

AN-EVALSF3-ICE3B0565J

使用 CoolSET™ F3 ICE3B0565J 的 12W 5.0V
SMPS 评估板

BDTIC

电源管理与供电



版本 2005 年 9 月 26 日

由 Infineon Technologies Asia Pacific 出版
168 Kallang Way,
349253 Singapore, Singapore

© Infineon Technologies AP
2004。保留所有权利。

请注意！

本文档提供的信息仅用于描述某些元件，不得将其视为对特征的担保。

保留在交货条款和技术方面进行变更的权利。

我们特此声明不作任何及所有形式的担保，包括但不限于涉及本文所述的电路、描述和图表的非侵权担保。

为方便客户浏览，英飞凌以下所提供的将是有关英飞凌产品及服务资料的中文翻译版本。该中文翻译版本仅供参考，并不可作为任何论点之依据。虽然我们尽力提供与英文版本含义一样清楚的中文翻译版本，但因语言翻译和转换过程中的差异，可能存在不尽相同之处。因此，我们同时提供该中文翻译版本的英文版本供您阅读，请参见【[12W 5V Evaluation board using ICE3B0565J](#)】。并且，我们在此提醒客户，针对同样的英飞凌产品及服务，我们提供更加丰富和详细的英文资料可供客户参考使用。请详见【[ICE3B0565J](#)】

客户理解并且同意，英飞凌毋须为任何人士由于其在翻译原来的英文版本成为该等中文翻译版本的过程中可能存在的任何不完整或者不准确而产生的全部或者部分、任何直接或者间接损失或损害负责。英飞凌对于中文翻译版本之完整与正确性不承担任何责任。英文版本与中文翻译版本之间若有任何歧异，以英文版本为准，且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用以下提供的资料，则说明您同意并将遵循上述说明。如果您不同意上述说明，请不要使用本资料。

信息

有关技术、交货条款及条件和价格的更多信息，请与您最近的英飞凌科技公司办事处 (www.infineon.com) 联系。

警告

由于技术要求，元件可能含有危险物质。如需相关型号的信息，请与距离您最近的英飞凌科技公司办事处联系。

如果可能合理地预期此类元件的故障会导致生命支持设备或系统发生故障或影响该设备或系统的安全性或有效性，则英飞凌科技公司提供的元件仅可用于获得英飞凌科技公司明确书面批准的生命支持设备或系统。生命支持设备或系统的目的是植入人体或支持和/或保持并维持和/或保护生命。如果出现故障，则可能危及使用者或他人的健康。


使用板上 ICE3B0565J 的 12W 5V 评估板

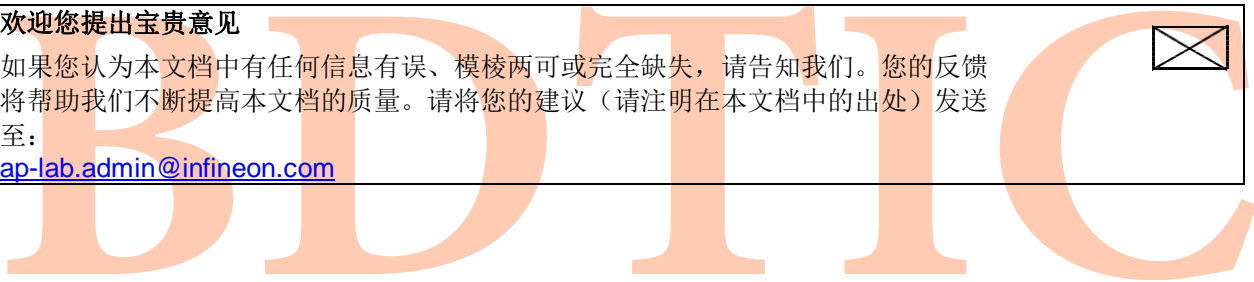
| | | |
|-------|--------------------|------|
| 修订历史: | 2005-09 | V1.0 |
| 先前版本: | 无 | |
| 页码 | 变更内容 (自上次修订后的主要变更) | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

采用 CoolSET™ F3 ICE3B0565J 的 12W 5.0V SMPS 评估板:
英飞凌科技亚太私人有限公司 (Infineon Technologies Asia Pacific Pte Ltd) 许可

ANP0065

Kok Siu Kam Eric
Jeoh Meng Kiat

| | |
|--|--|
| <p>欢迎您提出宝贵意见</p> <p>如果您认为本文档中有任何信息有误、模棱两可或完全缺失, 请告知我们。您的反馈将帮助我们不断提高本文档的质量。请将您的建议 (请注明在本文档中的出处) 发送至:</p> <p>ap-lab.admin@infineon.com</p> |  |
|--|--|



| 目录 | 页码 |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1 评估板..... | 5 |
| 2 特性列表..... | 6 |
| 3 技术规格..... | 6 |
| 4 电路图..... | 7 |
| 5 PCB 布局图..... | 8 |
| 5.1 元件侧元件图例..... | 8 |
| 5.2 焊接侧的铜箔和元件图例..... | 9 |
| 6 电路说明..... | 10 |
| 6.1 简介..... | 10 |
| 6.2 电源输入..... | 10 |
| 6.3 启动..... | 10 |
| 6.4 运行模式..... | 10 |
| 6.5 软启动..... | 10 |
| 6.6 钳位电路..... | 10 |
| 6.7 初级电流限制..... | 10 |
| 6.8 输出级..... | 10 |
| 6.9 反馈和调节..... | 11 |
| 6.10 负载跳变/主动突发模式的消隐窗..... | 11 |
| 6.11 主动突发模式..... | 11 |
| 6.12 抖动模式..... | 11 |
| 7 元件表..... | 12 |
| 8 变压器结构..... | 13 |
| 9 测试结果..... | 14 |
| 9.1 效率..... | 14 |
| 9.2 输入待机功率..... | 15 |
| 9.3 线路调节..... | Error! Bookmark not defined. |
| 9.4 负载调节..... | Error! Bookmark not defined. |
| 9.5 最大过载输出功率..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10 波形和示波器波形曲线图..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.1 在高低 AC 电源输入电压和 12 W 负载下启动..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.2 在 12 W 负载下工作时的漏源电压和电流..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.3 负载瞬态响应（负载从 10% 跳变到 100%）..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.4 12W 时的 AC 输出纹波..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.5 过功率保护的消隐窗..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.6 0.5W 负载下的主动突发模式..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.7 频率抖动..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10.8 斜率补偿..... | 23 |

摘要

本文档是一份设计报告，此报告描述了一种采用典型离线反激式变换器拓扑设计并使用 ICE3B0565J CoolSET™¹ 的通用输入电源。此应用在断续电流模式中工作，在待机情况下使用主动突发模式。此板具有一个带二次调节的输出电压。作为交流/直流电源，它特别适合用于 LCD 监视器、打印机、笔记本电脑、DVD 播放器和机顶盒的适配器以及作为大功率系统的辅助电源。ICE3B0565J 是 F3 CoolSET™ 的增强版。它除了具备 F3 CoolSET™ 的基本功能，例如主动突发模式、可调节消隐时间、传输延迟补偿等，它还具有 BiCMOS 技术设计和频率抖动功能。它可进一步降低输入待机功率，同时实现低 EMI。

1 评估板



图 1 – EVALSF3-ICE3B0565J

本文档包含特性列表、电源规格、示意图、材料清单和变压器结构文件。报告后半部分列出了典型工作特性，其中包含性能曲线和示波器波形图。

¹ CoolSET™ 是一种电流式 PWM 控制 IC，功率 MOSFET CoolMOS™ 的封装专为实现低成本开关模式电源 (SMPS) 而设计。

2 特性列表

带内置可切换启动元件的 650V 耐雪崩 CoolMOS™

通过反馈信号控制的主动突发模式可在轻载情况下实现最低待机功率。

BiCMOS 技术可提供较宽的 Vcc 电压范围

主动突发模式中具有快速负载跳变响应

67kHz 恒定开关频率

通过自动重启模式实现过热保护、过压保护、过载保护、开环保护和 VCC 欠压保护

通过消隐窗实现短时大电流

用户可定义软启动

最大占空比 72%

通过传播延迟补偿提供准确的初级电流限制

通过频率抖动实现低 EMI

3 技术规格

| | |
|---------|---------------------------------|
| 输入电压 | 85VAC~265VAC |
| 输入频率 | 50Hz, 60Hz |
| 输入待机功率 | 空载时 < 100 mV; 0.5 W 负载时 < 0.8 W |
| 输出电压和电流 | 5V +/- 2% |
| 输出电流 | 2.4A |
| 输出功率 | 12W |
| 效率 | 满载时 > 75% |
| 输出纹波电压 | < 50mVp-p (不包括高频尖峰) |

