



摘要

LM5156HEVM-FLY 评估模块展示了宽输入非同步反激式转换器 LM51561-HTSSOP 的功能和性能。标准配置旨在通过 18 V 至 36 V 的输入提供 5 V (电流为 4 A) 的稳压输出，开关频率为 250 kHz。该评估模块旨在简化配置，使用户能够评估同一模块上的许多不同应用。PCB 分为两层，元件仅组装在一侧。功能包括可编程斜坡补偿、可调节软启动、可编程逐周期电流限制、打嗝模式短路保护和可编程线路欠压锁定

内容

1 引言.....	3
1.1 特性.....	3
1.2 应用原理图.....	3
1.3 电气参数.....	4
2 EVM 设置.....	5
2.1 EVM 连接器和测试点.....	5
3 测试过程.....	6
3.1 测试设备.....	6
3.2 预防措施.....	6
4 测试结果.....	7
4.1 效率曲线.....	7
4.2 负载稳定度.....	7
4.3 热性能.....	8
4.4 稳态波形.....	8
4.5 启动波形.....	10
4.6 负载瞬态波形.....	11
4.7 负载短路.....	12
4.8 交流环路响应.....	14
5 PCB 布局.....	15
6 原理图.....	16
7 物料清单.....	17

插图清单

图 1-1. 应用电路.....	3
图 2-1. 测试设置.....	5
图 4-1. 效率与 I_{LOAD} 之间的关系.....	7
图 4-2. 负载调节.....	7
图 4-3. 热性能： $V_{SUPPLY} = 36V$ ， $I_{LOAD} = 4A$ ，无强制空气冷却.....	8
图 4-4. 稳态， $V_{SUPPLY} = 18V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	8
图 4-5. 稳态， $V_{SUPPLY} = 24V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	9
图 4-6. 稳态， $V_{SUPPLY} = 36V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	9
图 4-7. 启动， $V_{SUPPLY} = 18V$ ， $I_{LOAD} = 0A$	10
图 4-8. 启动， $V_{SUPPLY} = 18V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	10
图 4-9. 启动， $V_{SUPPLY} = 24V$ ， $I_{LOAD} = 0A$	10
图 4-10. 启动， $V_{SUPPLY} = 24V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	10
图 4-11. 启动， $V_{SUPPLY} = 36V$ ， $I_{LOAD} = 0A$	10
图 4-12. 启动， $V_{SUPPLY} = 36V$ ， $I_{LOAD} = 4A$	10
图 4-13. 负载瞬态， $V_{SUPPLY} = 18V$ ， $I_{LOAD} = 2A$ 至 $4A$	11
图 4-14. 负载瞬态， $V_{SUPPLY} = 24V$ ， $I_{LOAD} = 2A$ 至 $4A$	11

图 4-15. 负载瞬态, $V_{\text{SUPPLY}} = 36\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 2\text{A}$ 至 4A	12
图 4-16. 短路保护.....	12
图 4-17. 短路恢复: $V_{\text{SUPPLY}} = 36\text{V}$	13
图 4-18. 控制环路响应 $V_{\text{SUPPLY}} = 18\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$	14
图 4-19. 控制环路响应 $V_{\text{SUPPLY}} = 24\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$	14
图 4-20. 控制环路响应 $V_{\text{SUPPLY}} = 36\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$	15
图 5-1. 顶部丝网印刷层.....	15
图 5-2. 顶层.....	15
图 5-3. 底层.....	15
图 5-4. 底部丝网印刷层.....	15
图 6-1. LM5156HEVM-FLY 原理图.....	16

表格清单

表 1-1. 电气性能标准配置.....	4
表 2-1. 测试点说明.....	5
表 7-1. LM5156HEVM-FLY 物料清单.....	17

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

1.1 特性

LM5156HEVM-FLY 支持以下特性和性能：

- 具有严格电压调节功能的 5V 输出电压
- 在满载情况下具有高于 86% 的高转换效率。
- 断续模式短路保护
- 用户可调的次级侧软启动时间
- 为 VCC 引脚供电的 10V 辅助绕组
- 开关频率为 250kHz
- 2 层 PCB，元件组装在一侧

1.2 应用原理图

LM5156HEVM-FLY 支持多种配置。图 1-1 显示了 LM5156HEVM-FLY 的标准配置，而表 1-1 中的参数对该配置有效。

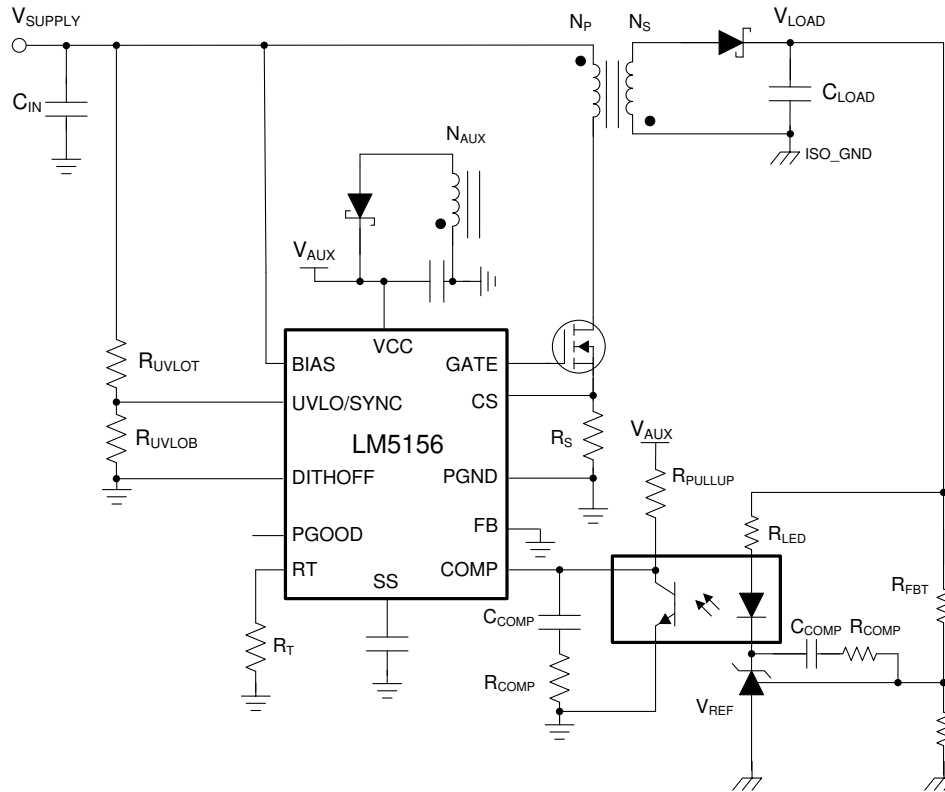


图 1-1. 应用电路

1.3 电气参数

表 1-1. 电气性能标准配置

参数	测试条件：	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
输入电压范围 V_{IN}	操作	18	24	36	V
输入电压开启 $V_{IN(ON)}$	由 UVLO/SYNC 电阻调节		17		V
输入电压关闭 $V_{IN(OFF)}$			16.5		V
输出特性					
输出电压 V_{OUT}			5		V
最大输出电流 I_{OUT}			4		A
系统特点					
开关频率			250		kHz
峰值效率	$V_{IN} = 18V$, $I_{OUT} = 1.8A$		86.5		%
结温 T_J		-40		150	C
发送器规范 (Wurth 750319733)					
初级电感			21		μH
匝数比	(3-5):(2-1)		1:1		
	(3-5):(6:10) 连接 (6+7,9+10)		2:1		
饱和电流	电感减小 20%		6.2		A
漏电感			150	300	nH

