

# TPS7H5001-SP 12V 至 0.8V、80A 降压转换器设计详细方法和结果



Daniel Hartung

## 摘要

TPS7H5001-SP EVM 使用 TPS7H5001-SP 和 LMG1210 实现具有误差放大、电流检测和过流保护功能的同步降压转换器。此设计旨在将 12V 电压轨转换为适合 FGPA 内核电压轨的 0.8V 电压轨。TPS7H5001-SP 用于开关同步降压转换器的 FET，并为输出端提供电压和电流。

## 内容

1 引言.....	2
2 系统设计原理.....	2
2.1 开关频率.....	2
2.2 前沿消隐.....	3
2.3 死区时间.....	3
2.4 使能和 UVLO.....	3
2.5 输出电压编程.....	3
2.6 软启动.....	3
2.7 检测电路.....	3
2.8 故障模式.....	3
2.9 断续模式.....	4
2.10 斜率补偿.....	4
2.11 输出电容.....	4
2.12 补偿.....	4
3 测试结果.....	5
4 物料清单.....	8
5 原理图.....	15
6 PCB 布局.....	21
7 参考文献.....	27

## 插图清单

图 3-1. 效率与电流之间的关系.....	5
图 3-2. 带载启动 (30A).....	5
图 3-3. 关断.....	6
图 3-4. 电压瞬变.....	6
图 3-5. 输出电流为 80A 时电路板的热像图.....	7
图 3-6. 满输出电流时的开关节点电压.....	7
图 5-1. 控制器卡原理图.....	15
图 5-2. 子卡原理图 (第 1 页).....	16
图 5-3. 子卡原理图 (第 2 页).....	17
图 5-4. 主板原理图 (第 1 页).....	18
图 5-5. 主板原理图 (第 2 页).....	19
图 5-6. 主板原理图 (第 3 页).....	20
图 6-1. 控制器卡顶部覆盖层.....	21
图 6-2. 控制器卡顶部阻焊层.....	21
图 6-3. 控制器卡顶层.....	21

图 6-4. 控制器卡信号层 1.....	21
图 6-5. 控制器卡信号层 2.....	21
图 6-6. 控制器卡底部阻焊层.....	21
图 6-7. 控制器卡底部阻焊层.....	21
图 6-8. 控制器卡底部覆盖层.....	21
图 6-9. 控制器卡钻孔图.....	22
图 6-10. 子卡顶部覆盖层.....	22
图 6-11. 子卡顶部阻焊层.....	22
图 6-12. 子卡顶层.....	22
图 6-13. 子卡信号层 1.....	22
图 6-14. 子卡信号层 2.....	22
图 6-15. 子卡信号层 3.....	23
图 6-16. 子卡信号层 4.....	23
图 6-17. 子卡信号层 5.....	23
图 6-18. 子卡信号层 6.....	23
图 6-19. 子卡底层.....	23
图 6-20. 子卡底部阻焊层.....	23
图 6-21. 子卡底部覆盖层.....	24
图 6-22. 子卡钻孔图.....	24
图 6-23. 主板顶部覆盖层.....	24
图 6-24. 主板顶部阻焊层.....	24
图 6-25. 主板顶层.....	24
图 6-26. 主板信号层 1.....	24
图 6-27. 主板信号层 2.....	25
图 6-28. 主板信号层 3.....	25
图 6-29. 主板信号层 4.....	25
图 6-30. 主板信号层 5.....	25
图 6-31. 主板信号层 6.....	25
图 6-32. 主板底层.....	25
图 6-33. 主板底部阻焊层.....	26
图 6-34. 主板底部覆盖层.....	26
图 6-35. 底部覆盖层.....	26
图 6-36. 电路板尺寸.....	26

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

TPS7H5001-SP EVM 使用 TPS7H5001-SP 和 LMG1210 实现具有误差放大、电流检测和过流保护功能的同步降压转换器。此设计可将 12V 电压轨转换为适用于高电流 FPGA 设计的 0.8V 电压轨，并且可满足 FPGA 内核电压轨所需的严格稳压要求。TPS7H5001-SP 用于开关同步降压转换器的 FET，并为输出端提供电压和电流。由于 TPS7H5001 的初级开关输出具有大约 150mA 的峰值电流能力，因此使用 LMG1210 栅极驱动器放大电流，为同步降压转换器的 FET 提供足够的电流。该系统使用 TPS7H5001-SP 生成 80A 输出电流。这些输出与 TPS7H5001-SP 本身无关，可以根据设计提高或降低这些输出值。完整设计是作为测试平台的一部分创建的，涵盖 3 个独立电路板，分别为一个带有 TPS7H5001-SP 的控制器卡、一个带有功率级的子卡和一个具有大电容的主板。该设计旨在展示系统的可行性，但未针对尺寸进行优化。

## 2 系统设计原理

在整个转换器设计过程中，我们使用公式来确定创建初始电路的值，方便测试。请注意，有时本节中的值与示意图中显示的值不完全一致。大多数情况下，这种不一致归因于实验室中可用的值或仅在经过测试后才知道的优化所导致的舍入。

### 2.1 开关频率

选择开关频率时需要在效率和带宽之间进行权衡。更高的开关频率具有更大的带宽，但与更低的开关频率相比，效率更低。首先，必须计算要求的最大开关频率。在计算中，器件的最短导通时间是通过添加 75ns 的控制器导通时间和 100ns 的 LEB 来确定的。

$$f_{SW\_max} = \frac{1}{T_{SW\_max}} = \frac{Duty\ Cycle}{t_{min\_on\_time}} = \frac{0.0667}{175\ ns} = 381\ kHz \quad (1)$$

为确保未接近最大开关频率，开关频率设置为 275 kHz。使用 TPS7H5001-SP 数据表提供的公式，所选 RT 电阻器为 392k。所用开关频率的计算公式为 [方程式 2](#)。

$$RT = \frac{112,000}{f_{SW}\ (kHz)} - 19.7 = \frac{112,000}{275\ kHz} - 19.7 = 388\ k\Omega \quad (2)$$

## 2.2 前沿消隐

利用前沿消隐时间消除初级开关输出 OUTA 或 OUTB 变为高电平后电流检测环路中的任何瞬态噪声。所选前沿消隐时间为 100ns。 [方程式 3](#) 显示了在所选 LEB 时间内对 LEB 电阻器进行编程的计算方法：

$$R_{LEB} = 1.212 \times LEB - 9.484 = 1.212 \times 100\ ns - 9.484 = 112\ k\Omega \quad (3)$$

## 2.3 死区时间

TPS7H5001-SP 允许用户对两个独立的死区时间进行编程。这样，用户就可以优化死区时间，从而防止初级开关和同步开关之间发生击穿，同时实现出色的转换器效率。 [方程式 4](#) 中显示了用于确定电阻值以及所需死区时间的公式。

$$R_{PS} = R_{SP} = 1.207 \times DT - 8.858 = 1.207 \times 25\ ns - 8.858 = 21.3\ k\Omega \quad (4)$$

## 2.4 使能和 UVLO

TPS7H5001-SP EVM 使用两个电阻器对控制器进行编程，以便在 VIN 超过用户确定的阈值时启用器件。这两个电阻器配置为分压器，其中一个在 VIN 和 EN 之间，另一个在 EN 和 AVSS 之间。使用 [方程式 5](#)，用户可以计算所选电阻的值。确定电阻器值后，可以使用 [方程式 6](#) 确定最小启动电压。

$$R_{UVLO\_TOP} = R_{UVLO\_Bottom} \left( \frac{V_{Start\_Max}}{V_{EN\_Rising\_Max}} - 1 \right) = \left( \frac{10\ V}{0.65\ V} - 1 \right) = 71.9\ k\Omega \quad (5)$$

$$V_{STA)RT,MIN} = V_{EN\_FALLING\_MIN} \left( \frac{R_{UVLO\_TOP}}{R_{UVLO\_BOT}} + 1 \right) = \left( \frac{75\ k\Omega}{5\ k\Omega} + 1 \right) = 16\ V \quad (6)$$

## 2.5 输出电压编程

通过使用转换器到 VSENSE 引脚的电阻分压器来设置电源转换器的输出电压。对于所选电阻值，可以使用 [方程式 7](#) 求出相应值。

$$R_{bottom} = \frac{V_{ref}}{V_{out} - V_{ref}} \times R_{top} = \frac{0.613\ V}{1\ V - 0.613\ V} \times 10\ k\Omega = 15.8\ k\Omega \quad (7)$$

## 2.6 软启动

使用软启动 (SS) 引脚和 AVSS 之间的电容器对器件的软启动进行编程。 [方程式 8](#) 显示了 SS 电容器的计算结果：

$$C_{SS} = \frac{t_{SS} \times I_{SS}}{V_{ref}} = \frac{12\ ms \times 2.7\ \mu A}{0.613\ V} = 52.9\ nF \quad (8)$$

## 2.7 检测电路

降压转换器的检测电路的设置时间段与输出电感的电感和寄生电阻相似。此过程允许从与输出电感器并联的电阻器和电容器生成类似于输出电流的三角波。然后将其直接馈送到控制器的 CS\_ILIM 引脚。

## 2.8 故障模式

通过将引脚连接到 AVSS 禁用故障模式。

## 2.9 断续模式

对于该设计，使用的断续电容值为 100nF。根据该值，检测到过流后转换器的延时时间和断续时间可分别使用 [方程式 9](#) 和 [方程式 10](#) 计算得出。

$$t_{delay} = \frac{C_{HICC} \times 0.6V}{80 \mu A} = \frac{100 \text{ nF} \times 0.6V}{80 \mu A} = 75 \mu s \quad (9)$$

$$t_{HICC} = \frac{C_{HICC} \times (1V - 0.3V)}{1 \mu A} = \frac{100 \text{ nF} \times (1V - 0.3V)}{1 \mu A} = 70 \text{ ms} \quad (10)$$

## 2.10 斜率补偿

为了避免与次谐波振荡相关的误差并提供抗噪性能，使用了斜率补偿。来自电流检测的电流斜坡信号足够小，因此需要大量的斜率补偿来为电路提供所需的抗噪性能。在这些因素的影响下，RSC 电阻器使用了 50kΩ。

## 2.11 输出电容

选择输出电容值时，应确保有足够的电容用于所需的电压纹波和输出电流负载阶跃。[公式 17](#) 显示了计算结果，以确定满足输出端响应最坏负载瞬态所允许的最大电压偏差所需的电容量。[公式 19](#) 确定了满足设计的输出电压纹波要求所需的输出电容量。鉴于上述计算结果，本设计选择 20mF。

$$C_{OUT} > \frac{\Delta I_{STEP}}{2\pi \times \Delta V_{OUT} \times f_c} = \frac{\Delta 33.3 \text{ A}}{2\pi \times 18 \text{ mV} \times 15 \text{ kHz}} = 19.6 \text{ mF} \quad (11)$$

$$C_{OUT} > \frac{I_{OUT} \times D_{MAX}}{V_{RIPPLE} \times f_{SW}} = \frac{80 \times 0.0667}{1 \text{ mV} \times 275 \text{ kHz}} = 19.4 \text{ mF} \quad (12)$$

