

应用说明

AN- EVALQRC-ICE2QR0665

采用准谐振 CoolSET[®] ICE2QR0665 的
40W20V 评估板

电源管理与供电



从未停止思考。

出版

英飞凌科技有限公司
德国慕尼黑 81726 号
© 2007 英飞凌科技有限公司
保留所有权利。

免责声明

本文中提供的信息在任何情况下不应视为条件或特性的保证。对于本文中给出的任何例子、声明的任何典型值和/或与设备的应用相关的任何信息，英飞凌科技在此拒绝承担任何类型的任何担保和责任，包括但不限于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【[20V 40W evaluation board using ICE2QR0665](#)】。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【[Quasi QR CoolSET™](#)】

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担负任何责任。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

技术、交付条款和价格的更详细信息请与最近的英飞凌科技办事处联系（www.infineon.com）。

警告

由于技术需要，元件可能含有危险物质。危险物质类型的信息请您最近的英飞凌科技办事处联系。若有理由认为元件的故障可能导致救生装置或系统发生故障，或者影响该装置或系统的安全性或有效性，则只有在经过英飞凌科技的明确书面同意之后，才能把英飞凌科技的元件用在此类救生装置或系统中。救生装置或系统的预期用途是植入到人体中，或者支持和/或维护及维持和/或保护人类生命。若它们发生故障，则有理由假定可能危及用户或他人的健康。

标题

修订历史: **2011年11月11日** **V1.2**

上一版本: 无

页码	主题（自最后一次修订以来的重大变更）
13	绕线架名称和磁芯名称

采用准谐振 CoolSET[®] ICE2QR0665 的 40W 20V 评估板
授权给英飞凌科技（亚太）有限公司

AN-PS0035

Wang Zan

Zan.wang@infineon.com

Mao Mingping

Mingping.mao@infineon.com

He Yi

Yi.he@infineon.com

Jeoh Meng kiat

Mengkiat.jeoh@infineon.com

我们倾听您的意见

您觉得本文中的任何信息有误、不清楚或有遗漏吗？您的反馈将有助于我们不断提高本文的质量。请把您的建议（包括对本文的引用）发送至：comments@infineon.com



目录表

1	内容	5
2	评估板	5
3	特性列表	5
4	技术规格	6
5	电路说明	6
5.1	电源输入和整流.....	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	电路操作	7
6.1	启动操作.....	7
6.2	正常模式操作	7
6.3	一次侧峰值电流控制.....	7
6.4	数字降频.....	7
6.5	突发模式操作	7
7	保护特性	8
7.1	V _{CC} 欠压和过压保护	8
7.2	返送点保护.....	8
7.3	开路/过载保护	8
7.4	可调节输出过压保护	8
7.5	绕组短路保护	8
7.6	超温保护的自动重启.....	8
8	电路图	9
8.1	PCB 的顶层.....	10
8.2	PCB 的底层.....	11
9	组件表	12
10	变压器构造	13
11	试验结果	14
11.1	效率和待机性能	14
11.2	电磁干扰 (EMI) 试验结果	15
12	参考文献	16

1 内容

本应用说明是采用 ICE2QR0665 准谐振 CoolSET[®] 以准谐振反激变换器拓扑结构设计的 40W 开关模式电源评估板的说明。ICE2QR0665 的目标应用是用于机顶盒、便携式游戏控制器、DVD 播放器、笔记本电脑适配器、以及用于 LCD TV 的辅助电源等。由于在此 IC 中集成有 CoolMOS[®]，因此大大简化了 PCB 的设计和布局。由于在谷点开关，因此降低了接通电压，并且，与硬开关反激变换器相比，这能够提供更高的变换效率。采用 DCM 模式控制，减轻了二次整流二极管的反向恢复问题。由于其随线电压有自然频率抖动，因此 EMI 性能更好。英飞凌的数字降频技术支持直到极低负载的准谐振工作能力。因此，与仅通过在轻载时限制最高开关频率而实现的常规自由振荡准谐振变换器相比，整个负载范围内的系统效率得到了显著改善。另外，在 ICE2QR0665 中实现了众多的可调保护功能，以保护系统，并为选定的应用定制 IC。在故障模式中（例如控制回路开路/过载、输出过压、以及变压器绕组短接等），设备会转入**自动重启模式**或**栓锁模式**。利用逐个周期的峰值电流限制及返送点校正，可以优化变压器的尺寸和二次侧二极管的额定电流。因此，能够轻松实现经济高效的方案。

2 评估板



图 1 - EVALSQ-40W-ICE2QR0665

3 特性列表

业界首个具有 40W 最高输出功率的 DIP 8 封装 IC
带有内置 耗尽启动 电池的 650V 雪崩型耐用 CoolMOS [®]
准谐振 工作方式
数字降频 ，负载减小
逐个周期限制峰值电流和返送点校正
内置 数字软启动
直流传感和内部 前沿消隐时间
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： 栓锁和可调阈值
绕组短接保护： 栓锁
超温保护： 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	20V 2A
输出功率	40W
效率	满载时 >86%
待机功率	<100mW@无载
满载、最低输入电压时最低开关频率	40kHz

