



Gangyao Wang

摘要

该评估模块适用于评估 TI 功能安全合规型 UCC5870-Q1 这款具有高级保护功能的 15A 隔离式单通道栅极驱动器。此栅极驱动器专用于驱动 EV/HEV 应用中的大功率 SiC MOSFET 或 Si IGBT，包含多种保护功能，如 DESAT 短路保护、分流电流检测支持、软关断、VCE 过压钳制、栅极驱动器电源 UVLO 和 OVLO 保护、温度监测和热关断以及栅极监测等，适用于具有高可靠性要求的系统。该驱动器还通过串行外设接口 (SPI) 集成了先进的诊断、保护和监控功能。

UCC5870-Q1-045 评估模块包含六通道栅极驱动器，可用于驱动三相转换器。此评估模块可直接与 C2000 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 连接，从而对驱动器进行编程并生成 PWM。该评估模块还具有引脚输出，可连接不同类型的控制器。该电路板可选择支持驱动器和控制器之间的地址模式 SPI 和菊花链模式 SPI 通信。

此评估模块还使用 LM5180-Q1 具有宽输入电压 (宽 VIN) 范围的 PSR 反激式转换器。集成的 100V、1.5A 功率 MOSFET 为与变压器寄生漏电感相关的线路瞬变和开关 (SW) 节点电压尖峰提供足够的裕度。借助准谐振边界导通模式 (BCM) 控制方案，可避免与变压器次级绕组电阻相关的负载调节误差。

内容

1 说明.....	2
2 电气规格.....	3
3 测试设备、设置和示例波形.....	3
4 EVM 其他配置选项：使用其他 MCU 控制板.....	5
5 原理图.....	6
6 布局图.....	8
7 物料清单.....	11

插图清单

图 3-1. 工作台设置配置.....	4
图 3-2. 驱动器通道 Ch1、Ch3、Ch5 的栅极波形.....	4
图 4-1. J4 连接器引脚定义.....	5
图 5-1. EVM 所有六个驱动器的顶层原理图.....	6
图 5-2. EVM 单驱动器块原理图.....	7
图 6-1. PCB 布局顶部覆盖层.....	8
图 6-2. PCB 布局顶层.....	8
图 6-3. PCB 布局内层 1.....	9
图 6-4. PCB 布局内层 2.....	9
图 6-5. PCB 布局底层.....	10
图 6-6. PCB 布局底部覆盖层.....	10

表格清单

表 1-1. I/O 说明.....	2
表 2-1. UCC5870 EVM 电气规格.....	3
表 7-1. 物料清单.....	11

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 说明

UCC5870-Q1-045 评估模块旨在测试 TI UCC5870-Q1 栅极驱动器在地址模式 SPI 通信下的六个通道，并可以配置电路板来实现菊花链模式 SPI 通信。该板可直接安装 C2000 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D，但还提供用于其他类型控制器的连接器。

1.1 特性

- 15A 峰值灌/拉驱动电流，可实现快速导通和关断
- 在 12V 输入电源下，驱动器输出电压默认为 +15V/-8V
- UCC5870-Q1 提供符合 UL 1577 标准、长达一分钟的 3750V_{RMS} 隔离
- 反激式变压器提供长达一分钟的 3000V_{RMS} 隔离
- 初级侧和次级侧之间的爬电距离大于 8mm
- DESAT 短路保护和有源 VCE 钳位
- 使用内部或外部 FET 的有源米勒钳位
- 故障报警和复位
- ADC 用于温度感应和直流总线电压检测
- 初级和次级 ASC
- 基于地址模式或菊花链模式 SPI 的器件重新配置、验证、监控和诊断
- 兼容 C2000 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D
- 15V 和 -7.7V 的严格稳压隔离式输出电压，在 1% 至 100% 负载范围内的负载调节率低于 ±2%

1.2 I/O 说明

表 1-1. I/O 说明

引脚	说明
PWR1 - 1	+12V 电源
PWR1 - 2	+3.3V 电源
PWR1 - 3	GND1
J1/J3、J2/J4、J5/J7、J6/J8	用于 C2000 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 的连接器
J4	用于连接其他类型控制器板的连接器
J1_1、J1_2、J1_3、J1_4、 J1_5、J1_6	用于连接每个通道的 IGBT/MOSFET 的连接器：引脚 1：集电极/漏极；引脚 2：栅极，引脚 3：发射极/源极
J2_1、J2_2、J2_3、J2_4、 J2_5、J2_6	用于连接每个通道的 ADC 源的连接器：引脚 1：AI1；引脚 2：AI2；引脚 3：AI3；引脚 4：AI5；引脚 5：AI6
TP - 1	SPI nCS 的测试点
TP - 2	SPI SCLK 的测试点
TP - 3	SPI SDI 的测试点
TP - 4	SPI SDO 的测试点
TP - 5	GND1
TP - 6	高侧 nFLT1
TP - 7	高侧 nFLT2
TP - 8	低侧 nFLT1
TP - 9	低侧 nFLT2
TP - 10	高侧 ASC 使能
TP - 11	低侧 ASC 使能
TP - 12	高侧 ASC
TP - 13	低侧 ASC

2 电气规格

表 2-1. UCC5870 EVM 电气规格

说明		最小值	典型值	最大值	单位
PWR1-2 : 3.3V 电源	初级侧 VCC1 电源	3.0	3.3	5.5	V
PWR1-1 : 12V 电源	驱动器 VCC2 和 VEE2 的输入电源	10	12	15	V
F _s	开关频率	0		50 ⁽¹⁾	kHz
T _J	UCC5870-Q1 的运行结温范围	-40		150	°C

(1) 如果使用 ADC，则为 30kHz

3 测试设备、设置和示例波形

在本节中，使用 TI 地址模式 SPI 和 C2000 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 控制器在默认配置下测试 EVM。

3.1 设备

3.1.1 电源

两个电压/电流高于 5V/0.5A 和 35V/0.5A 的直流电源 (例如 : Agilent E3634A)

3.1.2 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 和计算机

LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 和一台安装了 Windows 系统及 TI Code Composer Studio 的计算机 : <https://www.ti.com.cn/tool/cn/CCSTUDIO>。

3.2 测试设置

3.2.1 直流电源设置

- 直流电源 1
 - 电压设置 : 3.3V，作为驱动器 VCC1 电源。
 - 电流限值 : 0.2A
- 直流电源 2
 - 电压设置 : 12V，作为板上反激电源的输入
 - 电流限值 : 0.5A

