

应用说明

AN - EVALQRC - ICE2QR4765

带准谐振 CoolSET[®] ICE2QR4765 的 12 W
5 V 评估板

BDTIC

电源管理与供电



思想永不停歇。

www.BDTIC.com/infineon

由 Infineon Technologies AG 出版
81726 Munich, Germany
© 2007 Infineon Technologies AG 保留所有权利

法律免责声明

在任何情况下均不得将本文件所提供的信息视为对条件或特征的担保。英飞凌科技公司特此声明，对本文中提及的任何示例或提示、任何典型数值和/或任何与设备应用相关的信息，不作任何及所有形式的担保或承担任何及所有形式的责任（包括但不限于对不侵犯任何第三方知识产权的担保）。

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 ICE2QR4765](#)】。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【[ICE2QR4765](#)】

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。

标题

修订历史: 2011 年 8 月 8 日 V1.1

先前版本: V1.0

页码	变更内容 (自上次修订后的主要变更)
13	修改类型

带准谐振 CoolSET[®] ICE2QR4765 的 12 W 5 V 评估板
英飞凌科技亚太私人有限公司 (Infineon Technologies Asia Pacific Pte Ltd) 许可

AN-PS0045

Eric Kok

eric.kok@infineon.com

Wang Zan

Zan.wang@infineon.com

He Yi

Yi.he@infineon.com

Jeoh Meng kiat

Mengkiat.jeoh@infineon.com

BDTIC

欢迎您提出宝贵意见

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：

comments@infineon.com



目录

1	简介.....	5
2	评估板.....	5
3	特性一览.....	5
4	技术规格.....	6
5	电路说明.....	6
5.1	电源输入与整流.....	6
5.2	集成 MOSFET 和 PWM 控制.....	6
5.3	缓冲网络.....	6
5.4	输出级.....	6
5.5	反馈回路.....	6
6	电路运行.....	7
6.1	启动运行.....	7
6.2	正常模式运行.....	7
6.3	初级侧峰值电流控制.....	7
6.4	频率数字减小.....	7
6.5	突发模式运行.....	7
7	保护功能.....	8
7.1	Vcc 欠压和过压保护.....	8
7.2	折返点保护.....	8
7.3	开环/过载保护.....	8
7.4	可调输出过压保护.....	8
7.5	短绕组保护.....	8
7.6	过热保护的自动重启.....	8
8	电路图.....	9
8.1	PCB 顶层.....	10
8.2	PCB 底层.....	11
9	元件表.....	12
10	变压器结构.....	13
11	测试结果.....	14
11.1	效率和待机性能.....	14
12	波形和示波器波形曲线图.....	15
12.1	在 85Vac 和 12W 负载下启动.....	15
12.2	在不同过零点工作.....	15
12.3	负载瞬态响应.....	16
12.4	满载期间的交流输出纹波.....	16
12.5	突发模式运行.....	17
13	参考资料.....	17

1 简介

本应用说明描述的是使用 ICE2QR4765 准谐振 CoolSET[®] 且采用准谐振反激式变换器拓扑设计的 12 W 开关模式电源评估板。ICE2QR4765 的目标应用是机顶盒、便携式游戏控制器、DVD 播放器、上网本适配器和 LCD TV 辅助电源等。通过在此 IC 中集成 CoolMOS[®] 可以大大简化 PCB 的设计和布局。由于谷底开关，导通电压下降，从而实现比硬开关反激式变换器更高的转换效率。通过 DCM 模式控制，可以减轻次级整流二极管的反向恢复问题。对于电源电压下的固有频率抖动，EMI 性能更佳。英飞凌的数字频率下降技术在负载极低时仍可实现准谐振工作。因此与仅在轻载情况下执行最大开关频率限制的传统自由运行准谐振变换器相比，系统效率在整个负载范围均得到显著提高。此外，ICE2QR4765 中实施的许多可调节的保护功能可保护系统并针对所选应用对 IC 进行定制。在失效模式下，比如控制回路开路/过载、输出过压和变压器短绕组，器件会切换为**自动重启模式**或**锁闭模式**。通过逐周期峰值电流限制和折返点校正，可同时优化变压器尺寸和次级二极管的额定电流。因此可以轻松实现具有成本效益的解决方案。

2 评估板

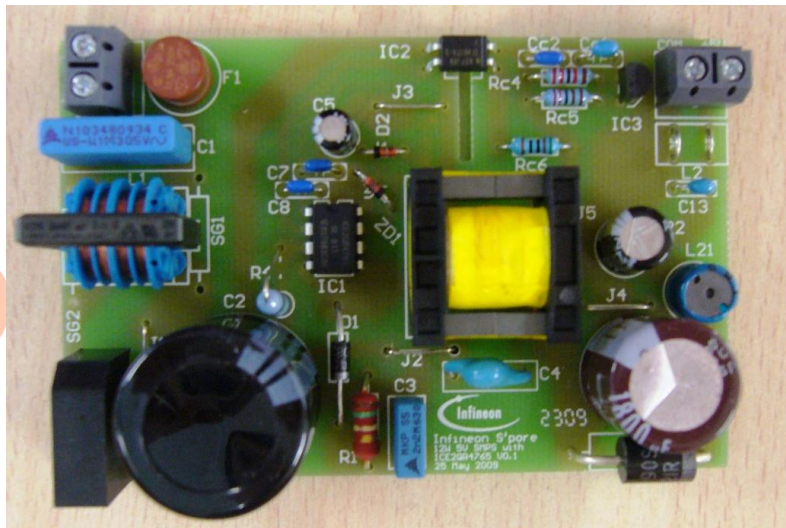


图 1-EVALQR-12W-ICE2QR4765

3 特性一览

带内置耗尽型启动元件的 650V 耐雪崩 CoolMOS [®]
准谐振工作
数字频率随负载减小而下降
通过折返点校正实现逐周期电流限制
内置数字软启动
通过内部前沿消隐时间实现直流感测
VCC 欠压保护: IC 停止工作, 通过软启动恢复
VCC 过压保护: IC 停止工作, 通过软启动恢复
开环/过载保护: 自动重启
输出过压保护: 通过可调节阈值进行锁闭
短绕组保护: 锁闭
过热保护: 自动重启