5 电路说明

5.1 电源输入和整流

交流线路输入侧包含输入熔断器 F1，用于过流保护。X2 电容 C1、C2 和电抗 L1 构成主滤波器，以最大限度地减小 RFI 向电源的反馈。根据电源输入电压，桥式整流器 BR1 和其后的平滑电容 C3 提供 70VDC 至 380VDC 电压。2.5Ω NTC 电阻与输入串联，每次在 C3 完全放电时的电源接通时限制初始峰值涌流。

5.2 集成 MOSFET 和 PWM 控制

ICE2QR0665 由功率 MOSFET 和准谐振控制器构成；集成方案大大简化了线路布局，并降低了 PCB 制造的成本。PWM 开启由过零输入信号和递增/递减计数器的值决定。PWM 关断由反馈信号 VFB 和电流传感信号 VCS 决定。ICE2QR0665 还在反激变换器中执行所有必要的保护功能。上述信息的细节在产品数据表中示出。

5.3 缓冲网络

缓冲网络 R1、C4 和 D1 消散漏感的能量，并抑制 SMPS 变压器上的振铃。由于谐振电容 C10 与 MOSFET 漏极-源极引脚并联，因此超调比固定频率反激变换器的值小。因此，可以使用能够减少缓冲损耗的较大缓冲电阻。

5.4 输出级

在二次侧为 20V 输出，输出功率通过双肖特基二极管 D3 耦合而出。电容 C11 和 C16 提供能量缓冲功能，后面带有 L-C 滤波器 L2 和 C12，以减小输出纹波，并显著防止 SMPS 开关频率和线路频率之间的干扰。存储电容器 C11 和 C16 设计有尽可能小的内部电阻（ESR）。这是为了最大限度地减小由三角形电流导致的输出电压纹波。

5.5 反馈回路

对于反馈，输出由 R10、R11 和 R12 分压器感知，并与 TL431 内部参考电压比较。C15、C15 和 R8 构成补偿网络。TL431 的输出电压通过光耦合器 IC2 以及用于调节控制的两个电阻 R6 和 R7 变换为电流信号。

6 电路操作

6.1 启动操作

由于 ICE2QR0665 中有内置的启动电池，因此不需要外部启动电阻，这能够显著改善待机性能。当 VCC 达到 18V 接通电压阈值时，IC 开始软启动。在 ICE2QR0665 中实现的软启动是基于数字时间的功能。预设软启动时间为 12 毫秒，并且软启动通过 4 步完成。若不受其它功能的限制，则 CSon 引脚的峰值电压会逐步提高，从 0.32V 最终提高到 1V。在 IC 接通后，Vcc 电压由变压器的辅助绕组提供。

6.2 正常模式操作

二次输出电压在启动后建立。二次调节控制通过 TL431 和光耦合器实现。补偿网络 C14、C15 和 R8 构成 TL431 的误差放大器的外部电路。此电路允许相对于动态变化的负载条件精确控制反馈，因而提供稳定的控制。

6.3 一次侧峰值电流控制

MOSFET 漏极-源极电流通过外部电阻 R5 和 R5A 感知。由于 ICE2QR0665 是电流模式控制器，因此它具有逐个周期的一次电流和反馈电压控制能力，这能确保在每个开关周期中变换器的最大功率是受控的。

6.4 数字降频

在正常工作过程中，ICE2QR0665 的开关频率随着负载的减小以数字方式降低。在轻载时，MOSFET 不在首次最低漏极-源极电压时接通，而是在第 n 个最低漏极-源极电压时接通。计数器的范围是 1 至 7，其具体数值取决于反馈电压，并以时间为基础。当输出功率需求降低时，反馈电压降低，反之亦然。因此，计数器通过监视电压 V_{FB} 设置。计数器随低 V_{FB} 增大，随高 V_{FB} 减小。阈值预设 IC 中。

6.5 突发模式操作

在轻载条件下，SMPS 进入主动突发模式。在此阶段，控制器始终处于活跃状态，但是 Vcc 必须保持为高于关断阈值。在主动突发模式中，效率显著提高，同时它支持 Vout 上的低纹波和负载跳跃的快速响应。

确定是否进入主动突发模式工作状态有三个条件：

- . 反馈电压低于 V_{FBEB} 阈值 (1.3V)。相应地，并联电阻两段的峰值电流传感电压为 0.18；
- . 递增/递减计数器为 7；
- . 一定的消隐时间 (t_{BEB})。

当所有这些条件都满足时，主动突发模式触发器会被置位，控制器会进入主动突发模式工作状态。这种进入主动突发模式工作状态的多条件确定能防止误触发进入主动突发模式工作状态，确保在预设的消隐时间内只有当输出功率确实很低时控制器才进入主动突发模式工作状态。

在主动突发模式中，最高电流传感电压从 1V 降低至 0.34V，以减少导通损耗和可闻噪音。在突发模式时，FB 电压在 3.0 和 3.6 V 之间变为锯齿状。

若有很高的负载跳跃，则反馈电压立即升高。这通过一个比较器来观测。由于在主动突发模式中电流限值为 34%，因此需要一定的负载，以便使反馈电压能够超过 V_{LB} (4.5V)。在脱离主动突发模式后，可以提供最大电流，以稳定 V_O。另外，在脱离主动突发模式后，递增/递减计数器会被立即设为 1。这有助于减少输出电压欠调。

