

LMQ644A2-Q1 适用于汽车 ADAS 应用的六相降压稳压器设计



摘要

LMQ644A2-Q1 是一款双通道 36V 同步降压直流/直流转换器，每通道支持的最大电流为 6A。该器件可堆叠最多 6 个相位，用于实现更高的输出电流（高达 36A），无需外部时钟。该器件使用电流模式控制架构，可实现环路补偿、快速瞬态响应和出色的负载调整率和线性调整率。

LMQ644xx 系列还提供 4A 通道和 5A 通道版本。请参阅表 1-1 了解更多信息。

表 1-1. LMQ644xx 系列同步降压直流/直流转换器

器件型号	V _{IN} 范围	启动电压	最大 I _{OUT} (单相、双路输出)	最大 I _{OUT} (双相、单路输出)
LMQ64480-Q1	3.0V 至 36V	3.8V	4A	8A
LMQ644A0-Q1	3.0V 至 36V	3.8V	5A	10A
LMQ644A2-Q1	3.0V 至 36V	3.8V	6A	12A

LMQ644A2-Q1 六相参考设计是一款采用同步整流实现高转换效率的高密度汽车同步降压直流/直流稳压器。它需要最低 3.8V 的启动电压，启动后可在低至 3.0V 的电压下工作。该稳压器支持高达 36A 的输出电流，并允许采用最大 36V 的输入短时间运行。稳压器提供三种固定输出电压选项（2.5V、3.3V 和 5.0V）。当 J1 #1 - #2 短路时，默认配置为 3.3V。对于 5V 输出，短接 J1 #2 - #3。对于 2.5V 输出，将 J1 开路并短接 J7。

该稳压器设计使用 LMQ644A2-Q1 36V 低 I_Q 双路同步降压直流/直流转换器，具有以下特性：

- 宽输入电压范围，低 V_{IN} 时具有压降模式
- 低关断和待机 I_Q
- 可编程开关频率范围为 100kHz 至 2.2MHz
- 集成式低 R_{DS(on)} MOSFET
- 可选展频调制
- 集成 V_{IN} 电容器
- 逐周期电流限制，具有断续模式过载保护功能

LMQ644A2-Q1 采用尺寸为 5mm × 4mm 的 25 引脚 WQFN 封装。有关更多信息，请参阅 [LMQ644A2-Q1 3V 至 36V、12A 低 I_Q 双路同步降压直流/直流转换器](#) 数据表。

内容

1 引言	4
1.1 特性和电气性能.....	4
2 设计规格	5
3 应用电路图和工作配置表	6
4 顶部和底部电路板视图	7
5 测试数据和性能曲线	9
5.1 转换效率.....	9
5.2 工作波形.....	10
5.3 热性能.....	16
5.4 CISPR 25 EMI 性能.....	17
6 EVM 文档	19
6.1 原理图.....	19
6.2 物料清单.....	21
6.3 PCB 布局.....	23
7 四相配置	29
7.1 四相开关.....	29
8 器件和文档支持	30
8.1 器件支持.....	30
8.2 文档支持.....	30

插图清单

图 3-1. LMQ644A2-Q1 六相同步降压稳压器图.....	6
图 4-1. 顶视图 (113mm x 90mm).....	7
图 4-2. 底视图 (113mm x 90mm).....	8
图 5-1. 效率, $V_{OUT} = 2.5V$ (FPWM 模式).....	9
图 5-2. 效率, $V_{OUT} = 2.5V$ (自动模式).....	9
图 5-3. 效率, $V_{OUT} = 3.3V$ (FPWM 模式).....	9
图 5-4. 效率, $V_{OUT} = 3.3V$ (自动模式).....	9
图 5-5. 效率, $V_{OUT} = 5.0V$ (FPWM 模式).....	10
图 5-6. 效率, $V_{OUT} = 5.0V$ (自动模式).....	10
图 5-7. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 2A$, FPWM 模式.....	10
图 5-8. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 0A$, 自动模式.....	11
图 5-9. 电感器电流, $V_{IN} = 24V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, FPWM 模式.....	11
图 5-10. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, FPWM, 18A 至 36A (1A/us).....	12
图 5-11. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, FPWM, 18A 至 36A (1A/us).....	12
图 5-12. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, FPWM, 18A 至 36A (1A/us).....	13
图 5-13. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$	13
图 5-14. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$	14
图 5-15. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$	14
图 5-16. 启动, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$ 电气负载.....	15
图 5-17. 关断, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$ 电气负载.....	15
图 5-18. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-19. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-20. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-21. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-22. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-23. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	16
图 5-24. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	17
图 5-25. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	17
图 5-26. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流.....	17
图 5-27. CISPR 25 5 类传导发射图, 150kHz 至 30MHz (RBW = 9kHz), $V_{IN} = 24V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 启用展频.....	18
图 5-28. CISPR 25 5 类传导发射图, 30MHz 至 108MHz (RBW = 120kHz), $V_{IN} = 24V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 启用展频.....	18
图 6-1. 原理图 - 主体.....	19
图 6-2. 原理图 - 跳线、测试点、EMI 滤波器.....	20
图 6-3. 顶层铜 (顶视图).....	23

图 6-4. 第 2 层铜 (顶视图)	24
图 6-5. 第 3 层铜 (顶视图)	25
图 6-6. 第 4 层铜 (顶视图)	26
图 6-7. 第 5 层铜 (顶视图)	27
图 6-8. 底层铜 (顶视图)	28
图 7-1. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, FPWM 模式	29

表格清单

表 1-1. LMQ644xx 系列同步降压直流/直流转换器	1
表 2-1. 电气性能特性	5
表 3-1. 工作配置表	6
表 6-1. 物料清单	21
表 7-1. 四相评估的电路板修改	29

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

LMQ644A2QEVM-S400-6PH 旨在使用 3V 至 36V 的高压输入轨 (请参阅表 2-1 了解更多信息) 在高达 36A 的负载电流下产生稳压输出电压。这种宽 V_{IN} 范围解决方案涵盖 12V 汽车电池输入, 并提供工作裕度用于承受电池电压瞬态。每相位开关频率为 400kHz, 可根据需要与更高或更低的频率同步。

1.1 特性和电气性能

- 提供三种输出电压选项 (2.5V、3.3V 和 5.0V)
- 3V 至 36V 的宽输入工作电压范围 (启动所需电压最低为 3.8V)
- 采用六相配置实现小输入和输出电压纹波
- 支持外部时钟同步
- 在宽输入电压范围内可实现高效率
 - $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 时峰值为 95.2%
 - $V_{IN} = 24V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 时峰值为 93.4%
- 用于 EMI 滤波器评估的可选电源输入
- 可选强制 PWM (FPWM) 或自动模式
- 可选展频调制
- 集成式低 $R_{DS(ON)}$ MOSFET
- 具有断续模式过载保护功能的峰值电流限制
- 用户可调节软启动时间
- 用户可编程环路补偿
- 使用 100k Ω 上拉电阻器连接到 VCC 的电源正常指示器
- 经过验证的 6 层 PCB 布局
- 通过 CISPR-25 5 类 CE 认证

2 设计规格

表 2-1. 电气性能特性

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} ⁽³⁾	工作 ⁽²⁾		3	12	20	V
	瞬变		3		36	
空载时的输入电流, $I_{IN(NL)}$	$I_{OUT} = 0A$, 自动模式 (移除了阻性漏电流路径)	$V_{IN} = 9V$	49		uA	
		$V_{IN} = 12V$	38			
		$V_{IN} = 16V$	28			
输入电流 (禁用), $I_{IN(OFF)}$	$V_{EN} = 0V$ (移除了阻性漏电流路径)	$V_{IN} = 12V$	2.8		μA	
输出特性						
输出电压, V_{OUT} ⁽¹⁾			3.135	3.3	3.465	V
输出电流 I_{OUT}	$V_{IN} = 3.8V$ 至 $20V$		0		36	A
输出电压调节, ΔV_{OUT}	负载调节	$I_{OUT} = 0A$ 至 $36A$	0.5%			
	线性调整率	$V_{IN} = 9V$ 至 $16V$	0.5%			
输出电压波纹, $V_{OUT(AC)}$	$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 36A$		20		mVrms	
软启动时间 t_{SS}	$C_{SS} = 100nF$		4		ms	
系统特点						
开关频率, F_{SW}	$V_{IN} = 12V$		320	400	480	kHz
满载效率 η_{FULL}	$I_{OUT} = 36A$	$V_{IN} = 8V$	91.6%			
		$V_{IN} = 12V$	91.5%			
		$V_{IN} = 16V$	90.9%			

- (1) 该设计的默认输出电压为 3.3V。效率和其他性能指标可能会根据工作输入电压、负载电流、外部连接的输出电容器和其他参数而变化。
(2) 运行时建议的空气流量为 200LFM。
(3) 2.5V V_{OUT} 对应的最小 V_{IN} 为 3.85V, 3.3V V_{OUT} 对应的 V_{IN} 为 4.23V, 5V V_{OUT} 对应的 V_{IN} 为 5.45V

3 应用电路图和工作配置表

图 3-1 所示为使用 LMQ644A2-Q1 的六相同步降压稳压器的典型图。每个器件的 SS、COMP 和 MODE/SYNC 连接在一起，共用相同的信息。主器件的 SYNC_OUT 连接到辅助器件的 SYNC，辅助器件的 SYNC_OUT 连接到三级器件的 SYNC，以通过相位交错同步三个器件。

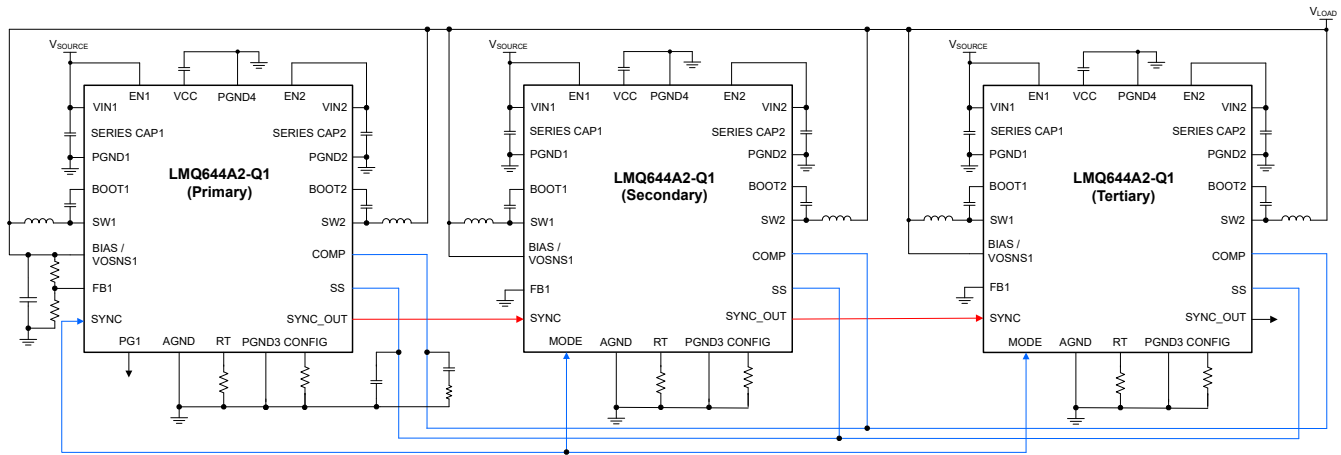


图 3-1. LMQ644A2-Q1 六相同步降压稳压器图

表 3-1 介绍了 LMQ644A2-Q1 六相参考设计的跳线和输入端子配置

表 3-1. 工作配置表

工作条件	配置
3.3V 输出	J1 #1-#2 短路, J7 开路
5.0 V 输出	J1 #2-#3 短路, J7 开路
2.5 V 输出	J1 开路, J7 短路
启用抖动	J4 #2-#3 短路
抖动禁用	J4 #1-#2 短路
自动模式	J2 #1-#2 短路
FPWM 模式	J2 #2-#3 短路
全局使能	J8 #2-#3 短路
全局禁用	J8 #1-#2 短路
EMI 旁路	对 T3 应用正电源输入, 对 T4 应用负电源输入
EMI 输入	断开 T3 和 T4, 将 LISN(+) 连接到底部的 VIN_EMI 焊盘, 将 LISN(-) 连接到底部的 GND 焊盘