4 电路图

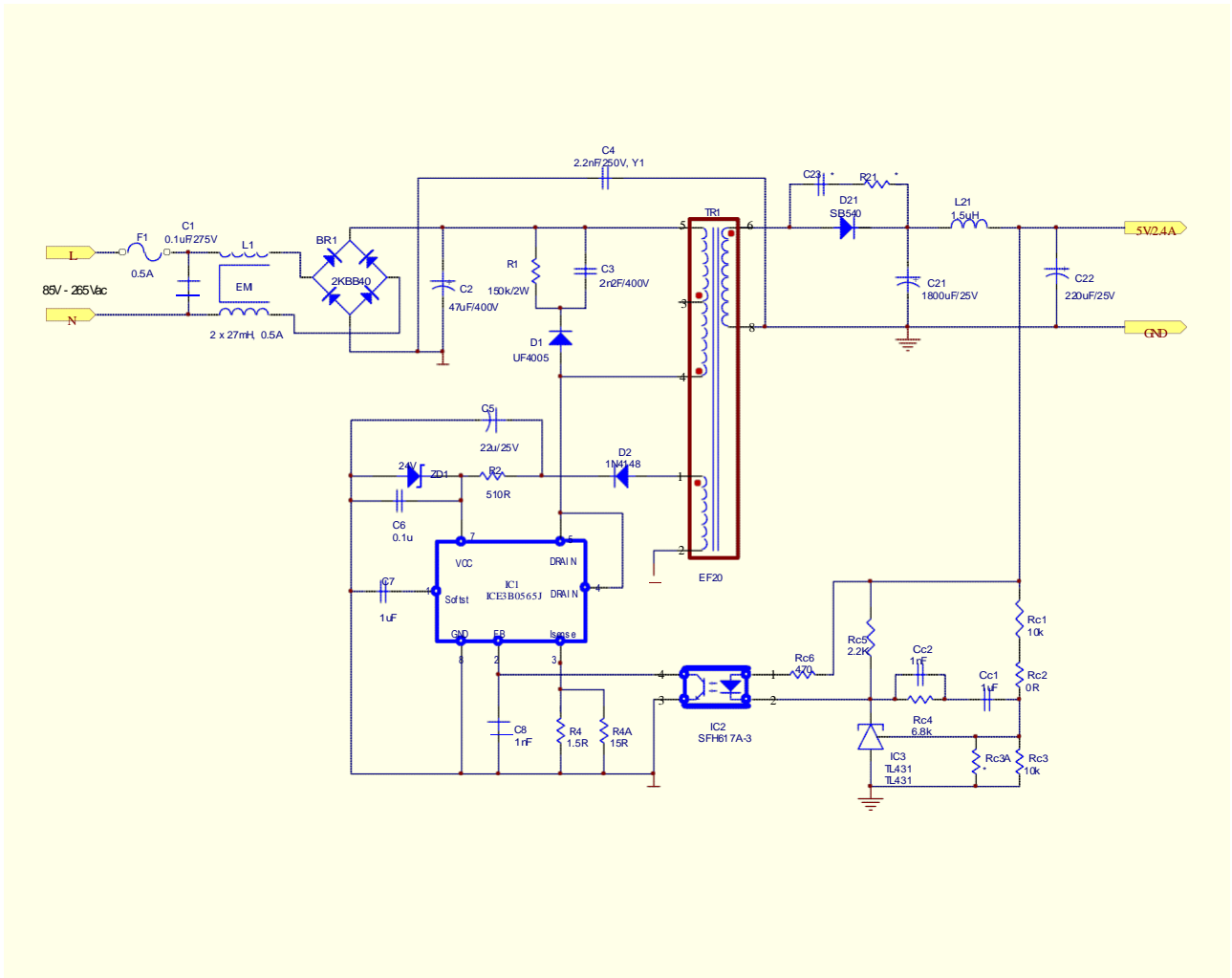


图 2 – 12W 5.0V ICE3B0565J 电源示意图

5 PCB 布局图

5.1 元件侧元件图例

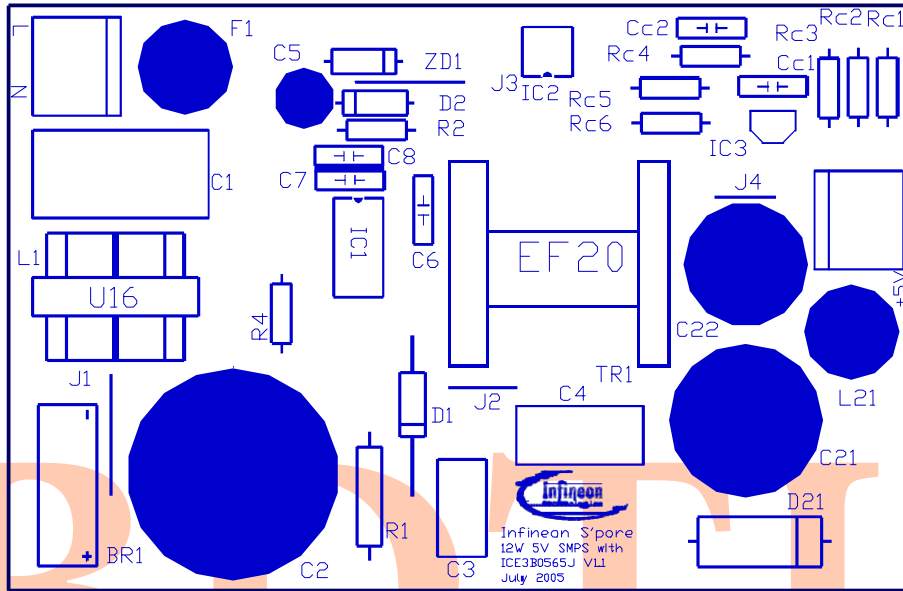


图 3 元件侧的元件图例——从元件侧观察

5.2 焊接侧的铜箔和元件图例

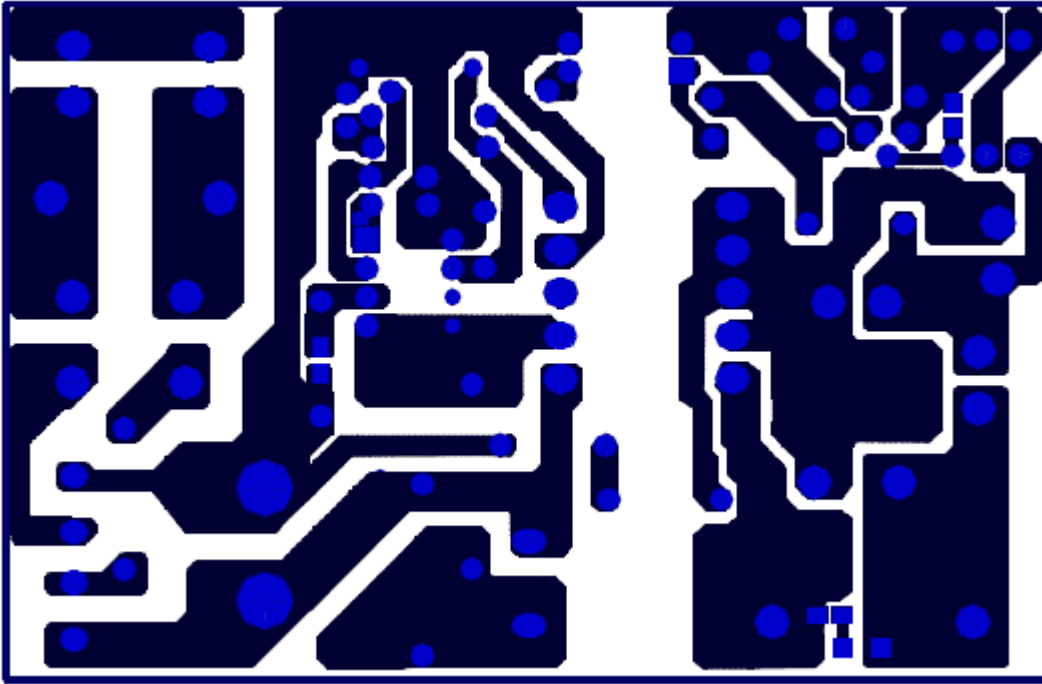


图 4 焊接侧的铜箔——从元件侧观察

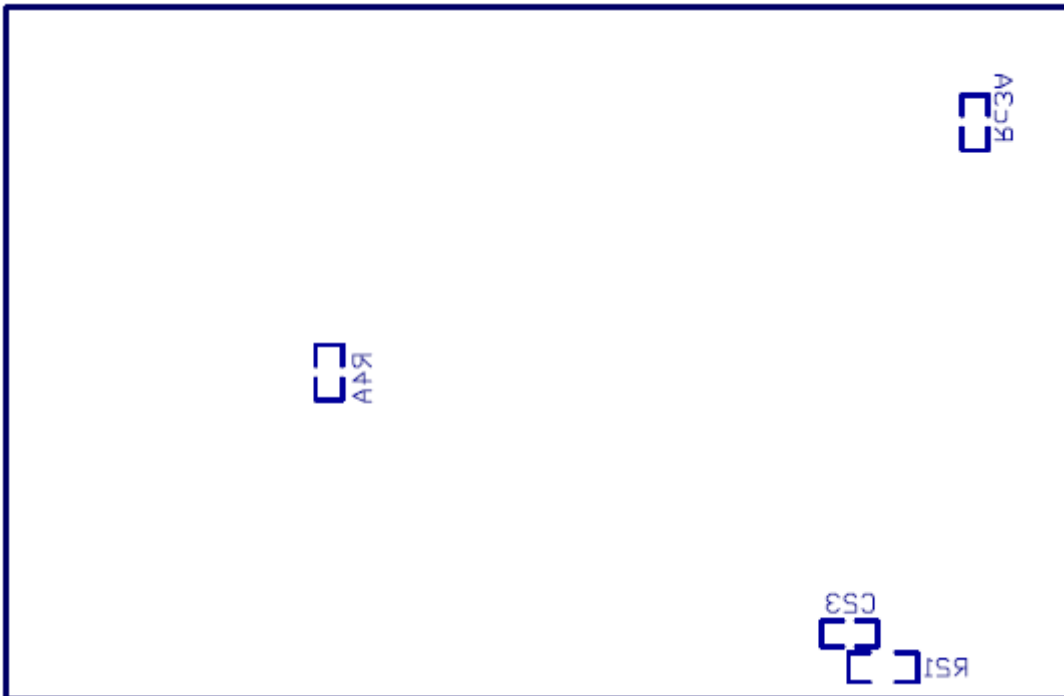


图 5 焊接侧的元件图例——从元件侧观察

6 电路说明

6.1 简介

EVALSF3-ICE3B0565J 演示板是一种低成本离线反激式开关模式电源 (SMPS)，它使用来自 CoolSET™-F3 系列的 ICE3B0565J 系统 IC。如图 2 所示，此电路采用 5.0 V 12 W 电源，此电源在 85 Vac 至 265 Vac 的交流线路输入电压下工作，适合需要开放式电源或封闭式适配器的应用。

6.2 电源输入

交流电源输入侧通过输入熔断器 F1 实现过流保护。扼流圈 L1、X2 电容器 C1 和 Y1 电容器 C4 起无线电干扰抑制器的作用。在桥式整流器 BR1 和输入大容量电容器 C2 之后存在 100 至 380 V_{DC}，此电压取决于提供的输入电压。

6.3 启动

ICE3B0565J 具有内置启动元件，因此无需使用外部启动电阻器。此启动元件与 IC 的漏极引脚相连。ICE3B0565J 的漏极引脚一加上电压，启动元件就会给 V_{CC} 电容器 C5 和 C6 充电。V_{CC} 电压超过 18 V 的 UVLO 时，IC 启动。然后 V_{CC} 电压通过辅助绕组实现自举，以持续运行。

6.4 运行模式

在运行期间，通过与整流 D2 和缓冲 C5、C6 相连的单独变压器绕组给 V_{CC} 引脚供电。使用电阻器 R2 限制电流。为了不超过 V_{CC} 引脚处的最高电压，使用外部齐纳二极管 ZD1 来限制此电压。

6.5 软启动

通过内部电阻器和可调式外部电容器 C7 实现软启动功能。

6.6 钳位电路

通过电路 R1、C3 和 D1 使变压器漏电感引起的漏极电压尖峰降至低于漏源击穿电压 V_{DSBR} = 650V₁ 最大值的一个安全值。

6.7 初级电流限制

通过外部分流电阻器 R4 和 R4A 感测 CoolMOS™ 的漏源电流。准确的分流电阻值可改善峰值功率限制，如本报告后半部分的峰值功率限制曲线所示。

6.8 输出级

在次级侧，通过肖特基二极管 D21 将功率耦合出来。电容器 C21 提供能量缓冲，然后通过 LC 滤波器 L21 和 C22 使输出电压纹波大大减小。储存应选择内部阻值尽可能小的电容器 C21 (ESR) 以最大程度地减小输出电压纹波。

¹ 在 T_j = 110°C 的条件下，V_{DSBR} = 650V

6.9 反馈和调节

使用 TL431 型参考二极管 (IC3) 控制输出电压。此器件包含电压基准、误差放大器 and 驱动器级。补偿网络 Cc1、Cc2、Rc1 和 Rc4 构成 IC3 的误差放大器的外部电路。此电路可使反馈精确匹配不断变化的负载情况，从而实现稳定控制。使用电阻器 Rc5 和 Rc6 设定流过光耦合器二极管的最大电流和电压基准。使用光耦合器 IC2 将控制信号通过 ICE3B0565J 控制器件的电容 C8 浮动传输到“反馈”输入。所用的光耦合器符合 DIN VDE 884 对更大爬电距离的要求。

6.10 负载跳变/主动突发模式的消隐窗

在发生负载跳变的情况下，控制器在激活过压保护并进入自动重启模式前会提供消隐窗。通过将软启动电容器从 3.4V 充电至 4.0V 来形成这段时间。在这段时间内，反馈引脚处的电压可能升高到 4.5 V 以上，但由于过载保护不会发生关断。在此操作中，转移的功率被限于感测电阻器阻值所限定的最大峰值电流。如果在 V_{FB} 降至 1.35 V 以下时检测到低负载情况，这一过程也会发生在外部软启动电容器上。仅在 V_{SOFTS} 超过 4.0 V 后且 V_{FB} 仍低于 1.35 V 的情况下才进入主动突发模式。

6.11 主动突发模式