## 2.12 补偿

在确定补偿器元件值之前，先计算功率级跨导，如 [方程式 13](#) 所示。

$$g_{m_{ps}} = \frac{R_{CS} \times C_{CS} \times f_{SW}}{L_{OUT}} = \frac{1 \text{ k}\Omega \times 100 \text{ nF}}{560 \text{ nH}} = 179 \quad (13)$$

以下公式可用于计算所需的交叉频率，其中各值均用做起始值。这些值在实验室测试期间进行了优化，并且经确定进一步移除了频率中的极点和零点，从而提高整个转换器的性能。请注意，计算中使用的电阻是实验中的稳定值，不是通过公式得出的值。

$$R_{COMP} = \frac{2\pi \times f_c \times V_{OUT} \times C_{OUT}}{g_{m_{ea}} \times V_{REF} \times g_{m_{ps}}} = \frac{2\pi \times 15 \text{ kHz} \times 0.8V \times 20 \text{ mF}}{1800 \mu S \times 0.613V \times 179 S} = 7.6 \text{ k}\Omega \quad (14)$$

$$C_{COMP} = \frac{V_{OUT} \times C_{OUT}}{I_{OUT} \times R_{COMP}} = \frac{0.8V \times 20 \text{ mF}}{80 \times 6.98 \text{ k}\Omega} = 28 \text{ nF} \quad (15)$$

$$f_{esr} = \frac{1}{2\pi \times C_{OUT} \times ESR} = \frac{1}{2\pi \times 20 \text{ mF} \times 0.1 \text{ m}\Omega} = 79.6 \text{ kHz} \quad (16)$$

$$C_{HF} = \frac{1}{2\pi \times R_{comp} \times f_{esr}} = \frac{1}{2\pi \times 6.98 \text{ k}\Omega \times 79.6 \text{ kHz}} = 285 \text{ pF} \quad (17)$$

### 3 测试结果

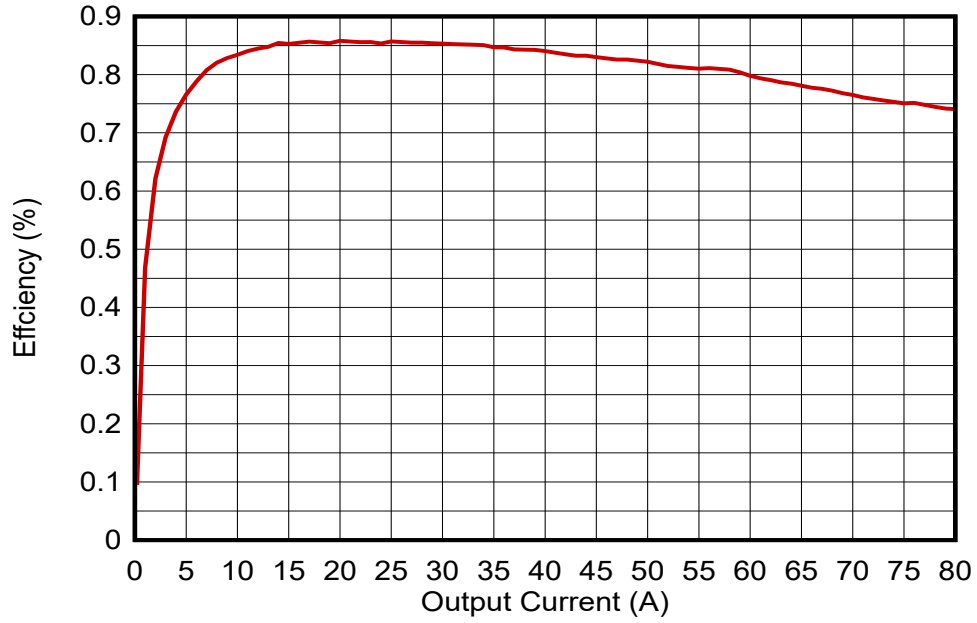


图 3-1. 效率与电流之间的关系

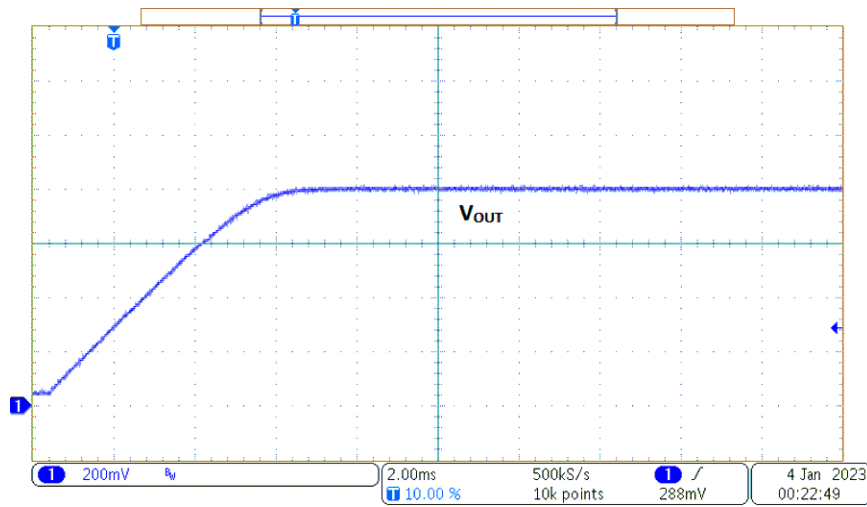


图 3-2. 带载启动 (30A)