4 顶部和底部电路板视图

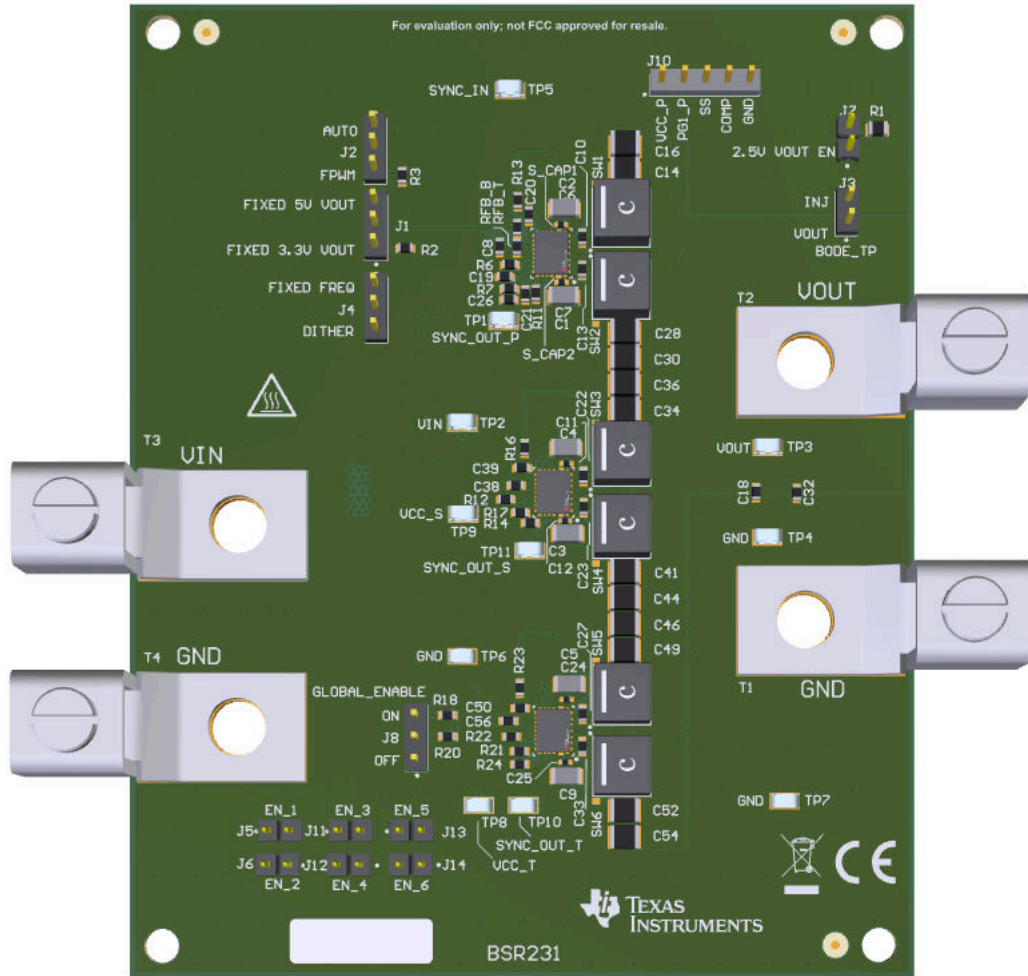


图 4-1. 顶视图 (113mm x 90mm)

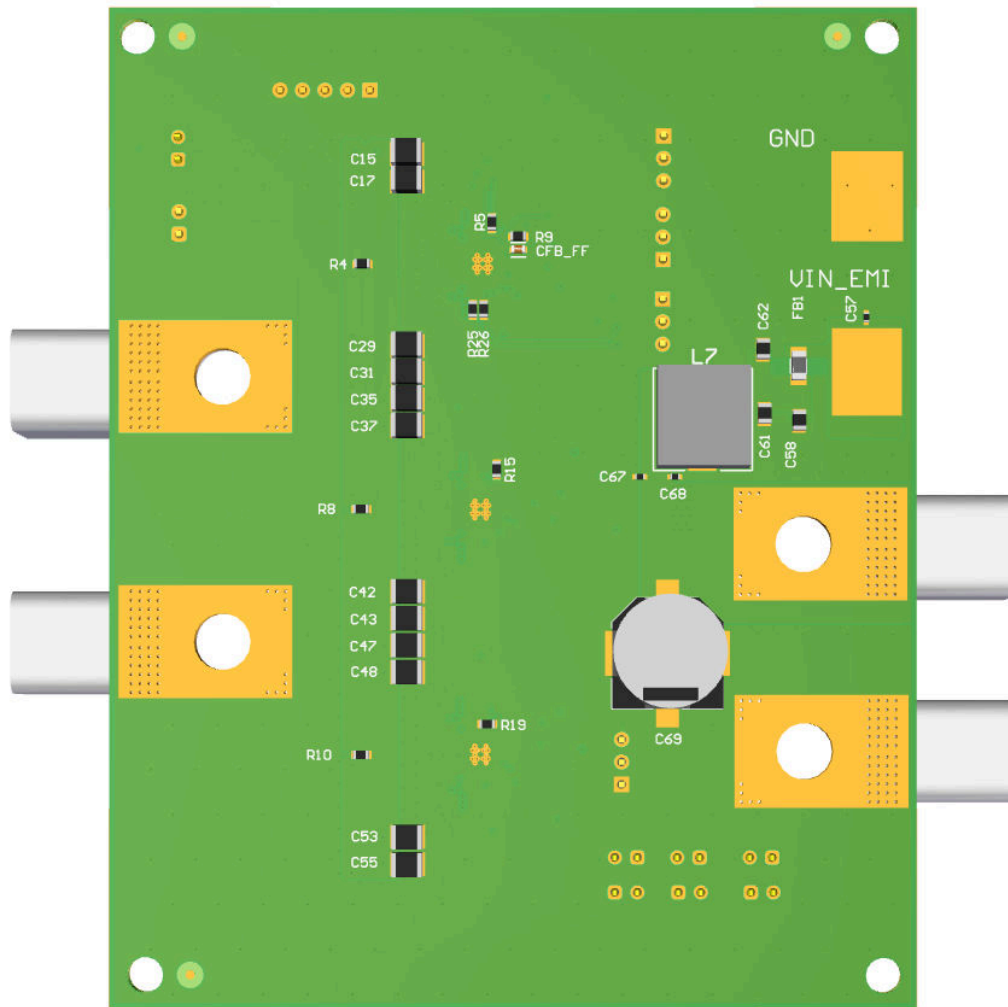



图 4-2. 底视图 (113mm x 90mm)

	CAUTION
	<p>Caution Hot surface. Contact may cause burns. Do not touch.</p>

5 测试数据和性能曲线

5.1 转换效率

效率是在室温下使用外部 UVLO 电阻分压器测量的。

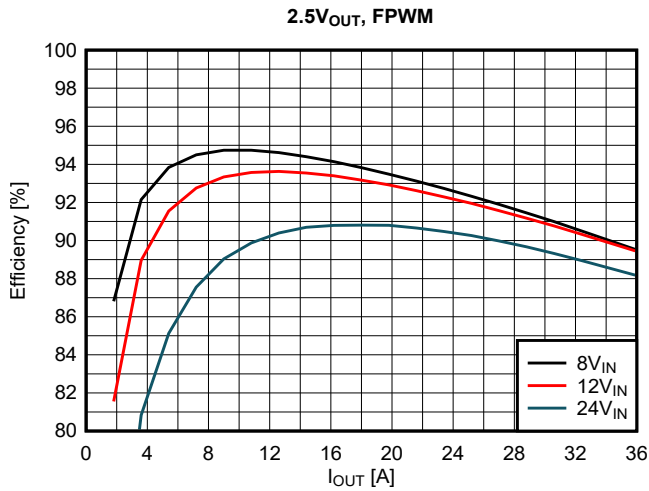


图 5-1. 效率, $V_{OUT} = 2.5V$ (FPWM 模式)

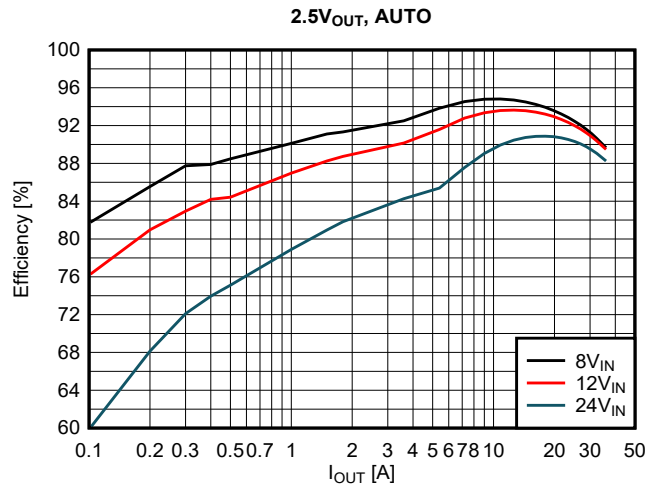


图 5-2. 效率, $V_{OUT} = 2.5V$ (自动模式)

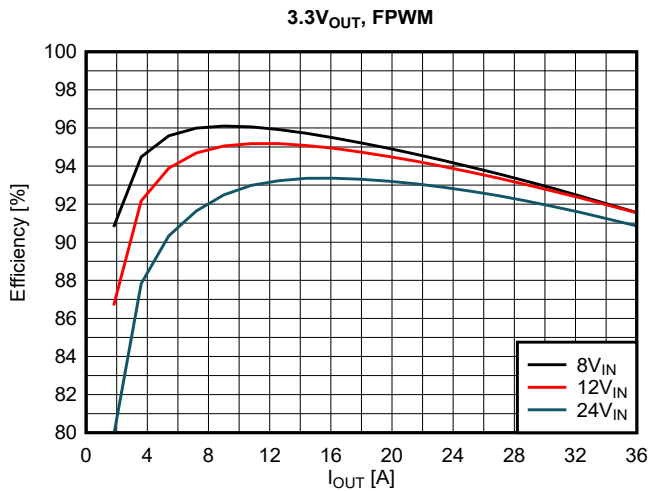


图 5-3. 效率, $V_{OUT} = 3.3V$ (FPWM 模式)

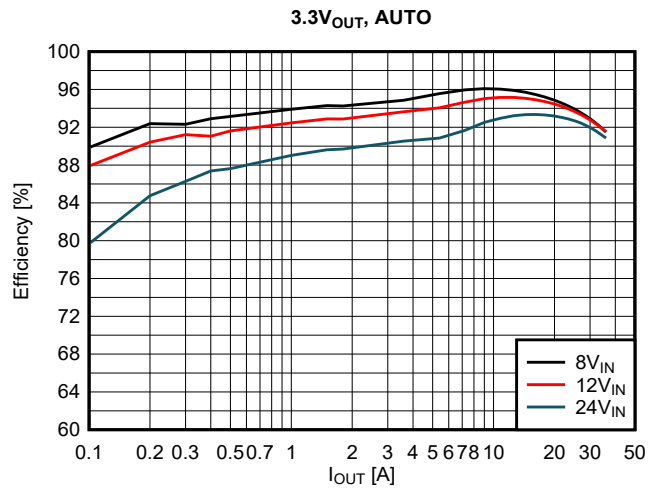


图 5-4. 效率, $V_{OUT} = 3.3V$ (自动模式)

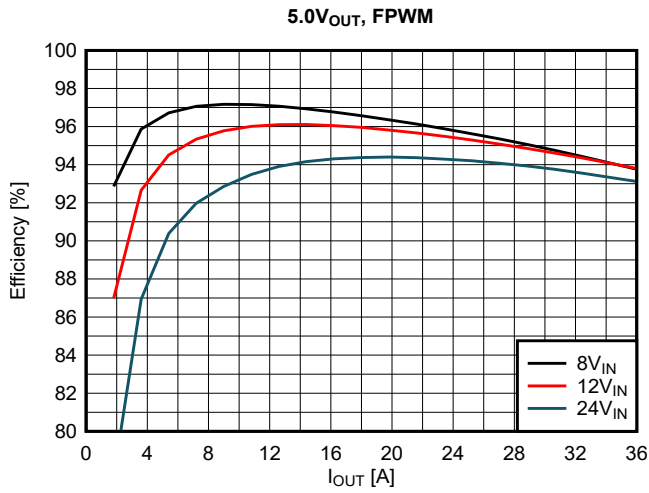


图 5-5. 效率， $V_{OUT} = 5.0V$ (FPWM 模式)

