应用指南

ANC202607001

高、低边驱动器多通道并联应用说明

作者：陈海生

通信作者：成红玉

校阅：向华 席爽爽

圣邦微电子（北京）股份有限公司

2026 年 7 月 8 日

商标

SGMICRO 是圣邦微电子（北京）股份有限公司的商标。本文档中的所有商标均为其各自所有者的财产。

© 2026 圣邦微电子（北京）股份有限公司 版权所有。
未经 SGMICRO 事先书面许可，任何单位或个人不得摘抄、复制或改编本文档的部分或全部内容。
欲了解更多关于 SGMICRO 的信息，请访问网站 www.sg-micro.com。

摘要

集成了多重保护和诊断功能的高、低边驱动芯片，在汽车电子和工业控制领域被广泛用于替代传统的单颗 MOSFET 方案。它们能够适配不同系统中常见的阻性负载加热、容性负载快速启动、感性负载关断钳位等多种应用场景。对于不同系统而言，在多通道应用中，不同通道的负载电流往往存在一定差异。当某个通道的电流需求超过驱动芯片单通道的最大带载能力时，系统将无法正常工作。一种可行的解决办法是将多通道高边驱动芯片的多个通道并联使用，以增加负载电流能力。本应用说明将详细介绍高边驱动芯片通道并联应用中的关键注意事项及需要考虑的限制条件。

目录

1 多通道并联应用简介 2
2 电流与电压输出关系 2
3 并联通道设计注意事项 4
4 并联通道应用功能参数影响 6
5 结语 8
6 参考文献 8
7 附录 9

1 多通道并联应用简介

在实际应用中，多通道高、低边驱动器在常温下工作时，单通道的电流能力通常已能满足负载需求，并驱动负载稳定工作不会触发芯片的热关断保护。然而，当环境温度升高时，负载所需的驱动电流保持不变，但驱动器的导通阻抗会随着温度升高而增大。这一物理特性导致功率损耗增加，使得原本在常温下满足的负载电流，在高温下因芯片自身发热加剧而可能超过热保护的关断阈值。

解决此问题的一种有效方式是增加外部散热器，将功率器件的热量及时散发，确保芯片整体结温工作在热关断保护阈值以下。但额外散热器的引入，无疑会增加系统成本和布局设计的复杂度。相比之下，采用多通道并联应用，通过降低导通阻抗来减小正常驱动时的功率，从而有效控制温升，使芯片在较高的环境温度下仍能稳定运行于过温保护阈值之内。圣邦微电子提供多款可用于通道并联的高、低边驱动产品，代表型号如表 1 所示。

表 1 圣邦微电子可用于通道并联的高、低边驱动产品

类型	通道数	产品型号
高边驱动	双通道	SGM42203、SGM42203Q
	四通道	SGM42214xQ
低边驱动	双通道	SGM42402Q
	四通道	SGM42403、SGM42403Q、SGM42404A/B
	八通道	SGM42406、SGM42408Q

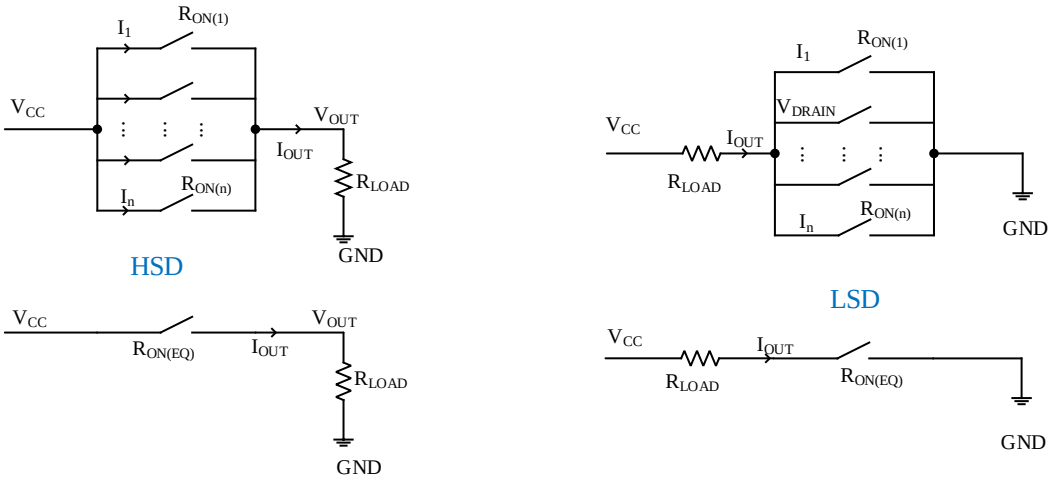
这些多通道高、低边驱动芯片专为汽车系统和工业应用设计，集成了短路保护、过热保护、过压钳位和开路诊断功能，并具备内部和外部可配置的限流功能。其中，高边驱动器还集成了高精度电流检测电路。该系列器件支持多种负载驱动模式：可通过并联所有通道以驱动单个大电流负载，也可并联部分通道以应对中等电流负载，或通过单通道独立驱动适配较小电流的轻负载。并联通道输出是通过将单个器件集成的多个功率场效应管并联起来为负载提供更大的电流。此时，负载电流由原先的单通道承受变成并联的多通道分担，每个并联通道承载的电流理论值为总负载电流除以并联通道数量。这种并联配置使得这些高、低边驱动器能够驱动功率超过单通道能力的负载，如大功率卤素灯、螺线管、电磁阀及电机等。