在轻载情况下，SMPS 进入主动突发模式。在这种状态下，控制器始终处于活跃状态。因此 V_{CC} 必须高于关断阈值 $V_{CCoff} = 10.5V$ 。在主动突发模式下，除了支持 V_{OUT} 上的低纹波和对负载跳变的快速响应，效率也大大提高。在正常工作模式下，当 FB 处的电压水平降至 1.35V 以下时，则通过 3.2 V 至 3.6 V 的锯齿波电压对 SOFTS 引脚处的电容器 C7 充电。如果 V_{SOFTS} 超过 4.0 V 则进入主动突发模式。为了避免因负载跳变突然进入突发模式，会形成上文所述的消隐窗，可以通过操纵 C7 来调节消隐窗。

在主动突发模式中， I_{CS} 引脚处的电流感测电压极限 V_{ICS} 被设定为 0.32 V，以减少导通损耗。除基准电压和偏置电压外，所有内部电路均被关断，以使总 V_{CC} 电流消耗减小到 0.5 mA 以下。FB 电压在 3.2 至 3.6 V 之间呈锯齿状变化。为了离开突发模式，FB 电压必须超过 4.5 V。这样会使主动突发模式复位，并将 SMPS 切换为正常工作模式。现在可以提供最大电流以稳定 V_{OUT} 。

6.12 抖动模式

软启动电容器 C7 具有 3 种功能，即控制软启动时间、控制消隐时间和控制频率抖动模式的周期。ICE3B0565J 一启动，SOFTS 引脚就会在 3.2 V 至 3.6 V 的锯齿波电压下运行。此电压可控制抖动频率的周期。ICE3B0565J 的抖动周期在内部被设定为 67 KHz +/- 2.7 KHz。此演示板具有 1 uF 的 SOFTS 电容器，其抖动周期约为 3.2 ms。

7 元件表

| 序号 | 部件 | 类型 | 数量 |
|----|----------------|----------------------------|----|
| 1 | BR1 | 2KBB80R | 1 |
| 2 | C1 | 0.1uF/275V, X2 电容器 | 1 |
| 3 | C2 | 47uF/400V | 1 |
| 4 | C3 | 2.2nF/400V | 1 |
| 5 | C4 | 2.2nF/250V, Y1 电容器 | 1 |
| 6 | C5 | 22uF/35V | 1 |
| 7 | C6 | 100nF/50V | 1 |
| 8 | C7 | 1uF/50V | 1 |
| 9 | C8 | 1nF/50V | 1 |
| 10 | C21 | 1800uF/25V | 1 |
| 11 | C22 | 220uF/25V | 1 |
| 12 | C23 | N.A. | 0 |
| 13 | Cc1 | 1uF/50V | 1 |
| 14 | Cc2 | 1nF/50V | 1 |
| 15 | D1 | UF4005 | 1 |
| 16 | D2 | 1N4148 | 1 |
| 17 | D21 | SB540 | 1 |
| 18 | F1 | 0.5A/250V | 1 |
| 19 | IC1 | ICE3B0565J | 1 |
| 20 | IC2 | SFH617A-3 | 1 |
| 21 | IC3 | TL431CLP | 1 |
| 22 | J1, J2, J3, J4 | 跳线 | 4 |
| 23 | L1 | 2 x 27mH, 0.5A | 1 |
| 24 | L21 | 1.5uF | 1 |
| 25 | R1 | 150K, 2W, 5% | 1 |
| 26 | R2 | 510R, 0.25W, 5% | 1 |
| 27 | R4 | 1.5R 0.5W, 2% | 1 |
| 28 | R4A | 15R, 0.1W, 5% (0805 SMD) | 1 |
| 29 | Rc1 | 10K, 0.25W, 1% | 1 |
| 30 | Rc2 | 0R | 1 |
| 31 | Rc3 | 10K, 0.25W, 1% | 1 |
| 32 | Rc3A | N.A. | 0 |
| 33 | Rc4 | 6.8K, 0.25W, 5% | 1 |
| 34 | Rc5 | 2.2K, 0.25W, 5% | 1 |
| 35 | Rc6 | 470, 0.25W, 5% | 1 |
| 36 | R21 | N.A. | 0 |
| 37 | TR1 | EF20 N87, Lp =830uH | 1 |
| 38 | ZD1 | 24V | 1 |

