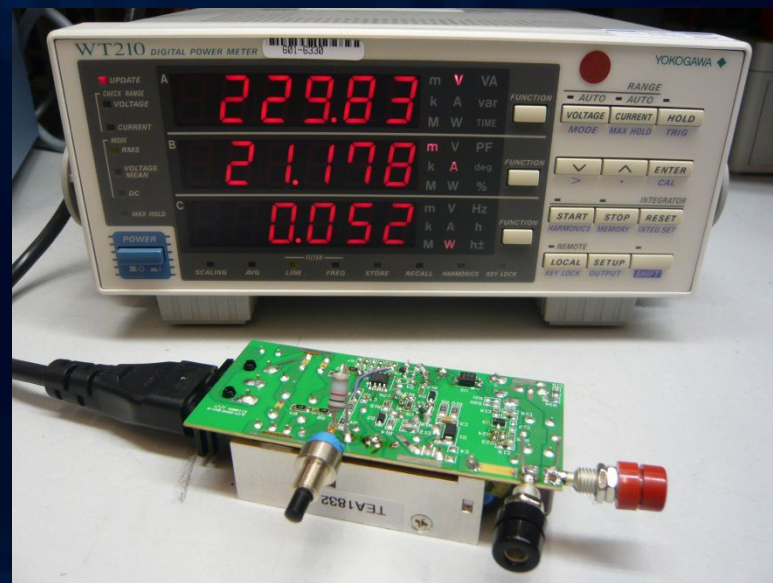
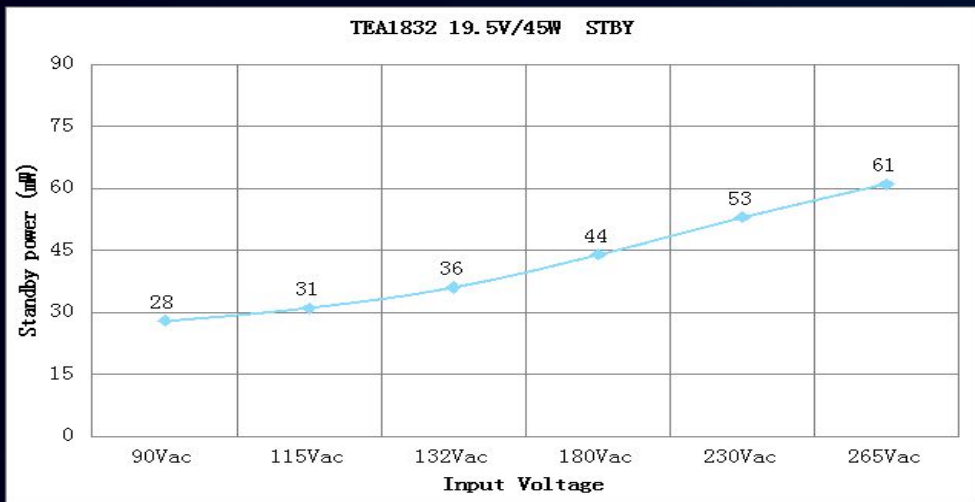
TEA1832内部原理框图



aaa-013265

TEA1832(L) 空载功耗评估结果

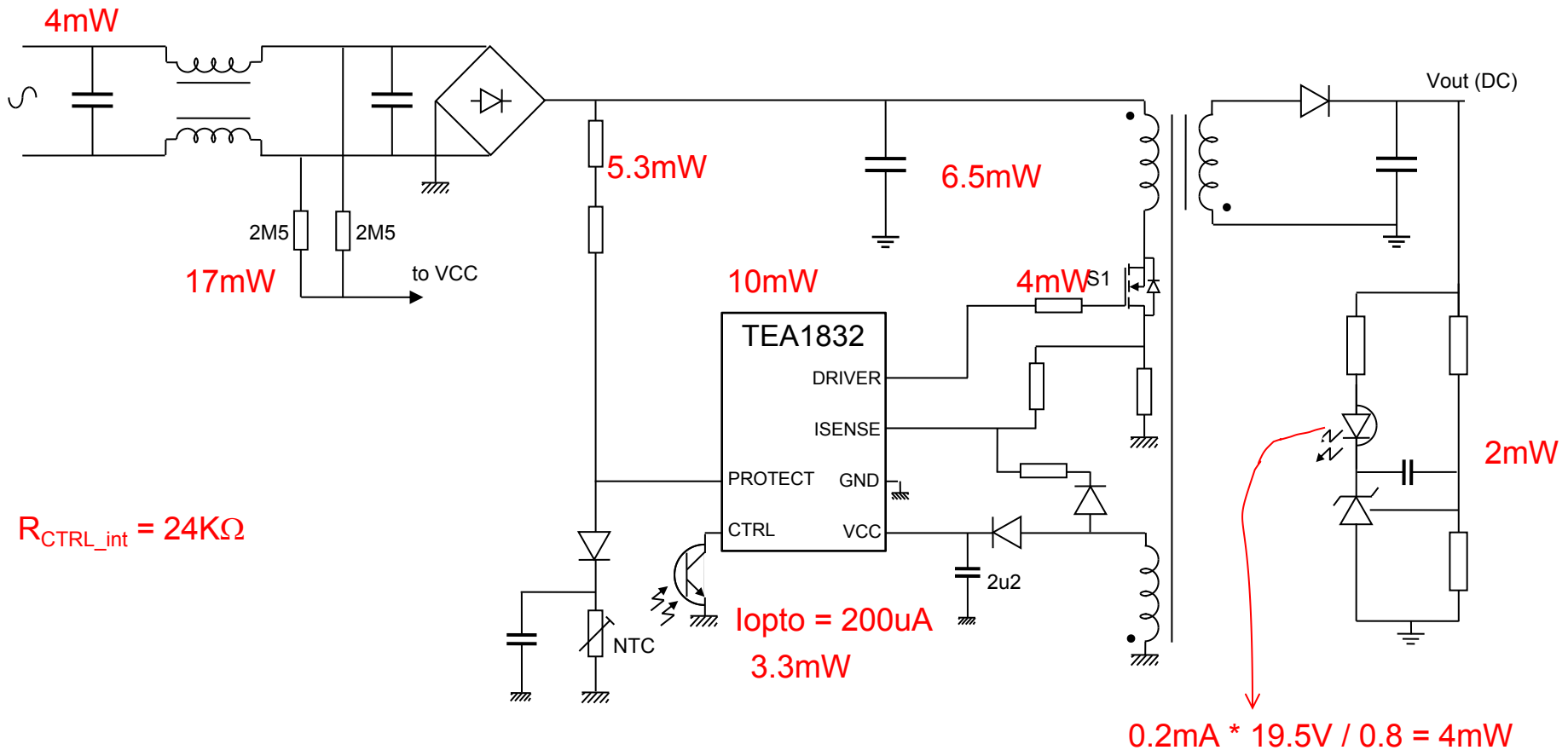
- 115Vac下空载功耗 < 55mW, (输出电压是稳定的)



65W 演示板, $V_o=19.5V$
230Vac(50Hz)下空载功耗= 52 mW

备注: 测量启动时间前, 所有电容均完全放电.

空载下各部分功耗



$$4 + 17 + 5.3 + 10 + 6.5 + 3.3 + 4 + 2 + 4 = 56mW$$

各部分功耗的计算

- C_{drain} estimated: 300pF
 F_{sw} at no load: 250Hz
 $V_{\text{rectified}}$: $230\text{Vac} \cdot \sqrt{2} = 325\text{V}$
 V_{rms} : 230V
 - 开关损耗: $P = \frac{1}{2}CV^2 \cdot f$ 4 mW
 - Xcap上的损耗: 330nF 4 mW
 - 泄放电阻损耗 (2.4 MΩ): $P = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}}$ 17 mW
 - Bus电容漏电流产生的损耗 $2 \mu\text{A} \cdot 325\text{V}$ 6.5 mW
 - 输入电压检测电阻损耗 (2x10MΩ): $P = V^2/R$ 5.3 mW
 - IC 损耗: $P = V_{\text{CC}} \cdot I_{\text{ic}} = 20\text{V} \cdot 0.5\text{mA}$ 10 mW
 - 光耦(原边)电流损耗: $P = V_{\text{CC}} \cdot I_{\text{CTRL}} = 20\text{V} \cdot 0.17\text{mA}$ 3.3 mW
 - 分压电阻损耗: $P = V_{\text{out}}^2/R = 19.5\text{V}^2/190\text{k}$ 2 mW
 - TL431/光耦(副边)损耗: $P = V_{\text{out}} \cdot I = 19.5\text{V} \cdot 0.2\text{mA}$ 4 mW
-
- 总计: 56 mW

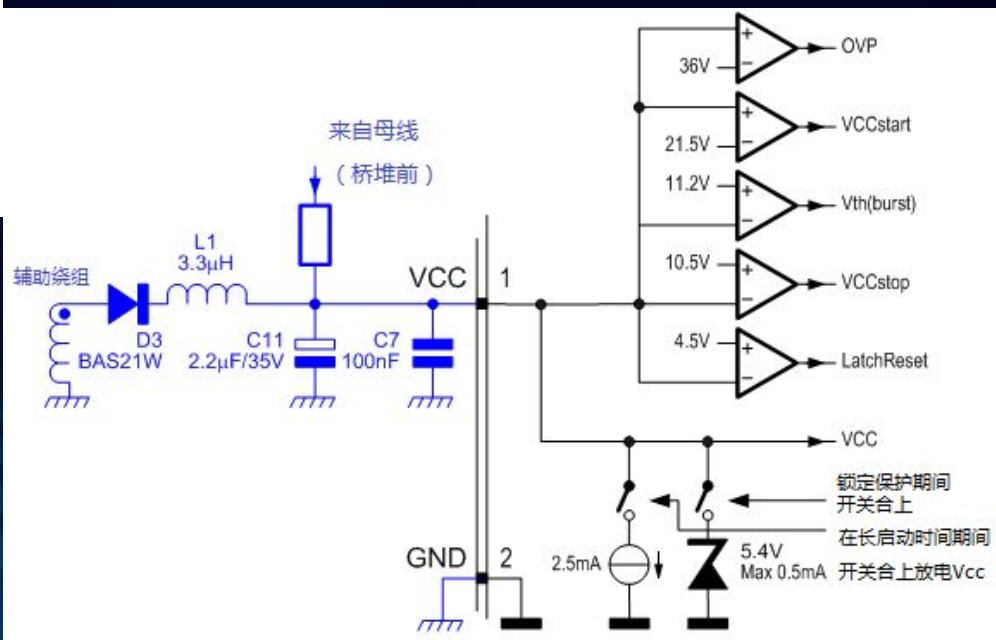
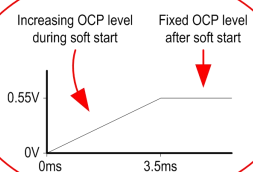
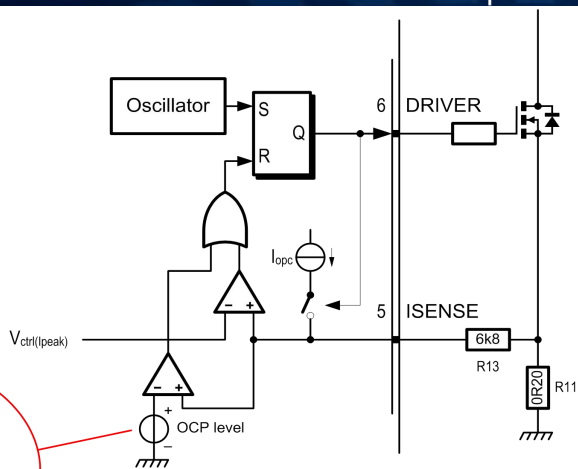
实测: 53 mW