2 EVM 设置

图 2-1 显示了可重新创建 [测试结果](#) 一节中的记录值所需的正确设备连接和测量点。

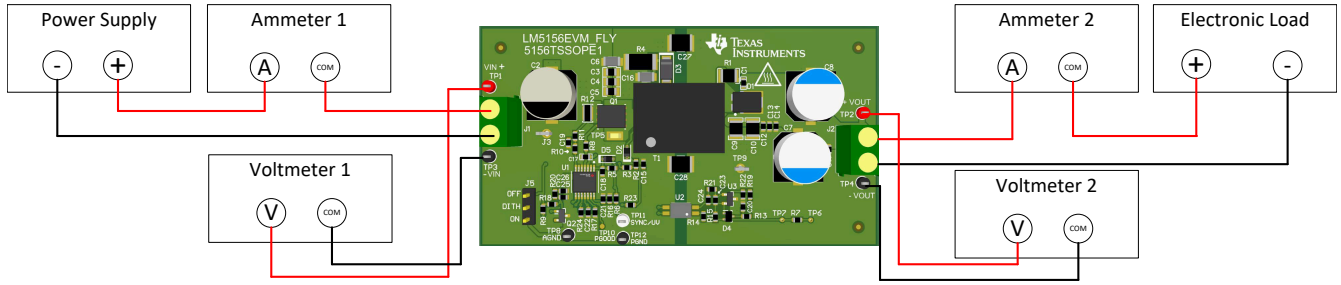


图 2-1. 测试设置

2.1 EVM 连接器和测试点

表 2-1 指示可用的测试点和配置跳线。

表 2-1. 测试点说明

跳线	名称	说明
TP1	VIN	正输入电压感测连接
TP2	VOOUT+	正输出电压感测连接
TP3	PGND	负输入电压感测连接
TP4	ISO_GND	负隔离输出电压感测连接
TP5	SW	LM5155 反激式电路开关节点的探测点
TP6	VOOUT+	环路响应正注入点
TP7	VOOUT-	环路响应负注入点
TP8	AGND	模拟接地连接点
TP9	ISO_GND	隔离接地连接点
J1	-	输入电源连接
J2	-	输出电源连接
J3	PGND	电源接地连接点
J4	PGOOD (引脚 1)	LM5155 的 PGOOD 引脚上的探头电压
	COMP (引脚 2)	LM5155 的 COMP 引脚上的探头电压
	SS (引脚 3)	LM5155 的 SS 引脚上的探头电压
	VAUX (引脚 4)	辅助绕组电压
	PGND (引脚 5)	电源接地连接
J5	DITHOFF	在引脚 1 和引脚 2 之间放置跳线可禁用频率抖动。在引脚 2 和引脚 3 之间放置跳线可启用频率抖动

3 测试过程

3.1 测试设备

电源：输入电压源 (VIN) 应为能够提供 0V 至 36V 电压和至少 5A 电流的可变电源。

万用表：

- **电压表 1：**输入电压，从 VIN 连接至 PGND
- **电压表 2：**输出电压，从 VOUT 连接至 ISO_GND
- **电流表 1：**输入电流，必须能够处理 5A 电流。可根据需要使用分流电阻器。
- **电流表 2：**输出电流，必须能够处理 5A 电流。可根据需要使用分流电阻器。

电子负载：负载应具有恒定电阻 (CR) 或恒定电流 (CC)。它应在 5V、4A 下安全运行。

示波器：20MHz 带宽和交流耦合。使用短接地引线直接测量输出电容器上的输出电压纹波。噪声可能耦合到信号中，因此不建议使用长引线接地连接。若要测量其他波形，请根据需要调整示波器。

3.2 预防措施



CAUTION

在全功率低输入下长时间运行会导致二极管 (D1) 发热。
电路板表面会变热。请勿触摸。接触可能会导致烫伤。

4 测试结果

节 4.1 至节 4.8 介绍了 LM5156HEVM-FLY 的典型性能，以节 7 中所述的材料清单和配置为依据。基于测量技术和环境变量测量，可能与提供的数据略有不同