图 3-2 显示了空载时转换器的启动。

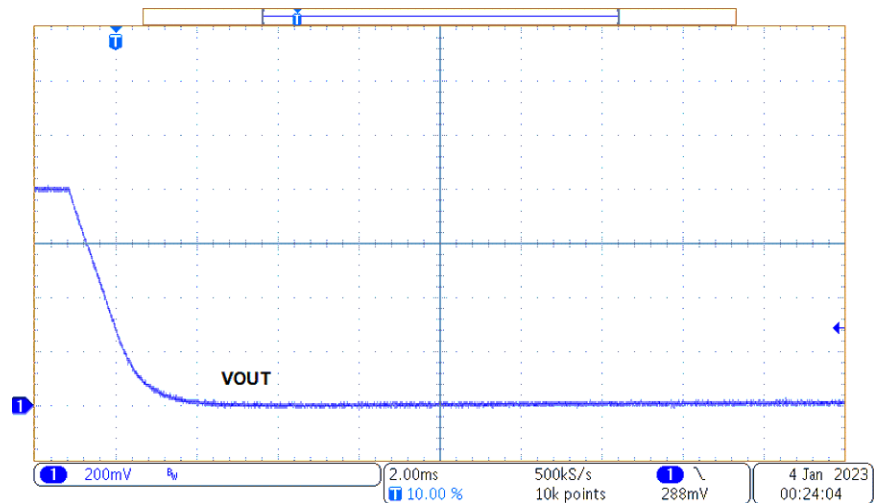


图 3-3. 关断

图 3-3 显示了加载 30 A 输出电流时的转换器关断情况。

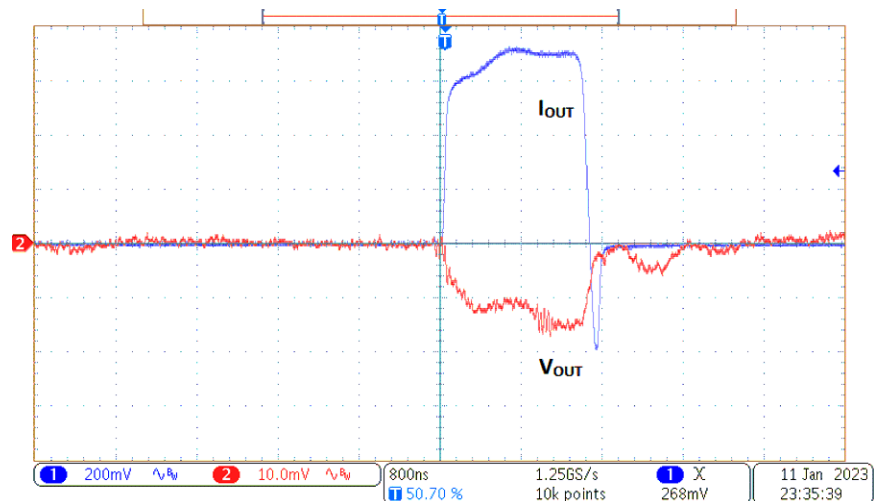


图 3-4. 电压瞬变

图 3-4 展示了转换器的输出电压下降导致产生 33A 输出电流瞬变。输出电流是在 FET 脉冲电流流经的 0.01 欧姆电阻器上测得。

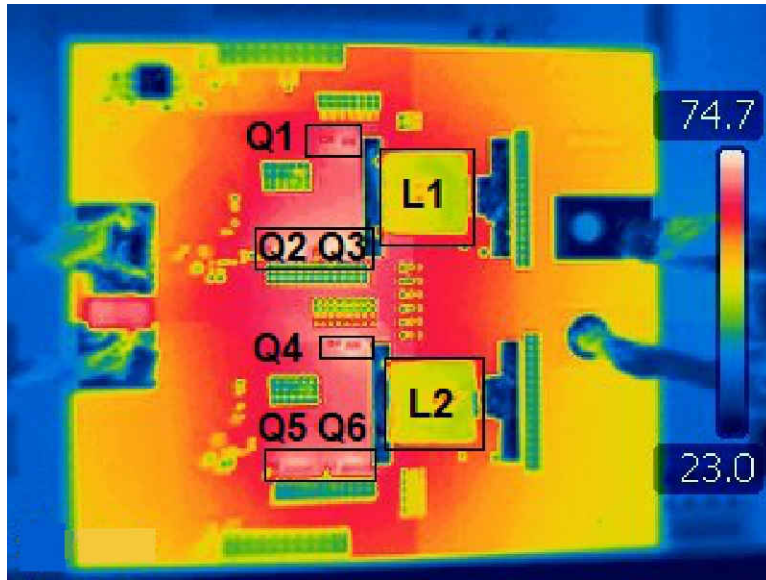


图 3-5. 输出电流为 80A 时电路板的热像图

图 3-5 展示了输出电流为 80A 时电路板的热像图。

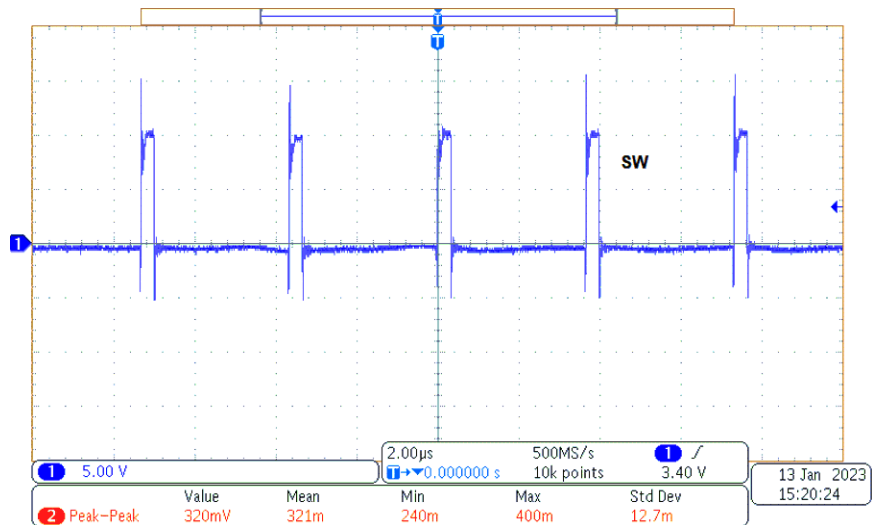


图 3-6. 满输出电流时的开关节点电压

图 3-6 显示了输出电流为 80 A 时转换器开关节点上的最大电压。

## 4 物料清单

表 4-1. 控制器卡物料清单

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
C1、C10	2	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CGA3E1X7R1C105K080AC	TDK		
C2、C11	2	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 1210	1210	GRM32ER71H106KA12L	MuRata		
C3、C12、C15	3	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	C0603C104K5RACAUTO	Kemet		
C4、C13	2	电容, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 25V, +/- 10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1E474K080AE	TDK		
C5	1	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 25V, +/-5%, X7R, 0603	0603	C0603C104J3RAC	Kemet		
C6	1	3300pF $\pm$ 5% 100V 陶瓷电容器 X7R 0603 (公制 1608)	0603	06031C332J4Z2A	AVX Corporation		
C7	1	电容, 陶瓷, 330pF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	0603	GRM188R72A331KA01D	MuRata		
C8	1	电容, 陶瓷, 0.056 $\mu$ F, 16V, +/-5%, X7R, 0603	0603	C0603C563J4RACTU	Kemet		
C9、C14	2	电容, 1 $\mu$ F, 25V, $\pm$ 10%, X7R, 0603	0603	CL10B105KA8NNNC	Samsung		
C16、C17	2	电容, 陶瓷, 100pF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	0603	06033C101KAT2A	AVX		
FID1、FID2、FID3	3	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用		
J1、J2	2	插座, 2.54mm, 10x2, 锡, TH	插座, 2.54mm, 10x2, TH	SSQ-110-03-T-D	Samtec		
R1、R4、R13、R15、R19	5	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc		
R2	1	电阻, 75.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0775KL	Yageo		
R3	1	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-074K99L	Yageo		



表 4-1. 控制器卡物料清单 (continued)

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R5	1	电阻, 35.7k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0735K7L	Yageo		
R6、R7、R16、R17	4	电阻, 30.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	ERJ-3EKF3002V	Panasonic		
R8	1	电阻, 261k, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD07261KL	Yageo America		
R9	1	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, 0603	0603	M55342K12B49D9T	TT Electronics/IRC		
R10、R18	2	电阻, 110k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	0603	CRCW0603110KFKEA	Vishay-Dale		
R11, R20	2	电阻, 887k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07387KL	Yageo		
R12	1	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RG1608P-103-B-T5	Susumu Co Ltd		
R14	1	电阻, 15.8k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0715K8L	Yageo		
R21、R22	2	电阻, 10.0, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0710RL	Yageo		
TP1、TP4、TP6	3	测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone		
TP2、TP3、TP5	3	测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone		
TP13、TP14、TP15、TP16	4	测试点, 微型, 黑色, TH	黑色微型测试点	5001	Keystone		
U1, U2	2	耐辐射 Si 和 GaN 双输出控制器	CFP22	TPS7H5001HKY-EM	德州仪器 (TI)		

表 4-2. 子卡物料清单

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
C1、C2、 C12、C15、 C25、C28	6	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	CGA3E1X7R1C 105K080AC	TDK		
C3、C4、C5、 C6、C7、C8、 C9、C10、 C11、C14、 C16、C17、 C18、C19、 C20、C21、 C22、C23、 C24、C27	20	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	C0603C104K5 RACAUTO	Kemet		
C13、C26、 C29、C30	4	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	GRM21BZ71E1 06KE15L	Murata		
C31、C32、 C33、C34、 C35、C36、 C37、C38、 C39、C40、 C41、C42、 C43、C44、 C45、C46、 C47、C48、 C49、C50、 C51、C52、 C53、C54	24	电容, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1E47 5K125AB	TDK		
D1、D3	2	二极管, 肖特 基, 100V, 0.25A, SOD-123F	SOD-123F	BAT46WH, 115	Nexperia		
D2, D4	2	肖特基势垒二极 管 30V 40A 3 引 脚 TO-263S Emboss T/R	TO263S	RB238NS-30TL	ROHM		
J1、J2	2	插座, 2.54mm, 10x2, 锡, TH	插座, 2.54mm, 10x2, TH	SSQ-110-03-T- D	Samtec		
L1、L2	2	电感器 560nH 10% 43A 625n $\Omega$	SMT_30MM48_ 25MM62	PQC2717	Standex Electronics		
MP1、MP2、 MP3、MP4	4	端子连接器矩形 接线片, 接地 6-14 AWG 1/4 螺柱	TERMINAL_CO NN	LAMA6-14-QY	Panduit		
Q1、Q4	2	N 通道增强模式 功率晶体管 ID 60A 100V - - 表 面贴装芯片	SMT_3MM5_1 MM95	EPC2218	EPC		
Q2、Q3、Q5、 Q6	4	MOSFET, N 沟 道, 30V, 60A, 6.05mm x 2.3mm	6.05mm x 2.3mm	EPC2023ENGR	EPC		无
R1	1	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RG1608P-103- B-T5	Susumu Co Ltd		

表 4-2. 子卡物料清单 (continued)

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R2	1	电阻, 3.16k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-073 K16L	Yageo		
R3、R4、R5、R6、R8、R9、R10、R11、R12、R13、R15、R16、R17、R19、R21、R23、R24、R27	18	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0 R00	Stackpole Electronics Inc		
R7, R14	2	电阻, 169, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603169 RFKEA	Vishay-Dale		
TP1、TP2	2	测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone		
U1	1	宽输入电压低压降稳压器, HKU0010A (CFP-10)	HKU0010A	TPS7A4501HK U/EM	德州仪器 (TI)		德州仪器 (TI)
U2、U3	2	具有可调节死区时间的 200V、1.5A、3A 半桥 GaN 驱动器, RVR0019A (WQFN-19)	RVR0019A	LMG1210RVRR	德州仪器 (TI)	LMG1210RVRT	德州仪器 (TI)
FID1、FID2、FID3	0	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用		
R18、R20、R22、R25、R26	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	RMCF0603ZT0 R00	Stackpole Electronics Inc		

表 4-3. 主板物料清单

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
!PCB1	1	印刷电路板		M1234	不限		
C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C11、C12、C13、C14、C15、C16、C17	14	电容, 钽, 220 $\mu$ F, 16V, +/-10%, 0.025 $\Omega$ , SMD	7343-43	TPME227K016R0025	AVX		
C8、C9、C10、C18、C19、C20、C21、C23、C30、C31、C32、C34、C35、C36、C37、C38、C41、C42、C43、C44、C45、C47、C48、C49、C50、C51、C52、C53、C60、C64、C76、C77、C78、C80、C92、C93、C96、C97、C98、C99、C100、C101、C102、C103、C104、C107	46	电容, 钽, 470 $\mu$ F, 6.3V, +/-10%, 0.03 $\Omega$ , SMD	7343-43	T495X477K006ATE030	Kemet		
C39	1	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	UMK212BB7225KG-T	Taiyo Yuden		
C40	1	电容, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1E475K125AB	TDK		
C62	1	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0805	0805	CEU4J2X7R1H104K125AE	TDK		
H1、H2、H3、H4	4	机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	螺钉	NY PMS 4400025 PH	B&F Fastener Supply		
H5、H6、H7、H8	4	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	螺柱	1902C	Keystone		
J1、J4、J5、J6	4	插座, 2.54mm, 10x2, 锡, TH	插座, 2.54mm, 10x2, TH	SSQ-110-03-T-D	Samtec		
J2	1	固定端子块 MKDSP 10HV/2-10	HDR2	1929517	Phoenix Contact		
J3、J7	2	紧凑型探头尖端电路板测试点, TH, 25 件装	TH 示波器探头	131-5031-00	Tektronix		

表 4-3. 主板物料清单 (continued)

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
LBL1	1	热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady		
MP1、MP2、 MP3、MP4、 MP5、MP6、 MP7、MP8、 MP9、MP10、 MP11、MP12	12	端子连接器矩形 接线片, 接地 6-14 AWG 1/4 螺柱	TERMINAL_CO NN	LAMA6-14-QY	Panduit		
Q1	1	MOSFET, N 沟 道, 30V, 100A, DQH0008A (VSON-CLIP-8)	DQH0008A	CSD17559Q5	德州仪器 (TI)		无
R1	1	电阻, 1.00, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06031R0 0FKEA	Vishay-Dale		
R2	1	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, 0603	0603	M55342K12B49 D9T	TT Electronics/IRC		
R3	1	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	M55342K12B10 E0T	TT Electronics/IRC		
R4、R5	2	电阻器, 0.02, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 2512	2512	LRMAM2512- R02FT4	TT Electronics/IRC		
TP1	1	测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone		
TP2	1	测试点, 微型, 黑色, TH	黑色微型测试点	5001	Keystone		
TP24、TP25	2	测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone		
C22、C24、 C25、C26、 C27、C28、 C29、C33、 C46、C54、 C55、C56、 C57、C58、 C59、C61、 C63、C65、 C66、C67、 C68、C69、 C70、C71、 C72、C73、 C74、C75、 C79、C81、 C82、C83、 C84、C85、 C86、C87、 C88、C89、 C90、C91、 C94、C95、 C105、C106	0	电容, 钽, 470 $\mu$ F, 6.3V, +/-10%, 0.03 $\Omega$ , SMD	7343-43	T495X477K006 ATE030	Kemet		

表 4-3. 主板物料清单 (continued)

