

EVM User's Guide: UCC28750EVM-071 UCC287502

使用 **UCC28750EVM-071 60W** 交流/直流转换器

说明

UCC28750EVM-071 是用于评估离线交流/直流电源反激式转换器的 60W 评估模块 (EVM)。

UCC28750EVM-071 的用途是进行评估, 不是最终产品。UCC28750EVM-071 转换器可将 $85V_{RMS}$ 至 $265V_{RMS}$ 输入电压转换为低至 $24V_{DC}$, 能够提供 60W 的输出功率。此评估模块使用 UCC287502 恒压反激式控制器, 在 60W 转换器中采用光耦合反馈来提供 2.5A 的恒定充电电流。输入接受的电压范围为 85VAC 至 265VAC。根据运行条件, 控制律算法会调制开关频率或初级峰值电流, 以满足功率传输要求。可编程斜率补偿支持 CCM 和 DCM 工作模式。电源升压模式为瞬时峰值需求提供额外的功率。

开始使用

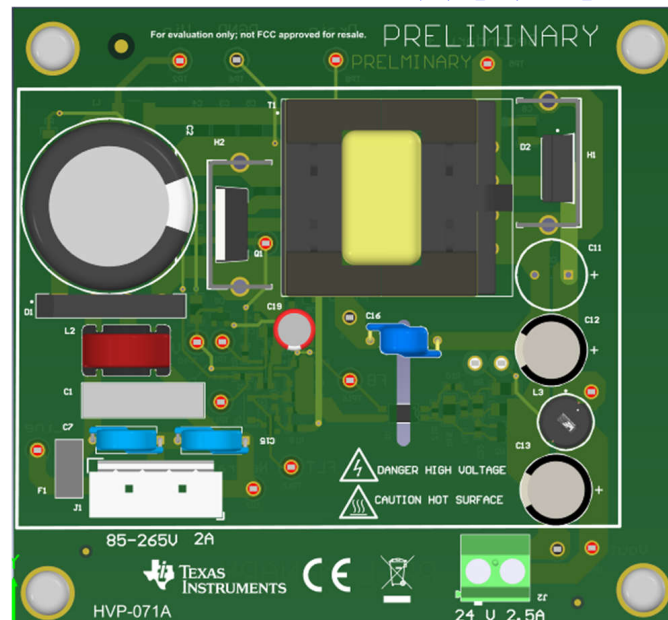
1. 在评估之前, 请先完整阅读和学习本用户指南
2. 订购 [UCC28750EVM-071](#) 以进行评估 (如果符合步骤 1 和 2 的要求)
3. 根据用户指南说明设置和测试 UCC28750EVM-071

特性

- 稳压 24V, $\pm 5\%$, 60W 输出
- 宽输入范围 85V 至 265V RMS
- 最大负载效率 > 90%

应用

- 隔离式离线交流/直流电源
- 用于电网基础设施和电器的[工业交流/直流](#)
- 音频、打印机、电视、机顶盒离线交流/直流
- [电池充电器](#)
- [商用 DIN 轨电源、服务器 PSU](#)
- [电表](#)
- [串式逆变器、微型逆变器](#)
- [小家电、大型电器、空调室内外机](#)



UCC28750EVM-071

1 评估模块概述

1.1 引言

UCC28750EVM-071 具有频率折返和突发模式，可在轻负载条件下实现更高的效率和待机性能。光耦合反馈可持续对输出进行严格稳压，并对负载瞬变进行快速动态响应。该控制器通过谷底开关进一步提高了运行效率。

UCC287502 还包括全面的保护功能，包括 UVLO/OVLO、OTP、OPP、OVP、OCP、欠压检测以及锁存和自动重启选项。UCC287502 还使用栅极驱动抖动功能，有助于轻松满足 EMI 标准。本用户指南提供了在典型离线转换器应用中评估 UCC287502 所需的原理图、元件列表、装配图、原图和测试设置。

1.2 套件内容

- 评估模块 (EVM) TI 器件型号 UCC28750EVM-071
- EVM 免责声明和自述材料

1.3 规格

表 1-1. UCC28750EVM-071 电气性能规格

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
V_{IN} 输入电压 (RMS)		85	115/230	265	V
f_{LINE} 线路频率		47	50/60	63	Hz
P_{STBY} 无负载输入功率	$V_{IN} = 115V/230V \text{ RMS}, I_{OUT} = 0A$			750	mW
输出特性					
V_{OUT} 输出电压	$V_{IN} = 85V \text{ AC 至 } 265V \text{ AC}, I_{OUT} = 0A \text{ 至 } 2.5A$	22.8	24	25.2	V
V_{OUT} 输出纹波电压	$V_{IN} = \text{标称值}, I_{OUT} = 0-2.5A,$			500	mVpp
I_{OUT} 输出电流	$V_{IN} = \text{最小值至最大值}$	0.0		2.5	A
系统特性					
平均效率 标称输入电压为 25%、50%、75% 和 100% 负载均值	115V/230V RMS 输入		89%		
工作温度范围	$V_{IN} = \text{最小值至最大值}, I_{OUT} = \text{最小值至最大值}$		25		°C

2 硬件

2.1 测试点

表 2-1. 测试点功能

测试点	说明
TP1	交流线路
TP2	交流中性
TP3	电容器电压 C9..C12
TP4	输出电源
TP5	次级开关节点
TP6	输出回波
TP7	交流中性
TP8	初级开关节点
TP9	输出回波
TP10	UCC287502 电源电压
TP11	反馈测试点
TP12	UCC287502 DRV 引脚
TP13	Q1 门
TP14	反馈测试点
TP15	UCC287502 CS 引脚
TP16	UCC287502 FB 引脚
TP17	UCC287502 OPP 引脚
TP18	初级接地

