

Application Brief

DRV81545 IEC、CISPR 和热性能测试报告



Jacob Thompson, Brushed DC and Stepper Motors

摘要

DRV81545 是一款四通道集成式低侧开关 (4.5V 至 55V)，专为工业和汽车应用而设计。每个通道都具有一个低侧 N 沟道 FET ($R_{DS(ON)} = 235m\Omega$)，并配有连接至可配置 VCLAMP 引脚的内部续流二极管，以提供电感负载保护。

本报告记录了根据 IEC 61000-4-5 浪涌、IEC 61000-4-4 EFT 和 CISPR-32 辐射标准进行的系统级合规性测试。热基准测试表明，在汽车工作温度范围内，DRV81x4x 系列的工作温度低于引脚对引脚竞争器件 (IPS4260L、MAX14919A)，同时提供高 27% 的电流能力 (DRV81545)。能源管理验证确认，DRV81545 和 DRV81646 在所有三种集成退磁模式下，可分别在 24V 和 48V 电压下安全地同时驱动接入 1200mH + 40 Ω 电感负载的四个通道，而无需外部保护元件。

内容

1 简介.....	0	2.3 OUT 线路上的 DRV81545 EFT (IEC 61000-4-4)....	0
1.1 特性.....	0	2.4 DRV81545 CISPR-32 传导发射.....	0
1.2 应用.....	0	2.5 DRV81545 CISPR-32 辐射发射.....	0
2 详细说明.....	0	2.6 引脚对引脚与同类竞争器件的热性能比较.....	0
2.1 采用外部 TVS 二极管的 DRV81545 浪涌测试		2.7 大电感负载测试 — 每个 OUTx 1200mH.....	0
(IEC 61000-4-5).....	0	3 总结.....	0
2.2 VM 线路上的 DRV81545 EFT (IEC 61000-4-4).....	0	4 参考资料.....	0

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

DRV81545 是一款四通道低侧智能开关，专为要求严苛的工业和汽车应用而设计，需要在宽电压范围内实现稳健的负载开关。该器件集成了每通道电流限制、灵活的电感负载钳位和强大的 EMC 抗扰度，可简化系统设计，同时减少外部元件数量。以下特性和应用凸显了 DRV81545 在电机驱动器、工厂自动化、楼宇控制等诸多领域的广泛适用性。

- **强大浪涌抗扰度 (IEC 61000-4-5)**：在驱动器导通状态下，配合外部 TVS 可承受高达 2.5kV 的浪涌；在没有外部钳位元件的情况下可承受高达 2.0kV 的浪涌。
- **高 EFT 稳健性 (IEC 61000-4-4)**：在工作驱动器导通状态期间，VM 电源线上可承受高达 2.6kV 的浪涌，在关断状态期间可承受高达 2.2kV 的浪涌。
- **符合 CISPR-32 标准**：在所有评估的测试配置中，均未观察到任何超出传导或辐射发射限值的情况。
- **出色的热性能**：在相同负载条件下，与 IPS4260L 和 MAX14919A 相比，可提供高达 27% (DRV81545) 和 42% (DRV81646) 的单通道电流能力以及更低的工作温度。
- **无元件感应驱动**：在所有内部退磁模式 (慢、快、最快) 下，以 24V 电压同时驱动接入 1200mH + 40 Ω 电感负载的四个通道，而无需外部保护，并在指定衰减模式下支持高达 48V 的应用。
- 用于工业电机驱动器和执行器的[交流驱动控制模块](#)和[伺服驱动控制模块](#)
- **工厂自动化和控制系统**：驱动可编程逻辑控制器 (PLC) 数字输出模块、机器人计算板、机械臂末端执行器和高密度工业总线配置。
- **电感负载 (线圈和螺线管)**：直接开关的工业电磁阀 (如气动阀组)、磁性流体耦合器及比例线性执行器。
- **继电器和接触器控制线路**：安全管理 12V、24V 和 36V 的“冰立方”控制面板继电器和工业接触器的机电线圈激活。

- **电容和电阻特征**：利用集成式单通道限流功能，驱动多色塔灯、机器状态显示屏和高浪涌视觉警报指示灯。
- **楼宇自动化与 HVAC 控制**：操作环境混合箱、可变风量 (VAV) 控制器、电动风门执行器以及商用自动门或闸门。
- **辅助直流电动机和泵模块**：管理小型冷却风扇、通风抽气子系统以及辅助热管理流体泵的低侧接地路径。

IEC 61000-4-5 是浪涌抗扰度的国际标准。IEC 61000-4-5 用于表征由于附近雷击或同一电源网络上大型电感开关事件而耦合到系统的高能量瞬态干扰。该标准规定 $1.2\mu\text{s}/50\mu\text{s}$ 组合波（开路电压/短路电流），并规定在被测端口上施加 5 次正脉冲和 5 次负脉冲。对于低侧开关驱动器，在系统级通过此项测试表明，该器件及其外部保护电路能够承受代表工业 24V 和 48V 电源环境的浪涌事件。

- **波形**：符合 IEC 61000-4-5 标准的 $1.2\mu\text{s}/50\mu\text{s}$ 组合波（工业系统中最常用的测试波形）。
- **有效发生器输出阻抗**： 2Ω 。
- **每个测试等级施加 5 次正脉冲和 5 次负脉冲**，脉冲间隔至少 12s。
- **耦合**： $1\text{kV}/42\Omega$ ，所有 OUTx 引脚，分别在器件断电和导通条件下测试。
- **外部钳位**：SMBJ33A TVS 连接到 VCLAMP 引脚。