8 变压器结构

磁芯和材质: EF20/10/6, N87

骨架: 卧式

初级电感, $L_p=830 \mu\text{H}$, 在引脚 4 和引脚 5 之间测量 (与电感留有间隙)

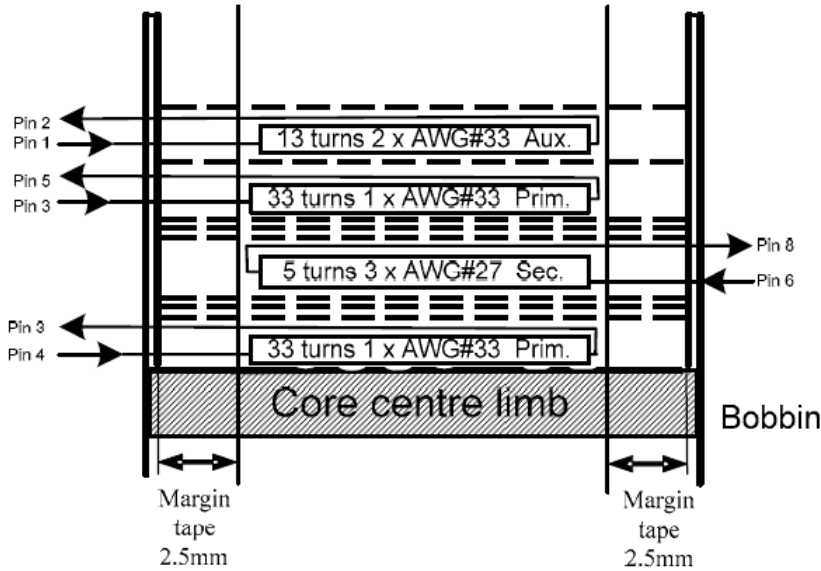


图 6——变压器结构

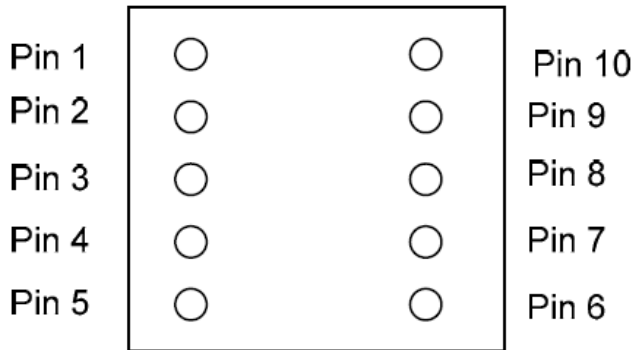


图 7——完整变压器俯视图

9 测试结果

9.1 效率

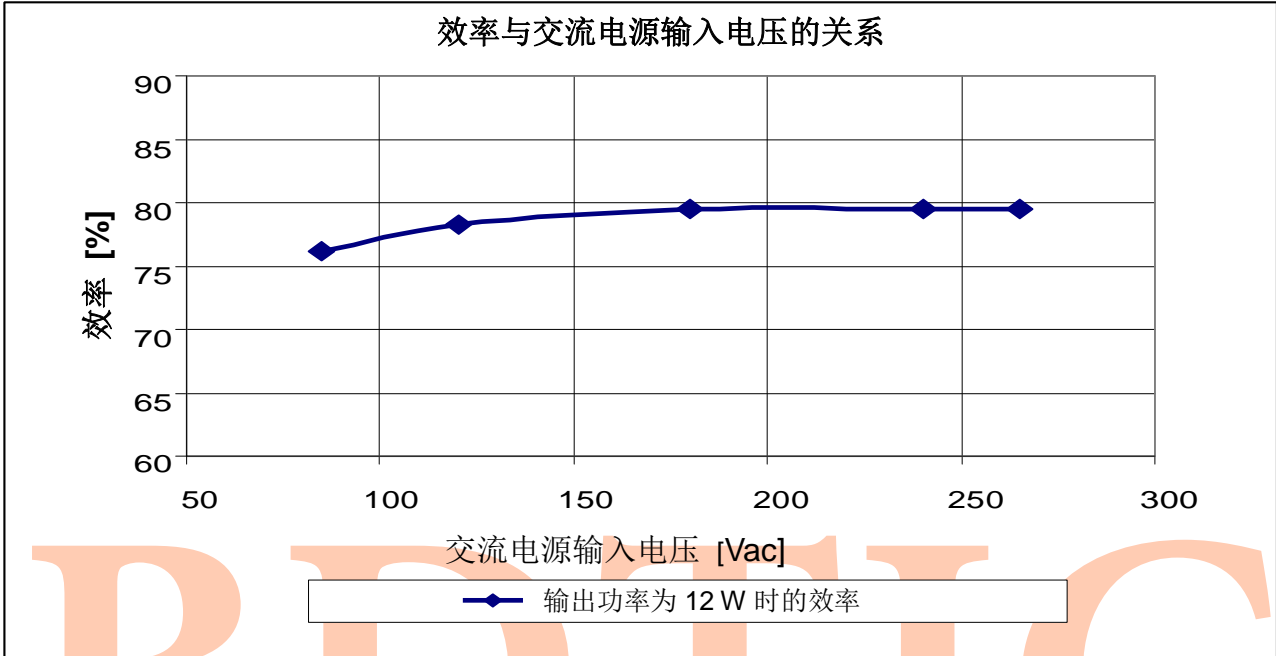