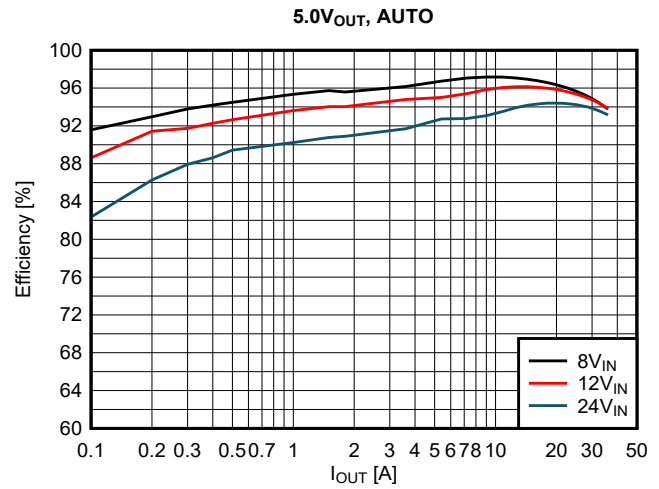


图 5-6. 效率， $V_{OUT} = 5.0V$ (自动模式)

5.2 工作波形

5.2.1 六相开关



图 5-7. SW 节点电压， $V_{IN} = 12V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $I_{OUT} = 2A$ ，FPWM 模式

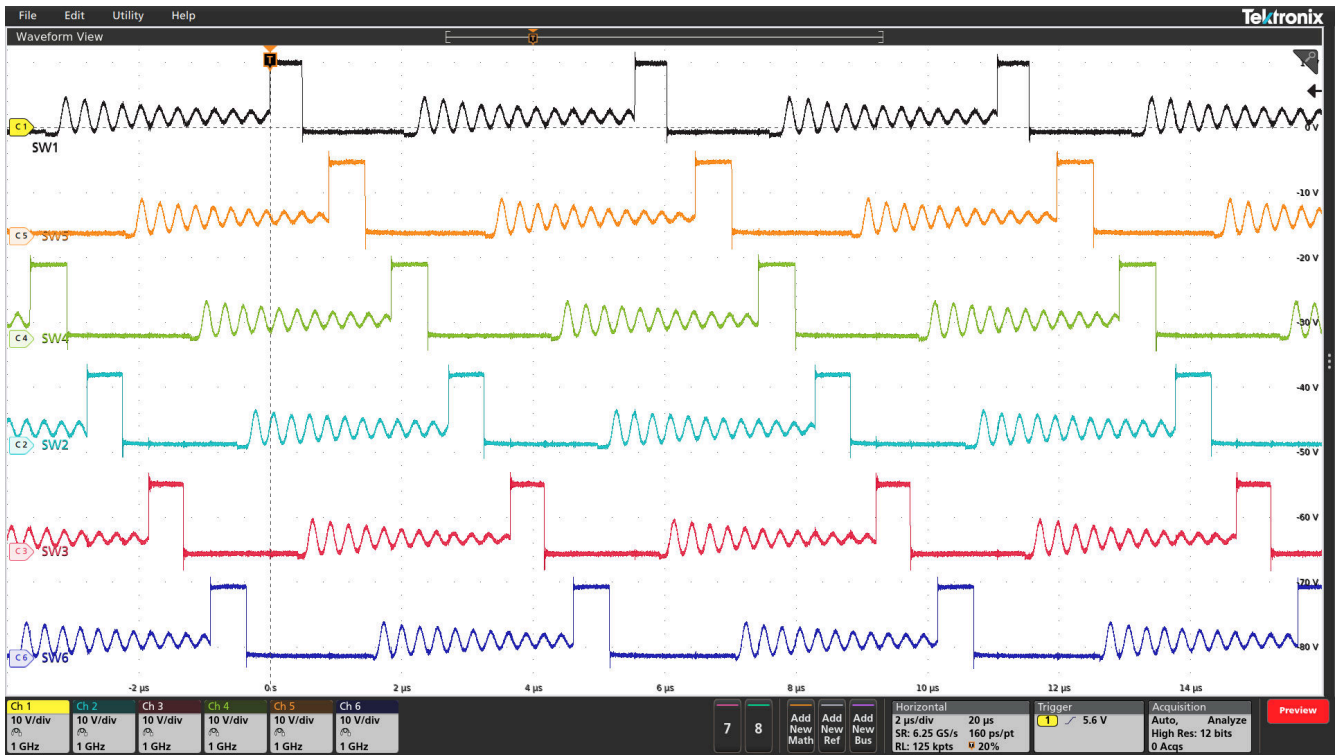


图 5-8. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 0A$, 自动模式

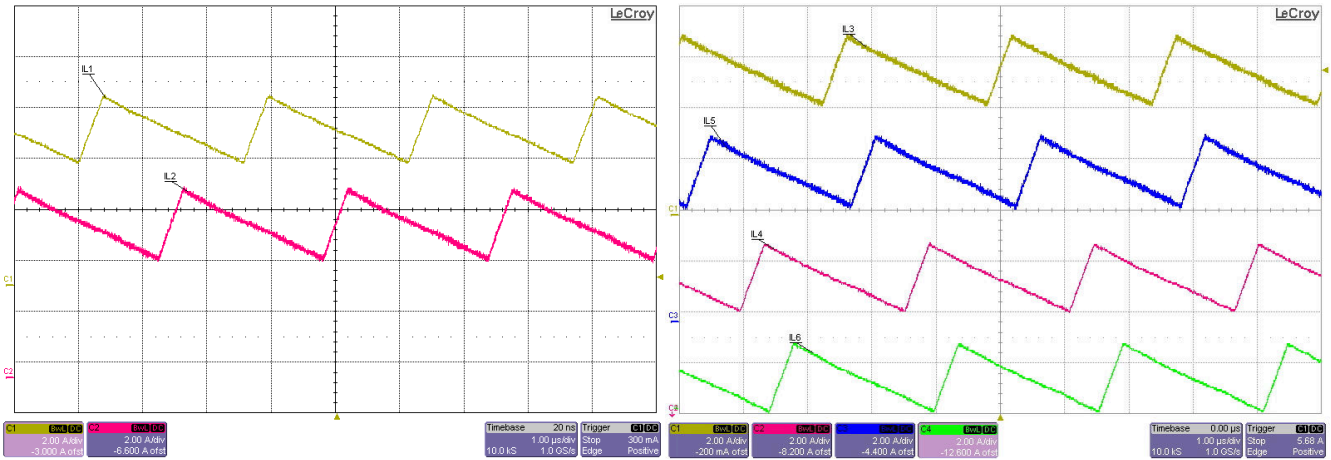


图 5-9. 电感器电流, $V_{IN} = 24V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, FPWM 模式

5.2.2 负载瞬态响应

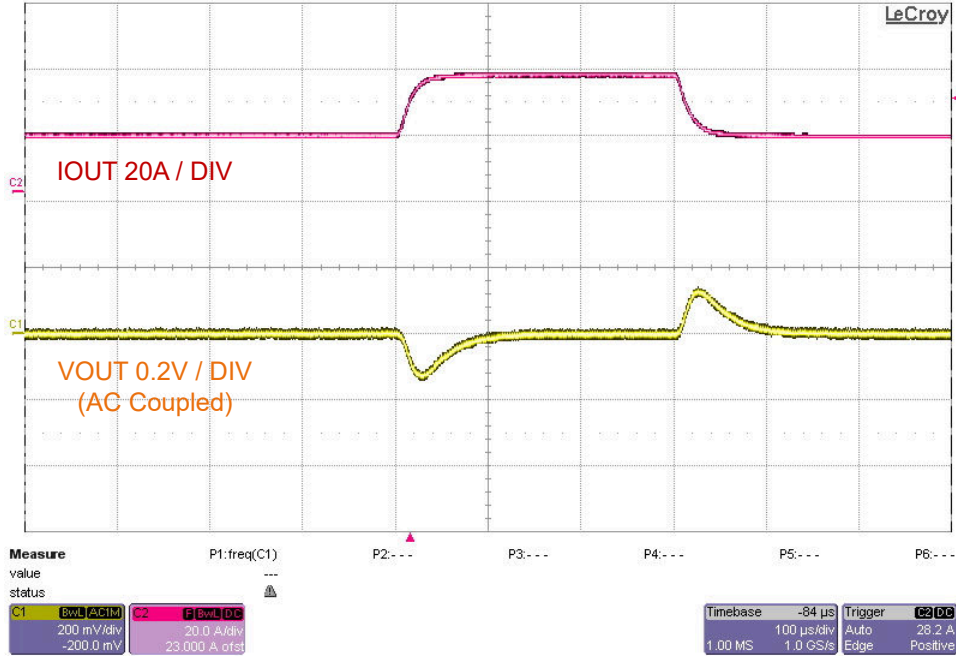


图 5-10. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, FPWM , 18A 至 36A (1A/us)

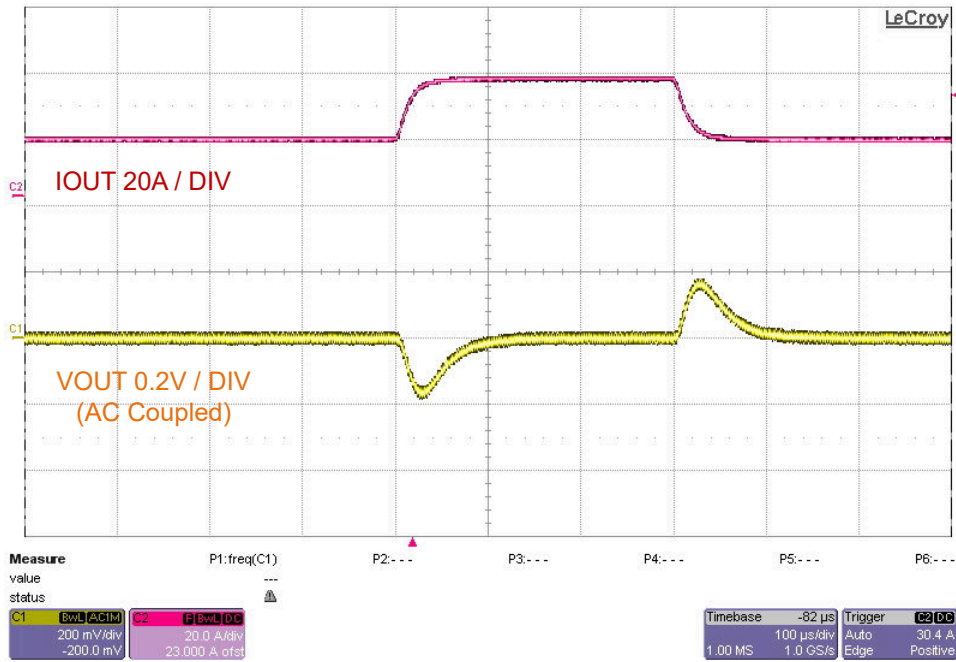


图 5-11. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, FPWM , 18A 至 36A (1A/us)

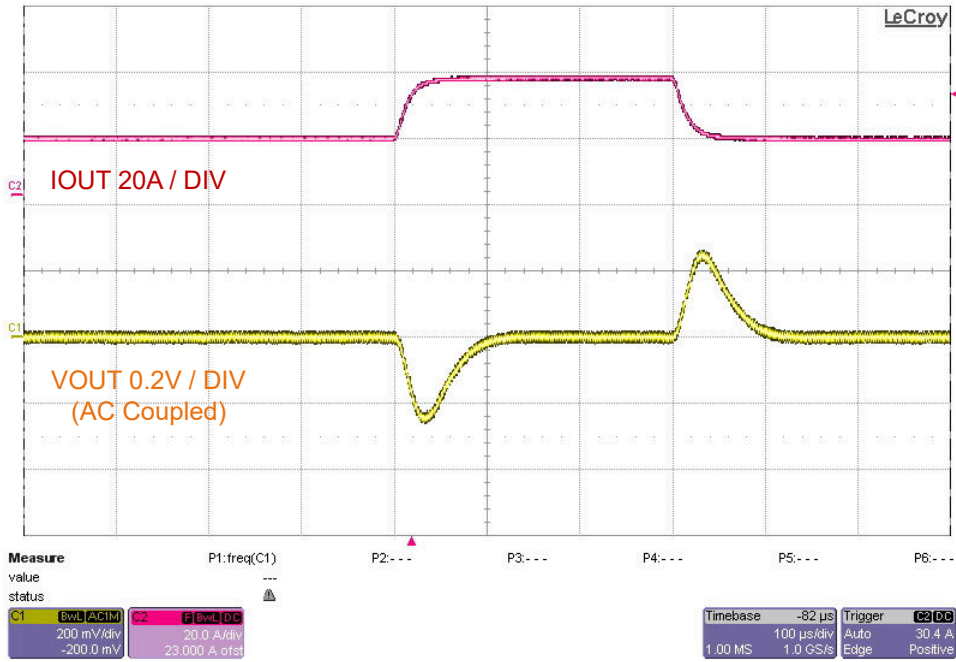


图 5-12. $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, FPWM , 18A 至 36A (1A/us)