2 电流与电压输出关系

多通道高、低边驱动器在并联工作时，从电源端 V_{CC} 到输出端 OUT 之间具有相同的电压降（V_{DS}），高边驱动电压降为 V_{CC}-V_{OUT}，低边驱动电压降为 V_{DRAIN}-V_{SOURCE}。多通道并联后的总输出电流等于各通道电流之和，总电阻为各通道导通阻抗的并联等效值。图 1 分别展示了高、低边驱动器在 n 个通道并联时，电源电压 V_{CC} 节点及各通道输出 V_{OUT} 节点的连接方式。上部分图示为 n 个独立通道的导通阻抗 $R_{ON(x)}$及其对应电流，下部分则为多通道并联后的等效导通阻抗 $R_{ON(EQ)}$和总输出电流 I_{OUT}。

在理想条件下，多个通道并联使用，负载电流会被各个通道平均分配，期望实现的总输出电流 I_{OUT} 是单个通道的 n 倍。这要求器件的各通道具有高度一致的导通阻抗。实际生产制造中，同一器

件内部因工艺波动及键合线长度差异，各通道的导通阻抗存在一定偏差，导致多通道并联时总输出电流无法在各单通道间均匀分配。在一个器件内部，工艺偏差可能达到 10%，以圣邦微电子推出的四通道高边驱动 SGM42214xQ 为例，其大批量量产测试数据显示，单通道导通阻抗的最小值为 143mΩ，典型值为 150mΩ，最大值为 164mΩ，存在一定的生产工艺偏差。



（a）高边驱动　　（b）低边驱动

图 1 采用 n 个通道并联的高、低边驱动器连接方式（n = 2、4、6、8 Channels）

以 12V 系统应用，+85℃环境温度下需驱动总电流为 6A 的负载为例，可选择圣邦微电子推出的四通道高边驱动 SGM42214xQ 进行 4 通道并联驱动。参考 SGM42214xQ Datasheet[1]可知，该器件在+25℃环境温度时，单通道导通阻抗的典型值为 150mΩ；在+125℃环境温度时（V_{CC}>13.5V），导通阻抗最大值为 270mΩ。器件结温到环境温度的热阻参数 θ_{JA} 为 25.7℃/W。由于采用 4 通道并联，满足总负载电流 6A 应用需要每个通道驱动 1.5A 的典型电流。理论上 6A 负载电流在正常工作时产生的最大发热功率为：

$$P = \frac{R_{ON@+125℃}}{4} \times I_{OUT}^2 = \frac{270m\Omega}{4} \times 6A^2 = 2.43W \quad (1)$$

器件功率管并联驱动产生的温升为：

$$\Delta T = \theta_{JA} \times P = 25.7℃/W \times 2.43W = 62.451℃ \quad (2)$$

在+85℃环境温度下的器件结温为：

$$T_J = \Delta T + T_A = 62.451℃ + 85℃ = 147.451℃ < T_{SD}（典型值 + 158℃） \quad (3)$$

由于各通道间的导通阻抗 R_{ON} 存在最大±10%的偏差，每个通道的实际负载电流会在 1.35A 至 1.65A 之间变化。这种通道间的电流差异仍在器件规格所规定的电流能力和温升范围内。如图 2 所示，探头 1 测量输出电压，探头 3 测量电源电压，探头 4 设定 1A/DIV，测量得出总的负载电流为 6A。如图 3 所示，通道 2（电流探头 1）测得单通道最大电流为 1.57A，通道 4（电流探头 2）测得单通道最小电流为 1.43A。测量结果表明，各通道的电流和电压均在设计目标范围内。