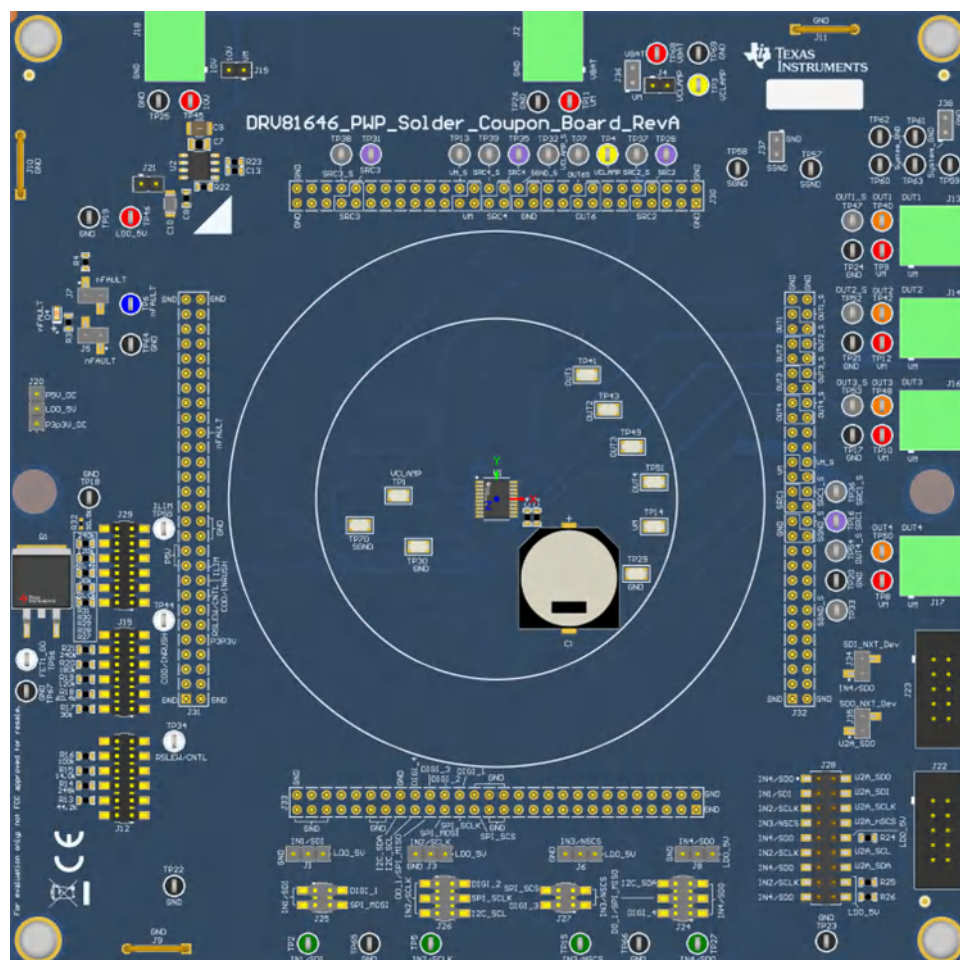


图 1. DRV81545PWP 测试板原理图

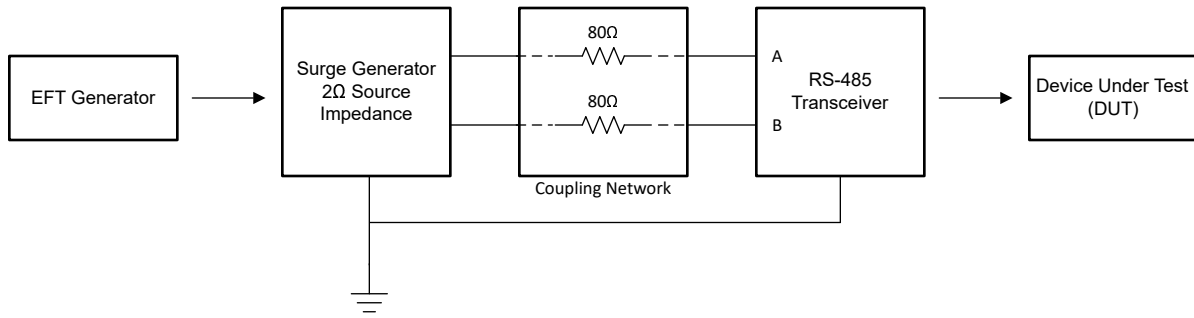


图 2. 浪涌测试设置方框图

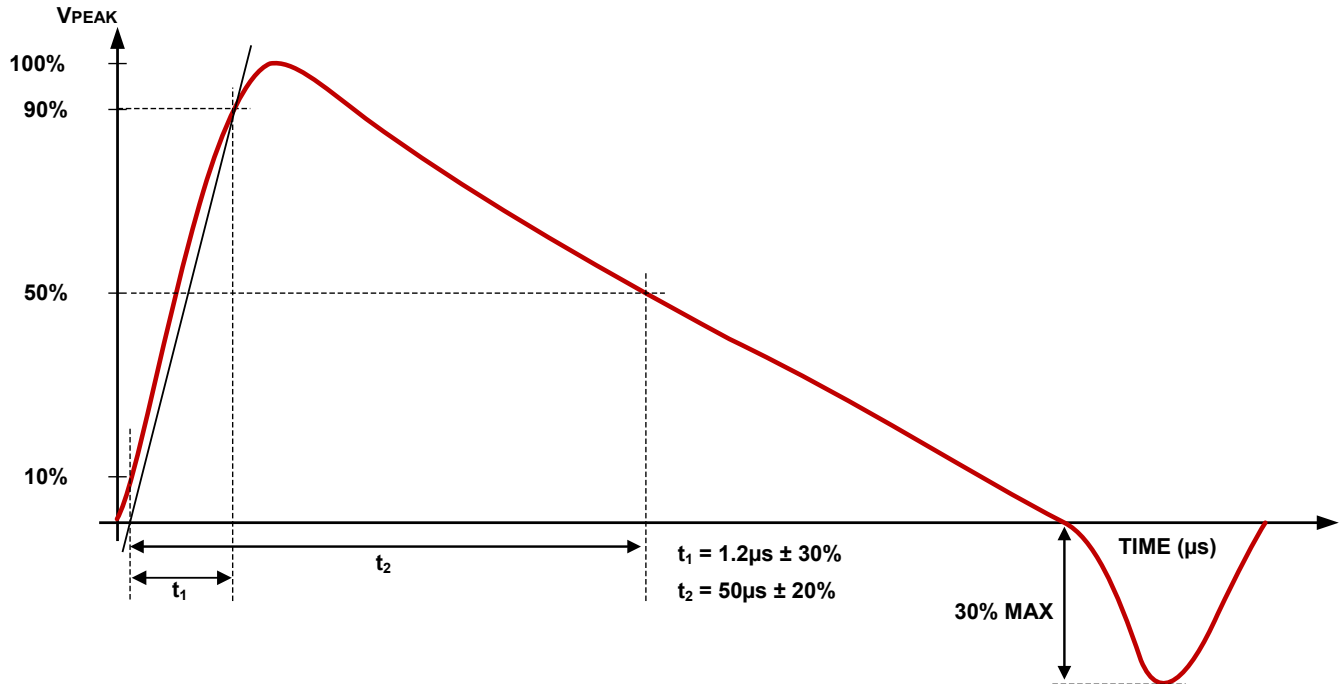


图 3. 1.2μs/50μs 组合波浪涌波形

表 1. 浪涌测试设备

等级	环境	电压电平
0	保护良好的环境，通常位于特殊房间内	25V
1	部分受保护的环境	500V
2	电缆即使在短距离内也保持良好隔离的电气环境	1kV
3	电源与信号线缆并行敷设的电气环境	2kV
4	互连系统中包含与电源线并行的室外线缆，且线缆同时用于电子元件和电路的电气环境	4kV
5	在人口稀疏地区，电子设备连接至电信电缆和架空电力线的电气环境	测试级别 4