7 保护特性

7.1 Vcc 欠压和过压保护

在正常工作时，会连续监测 VCC 电压。当 Vcc 电压降低到低于欠压锁定水平（VCCoff）或 Vcc 电压提高到 VCCovp 时，IC 会进入自动重启模式。

7.2 返送点保护

对于准谐振反激变换器，当为整个电源输入电压范围使用恒定的电流限值时，最大可能输出功率会提高。这通常不是所期望的，因为若输出高于功率条件会增加变压器的额外开销。

为此，实现了内部返送保护，以根据总线电压调节 VCS 电压限值。在此，在 MOSFET 的导通时间内，使用流出 ZC 引脚的电流来感知输入线路电压。结果是，在高输入电压时，最大电流限值降低，能够很好地相对于输入电压限制最大输出功率。

7.3 开路/过载保护

若控制回路开路，则返送电压会通过内部功能块被拉起。在 30 毫秒固定消隐时间后，IC 会进入自动重启模式。若二次侧短路或过压，则调节电压 V_{FB} 也会被拉起，实施相同的保护，并且 IC 会自动重启。

7.4 可调节输出过压保护

在电源开关的关段时间内，会监测过零引脚 ZC 的电压，以实现输出过压检测。对于 100μs 预设时间，若该电压高于预设阈值 3.7V，则 IC 会被栓锁。

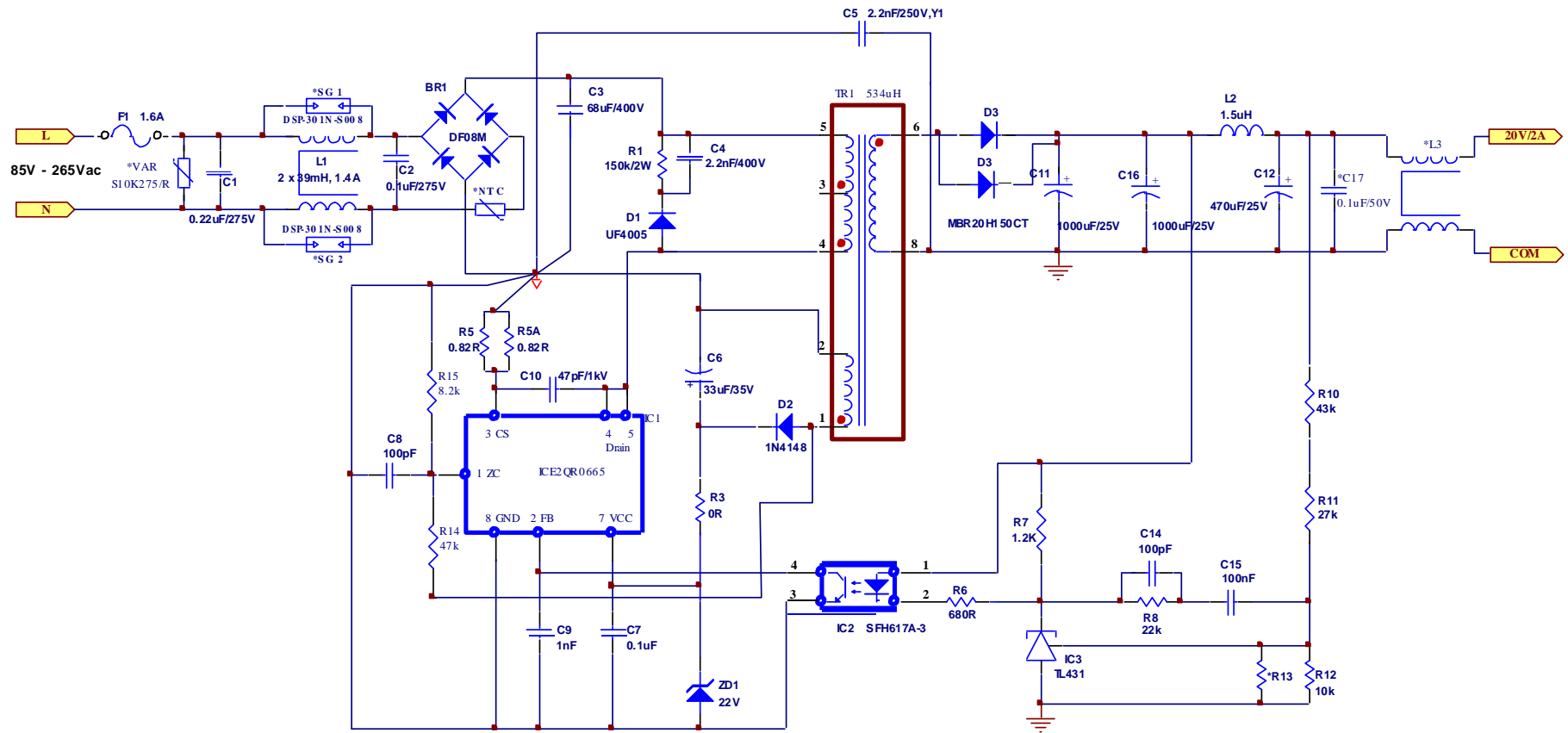
7.5 绕组短路保护

MOSFET 的源极电流通过两个并行连接的并联电阻 R5 和 R5A 感知。若在电源开关的接通时间内电流传感引脚的电压高于 1.68V 预设阈值 V_{CSSW}，则 IC 会被栓锁。这构成一种绕组短路保护。为了避免意外的栓锁，在内部比较器的输出中集成有 190ns 尖峰消隐时间。