4 技术规格

输入电压	85Vac~265Vac
输入频率	50Hz, 60Hz
输出电压和电流	5V 2.4A
输出功率	12W
效率	满载时 > 78%
待机功率	空载时 <100mW
满载时最低开关频率, 最低输入电压	65kHz

5 电路说明

5.1 电源输入与整流

交流电源输入侧通过输入熔断器 F1 实现过流保护。X2 电容器 C1 和扼流圈 L1 形成主滤波器，通过此滤波器将 RFI 向主电源的反馈减少到最低限度。在桥式整流器 BR1 之后，和滤波电容器 C2 一起提供 70 VDC 至 380 VDC 的电压，具体取决于电源输入电压。

5.2 集成 MOSFET 和 PWM 控制

ICE2QR4765 包含一个功率 MOSFET 和准谐振控制器；这种集成解决方案可大大简化电路布局并降低 PCB 制造成本。是否开启 PWM 取决于过零输入信号和加减计数器的值。是否关闭 PWM 则取决于反馈信号 V_{FB} 和电流感测信号 V_{CS} 。ICE2QR4765 还可执行反激式变换器中的所有必需保护功能。数据手册中提供了关于上述内容的详细信息。

5.3 缓冲网络

缓冲网络 R1、C3 和 D1 可散耗漏电感的能量并抑制 SMPS 变压器上的响铃。

5.4 输出级

在次级侧，5V 输出，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 L-C 滤波电路 L21 和 C22 减小输出纹波，并显著防止 SMPS 开关频率和电源频率之间产生干扰。设计储能电容器 C21 时，必须使其内部电阻 (ESR) 尽可能地小。这样可以将三角波电流引起的输出电压纹波减小到最低限度。

5.5 反馈回路

对于反馈回路，通过分压器 Rc1 和 Rc3 感测输出端，并比较输出端与 TL431 的内部基准电压。Cc1、Cc2 和 Rc4 组成补偿网络。通过光耦合器 IC2 和两个电阻器 Rc5、Rc6 将 TL431 的输出电压转变为电流信号，以进行调节控制。

6 电路运行

6.1 启动运行

ICE2QR4765 内置有启动元件，因此不需要外部启动电阻器，这样可大大提高待机性能。

当 VCC 达到导通电压阈值 18V 时，IC 开始软启动。在 ICE2QR4765 中执行的软启动是一种基于时间的数字功能。预设软启动时间为 12ms，通过 4 步实现。在不受其它功能限制的前提下，CS 引脚的峰值电压将从 0.32 V 逐步升高，最终达到 1 V。IC 导通后，通过变压器的辅助绕组提供 Vcc 电压。

6.2 正常模式运行

启动后建立次级输出电压。通过 TL431 和光耦合器实现次级调节控制。补偿网络 Cc1、Cc2 和 Rc4 构成 TL431 的误差放大器的外部电路。此电路可在不断变化的负载条件下对反馈进行精确控制，从而实现稳定控制。

6.3 初级侧峰值电流控制

通过外部电阻器 R4 和 R4A 感测 MOSFET 的漏源电流。ICE2QR4765 是一种电流型控制器，因此它具有一种逐周期初级电流和反馈电压控制，通过这种控制可以确保变换器的最大功率在每一个开关周期都得到控制。

6.4 频率数字减小

在正常工作中，ICE2QR4765 的开关频率数字随着负载的减小而减小。在轻载情况下，MOSFET 不会在第一个最低漏源电压时间处导通，而是在第 n 个导通。计数器的范围为 1 到 7，具体取决于时基中的反馈电压。当所需输出功率减小时，反馈电压下降，反之亦然。因此，可通过监测电压 V_{FB} 设定计数器。计数器将随着 V_{FB} 的下降而增大，随着 V_{FB} 的升高而减小。在 IC 内预设阈值。

6.5 突发模式运行

在轻载情况下，SMPS 进入主动突发模式。在此阶段，控制器始终活跃，但 Vcc 必须保持在关断阈值以上。在主动突发模式期间，效率显著提高，同时支持 V_{out} 下的低纹波和对负载跳变的快速响应。

为了确定是否进入主动突发模式运行，以下三个条件适用：

反馈电压低于 $V_{FBEB}(1.25V)$ 的阈值。相应地，分流电阻器两端的峰值电流感测电压为 0.18V；

加减计数器为 7；

一定的消隐时间 (t_{BEB})。

一旦满足所有这些条件，则会设定主动突发模式触发器，且控制器进入突发模式运行。用多个条件确定是否进入主动突发模式运行可防止因误触发进入主动突发模式运行，因此仅当输出功率在预设消隐时间内确实较低时，控制器才会进入主动突发模式运行。

在主动突发模式期间，最高电流感测电压从 1 V 下降到 0.34 V，从而减小导通损耗和可听噪声。在突发模式下，FB 电压呈锯齿状在 3.0 V 和 3.6 V 之间摆动。

如果存在较高负载跳变，反馈电压立即升高。通过一个比较器可以观察到此现象。在主动突发模式中的电流限制为 34%，因此需要一定的负载才能使反馈电压超过 $V_{LB}(4.5V)$ 。离开主动突发模式后，现在可以提供最大电流以稳定 V_o 。

此外，加减计数器将在离开主动突发模式后被立即设定为 1。这对降低输出电压欠冲很有帮助。

7 保护功能

7.1 Vcc 欠压和过压保护

在正常工作期间，VCC 电压被持续监测。当 Vcc 电压降至欠压锁定水平 (VCCoff) 以下，或者 Vcc 电压升高到 VCCovp 时，IC 将进入自动重启模式。

7.2 折返点保护

对于准谐振反激式变换器，当在整个电源输入电压范围内采用恒定电流极限值时，最大可能输出功率增大。通常不希望这样，因为这样会使输出过功率情况下的变压器和输出二极管成本增大。

实施内部折返保护以根据总线电压调节 Vcs 电压极限。在这种情况下，在 MOSFET 导通时间内使用流出 ZC 引脚的电流感测输入电源电压。因此，最大电流极限将在高输入电压情况下下降，并且可以通过输入电压限制最大输出功率。