5.2.3 环路响应

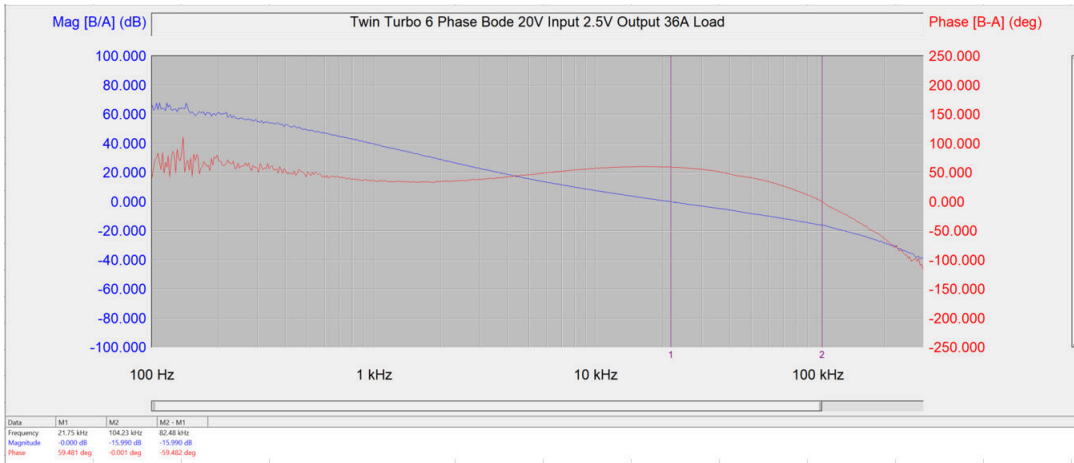


图 5-13. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$

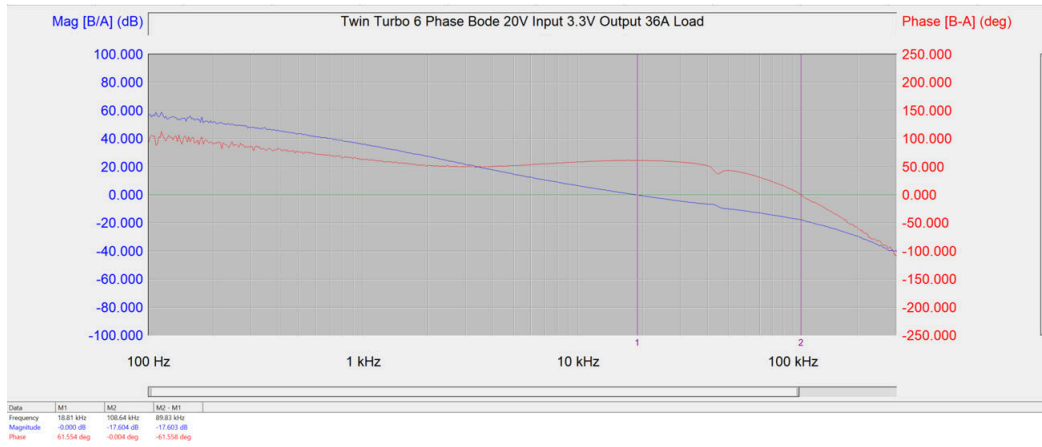


图 5-14. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$

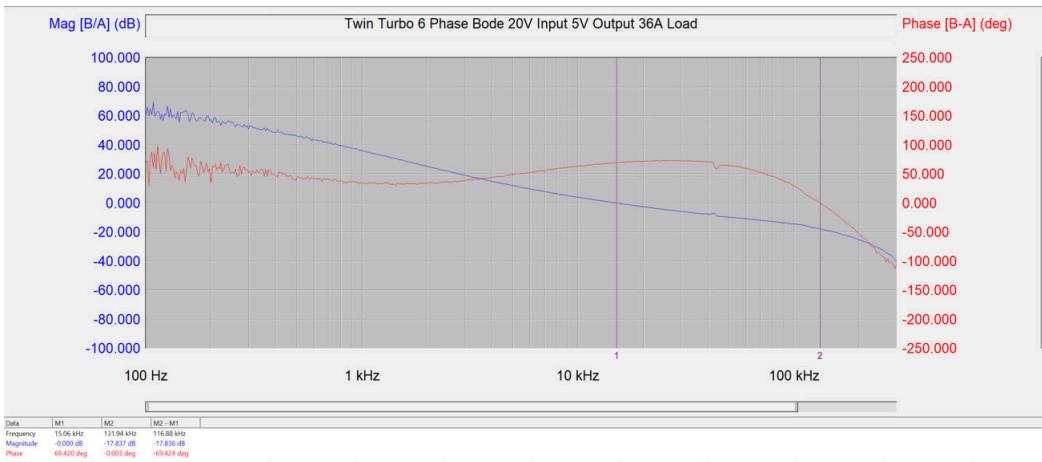


图 5-15. $V_{IN} = 20V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$

5.2.4 启动/关断

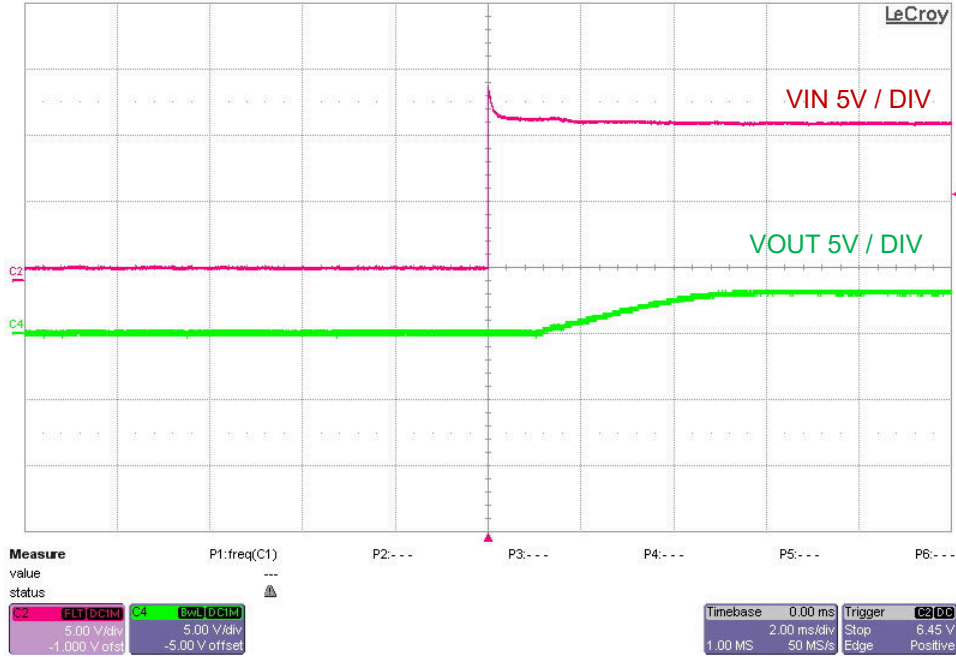


图 5-16. 启动, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$ 电气负载

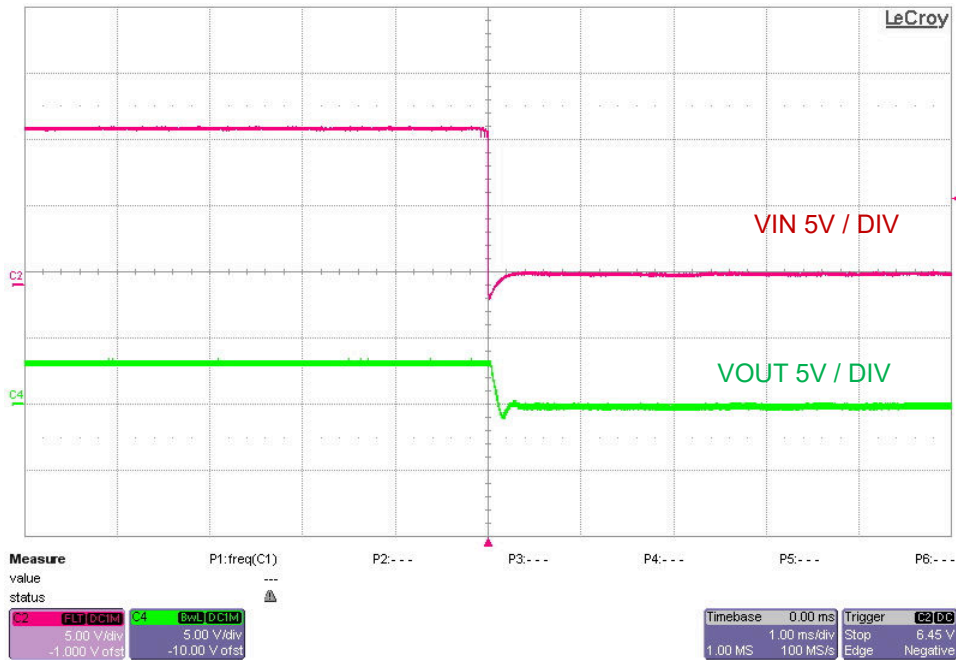


图 5-17. 关断, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$ 电气负载

5.3 热性能

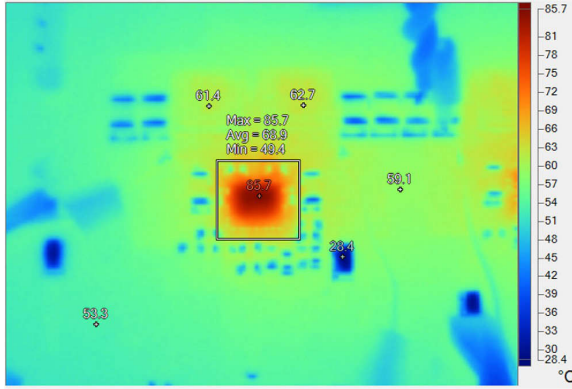


图 5-18. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

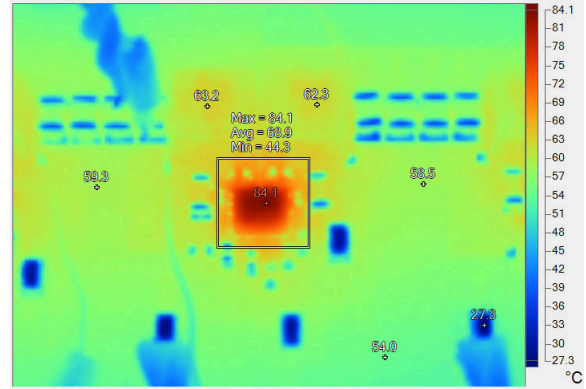


图 5-19. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

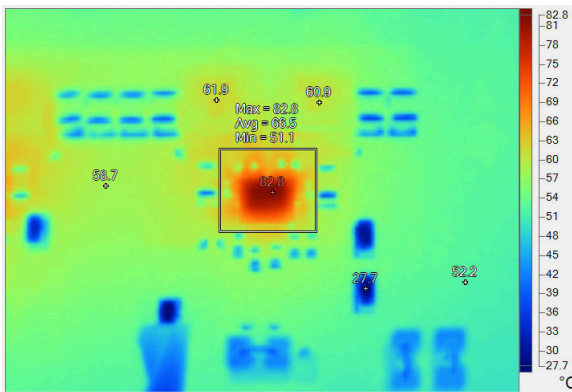


图 5-20. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 2.5V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