图 4. 1000V 时捕获的浪涌波形



图 5. 1200V 时捕获的浪涌波形

驱动器关断状态 — VM = 12V，VM 大容量电容器 = 10μF，INx = 0V，OUTx 上无负载。

表 2. 浪涌结果，驱动器关断状态，带外部 TVS

器件	电压 (kV)	冲击次数	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4
DRV81545	0.75	5	通过	通过	通过	通过
	1.0	5	通过	通过	通过	通过
	1.2	5	通过	通过	通过	通过
	1.6	5	通过	通过	通过	通过
	1.8	5	通过	通过	失败	通过

表 3. 浪涌结果，驱动器导通状态，带外部 TVS

器件	电压 (kV)	冲击次数	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4
DRV81545	1.8	5	通过	通过	通过	通过
	2.0	5	通过	通过	通过	通过
	2.2	5	通过	通过	通过	通过
	2.5	5	通过	通过	通过	通过
	2.6	5	通过	通过	失败	通过

驱动器导通状态 — VM = 12V，VM 大容量电容器 = 10μF，INx = 5V，每个 OUTx 上 48Ω 负载。

- 在关断状态下施加高达 1.6kV 电压，在导通状态下施加 2.5kV 电压，均未观察到损坏
- 测试了三个器件，测试后的参数屏幕显示无参数漂移

IEC 61000-4-4 是电快速瞬变 (EFT) 抗扰度的标准。EFT 表征了在附近设备上的接触器或继电器开关期间，由电弧产生的高频脉冲群噪声。每个脉冲群由快速 (上升/下降时间为 5/50 ns) 脉冲组成，重复频率为 100kHz；脉冲群串每 300ms 重复一次。通过系统级 EFT 测试表明，器件在代表工业控制面板环境中的传导干扰下仍可保持正常运行。

脉冲群峰值电压：最高 2.8kV；脉冲群内脉冲重复率：100kHz。

脉冲群持续时间：15ms；脉冲群周期：300ms；一个脉冲群帧持续 10s 及脉冲群帧间停顿 10s；总计 6 个脉冲群帧。

耦合：仅 VM 线路。

器件采用 VM = 24V 供电，且每个 OUTx 引脚上有 48Ω 负载。

在导通状态下使用 20kHz、3.3V PWM 信号驱动 INx。

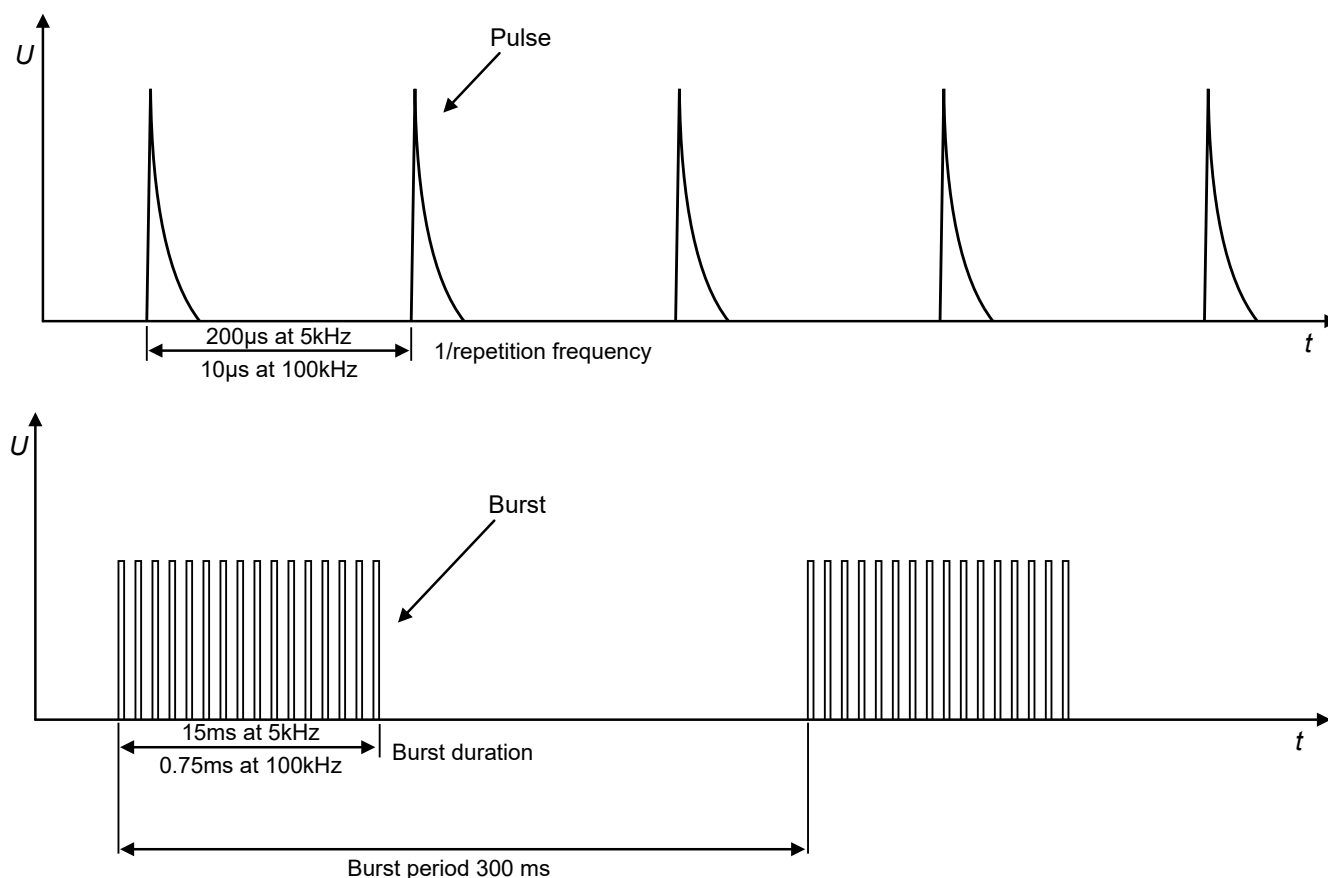
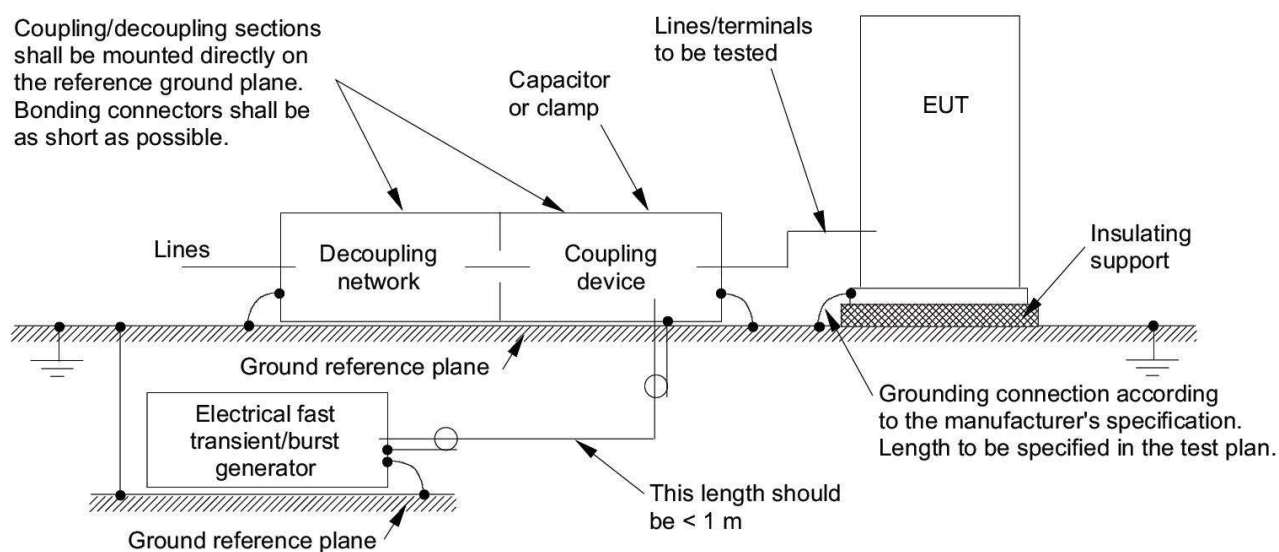