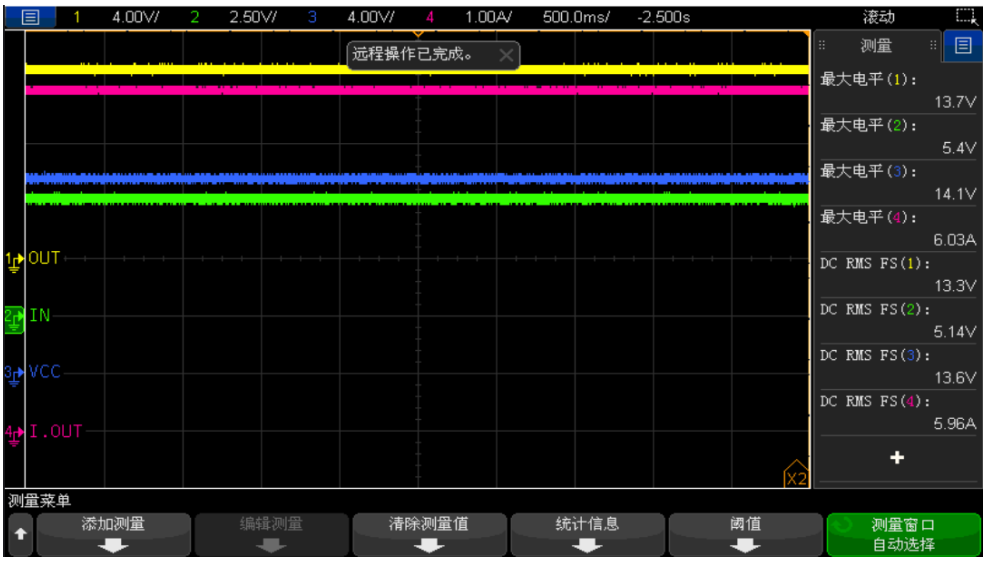


图 2 四通道并联驱动 6A 电流与电压

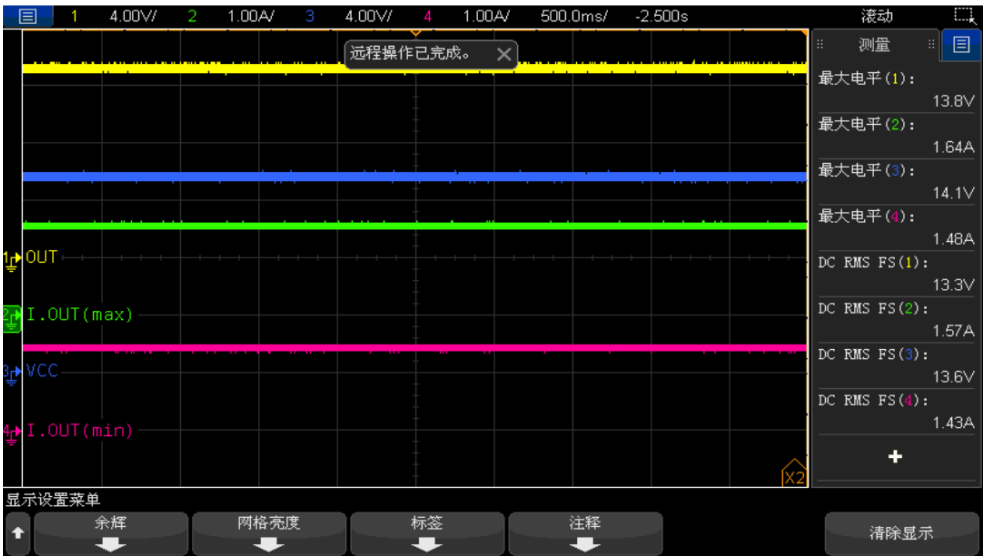


图 3 四通道并联驱动下单通道电流最大、最小值

3 并联通道设计注意事项

在多通道并联应用中，并联后的保护功能和诊断功能近似等效于单通道的表现。为保证各并联通道的同步输出，对于直接 PWM 控制的高、低边驱动器需将所有并行通道的输入引脚 INx 连接在一起，输出引脚 OUTx 并联后靠近设备端连接以降低寄生电感影响，同时设计时需充分考虑各通道间导通电阻、电流检测增益 K、感性负载关断钳位等参数的偏差。图 4 展示了多通道并联下的输入、输出连接方式。对于 SPI 控制的开关，需确保并联通道的开关指令同步设置。此外，具有单通道故障状态指示功能的 STx 引脚应并联连接，经外部上拉后反馈至微控制器；而并联驱动时，具有多通道独立电流感应功能的 CSx 引脚也需并联连接至采样电阻 R_{SENSE}，用于检测总负载电流。

