

## DRV8718/8714 OFF 诊断应用指导

Scarlett Cao

Sales and Marketing/China Automotive

### ABSTRACT

DRV8714-Q1/DRV8718-Q1<sup>1</sup> 系列为四通道和八通道半桥栅极驱动芯片，可以驱动多路直流有刷电机或电磁阀，广泛应用于车身电子领域多种负载驱动场景，包括车门、车窗、座椅<sup>2</sup>、后视镜、比例电磁阀等。随着车载应用对提升系统可靠性、优化用户乘车体验、降低维修成本等要求逐步提高，能够对电机系统的故障及时检测甚至提前发现逐渐成为主流要求。OFF 诊断覆盖率的提升能够使系统有时间进行容错处理和维修，提高系统的可靠性和稳定性。本文主要介绍基于 DRV8714-Q1 和 DRV8718-Q1 芯片方案的 OFF 诊断逻辑，包括检测原理、配置方法和结果解读，包括输出开路、短路到电池和短路到地三种常见故障类型。针对部分桥运行部分桥 OFF 的场景，本文也提出了一种对独立桥臂做开路诊断的方案，并对其配置方式、实验结果分析和应用注意事项做了相关说明。

### Contents

<b>1</b>	<b>DRV8714/DRV8718 输出级 OFF 诊断逻辑</b> .....	<b>2</b>
1.1	VDS 比较器工作原理 .....	2
1.2	DRV8714/DRV8718 输出级 OFF 诊断逻辑.....	3
<b>2</b>	<b>基于 SHX OUT 比较器实现 DRV8714/DRV8718 独立通道 OFF 开路诊断</b> .....	<b>6</b>
2.1	电机制动要求.....	6
2.2	SHX OUT 比较器工作原理.....	6
2.3	基于 SHX OUT 比较器实现独立通道的开路诊断 .....	8
	参考文献.....	9

### Figures

<b>Figure 1.</b>	<b>DRV8714/ DRV8718 VDS 比较器</b> .....	<b>2</b>
<b>Figure 2.</b>	<b>基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载正常）</b> .....	<b>3</b>
<b>Figure 3.</b>	<b>基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载开路）</b> .....	<b>3</b>
<b>Figure 4.</b>	<b>基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载短路到地）</b> .....	<b>4</b>
<b>Figure 5.</b>	<b>基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载短路到电池）</b> .....	<b>4</b>
<b>Figure 6.</b>	<b>级联桥配置</b> .....	<b>5</b>
<b>Figure 7.</b>	<b>级联桥 OFF 三诊断汇总</b> .....	<b>5</b>
<b>Figure 8.</b>	<b>DRV8714/ DRV8718 驱动级内部功能框图</b> .....	<b>7</b>
<b>Figure 9.</b>	<b>SHX OUT 比较器图示</b> .....	<b>7</b>
<b>Figure 10.</b>	<b>负载正常与开路状态下 IDIR_XX 输出比较</b> .....	<b>8</b>

## 1 DRV8714/DRV8718 输出级 OFF 诊断逻辑

### 1.1 VDS 比较器工作原理

DRV8714/ DRV8718 为多通道栅极驱动芯片，应用中可通过实际电流需求匹配外部 MOSFET，实现对电机的驱动和控制。芯片会对外接的 MOSFET Drain, Gate 和 Source 极电压进行采样，实现一系列对驱动过程的智能调控和诊断保护功能。如下图 1 所示，每个半桥匹配两个独立的  $V_{DS}$  比较器，上桥比较器采样  $V_{DRAIN}$  与  $V_{SHX}$  电压反馈上管压降，下桥比较器采样  $V_{SHX}$  与  $V_{PGNDX}$  反馈下管压降，通过合理的比较器阈值和时间参数配置，可以实现导通过程中的相应桥臂的过流保护和关断状态下的短路和开路诊断功能。