2.2 测试设置

2.2.1 测试设置要求

安全性：此评估模块并未进行封装，存在远超过 50V_{DC} 的电压。

警告

如果您没有接受过安全处理和测试功率电子产品方面的培训，请不要测试此评估模块。

电压源：能够提供 265V_{AC} 且能够处理 80W 的隔离式交流电源或可变交流变压器

电压表：数字电压表

功率分析仪：能够测量 1mW 至 10W 输入功率并能够处理 265V RMS 输入电压。如需正确设置，请阅读功率分析仪的用户手册。

示波器：

- 4 通道 100MHz。
- 能够处理 600V 电压的探头。

输出负载：能够在 24V 条件下处理 60W 的电阻负载或电子负载。

建议线规：绝缘 22 AWG。

2.2.2 测试设置图

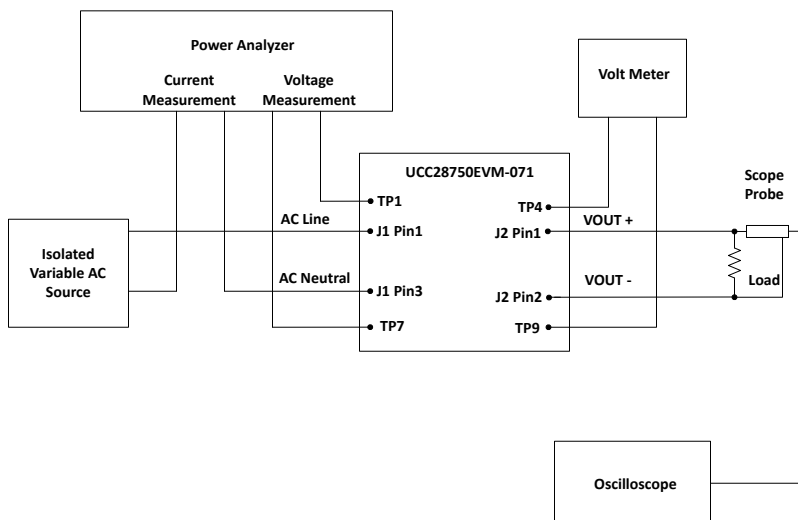


图 2-1. UCC28750EVM-001 测试设置图

2.3 优秀实践



小心



小心

输入端通电后，此 EVM 的直流电压大于 50V，交流电压大于 50V。评估 EVM 时必须小心谨慎。



小心

该 EVM 的元素温度会高于 55℃。评估 EVM 时必须小心谨慎。

2.3.1 通用德州仪器 (TI) 高压评估 (TI HV EVM) 用户安全指南



务必遵循 TI 的设置和应用说明，包括在建议的电气额定电压和功率限制范围内使用所有接口元件。务必采取电气安全防护措施，这样有助于确保自身和周围人员的人身安全。如需更多信息，请联系 TI 的产品信息中心，网址为 <http://support.ti.com>。

保存所有警告和说明以供将来参考。

警告

务必遵循警告和说明，否则可能引发电击和灼伤危险，进而造成财产损失或人员伤亡。

TI HV EVM 一词是指通常以开放式框架、敞开式印刷电路板装配形式提供的电子器件。该器件严格用于开发实验室环境，仅供了解开发和应用高压电路相关电气安全风险且接受过专门培训、具有专业知识背景的合格专业用户使用。德州仪器 (TI) 严禁任何其他不合规的使用和/或应用。如果不满足资格，则立即停止进一步使用 HV EVM。

1. 工作区安全

- a. 保持工作区整洁有序。
- b. 每次电路通电时，都必须由具有资质的观察员在场监督。
- c. TI HV EVM 及接口电子元件通电区域必须设有有效的防护栏和标识；指示可能存在高压操作，以避免意外接触。
- d. 开发环境中使用的所有接口电路、电源、评估模块、仪器、仪表、示波器和其他相关装置如果超过 50Vrms/75VDC，则必须置于紧急断电 (EPO) 保护电源板内。
- e. 使用稳定且不导电的工作台。
- f. 使用充分绝缘的夹钳和导线来连接测量探针和仪器。尽量不要徒手进行测试。

2. 电气安全

作为一项预防措施，工程实践中通常需假定整个 EVM 可能存在用户完全可接触到的高电压。

- a. 执行任何电气测量或其他诊断测量之前，需切断 TI HV EVM 及其全部输入、输出和电气负载的电源。再次确认 TI HV EVM 已安全断电。
- b. 确认 EVM 断电后，根据所需的电路配置、接线、测量设备连接和其他应用需求执行进一步操作，同时仍假定 EVM 电路和测量仪器均带电。
- c. EVM 准备就绪后，根据需要将 EVM 通电。

警告

EVM 通电后，请勿触摸 EVM 或其电路，因为它们可能存在高压，会造成电击危险。

3. 人身安全

- a. 穿戴人员防护装备（例如乳胶手套或具有侧护板的安全眼镜）或将 EVM 放置于带有联锁装置的透明塑料箱中，避免意外接触。

安全使用限制条件：

勿将 EVM 作为整体或部分生产单元使用。

3 实现结果

3.1 性能数据和典型特性曲线

3.1.1 效率

表 3-1. 效率测试数据

$V_{IN\ RMS}$	V_{OUT}	I_{OUT}	P_{IN}	P_{OUT}	效率
85	24.2	0.00	0.059	0	不适用
85	24.145	0.055	1.573	1.3273	84.38
85	24.143	0.197	5.353	4.763	88.98
85	24.137	0.46	12.278	11.104	90.43
85	24.132	0.696	18.566	16.813	90.55
85	24.13	0.968	25.8	23.357	90.53
85	24.127	1.2119	32.462	29.239	90.07
85	24.125	1.451	39	35	89.74
85	24.122	1.6398	44.17	39.554	89.54
85	24.12	1.887	50.88	45.53	89.48
85	24.113	2.231	60.4	53.83	89.12
85	24.1	2.726	73.9	65	88.97
115	24.21	0.000	0.065	0.000	不适用
115	24.145	0.055	1.57	1.328	84.58
115	24.136	0.196	5.35	4.747	88.73
115	24.131	0.46	12.26	11.09	90.45
115	24.126	0.698	18.56	16.85	90.78
115	24.122	0.972	25.76	23.45	91.03
115	24.120	1.211	32.09	29.21	91.02
115	24.115	1.449	38.41	34.96	91.02
115	24.113	1.74]	46.25	42.02	90.85
115	24.112	1.88	49.97	45.35	90.75
115	24.110	2.228	59.2	53.73	90.76
115	24.108	2.72	72.6	65	89.53
230	24.227	0.000	0.102	0.000	不适用
230	24.147	0.055	1.6628	1.328	80
230	24.138	0.197	5.512	4.759	86.34
230	24.135	0.46	12.425	11.106	89.38
230	24.135	0.696	18.644	16.812	90.17
230	24.133	0.969	25.7	23.379	90.96
230	24.132	1.2113	32.1	29.219	91.02
230	24.128	1.4512	38.5	35.017	90.95
230	24.123	1.6398	43.418	39.548	91.08
230	24.121	1.8872	49.95	45.51	91.11
230	24.118	2.23	59	53.83	91.23
230	24.115	2.7287	72.33	65.813	90.99