图 8 - 效率与交流电源输入电压的关系

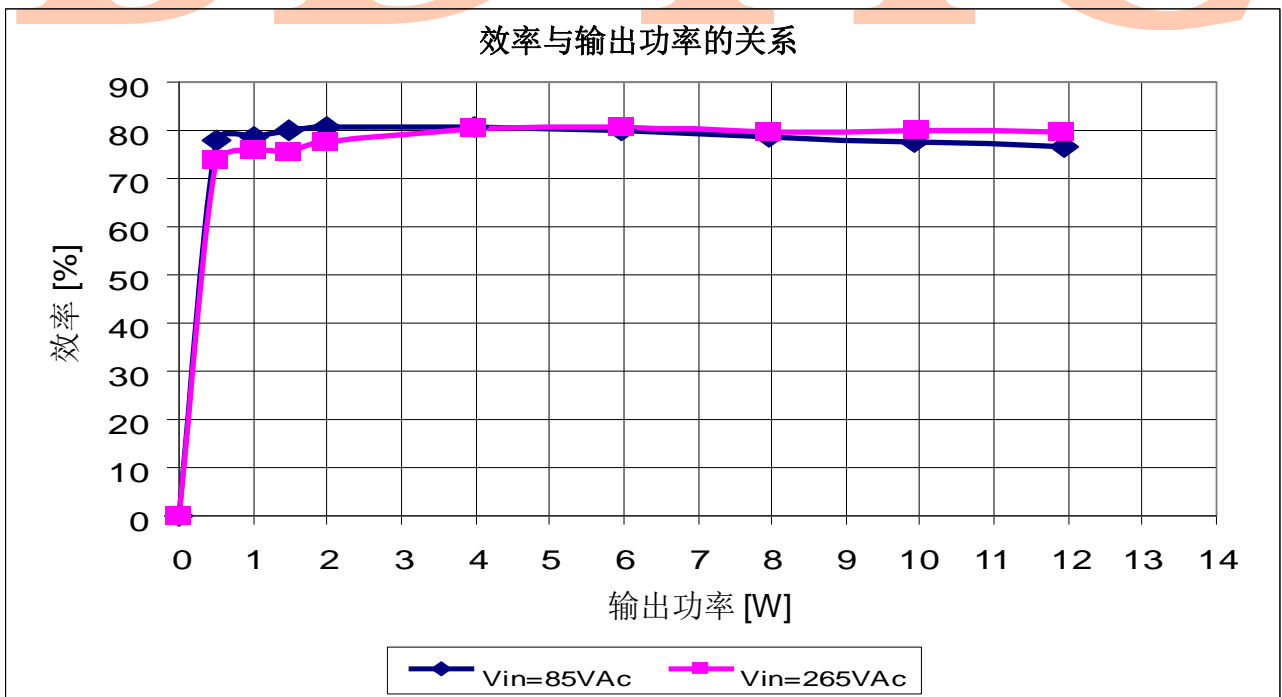


图 9 - 在 50 Hz 低线路电压和高线路电压下效率与输出功率的关系

9.2 输入待机功率

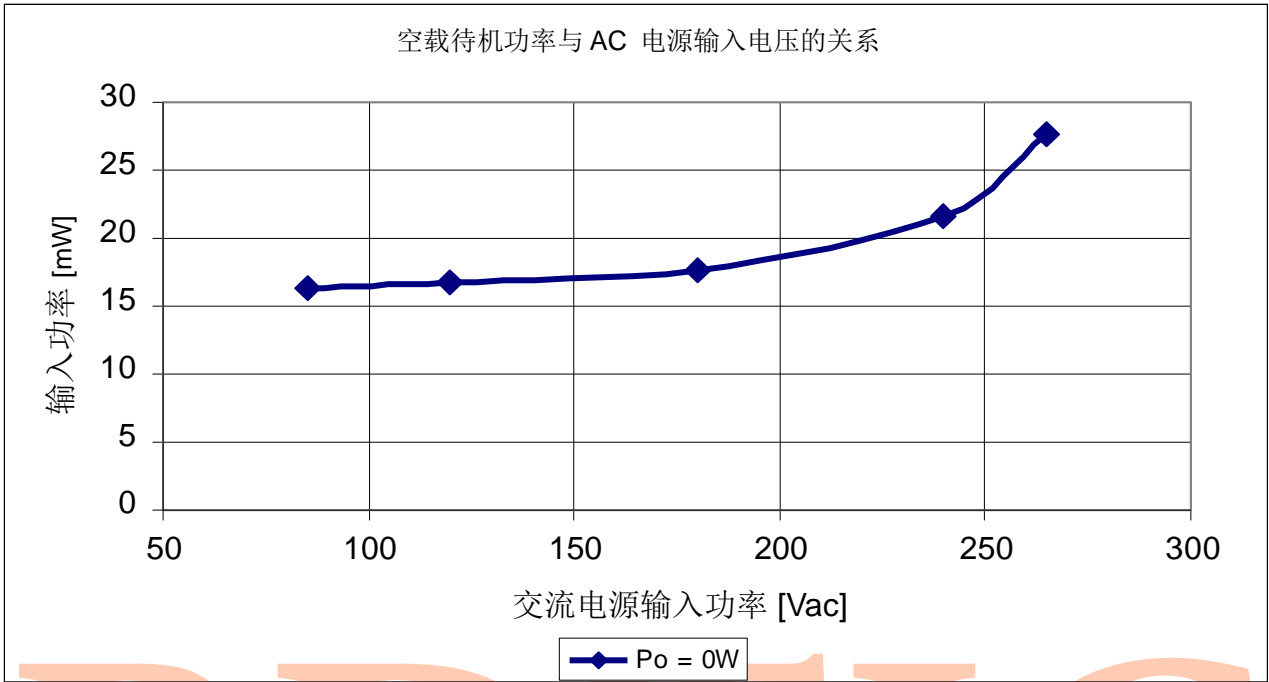


图 10 – 空载输入待机功率与 AC 电源输入电压的关系

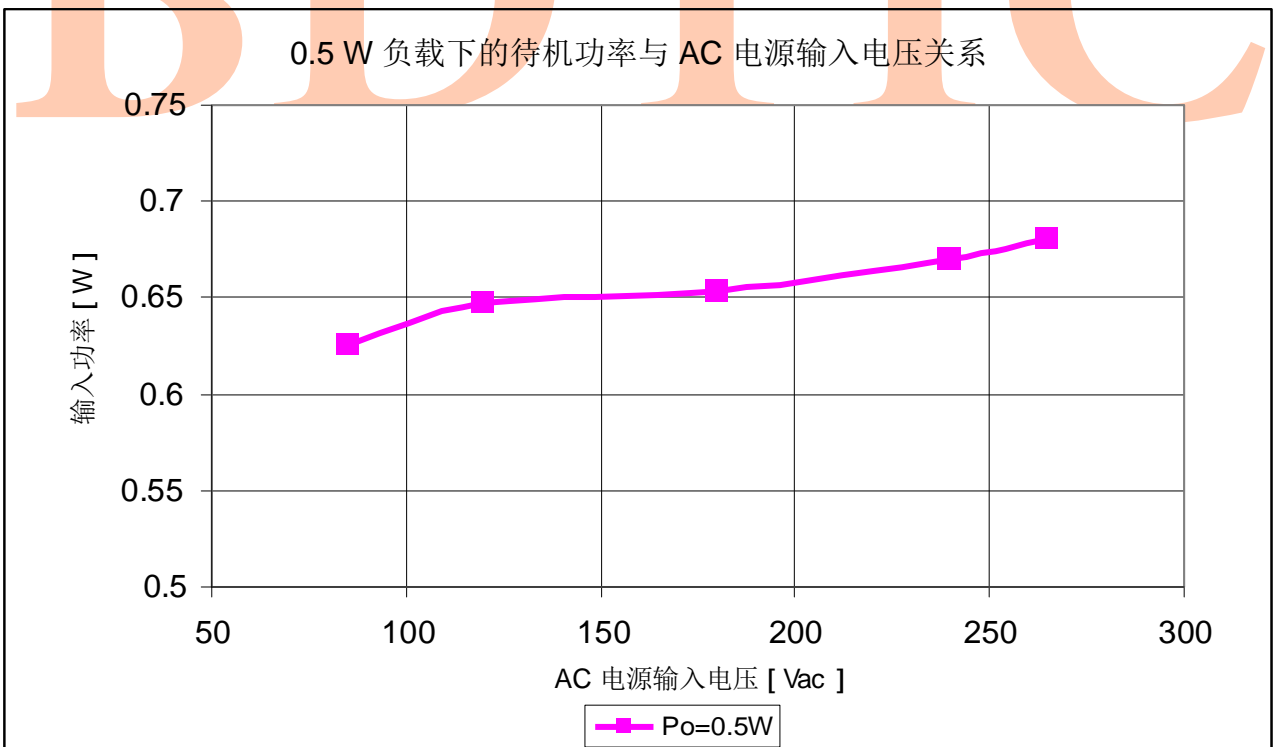


图 11 – 0.5 W 负载下的输入待机功率与 AC 电源输入电压的关系