3.2.2 用于测试的工作台设置

工作台设置包括电源、示波器和 LaunchPad USB 连接。

请按照以下连接过程操作。图 3-1 可用作参考。

- 连接前请确保直流电压电源的输出处于关闭状态；
- 连接 12V 和 3.3V 电源；
- 在 EVM 板顶部插入 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D；
- 将示波器探头连接到相应的测试引脚；
- 通过 USB 电缆将 LaunchPad LAUNCHXL-F28379D 连接到计算机。

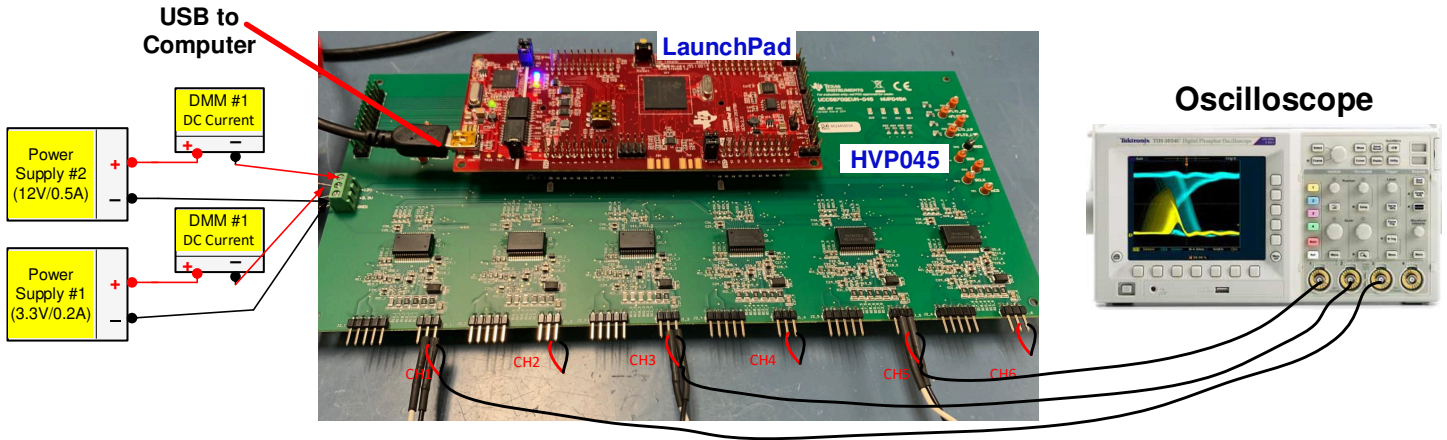


图 3-1. 工作台设置配置

3.3 测试示例波形

通过 Launchpad 和 Code Composer Studio (CCS) 配置和编程栅极驱动器后，驱动器将输出 PWM。图 3-2 显示了所有通道的 5kHz 50% 占空比 PWM 波形示例。该示例仅捕获驱动器通道 Ch1、Ch3 和 Ch5 的 V_{ge}/V_{gs} 波形，但其他三个通道将具有类似的波形。在此测试条件下，3.3V 电源输出约 29mA 电流，12V 电源输出约 126mA 电流。对于所有通道，驱动器输出高电压为 15V，低电压为 -7.7V。

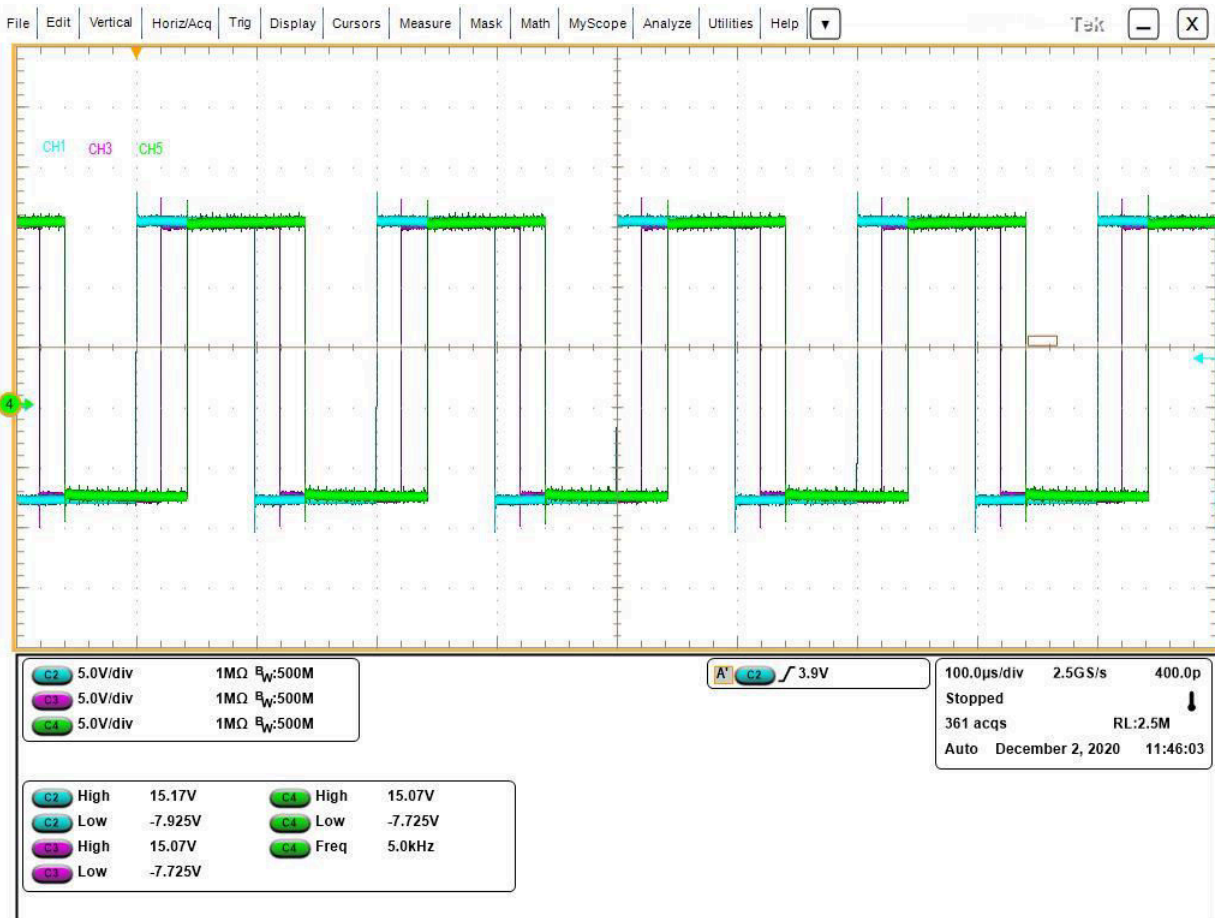


图 3-2. 驱动器通道 Ch1、Ch3、Ch5 的栅极波形

4 EVM 其他配置选项：使用其他 MCU 控制板

通过使用 J4 连接器，此 EVM 可以与不同的 MCU 控制板连接，该连接器包含用于所有 SPI、PWM、故障和 ASC 信号连接的引脚。详细定义如图 4-1 所示。