TEA1832 重要功能

1. 启动功能
2. 不同负载下的功率控制
3. 打嗝模式下的Vcc
4. 保护功能:
 - 用于 OPP的慢启动模式.
 - Pin(protect)功能: Brown-in/out 检测, OTP.
 - 高/低输入电压补偿功能
 - 过载保护: OPP and OCP

启动 (1)

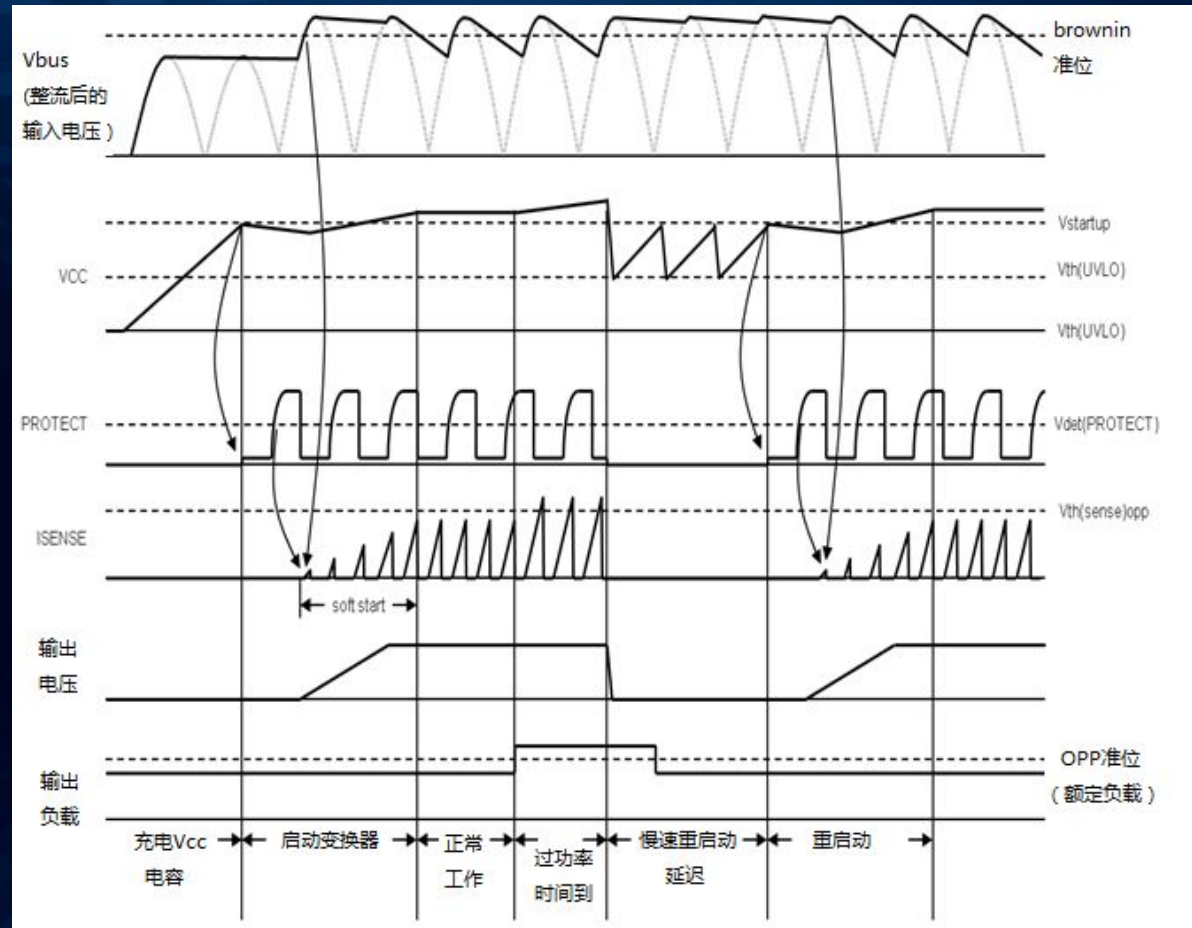
- 启动时使 V_{ocp} 电压在3.5mS内从 0 增加到 0.55V，实现软启动
- 在软启动期间高/低压补偿电流(I_{opc})不会被切断。



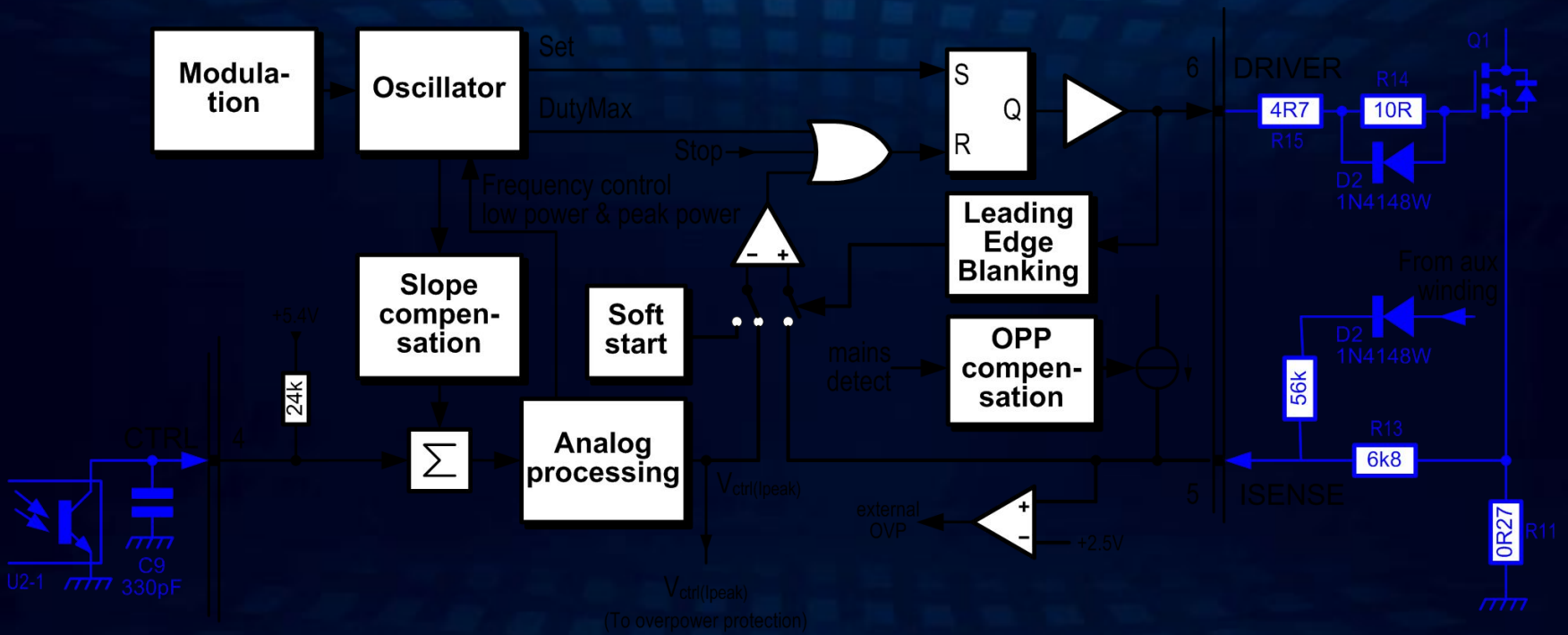
TEA1832 上电时序

启动条件:

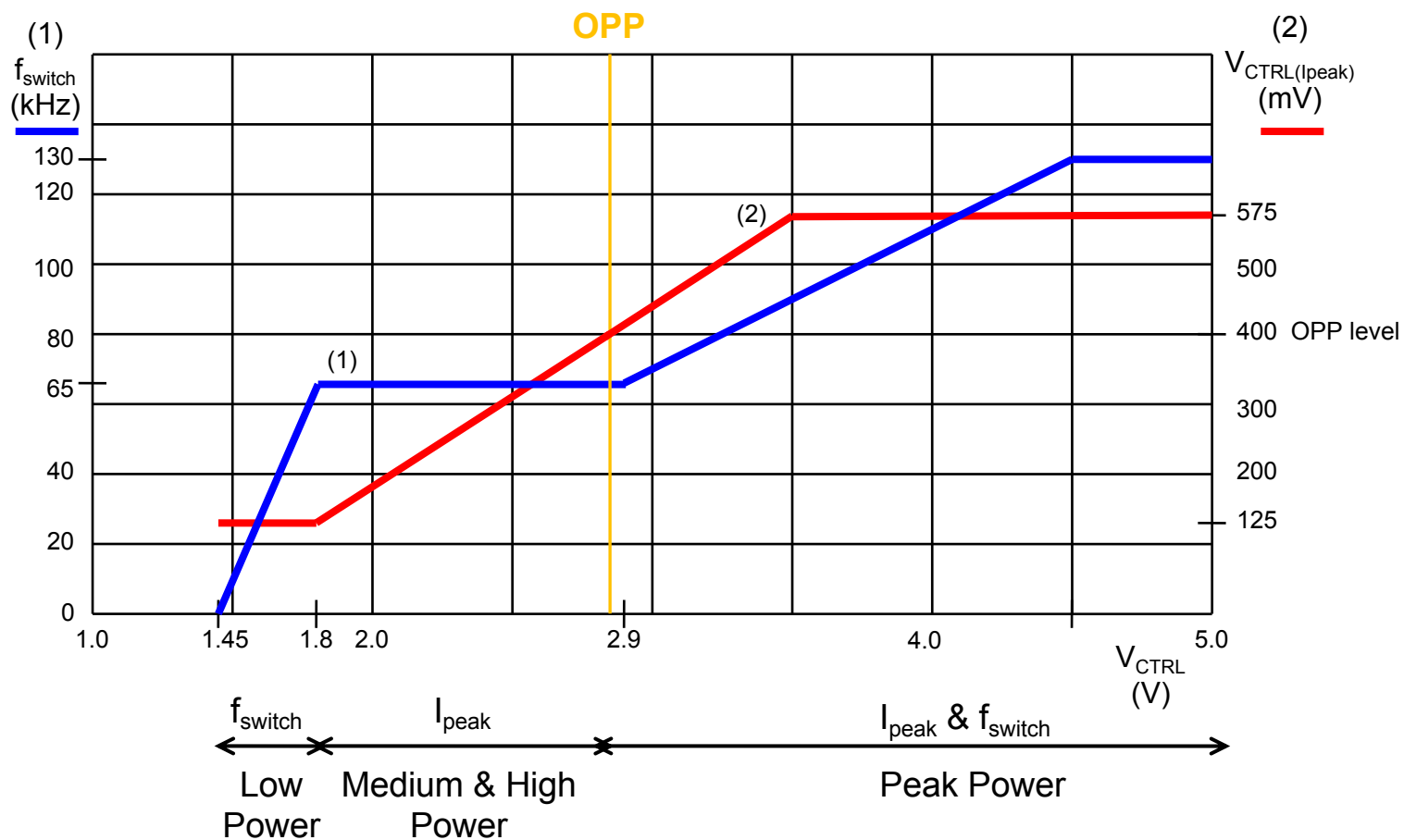
1. $V_{CC} > V_{start-up}$ (典型值 21.5V)
2. 整流后的 V_{bus} 到达 $\geq V_{(brown-in)}$
3. 在 OTP 测量期间, $V_{PROTECT} > 2V$
4. 开始软启动 (时间 3.5 mS)



输出功率控制(1)



输出功率控制(2)



TEA1832(L) 临时峰值功率实例

➤ 连续工作期间输出2ms的200% 峰值功率

➤ 条件:

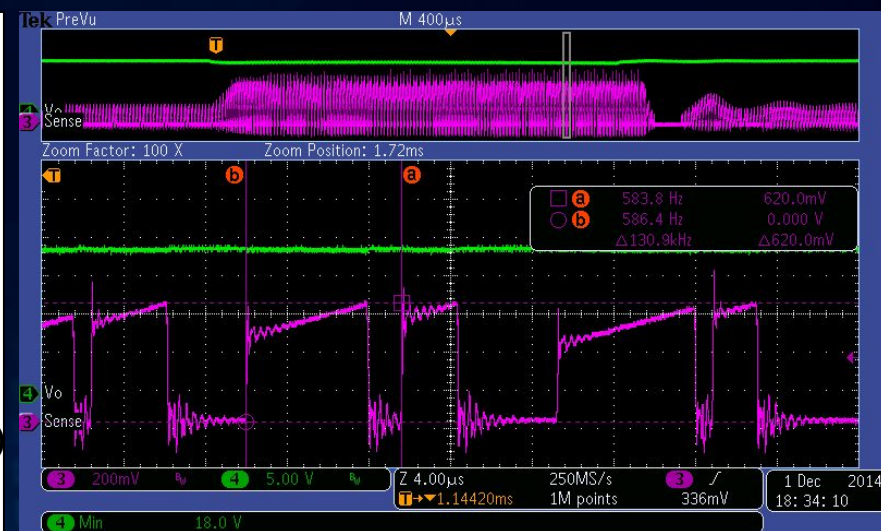
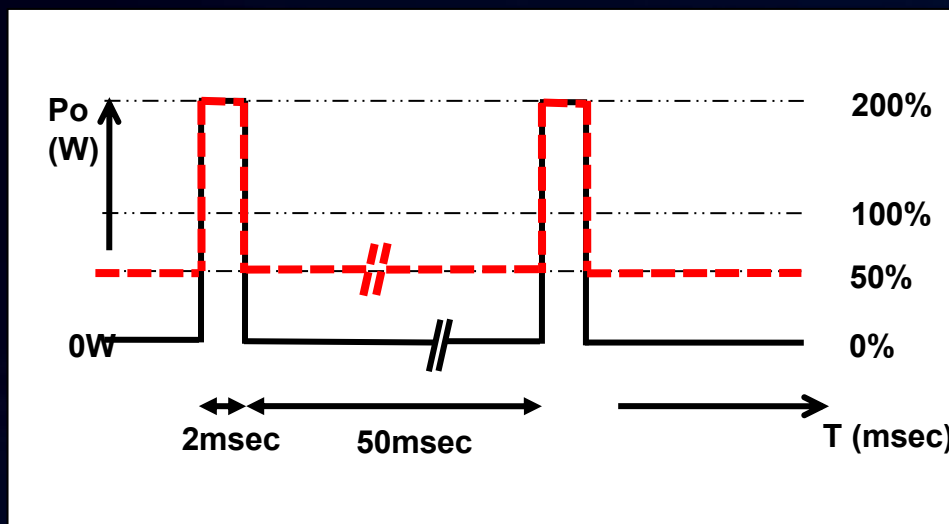
输入电压90Vac; 47Hz

在50% 负载下连续工作

➔ 50%负载50mS,

2ms内能达到的200% 峰值功率.

输出电压 >18V (线端)



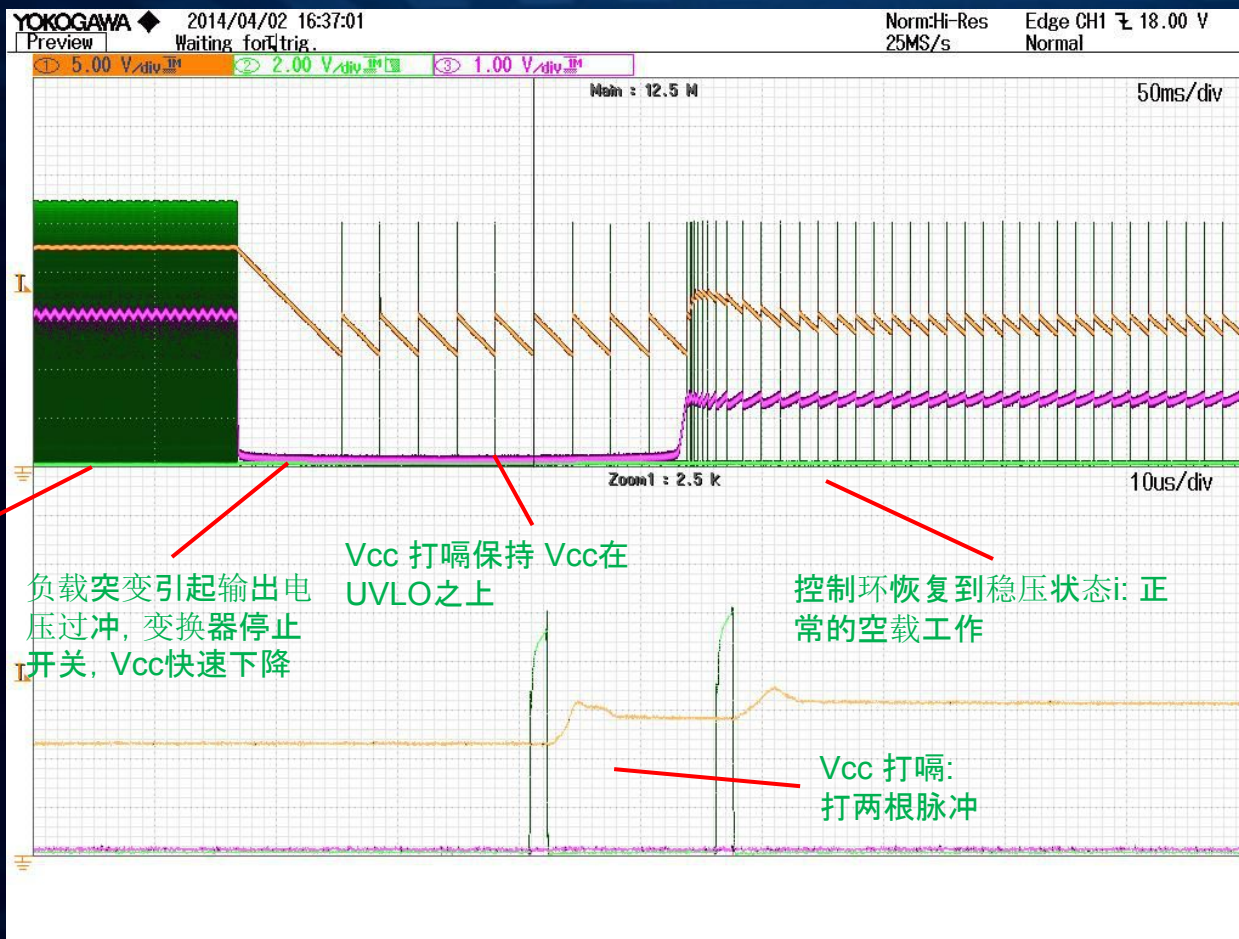
在1.2m长的18AWG线端 V_{o_min} 为18.0V

V_{sense} 波形, 未见饱和现象

打嗝模式下的Vcc (1)

- 瞬间从满载切换到空载: 输出电容上有小过冲
- 副边的负载低:
放电输出电容上的过冲电压需要长时间才恢复到正常
- 在输出过冲那段时间内, 变换器停止开关, Vcc下降到 UVLO以下 (特别地如果Vcc电容很小的情况)
- 在上述负载变动期间TEA1832特有的打嗝模式帮助Vcc保持在 UVLO之上
- 在连续空载工作时打嗝模式对Vcc电压不会扮演救助角色, 只在负载突变时救济一下Vcc.

Vcc 打嗝模式



➤ 橙色=VCC, 绿色=DRIVER, 品红=CTRL

TEA1832(L) 保护及保护行为

保护被触发后,可能的行为:

➢慢速启动保护 (OPP) 和芯片锁定保护

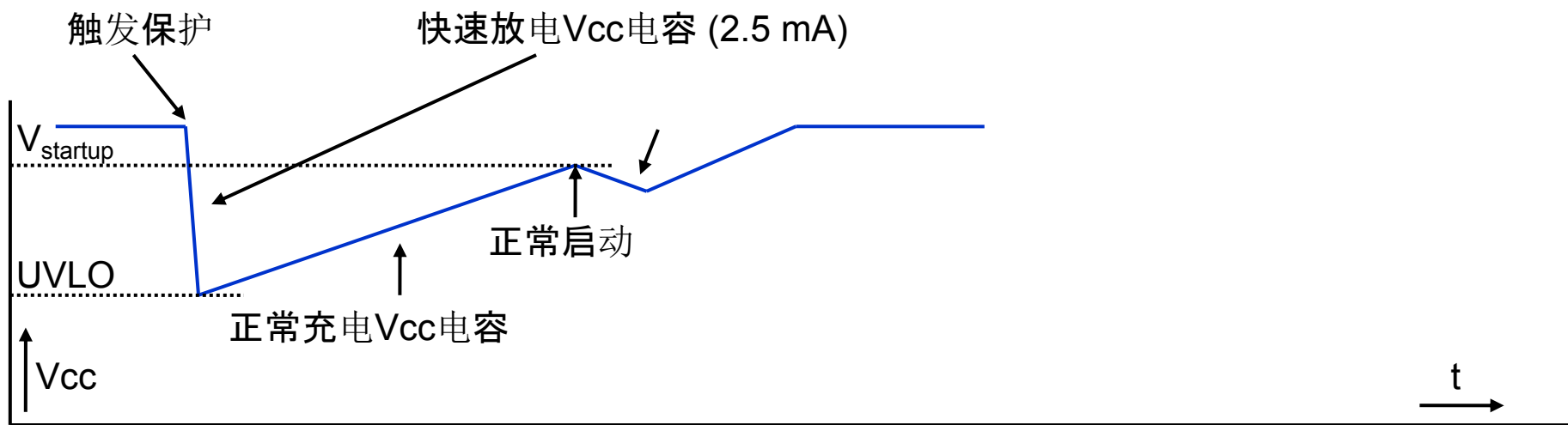
功能	TEA1832TS (重启)	TEA1832LTS (锁定)
OPP time-out	30 ms	180 ms
OPP	慢速重启 ¹	锁定
UVLO	重启	锁定
OVP 经Pin(ISENSE)&Pin(VCC)	锁定	锁定
外部实现的 OTP	锁定	锁定
IC内部过温 (OTP)	锁定	锁定
Brown-out	重启	重启
最大占空比保护	重启	重启

¹慢速重启时间 = 3 周期的VCC电容放电/充电时间

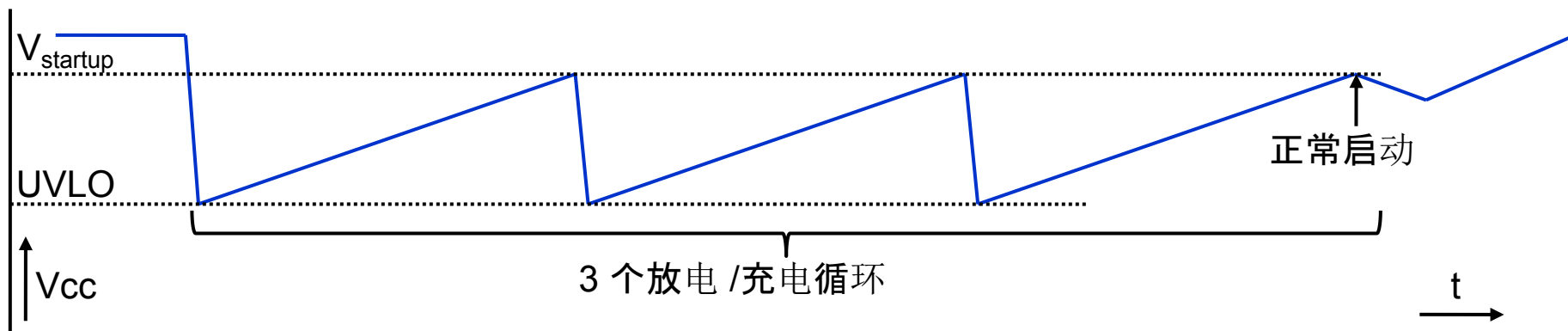
(慢) 重新启动保护 (1)