7.3 开环/过载保护

在控制回路开路的情况下，反馈电压被拉高并从内部锁定。经过一段固定的消隐时间 30 ms 后，IC 进入自动重启模式。在次级短路或过载情况下，调节电压 V_{FB} 也将被拉高，此时运用相同保护功能，IC 将自动重启。

7.4 可调输出过压保护

在电源开关关断期间，对过零引脚 ZC 处的电压进行监测以进行输出过压检测。如果在预设的 100 μs 时间段内，电压超过预设阈值 3.7V，IC 被锁闭。

7.5 短绕组保护

通过两个并联的分流电阻器 R5 和 R5A 感测 MOSFET 的源电流。如果在电源开关接通期间，电流感测引脚处的电压高于 V_{CSSW} 的预设阈值 1.68 V，IC 则锁闭。这就是短绕组保护。为了避免意外锁闭，内部比较器的输出端集成了 190 ns 的尖峰消隐时间。

7.6 过热保护的自动重启

本 IC 具有内置过热保护功能。当控制器的温度达到 140 °C 时，IC 将关断开关并进入自动重启。这样可以防止功率 MOSFET 过热。

8 电路图

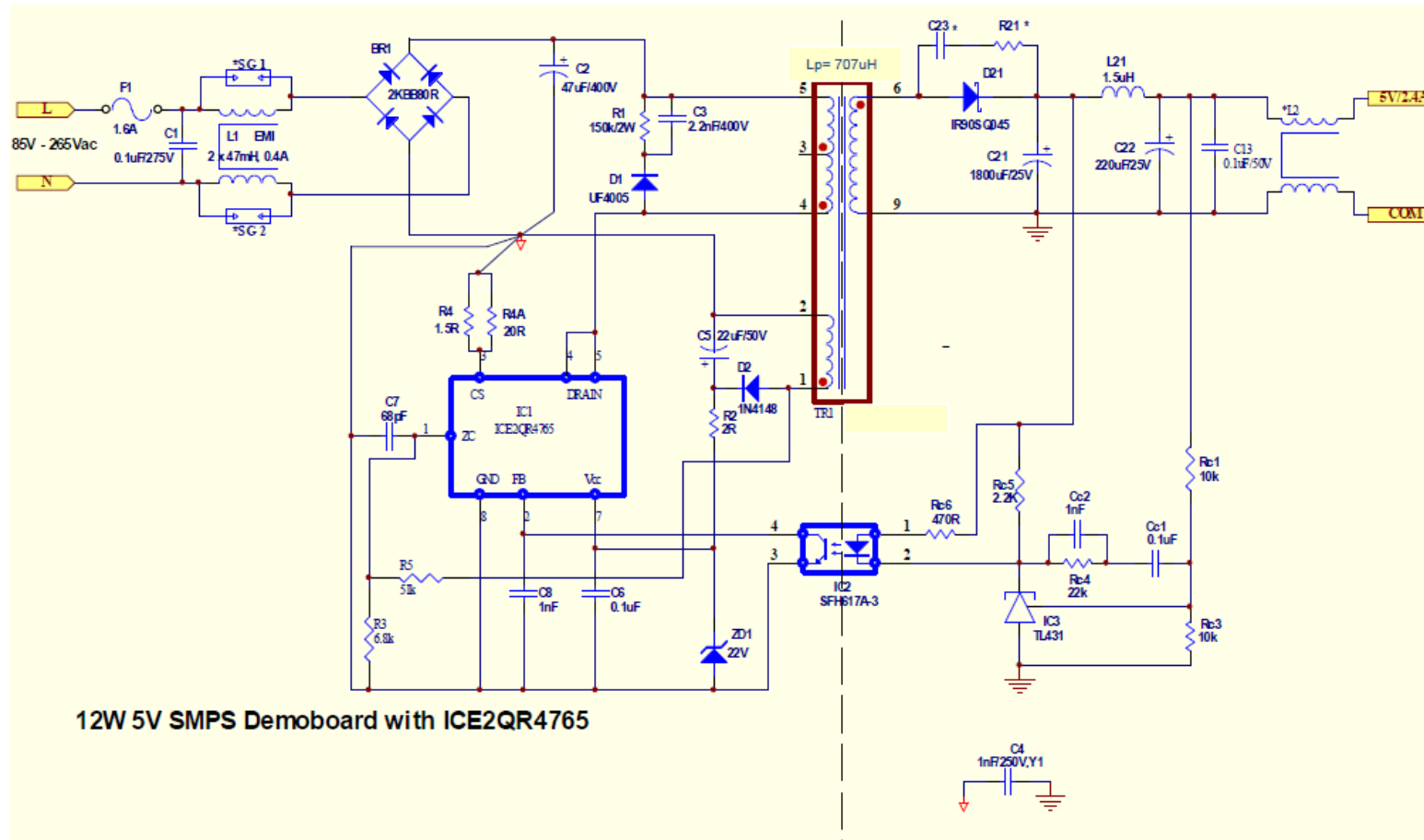


图 2——示意图

8.1 PCB 顶层

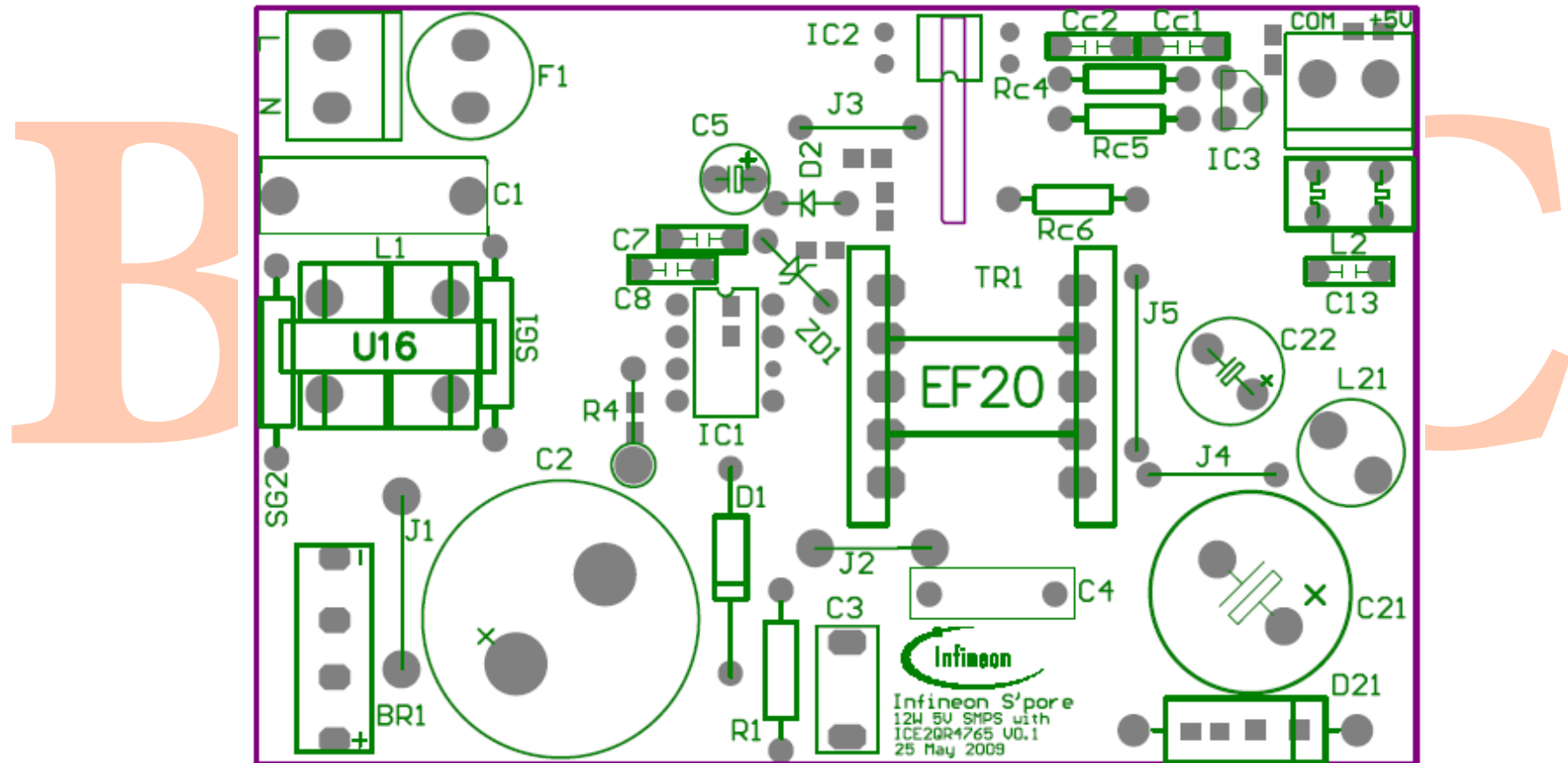


图 3——元件图例——从顶层观察

8.2 PCB 底层