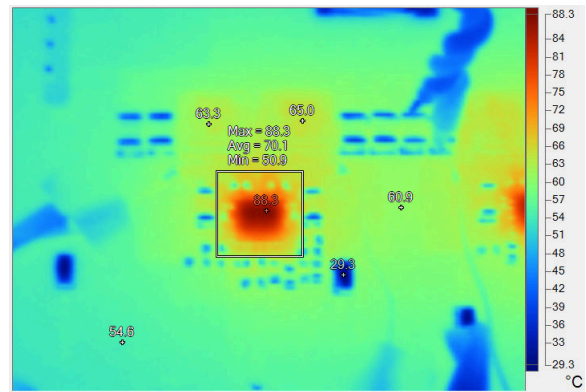


图 5-21. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

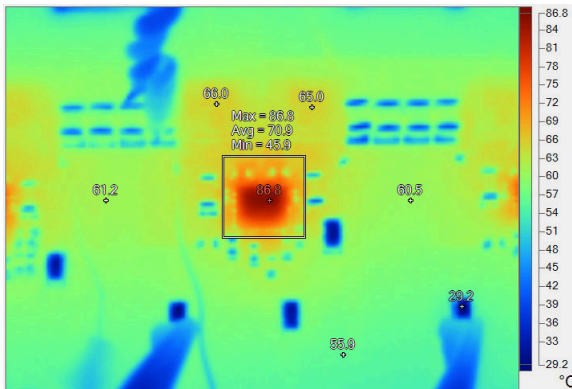


图 5-22. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

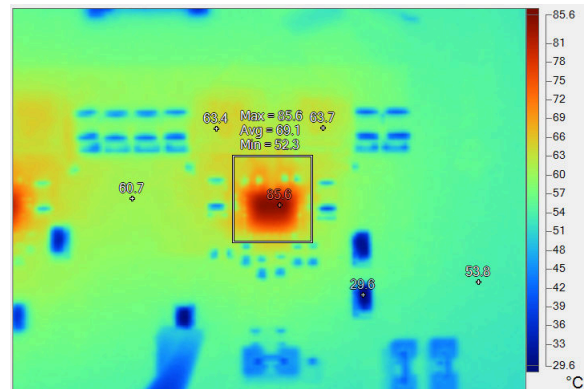


图 5-23. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

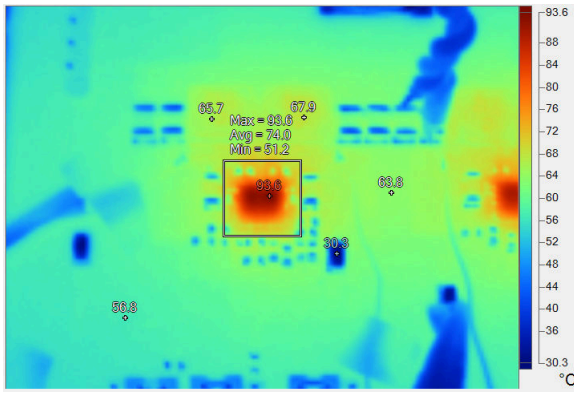


图 5-24. U1 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

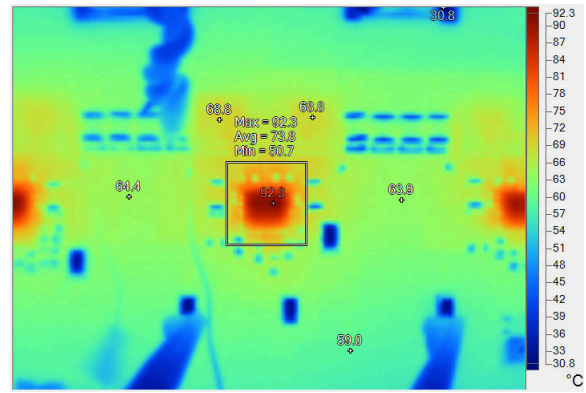


图 5-25. U2 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

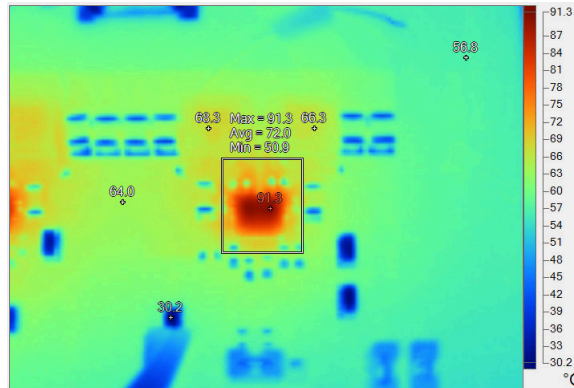


图 5-26. U3 热性能, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5.0V$, $I_{OUT} = 36A$, 自由对流空气流

5.4 CISPR 25 EMI 性能

测试时使用 EMI 滤波器 (GCM155R71H104KE2D (C57、C67、C68)、C2012X7R1V225K085AC (C58、C61、C620)、7427930(FB1)、SER1052-102MLB(L7))

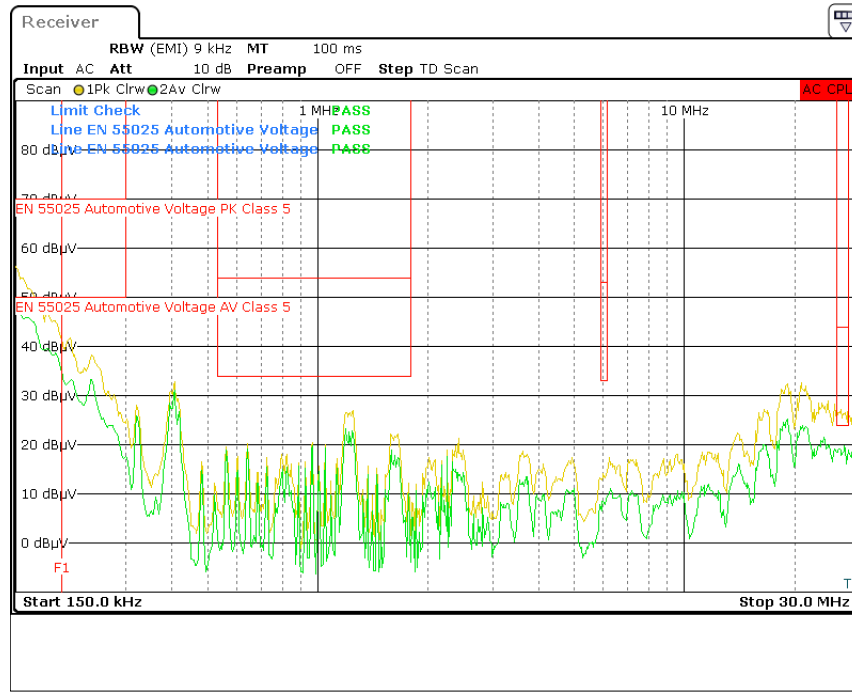


图 5-27. CISPR 25 5 类传导发射图，150kHz 至 30MHz (RBW=9kHz)， $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $I_{OUT} = 36A$ ，启用展频

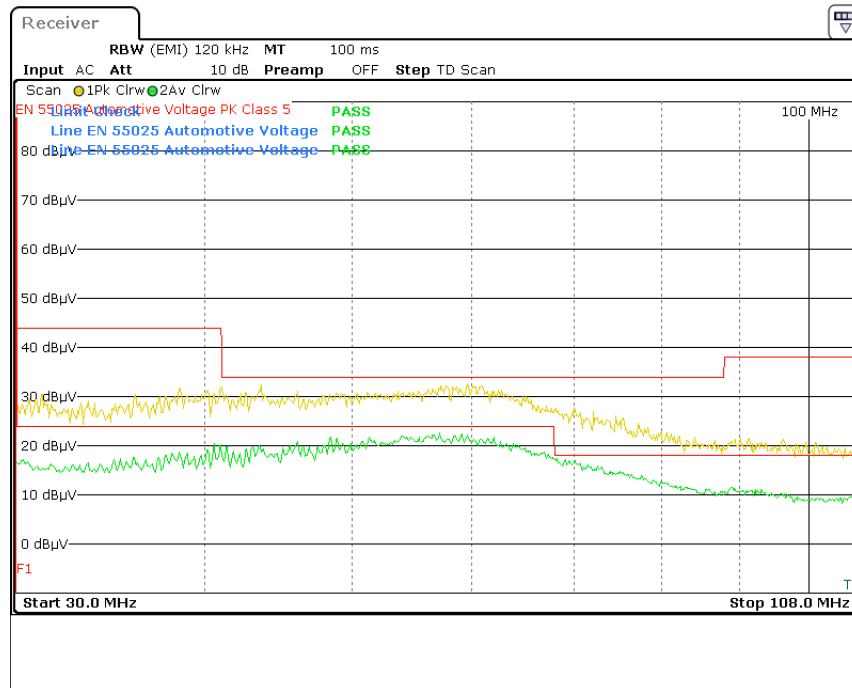


图 5-28. CISPR 25 5 类传导发射图，30MHz 至 108MHz (RBW=120kHz)， $V_{IN} = 24V$ ， $V_{OUT} = 3.3V$ ， $I_{OUT} = 36A$ ，启用展频