- 保护被触发时VCC 电容用于延迟的重新启动:
 - 内部电流源快速放电Vcc至 (典型值2.5mA) UVLO
 - 启动电路缓慢充电 Vcc至21.5V ($V_{startup}$) (正常的启动时序)
- 延迟时间取决于:
 - 输入电压 (低输入电压下延迟时间更长)
 - 启动电路
 - VCC 电容的容量
- 对于OPP,一个Vcc充电周期时间太短不能限制输入功率.
为延长重新启动时间,特意用了三个放电 / 充电周期.
- OPP 重新启动 →慢速重新启动(3循环周期, 1 ~ 2.5 s)
其它的重启动 → 正常的重新启动 (1个放电/充电循环, 0.3 ~ 0.75 s)

(慢) 重启保护 (2)



正常的重启动



慢速重启动

TEA1832(L) 带锁定的保护

当保护触发锁定的条件时:

IC 立即停止开关动作

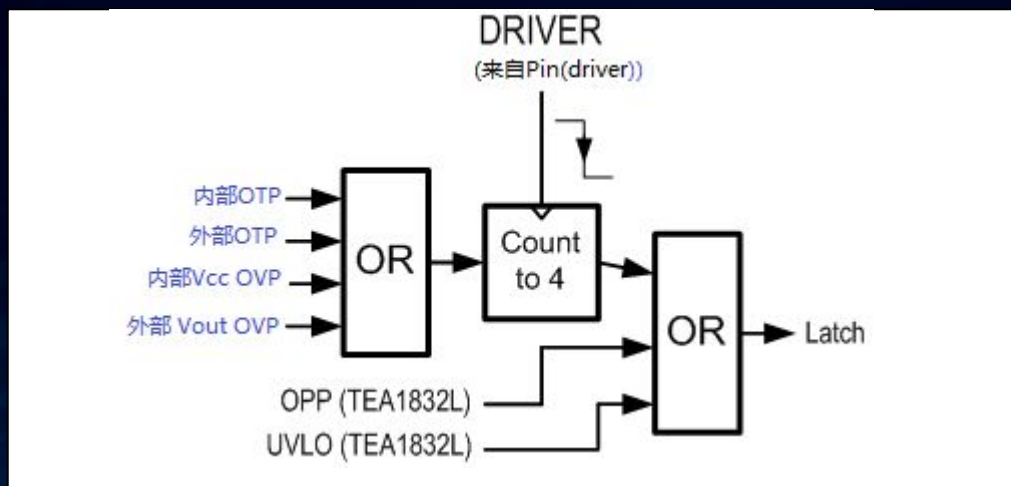
维持锁定的最小电流 $< 15 \mu\text{A}$

这样允许的启动电阻可达 $3 \text{ M}\Omega$

IC 保持一直保持锁定状态, 直到输入断电

V_{cc} 被 0.5 mA 的电流放电至 5.4V , 高于 $V_{rst(latch)}$ (典型值 4.5 V)

确保断电后快速复位



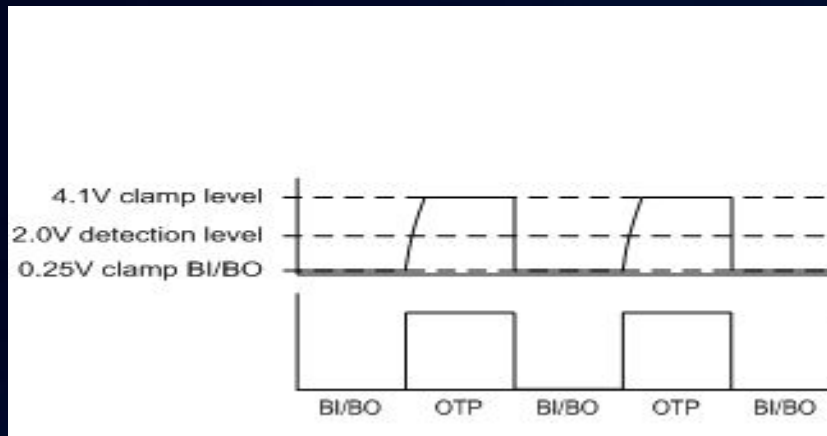
TEA1832(L) 的 Pin(Protect)

内建两个功能:

- 检测流入该pin的电流用作输入电压的 Brown in/out 及高/低输入电压补偿
- 外部的OTP

两种测量交替进行, 每个测量持续0.5 mS

输入电压测量也用于高/低输入电压补偿



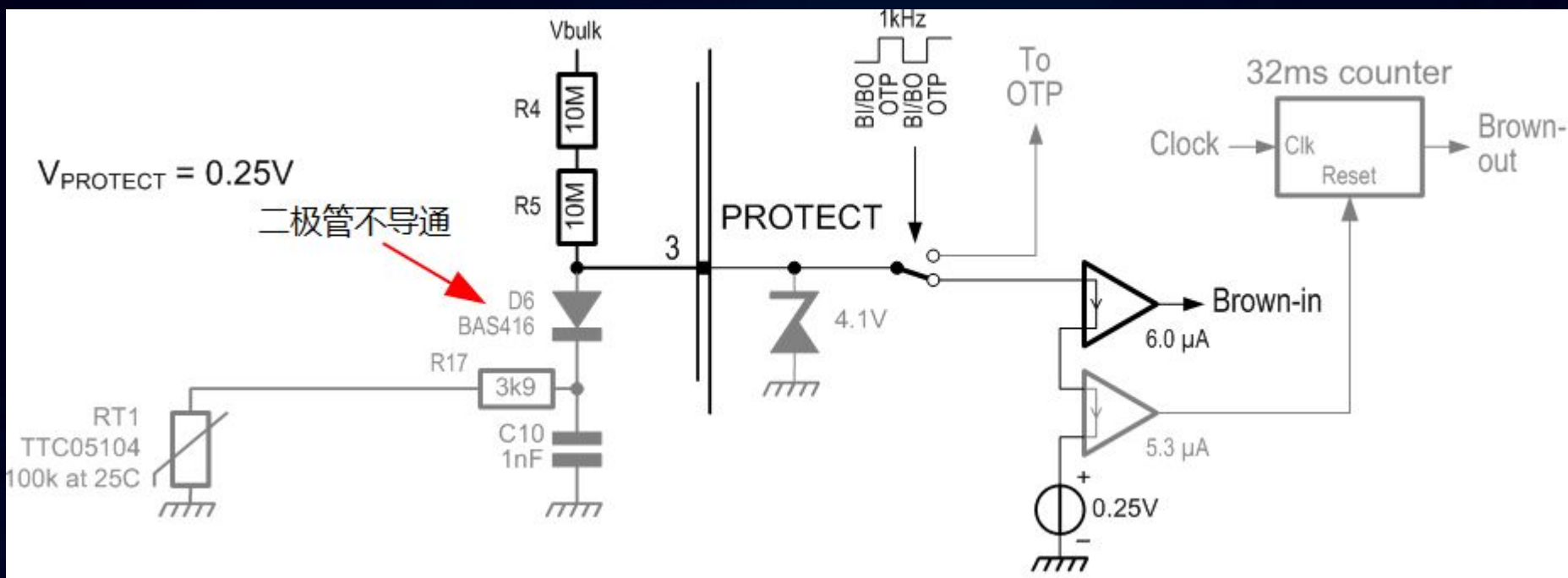
经由Pin(Protect)的Brown in/out检测 (1)

每 ms测量一次, 每次测量持续0.5 ms

在brown in/out检测期间, Pin(PROTECT)被IC内部下拉到 0.25V, NTC 不工作: $I_D \approx 0$ 因为 V_f 只有0.25V

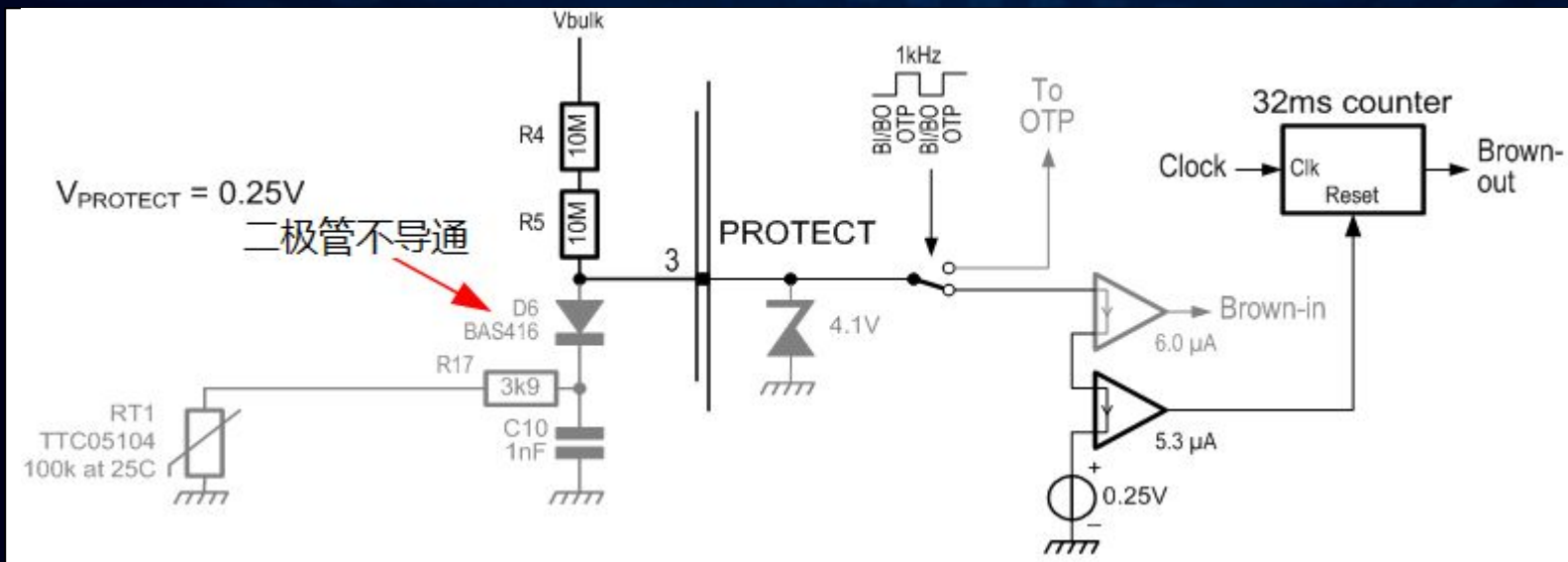
测量流过20M 电阻的电流来测量Bulk电容电压

一旦电流超过6 μ A (在 brown-in/out 测量周期内且 OTP测量结果没超标) IC开始启动



经由 Pin (Protect) 的 Brown-out 检测(1)