表 3-1. 效率测试数据 (续)

$V_{IN\ RMS}$	V_{OUT}	I_{OUT}	P_{IN}	P_{OUT}	效率
265	24.32	0	0.151	0	不适用
265	24.144	0.055	1.7	1.33	78.2
265	24.134	0.197	5.5925	4.7635	85.17
265	24.132	0.46	12.56	11.108	88.43
265	24.13	0.697	18.76	16.83	89.7
265	24.128	0.968	25.903	23.348	90.13
265	24.126	1.211	32.224	29.21	90.64
265	24.125	1.4513	38.53	35.018	90.88
265	24.122	1.64	43.54	39.55	90.83
265	24.12	1.8872	50.06	45.52	90.91
265	24.118	2.231	59.13	53.813	91
265	24.115	2.72	72.09	65.63	91.03

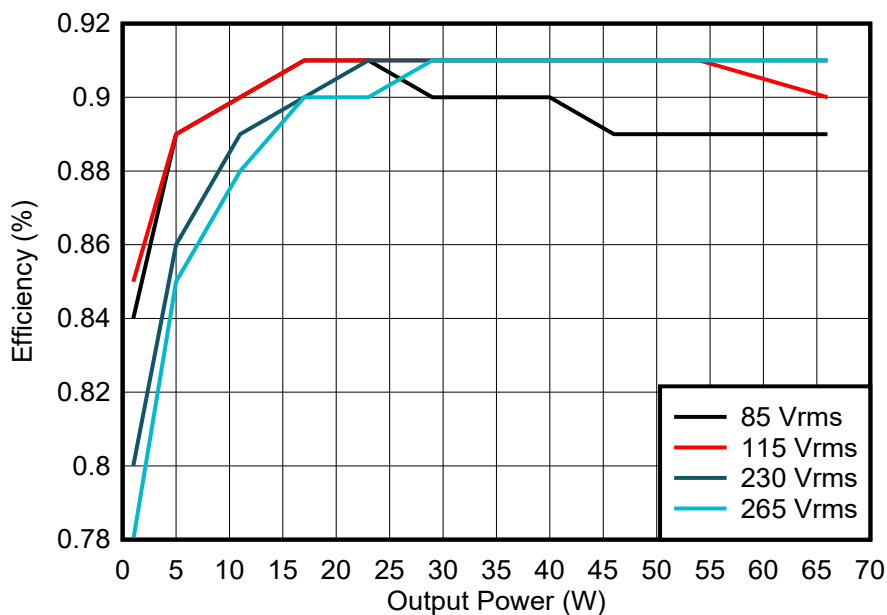


图 3-1. 效率

备注

安装在 PCB 上并在 BOM 中显示的电感器 L1 需要移除并短接，才能获得更高效率。

待机功耗	
交流输入电压 (Volts)	功率 (mW)
85	59
115	65
230	102
265	151

3.1.2 启动

CH1 = V_{BULK} , CH2 = V_{CC} , CH3 = V_{GATE} , CH4 = V_{OUT}

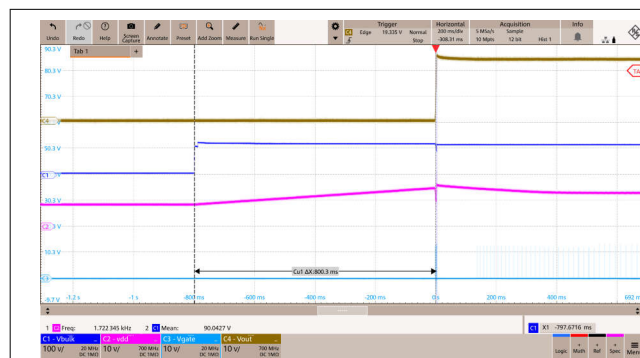


图 3-2. 85Vac 和空载条件下的启动波形

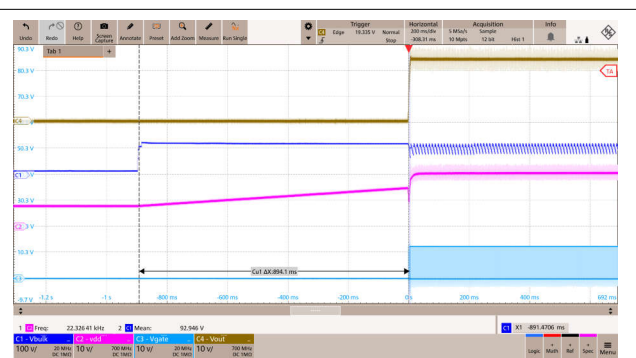


图 3-3. 85Vac 和满载条件下的启动波形

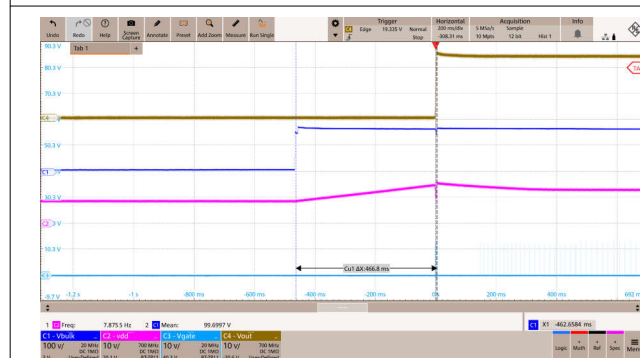