位号	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
FID1、FID2、 FID3	0	基准标记。没有 需要购买或安装 的元件。	不适用	不适用	不适用		

## 5 原理图

图 5-1 至图 5-6 显示了 EVM 原理图。

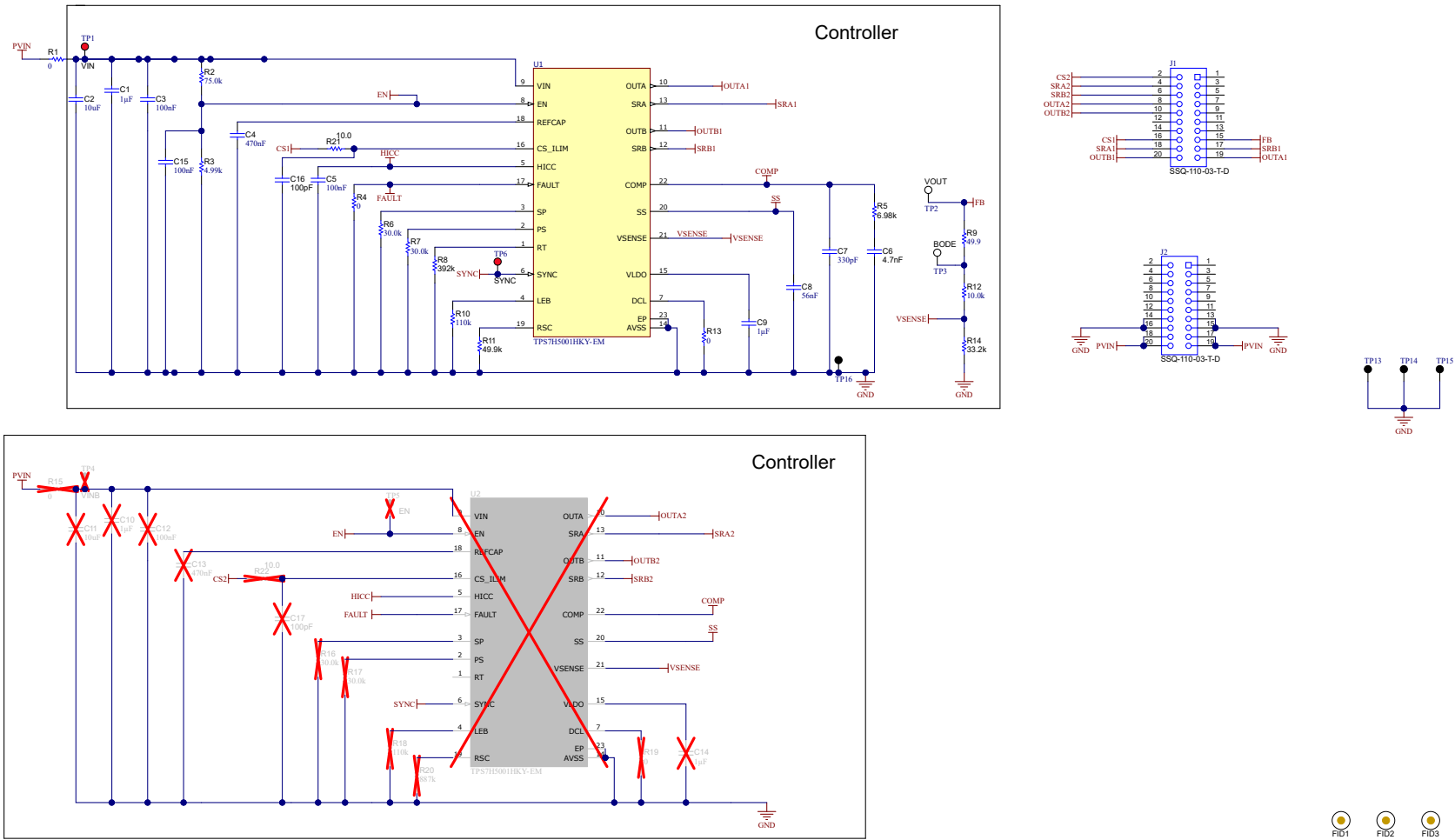


图 5-1. 控制器卡原理图

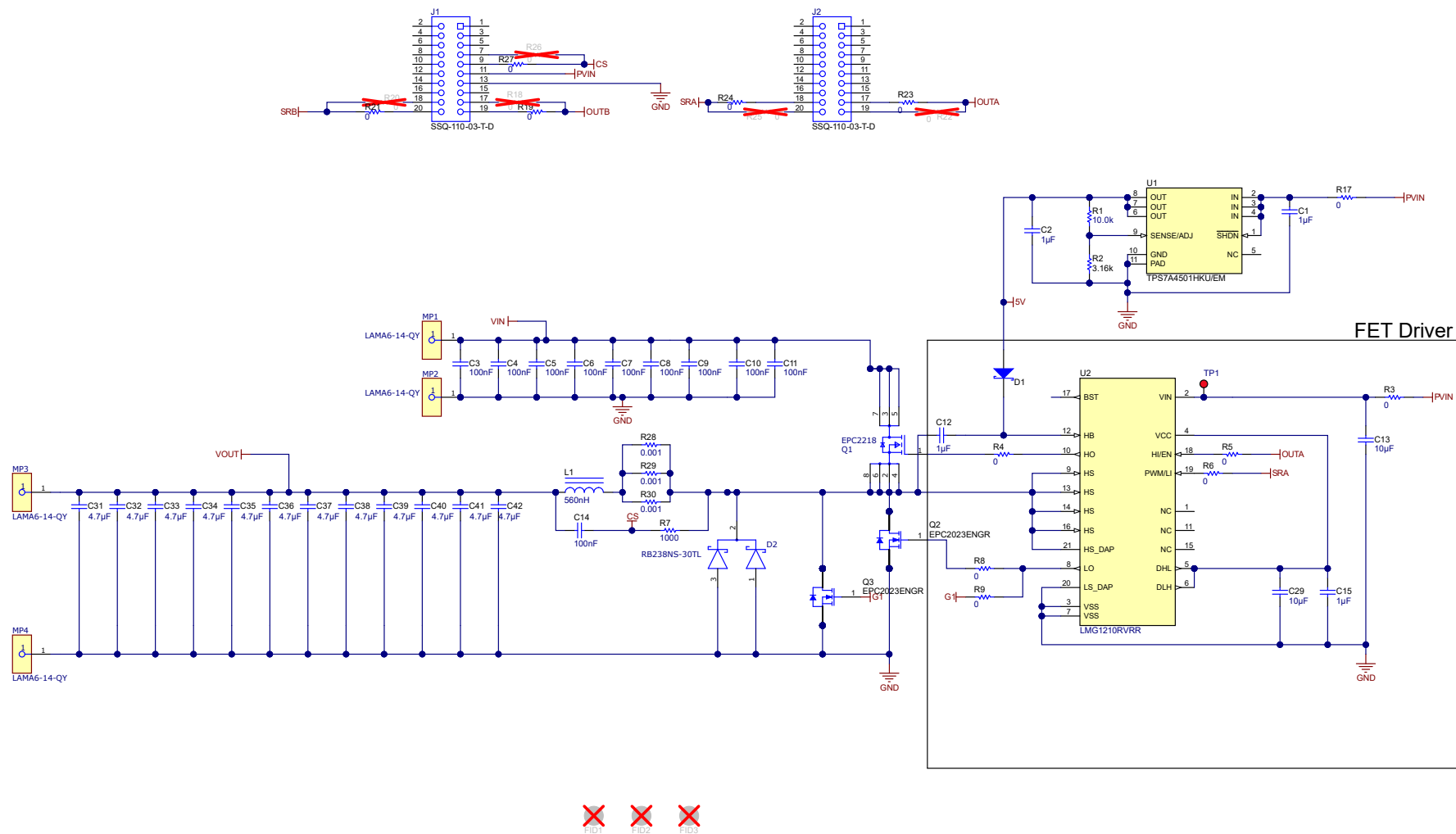


图 5-2. 子卡原理图 (第 1 页)



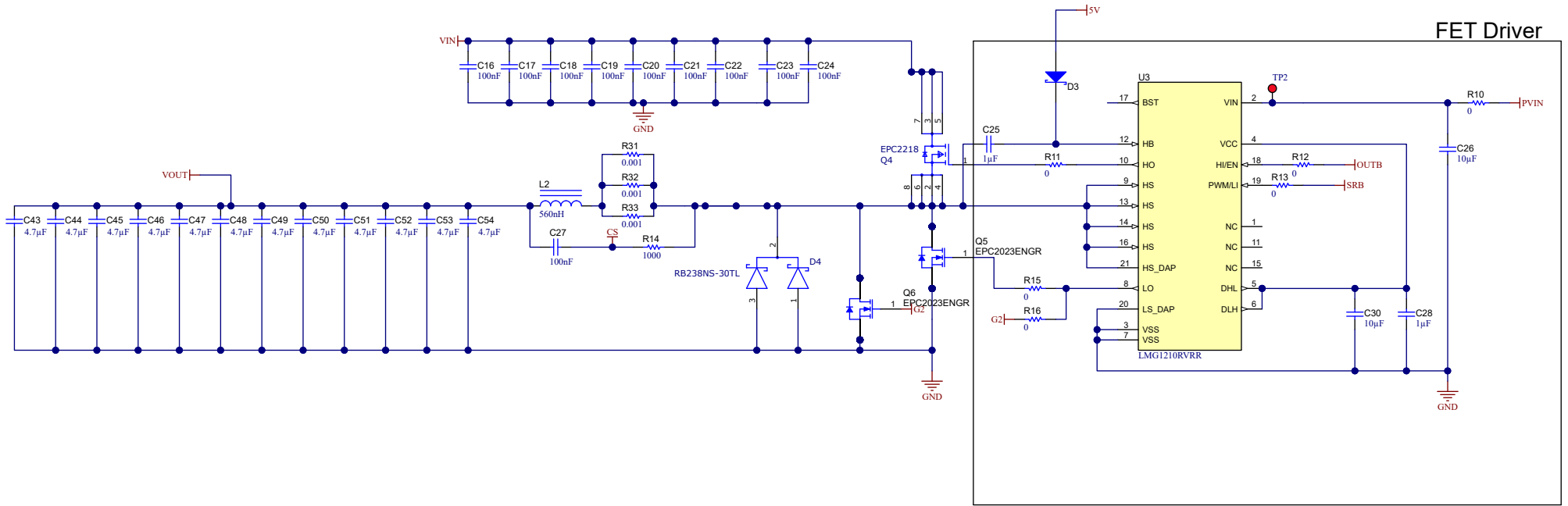


图 5-3. 子卡原理图 (第 2 页)