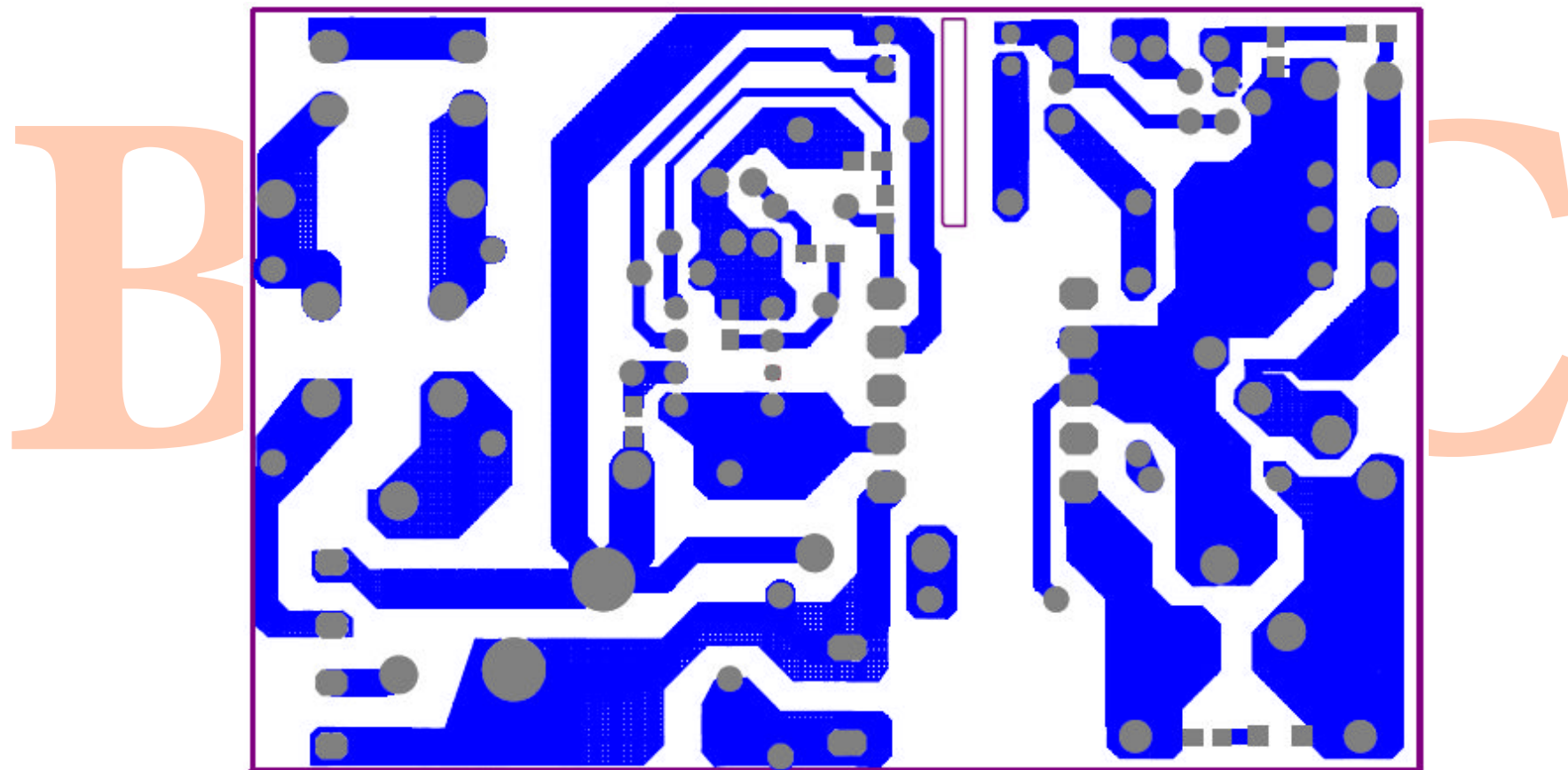


图 4 焊接侧的铜箔——从底层观察

9 元件表

序号	元件标号	元件类型	元件编号	制造商
1	BR1	2KBB80R		
2	C1	0.1uF/305V	B32922C3104K000	Epcos
3	C13	0.1uF/50V	RPER71H104K2K1A03B	Murata
4	C2	47uF/400V	B43504A9476M	Epcos
5	C21	1800uF/25V		
6	C22	220uF/25V		
7	C3	2.2nF/630V		
8	C4	1nF/250V, Y1	DE1E3KX102MA4BL01	Murata
9	C5	22uF/50V	B41851A6226M000	Epcos
10	C6	0.1uF, SMD		
11	C7	68pF		
12	C8	1nF		
13	Cc1	0.1uF	RPER71H104K2K1A03B	Murata
14	Cc2	1nF		
15	D1	UF4005	UF4005	Vishay
16	D2	1N4148		
17	D21	IR90SQ045		
18	F1	1.6A/250Vac		
19	IC1	ICE2QR4765	ICE2QR4765	Infineon
20	IC2	SFH617A-3		
21	IC3	TL431		
22	L1	2 x 47mH, 0.4A	B82731R2401A30	Epcos