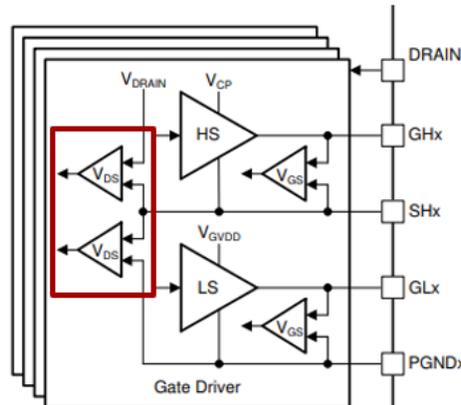
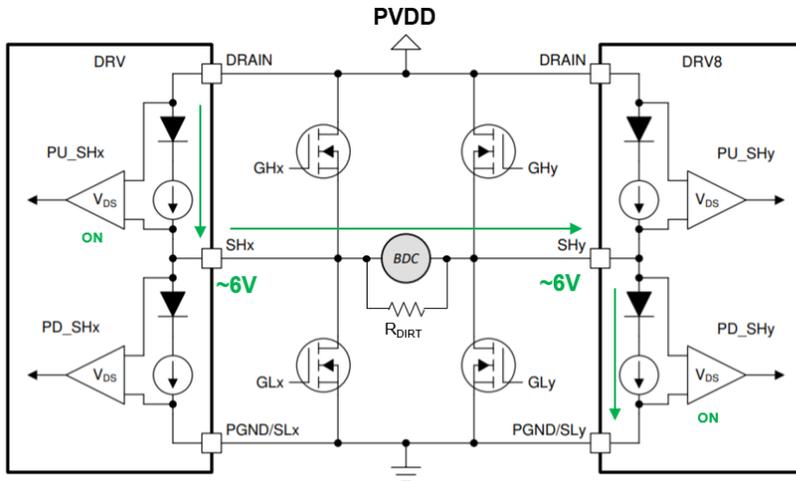


Figure 1. DRV8714/ DRV8718 VDS 比较器

针对导通状态下的过流保护和关断状态下的诊断功能， $V_{DS}$  比较器有两种不同的工作模式和状态。

**On state 过流保护模式：**因为驱动 MOSFET 在芯片外，无法直接对其导通电流进行检测，所以导通状态下的过流保护主要是通过测量 MOSFET 两端压降的方式进行间接判断。可以调节  $V_{DS\_LVL}$  寄存器中的电压阈值  $V_{DS\_LVL}$  和  $V_{DS\_DG}$  寄存器中的滤波时间  $t_{DS\_DG}$  来配置对应的过流保护阈值。当任一 MOSFET  $V_{DS}$  检测结果高于  $V_{DS\_LVL}$  阈值超过  $t_{DS\_DG}$  时间，对应 MOSFET 的  $V_{DS\_X}$  寄存器便会置位。可在  $V_{DS\_MODE}$  寄存器中配置相应的输出级故障响应模式为 latch，逐周期保护，预警等。 $V_{DS\_IND}$  寄存器可以配置过流关断的独立性，当  $V_{DS\_IND}=0b$  时，过流会关断所有的半桥驱动输出；当  $V_{DS\_IND}=1b$  时，仅关断出现过流的相应通道输出。

**Off state 诊断模式：**在关断模式下，驱动芯片无输出，MOSFET 为高阻状态。这时通过  $EN\_OLSC$  使能芯片的关断诊断功能，根据实际应用场景，独立配置不同半桥内部的上下拉电流源  $PU\_SHx$  和  $PD\_SHx$ ，形成电流回路。这时  $V_{DS\_LVL}$  寄存器通常配置为 1V 或者 2V 等更高的电压阈值，滤波时间  $V_{DS\_DG}$  配置被屏蔽。在 OFF 状态下， $V_{DS}$  比较器输出  $V_{DS\_X}$  寄存器不再作为过流故障的反馈，而是反应对应  $V_{DS}$  的电压状态。应用软件需要根据对应实验条件下实时上报的  $V_{DS\_X}$  输出值，通过组合逻辑判断是否发生了短路和开路情况。以 H 桥输出为例，当供电电压为 12V 时，配置半桥 x 上拉电流源导通，半桥 y 下拉电流源导通。如果没有故障出现，x 和 y 半桥中点  $V_{SHX}$  和  $V_{SHY}$  电压均为 6V，如四个 MOSFET  $V_{DS}$  比较器阈值  $V_{DS\_LVL}$  均配置为 2V，对应的四个 MOSFET 比较器输出  $V_{DS\_X}$  均为 1，如下图 2 所示。



No Fault:

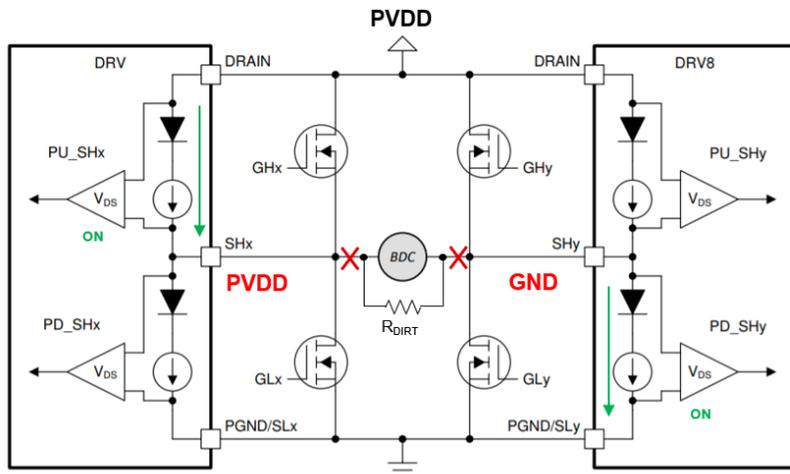
Voltage			
SHx	~6V	SHy	~6V
SPI Config. (Enable Current Sources)			
PU_SHx	1	PU_SHy	0
PD_SHx	0	PD_SHy	1
SPI Report (Read V <sub>DS</sub> Comparators)			
VDS_Hx	1	VDS_Hy	1
VDS_Lx	1	VDS_Ly	1

Figure 2. 基于 VDS 比较器的 OFF 诊断 (负载正常)

## 1.2 DRV8714/DRV8718 输出级 OFF 诊断逻辑

基于相同的原理，DRV8714/8 也可以实现输出级的开路，短路到电池和短路到地的诊断。

当负载出现开路时，因为没有电流通路，配置为上拉电流源的半桥中点电压为供电电压 PVDD，配置为下拉电流源的半桥中点电压为 GND。

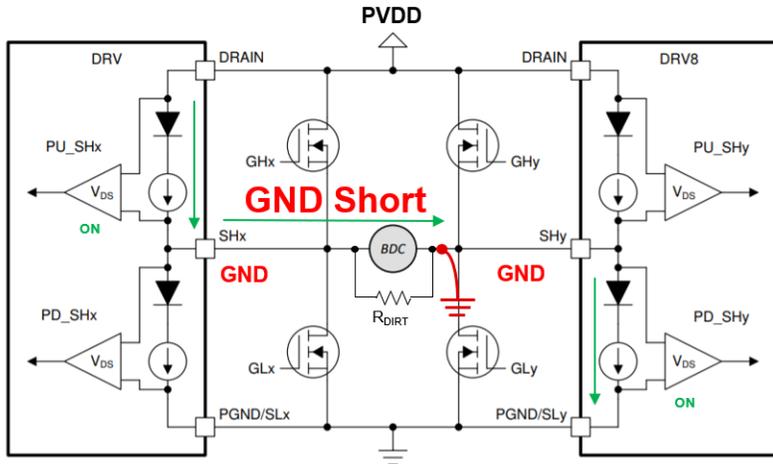


Open Load Fault Detected:

Voltage			
SHx	PVDD	SHy	GND
SPI Config. (Enable Current Sources)			
PU_SHx	1	PU_SHy	0
PD_SHx	0	PD_SHy	1
SPI Report (Read V <sub>DS</sub> Comparators)			
VDS_Hx	0	VDS_Hy	1
VDS_Lx	1	VDS_Ly	0

Figure 3. 基于 VDS 比较器的 OFF 诊断 (负载开路)