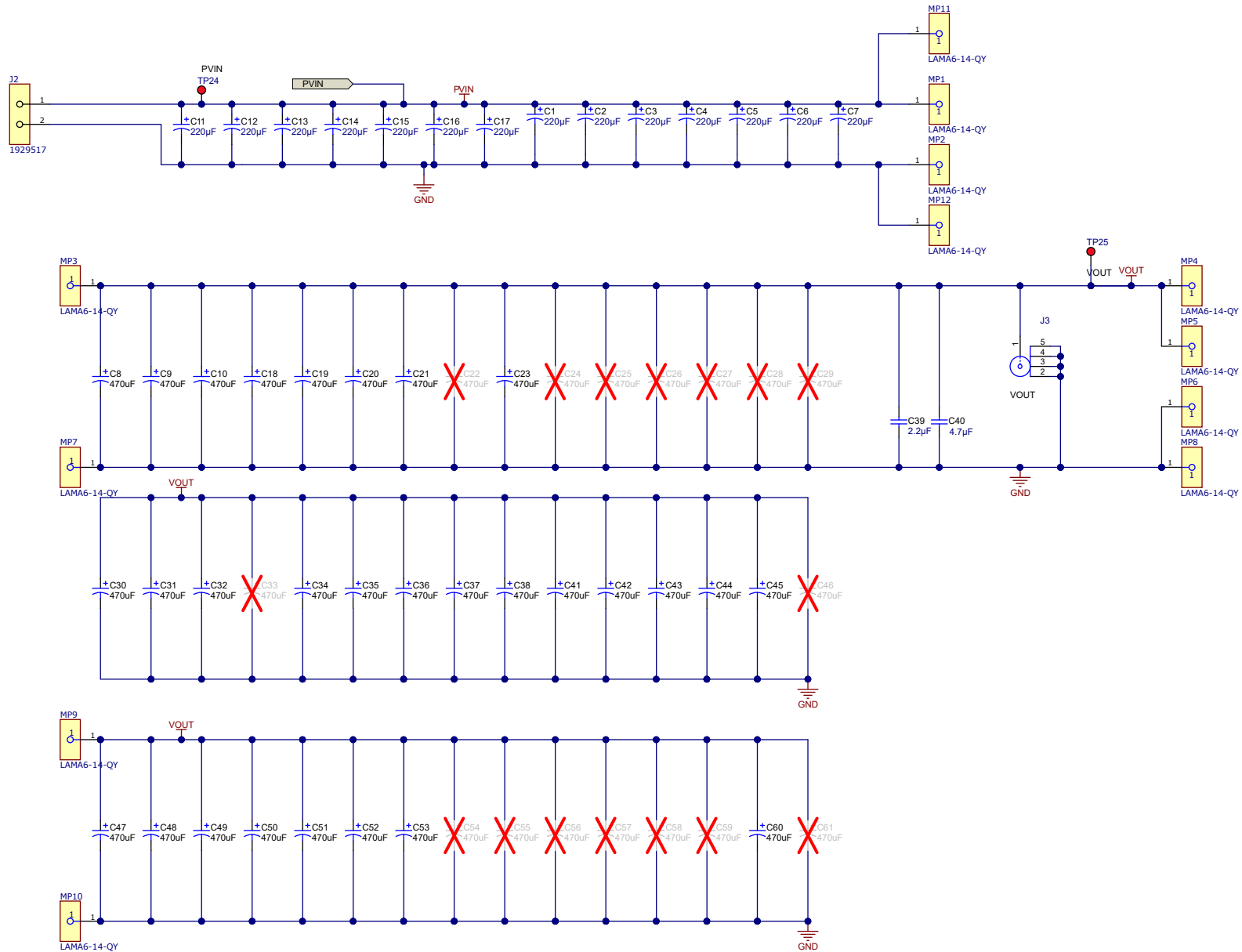


图 5-4. 主板原理图 (第 1 页)

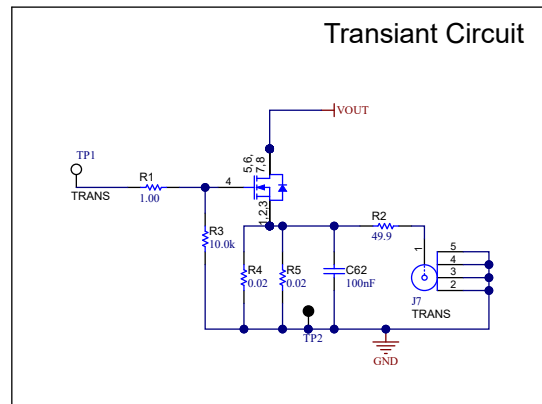
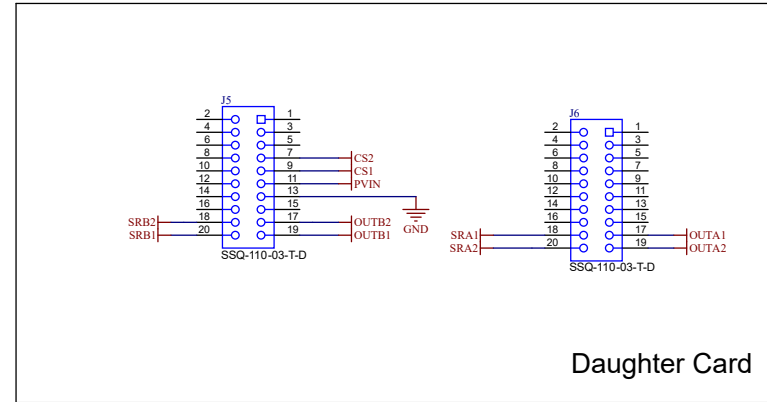
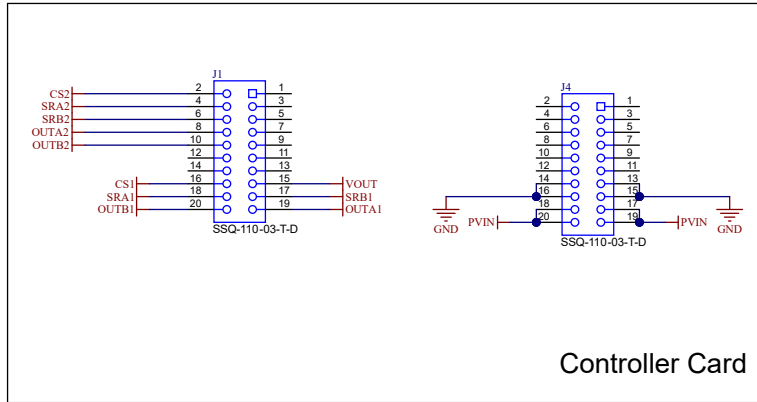


图 5-5. 主板原理图 (第 2 页)

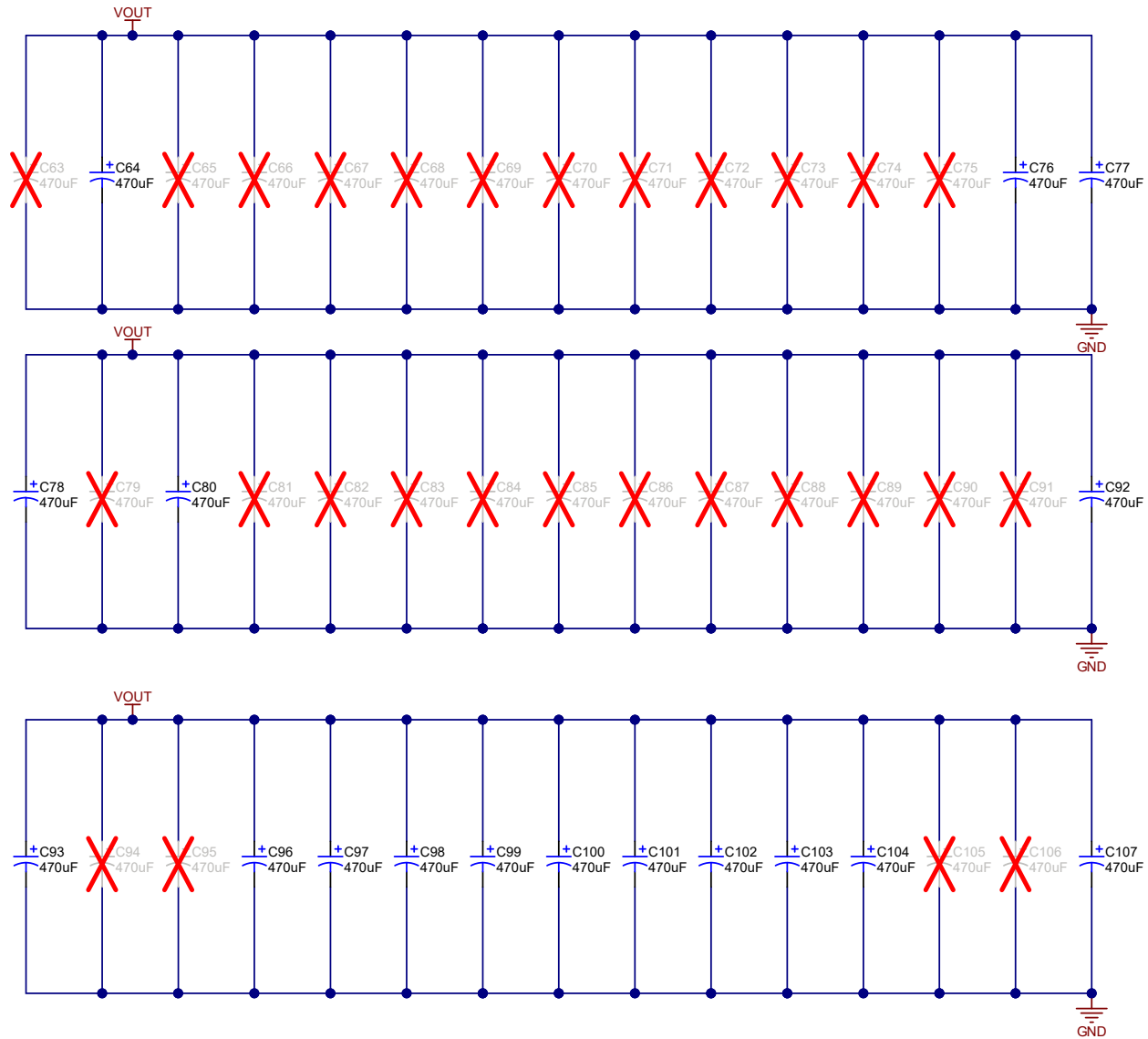


图 5-6. 主板原理图 (第 3 页)