23	L2	跳线		
24	L21	1.5uH		
25	R1	150k/2W		
26	R2	2R, SMD		
27	R3	6.8k, SMD		
28	R4	1.5R		
29	R4A	20R, SMD		
30	R5	51k, SMD		
31	Rc1	10k, SMD		
32	Rc3	10k, SMD		
33	Rc4	22k		
34	Rc5	2.2K		
35	Rc6	470R		
36	TR1	Lp=707uH	EF20/10/6, N87	Epcos
37	ZD1	22V 齐纳二极管		

表 1——元件表

10 变压器结构

磁芯和材质：EF20/10/6, EPCOS N87

骨架：卧式

初级电感， $L_p=707\mu\text{H}$ ，在引脚 5 和引脚 4 之间测定（与电感留有间隙）

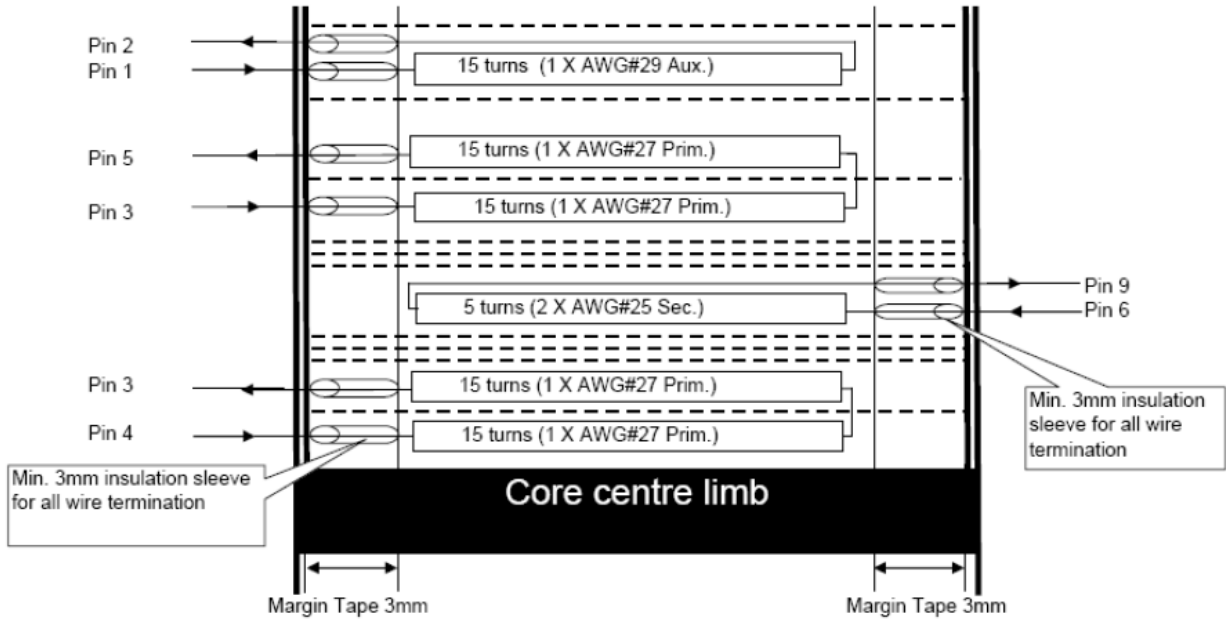


图 5——变压器结构

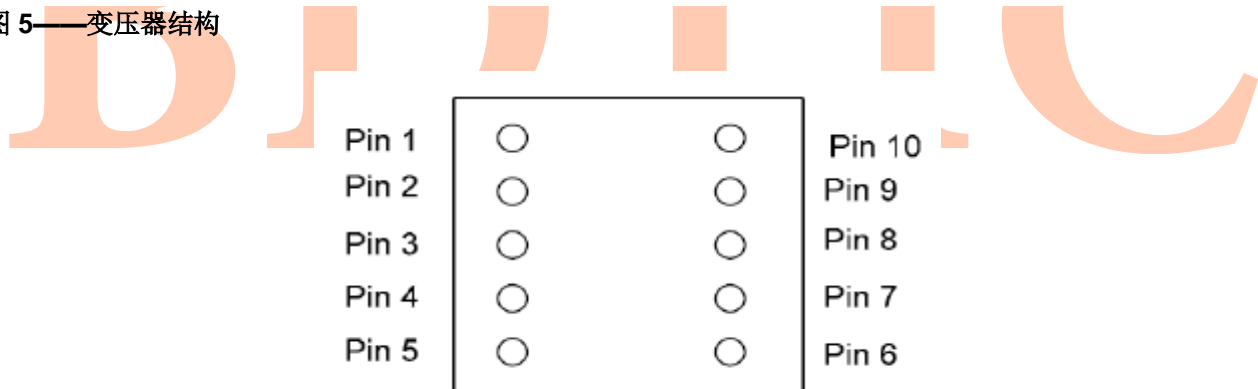


图 6——完整变压器俯视图

表 2 变压器绕组所用的线规

起始	结束	匝数	线号	层数
1	2	15	1XAWG#29	辅助
3	5	30(15+15)	1XAWG#27	½初级
6	9	5	2XAWG#25	次级
4	3	30(15+15)	1XAWG#27	½初级