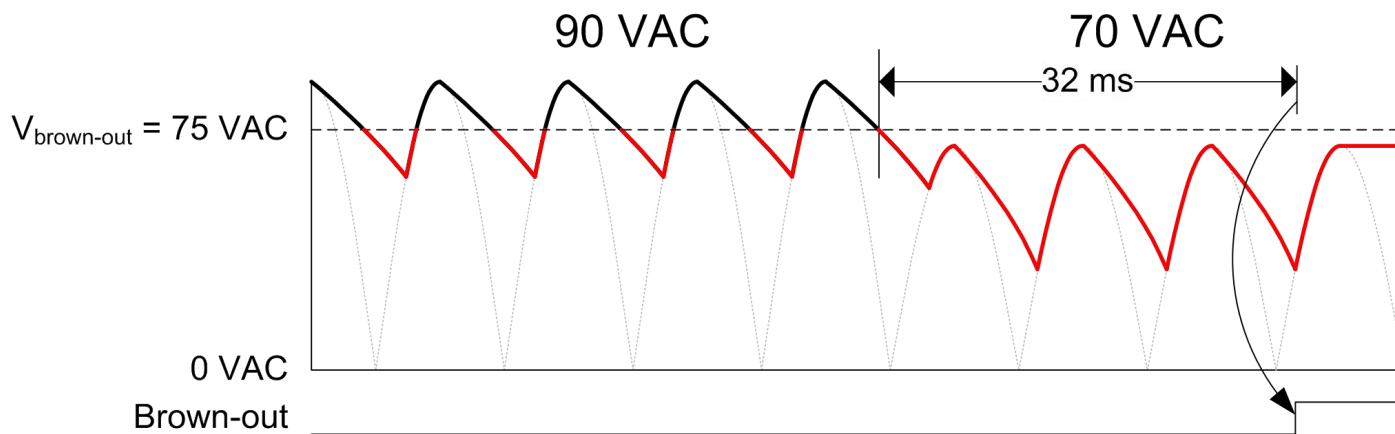
- 32mS内电流下降到 $<5.3\mu\text{A}$,就检测到Brown out
- Brown-out 的准位只和输入电压的纹波有关, 这样和负载无关



- 工作原理:
 - 计数器连续计数(每个时钟周期4ms)
 - 当达到9个计数周期触发Brown-out保护 (对应32ms)
 - 当测量过程中有电流 $>5.3\mu\text{A}$, 计数器马上复位

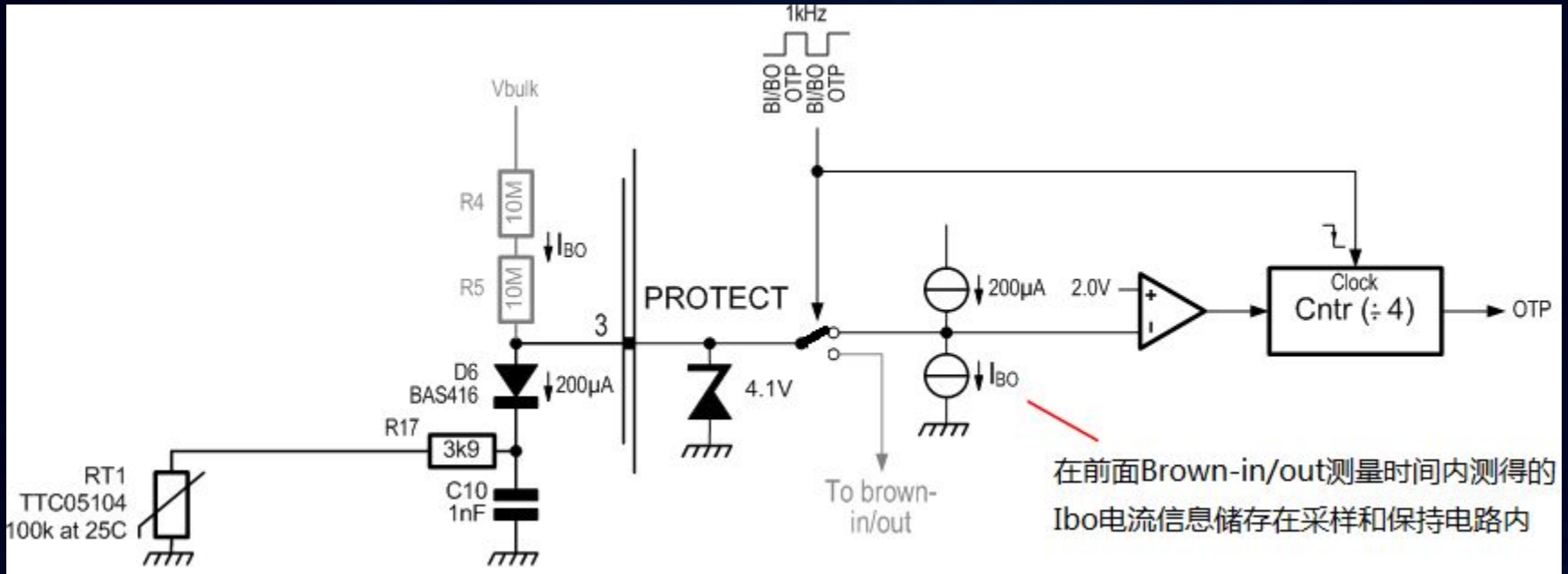
经由Pin(Protect)的Brown-out检测(2)

- 在有些测量周期内在输入电压的纹波的底部流进Pin(protect) 电流 $< 5.3\mu\text{A}$ (brown-out的门限), 但不会触发Brown-out, 因为计数时间没有到32ms 只有32ms内电流连续 $< 5.3\mu\text{A}$ 才触发Brown-out



经Pin(Protect) 的OTP测量(1)

- 每ms一次, 每次测量持续0.5 ms
- 在OTP 测量期间, 200 μ A的 电流被强制灌入 NTC
- 经过4 个连续的1ms测量周期, 在0.5ms 测量时间结束后 V_{PROTECT} 没有均达到 2.0V , 触发锁定保护

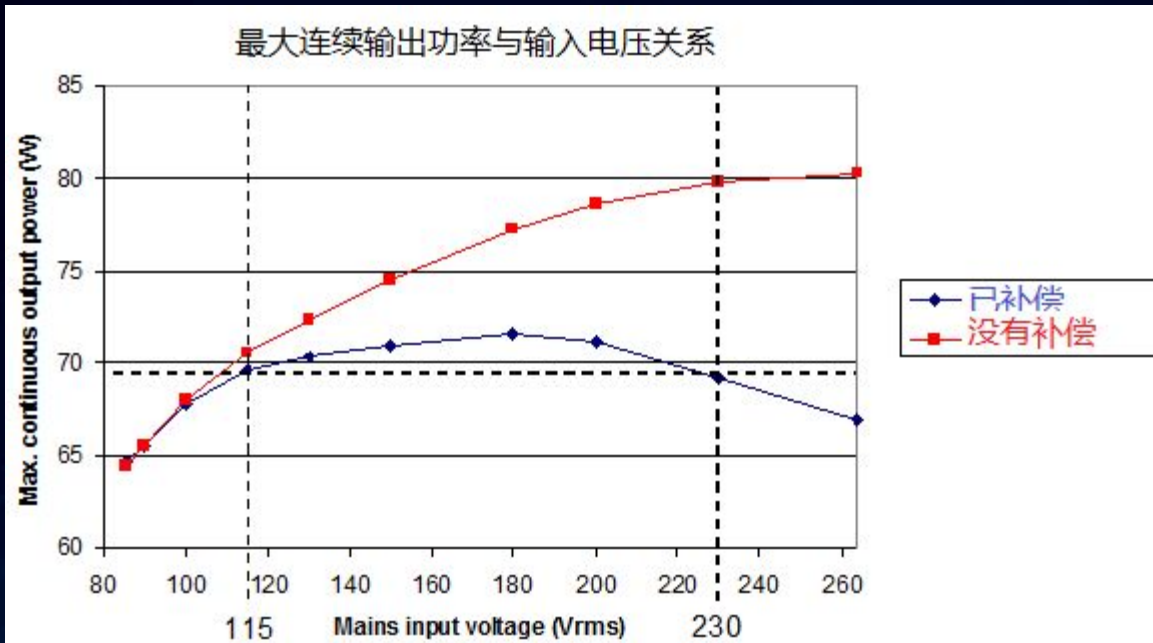


为何需要高/低压 补偿

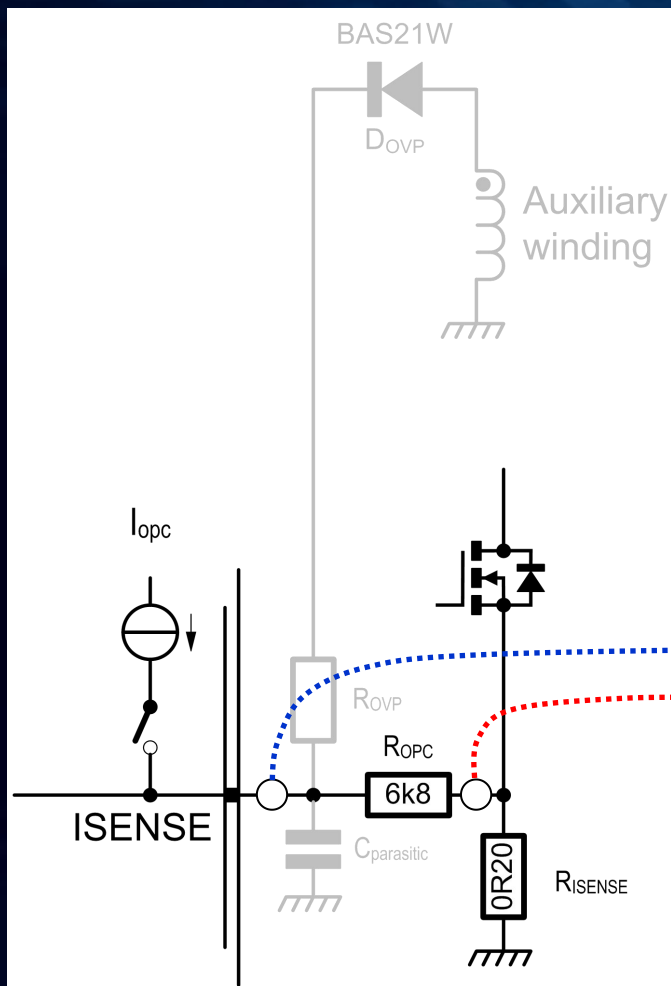
➤ CCM的Flyback : 最大输出功率与输入电压有关

➤ DCM: $P_{max} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{pk,max}^2 \cdot f_{sw}$

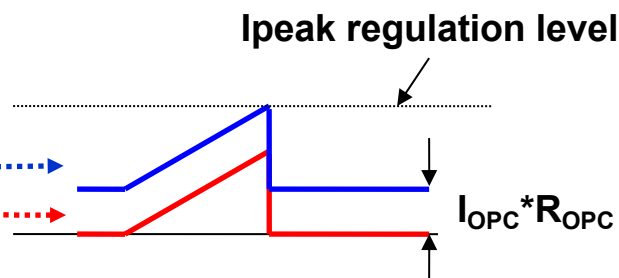
➤ CCM: $P_{max} = \delta \cdot V_{in} \cdot \left(I_{peak,max} - \frac{\delta \cdot V_{in}}{2 \cdot f_{sw} \cdot L} \right)$



高/低输入电压补偿 (1)

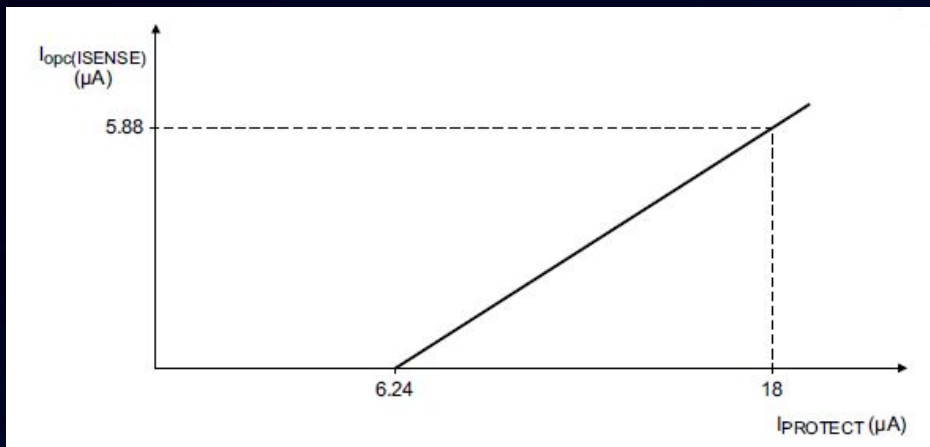


- 通过brown-in/out电路经由pin(PROTECT)测量Bulk电压
- 电流信息储存在采样和保持电路中, 每ms刷新一次
- 原边开通时, Pin(ISENSE)流出电流I_{opc}, 在Pin(Isense)叠加直流偏置电压I_{opc}*R_{opc}