图 6. EFT 5/50ns 脉冲 — 符合 IEC 61000-4-4 标准的定义



IEC 900/04

图 7. 用于测试的 EFT 脉冲的视觉表示

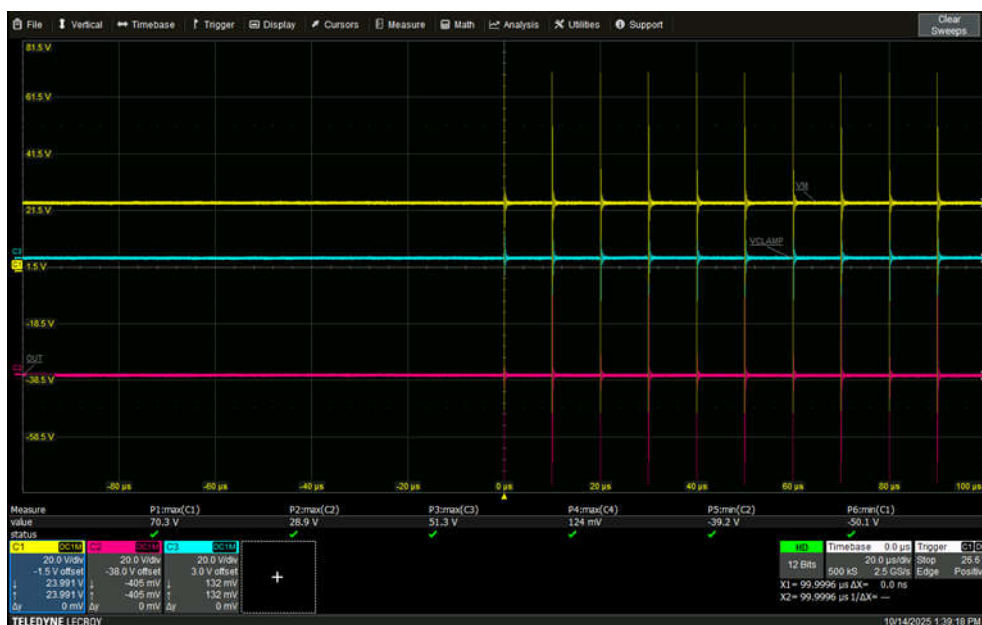


图 8. 1500V 时驱动器关断状态下捕获的浪涌波形

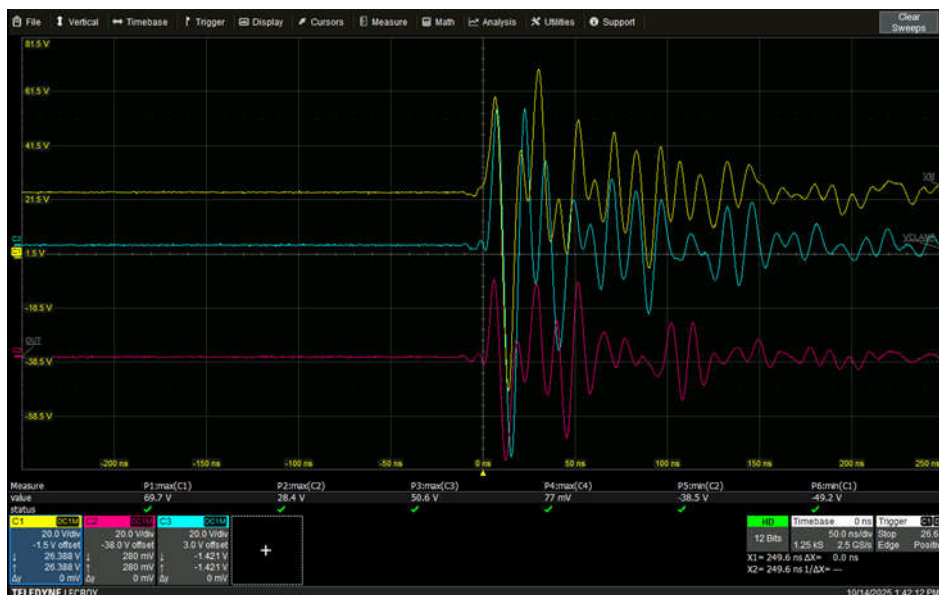


图 9. 1500V 时驱动器关断状态下捕获的浪涌波形 (局部放大图)



图 10. 1500V 时驱动器导通状态下捕获的浪涌波形



图 11. 1500V 时驱动器关断状态下捕获的浪涌波形（局部放大图）

表 4. VM 线上的 EFT，驱动器关断状态

驱动器关断状态						
	电压 (KV)	冲击次数	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4
DRV81545	1.6	5	通过	通过	通过	通过
	1.8	5	通过	通过	通过	通过
	2	5	通过	通过	通过	通过
	2.2	5	通过	通过	通过	通过
	2.4	5	失败	失败	失败	失败

表 5. VM 线上的 EFT，驱动器导通状态

驱动器导通状态						
	电压 (KV)	冲击次数	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4
DRV81545	1.6	5	通过	通过	通过	通过
	1.8	5	通过	通过	通过	通过
	2	5	通过	通过	通过	通过
	2.2	5	通过	通过	通过	通过
	2.4	5	通过	通过	通过	通过
	2.6	5	通过	通过	通过	通过
	2.8	5	失败	失败	失败	失败

驱动器关断状态：在 2.2kV 或以下时未观察到损坏；首次观察到失效是在 2.4kV 时。

驱动器导通状态：在 2.6kV 或以下时未观察到损坏；首次观察到失效是在 2.8kV 时。驱动器导通状态下具有较高的耐受水平，与每次 EFT 脉冲群期间减少传输到电源轨净能量的有源开关负载一致。