图 3-4. 115Vac 和空载条件下的启动波形

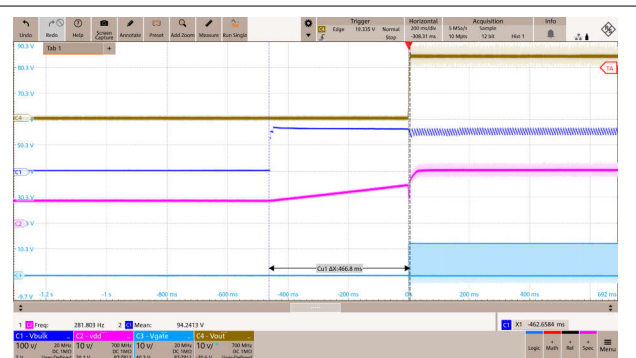


图 3-5. 115Vac 和满载条件下的启动波形

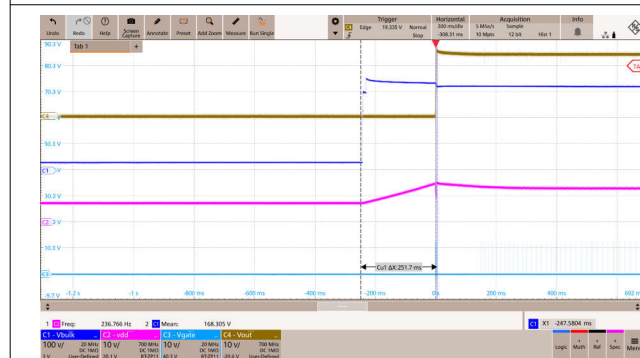


图 3-6. 230Vac 和空载条件下的启动波形

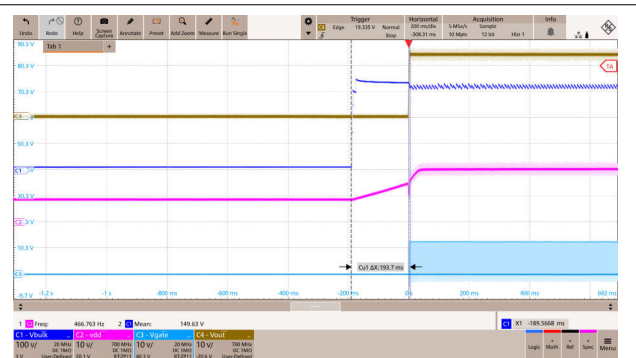


图 3-7. 230Vac 和满载条件下的启动波形

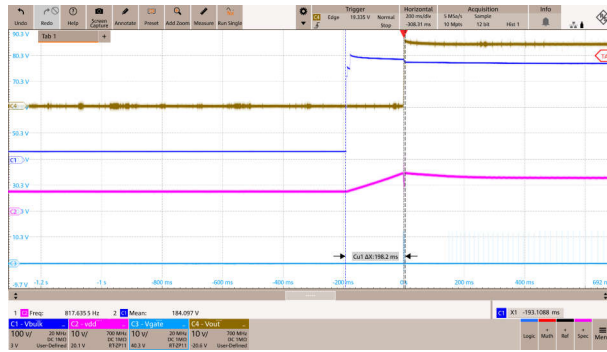


图 3-8. 265Vac 和空载条件下的启动波形

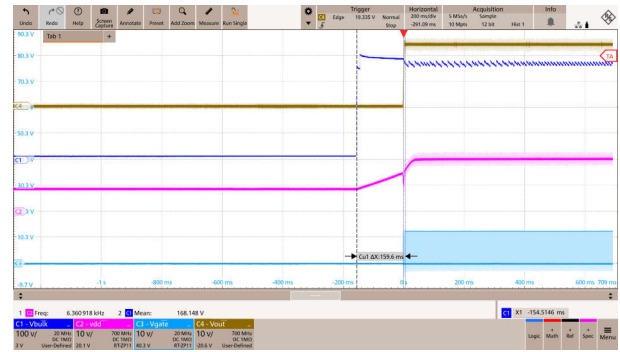


图 3-9. 265Vac 和满载条件下的启动波形

3.1.3 负载瞬态

CH1 = V_{OUT} , CH4 = I_{OUT}

负载 = 0.100A 至 2.5A, 1kHz, 50% 占空比