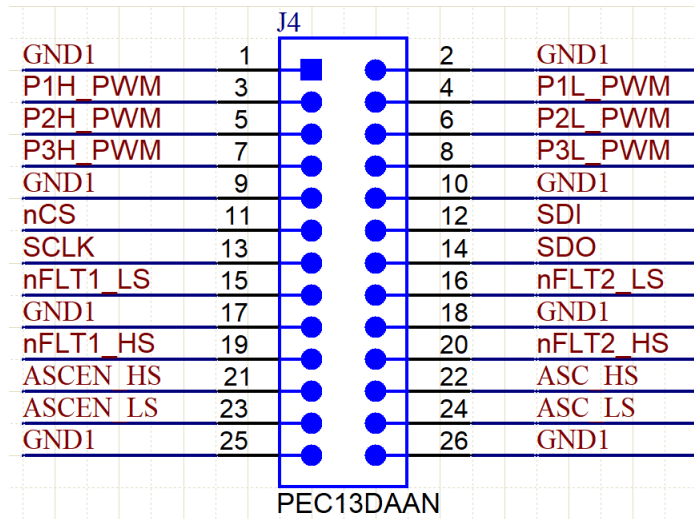


图 4-1. J4 连接器引脚定义

5 原理图

图 5-1 显示了所有六个通道的顶层原理图，图 5-2 显示了其中一个通道的驱动器块原理图。

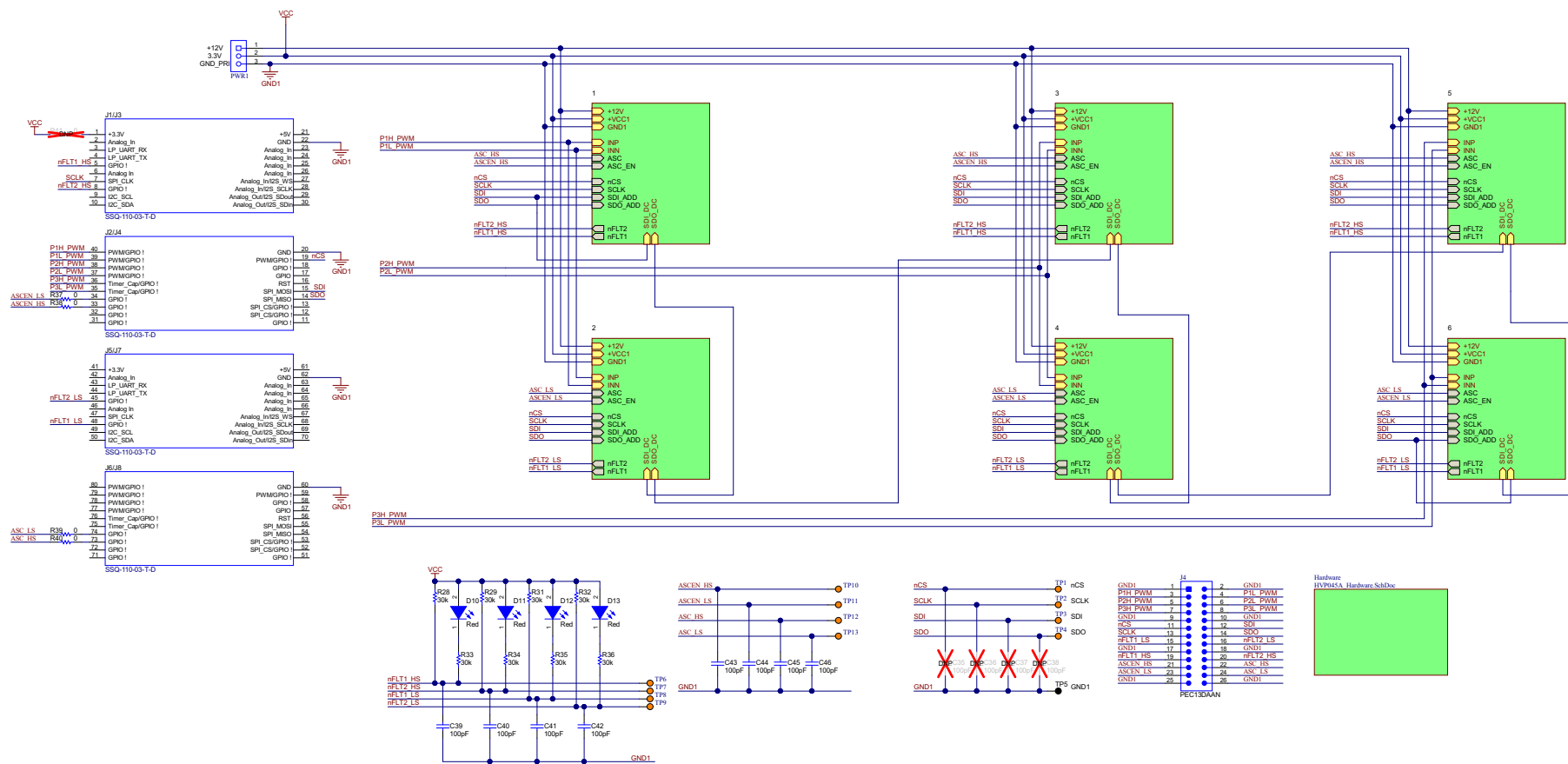


图 5-1. EVM 所有六个驱动器的顶层原理图

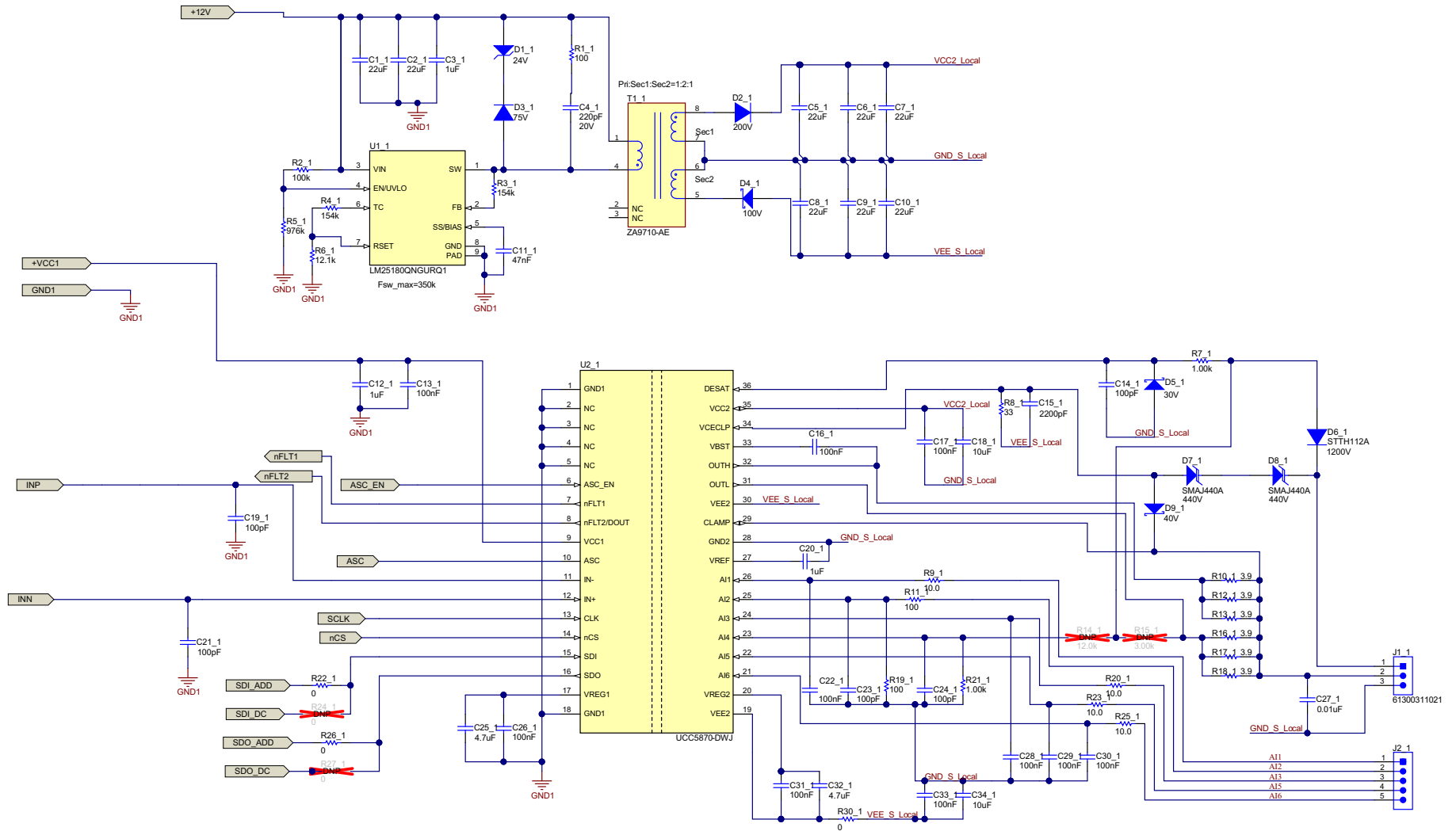


图 5-2. EVM 单驱动器块原理图

6 布局图

图 6-1 至图 6-6 显示了 UCC5870-045 EVM 的 PCB 布局信息。

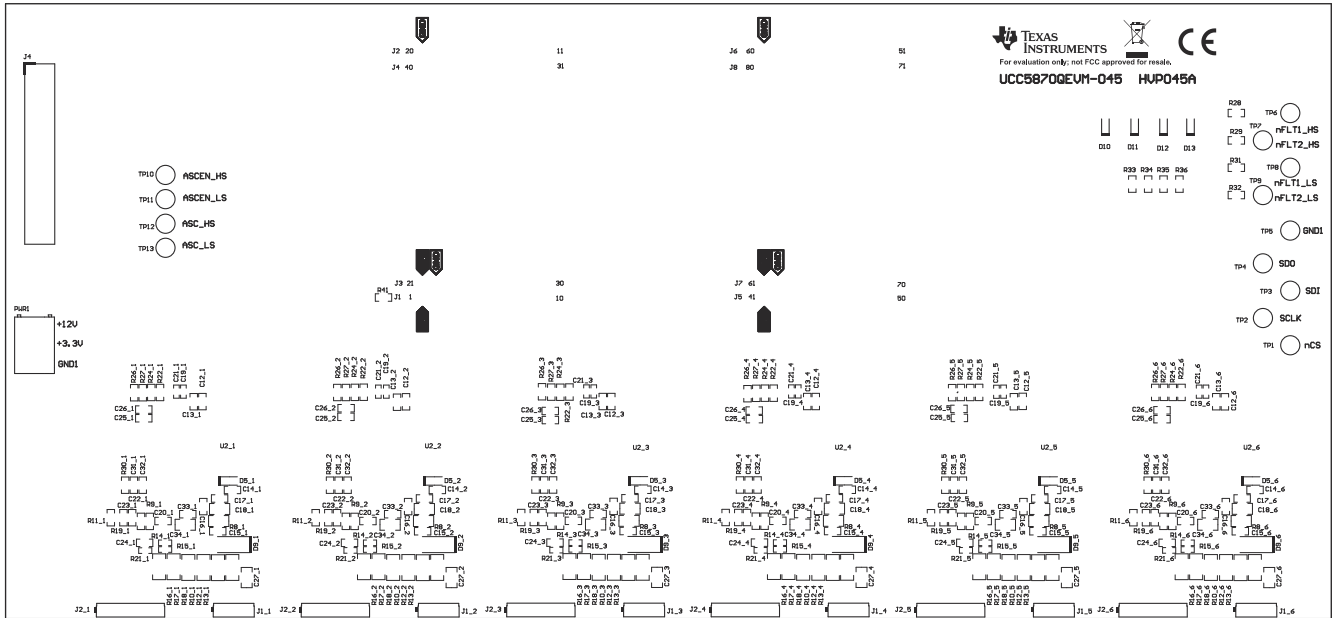


图 6-1. PCB 布局顶部覆盖层

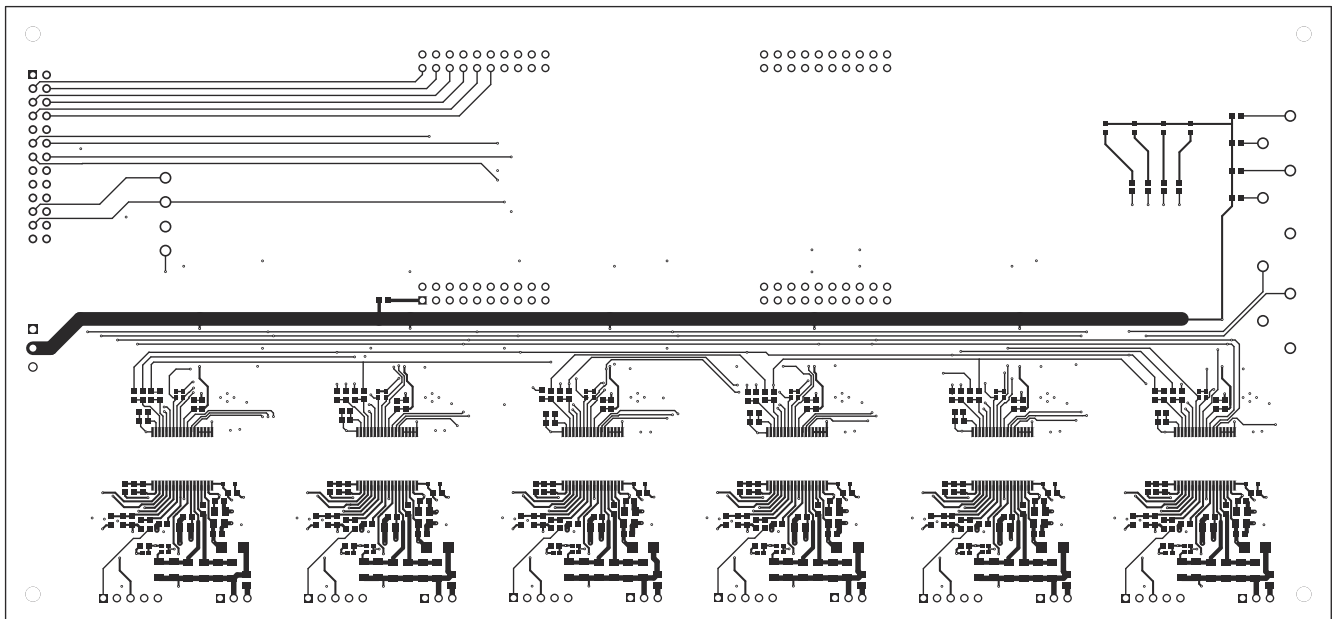


图 6-2. PCB 布局顶层

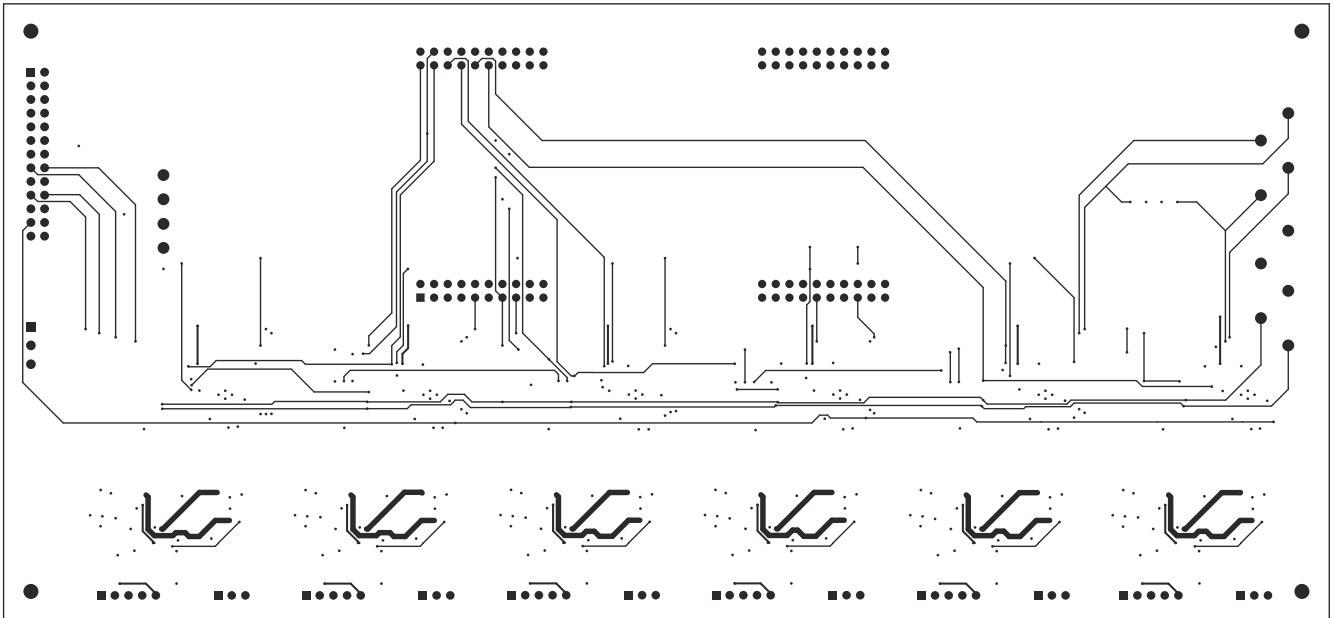


图 6-3. PCB 布局内层 1

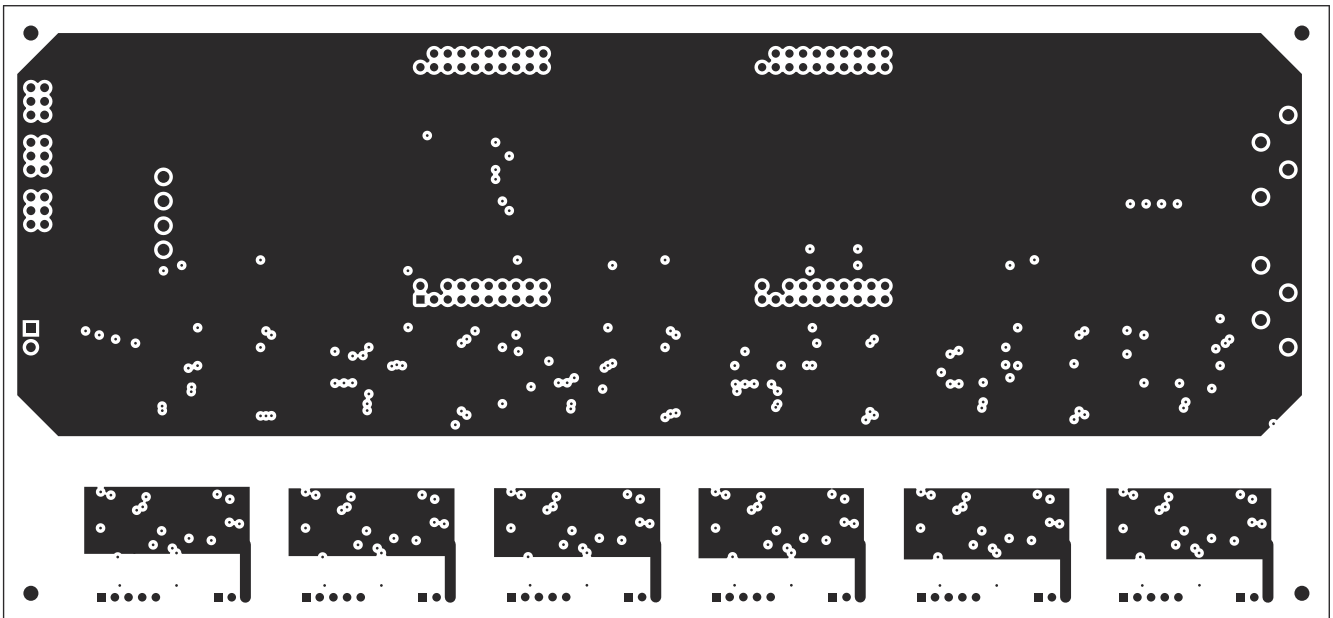