11 测试结果

11.1 效率和待机性能

输入电压 (Vac)	输入功率 (W)	Vo(V)	Io(A)	Po(W)	效率
115	3.7367	4.9983	0.6	2.99898	80.26%
115	7.5648	4.9978	1.2	5.99736	79.28%
115	11.3124	4.9973	1.8	8.99514	79.52%
115	15.2544	4.9966	2.4	11.99184	78.61%
230	3.7785	4.9983	0.6	2.99898	79.37%
230	7.4424	4.9979	1.2	5.99748	80.59%
230	11.1366	4.9975	1.8	8.9955	80.77%
230	14.7858	4.9971	2.4	11.99304	81.11%

表 3——效率与负载的关系

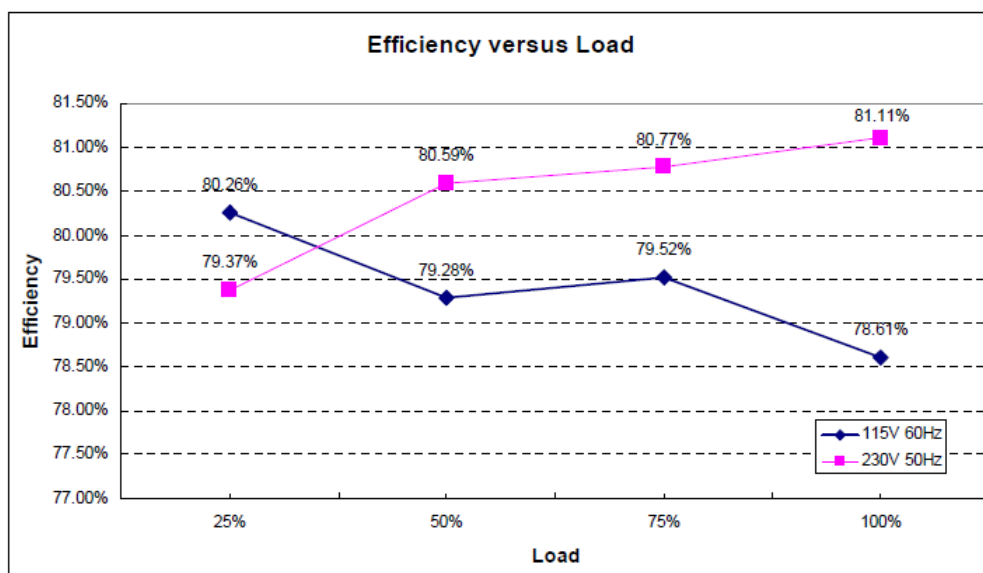


图 7 - 效率与交流电源电压

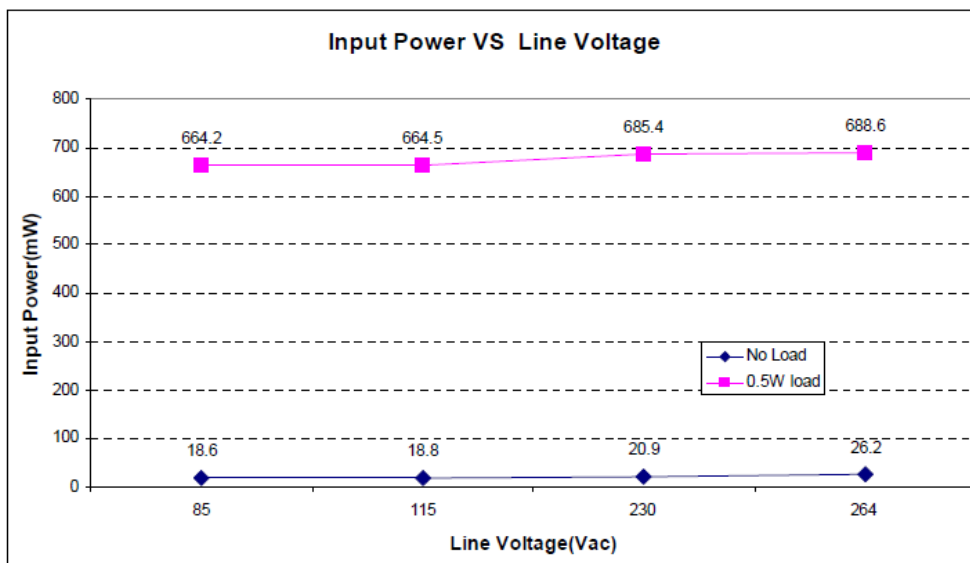


图 8 待机输入功率与交流电源电压的关系

12 波形和示波器波形曲线图

用 LeCroy 44Xi 示波器记录所有波形和示波器波形曲线图。

12.1 在 85Vac 和 12W 负载下启动

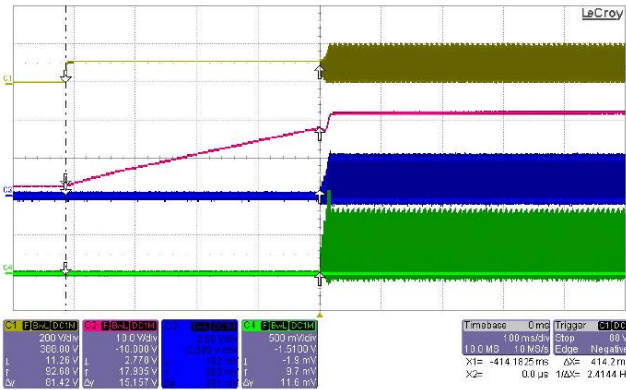


图 9 启动过程中的恒定充电 VCC

Ch1 漏源电压; Ch2 VCC 电源电压;