4.1 效率曲线

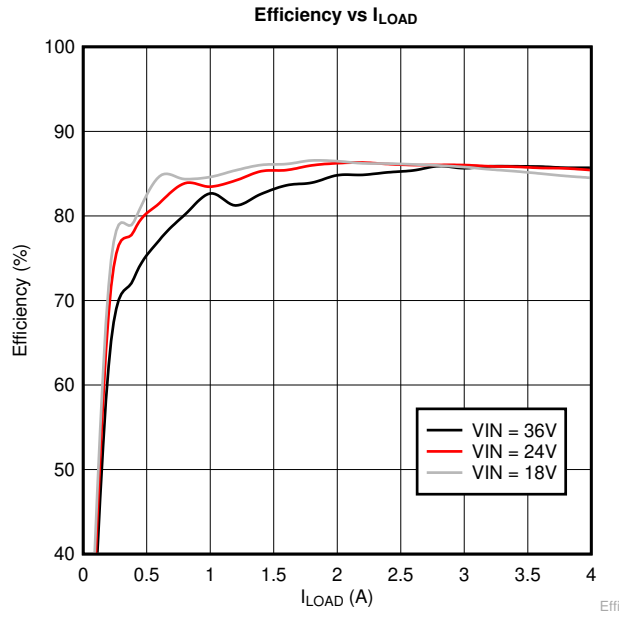


图 4-1. 效率与 I_{LOAD} 之间的关系

4.2 负载稳定度

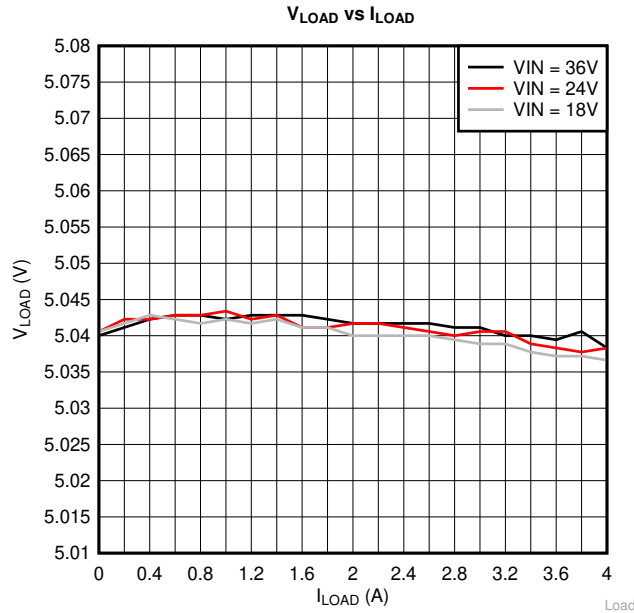


图 4-2. 负载调节

4.3 热性能

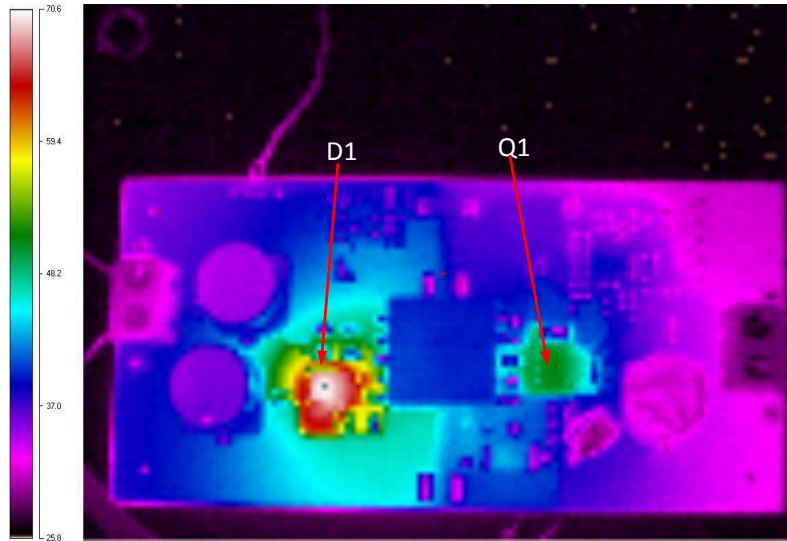


图 4-3. 热性能： $V_{\text{SUPPLY}} = 36\text{V}$ ， $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$ ，无强制空气冷却

4.4 稳态波形

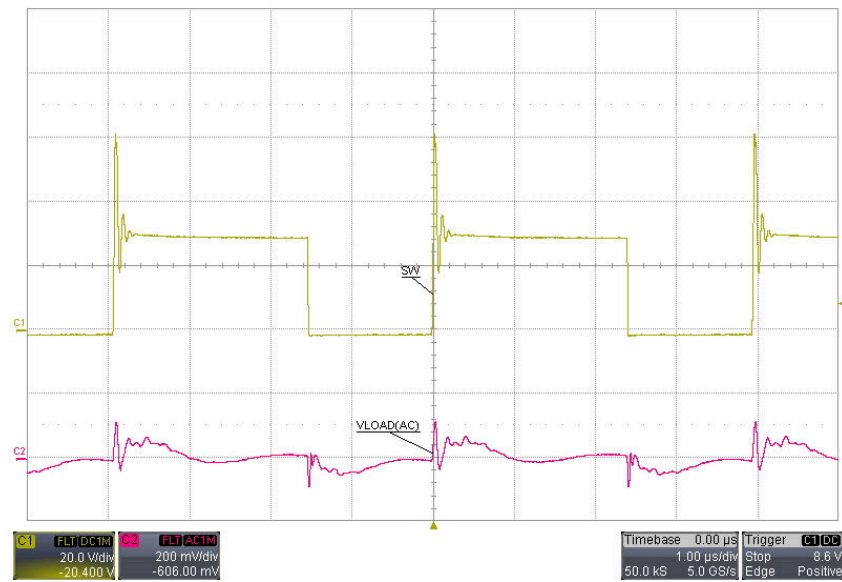


图 4-4. 稳态， $V_{\text{SUPPLY}} = 18\text{V}$ ， $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

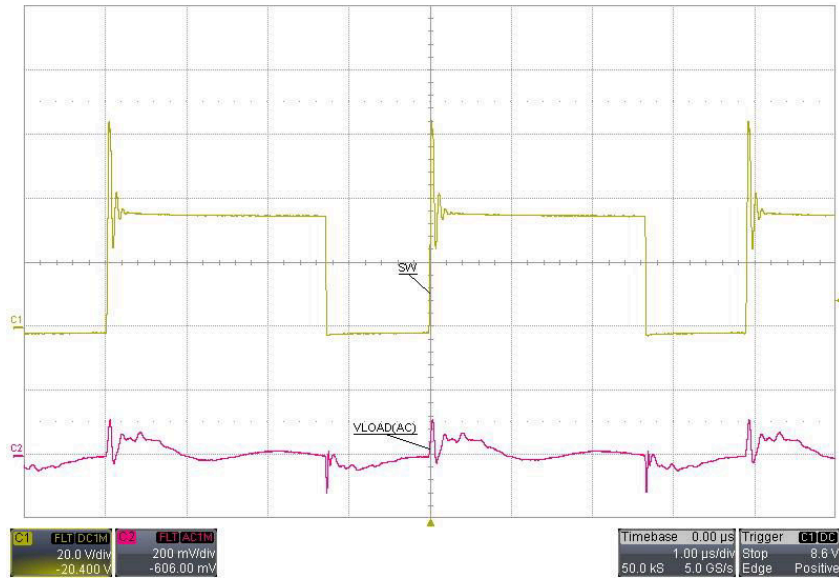


图 4-5. 稳态, $V_{\text{SUPPLY}} = 24\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

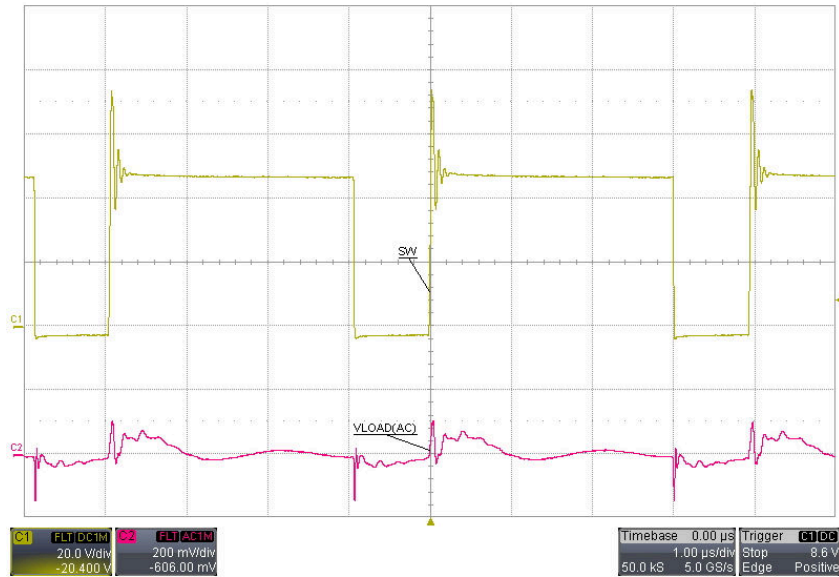


图 4-6. 稳态, $V_{\text{SUPPLY}} = 36\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 4\text{A}$