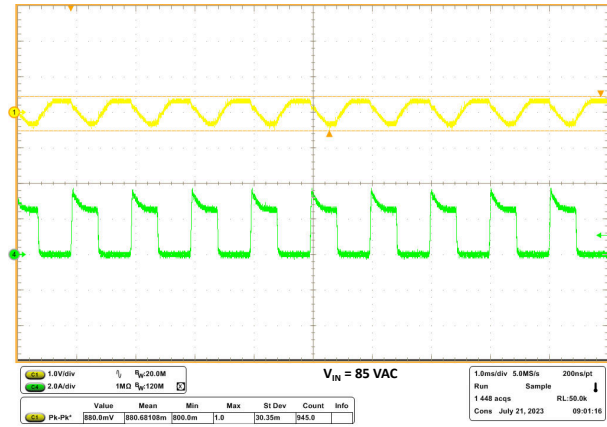


图 3-10. 85Vac 时的负载瞬态

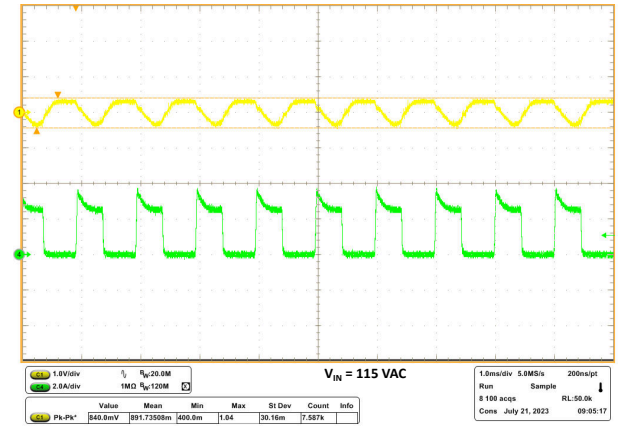


图 3-11. 115Vac 时的负载瞬态

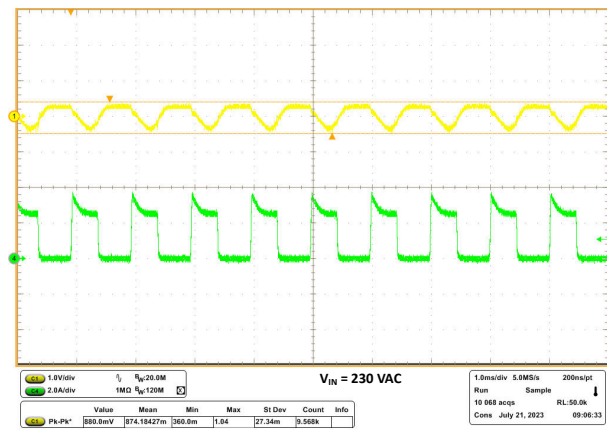


图 3-12. 230Vac 时的负载瞬态

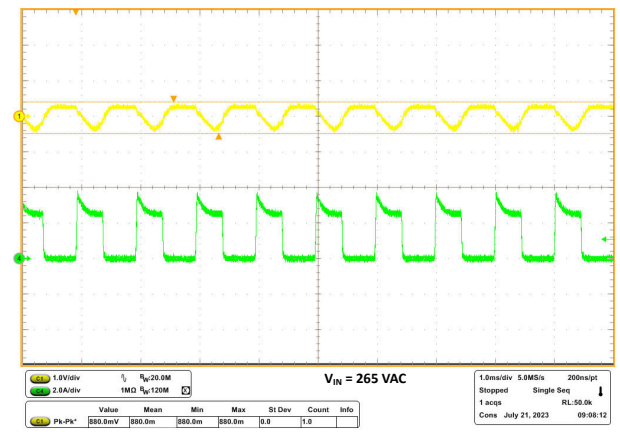


图 3-13. 265Vac 时的负载瞬态

3.1.4 满载条件下的输出纹波电压

CH1 = V_{OUT} , CH2 = V_{AUX} , CH3 = V_{CS}

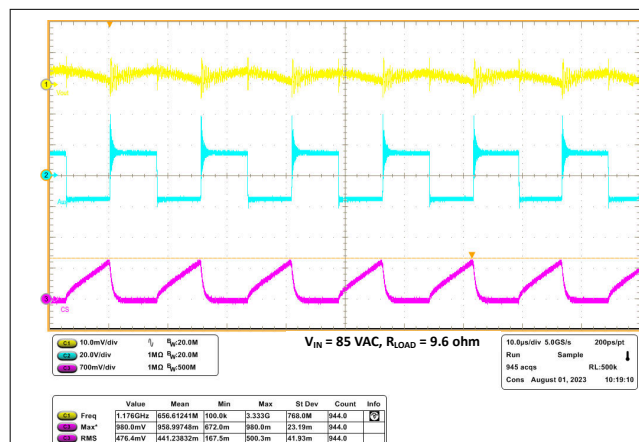


图 3-14. 85Vac 和满载条件下的电压纹波

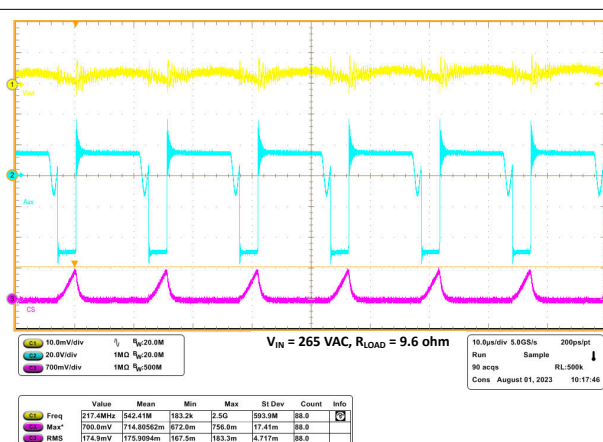