7.6 超温保护的自动重启

IC 具有内置的超温保护功能。当控制器的温度达到 140°C 时，IC 会关断开关，并进入自动重启。这能够保护功率 MOSFET，防止其过热。

8 电路图



采用 ICE2QR0665 (V0.2) 的 40W 20V SMPS 演示板

图 2 - 原理图

8.1 PCB 的顶层

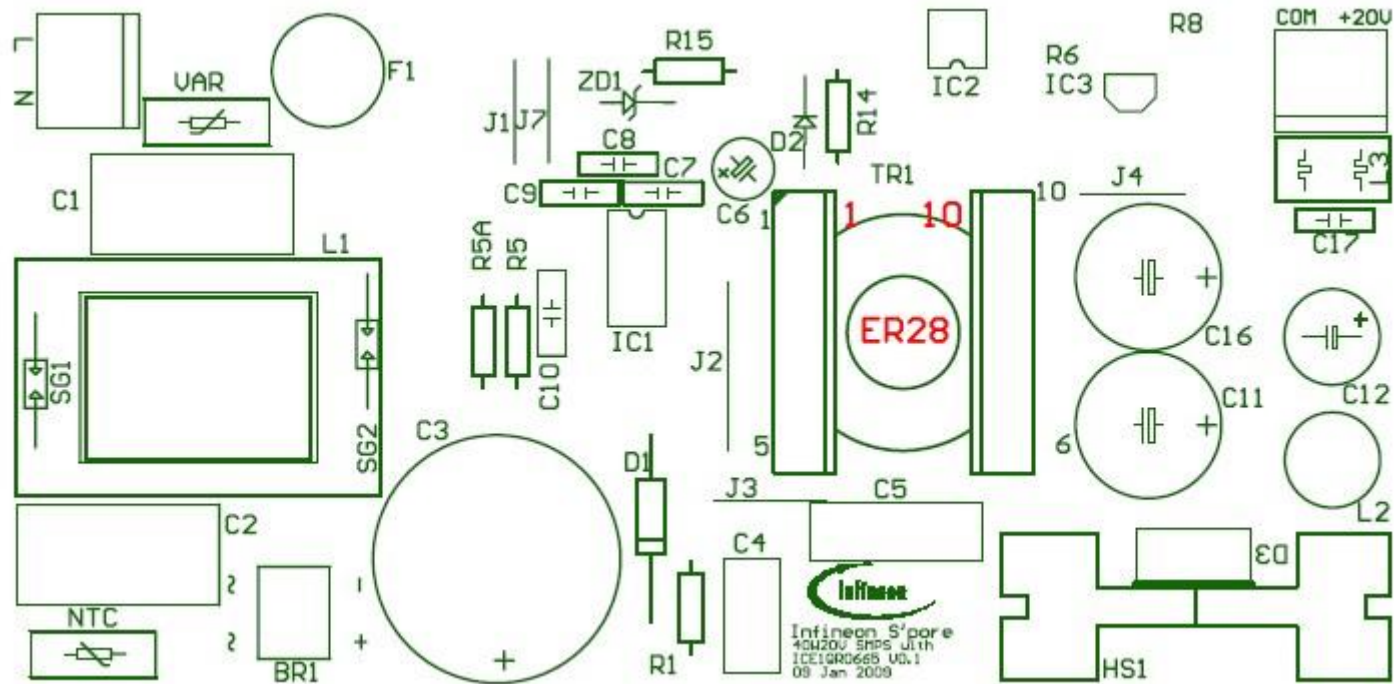


图 3 - 组件图例 - 俯视图

8.2 PCB 的底层

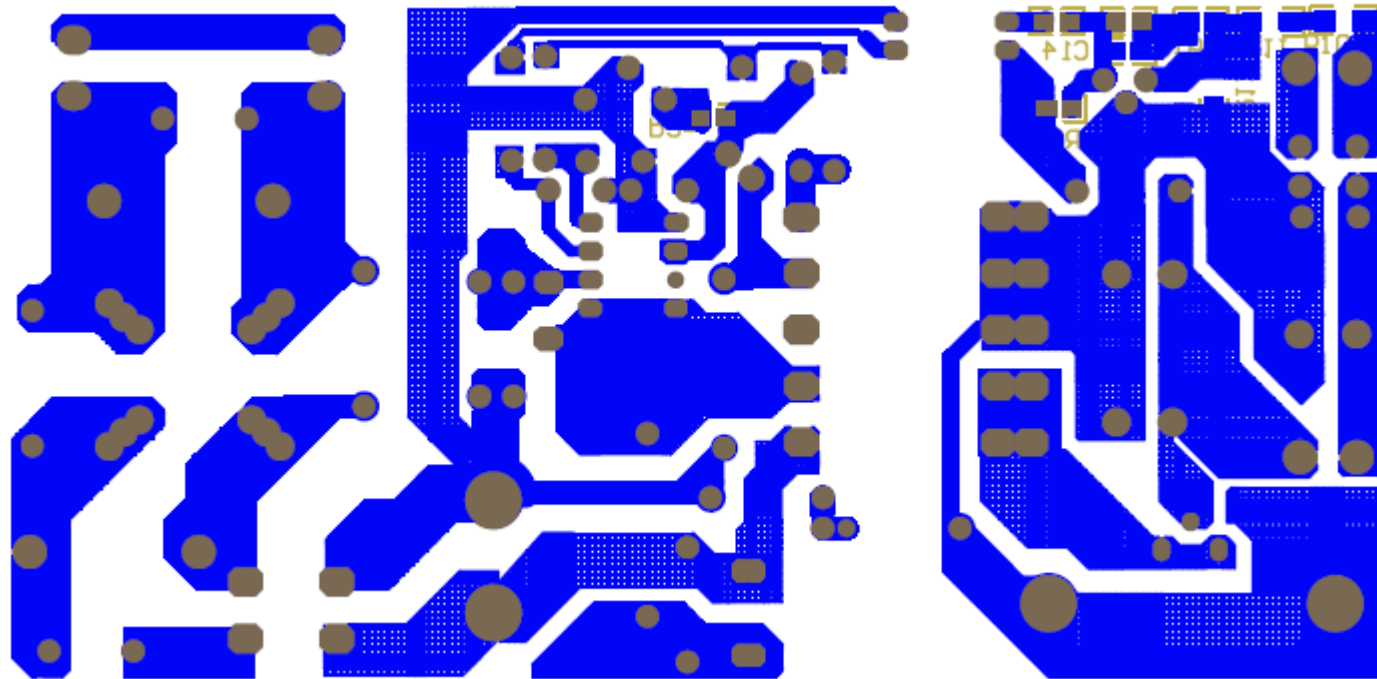


图 4 - 焊接面铜板 - 仰视图

9 组件表

表 1 - 组件表

项目	指示符	部件类型	部件号	厂家
1	BR1	1.5A/800V	DF08M	Vishay
2	NTC	2.5Ω S236	B57236S0259M000	Epcos
3	C1	0.22μF/275Vac X2	B32922C3224K000	Epcos
4	C2	0.1μF/275Vac X2	B32922C3104K000	Epcos
5	C3	68μF/400V	B43501A9686M000	Epcos
6	C4	2.2nF/400V	B32529C8222K000	Epcos
7	C5	2.2nF/250V, Y1	DE1E3KX222MA4BL01	Murata
8	C6	33μF/35V	B41851A7336M000	Epcos
9	C7	0.1μF	RPER71H104K2K1A03B	Murata
10	C8	100pF		
11	C9	1nF	RPER71H102K2K1A03B	Murata
12	C10	47pF/1000V		