9.3 线路调节

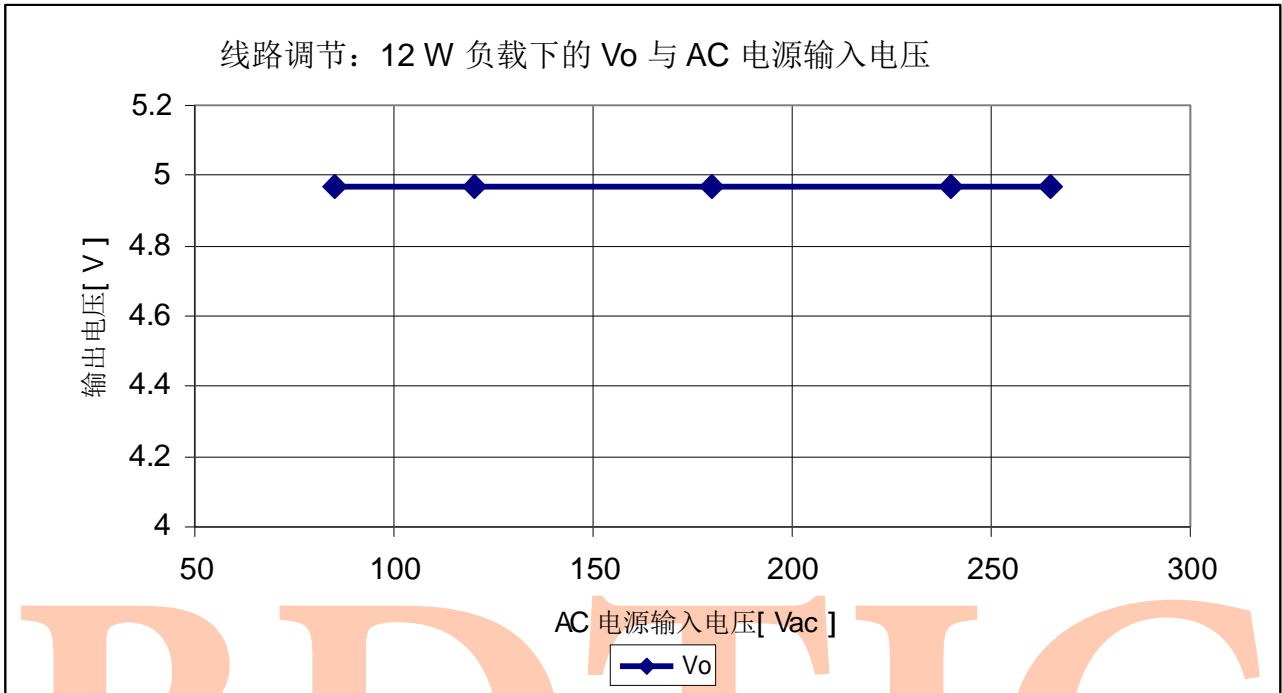


图 12 – 线路调节与 AC 电源输入电压

9.4 负载调节

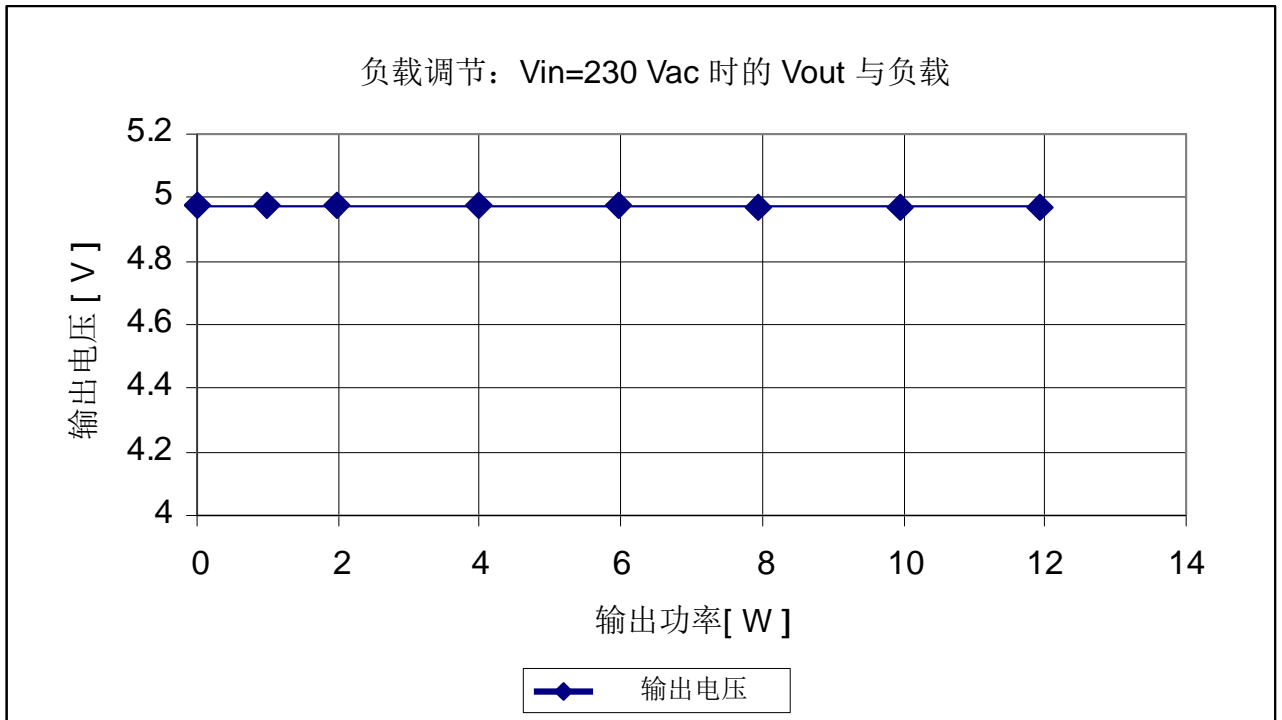


图 13 – 负载调节与 AC 电源输入电压

9.5 最大过载输出功率

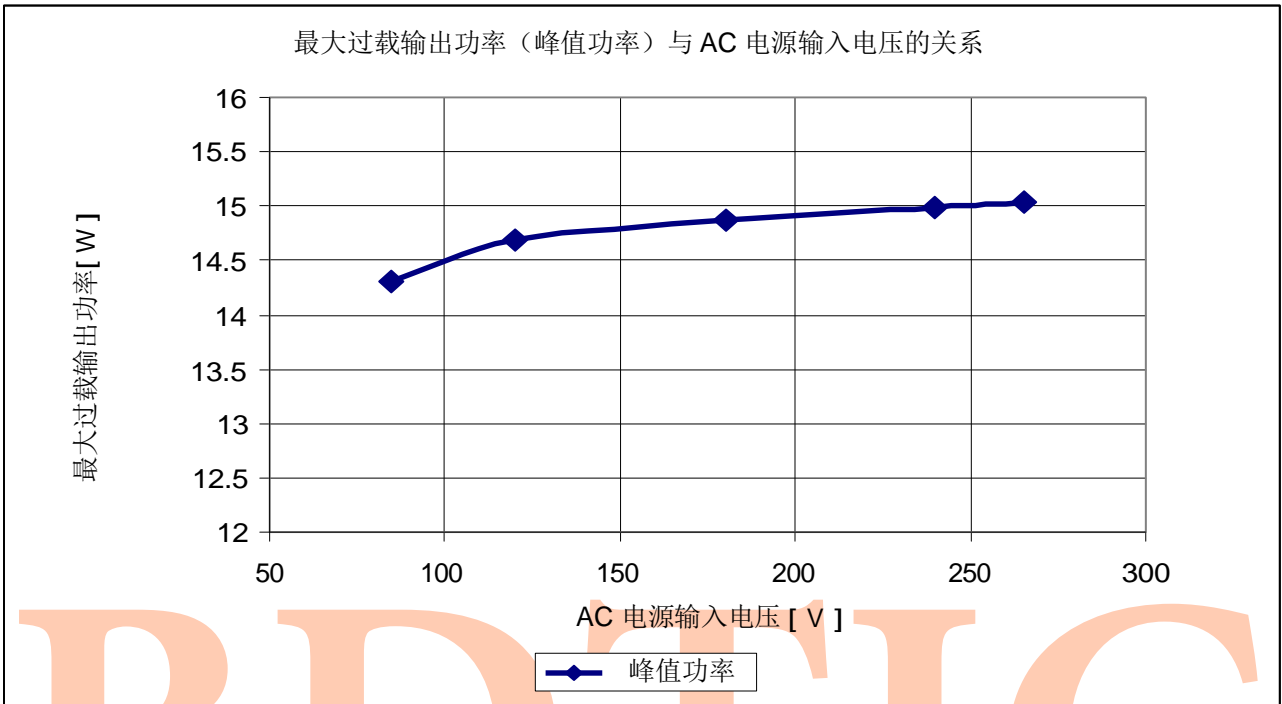
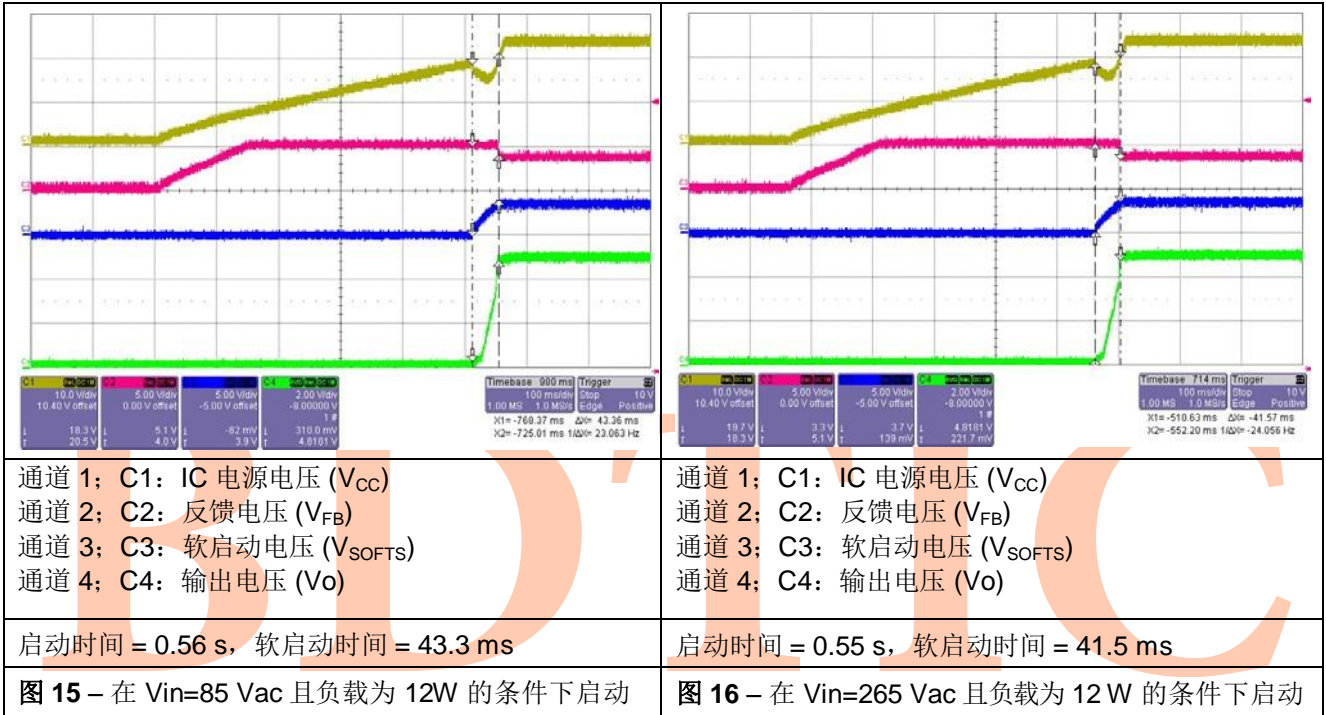