6 EVM 文档

6.1 原理图

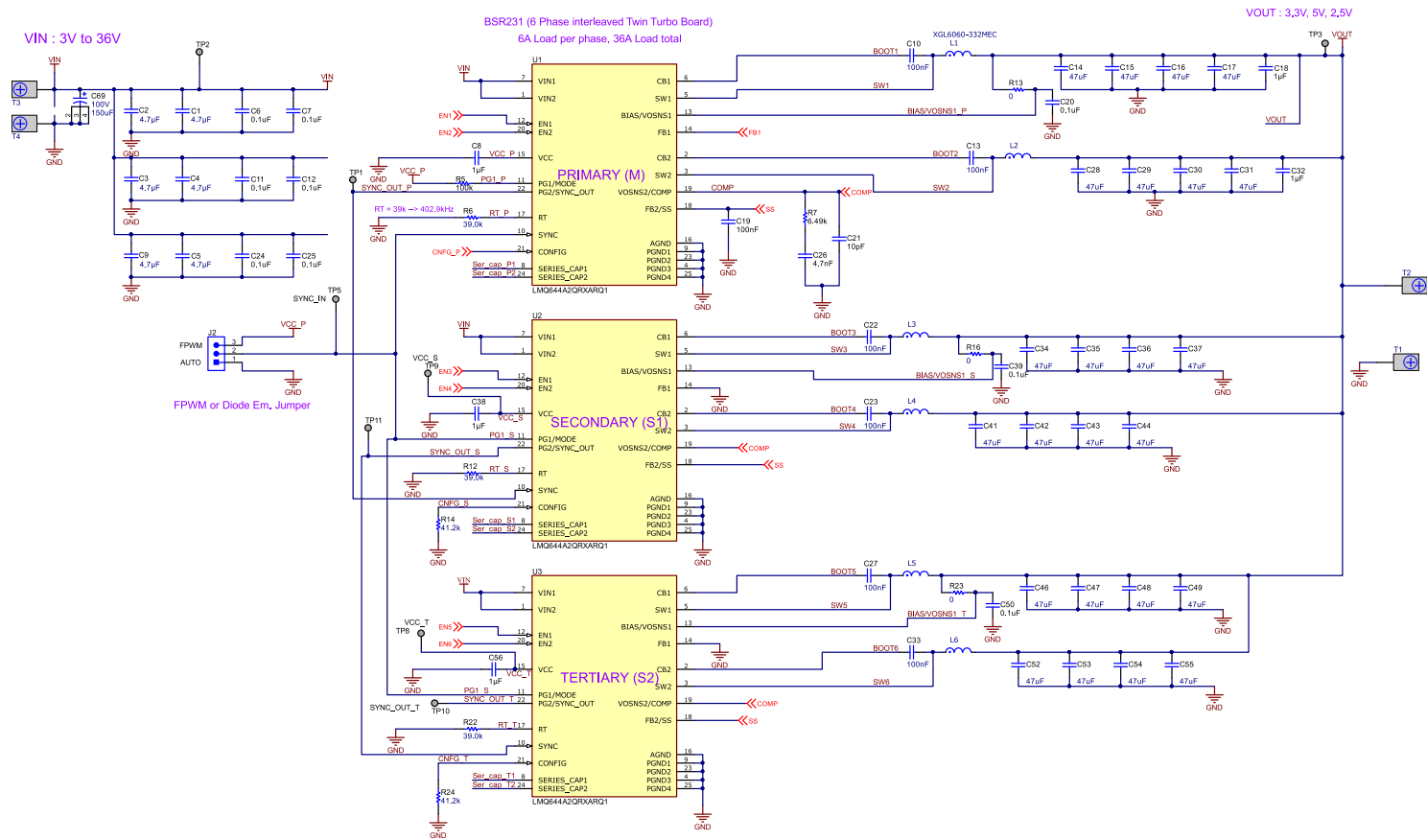


图 6-1. 原理图 - 主体

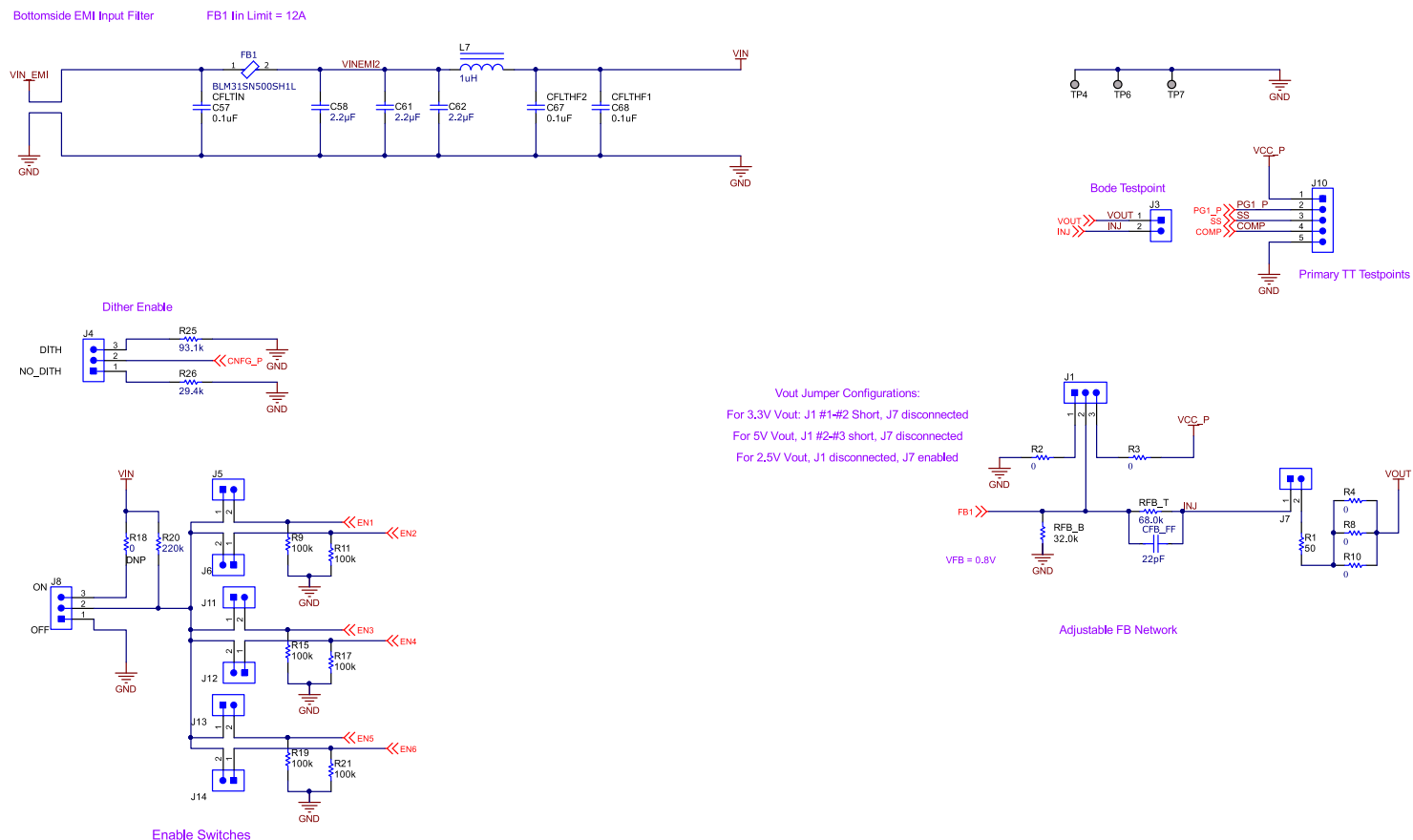


图 6-2. 原理图 - 跳线、测试点、EMI 滤波器

6.2 物料清单

表 6-1. 物料清单

数量	参考标识符	说明	器件型号	制造商
6	C1、C2、C3、C4、C5、C9	电容, 陶瓷, 4.7μF, 50V, +/-10%, X7R, 1206	C3216X7R1H475K160AE	TDK
9	C6、C7、C11、C12、C24、C25、C57、C67、C68	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM155R71H104KE02D	MuRata
3	C8、C38、C56	电容, 陶瓷, 1uF, 16V, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM188R71C105MA64D	Murata
6	C10、C13、C22、C23、C27、C33	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E2X7R1H104K080AA	TDK
24	C14、C15、C16、C17、C28、C29、C30、C31、C34、C35、C36、C37、C41、C42、C43、C44、C46、C47、C48、C49、C52、C53、C54、C55	电容, 陶瓷, 47uF, 10V, +/-20%, X7R, 1210	LMK325B7476MM-TR	Taiyo Yuden
2	C18、C32	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM188R71E105KA64D	Murata
1	C19	电容, 陶瓷, 0.1uF, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM188R71C104KA37J	MuRata
3	C20、C39、C50	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X5R, 0603	C1608X5R1H104K080AA	TDK
1	C21	电容, 陶瓷, 10pF, 100V, +/-5%, COG/NP0, 0603	GRM1885C2A100JA01D	MuRata
1	C26	电容, 陶瓷, 4700pF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM188R71H472KA37D	MuRata
3	C58、C61、C62	电容, 陶瓷, 2.2uF, 35V, +/-10%, X7R, 0805	C2012X7R1V225K085AC	TDK
1	C69	电容, 铝, 100uF, 100V, +/- 20%, AEC-Q200 2 级, SMD	MAL215099907E3	Vishay-Bccomponents
1	CFB_FF	电容, 陶瓷, 22pF, 100V, COG 5%, 焊盘 SMD 0603 125°C, 汽车 T/R	GCM1885C2A220JA16D	Murata Electronics North America
1	FB1	芯片铁氧体磁珠阵列, 1206, 50 Ω (100MHz), 0.0016 Ω, 25%, 12A	BLM31SN500SH1L	Murata
8	H1、H2、H3、H4	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	1902C	Keystone
8	H5、H6、H7、H8	螺钉, 盘头, 4-40/3/8", 尼龙	NY PMS 440 0038 PH	B&F Fastener Supply
4	J1、J2、J4、J8	接头, 100mil, 3x1, 金, TH	PBC03SAAN	Sullins Connector Solutions
1	J3	插头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	TSW-102-07-G-S	Samtec
7	J5、J6、J7、J11、J12、J13、J14	接头, 2.54mm, 2x1, 锡, TH	TSW-102-23-T-S	Samtec
1	J10	接头, 100mil, 5x1, 金, TH	HTSW-105-07-G-S	Samtec
6	L1、L2、L3、L4、L5、L6	屏蔽式功率电感器 3.3μH 20% 容差, 6.5m Ω 16.6A	XGL6060-332MEC	Coilcraft
1	L7	电感器, 屏蔽 E 型磁芯, 铁氧体, 1μH, 16.3A, 0.004 欧姆, SMD	SER1052-102MLB	Coilcraft
1	R1	电阻, 49.9, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	CRCW080549R9FKEA	Vishay-Dale
9	R2、R3、R4、R8、R10、R13、R16、R18、R23	电阻, 0, 0%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 0603	PMR03EZPJ000	Rohm
7	R5、R9、R11、R15、R17、R19、R21	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
3	R6、R12、R22	电阻, 39.0k Ω, 0.1%, 0.1W, 0603	RG1608P-393-B-T5	Susumu Co Ltd
1	R7	电阻, 6.49k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06036K49FKEA	Vishay-Dale
2	R14, R24	电阻, 41.2k Ω, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0741K2L	Yageo
1	R20	电阻, 220k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07220KL	Yageo
1	R25	电阻, 93.1k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0793K1L	Yageo
1	R26	电阻, 29.4k Ω, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0729K4L	Yageo America
1	RFB_B	电阻, 32.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0732KL	Yageo America
1	RFB_T	电阻, 68.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0768KL	Yageo

表 6-1. 物料清单 (续)

数量	参考标识符	说明	器件型号	制造商
11	SYNC_OUT_T、TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP9、TP11、VCC_T	测试引线夹和挂钩，SMT	S1751-46	Harwin
4	T1、T2、T3、T4	端子 70A 接线片	CXS70-14-C	Panduit
3	U1、U2、U3	LMQ644A2-Q1 3V 至 36V、12A、低 Iq 双路降压转换器	LMQ644A2QRXARQ1	德州仪器 (TI)

6.3 PCB 布局

顶部到底部的铜层展示了使用铜厚度为 2oz 的 6 层 PCB 的设计。

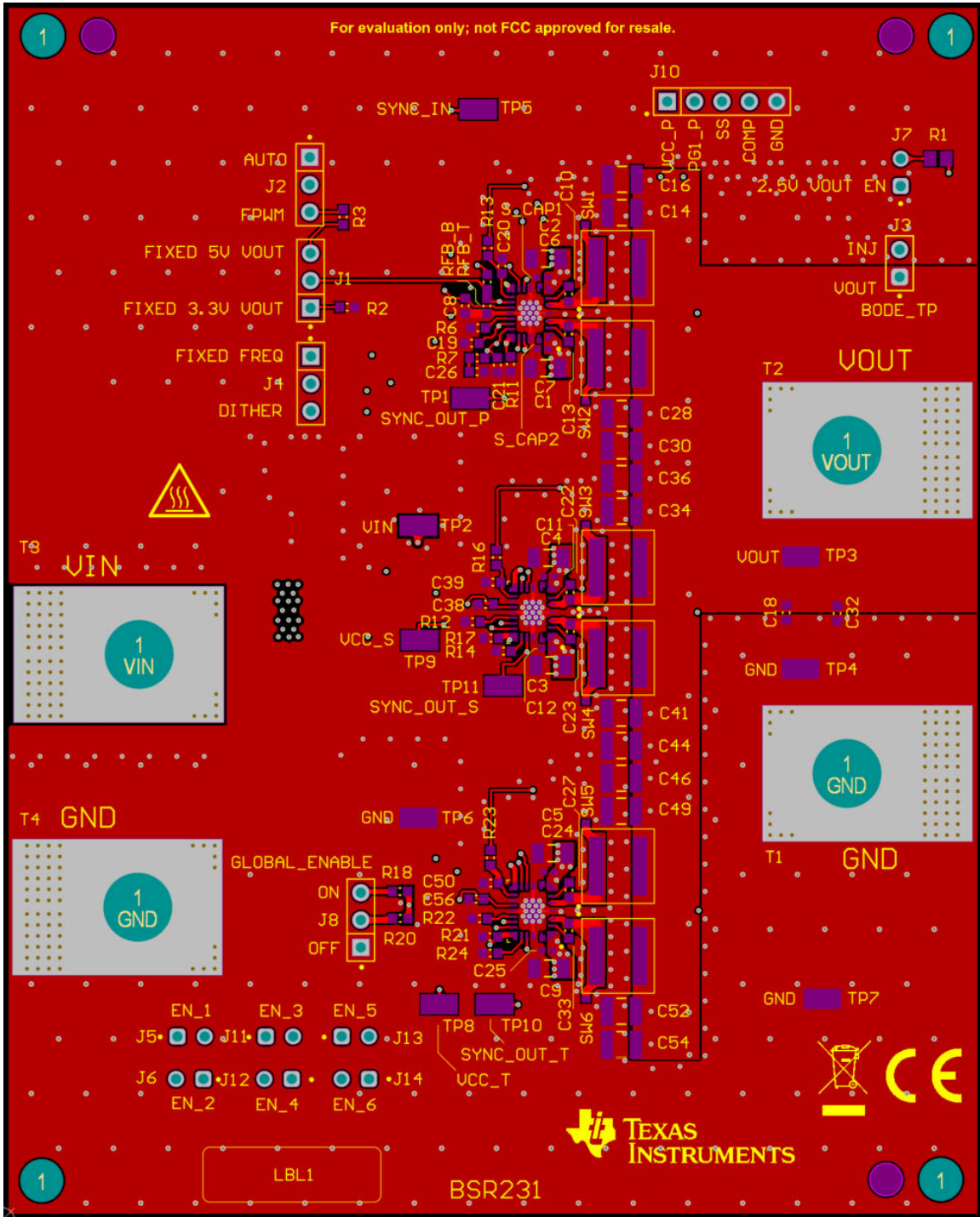


图 6-3. 顶层铜 (顶视图)