Ch3 过零电压; Ch4 电流感测电压

测试条件: 输入电压 85Vac, 输出负载 2.4A

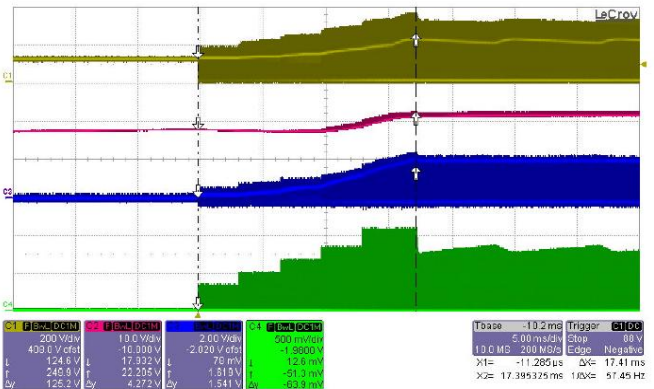


图 10 电流分 4 步软启动

Ch1 漏源电压; Ch2 VCC 电源电压;

Ch3 过零电压; Ch4 电流感测电压

测试条件: 输入电压 85Vac, 输出负载 2.4A

12.2 在不同过零点工作

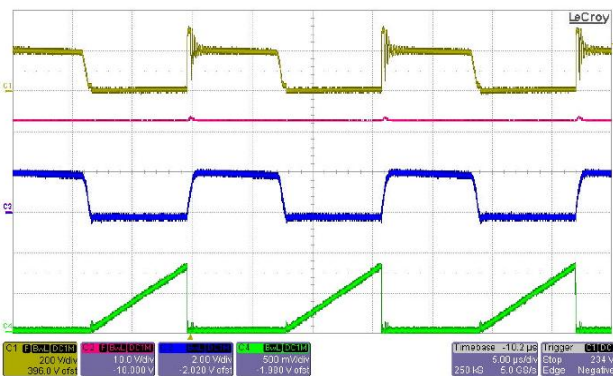


图 11 在第一个 ZC 点工作

Ch1 漏源电压; Ch2 VCC 电源电压;

Ch3 过零电压; Ch4 电流感测电压

测试条件: 5V/2.4A, 85Vac

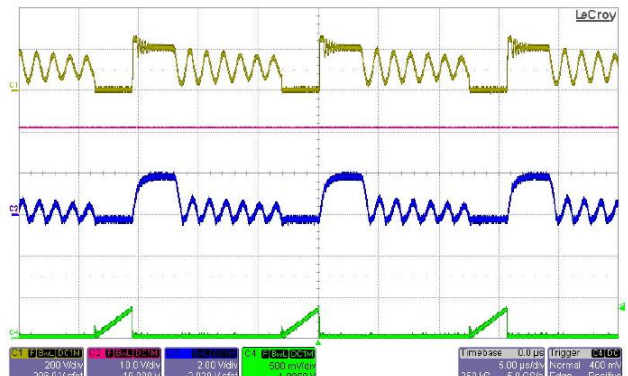


图 12 在第 7 个 ZC 点工作

Ch1 漏源电压; Ch2 VCC 电源电压;