13	C11	1000μF/25V		
14	C12	470μF/25V		
15	C14	100pF(0805)		
16	C15	100nF(0805)		
17	C16	1000μF/25V		
18	D1	UF4005	UF4005	Vishay
19	D2	1N4148		
20	D3	20A/150V	MBR20H150CT	Vishay
21	F1	1.6A 保险丝		
22	FB1	铁氧体磁珠		
23	IC1	ICE2QR0665		Infineon
24	IC2	SFH617A-3		
25	IC3	TL431		
26	J1~J7	跳线		
27	L1	2X39mH,1.4A	B82734R2142B030	Epcos
28	L2	1.5μH		
29	R1	150kΩ/2W		
30	R3	0Ω, (SMD 0805)		
31	R5	0.82Ω(0.5W, 1%)		
32	R5A	0.82Ω(0.5W, 1%)		
33	R6	680Ω(SMD 0805)		
34	R7	1.2kΩ(SMD 0805)		
35	R8	22kΩ(SMD 0805)		
36	R10	43kΩ,0.1% (1206)		
37	R11	27kΩ,1%(1206)		
38	R12	10kΩ(1%)(1206)		
39	R14	47kΩ		
40	R15	8.2kΩ		
41	TR1	534μH	PC40EER28-Z	TDK
42	ZD1	22V		

10 变压器构造

铁心和材料: PC40EER28-Z

绕线架: 水平版本, BEER-28-1110CP

一次绕组电感, $L_p=534 \mu\text{H}$, 在引脚 5 和引脚 4 之间测量 (距电感的缝隙)