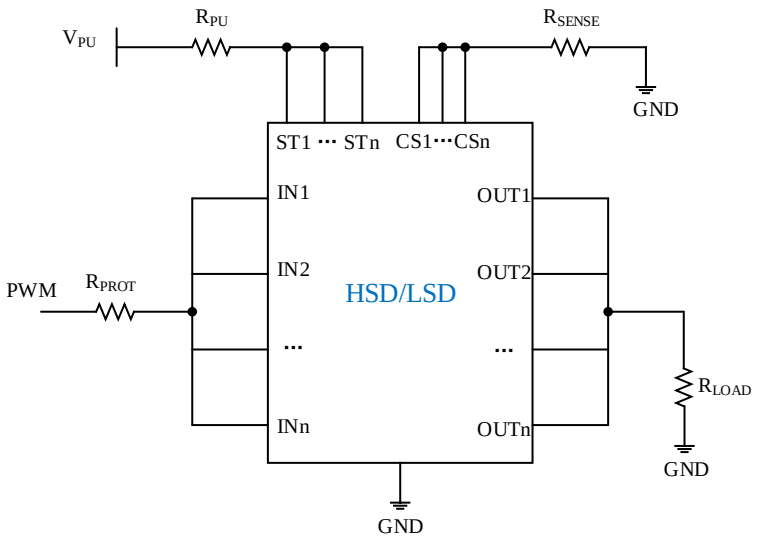


图 4 多通道并联的输入和输出连接方式

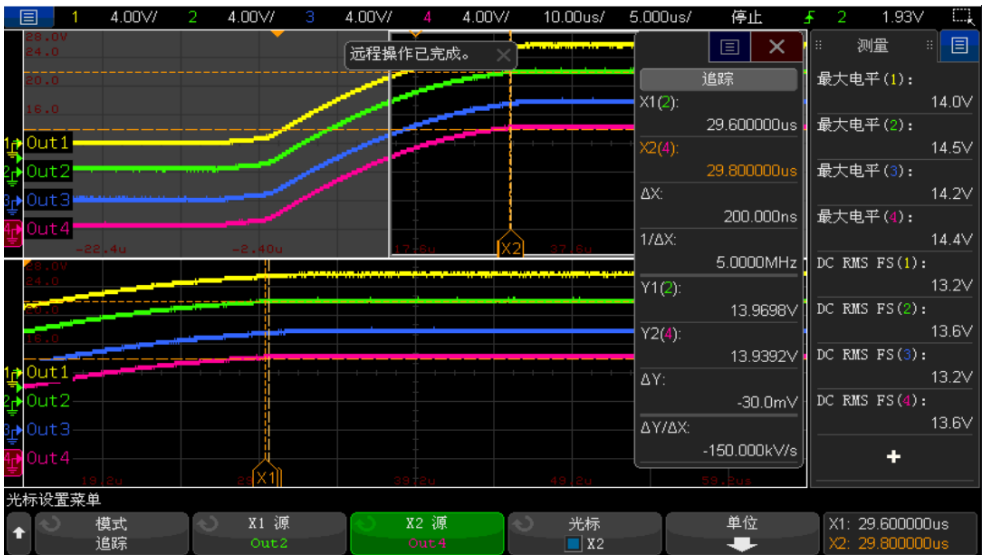


图 5 以 SGM42214xQ 为例的直接控制输入并联、输出开关延迟

图 5 显示了 SGM42214xQ 直接驱动方式下，多通道输入短接时，输出通道间的开关延迟测量结果。由于内部四通道共用同一个电荷泵电路进行驱动，各通道间同步开关的延迟误差仅来自内部时钟，延迟时间为微秒量级。实测发现，通道 2 与通道 4 间的输出延迟时间为 0.2μs，相比开关上升/下降时间的几十微秒级别，该延迟对并联驱动负载应用基本无影响。类似地，图 6 展示了参考 SGM42404A/B Datasheet[2]设置 SPI 驱动方式下的并联驱动通道开关控制同步指令。图 7 则显示了多通道同步开通时，各单通道间的输出延迟时间测量结果。测量发现，通道 2 与通道 4 的输出延迟时间为 3.6ns，满足各通道间同步开关的延迟误差范围。