高/低输入电压补偿(2)

- 高/低压补偿量可由 R_{opc} 来调整
- 当 $I_{PROTECT}=6.24\mu A$ (对应 $V_{bulk} = 125V$)及以下时,没有高/低压补偿
- 当 $V_{bulk} = 373V$ (对应 $I_{PROTECT} = 18.7\mu A$), $I_{opc} = 6\mu A$
- 在高输入电压(230VAC)时, $R_{opc}=6.8k\Omega$ 在Pin(ISENSE)生成34mV的偏置
- 低输出功率时($V_{CTRL(Ipeak)} < 350mV$), 没有高/低压补偿



For $I_{PROTECT} < 6.24\mu A$:

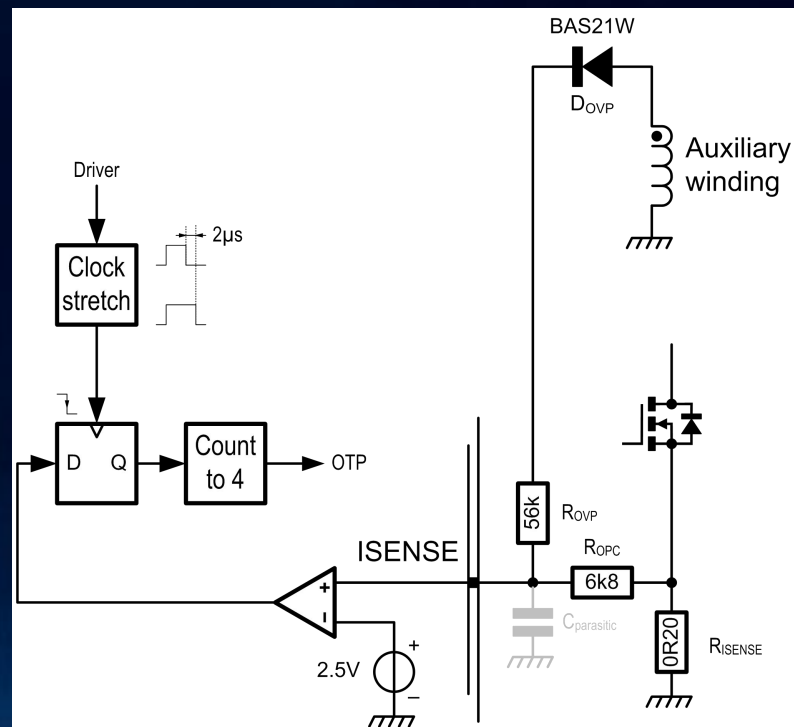
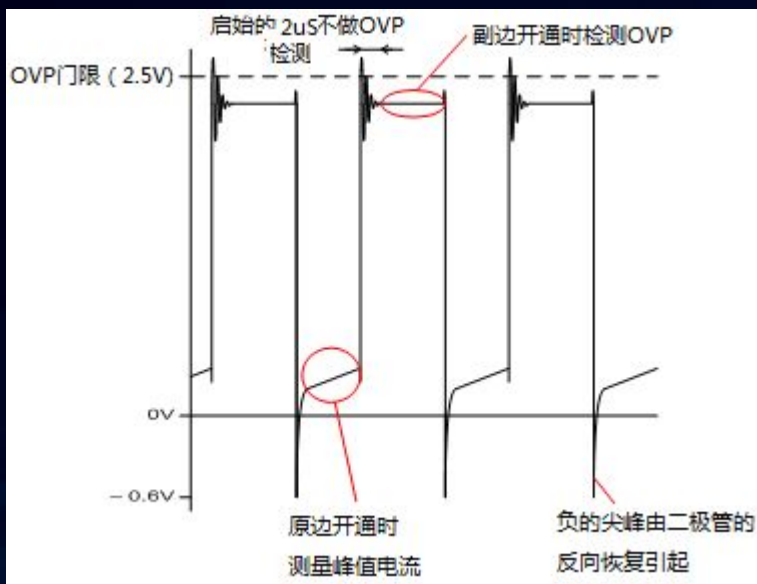
$$I_{opc} = 0$$

For $I_{PROTECT} > 6.24\mu A$:

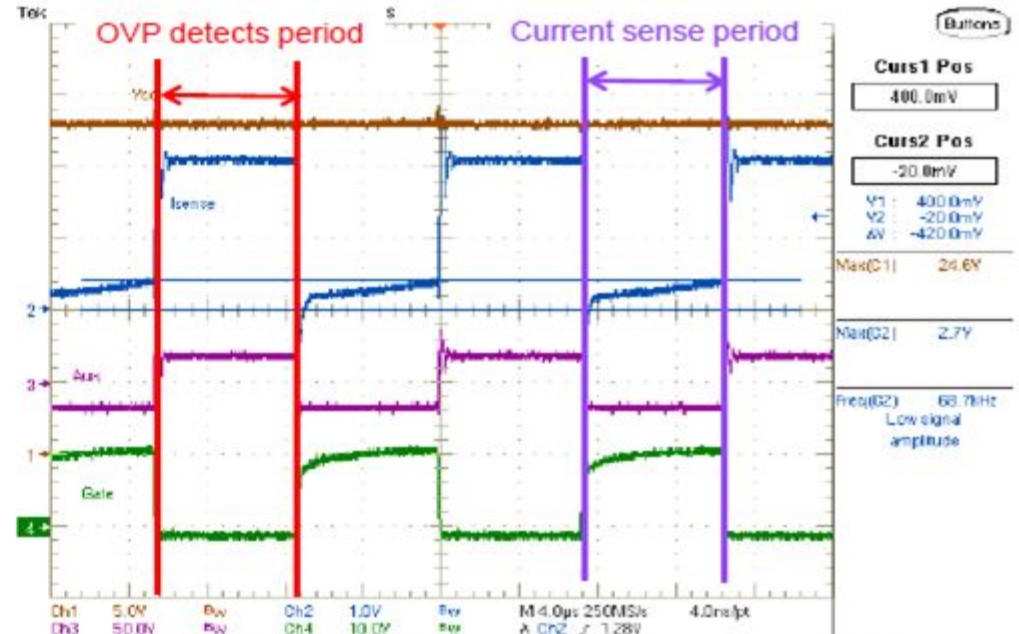
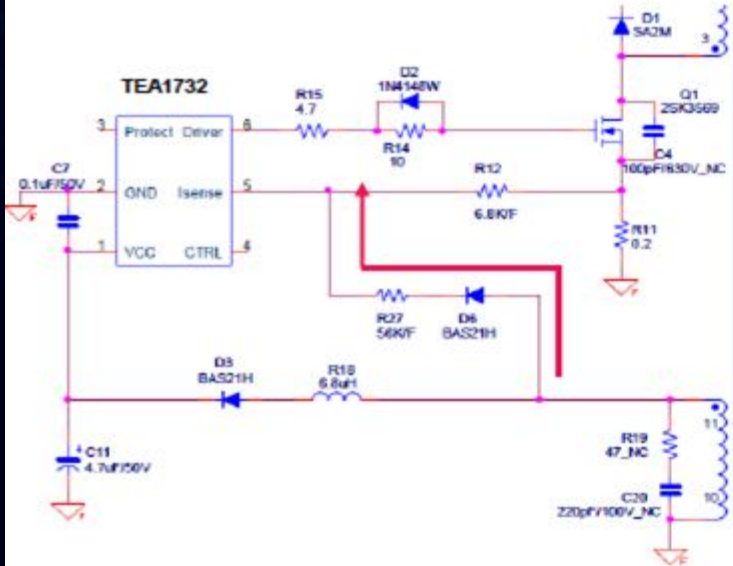
$$I_{opc} = 0.50 \cdot (I_{PROTECT} - 6.24) \quad (\mu A)$$

TEA1832(L)经由Pin(ISENSE)检测OVP (1)

- 辅助绕组电压被分开的二极管整流 (整流后电压没有被电容平滑)
- 整流后的辅助绕组电压 经由分压电阻(R_{ovp} and R_{opc})连接到Pin(ISENSE)
- Pin(ISENSE)内部比较器 检查是否连续4个开关周期电压均超过2.5V
- OVP 测量和采样电流测量不会相互干扰:
 - 原边开关导通时采样电流测量
 - 副边导通时才做OVP测量



经由Pin(ISENSE)检测OVP(2)



Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
$V_{OVP(VCC)}$	overvoltage protection voltage on pin VCC		29	30	31	V
$V_{OVP(ISENSE)}$	overvoltage protection voltage on pin ISENSE		2.4	2.5	2.6	V

$$V_{OVP(Isense)} = \frac{R12}{R27 + R12} \times (V_{aux} - V_{D6})_f \quad V_{aux} = \frac{N_{aux}}{N_{sec}} \times (V_{out} + V_{d_sec})$$

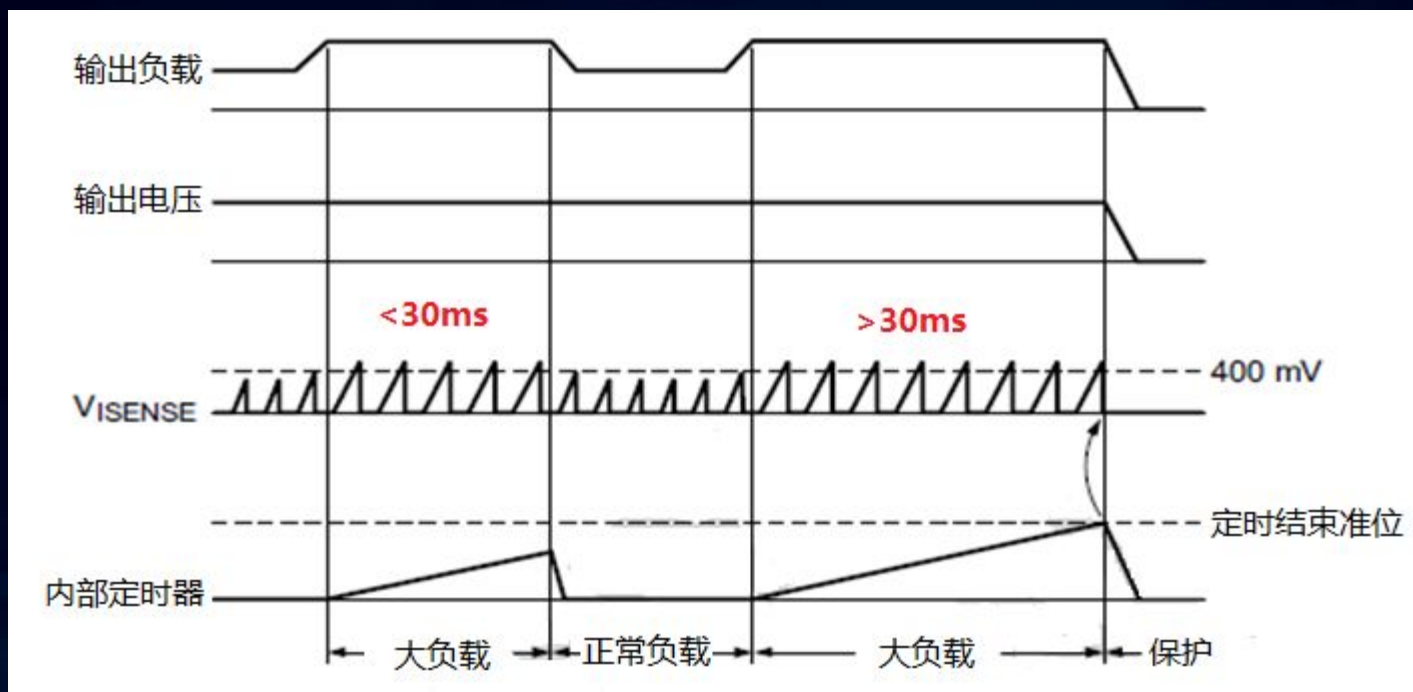
过载保护

TEA1832 有两种保护机制防止过载:

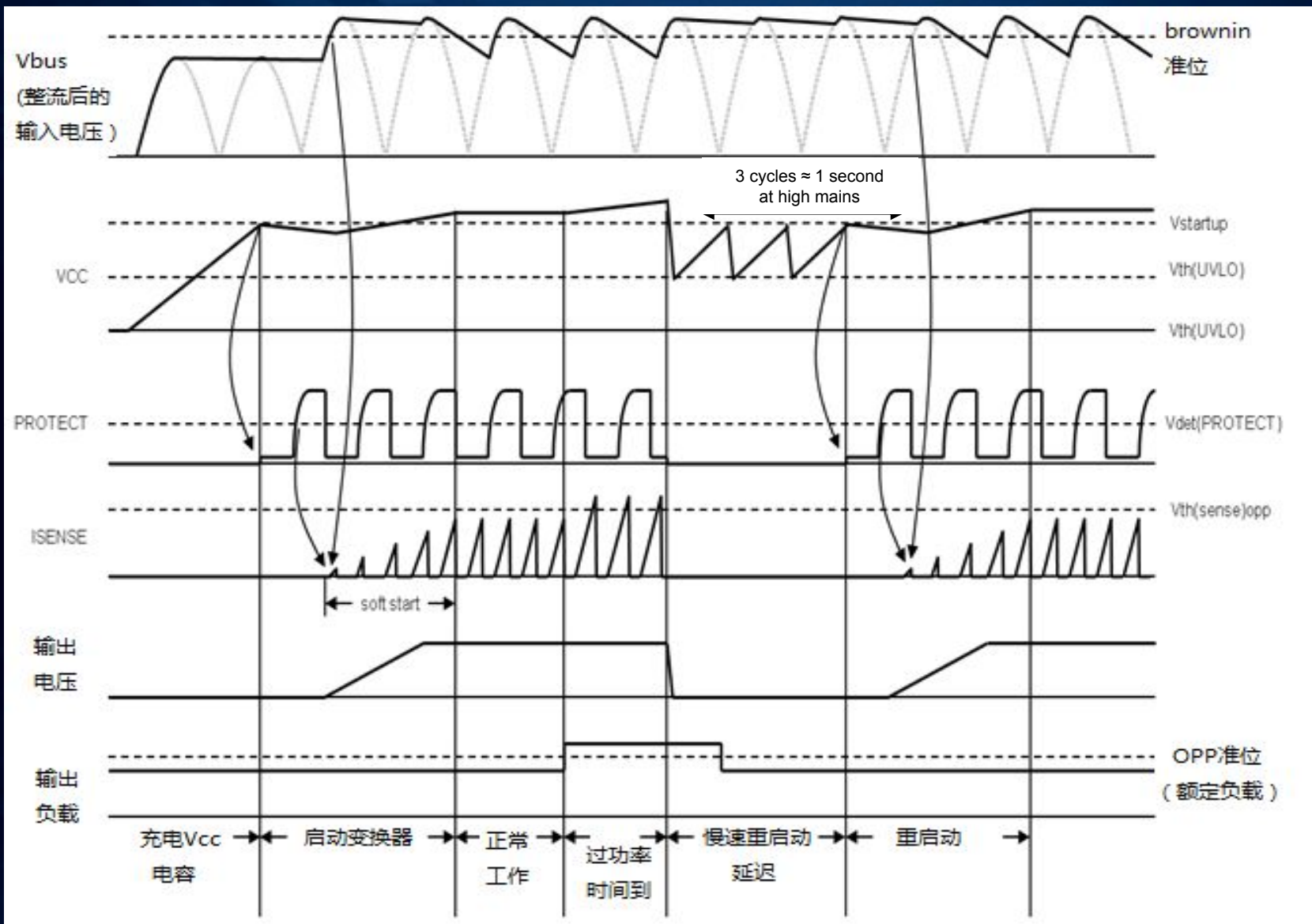
- 过功率保护(OPP)
保证较长时间(> 30 ms)超过额定功率时电源的安全
带高/低压补偿
- 过流保护(OCP)
防止变压器饱和输出功率超标

TEA1832(L) 过功率保护(OPP)

- 当 $V_{CTRL(I_{peak})}$ 超过 400 mV, 内部OPP 计时器 开始启动
- 每次 $V_{CTRL(I_{peak})}$ 下降到400 mV以下, OPP 记时器马上复位.
- 当OPP时间达到定时器的设定时间, 开始慢速重新启动

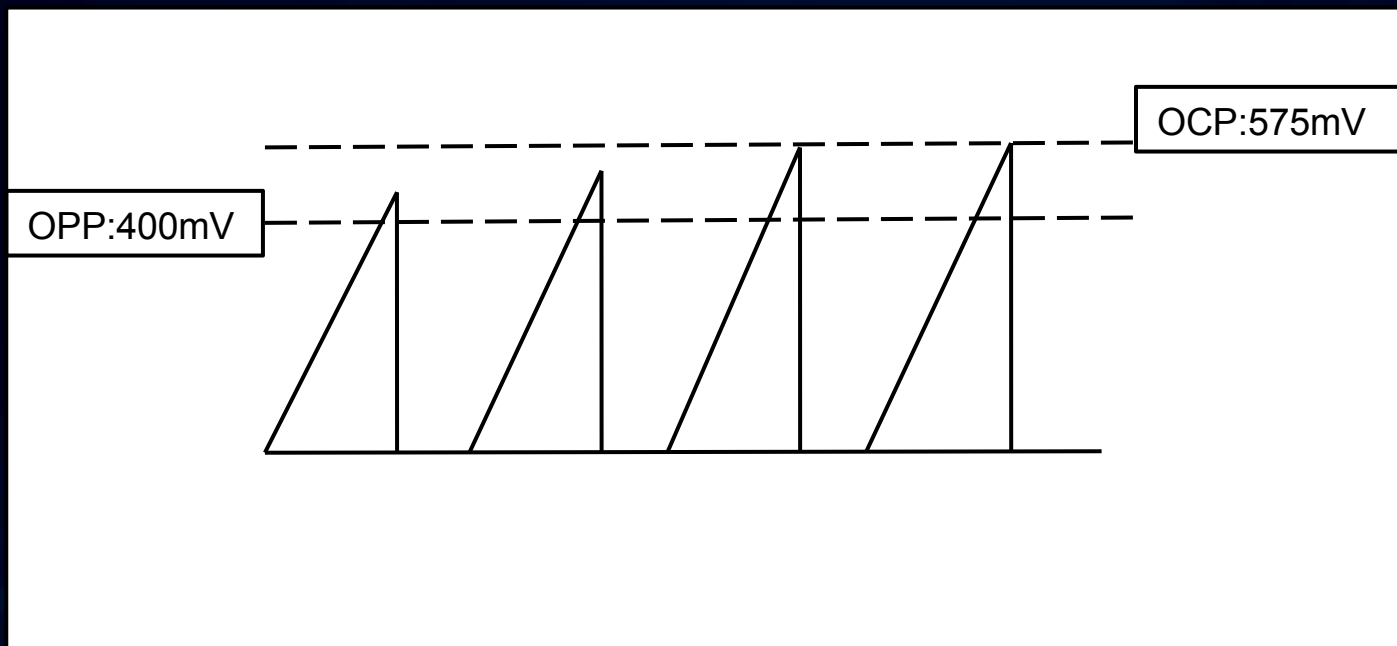


TEA1832延迟的OPP重新启动 (时序图)



TEA1832(L) 过流保护 (OCP)

当Pin(ISENSE)的电压超过575 mV, 开关动作马上停止. 因为OCP限制峰值电流, 输出电压不再维持正常. 转换器继续开关直到触发 OPP或者VCC 降低到低于Vth(UVLO).



Output Short Circuit Protection OSCP (1)

增大的开关频率的副作用

CCM下高的峰值开关频率有一些副作用, 特别在高输入电压时:

启动时, 输出短路或连续的过载下, 峰值电流失控现象会发生

峰值电流失控使变压器饱和, 进一步增大峰值电流

增大的电流意味着 增大漏感引起的振铃的幅度:

- 原边线圈的高振铃会损坏MOSFET(超出额定的 V_{ds} 电压)

- 辅助线圈的大振铃会触发 OVP (V_{cc} 或外部OVP)

输出短路时增大的峰值电流增加平均输入功率

增大的峰值电流破坏MOSFET(超出 I_{ds} 的额定电流)

启动时高开关频率对 V_{cc} 电容也是一个额外的负担

输出短路保护 OSCP (2)

解释

峰值电流失控的条件: 高输入电压且输出电压低

—低输出电压的情况: 启动时输出短路或连续过载

启动时输出短路或连续过载, 将导致“
Pin(CTRL)电压最大, 运行在最高频率

因为输出电压低, 副边的 di/dt 小

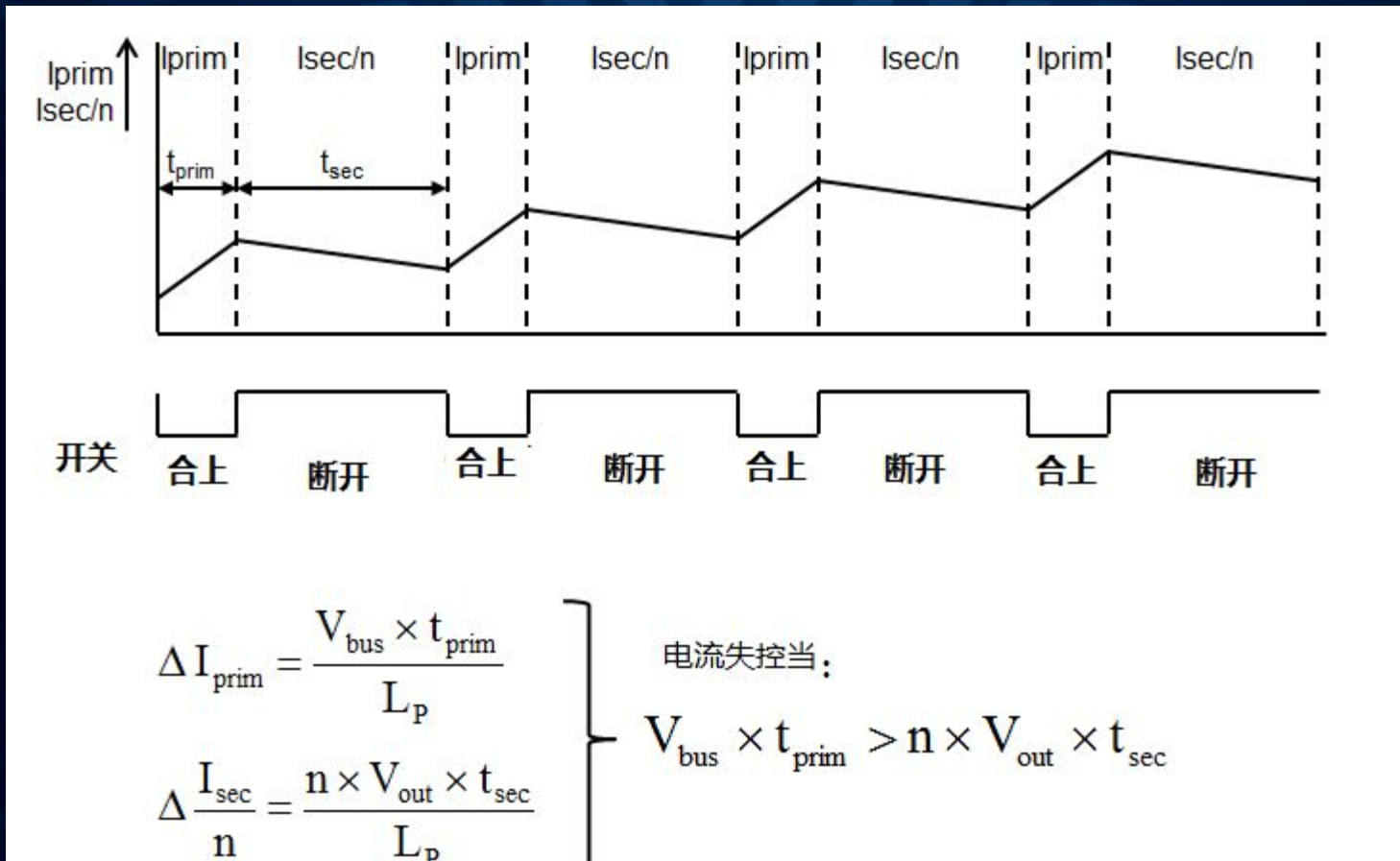
因为输入电压高, 原边的 di/dt 大

这样导致占空比低, 但是:

MOSFET导通时间不能小于消隐时间(≈ 400 ns), 否则不能检测 I_p .