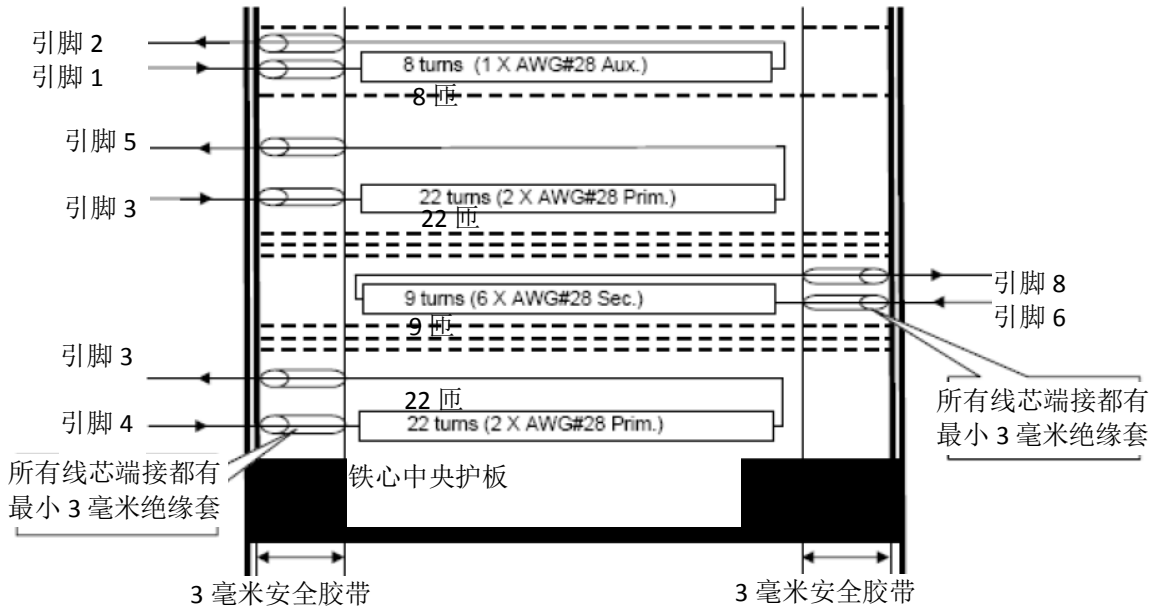


图 5 - 变压器结构

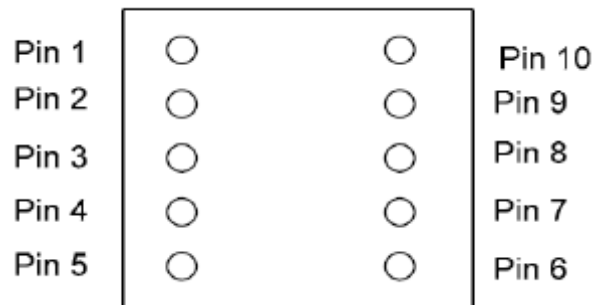


图 6 - 变压器整体 - 俯视图

表 2 用于变压器绕组的绕线规格

开始	停止	匝数	线号	层
1	2	8	1XAWG#28	辅助
3	5	22	2XAWG#28	¹ / ₁ 一次
6	8	9	6XAWG#28	二次
4	3	22	2XAWG#28	¹ / ₂ 一次

11 试验结果

11.1 效率和待机性能

表 3 - 效率与交流线路电压的关系

输入电压 (Vac)	输入功率 (W)	Vo(V)	Io(A)	Po(W)	效率 (%)
90	11.314	19.88	0.5037	10.01356	88.51
90	22.664	19.87	1.0025	19.91968	87.89
90	33.923	19.86	1.5006	29.80192	87.85
90	46.002	19.86	2.0037	39.79348	86.50
100	11.281	19.88	0.5037	10.01356	88.76
100	22.51	19.87	1.0025	19.91968	88.49
100	33.744	19.86	1.5006	29.80192	88.32
100	45.452	19.86	2.0037	39.79348	87.55
230	11.335	19.88	0.5037	10.01356	88.34
230	22.129	19.87	1.0025	19.91968	90.02
230	33.052	19.86	1.5006	29.80192	90.17
230	44.091	19.86	2.0037	39.79348	90.25