4.5 启动波形

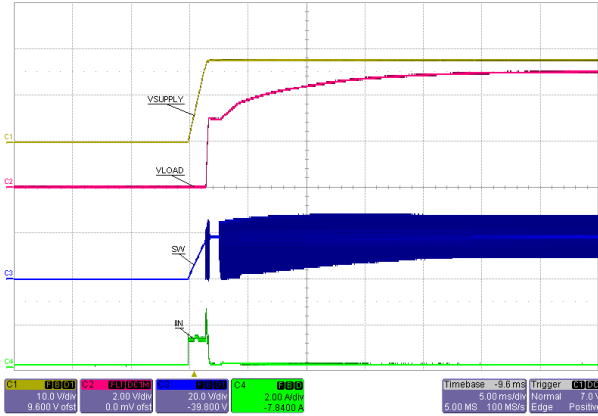


图 4-7. 启动, $V_{SUPPLY} = 18V$, $I_{LOAD} = 0A$

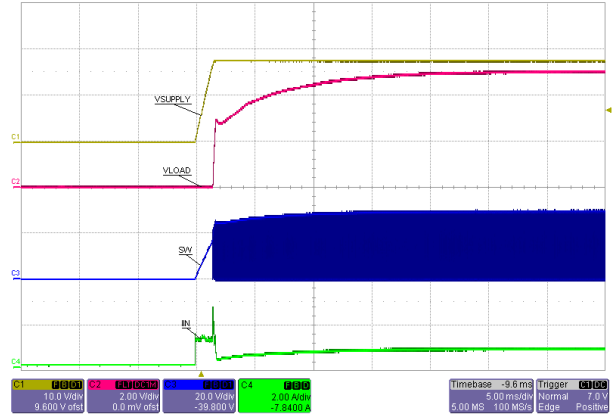


图 4-8. 启动, $V_{SUPPLY} = 18V$, $I_{LOAD} = 4A$

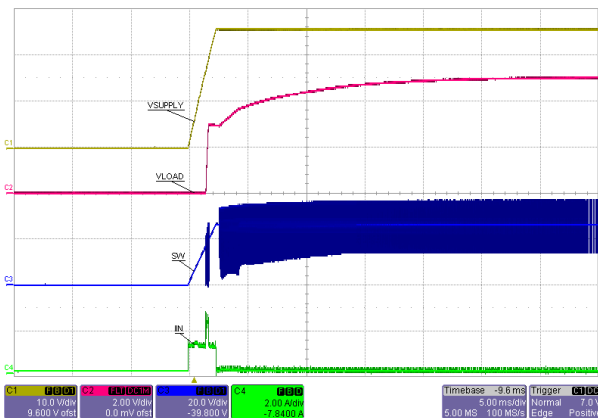


图 4-9. 启动, $V_{SUPPLY} = 24V$, $I_{LOAD} = 0A$

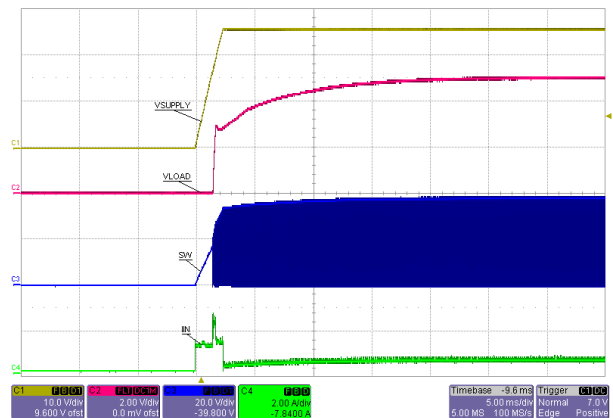


图 4-10. 启动, $V_{SUPPLY} = 24V$, $I_{LOAD} = 4A$

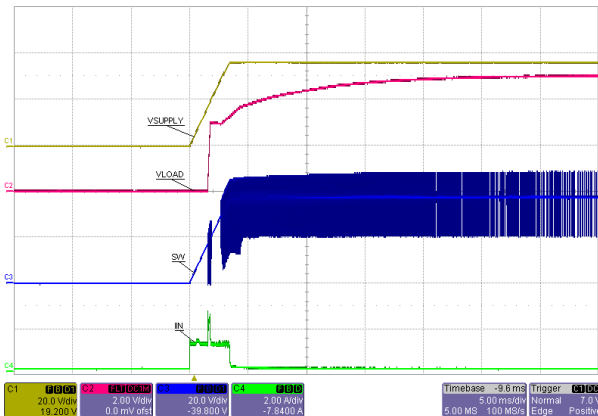


图 4-11. 启动, $V_{SUPPLY} = 36V$, $I_{LOAD} = 0A$

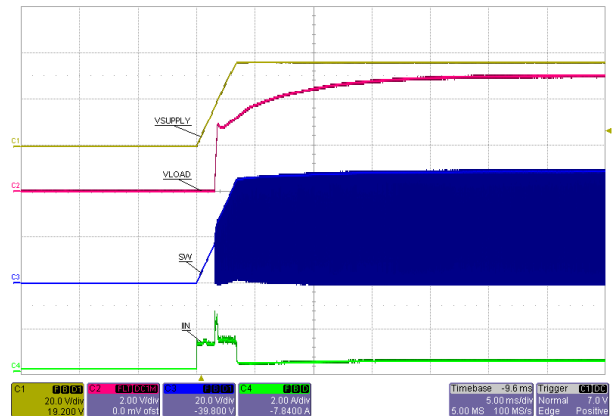


图 4-12. 启动, $V_{SUPPLY} = 36V$, $I_{LOAD} = 4A$

4.6 负载瞬态波形

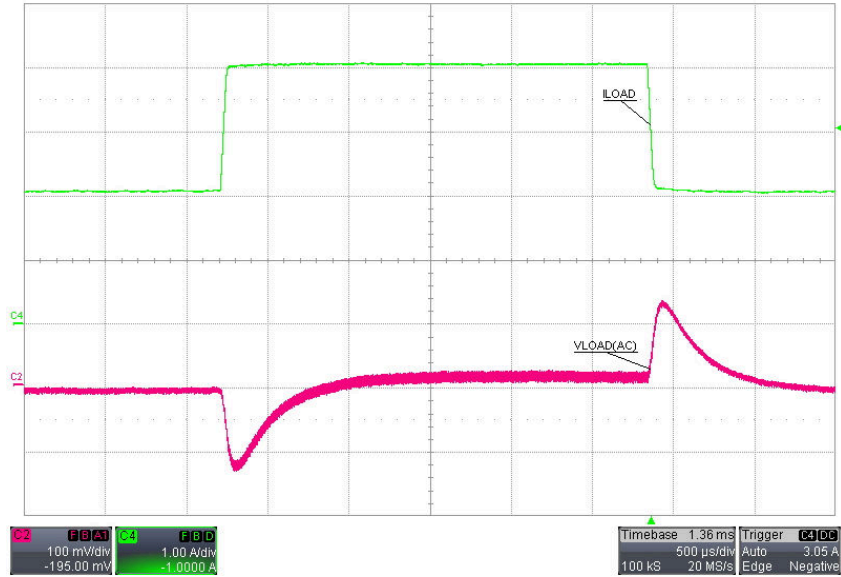


图 4-13. 负载瞬态, $V_{\text{SUPPLY}} = 18\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 2\text{A}$ 至 4A