图 6-4. PCB 布局内层 2

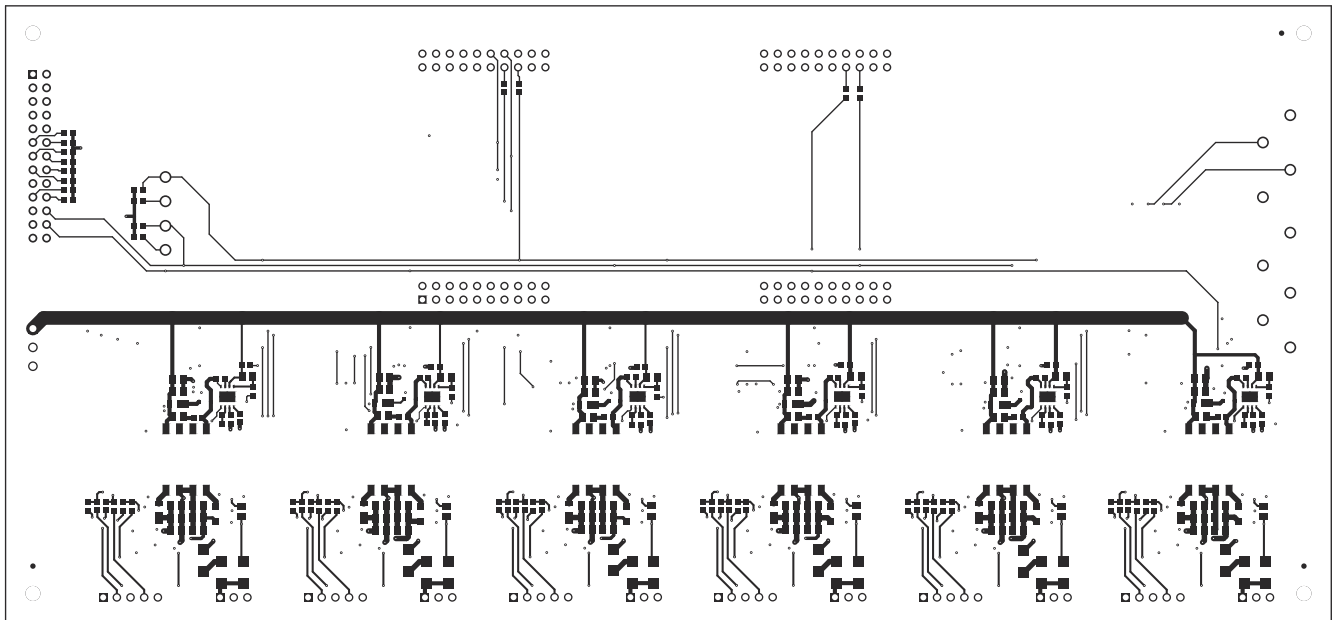


图 6-5. PCB 布局底层

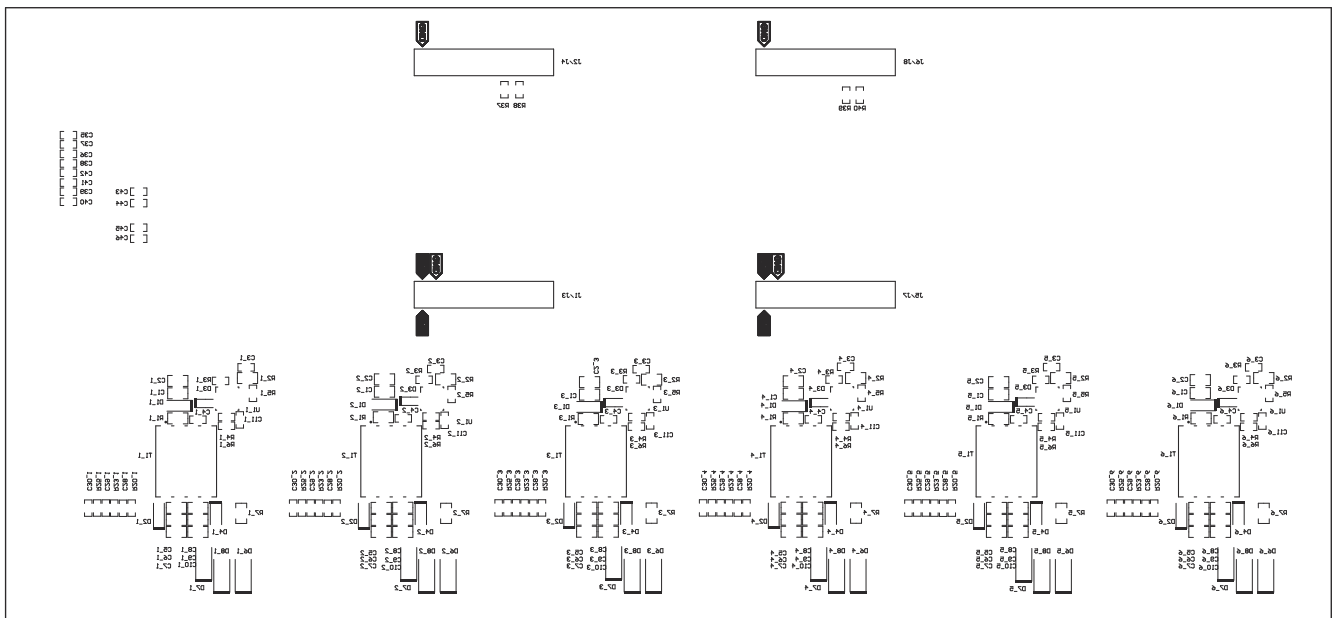


图 6-6. PCB 布局底部覆盖层

7 物料清单

表 7-1. 物料清单

标识符	数量	说明	制造商	器件型号
C1_1、C1_2、C1_3、 C1_4、C1_5、C1_6、 C2_1、C2_2、C2_3、 C2_4、C2_5、C2_6、 C5_1、C5_2、C5_3、 C5_4、C5_5、C5_6、 C6_1、C6_2、C6_3、 C6_4、C6_5、C6_6、 C7_1、C7_2、C7_3、 C7_4、C7_5、C7_6、 C8_1、C8_2、C8_3、 C8_4、C8_5、C8_6、 C9_1、C9_2、C9_3、 C9_4、C9_5、C9_6、 C10_1、C10_2、 C10_3、C10_4、 C10_5、C10_6	48	电容，陶瓷，22 μ F，25V，+/-20%，X5R，0805	MuRata	GRM21BR61E226ME44L