20V / 40W 效率曲线

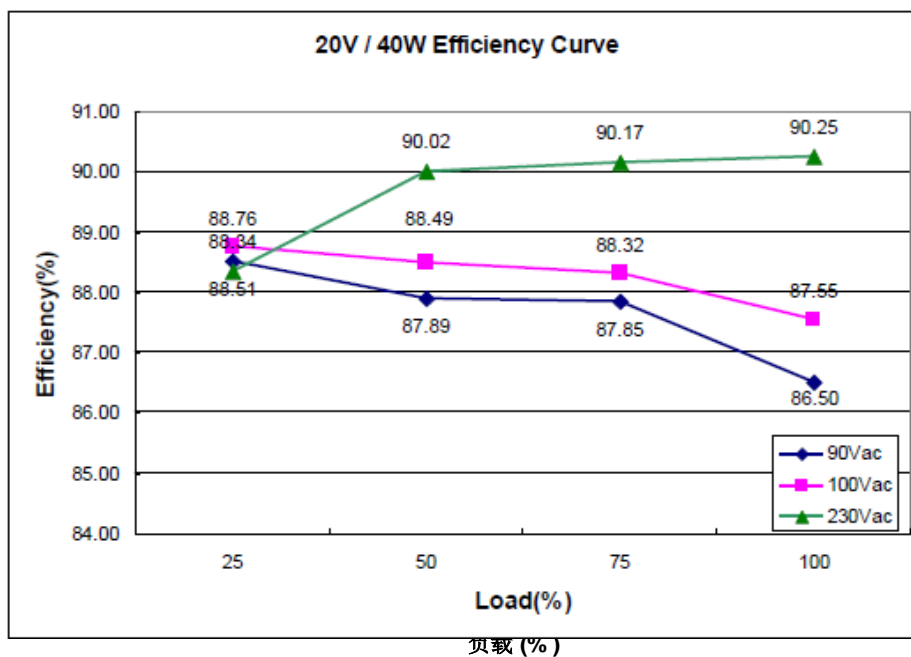


图 7 - 效率与交流线路电压的关系

待机输入功率与线路电压

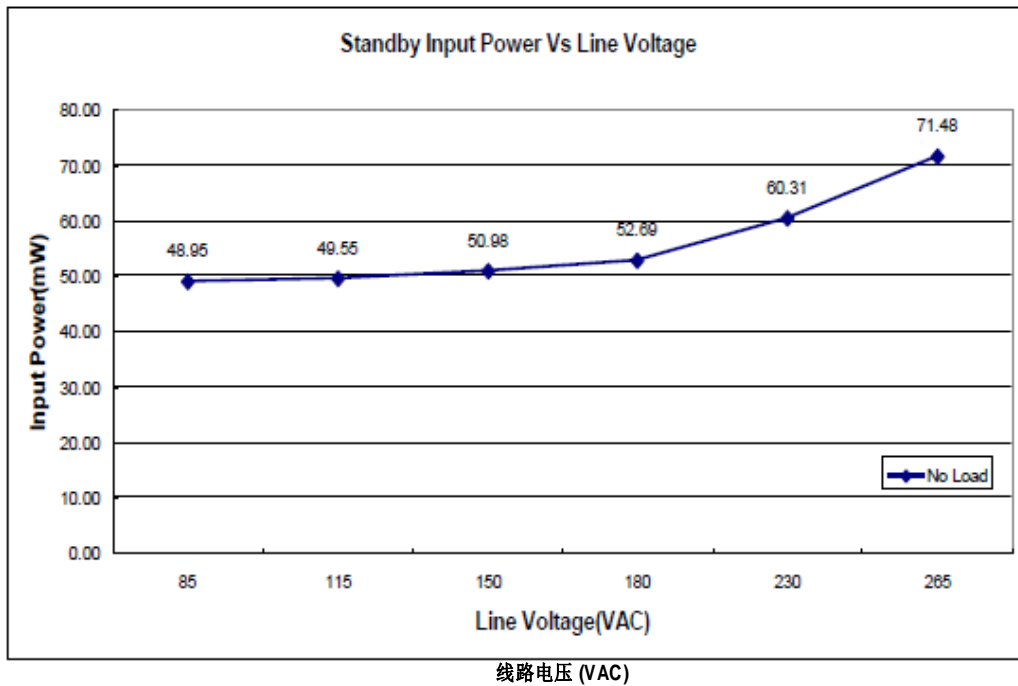


图 8 待机输入功率与交流线路电压的关系

11.2 电磁干扰 (EMI) 试验结果

Schaffner (SMR4503) 按照 EN55022 或 CISPR 22 B 类试验标准进行了传导电磁干扰 (EMI) 测量。演示板设置为 36W, 输入电压为 115Vac 和 230Vac。红色曲线 (上面的曲线) 是准峰值数据, 绿色曲线 (下面的曲线) 是平均数据。它们都能满足规定。