Ch3 过零电压; Ch4 电流感测电压

测试条件: 5V/0.5A, 85Vac

12.3 负载瞬态响应

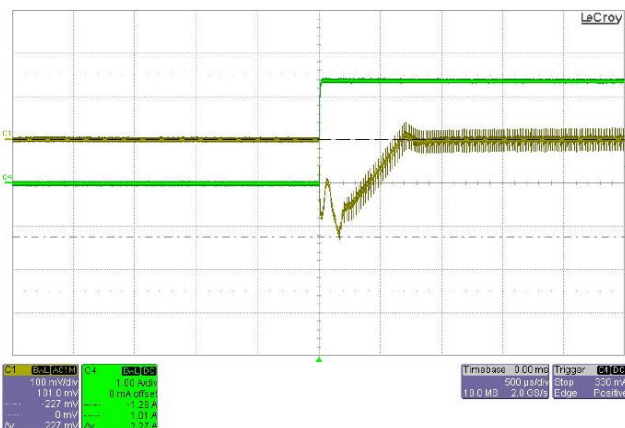


图 13 交流输出纹波欠冲

Ch1 输出纹波电压，每格 100mv

Ch4 输出电流

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：0 A 至 2.4 A

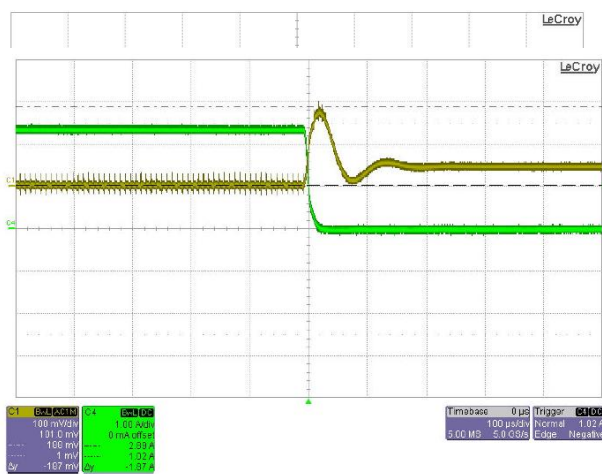


图 14 交流输出纹波过冲

Ch1 输出纹波电压，每格 110mv

Ch4 输出电流

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：2.4 A 至 0 A

12.4 满载期间的交流输出纹波

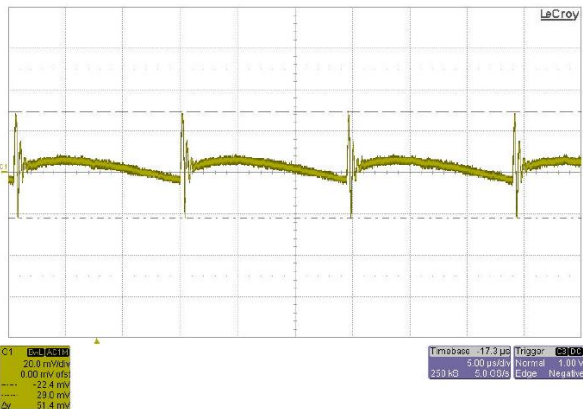


图 15 85 Vac 输入下的交流输出纹波

Ch1 输出纹波电压，每格 20 mv

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：85 V 5 V/2.4 A

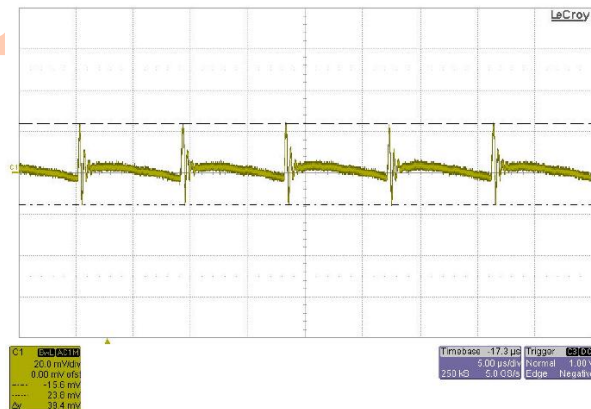


图 16 265 Vac 输入下的交流输出纹波

Ch1 输出纹波电压，每格 20 mv

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：265 V 5 V/2.4 A

12.5 突发模式运行

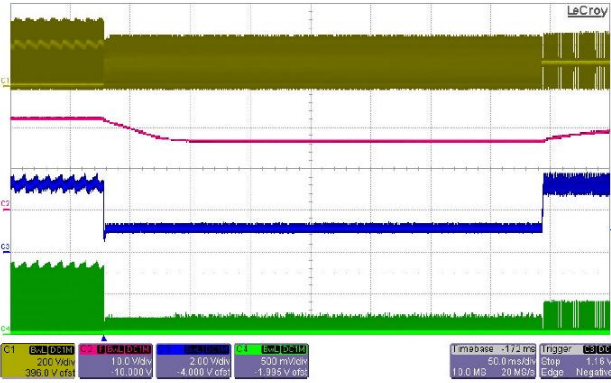


图 17 进入突发模式

Ch1 漏源电压；Ch2 电源电压 VCC；

Ch3 反馈电压 Vfb；Ch4 电流感测电压

测试条件：在 85Vac 电源电压下，电流从 2.4 A 跳变到 0.1 A

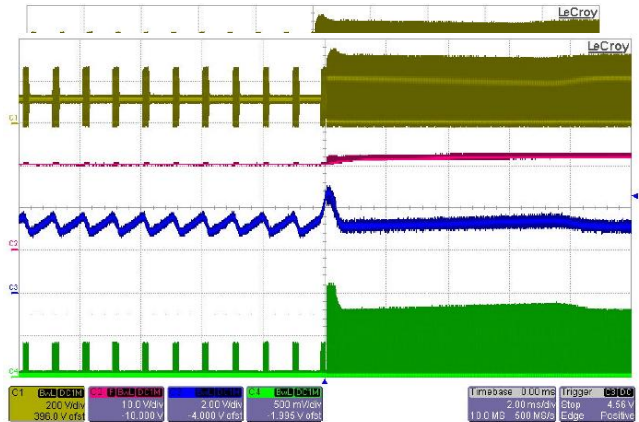


图 18 离开突发模式

Ch1 漏源电压；Ch2 电源电压 VCC；

Ch3 反馈电压 Vfb；Ch4 电流感测电压

测试条件：在 85Vac 电源电压下，电流从 0 A 跳变到 2.4 A

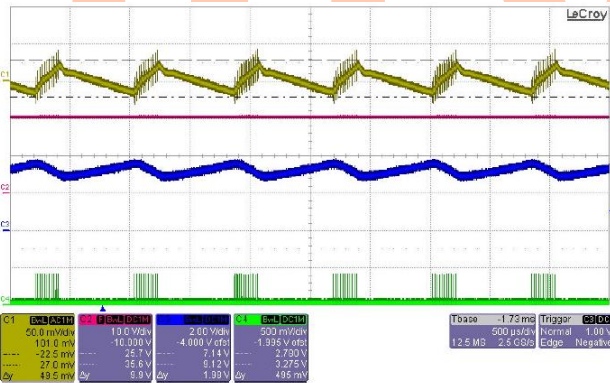


图 19 85 Vac 期间的交流输出纹波

Ch1 交流输出纹波 50mV/格；Ch2 电源电压 VCC；

Ch3 反馈电压 Vfb；Ch4 电流感测电压

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：85V 交流电源，5 V/0.1 A

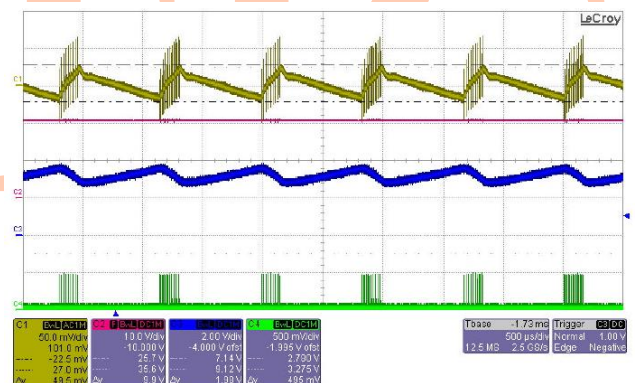


图 20 265 Vac 期间的交流输出纹波

Ch1 交流输出纹波 50mV/格；Ch2 电源电压 VCC；

Ch3 反馈电压 Vfb；Ch4 电流感测电压

用去耦电容器 0.1uF+10uF 测定，示波器带宽 20MHz

测试条件：265 V 交流电源，5 V/0.1 A

13 参考资料

- [1] ICE2QR4765 数据手册, Infineon Technologies AG, 2009
- [2] ICE2QRxx65/80x 准谐振 CoolSET 设计指南, 英飞凌科技公司, 2010。[AN-PS0053]
- [3] 使用准谐振 PWM 控制器 ICE2QS01 的反激式变换器设计技巧, 英飞凌科技公司, 2006。[ANPS0005]
- [4] 使用准谐振 PWM 控制器 ICE2QS01 设计变换器, 应用说明, 英飞凌科技公司, 2006。[ANPS0003]
- [5] 确定用 ICE2QS01 设计的准谐振反激式变换器的开关频率, 英飞凌科技公司, 2006。[ANPS0004]