C3_1、C3_2、C3_3、 C3_4、C3_5、C3_6、 C12_1、C12_2、 C12_3、C12_4、 C12_5、C12_6、 C20_1、C20_2、 C20_3、C20_4、 C20_5、C20_6	18	电容，陶瓷，1 μ F，35V，+/-10%，X7R，AEC-Q200 1级，0603	TDK	CGA3E1X7R1V105K080A C
C4_1、C4_2、C4_3、 C4_4、C4_5、C4_6	6	电容，陶瓷，220pF，20V，+/-5%，C0G/NP0，AEC-Q200 1级，0603	TDK	CGA3E2C0G1H221J080A A
C11_1、C11_2、 C11_3、C11_4、 C11_5、C11_6	6	电容，陶瓷，0.047 μ F，50V，+/-10%，X7R，0603	TDK	C1608X7R1H473K080AA

表 7-1. 物料清单 (continued)

标识符	数量	说明	制造商	器件型号
C13_1、C13_2、 C13_3、C13_4、 C13_5、C13_6、 C16_1、C16_2、 C16_3、C16_4、 C16_5、C16_6、 C17_1、C17_2、 C17_3、C17_4、 C17_5、C17_6、 C22_1、C22_2、 C22_3、C22_4、 C22_5、C22_6、 C26_1、C26_2、 C26_3、C26_4、 C26_5、C26_6、 C28_1、C28_2、 C28_3、C28_4、 C28_5、C28_6、 C29_1、C29_2、 C29_3、C29_4、 C29_5、C29_6、 C30_1、C30_2、 C30_3、C30_4、 C30_5、C30_6、 C31_1、C31_2、 C31_3、C31_4、 C31_5、C31_6、 C33_1、C33_2、 C33_3、C33_4、 C33_5、C33_6	60	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	Würth Elektronik	885012206095
C14_1、C14_2、 C14_3、C14_4、 C14_5、C14_6、 C23_1、C23_2、 C23_3、C23_4、 C23_5、C23_6、 C24_1、C24_2、 C24_3、C24_4、 C24_5、C24_6、C39、 C40、C41、C42、 C43、C44、C45、C46	26	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	Würth Elektronik	885012006057
C15_1、C15_2、 C15_3、C15_4、 C15_5、C15_6	6	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	MuRata	GRM1885C1H222JA01D
C18_1、C18_2、 C18_3、C18_4、 C18_5、C18_6、 C34_1、C34_2、 C34_3、C34_4、 C34_5、C34_6	12	电容, 陶瓷, 10uF, 35V, +/- 10%, X5R, 0805	MuRata	GRM21BR6YA106KE43L
C19_1、C19_2、 C19_3、C19_4、 C19_5、C19_6、 C21_1、C21_2、 C21_3、C21_4、 C21_5、C21_6	12	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402	Yageo America	CC0402JRNPO9BN101

表 7-1. 物料清单 (continued)