本节重复 IEC 61000-4-4 EFT 序列，但脉冲群耦合到 OUTx 电机输出而不是 VM 电源线。此配置表征通过负载接线进行干扰时的抗扰度，而负载接线在安装环境中可能与其他开关线缆相邻敷设。

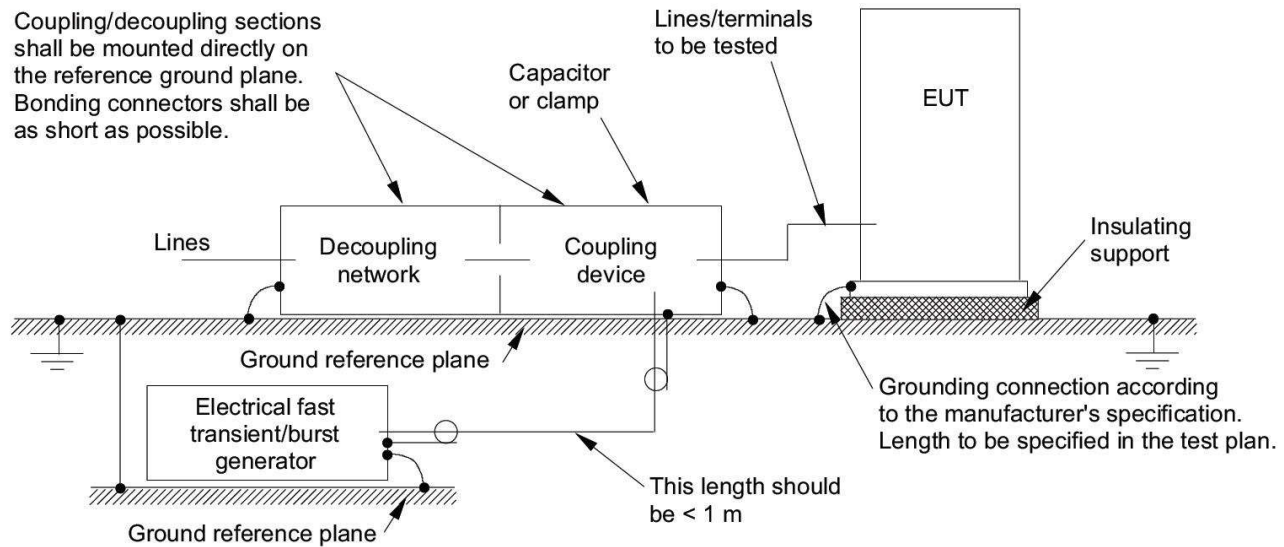
脉冲群峰值电压：最高 2.8kV；脉冲群内脉冲重复率：100kHz。

脉冲群持续时间：15ms；脉冲群周期：300ms；一个脉冲群帧持续 10s；脉冲群帧间停顿 10s；总计 6 个脉冲群帧。

耦合：OUTx 电机输出。

器件采用 VM = 24V 供电，且每个 OUTx 引脚上有 48Ω 负载。

使用 20kHz、3.3V PWM 信号驱动 INx。



IEC 900/04

图 12. EFT 测试设置，OUT 线路耦合



图 13. OUT 线路上 2.5kV 时的 EFT



图 14. OUT 线路上 2.5kV 时的 EFT — 放大视图

表 6. EFT OUTx 线路，驱动器导通状态

驱动器导通状态						
	电压 (KV)	冲击次数	OUT1	OUT2	OUT3	OUT4
DRV81545	1.6	5	通过	通过	通过	通过
	1.8	5	通过	通过	通过	通过
	2	5	通过	通过	通过	通过
	2.2	5	通过	通过	通过	通过
	2.4	5	通过	通过	通过	通过
	2.6	5	通过	通过	通过	通过
	2.8	5	失败	失败	失败	失败

在 2.6kV 或以下时未观察到损坏；首次观察到失效是在 2.8kV 时。

CISPR-32 规定了多媒体和信息技术设备的传导发射限值，是工业产品合规性评估时广泛采用的参考标准。传导发射测量量化了通过线路阻抗稳定网络 (LISN) 耦合回直流电源线的噪声电压，频率范围为 150kHz 至 30MHz (此处已扩展至 108MHz)。符合这些限值表明，器件不会在共享电源网络上引入超出适用限值水平的干扰。