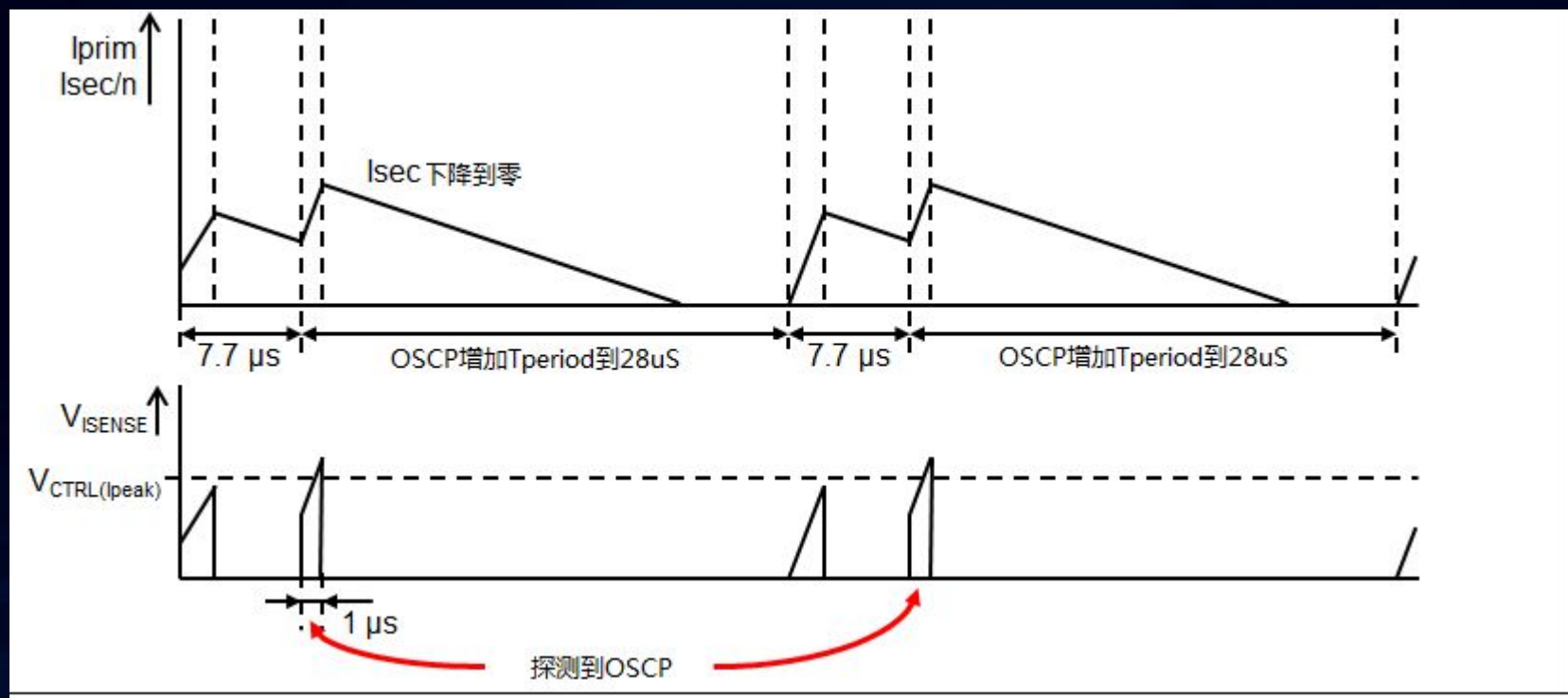
输出短路保护 OSCP (3)

解释



输出短路保护OSCP (5)

- 第一步
当检测到下面情况时OSCP被激活:
- V_{CTRL} 在OPP 准位 ($V_{CTRL(Ipeak)} > 400\text{ mV}$)以上且 Pin(ISENSE)的电压在 $T_{on} < 1\mu\text{s}$ 内达到 $V_{CTRL(Ipeak)}$
- 第二部
一旦检测到OSCP:
最高频率限制到36kHz (逐个周期检测) ($T_{period} = 28\mu\text{s}$)



TEA1832 演示板评测结果

重要参数

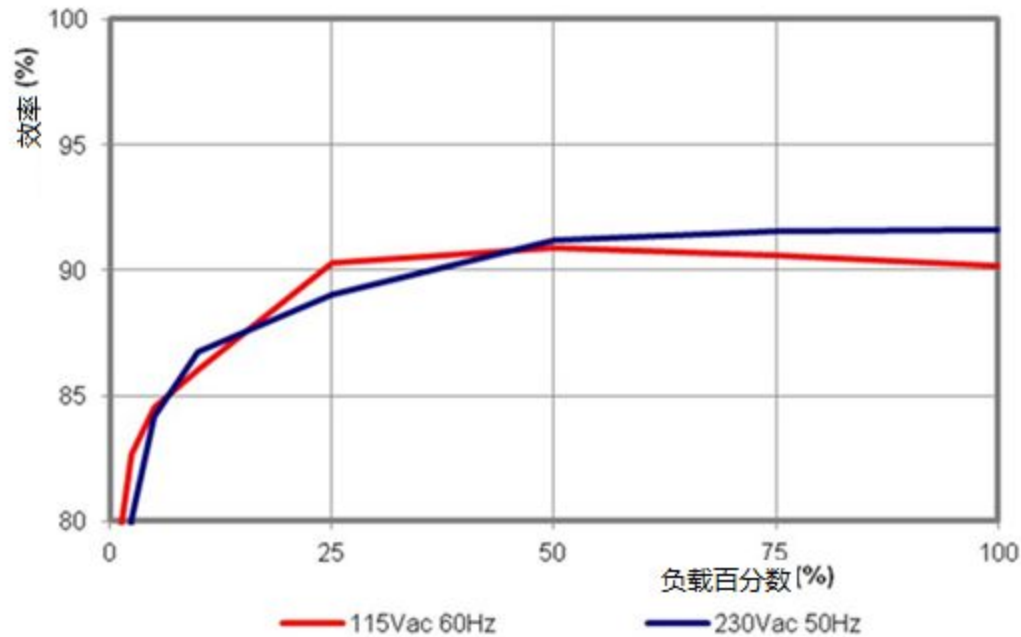
参数	条件	
空载输入功率	230Vac, 50Hz	51.8 mW
启动时间	115Vac, 60Hz	1.74 s
	90Vac, 60Hz	2.86 s
输出电压	230Vac, 50Hz, 空载	19.39 V
	230Vac, 50Hz, 满载	19.38 V
最大连续输出功率	115Vac, 60Hz	81.0 W
	230Vac	83.7 W
最大峰值输出功率	115Vac, 60Hz	118 W
	230Vac	151 W
Brown-in		86 Vac
Brown-out	满载, 60Hz	77 Vac
	空载	76 Vac
OTP	热风枪吹NTC	OK*
OVP	264Vac, 50Hz, 满载工作时突然短路 光耦的LED两端	23.65 V

* 热风枪快速加热NTC，测得的温度大约为120°C

TEA1832 演示板评测结果

效率 (无输出线)

输入电压	在给定负载百分数下的效率					
	10%	25%	50%	75%	100%	四点平均
115 Vac / 60 Hz	86.04	90.29	90.89	90.59	90.20	90.49
230 Vac / 50 Hz	86.75	89.01	91.22	91.56	91.64	90.86



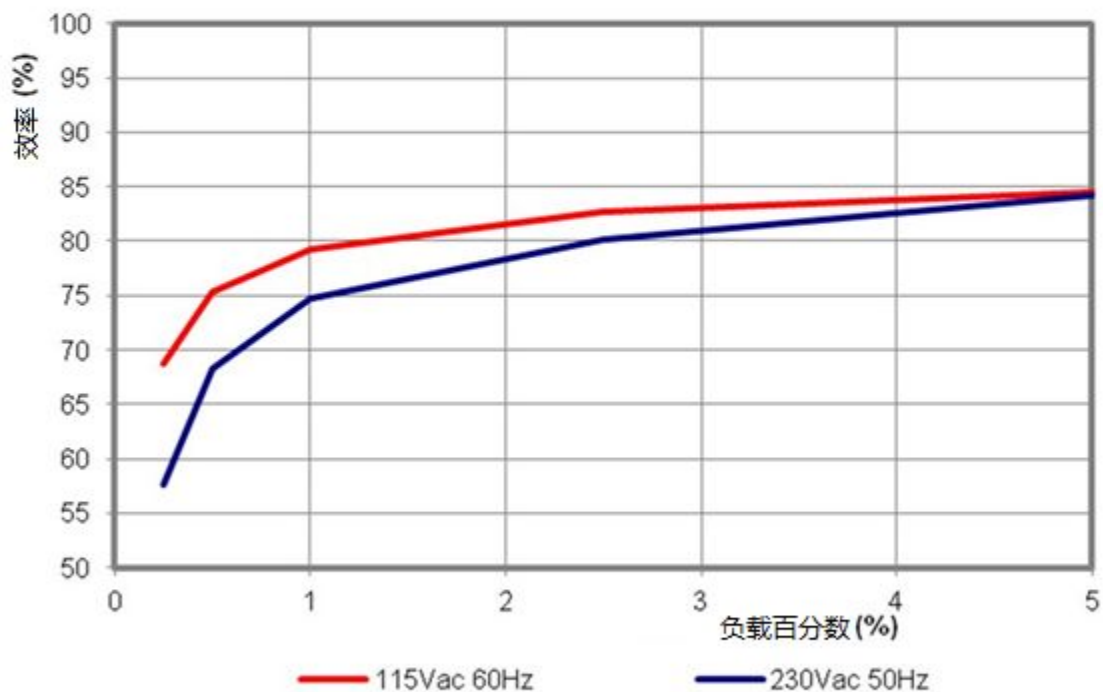
效率与负载的关系

注意：100%的负载对应65W.

TEA1832演示板评测结果

效率 (无输出线)

输入电压	效率与负载百分数					
	0.25% (163mW)	0.50% (325mW)	1% (650mW)	2.5% (1.3W)	5% (3.25W)	10% (6.5W)
115 Vac / 60 Hz	68.71	75.40	79.29	82.64	84.53	86.04
230 Vac / 50 Hz	57.58	68.27	74.79	80.08	84.16	86.75



轻载下的效率

注意：100%负载对应65W

产品信息

数据手册:

1. http://www.nxp.com/documents/data_sheet/TEA1832LTS.pdf
2. http://www.nxp.com/documents/data_sheet/TEA1832TS.pdf

应用手册

http://www.nxp.com/documents/application_note/AN11588.pdf



谢谢关注