## 6 PCB 布局

图 6-1 至图 6-9 展示了多个电路板的 PCB 布局图。

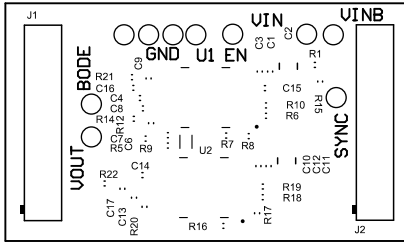


图 6-1. 控制器卡顶部覆盖层

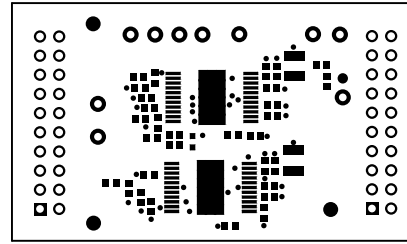


图 6-2. 控制器卡顶部阻焊层

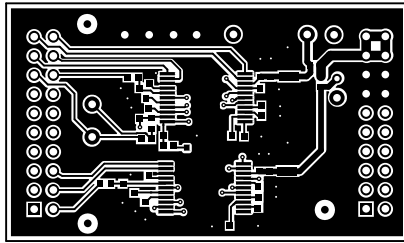


图 6-3. 控制器卡顶层

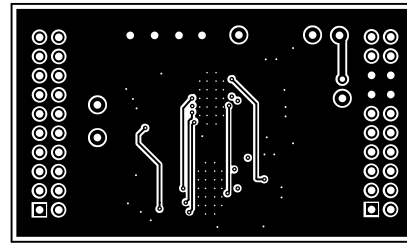


图 6-4. 控制器卡信号层 1

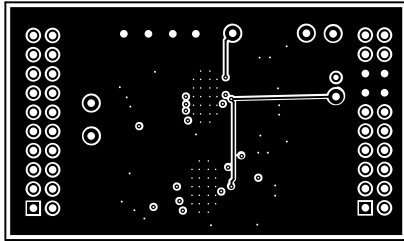


图 6-5. 控制器卡信号层 2

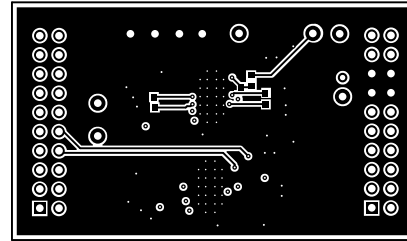


图 6-6. 控制器卡底部阻焊层

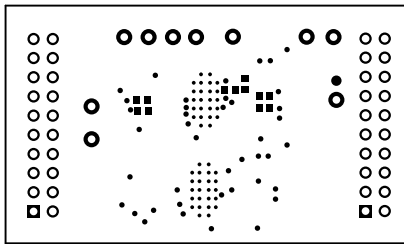


图 6-7. 控制器卡底部阻焊层

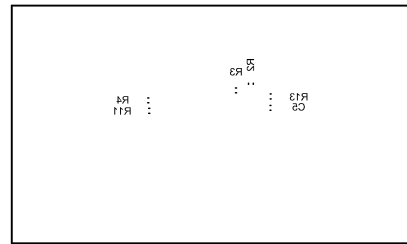


图 6-8. 控制器卡底部覆盖层

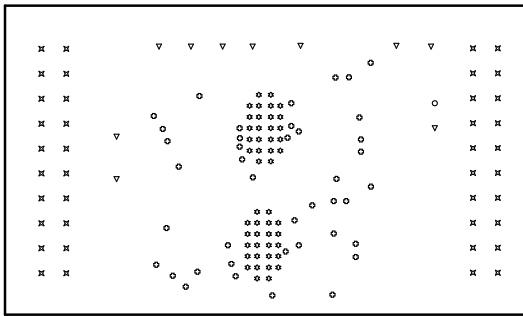


图 6-9. 控制器卡钻孔图

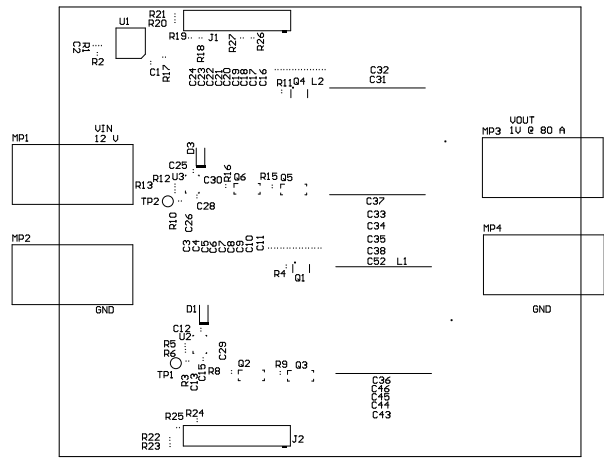


图 6-10. 子卡顶部覆盖层

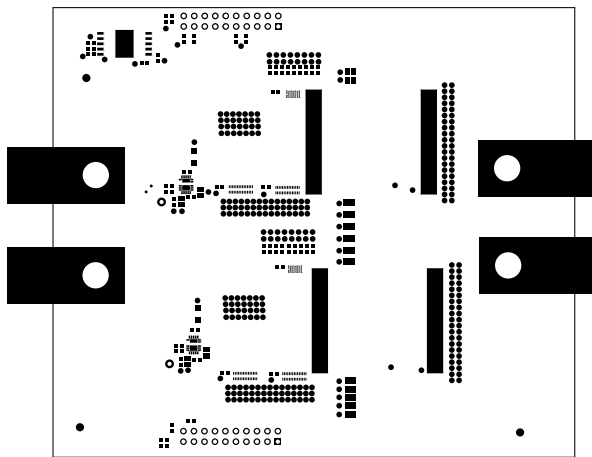


图 6-11. 子卡顶部阻焊层

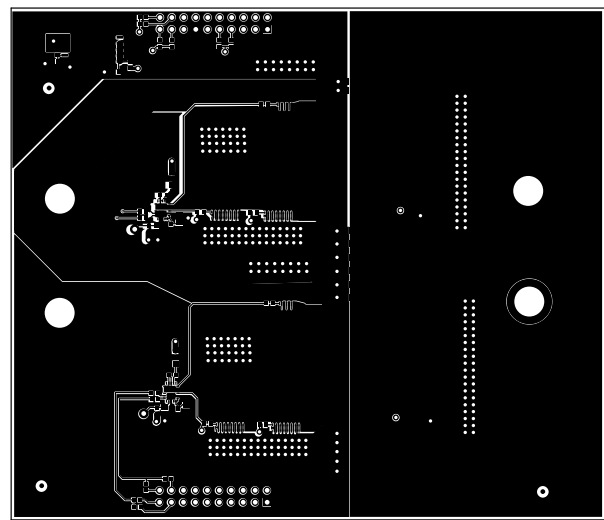


图 6-12. 子卡顶层

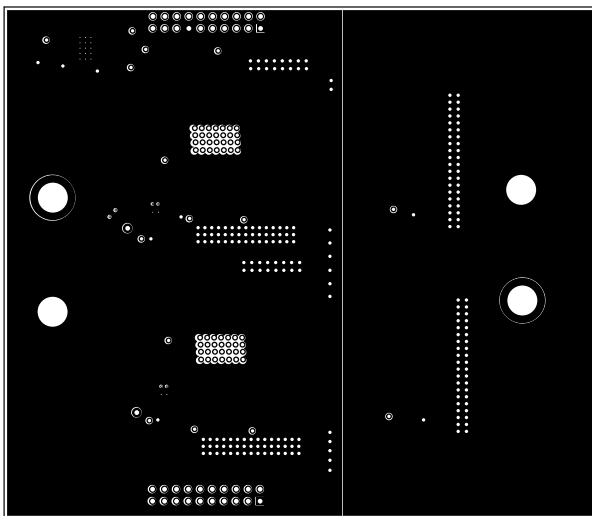


图 6-13. 子卡信号层 1