在待机状态下采用 12V 电压为器件供电。

负载：OUTx = 48 Ω。

扫描频率为 150kHz 至 108MHz，步长为 1kHz。

测试在 DRV81545 EVM 硬件上执行。

工作运行状态下，在 INx 上使用 20kHz PWM。

接收器：Rohde & Schwarz ESW-44 EMI 测试接收器，版本 2.10SP2，校准日期：2024 年 4 月 3 日。

DUT 通过符合 CISPR-32 标准的 LISN 供电，接收器可捕获电源线上的传导噪声。

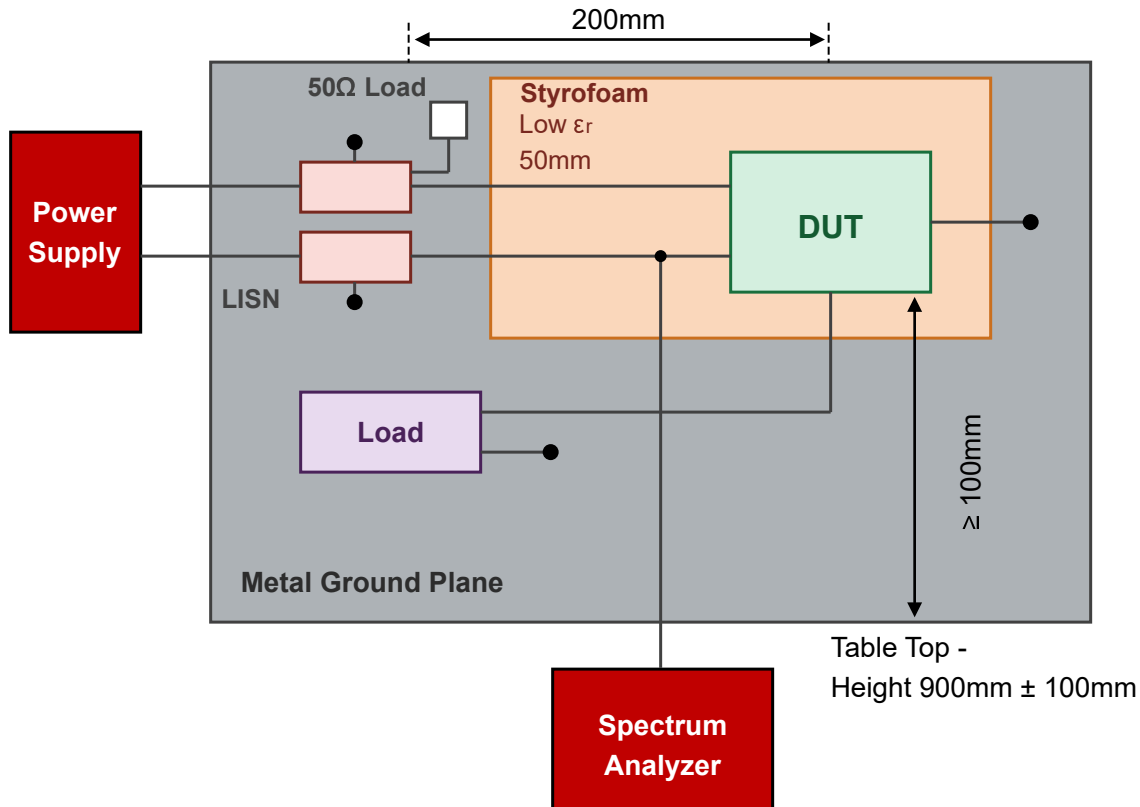


图 15. CISPR-32 传导发射设置

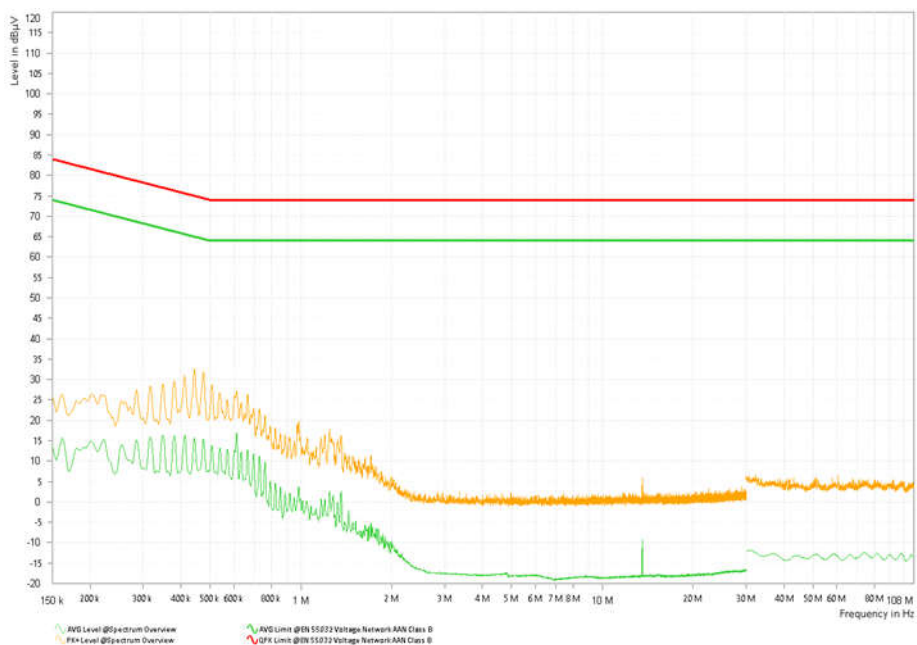


图 16. 传导发射 — 环境本底 (无 DUT 开关)

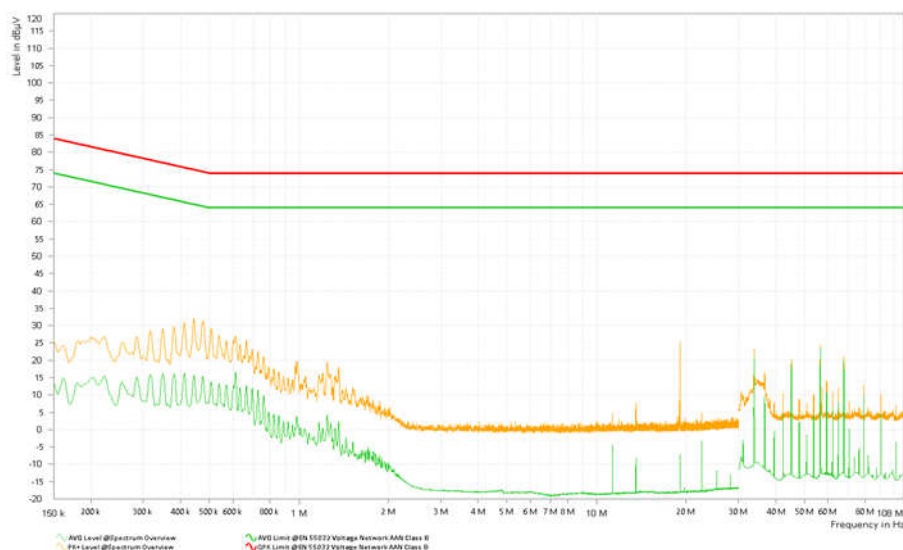


图 17. 传导发射 — 待机状态, $V_M = 12V$, $I_{N_x} = 5V$, 无负载

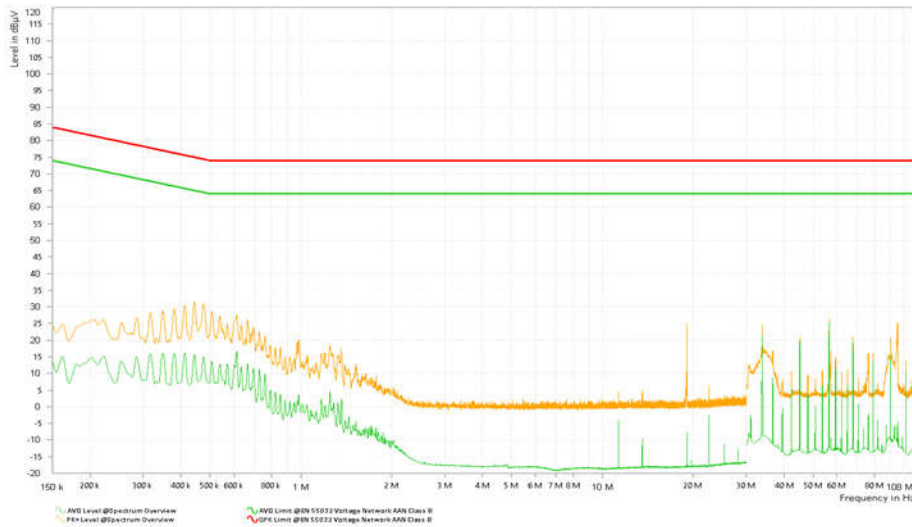


图 18. 传导发射 — 工作状态， $V_M = 12V$ ， $I_{N_x} = 5V$ ， 48Ω 负载



图 19. 传导发射 — 工作状态，施加 PWM 信号， $V_M = 12V$ ， $I_{N_x} = 3.3V$ (20kHz 时)， 48Ω 负载

在测试的所有工作条件下，均未观察到超出 CISPR-32 传导发射限值的情况。

CISPR-32 的辐射发射部分测量被测器件辐射的电磁场，使用经校准的天线在 EMC 屏蔽室内以规定的距离评估 30MHz 至 1GHz 频段。符合辐射发射限值可证实该器件产生的电磁干扰水平不会影响共置设备。