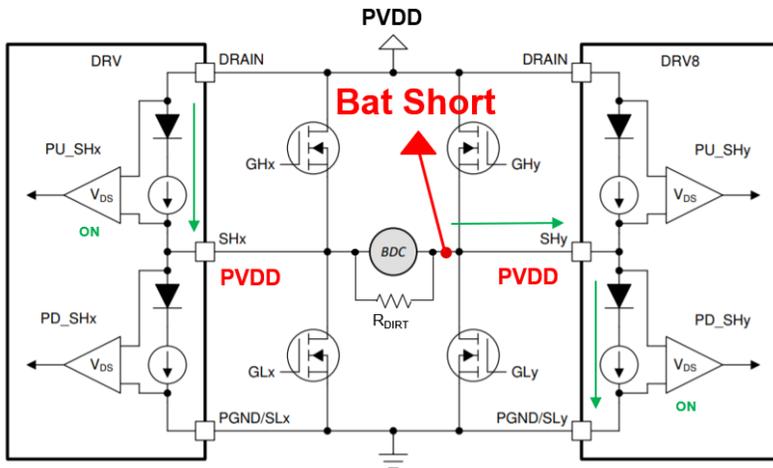
当负载短路到地时，两半桥中点电压均为 GND。当负载短路到电池时，两半桥中点电压均为电池电压。



**GND Short Circuit Fault Detected:**

Voltage			
SHx	GND	SHy	GND
<b>SPI Config. (Enable Current Sources)</b>			
PU_SHx	1	PU_SHy	0
PD_SHx	0	PD_SHy	1
<b>SPI Report (Read V<sub>DS</sub> Comparators)</b>			
VDS_Hx	1	VDS_Hy	1
VDS_Lx	0	VDS_Ly	0

**Figure 4. 基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载短路到地）**



**Battery Short Circuit Fault Detected:**

Voltage			
SHx	PVDD	SHy	PVDD
<b>SPI Config. (Enable Current Sources)</b>			
PU_SHx	1	PU_SHy	0
PD_SHx	0	PD_SHy	1
<b>SPI Report (Read V<sub>DS</sub> Comparators)</b>			
VDS_Hx	0	VDS_Hy	0
VDS_Lx	1	VDS_Ly	1

**Figure 5. 基于 VDS 比较器的 OFF 诊断（负载短路到电池）**

在实际应用中，负载可能并不会同时工作，如车门的童锁电机和正常门锁电机，以及部分车型的座椅高度调节与前后调节电机。为了减小使用桥臂的数量，可以配置不同时工作的电机共用桥臂呈级联架构，降低成本。上述的 OFF 诊断策略也可以适用于级联桥的应用场景，以如下图 6 所示 M1,M2 级联为例，M1 桥臂为 X 和 Z，M2 桥臂为 Y 和 Z，Z 为共用桥臂。可以配置相继使能 x,y,z 半桥的上下拉电流源，通过正常工况与异常工况下 SHx, SHy,SHz 的中点电压区别和相应的 VDS\_X 寄存器读值判断是否有故障发生，具体说明如图 7 所示，在此不详细展开。