SPI Write

SI

Field	C	R/W	Address						1	0	1	0	Data in			
Bit	[15]	[14]	[13]	[12]	[11]	[10]	[9]	[8]	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
Data	0	0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

REGISTER MAPS (continued)

Bits	CHx	Output and Protection Circuit Status			
		Output	OCP	TSD	OLD
[7:6], [5:4] [3:2], [1:0]	00	Off	Disable	Disable	Disable
	01	NA	NA	NA	NA
	10	On	Enable	Enable	Disable
	11	Off	Disable	Disable	Enable

图 6 以 SGM42404A/B 为例四通道并联驱动 SPI 设置



图 7 SGM42404A/B 四通道设置 SPI 控制输入同步、各输出通道间开关延迟

4 并联通道应用功能参数影响

多通道并联应用时的保护功能参数与单通道独立驱动基本一致。表 2 总结了并联应用中高、低边驱动器件的特性及注意事项，表 3 总结了诊断功能在单通道与并联通道应用中的区别。

表 2 高、低边驱动器件特性

特性	单通道应用	多通道并联应用
负载电流 I_{OUT}	负载电流能力有限 I_{OUTx}	负载电流能力最大可实现 $n \times I_{OUTx}$
导通阻抗 R_{ON}	典型值 $R_{ON(x)}$	各通道 $R_{ON(x)}$并联 $R_{ON(1)}//R_{ON(2)}//.../R_{ON(n)}$
电流限制 I_{CL}	固定或由外部电阻控制	与单通道应用一致，每个通道限流值相同
电流感应 V_{CS}	各通道单独指示	指示单个通道。满载电流是各单通道电流感应之和
短路保护 SC	各通道独立检测	全局检测，任意通道短路同时影响其他通道
过压钳位 Clamp	各通道独立钳位	钳位电压不会倍增，每个通道钳位电压相同
感性负载退磁 E_{AS}	单通道最大退磁 E_{AS}	退磁能量不会倍增，大感量负载推荐外接续流回路

需要注意的是：

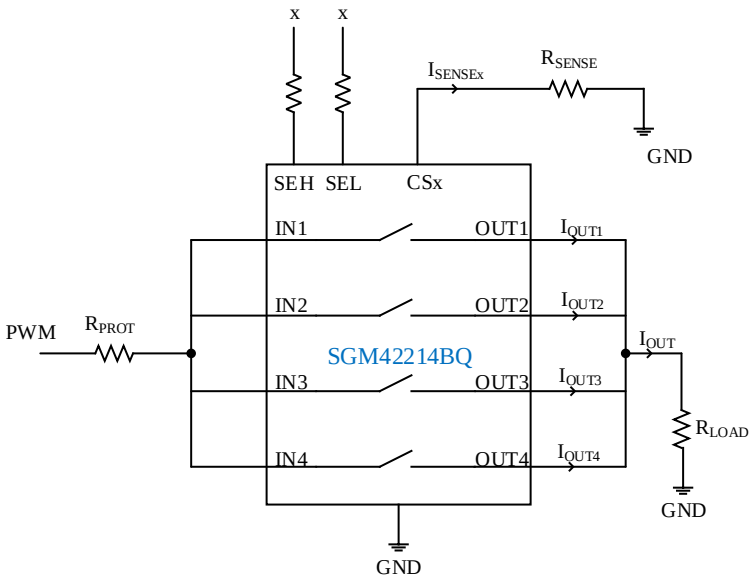
1) 对于采用通道切换轮询方式进行电流检测的器件（例如 SGM42214xQ），在并联应用中，电流感应仅报告单通道输出流过的电流值，总的电流感应值等于每个通道的电流检测读数之和。其 CS 引脚应用图如图 8 所示。此时，微控制器可以检测到的 CS 引脚电压为：