在待机状态下采用 12V 电压为器件供电。

负载： $OUT_x = 48\Omega$ 。

在表 7 中所列的三个频率范围内，扫描频率为 150kHz 至 1GHz。

测试在 DRV81545 上执行。

接收器：Rohde & Schwarz ESW-44 EMI 测试接收器，版本 2.10SP2，校准日期：2024 年 4 月 3 日。

DUT 通过符合 CISPR-32 标准的 LISN 供电，接收器可捕获电源线上的传导噪声。

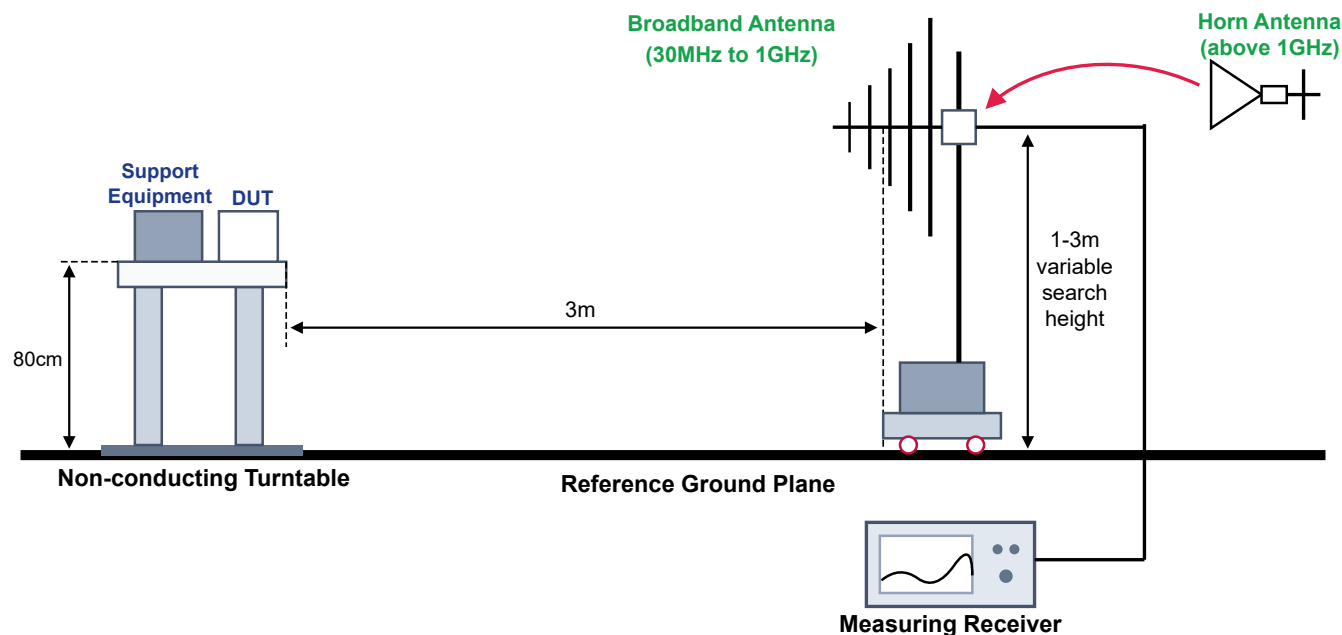


图 20. CISPR-32 辐射发射设置

表 7. 每个频率范围的辐射发射硬件设置

频率范围	接收器	天线
范围 1 : 30MHz - 100MHz	EMI 测试接收器	AB900 双锥天线 RX1
范围 2 : 100MHz - 300MHz	EMI 测试接收器	AB900 双锥天线 RX2
范围 3 : 300MHz - 1GHz	EMI 测试接收器	ALC-100 对数周期天线



图 21. 辐射发射 — 环境本底 (无 DUT 开关)



图 22. 辐射发射 — 待机状态， $V_M = 12V$ ， $I_{N_x} = 5V$ ，无负载

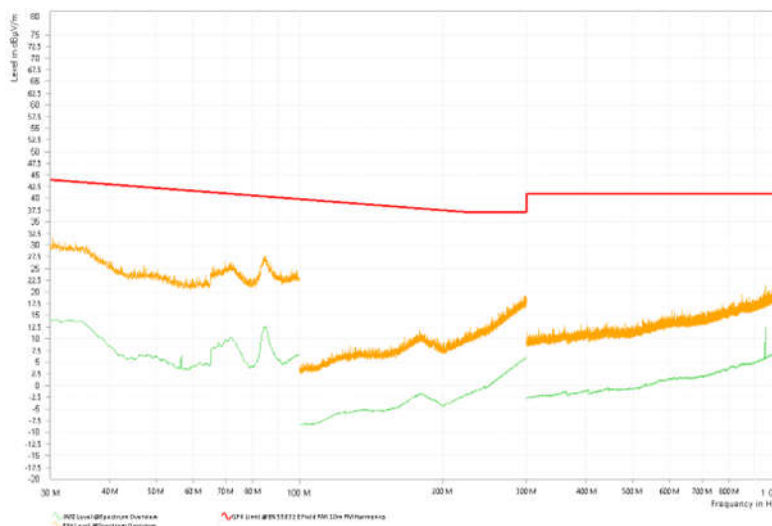


图 23. 辐射发射 — 工作状态， $V_M = 12V$ ， $I_{N_x} = 5V$ ， 48Ω 负载



图 24. 辐射发射 — 工作状态，施加 PWM 信号， $V_M = 12V$ ， $I_{N_x} = 3.3V$ (20kHz 时)， 48Ω 负载

在测试的所有工作条件下，均未观察到超出 CISPR-32 辐射发射限值的情况。

DRV81545 PWP 封装与 TI 的 DRV81646 PWP 封装以及一些竞争器件引脚对引脚兼容。

在 [DRV81545EVM](#) 上比较 DRV81545 与 IPS4260L。

比较 [DRV81646EVM](#) 上的 DRV81646 与 [MAX14919 评估套件](#) 上的 MAX14919A。

VM = 24V , ILIM = GND , COD = GND , 在 65°C 环境温度下和室温下。

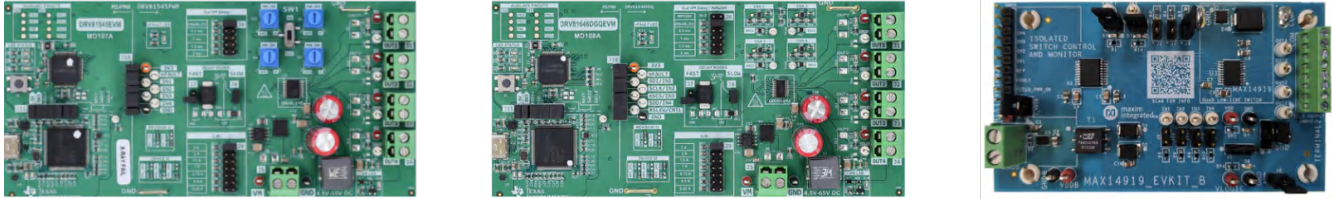


图 25. DRV81545EVM (左)、DRV81646EVM (中间) 和 MAX14919 评估套件 (右)