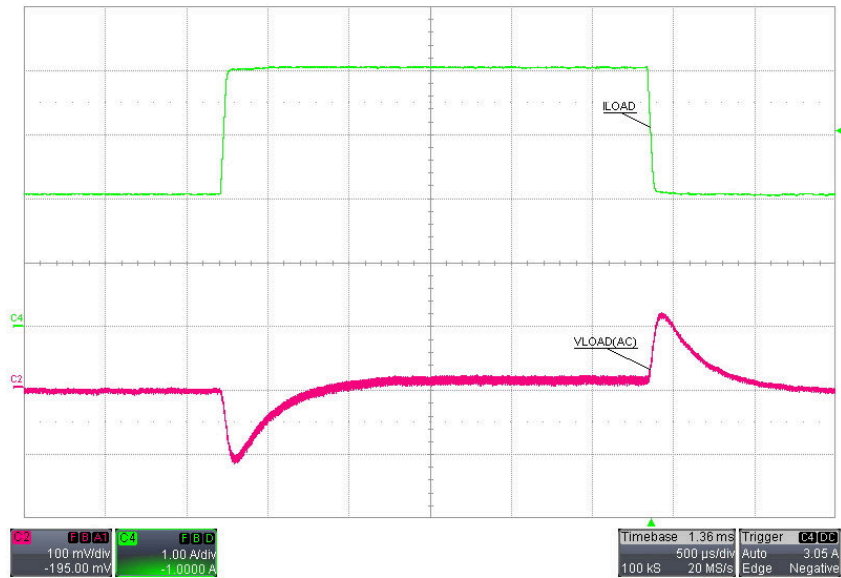


图 4-14. 负载瞬态, $V_{\text{SUPPLY}} = 24\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 2\text{A}$ 至 4A