标识符	数量	说明	制造商	器件型号
C25_1、C25_2、 C25_3、C25_4、 C25_5、C25_6、 C32_1、C32_2、 C32_3、C32_4、 C32_5、C32_6	12	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0603	Kemet	C0603C475K9PACTU
C27_1、C27_2、 C27_3、C27_4、 C27_5、C27_6	6	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	Wurth Elektronik	885012207092
D1_1、D1_2、D1_3、 D1_4、D1_5、D1_6	6	二极管, 齐纳, 24V, 1W, PowerDI123	Diodes Inc.	DFLZ24-7
D2_1、D2_2、D2_3、 D2_4、D2_5、D2_6	6	二极管, 超快速整流器, 200V, 1A, AEC-Q101, PowerDI123	Diodes Inc.	DFLU1200-7
D3_1、D3_2、D3_3、 D3_4、D3_5、D3_6	6	二极管, 超快速, 75V, 0.25A, SOD-323	Central Semiconductor	CMDD4448
D4_1、D4_2、D4_3、 D4_4、D4_5、D4_6	6	二极管, 肖特基, 100V, 1A, AEC-Q101, SOD-123W	Nexperia	PMEG10010ELRX
D5_1、D5_2、D5_3、 D5_4、D5_5、D5_6	6	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-323	Diodes Inc.	BAT54WS-7-F
D6_1、D6_2、D6_3、 D6_4、D6_5、D6_6	6	二极管, 超快速, 1200V, 1A, SMA	STMicroelectronics	STTH112A
D7_1、D7_2、D7_3、 D7_4、D7_5、D7_6、 D8_1、D8_2、D8_3、 D8_4、D8_5、D8_6	12	二极管, TVS, 单向, 440V, 713Vc, 400W, 0.6A, SMA	Littelfuse	SMAJ440A
D9_1、D9_2、D9_3、 D9_4、D9_5、D9_6	6	二极管, 肖特基, 40V, 3A, SMA	ON Semiconductor	MBRA340T3G
D10、D11、D12、D13	4	LED, 红色, SMD	Wurth Elektronik	150060RS75000
J1/J3、J2/J4、J5/J7、 J6/J8	4	插座, 2.54mm, 10x2, 锡, TH	Samtec	SSQ-110-03-T-D
J1_1、J1_2、J1_3、 J1_4、J1_5、J1_6	6	接头, 2.54mm, 3x1, 金, R/A, TH	Wurth Elektronik	61300311021
J2_1、J2_2、J2_3、 J2_4、J2_5、J2_6	6	接头, 2.54mm, 5x1, 金, R/A, TH	Wurth Elektronik	61300511021
J4	1	接头, 100mil, 13x2, 锡, TH	Sullins Connector Solutions	PEC13DAAN
PWR1	1	端子块, 3.5mm, 3x1, 镀锡, TH	Wurth Elektronik	691214110003
R1_1、R1_2、R1_3、 R1_4、R1_5、R1_6	6	电阻, 100, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	Vishay-Dale	CRCW0805100RFKEA
R2_1、R2_2、R2_3、 R2_4、R2_5、R2_6	6	电阻, 100k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	Panasonic	ERJ-6ENF1003V
R3_1、R3_2、R3_3、 R3_4、R3_5、R3_6、 R4_1、R4_2、R4_3、 R4_4、R4_5、R4_6	12	电阻, 154k Ω , 1%, 0.1W, 0603	Yageo	RC0603FR-07154KL
R5_1、R5_2、R5_3、 R5_4、R5_5、R5_6	6	电阻, 976k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale	CRCW0603976KFKEA
R6_1、R6_2、R6_3、 R6_4、R6_5、R6_6	6	电阻, 12.1k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	Vishay-Dale	CRCW060312K1FKEA
R7_1、R7_2、R7_3、 R7_4、R7_5、R7_6	6	电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	Vishay-Dale	CRCW08051K00FKEA
R8_1、R8_2、R8_3、 R8_4、R8_5、R8_6	6	电阻, 33, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	Vishay-Dale	CRCW080533R0JNEA

表 7-1. 物料清单 (continued)

标识符	数量	说明	制造商	器件型号
R9_1、R9_2、R9_3、 R9_4、R9_5、R9_6、 R20_1、R20_2、 R20_3、R20_4、 R20_5、R20_6、 R23_1、R23_2、 R23_3、R23_4、 R23_5、R23_6、 R25_1、R25_2、 R25_3、R25_4、 R25_5、R25_6	24	电阻，10.0，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	Vishay-Dale	CRCW060310R0FKEA
R10_1、R10_2、 R10_3、R10_4、 R10_5、R10_6、 R12_1、R12_2、 R12_3、R12_4、 R12_5、R12_6、 R13_1、R13_2、 R13_3、R13_4、 R13_5、R13_6、 R16_1、R16_2、 R16_3、R16_4、 R16_5、R16_6、 R17_1、R17_2、 R17_3、R17_4、 R17_5、R17_6、 R18_1、R18_2、 R18_3、R18_4、 R18_5、R18_6	36	电阻，3.9，5%，0.25W，AEC-Q200 0 级，1206	Vishay-Dale	CRCW12063R90JNEA
R11_1、R11_2、 R11_3、R11_4、 R11_5、R11_6、 R19_1、R19_2、 R19_3、R19_4、 R19_5、R19_6	12	电阻，100，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	Vishay-Dale	CRCW0603100RFKEA
R21_1、R21_2、 R21_3、R21_4、 R21_5、R21_6	6	电阻，1.00k，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	Vishay-Dale	CRCW04021K00FKED
R22_1、R22_2、 R22_3、R22_4、 R22_5、R22_6、 R26_1、R26_2、 R26_3、R26_4、 R26_5、R26_6、 R30_1、R30_2、 R30_3、R30_4、 R30_5、R30_6、R37、 R38、R39、R40	22	电阻，0，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	Vishay-Dale	CRCW06030000Z0EA
R28、R29、R31、 R32、R33、R34、 R35、R36	8	电阻，30k Ω ，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	Vishay-Dale	CRCW060330K0JNEA
T1_1、T1_2、T1_3、 T1_4、T1_5、T1_6	6	反激式变压器	Coilcraft	ZA9710-AE
TP1、TP2、TP3、 TP4、TP6、TP7、 TP8、TP9、TP10、 TP11、TP12、TP13	12	测试点，紧凑型，橙色，TH	Keystone	5008
TP5	1	测试点，通用，黑色，TH	Keystone	5011

表 7-1. 物料清单 (continued)

标识符	数量	说明	制造商	器件型号
U1_1、U1_2、U1_3、 U1_4、U1_5、U1_6	6	具有 65V、1.5A 集成 MOSFET 的 LM25180-Q1 42V 输入电压 PSR 反激式直流/直流转换器，NGU0008C (WSON-8)	德州仪器 (TI)	LM25180QNGURQ1
U2_1、U2_2、U2_3、 U2_4、U2_5、U2_6	6	具有实时可编程性的隔离式 IGBT、SiC MOSFET 栅极驱动器，DWJ0036A (SOIC-36)	德州仪器 (TI)	UCC5870-DWJ
C35、C36、C37、C38	0	电容，陶瓷，100pF，50V，+/-5%，C0G/NP0，0603	Würth Elektronik	885012006057
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
R14_1、R14_2、 R14_3、R14_4、 R14_5、R14_6	0	电阻，12.0k Ω ，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	Vishay-Dale	CRCW040212K0FKED
R15_1、R15_2、 R15_3、R15_4、 R15_5、R15_6	0	电阻，3.00k Ω ，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	Vishay-Dale	CRCW04023K00FKED
R24_1、R24_2、 R24_3、R24_4、 R24_5、R24_6、 R27_1、R27_2、 R27_3、R27_4、 R27_5、R27_6、R41	0	电阻，0，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	Vishay-Dale	CRCW06030000Z0EA

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