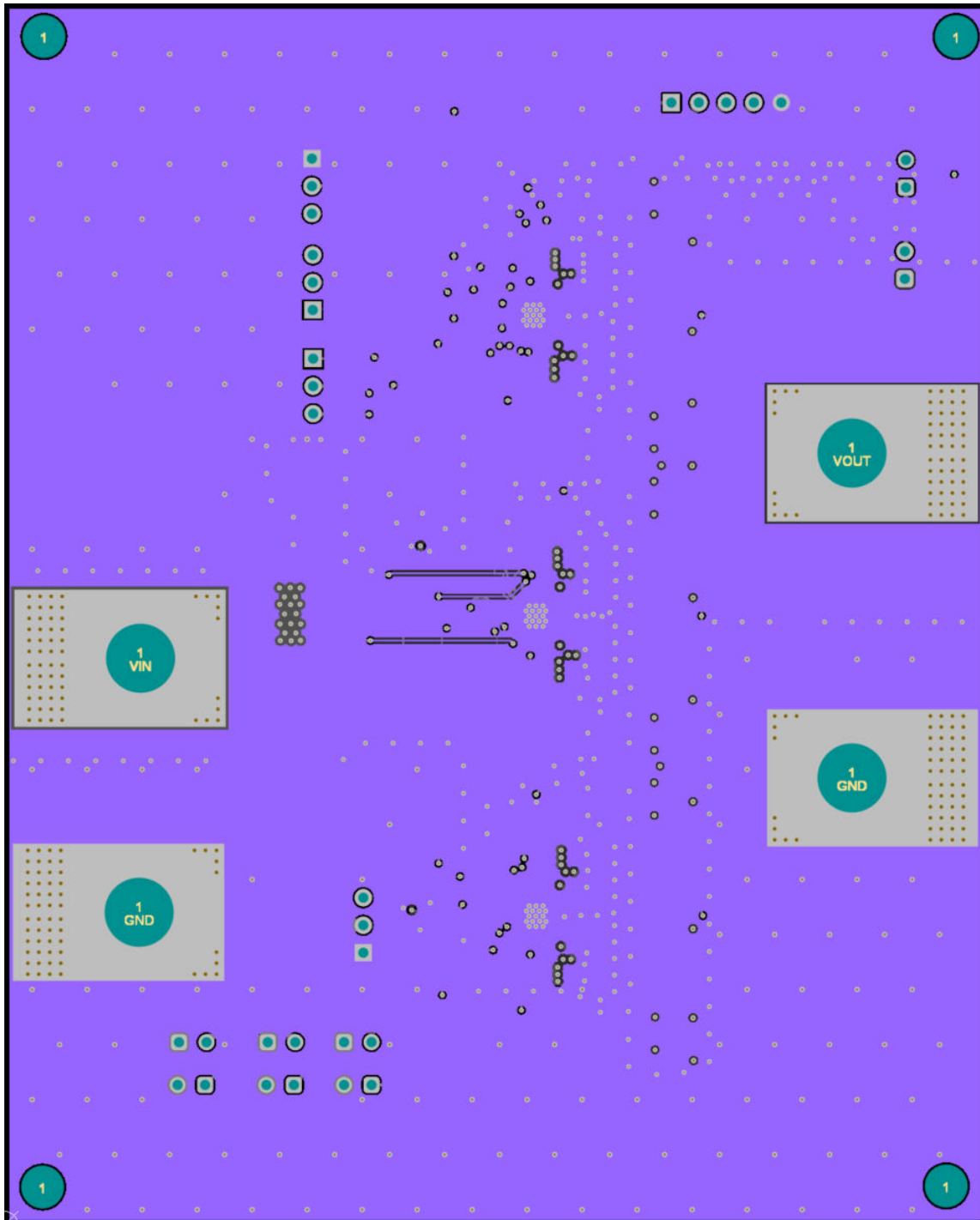


图 6-4. 第 2 层铜 (顶视图)

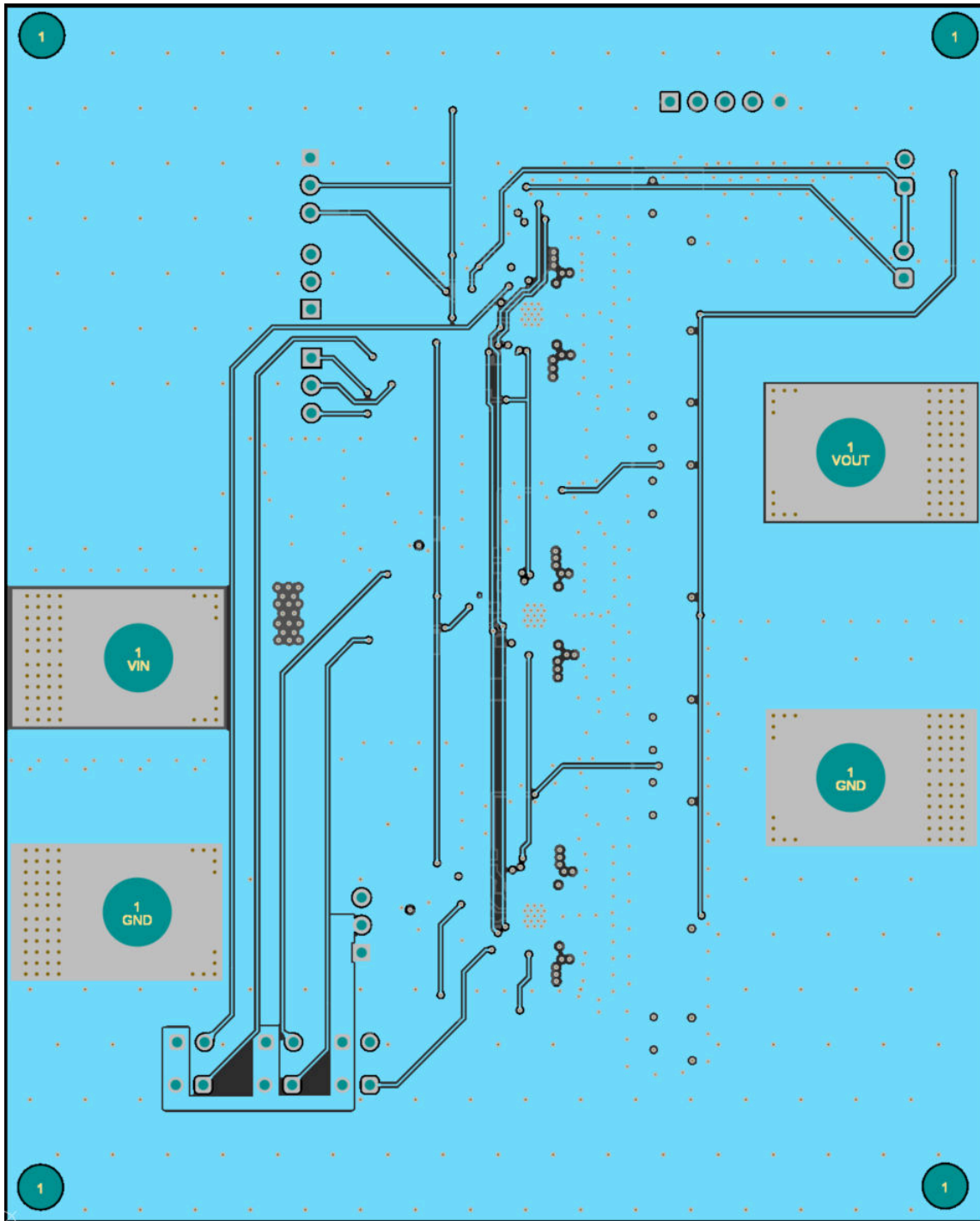


图 6-5. 第 3 层铜 (顶视图)

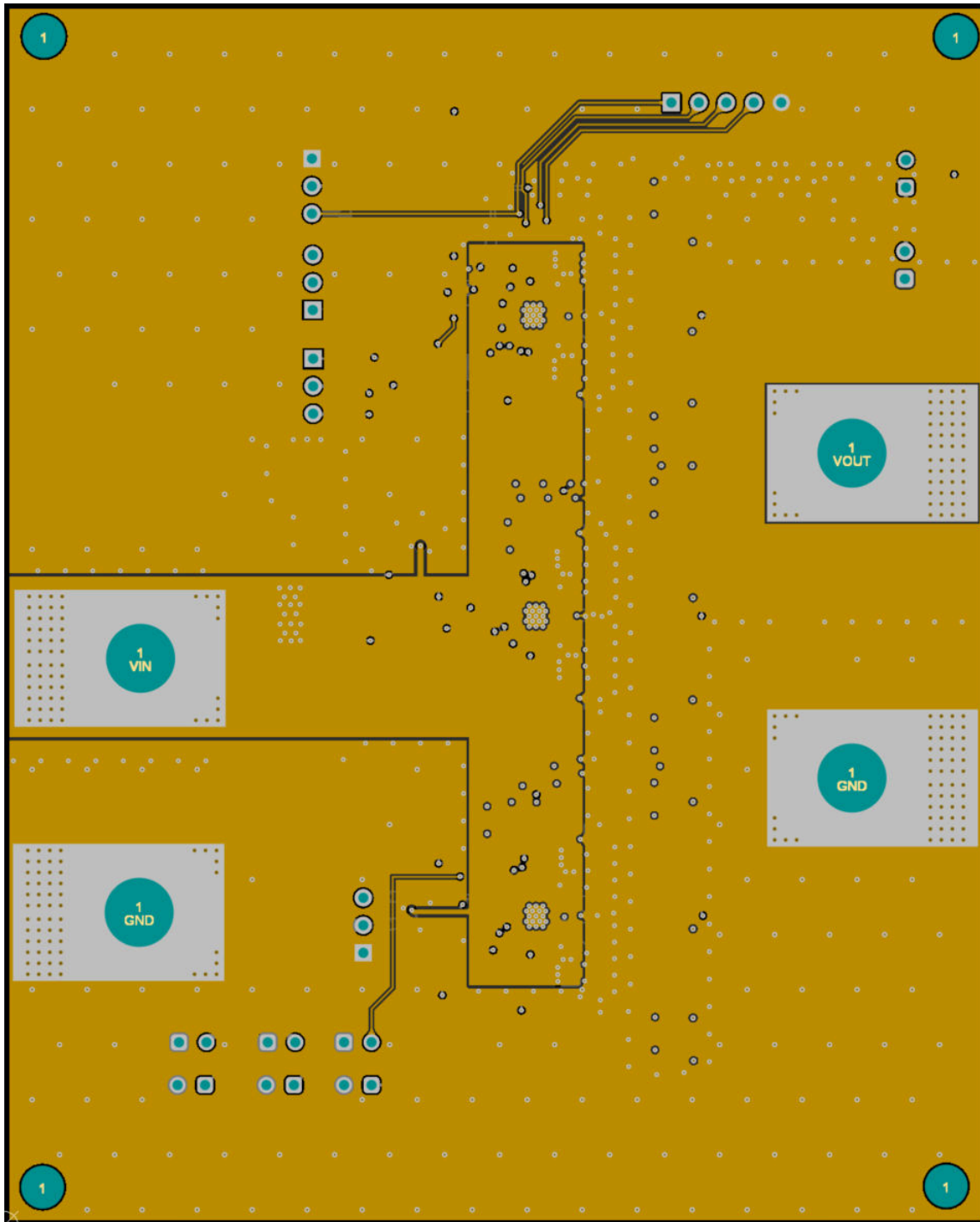


图 6-6. 第 4 层铜 (顶视图)