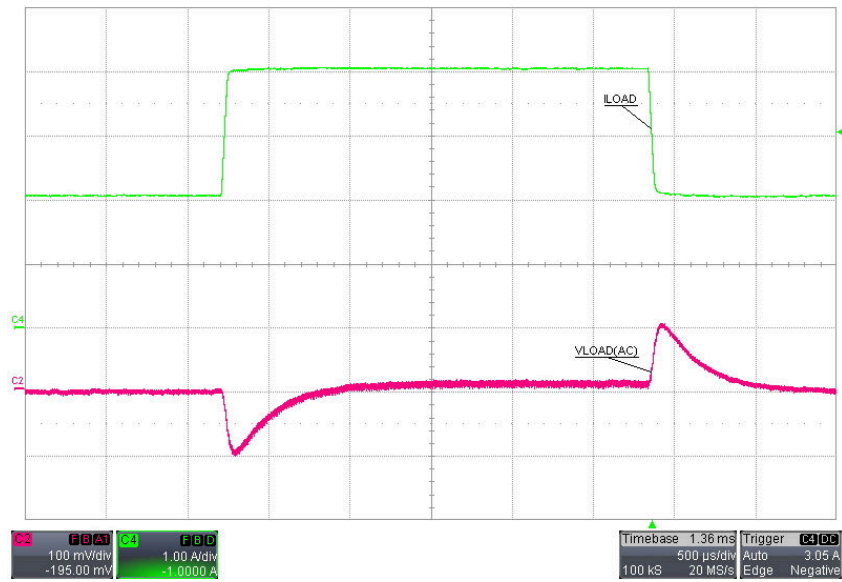


图 4-15. 负载瞬态, $V_{SUPPLY} = 36V$, $I_{LOAD} = 2A$ 至 $4A$

4.7 负载短路

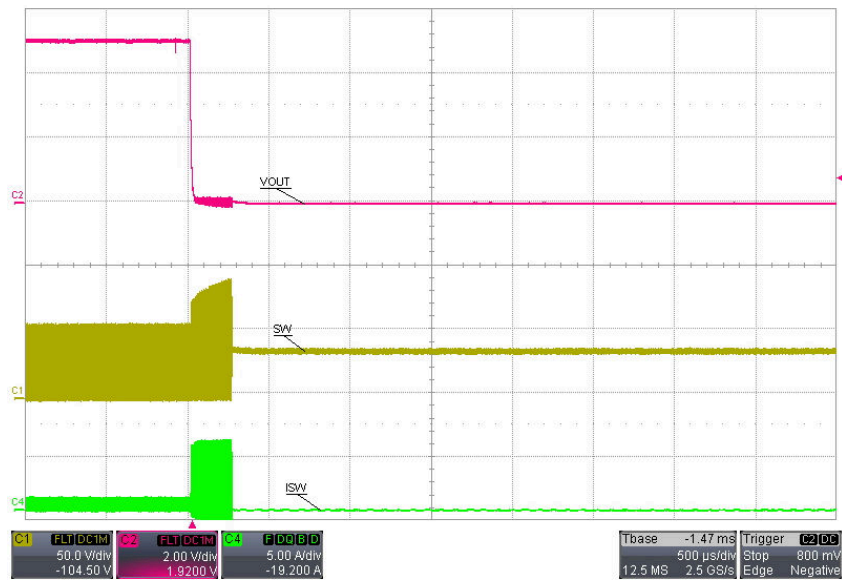


图 4-16. 短路保护

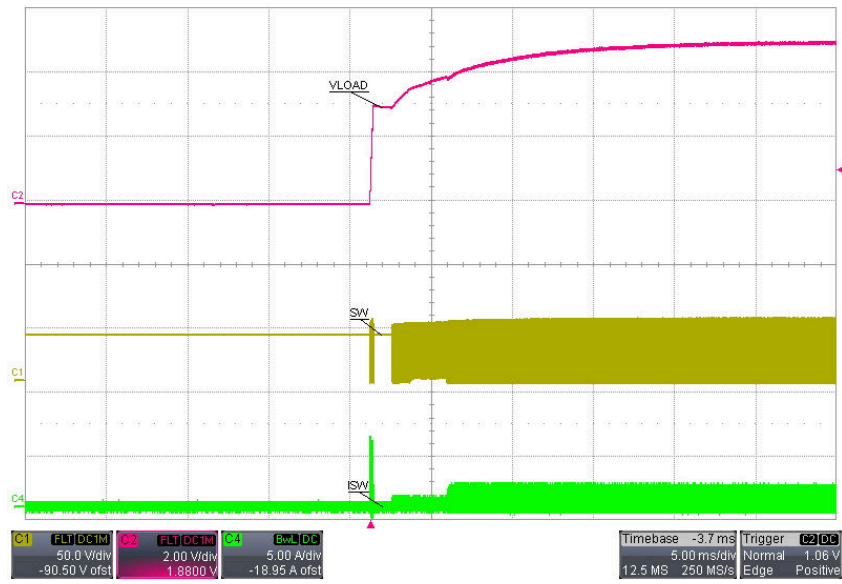


图 4-17. 短路恢复 : $V_{SUPPLY} = 36 V$

4.8 交流环路响应

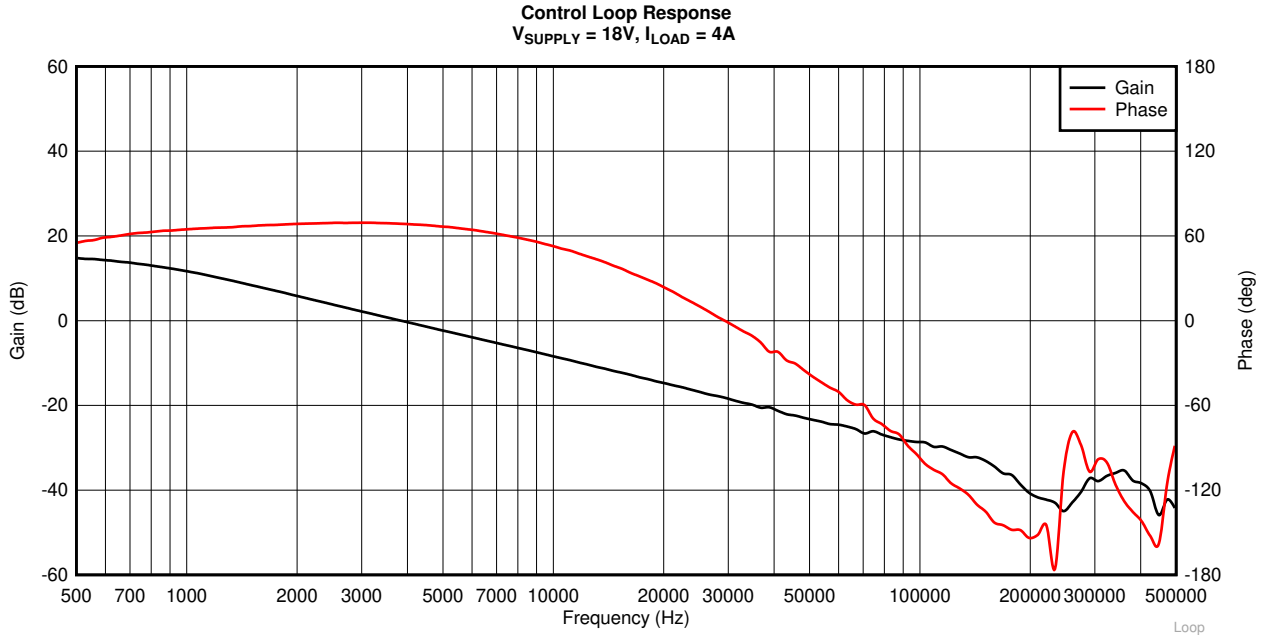


图 4-18. 控制环路响应 $V_{SUPPLY} = 18V, I_{LOAD} = 4A$

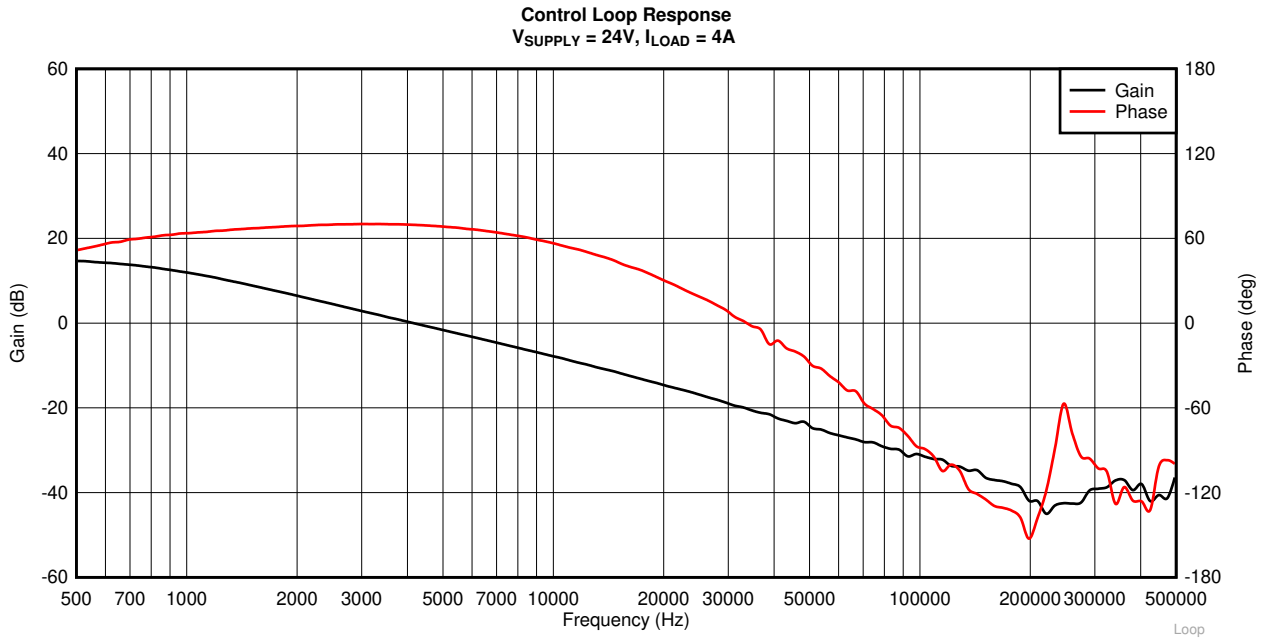


图 4-19. 控制环路响应 $V_{SUPPLY} = 24V, I_{LOAD} = 4A$

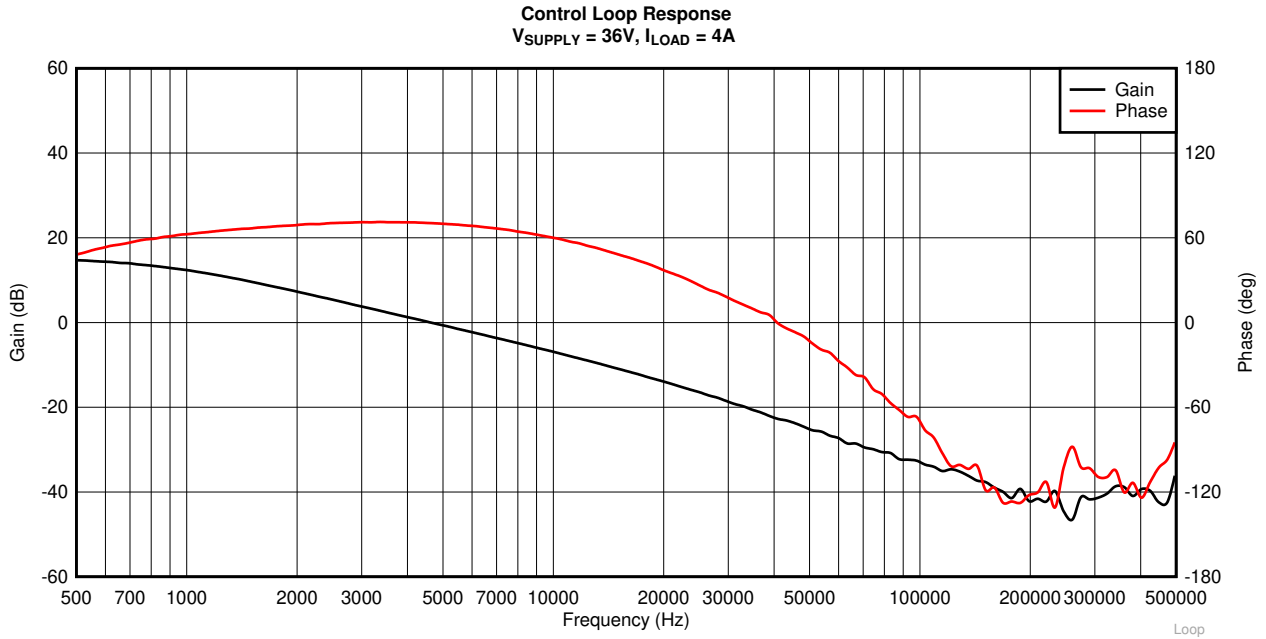


图 4-20. 控制环路响应 $V_{SUPPLY} = 36V$, $I_{LOAD} = 4A$

5 PCB 布局

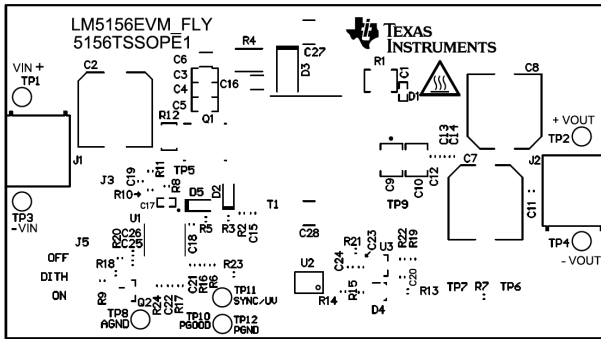


图 5-1. 顶部丝网印刷层

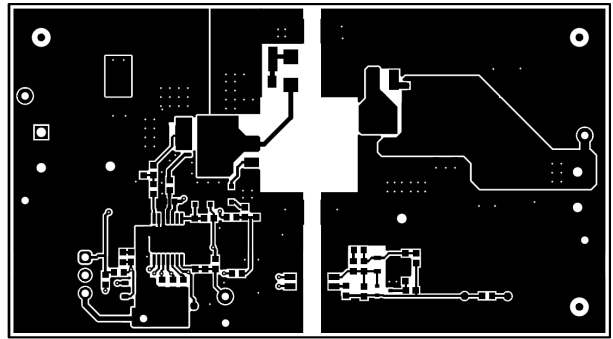


图 5-2. 顶层

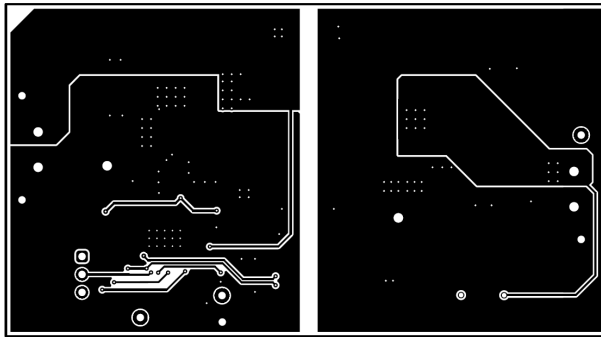


图 5-3. 底层

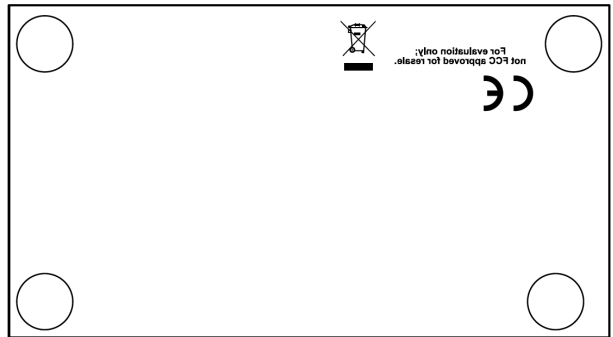


图 5-4. 底部丝网印刷层

6 原理图

图 6-1 所示为 EVM 原理图。

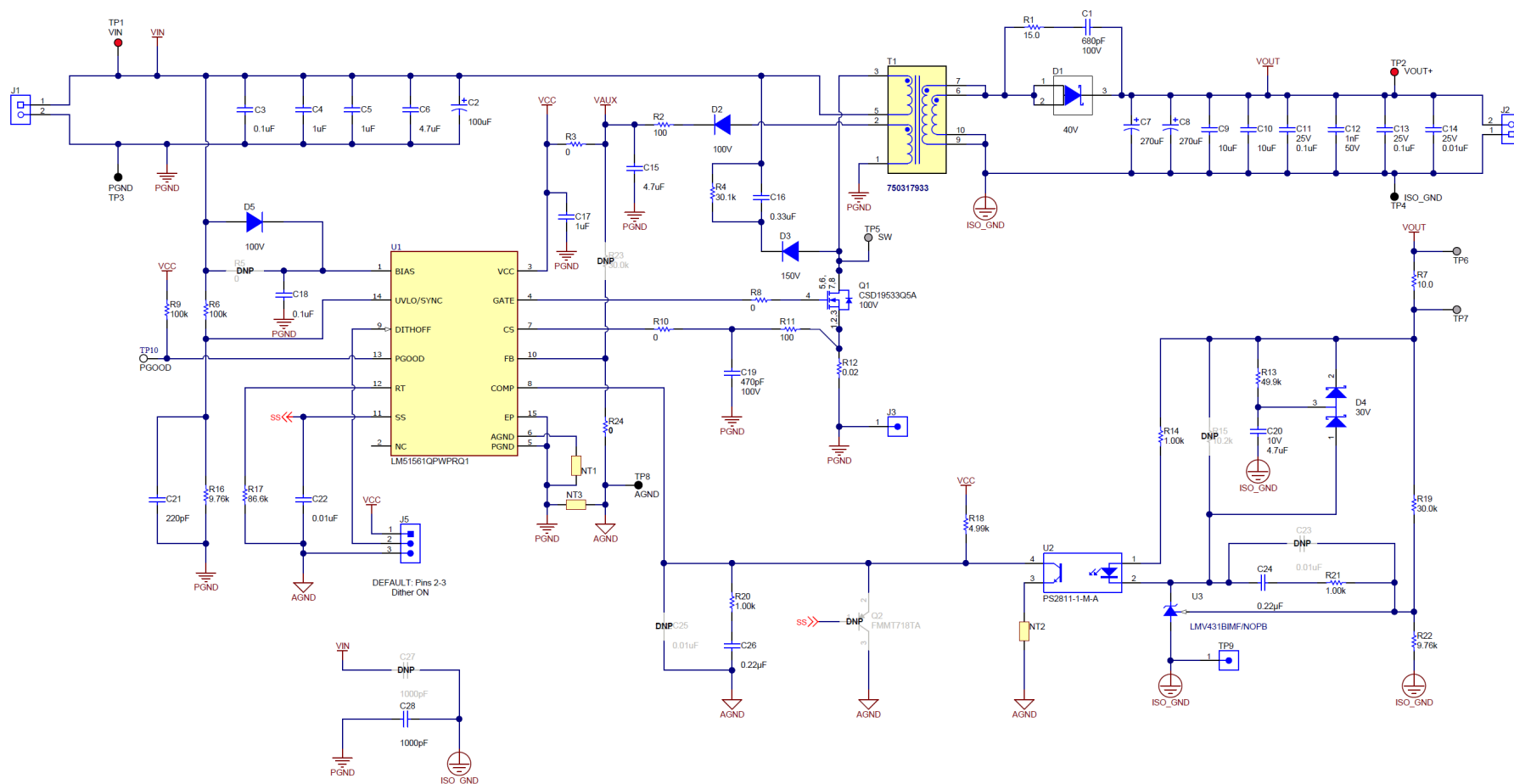


图 6-1. LM5156HEVM-FLY 原理图

7 物料清单

表 7-1 列出了 EVM 物料清单。

表 7-1. LM5156HEVM-FLY 物料清单

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1	1	680pF	电容, 陶瓷, 680pF, 100V, ±10%, X7R, 0603	0603	GRM188R72A681KA01D	Murata (村田)
C2	1	100μF	电容, 混合聚合物, 100μF, 50V, ±20%, 28 欧姆, 10x10 SMD	10x10	EEHZC1H101P	Panasonic (松下)
C3	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, ±20%, X7R, 0805	0805	08055C104MAT2A	AVX
C4, C5	2	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 50V, ±10%, X7R, 0805	0805	08055C105KAT2A	AVX
C6	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 50V, ±10%, X7R, 1206	1206	C3216X7R1H475K160AC	TDK
C7, C8	2	270μF	电容, 铝聚合物, 270μF, 25V, ±20%, 0.027 欧姆, D10xL12.7mm SMD	D10xL12.7mm	PCV1E271MCL1GS	Nichicon (尼吉康)
C9、C10	2	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 25V, ±10%, X7R, 1210	1210	885012209028	Würth Elektronik (伍尔特电子)
C11、C13	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 25V, ±10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1E104K080AA	TDK
C12	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, ±10%, X7R, 0603	0603	C0603X102K5RACTU	Kemet (基美)
C14、C22	2	0.01μF	电容, 陶瓷, 0.01μF, 25V, ±5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	C0603C103J3GCAUTO	Kemet (基美)