$$V_{CSx} = I_{SENSEx} \times R_{SENSE} \quad (4)$$

2) 对于每个通道具备单独电流检测的器件（例如 SGM42203/42203Q），在并联应用时，可将

所有 CS 引脚短接后连接到采样电阻 R_{SENSE} 进行总电流检测。其 CS 引脚应用图如图 9 所示。此时，微控制器可以检测到的 CS 引脚电压为：

$$V_{CS_Total} = (I_{SENSE1} + I_{SENSE2}) \times R_{SENSE} \quad (5)$$



SEH	SEL	CSx
0	0	CS1
0	1	CS2
1	0	CS3
1	1	CS4

图 8 以 SGM42214BQ 为例的 CS 引脚应用图

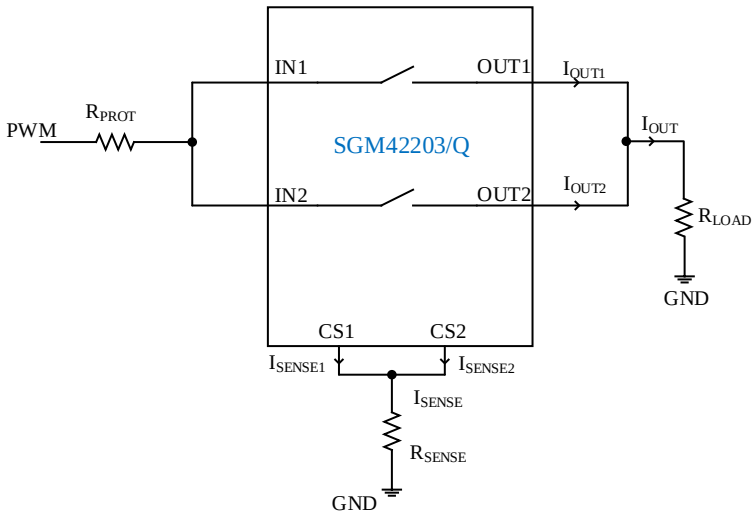


图 9 以 SGM42203/Q 为例的 CS 引脚应用图

在多通道高、低边驱动器并联驱动感性负载应用中，感性负载关断时，因电流无法突变而产生的反电动势，需要被安全钳位在器件所能承受的安全电压范围内。器件内部每个通道均集成有漏-源电压钳位保护电路，但并联应用时，钳位电压并不会倍增，仍然保持与单通道相同的钳位电压。大电流、大感量负载关断时，所需耗散的退磁能量 E_{AS} 并不会在各个通道之间均分散热。受器件工艺误差的影响，各通道间的钳位电压也存在一定的偏差。最坏的情况下，钳位电压偏低的通道会率先激活钳位保护并微导通，导致全部退磁能量集中流过该通道，由此产生的瞬态应力可能会损坏该通道。如果估算出并联驱动感性负载关断所需的退磁能量（$E_{AS}=1/2\times L\times I^2$）高于器件单通道所能承受的关断退磁能量，圣邦微电子推荐参考规格书中的应用说明，在设计时增加外部钳位电路来耗散多

余的退磁能量。

表 3 高、低边驱动器诊断功能差异

特性	单通道应用行为	多通道并联应用行为
开路检测	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
欠压关断保护	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
输出短接电源或负极	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
过电流故障指示 V_{CS}	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
失电、失地保护	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
电池反接检测	各通道独立检测	不区分通道，故障同步出现在所有通道
过载热循环重启	各通道独立检测	区分通道检测，存在特定通道，独立于其他通道触发热循环
热关断保护	各通道独立检测	区分通道检测，存在特定通道，独立于其他通道先触发热关断

高、低边驱动器集成的故障诊断功能通过 nFAULT、STATUS、CS、SDO 等引脚反馈给微控制器，可诊断出的故障类型包括：开路检测、输出短路电源正极或负极、过流、过载、热关断等。由于通道并联时，将输出端短接在一起，具有模拟电路检测 CS 引脚来报错的器件，通过逻辑输入引脚选择任意一个单通道来反馈负载电流状态和器件故障诊断信息。参考表 3 统计的单通道诊断和多通道并联应用下的诊断可知，并联多通道时，大多不区分通道，仅通过单通道进行故障反馈。特殊的，例如多通道驱动出现过载热重启或者热关断保护时，可通过对应通道的报错进行识别。这是由于工艺偏差导致并联各通道的电流限制、导通阻抗等参数并不完全一致。一旦其中某个通道达到电流限制阈值，或驱动功率发热达到热关断阈值而触发关断，该通道的电流会被强制分配到并联的其他通道，进而导致其他通道也会陆续出现过载热关断。