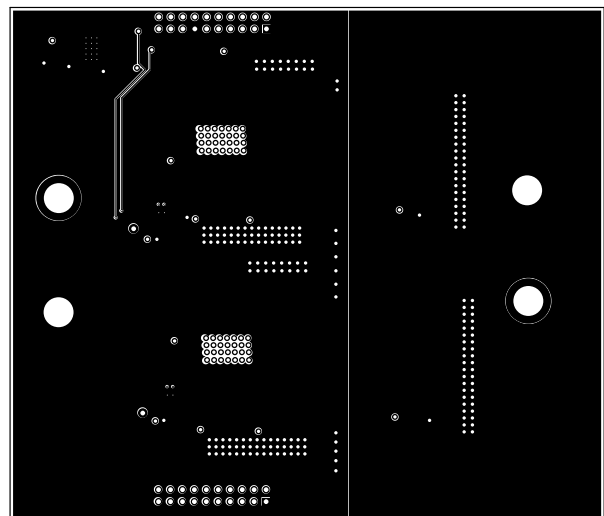


图 6-14. 子卡信号层 2

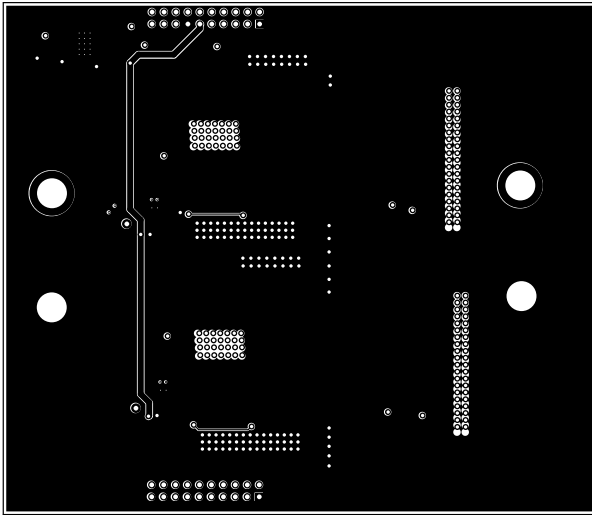


图 6-15. 子卡信号层 3

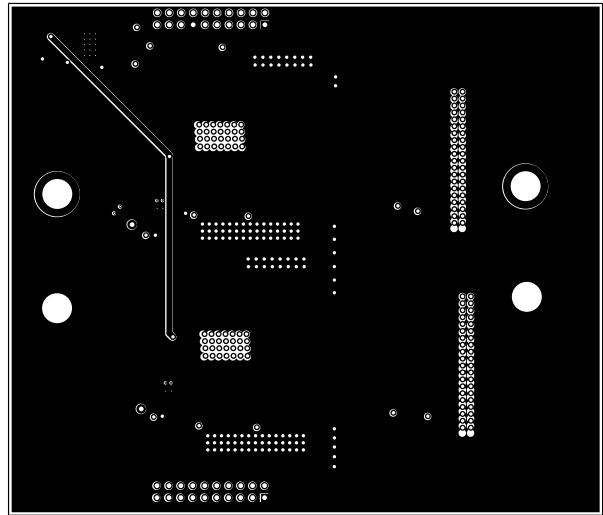


图 6-16. 子卡信号层 4

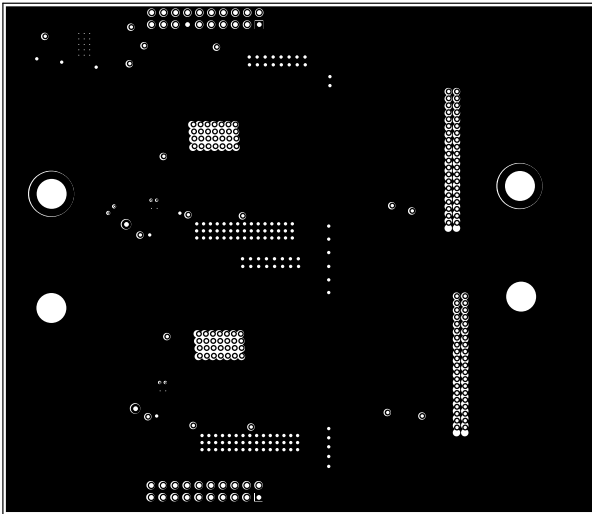


图 6-17. 子卡信号层 5

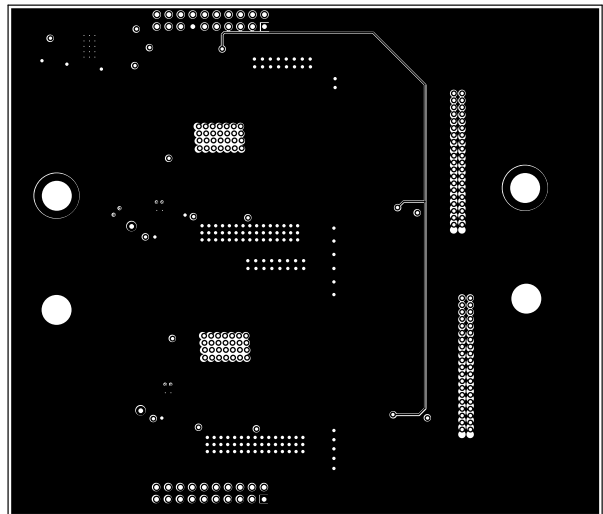


图 6-18. 子卡信号层 6

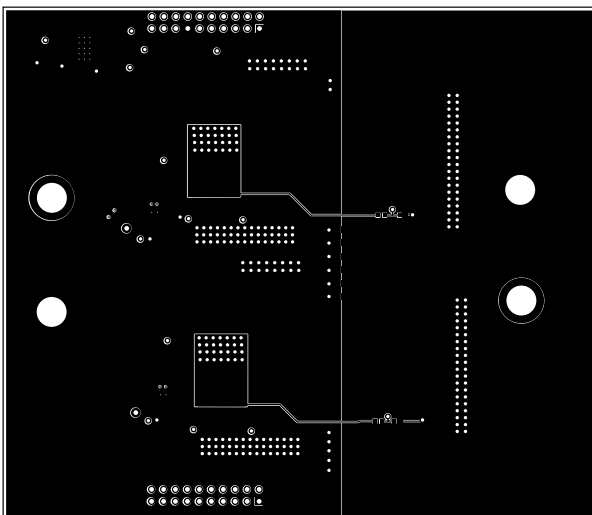


图 6-19. 子卡底层

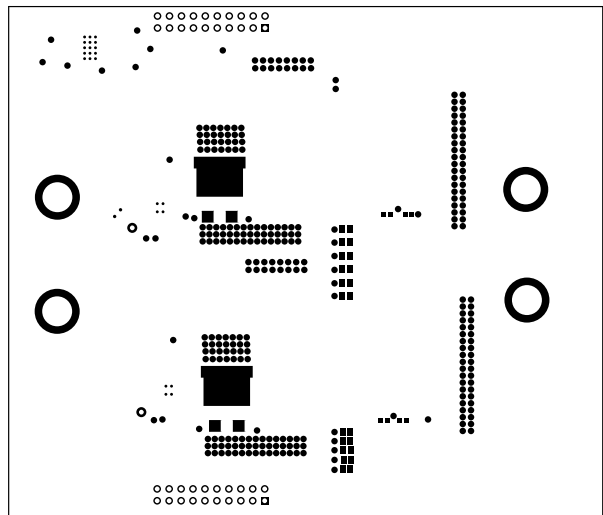


图 6-20. 子卡底部阻焊层

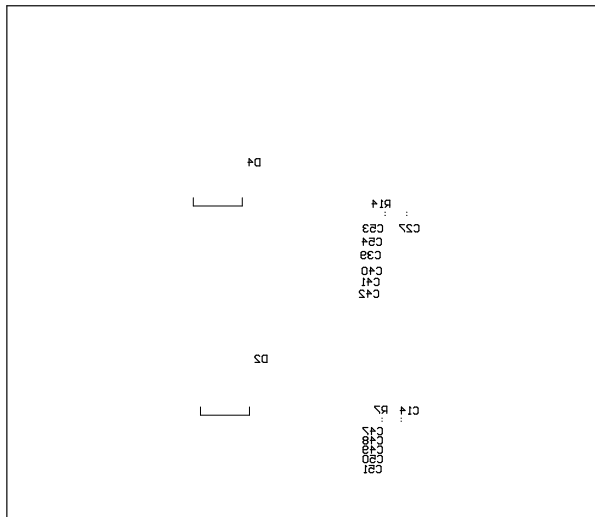


图 6-21. 子卡底部覆盖层

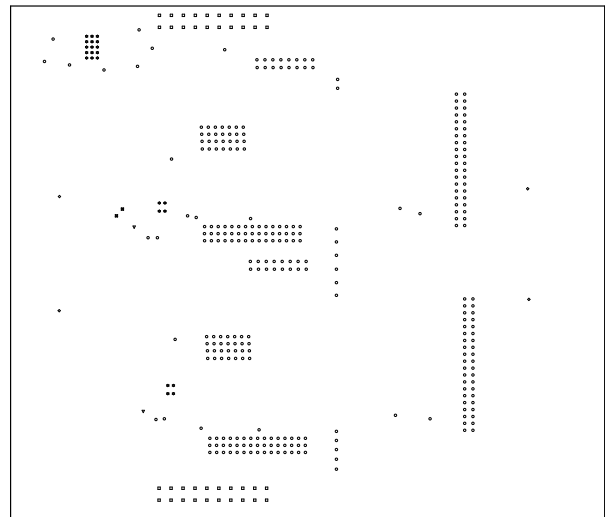


图 6-22. 子卡钻孔图

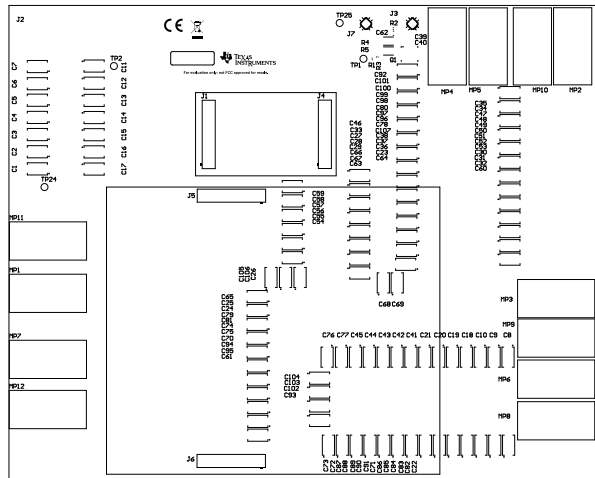


图 6-23. 主板顶部覆盖层

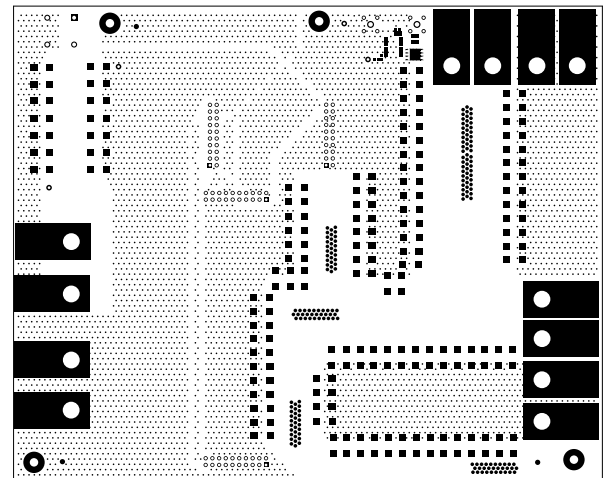


图 6-24. 主板顶部阻焊层

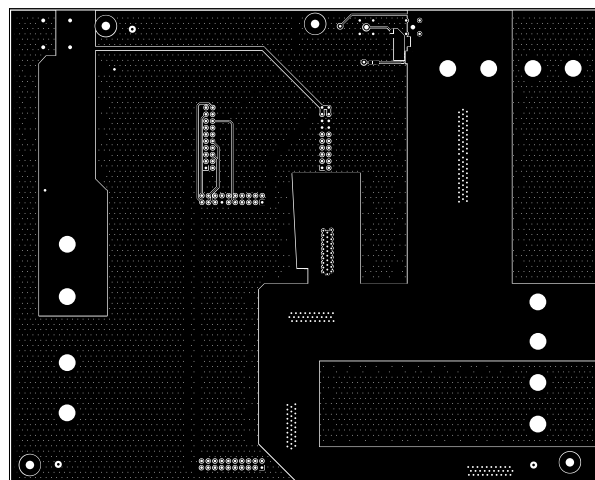


图 6-25. 主板顶层

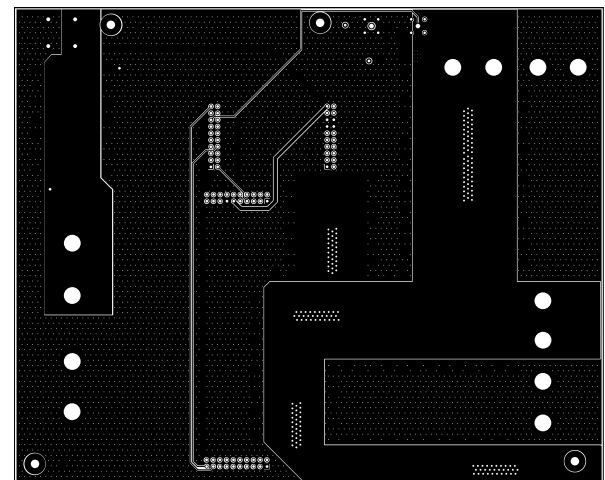


图 6-26. 主板信号层 1



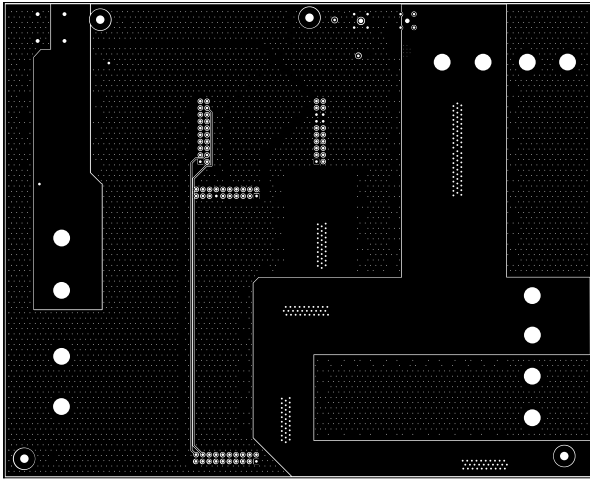


图 6-27. 主板信号层 2