图 3-15. 265Vac 和满载条件下的电压纹波

3.1.5 Q1 漏极电压评估

CH1 = V_{Q1d} , CH3 = V_{GATE} , CH4 = V_{OUT}

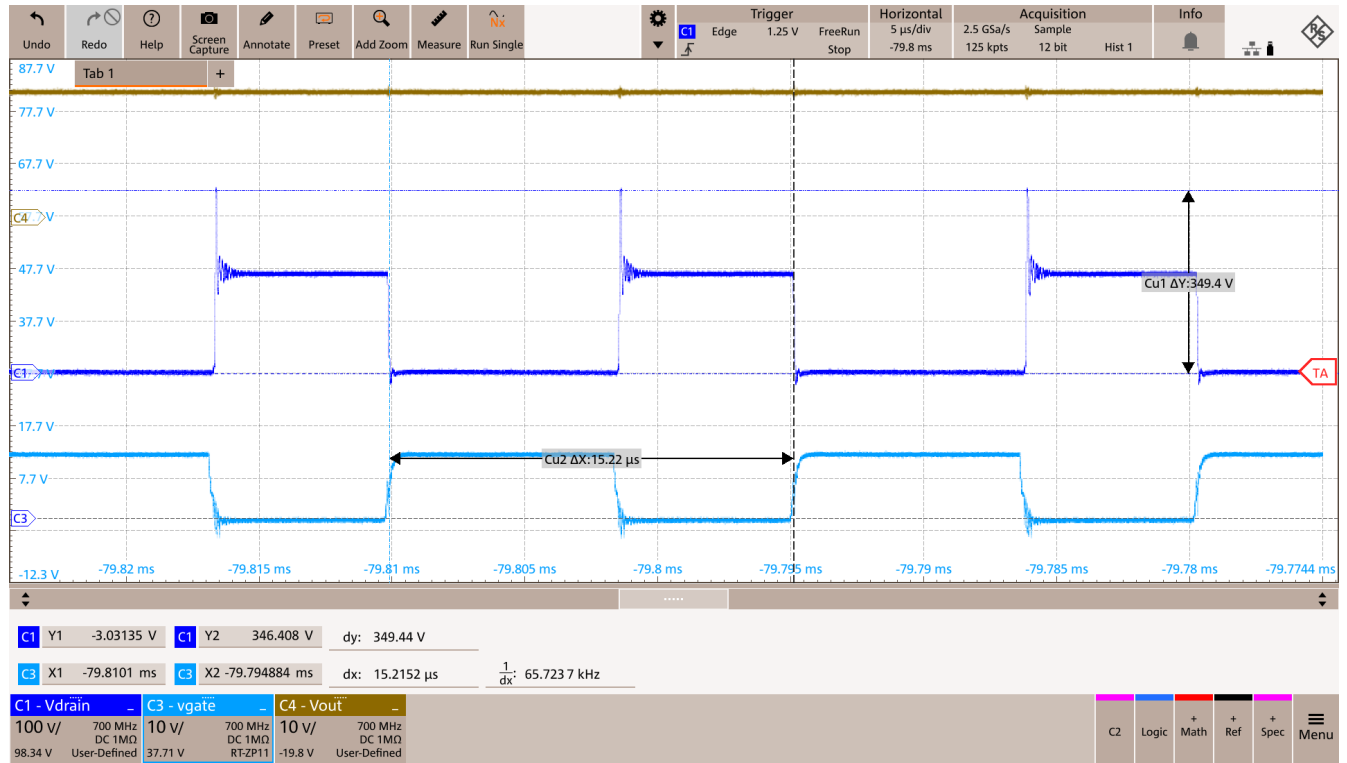


图 3-16. 85Vac 时的稳态波形

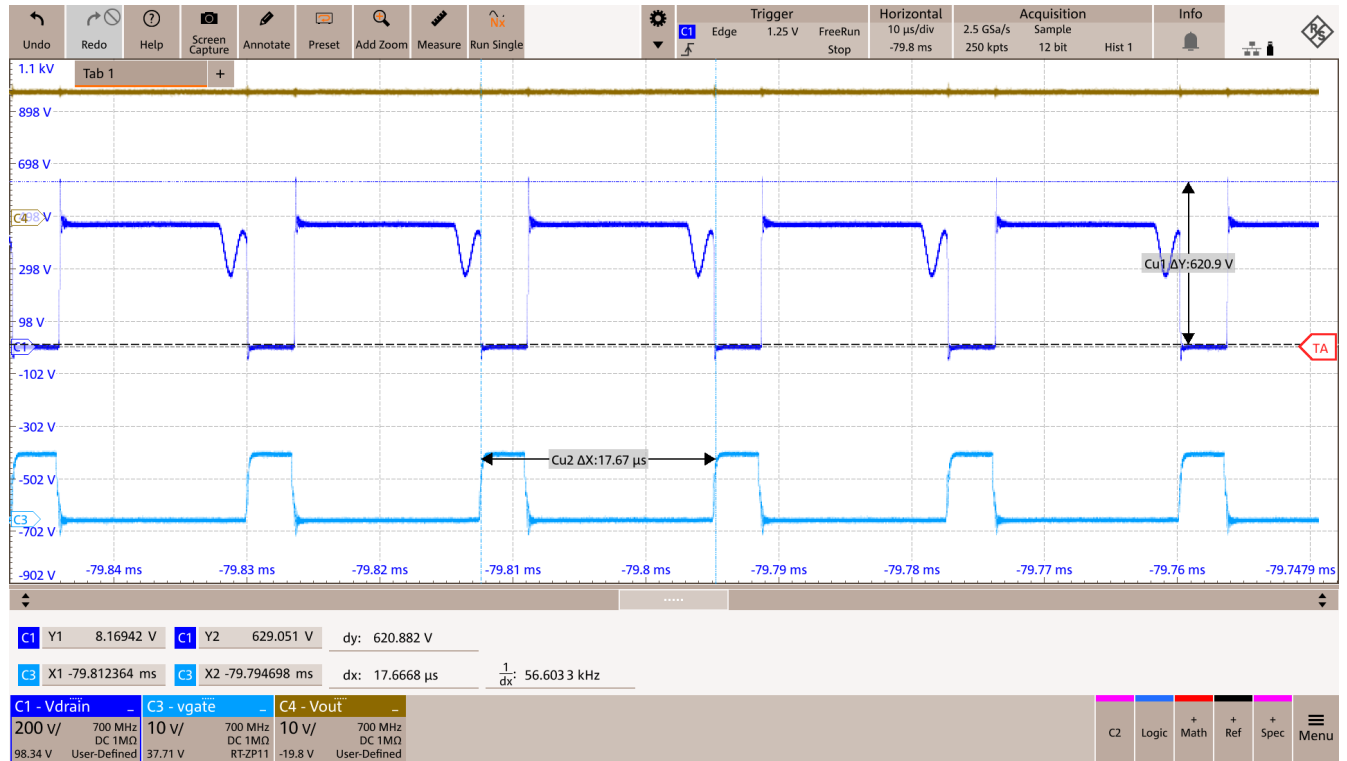


图 3-17. 85Vac 时的稳态波形

4 硬件设计文件

4.1 原理图

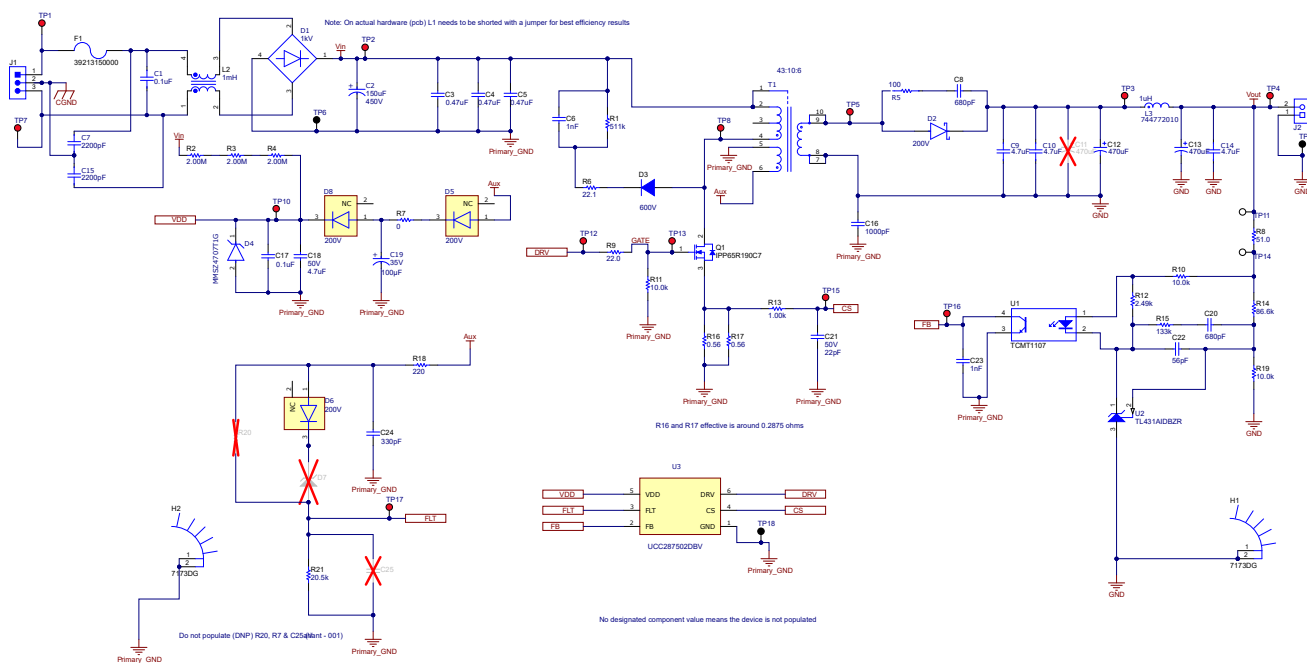


图 4-1. UCC28750EVM-071 原理图

4.2 EVM 装配图和布局

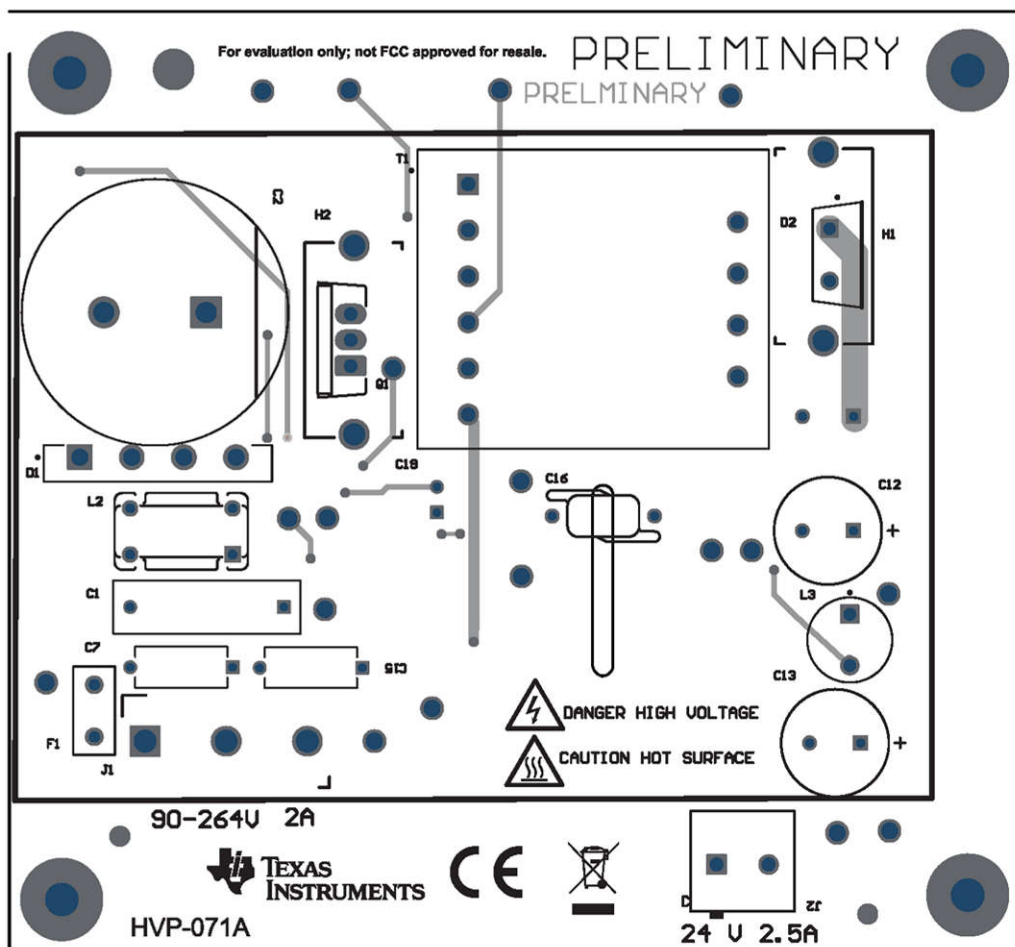


图 4-2. EVM 装配图 (顶视图)

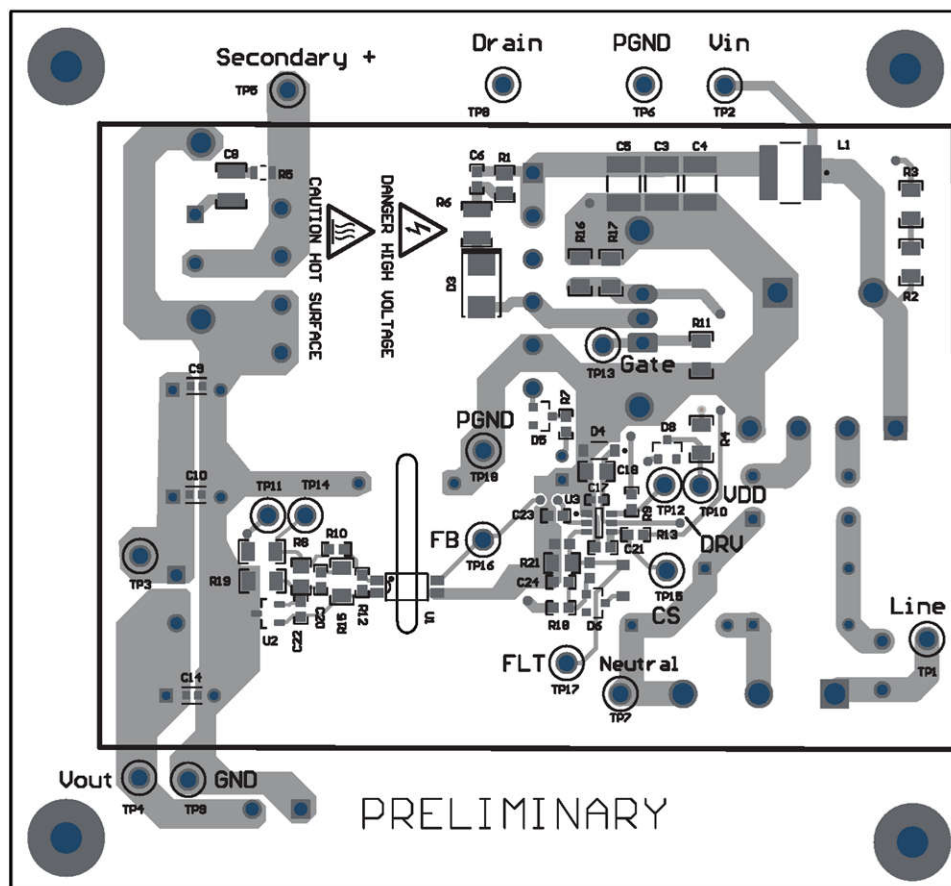


图 4-3. EVM 装配图/布局 (底视图)