5 结语

通过将多通道高、低边驱动器并联输出，可实现超越单通道最大能力的输出电流。本文从多通道并联应用的角度，介绍了输入和输出的电流、电压关系，阐述了并联通道应用的设计注意事项、功能参数影响及诊断故障报错的差异。在实际应用中，为保障系统的稳定、可靠和必要的安全冗余，设计时必须充分考虑通道间的参数偏差及器件规格书的各项说明。

6 参考文献

[1] SG Micro Corp. SGM42214AQ_SGM42214BQ Datasheet [EB/OL]. https://www.sg-micro.com/rect/assets/d89e17e9-ee5e-4c9a-a256-78034f4336e8/SGM42214AQ_SGM42214BQ.PDF.

[2] SG Micro Corp. SGM42404A_SGM42404B Datasheet [EB/OL]. https://www.sg-micro.com/rect/assets/fa04f901-dd9b-48a7-894a-33e0a56eb681/SGM42404A_SGM42404B-Brief.pdf.

7 附录

以下是圣邦微电子近期提供的驱动类产品系列，欢迎来电洽谈！

表 4 圣邦微电子高、低边驱动产品一览

产品类型	产品型号	通道数	输出钳位电压 (V)	$R_{DS(ON)}$ @ +25°C (mΩ)	输出峰值电流 (A)	持续漏极电流 @ +25°C (A)	封装
低边驱动	SGM42401Q	1	42	90	8.5	3.5	SOT-223-3
	SGM42402Q	2	42	110	8.8*2	3.2/2.2, 1CH/2CH	SOIC-8
						4.2/3.1, 1CH/2CH	SOIC-8 (Exposed Pad)
	SGM42411Q/NQ	1	44	130	6	2	SOT-223-3
	SGM42403	4	50	350	3*4	1.5/0.8, 1CH/4CH	SOIC-20
						2/1, 1CH/4CH	TSSOP-16 (Exposed Pad)
	SGM42403Q	4	50	350	3*4	2/1.1, 1CH/4CH	TSSOP-16A (Exposed Pad)
	SGM42404A/B	4	51	300	3*4	2/1, 1CH/4CH	TSSOP-16 (Exposed Pad) TSSOP-20 (Exposed Pad)
	SGM42406	8	38	780	1.16*8	0.93/0.31, 1CH/8CH	TSSOP-16
						1/0.51, 1CH/8CH	TSSOP-16 (Exposed Pad)
	SGM42408Q	8	56	570	1.2*8	1/0.5, 1CH/8CH	TSSOP-24 (Exposed Pad)
高边驱动	SGM42210Q	1	48.5	6	88	15	SSOP-16 (Exposed Pad), SSOP-14 (Exposed Pad)
	SGM42210NQ	1	48.5	7	88	15	SSOP-14 (Exposed Pad)
	SGM42203	2	70	80	22*2	3.5/2.5, 1CH/2CH	TSSOP-16A (Exposed Pad)
	SGM42203Q	2	70	86	22*2	3.5/2.5, 1CH/2CH	TSSOP-16A (Exposed Pad)
	SGM42214AQ/SGM42214BQ	4	40	150	4.6*4	2.5/1.5, 1CH/4CH	TSSOP-28 (Exposed Pad)

修订记录

注意:历史版本的页码可能与当前版本的页码不同。

日期	版本	描述
2026-07-08	REV.A	首次发布

重要声明

本文档中如涉及本公司具体产品型号，SGMICRO 保留其更改电路设计、产品规格和产品描述的权利，恕不另行通知。本文档内容仅供参考。本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何承诺。对于本文档中可能出现的错误，以及因本文档提供的信息和使用本文档而造成的任何附带或间接损失，本公司不作任何明示或暗示的陈述和保证。

此文档未授予任何知识产权许可。除了 SGMICRO 在其产品的销售条款和条件中声明的责任外，本公司概不承担任何其他责任。

www.sg-micro.com

联系方式

圣邦微电子(北京)股份有限公司

地址：北京市海淀区西三环北路 87 号国际财经中心 D 座 11 层

邮编：100089

电话：010-88825716/17

深圳办事处

地址：深圳市南山区科技园高新南六道 6 号迈科龙大厦 15 层

邮编：518063

电话：0755-26715323

上海办事处

地址：上海市徐汇区漕溪北路 88 号圣爱大厦 1706 室

邮编：200030

电话：021-64396434