图 14 – 过载输出功率（过流关断阈值）与 AC 电源输入电压的关系

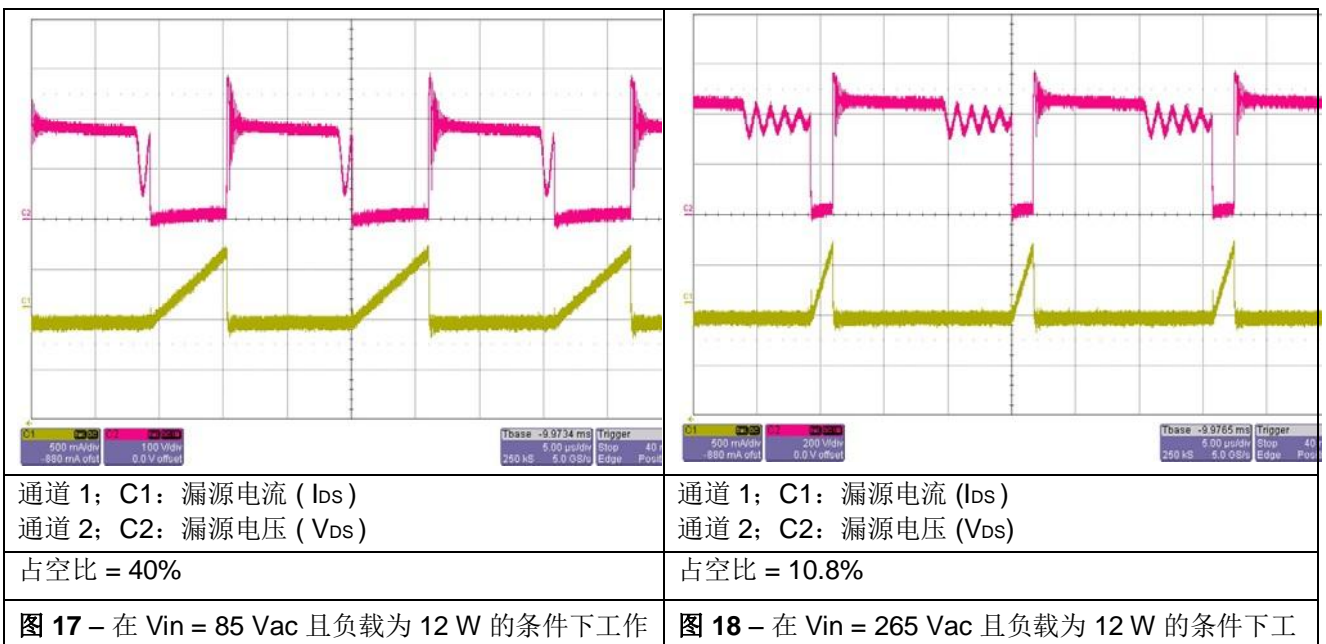
10 波形和示波器波形曲线图

用 LeCroy 6050 示波器记录所有波形和示波器波形曲线图

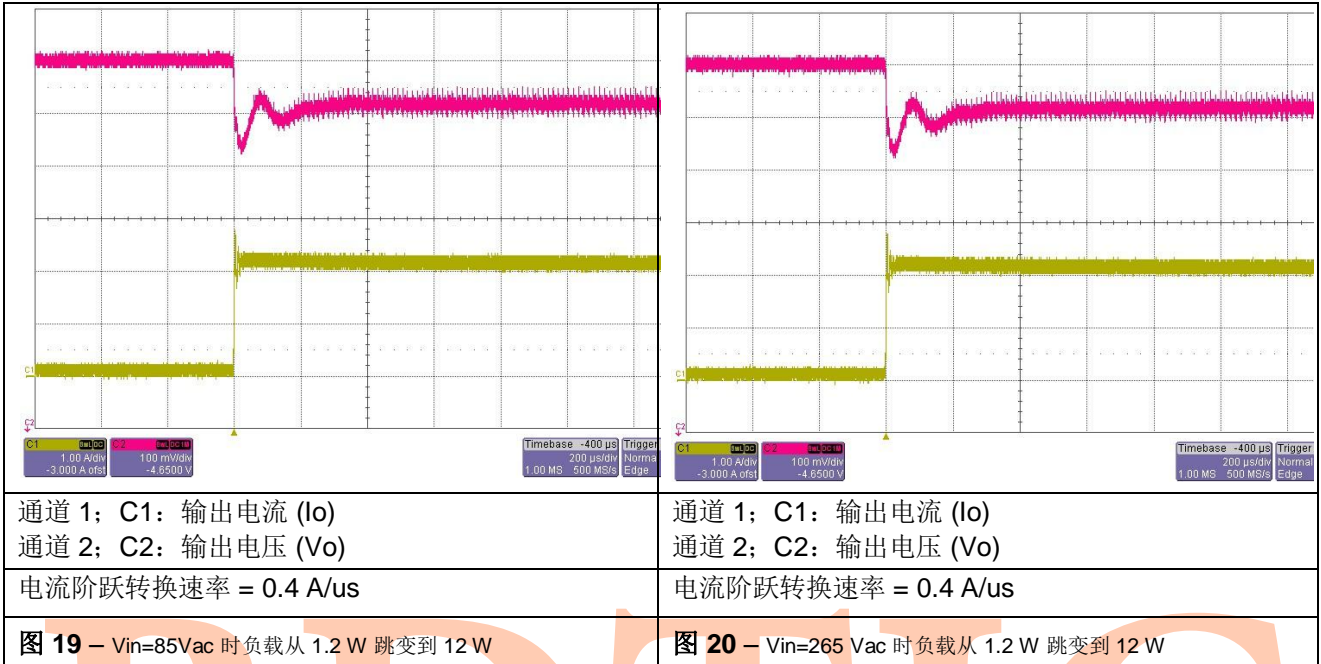
10.1 在高低 AC 电源输入电压和 12 W 负载下启动



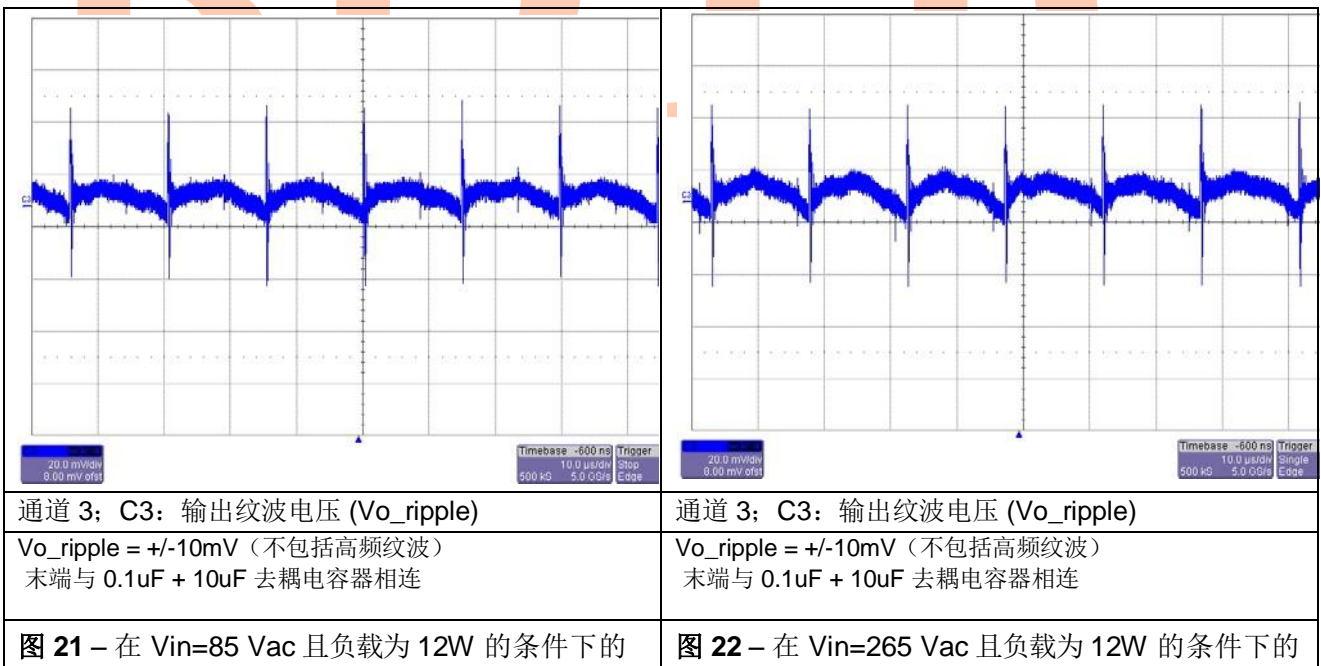
10.2 在 12 W 负载下工作时的漏源电压和电流



10.3 Load 负载瞬态响应 (负载从 10% 跳变到 100%)



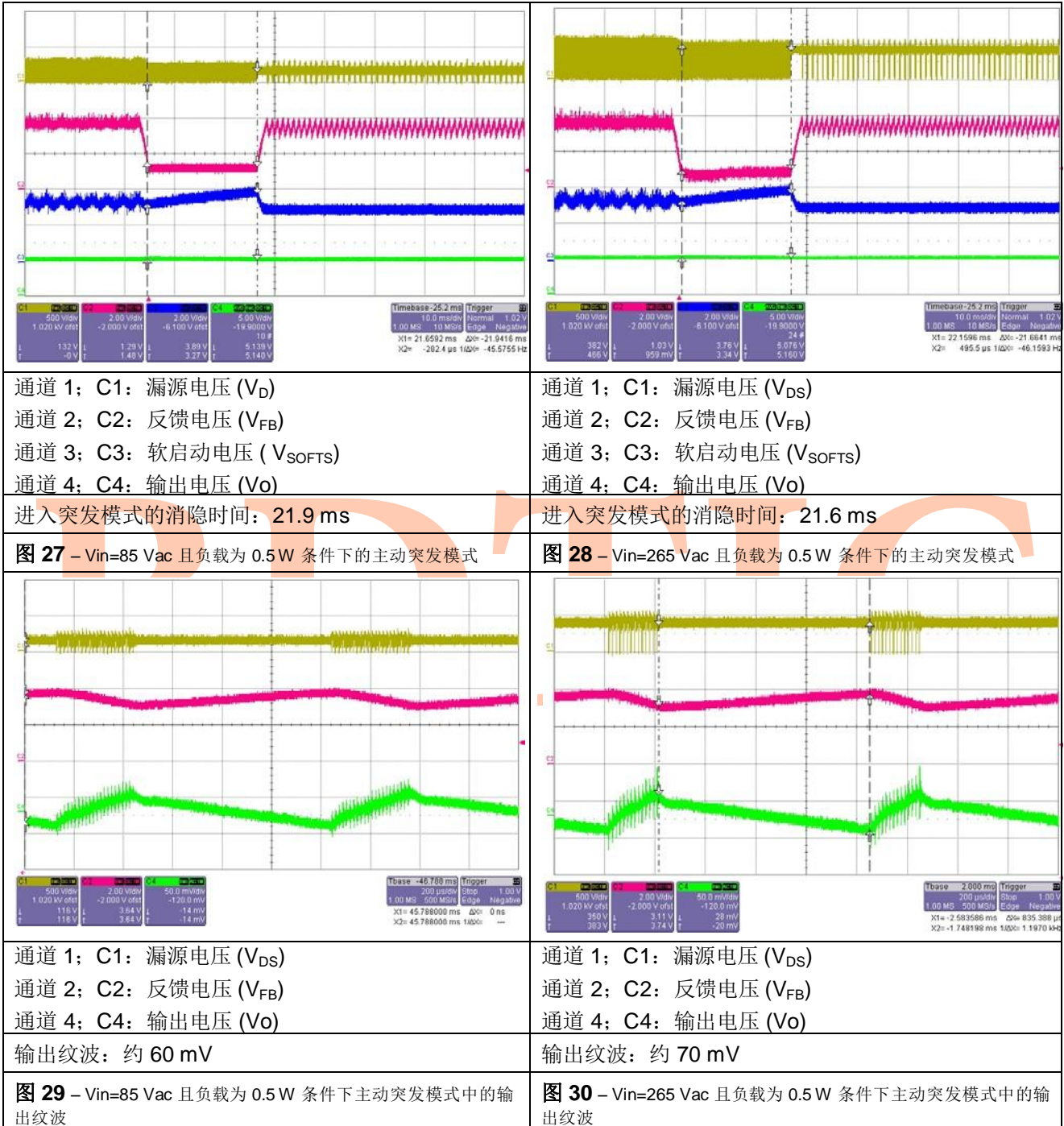
10.4 12W 时的 AC 输出纹波



10.5 过功率保护的消隐窗

| | |
|---|---|
| | |
| <p>通道 1; C1: 输出电流 (Io) 通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS}) 通道 4; C4: 输出电压 (Vo)</p> | <p>通道 1; C1: 输出电流 (Io) 通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS}) 通道 4; C4: 输出电压 (Vo)</p> |
| <p>进入自动重启模式的消隐时间: 22.4 ms</p> | <p>进入自动重启模式的消隐时间: 22.7 ms</p> |
| <p>图 23 – Vin=85 Vac 且输出功率从 1.2W 阶跃到 16W 负载情况下的过功率保护</p> | <p>图 24 – Vin=265 Vac 且输出功率从 1.2W 阶跃到 16W 负载情况下的过功率保护</p> |
| | |
| <p>通道 1; C1: 输出电流 (Io) 通道 2; C2: Vcc 电压 (Vcc) 通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS}) 通道 4; C4: 输出电压 (Vo)</p> | <p>通道 1; C1: 输出电流 (Io) 通道 2; C2: Vcc 电压 (Vcc) 通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS}) 通道 4; C4: 输出电压 (Vo)</p> |
| <p>重启模式下的突发时间: 1.04 s</p> | <p>重启模式下的突发时间: 1.04 s</p> |
| <p>图 25 – Vin=85 Vac 时过功率保护下的自动重启模式</p> | <p>图 26 – Vin=265 Vac 时过功率保护下的自动重启模式</p> |

10.6 0.5W 负载下的主动突发模式



10.7 频率抖动