每通道电流为 0.5A (总计 2A) 且环境温度为 65°C 时, DRV81x4x 系列表现出比 IPS4260L 和 MAX14919 更低的工作温度。DRV81545 将温度降低约 2.5%, 而 DRV81646 将温度降低约 6%。

与 IPS4260L 相比, DRV81646 支持高出约 30% 的输出电流 (3.3A 与 2.5A) , 同时温度还低了约 7%。

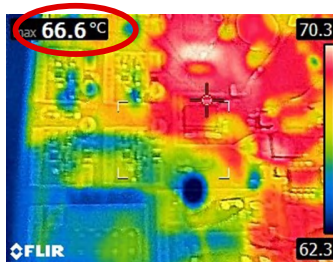
在评估的运行条件下, 与 IPS4260L 和 MAX14919A 相比, DRV81x4x 系列始终表现出更高的热性能, 如表 8 和图 26 所示。

表 8. 热性能结果 : DRV81545 和 DRV81646 与 P2P 竞争器件对比

器件	65°C 时每通道 0.5A (总计 2A)	单通道导通 (25°C 时) (最大额定输出电流)
DRV81545	69.1°C	3.3A 时为 82.4°C
DRV81646	66.6°C	3.3A 时为 69.7°C
DRV81646DGQ	67.4°C	3.3A 时为 71.1°C
IPS4260L	70.9°C	2.5A 时为 75.3°C
MAX14919A	70.5°C	0.8A 时为 92.7°C



DRV81545: 69.1 °C



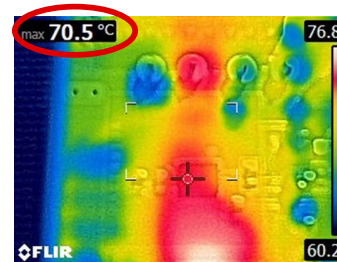
DRV81646: 66.6°C



DRV81646DGQ: 67.4°C



IPS4260L: 70.9°C



MAX14919A: 70.5°C

图 26. 每通道 0.5A、65°C 条件下每个器件的热捕获图

与 IPS4260L 相比，DRV81x4x 系列在单个工作通道上支持高出多达 42% 的电流。所有四个通道同时工作时，DRV81545 的电流容量增加多达 11%，DRV81646 的电流容量增加多达 50%。

表 9. 每个 OUTx 具有 FET 直流电流能力

器件	1 个通道导通				4 个通道导通 (每通道)			
	25°C	55°C	85°C	125°C	25°C	55°C	85°C	125°C
DRV81545	3.3A	3.0A	2.6A	2.0A	2.0A	1.8A	1.6A	1.2A
DRV81646	3.7A	3.4A	3.2A	2.5A	2.7A	2.4A	2.0A	1.5A
DRV81646DGG	3.4A	3.1A	2.9A	2.4A	2.5A	2.2A	1.7A	1.3A
IPS4260L	2.6A	2.45A	2.35A	1.95A	1.8A	1.75A	1.5A	1.3A

在所有评估的运行条件下，与 IPS4260L 和 MAX14919A 相比，DRV81545 和 DRV81646 系列始终表现出更高的热性能，在等效负载下运行温度更低，即使在驱动明显更高的电流时，DRV81646 也展现出特别显著的温度优势。

除了热效率之外，DRV81x4x 系列在整个汽车温度范围内的电流能力方面显著优于竞品，在单通道和多通道配置下均支持明显更高的输出电流，从而为系统设计人员在要求严苛的工业和汽车应用中提供更大的裕量和灵活性。

工业和工厂自动化系统 (包括 PLC 和数字输出模块) 通常需要驱动电磁阀、继电器线圈和执行器等高电感负载；在关断时，电感器中存储的能量会产生潜在的破坏性电压反激瞬变。为了验证在此类条件下的实际稳健性，对 DRV81545 和 DRV81646 进行了测试，这些器件在 24V 电压下同时驱动接入代表性的电感负载 (1.2H + 40 Ω) 的所有四个通道，PWM 开关频率为 1Hz，占空比为 50% — 这些条件直接反映了客户的实际应用场景。测试覆盖了所有三种集成退磁衰减模式 (慢、快和最快)，因为最佳衰减策略取决于外部钳位拓扑和开关速度要求等系统级约束条件。

两款器件均成功通过所有适用衰减模式下的测试，且 DRV81646 在 48V 时得到进一步验证，展示了其在更高电压工业总线环境中的实用性。该测试证实，DRV81x4x 系列能够在整个衰减配置范围内可靠地管理电感能量的再循环，从而使 PLC 和工业数字输出模块设计人员能够放心地实现安全、灵活的多通道运行，而无需额外的外部保护元件。

每个 OUTx 引脚连接 1200mH + 40 Ω 电感器的负载

VM = 24V 至 48V，如表中所示

PWM 频率为 1Hz，占空比为 50%

在给定的工作条件下，DRV81545 和 DRV81646 均可在所有衰减模式下驱动四个通道导通，每个输出端 1.2H + 40 Ω 负载。

DRV81646 功能已针对 48V、四通道导通、每个输出端 1.2H + 40 Ω 负载的条件完成测试。

器件	VM	负载/输出	通道：导通	衰减	状态
DRV81545	24V	1.2H + 40 Ω	全部	慢	通过
				快	通过
				最快	通过
DRV81646	48			慢	通过
				快	通过
				最快	通过
	40V (由于 EVM TVS 二极管最大规格限制)			慢	通过
				快	通过
省略测试；由于选择了 EVM TVS 二极管，预期输出钳位电压超过 60V 的器件绝对最大额定值				最快	不适用

DRV81545 在工业和汽车开关应用中展现出极强的实用价值，在紧凑的集成式设计中融合了宽电压工作范围、强大的 EMC 合规性以及出色的热性能。系统级测试证实其完全符合 IEC 61000-4-5 浪涌、IEC 61000-4-4 EFT 和 CISPR-32 发射标准，同时热基准测试证实了其相较于竞争对手器件具备显著的性能优势。DRV81545 能够在所有退磁模式下驱动高电感负载，而无需外部保护元件，因此降低了设计复杂度和物料清单成本，使得 DRV81545 成为工程师在空间受限和成本受限的环境中实现可靠、高密度负载开关的不二选择。

1. 德州仪器 (TI), <https://www.ti.com/product/DRV81545>。
2. 德州仪器 (TI), <https://www.ti.com/tool/DRV81545EVM>。
3. 德州仪器 (TI), <https://www.ti.com/product/DRV81646>。
4. 德州仪器 (TI), <https://www.ti.com/tool/DRV81646EVM>。
5. 德州仪器 (TI), <https://www.ti.com/tool/DRV81646DGQEV>。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月