C15	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 35V, ±10%, X5R, 0603	0603	GRM188R6YA475KE15D	MuRata (村田)
C16	1	0.33μF	电容, 陶瓷, 0.33μF, 100V, ±10%, X7R,		C3216X7R2A334K130AA	TDK
C17	1	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 16V, ±20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	GCM188R71C105MA64D	Murata (村田)
C18	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, ±10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1H104K080AA	TDK
C19	1	470pF	电容, 陶瓷, 470pF, 100V, ±5%, X7R, 0603	0603	06031C471JAT2A	AVX
C20	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 10V, ±20%, X7S, 0603	0603	GRM188C71A475KE11D	Murata (村田)
C21	1	220pF	电容, 陶瓷, 220pF, 50V, ±5%, C0G/NP0, 0603	0603	C0603C221J5GACTU	Kemet (基美)
C24, C26	2	0.22μF	电容, 陶瓷, 0.22μF, 16V, ±10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CL10B224K08VPNC	Samsung (三星)
C28	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 2000V, ±10%, X7R, 1812	1812	1812GC102KA1	AVX

表 7-1. LM5156HEVM-FLY 物料清单 (continued)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
D1	1	40V	二极管, 肖特基, 40V, 10A, AEC-Q101, TO-277A	TO-277A	SS10P4-M3/87A	Vishay-Semiconductor (威世半导体)
D2, D5	2	100V	二极管, 开关, 100V, 0.2A, SOD-323	SOD-323	MMDL914-TP	Micro Commercial Components (美微科半导体公司)
D3	1	150V	二极管, 超快速整流器, 150V, 1A, SMA	SMA	ES1C-13-F	Diodes Inc.
D4	1	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOT-323	SOT-323	BAT54SWT1G	Fairchild Semiconductor (仙童半导体)
H1、H2、H3、H4	4		缓冲垫, 圆柱形, 0.312 X 0.200, 黑色	黑色缓冲垫	SJ61A1	3M
J1、J2	2		端子块, 5mm, 2 极点, TH	TH, 2 引线, 封装 10x9mm, 引脚间距 5mm	ED350/2	On-Shore Technology
J3, TP9	2		测试点有插槽, 0.118", TH	测试点, TH 插槽测试点	1040	Keystone
J5	1		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec (申泰)
Q1	1	100V	MOSFET, N 沟道, 100V, 13A, DQJ0008A (VSONP-8)	DQJ0008A	CSD19533Q5A	德州仪器 (TI)
R1	1	15.0	电阻, 15.0, 1%, 0.5W, 1210	1210	ERJ-14NF15R0U	Panasonic (松下)
R2、R11	2	100	电阻, 100, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERJ-3EKF1000V	Panasonic (松下)