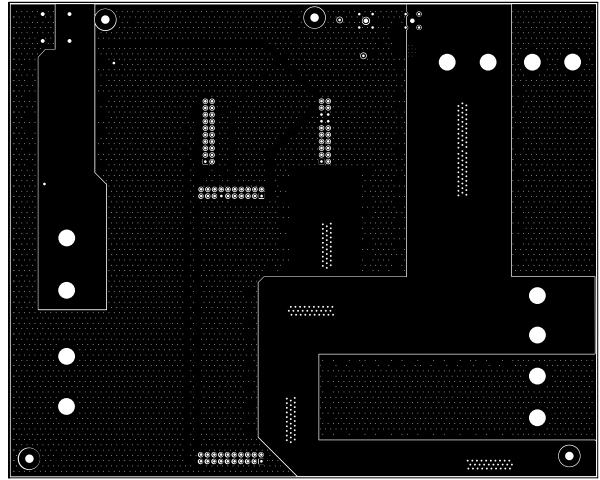


图 6-28. 主板信号层 3

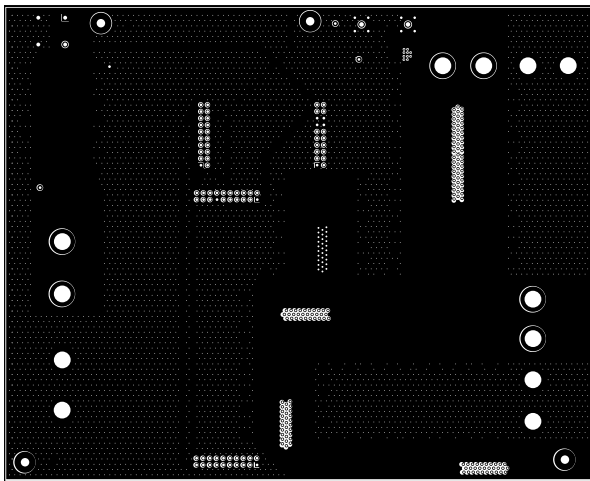


图 6-29. 主板信号层 4

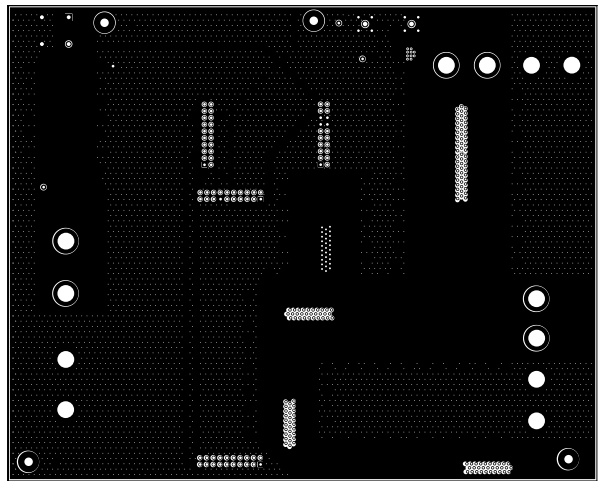


图 6-30. 主板信号层 5

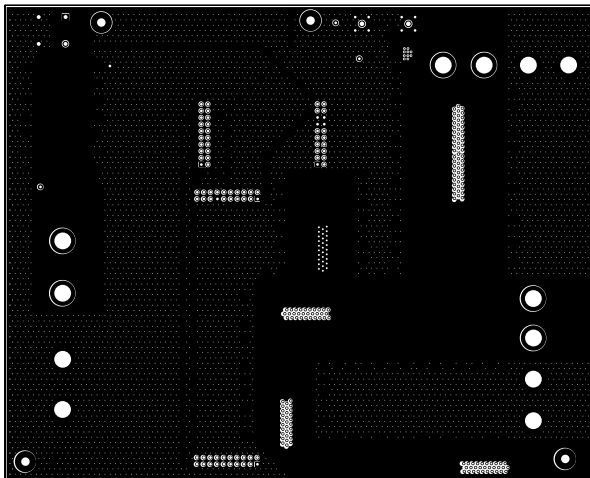


图 6-31. 主板信号层 6

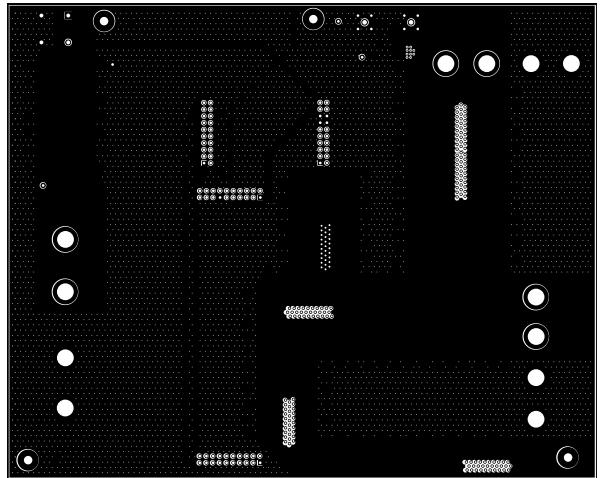


图 6-32. 主板底层

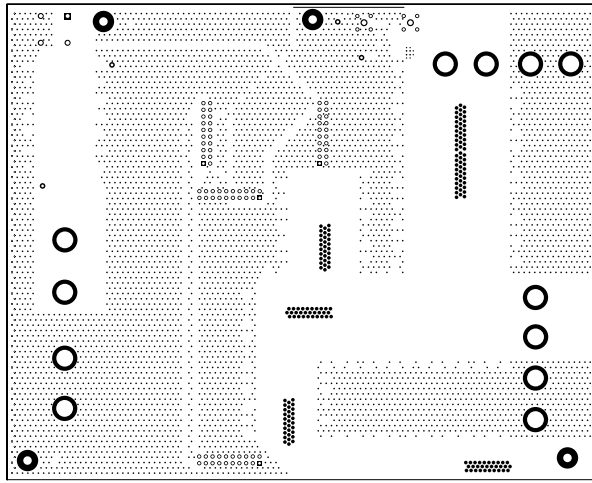


图 6-33. 主板底部阻焊层

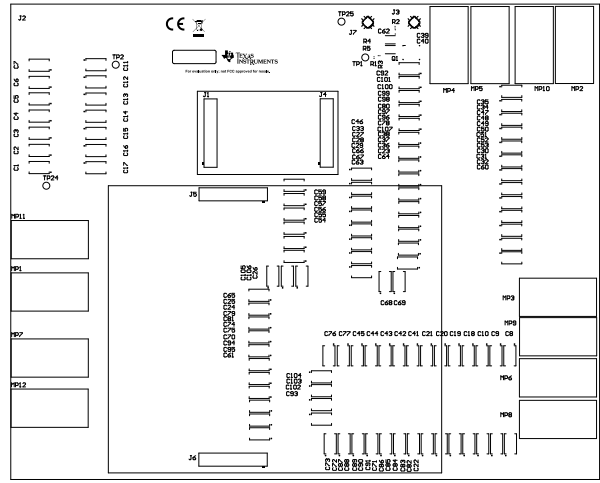


图 6-34. 主板底部覆盖层

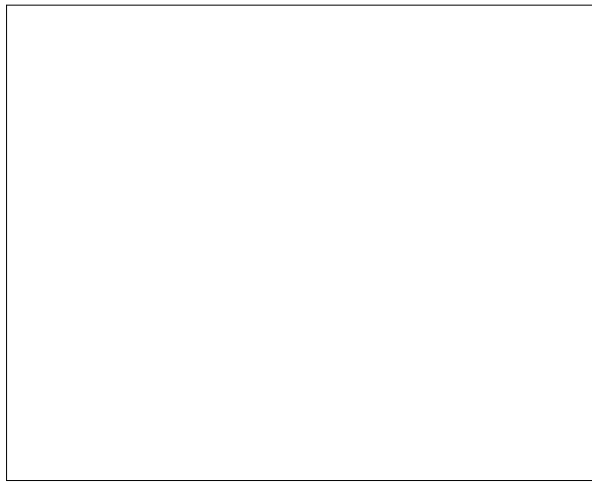


图 6-35. 底部覆盖层

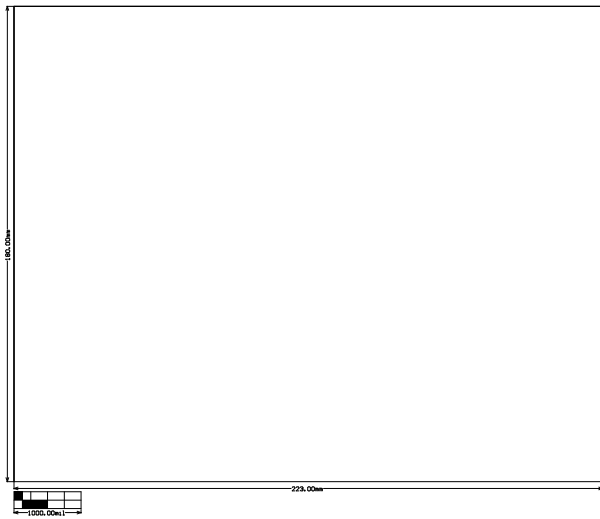


图 6-36. 电路板尺寸

## 7 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TPS7H500x-SP 耐辐射加固保障 2MHz 电流模式 PWM 控制器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LMG1210 具有可调节死区时间、适用于高达 50MHz 的应用的 200V、1.5A、3A 半桥 MOSFET 和 GaN FET 驱动器](#) 数据表。

## 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