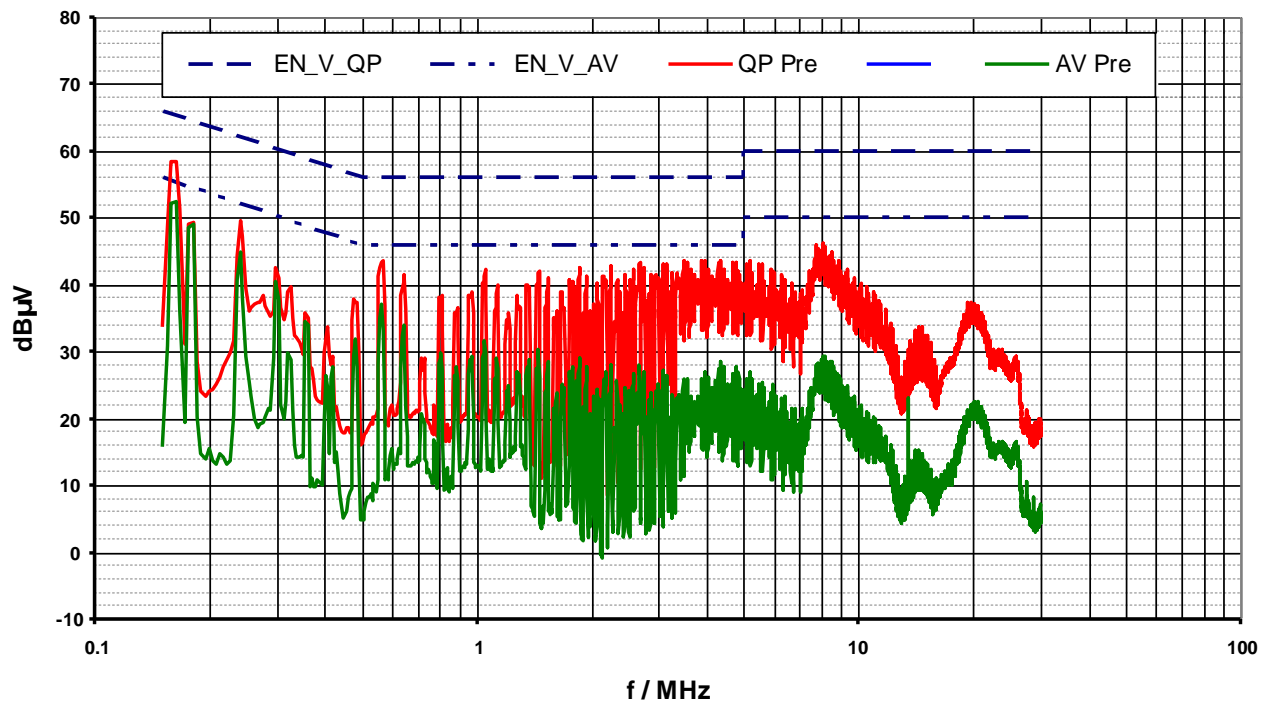


图 9 230V 线路结果

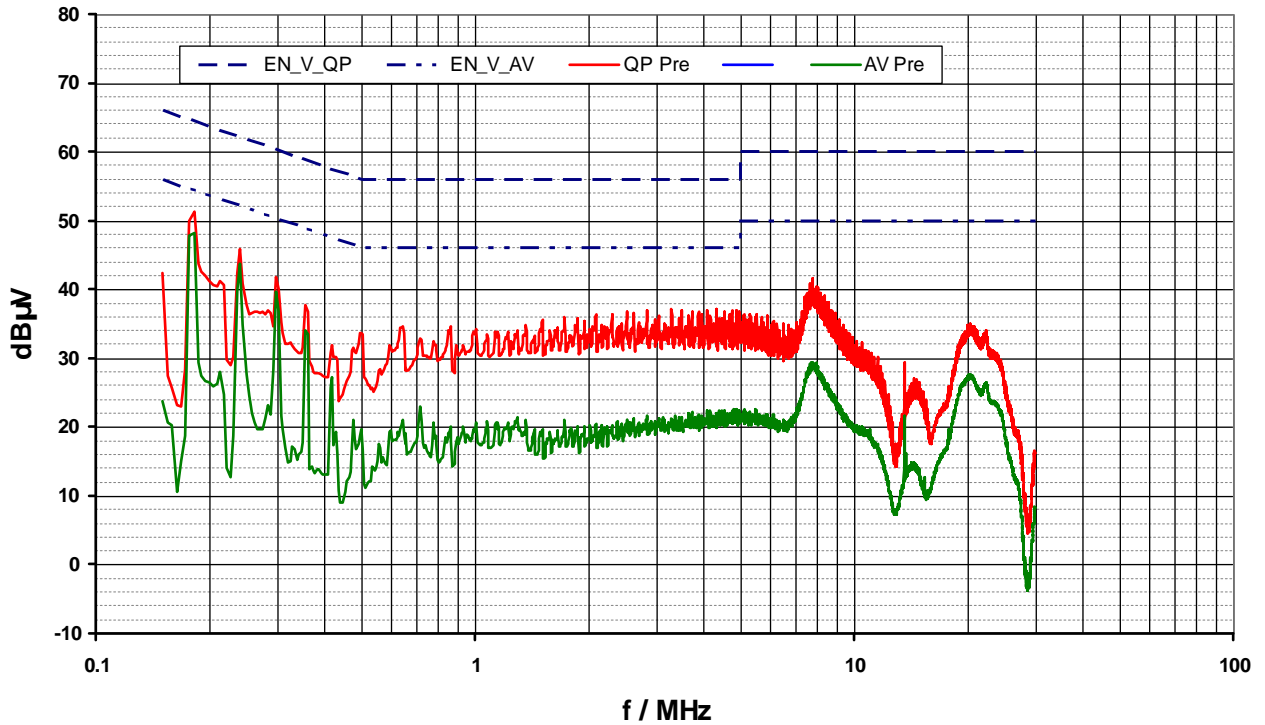


图 10 115V 线路结果

12 参考文献

- [1] ICE2QS01 数据表, 英飞凌科技有限公司, 2006
- [2] ICE2QR0665 数据表, 英飞凌科技有限公司, 2008
- [3] ICE2QS02G 数据表, 英飞凌科技有限公司, 2008
- [4] AN-ICE2QS01, 采用准谐振 PWM 控制器 ICE2QS01 的 25W 评估板, 英飞凌科技有限公司, 2006
- [5] 采用准谐振 PWM 控制器 ICE2QS01 的变换器设计, 英飞凌科技有限公司, 2006
- [6] 采用准谐振 PWM 控制器 ICE2QS02G 的 80W 评估板, 英飞凌科技有限公司, 2008