R3	1	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc (斯塔克波尔电子公司)
R4	1	30.1k	电阻, 30.1k, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 2512	2512	CRCW251230K1FKEG	Vishay-Dale (威世达勒)
R6, R9	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R7	1	10.0	电阻, 10.0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060310R0FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R8、R10、R24	3	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic (松下)

表 7-1. LM5156HEVM-FLY 物料清单 (continued)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R12	1	0.02	电阻, 0.02, 1%, 1W, 0612	0612	PRL1632-R020-F-T1	Susumu Co Ltd (进工)
R13	1	49.9k	电阻, 49.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERJ-3EKF4992V	Panasonic (松下)
R14	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	0603	ERJ-3EKF1001V	Panasonic (松下)
R16、R22	2	9.76k	电阻, 9.76k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06039K76FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R17	1	86.6k	电阻, 86.6k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060386K6FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R18	1	4.99kΩ	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06034K99FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R19	1	30.0k	电阻, 30.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0730KL	Yageo (国巨)
R20, R21	2	1.00k	电阻, 1.00k, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	ERA3AEB102V	Panasonic (松下)
SH-J1	1	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec (申泰)
T1	1	21μH	变压器, 21μH, SMT	13.97x18.25mm	750317933	Würth Elektronik (伍尔特电子)
TP1, TP2	2		测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone
TP3、TP4、TP8	3		测试点, 微型, 黑色, TH	黑色微型测试点	5001	Keystone
TP10	1		测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone
U1	1		采用双随机扩频技术的 2.2MHz 宽输入电压非同步升压/SEPIC/反激式控制器	HTSSOP14	LM51561QPWPRQ1	德州仪器 (TI)
U2	1		光耦合器, 2.5kV, 100-200% CTR, SMT	PS2811-1	PS2811-1-M-A	California Eastern Laboratories
U3	1		低电压 (1.24V) 可调节精密并联稳压器, 3 引脚 SOT-23, 无铅	DBZ0003A	LMV431BIMF/NOPB	德州仪器 (TI)

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司