4.3 物料清单

UCC28750EVM-071 物料清单如表 4-1 所示。

表 4-1. UCC28750EVM-001 物料清单

数量	标识符	说明	器件型号	制造商
1	C1	电容薄膜抑制 X2 0.1uF 560VDC/275VAC PP 10% (18 X 5 X 11mm) 径向塑料矩形罐 15mm 110C 大容量	R46KI3100JBM1K	Kemet
1	C2	150μF 450V 铝制电解电容, 径向, Can - 卡入式 5000 小时, 105°C	450VXH150MEFCSN25X30	Rubycon
3	C3、C4、C5	电容, 陶瓷, 0.47 μF, 500V, +/-10%, X7R, 1812	1812Y5000474KXTWS2	Knowles Capacitors
1	C6	电容, 陶瓷, 1000pF, 250V, +/-10%, X7R, 0603	GRM188R72E102KW07D	MuRata
2	C7、C15	电容, 陶瓷, 圆盘式, 2200pF, 20%, 250VAC, 穿孔 9.0x4.0x10.0 Ammo 包	DE1E3RA222MN4AN01F	Murata
1	C8	680pF ±5% 200 V 陶瓷电容器 C0G, NP0 1210 (公制 3225)	12102A681JAT2A	KYOCERA AVX
3	C9、C10、C14	电容, 陶瓷, 4.7 μF, 35V, X5R, ±10%, 焊盘, SMD, 0603, +85°C, T/R	CL10A475KL8NRNC	Samsung
3	C12、C13	电容, 铝制, 470uF, 35V, +/-20%, TH	EKZE350ELL471MJ20S	Chemi-Con
1	C16	电容, 陶瓷, 1000pF, V, +/-20%, Y5V, D7xT5mm	C901U102MYVDBA7317	Kemet
1	C17	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	C1005X7R1H104K050BE	TDK
1	C18	电容, 陶瓷, 4.7uF, 50V, +/-10%, X7S, 0805	GRM21BC71H475KE11K	MuRata
1	C19	100μF 35V 铝制电解电容, 径向, Can - 5000 小时, 105°C	860040573004	Wurth Electronics
1	C20	电容, 陶瓷, 680pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C1H681JA01D	MuRata
1	C21	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C1H220JA01D	MuRata
1	C22	电容, 陶瓷, 56pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	06035A560JAT2A	AVX
1	C23	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603X102K5RACTU	KEMET
1	C24	电容, 陶瓷, 330pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	C0603C331J5GACTU	KEMET
1	D1	桥式整流器单相标准 1kV 穿孔 GBU	GBU4M-E3/51	Vishay Semiconductor
1	D2	二极管, 肖特基, 200V, 6A, ITO220AC	MBR6200F_T0_00001	Panjit
1	D3	二极管, 超快速, 600V, 1A, SMB	MURS160-13-F	Diodes Inc.
1	D4	齐纳二极管, 20V, 500mW, ±5%, 表面贴装 SOD-123	MMSZ4707T1G	Onsemi
2	D5、D6、D8	二极管, 标准, 200V, 200mA, 表面贴装, SOT-23-3 (TO-236)	BAS20LT3G	On Semiconductor
1	F1	保险丝, 3.15A, 250VAC/VDC, TH	39213150000	Littelfuse
2	H1、H2	散热器, TO-220, 垂直	7173DG	爱麦达 (Aavid)
4	H3、H4、H5、H6	机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
4	H7、H8、H9、H10	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	1902C	Keystone
1	J1	接头, 312mil, 3x1, 锡, TH	1-1318301-3	TE Connectivity
1	J2	端子块, 5.08mm, 2x1, TH	1715721	Phoenix Contact
1	L1	22μH 半屏蔽鼓芯, 绕线电感器, 1.8A, 89mΩ, 非标准	74404064220	Wurth Electronics
1	L2	耦合电感器, 1mH, 2A, 0.045Ω, TH	744821201	Wurth Elektronik
1	L3	1μH 非屏蔽鼓芯, 线绕电感器, 7.5A, 10mΩ 最大径向, 垂直圆柱 (开路)	744772010	Wurth Electronics
2	MP1、MP2	TO-220 散热器安装套件	4880SG	Aavid Thermalloy
1	Q1	MOSFET, N 沟道, 700V, 13A, TO-220AB	IPP65R190C7	Infineon Technologies

表 4-1. UCC28750EVM-001 物料清单 (续)

数量	标识符	说明	器件型号	制造商
1	R1	电阻, 511k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6ENF5113V	Panasonic
3	R2, R3, R4	电阻, 2.00M, 1%, 0.25W, 1206	RC1206FR-072ML	Yageo America
1	R5	100 Ω $\pm$ 0.1% 0.2W, 1/5W 片上电阻 0805 (公制 2012), 抗硫化, 汽车 AEC-Q200, 防潮	TNPW0805100RBYEN	Vishay
1	R6	电阻, 22.1, 1%, 0.5W, 1210	RC1210FR-0722R1L	Yageo
1	R7	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
1	R8	电阻, 51.0 Ω , 1%, 0.25W, 1206	RC1206FR-0751RL	Yageo America
1	R9	电阻, 22.0, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0722RL	Yageo
1	R10	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603FT10K0	Stackpole Electronics Inc
2	R11、R19	电阻, 10.0k, 1%, 0.25W, 1206	RC1206FR-0710KL	Yageo America
1	R12	电阻, 2.49k Ω , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072K49L	Yageo
1	R13	电阻, 1.00k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD071KL	Yageo America
1	R14	电阻, 86.6k, 0.1%, 0.125W, 0805	RT0805BRD0786K6L	Yageo America
1	R15	电阻, 133k, 1%, 0.25W, 1206	RC1206FR-07133KL	Yageo America
2	R16、R17	电阻, 0.56 Ω , 1%, 0.25W, 1206	ERJ-8RQFR56V	Panasonic
1	R18	电阻, 220, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07220RL	Yageo
1	R21	电阻, 20.5k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6ENF2052V	Panasonic
1	T1	用于 UCC28750EVM-071 的 CCM 反激式变压器	RLTI-1450	Renco Electronics
13	TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP7、TP8、TP10、TP12、TP13、TP15、TP16、TP17	测试点, 紧凑型, 红色, TH	5005	Keystone Electronics
3	TP6、TP9、TP18	测试点, 紧凑型, 黑色, TH	5006	Keystone Electronics
2	TP11、TP14	测试点, 紧凑型, 白色, TH	5007	Keystone Electronics
1	U1	光耦合器, 3.75kV, 80-160% CTR, SMT	TCMT1107	Vishay-Semiconductor
1	U2	可调精度并联稳压器, 34ppm/ $^{\circ}$ C, 100mA, -40 $^{\circ}$ C 到 85 $^{\circ}$ C, 3 引脚 SOT-23 (DBZ), 绿色环保 (RoHS, 无铊/溴)	TL431AIDBZR	德州仪器 (TI)
1	U3	连续导通模式 (CCM) 次级侧调节 (SSR) 电流模式离线反激式控制器	UCC287502DBV	德州仪器 (TI)

5 其他信息

5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司