| | |
|---|--|
| | |
| <p>通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS})</p> | <p>通道 3; C3: 软启动电压 (V_{SOFTS})</p> |
| <p>频率抖动时间: 约 3.02 ms</p> | <p>频率抖动时间: 约 2.97 ms</p> |
| <p>图 31 – $V_{in}=85\text{ Vac}$ 且负载为 12 W 时 SOFTS 引脚处的频率抖动时间</p> | <p>图 32 – $V_{in}=265\text{ Vac}$ 且负载为 12 W 时 SOFTS 引脚处的频率抖动时间</p> |
| | |
| <p>通道 1; C1: 漏源电压 (V_{DS})</p> | <p>通道 1; C1: 漏源电压 (V_{DS})</p> |
| <p>频率从 63.2 kHz 变为 68.9 KHz</p> | <p>频率从 63.2 kHz 变为 68.9 KHz</p> |
| <p>图 33 – $V_{in}=85\text{ Vac}$ 且负载为 12 W 时 V_{DS} 处的频率变化</p> | <p>图 34 – $V_{in}=265\text{ Vac}$ 且负载为 12 W 时 V_{DS} 处的频率变化</p> |

10.8 斜率补偿

此演示板是在断续导通模式 (DCM) 工作状态下设计的。如果在最大占空比超过 50% 阈值的连续导通模式 (CCM) 工作状态下设计此应用，则需增加斜率补偿网络。否则电路会不稳定。在这种情况下，需要增加三个元件（2 个陶瓷电容器 C17/C18 和一个电阻器 R19），如下方电路图所示。

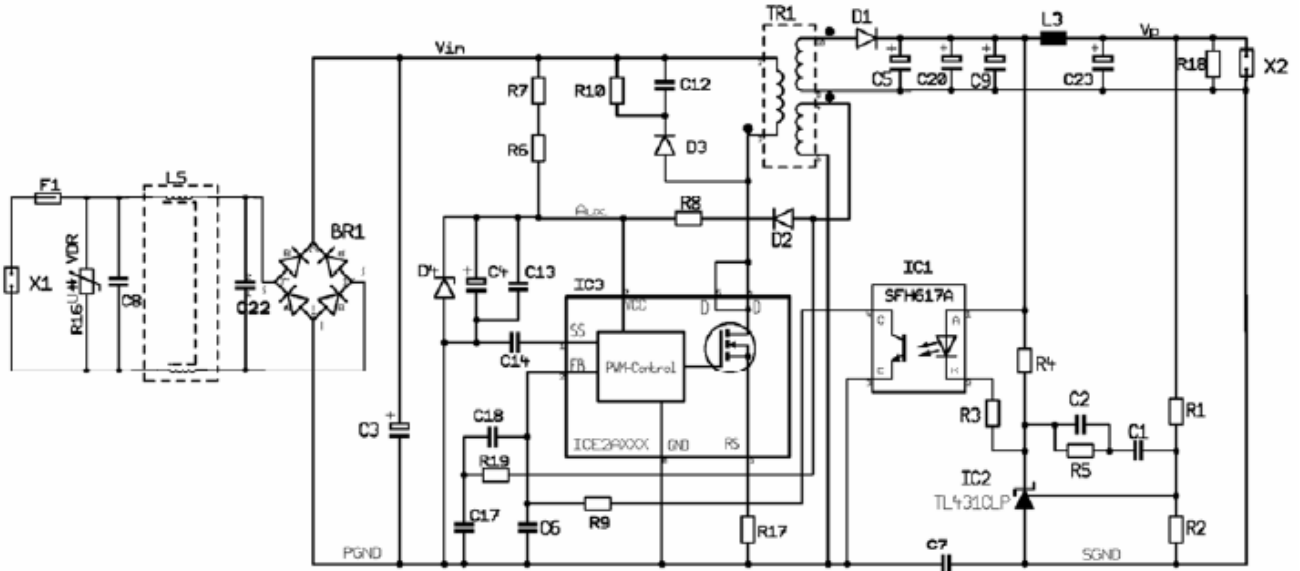


图 33 – 带功率补偿的开关模式电源电路图

如需了解关于如何计算其它元件的更多信息，请阅读应用说明 AN_SMPS_ICE2xxx——可以通过互联网获得：www.infineon.com/CoolSET CoolSET F2。

参考资料

- [1] 英飞凌科技公司, CoolSET™ 数据手册——带集成式 650V 启动元件/Depl-CoolMOS™ 的 F3 (抖动版) ICE3B0365J/ICE3B0565J 离线 SMPS 电流模式控制器
- [2] 英飞凌科技公司, 应用说明《用于离线开关模式电源 (SMPS) 的 AN-SMPS-ICE2XXXX-1 CoolSET™ ICE2XXXX》
- [3] 英飞凌科技公司, 应用说明《用于离线开关电源 (SMPS) 的 AN-SMPS-ICE3DS01-1 CoolSET™ ICE3DS01 电流模式控制器》
- [3] 《APEB 电源管理九月篇章》, 文章《可实现 100 mW 以下待机功率的 60 W SMPS 设计》

BDTIC