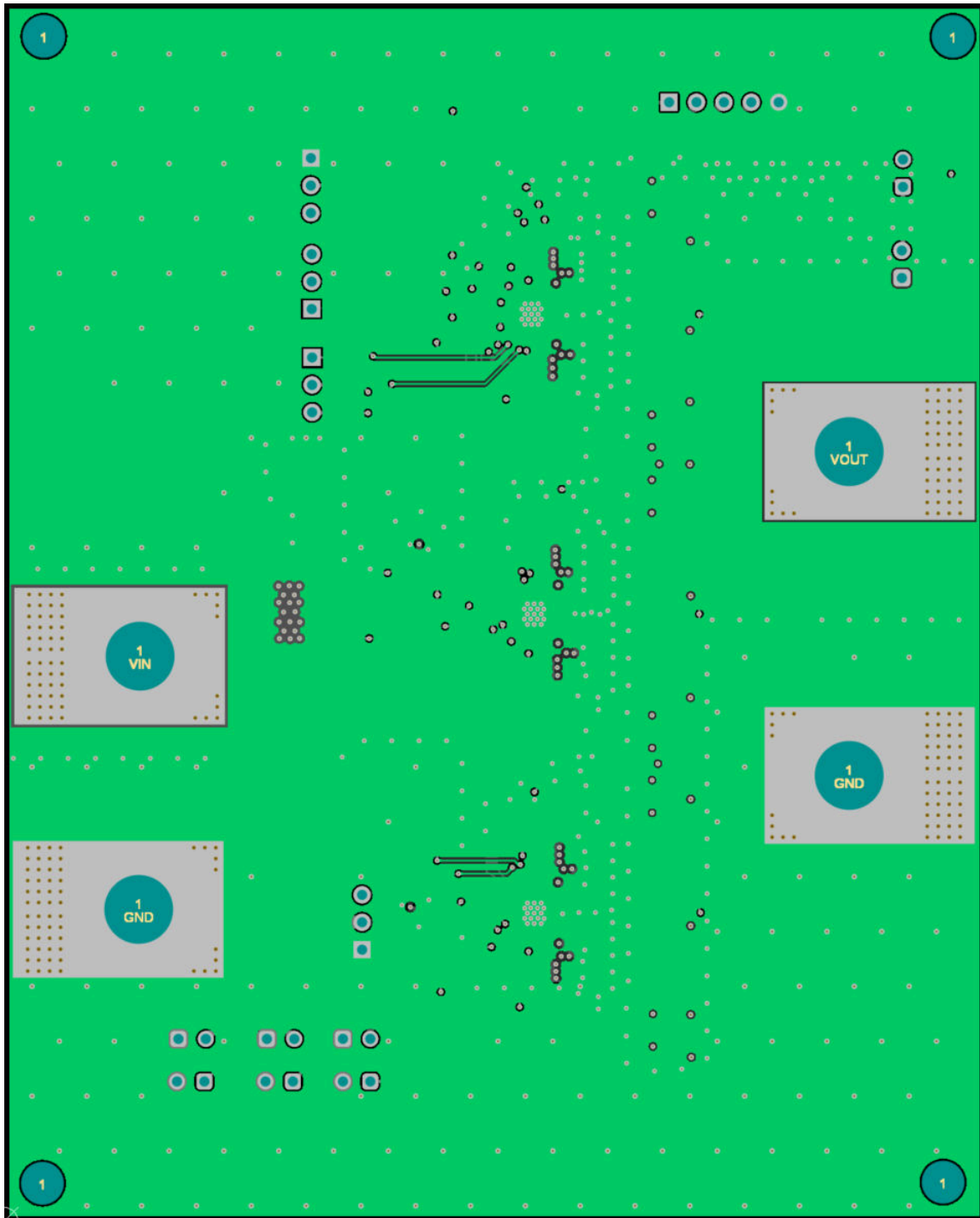


图 6-7. 第 5 层铜 (顶视图)

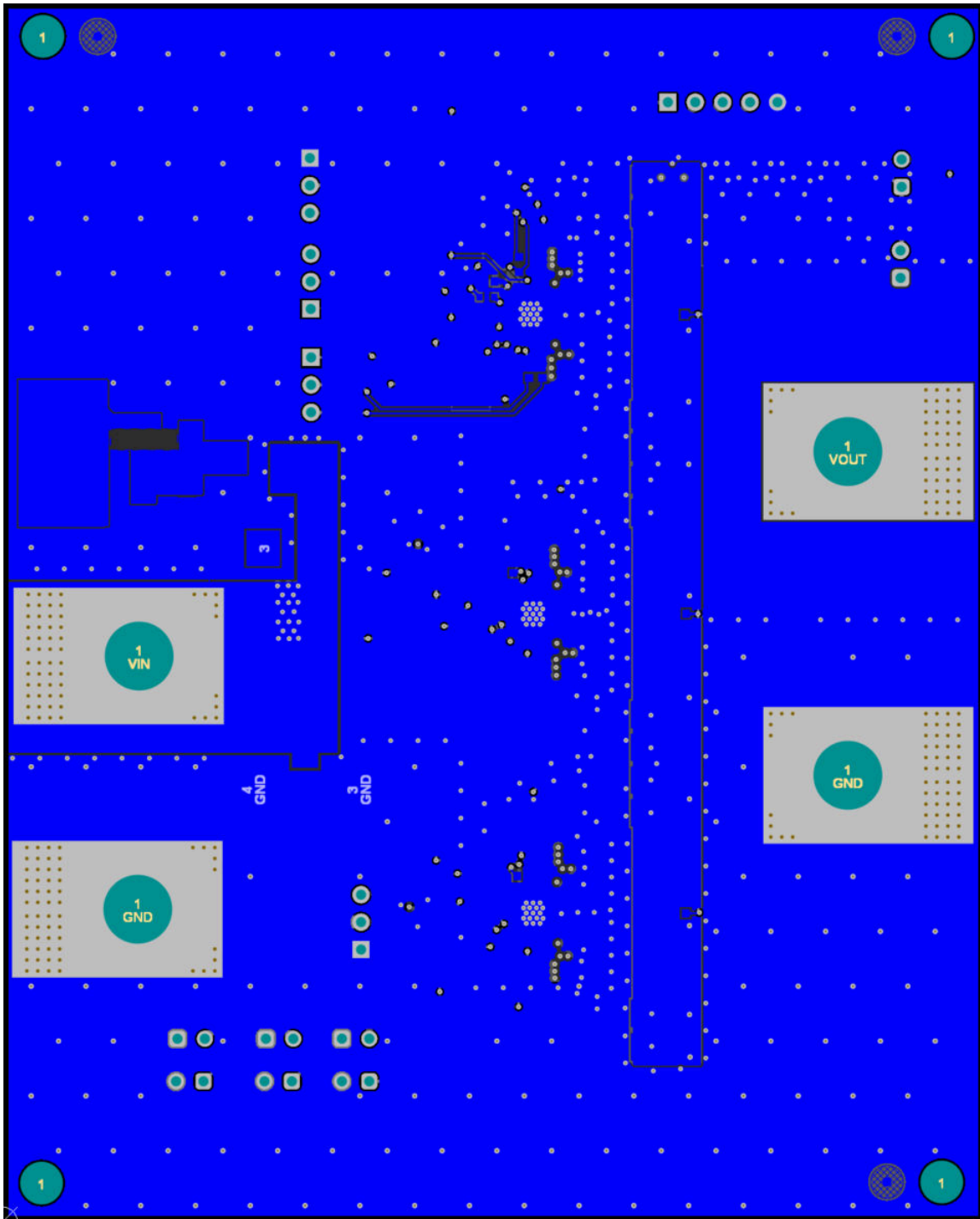


图 6-8. 底层铜 (顶视图)

7 四相配置

7.1 四相开关

该六相电路板可用于评估采用四相配置的器件。若要配置四相转换器，需要进行以下更改。

表 7-1. 四相评估的电路板修改

参考标识符	配置
R25	73.2k Ω
R26	19.1k Ω
L5	开路
L6	开路
EN5	GND
EN6	GND
R23	开路

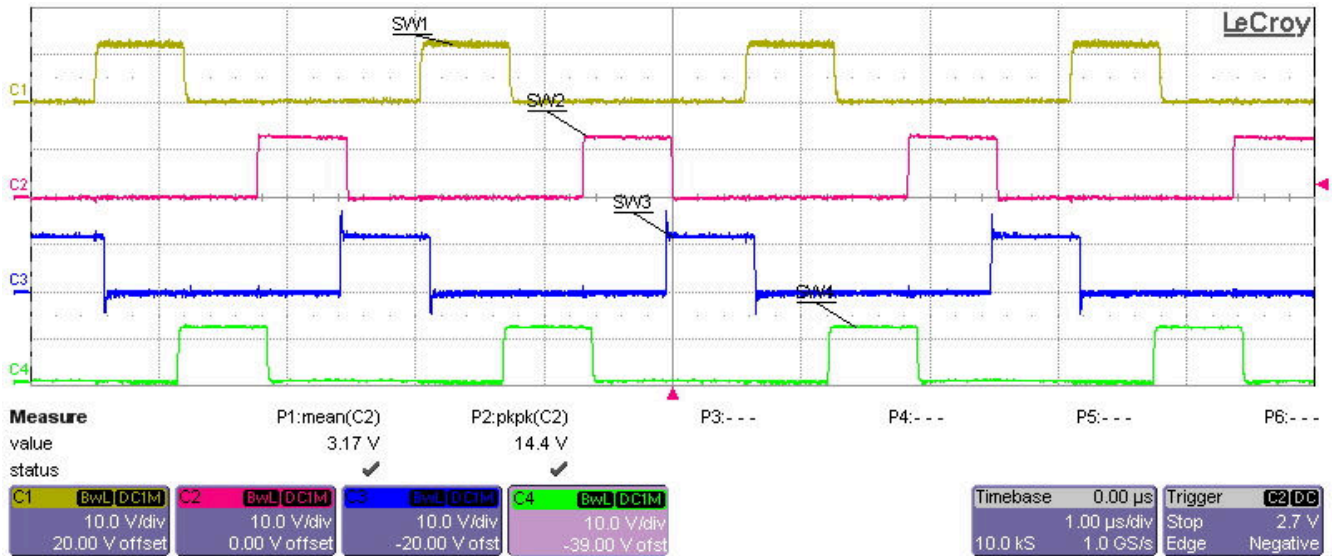


图 7-1. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, FPWM 模式

8 器件和文档支持

8.1 器件支持

8.1.1 开发支持

相关开发支持请参阅以下资源：

- 有关 TI 的参考设计库，请访问 [TI Designs](#)
- 有关 TI 的 WEBENCH 设计环境，请访问 [WEBENCH® 设计中心](#)
- 对于 LMQ644A2-Q1 计算器，请访问 [LMQ644A2-Q1 产品文件夹](#)

8.2 文档支持

8.2.1 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[LMQ644A2-Q1 数据表](#)。
- 德州仪器 (TI)，[通过优化的功率级布局免费提高大电流直流/直流稳压器性能](#) 应用简报。
- 德州仪器 (TI)，[通过更大程度降低电感寄生来降低降压转换器 EMI 和电压应力](#) 模拟应用期刊。
- 德州仪器 (TI)，[AN-2162：轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题 \(SNVA489\)](#)
- 德州仪器 (TI)，[评估适用于成本驱动型严苛应用的宽 \$V_{IN}\$ 、低 EMI 同步降压电路](#) 营销白皮书。
- 德州仪器 (TI)，[电源传导 EMI 规格概述](#) 营销白皮书。
- 德州仪器 (TI)，[电源辐射 EMI 规格概述](#) 营销白皮书。

8.2.1.1 PCB 布局资源

- 德州仪器 (TI)，[直流/直流转换器的高密度 PCB 布局](#)
- 德州仪器 (TI)，[AN-1149 开关电源布局指南](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[AN-1229 Simple Switcher PCB 布局指南](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[构建电源 - 布局注意事项](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局](#) 应用手册。

8.2.1.2 热设计资源

- 德州仪器 (TI)，[AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[AN-1520 外露焊盘封装实现最佳热阻性的电路板布局布线指南](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[半导体和 IC 封装热指标](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[通过 LM43603 和 LM43602 简化热设计](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[PowerPAD 热增强型封装](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[PowerPAD 速成](#) 应用手册。
- 德州仪器 (TI)，[使用新的热指标](#) 应用手册。

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司