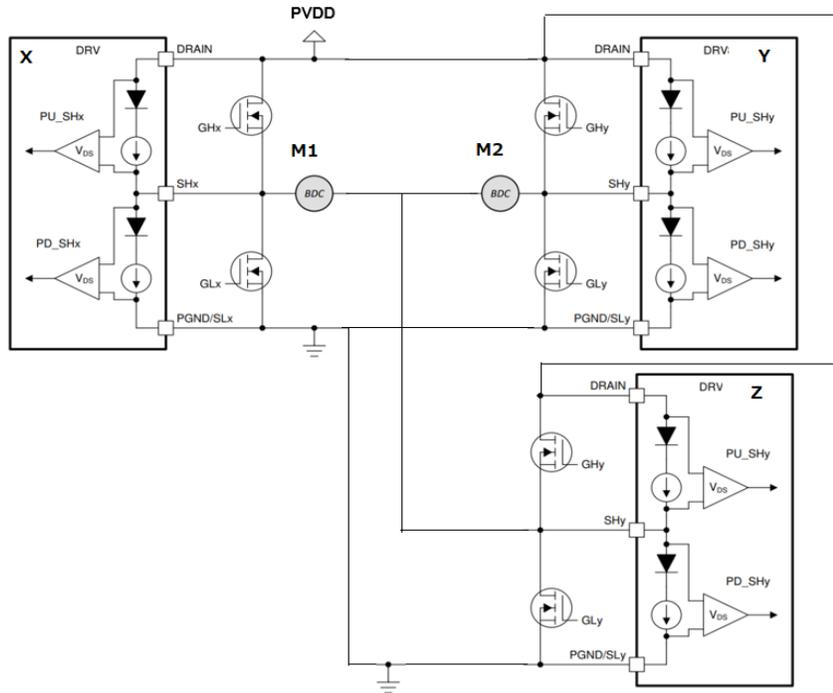


Figure 6. 级联桥配置

		3 CH HB settings						3CH HB behavior/readings								
		X			Y			Voltage			SPI Report (Read VDS Comparators)					
		SPI Config			SPI Config			SHx	SHy	SHz	VDS_Hx	VDS_Lx	VDS_Hy	VDS_Ly	VDS_Hz	VDS_Lz
No Fault Example	TEST1	PU	PU_SHx=1, PD_SHx=0	PD	PU_SHy=0, PD_SHy=1	OFF	PU_SHz=0, PD_SHz=0	~6V	~6V	X	1	1	1	1	X	X
	TEST2	OFF	PU_SHx=0, PD_SHx=0	PU	PU_SHy=1, PD_SHy=0	PD	PU_SHz=0, PD_SHz=1	X	~6V	~6V	X	X	1	1	1	1
	TEST3	PD	PU_SHx=0, PD_SHx=1	OFF	PU_SHy=0, PD_SHy=0	PU	PU_SHz=1, PD_SHz=0	~6V	X	~6V	1	1	X	X	1	1
OPEN LOAD (M1) Fault Example	TEST1	PU	PU_SHx=1, PD_SHx=0	PD	PU_SHy=0, PD_SHy=1	OFF	PU_SHz=0, PD_SHz=0	~PVDD	~0V	X	0	1	1	0	X	X
	TEST2	OFF	PU_SHx=0, PD_SHx=0	PU	PU_SHy=1, PD_SHy=0	PD	PU_SHz=0, PD_SHz=1	X	~6V	~6V	X	X	1	1	1	1
	TEST3	PD	PU_SHx=0, PD_SHx=1	OFF	PU_SHy=0, PD_SHy=0	PU	PU_SHz=1, PD_SHz=0	~0V	X	~PVDD	1	0	X	X	0	1
OPEN LOAD (M2) Fault Example	TEST1	PU	PU_SHx=1, PD_SHx=0	PD	PU_SHy=0, PD_SHy=1	OFF	PU_SHz=0, PD_SHz=0	~6V	~6V	X	1	1	1	1	X	X
	TEST2	OFF	PU_SHx=0, PD_SHx=0	PU	PU_SHy=1, PD_SHy=0	PD	PU_SHz=0, PD_SHz=1	X	~PVDD	~0V	X	X	0	1	1	0
	TEST3	PD	PU_SHx=0, PD_SHx=1	OFF	PU_SHy=0, PD_SHy=0	PU	PU_SHz=1, PD_SHz=0	~0V	X	~PVDD	1	0	X	X	0	1
GND Short Circuit Fault Example	TEST1	PU	PU_SHx=1, PD_SHx=0	PD	PU_SHy=0, PD_SHy=1	OFF	PU_SHz=0, PD_SHz=0	~0V	~0V	X	1	0	1	0	X	X
	TEST2	OFF	PU_SHx=0, PD_SHx=0	PU	PU_SHy=1, PD_SHy=0	PD	PU_SHz=0, PD_SHz=1	X	~0V	~0V	X	X	1	0	1	0
	TEST3	PD	PU_SHx=0, PD_SHx=1	OFF	PU_SHy=0, PD_SHy=0	PU	PU_SHz=1, PD_SHz=0	~0V	X	~0V	1	0	X	X	1	0
Battery Short Circuit Fault Example	TEST1	PU	PU_SHx=1, PD_SHx=0	PD	PU_SHy=0, PD_SHy=1	OFF	PU_SHz=0, PD_SHz=0	~PVDD	~PVDD	X	0	1	0	1	X	X
	TEST2	OFF	PU_SHx=0, PD_SHx=0	PU	PU_SHy=1, PD_SHy=0	PD	PU_SHz=0, PD_SHz=1	X	~PVDD	~PVDD	X	X	0	1	0	1
	TEST3	PD	PU_SHx=0, PD_SHx=1	OFF	PU_SHy=0, PD_SHy=0	PU	PU_SHz=1, PD_SHz=0	~PVDD	X	~PVDD	0	1	X	X	0	1

Figure 7. 级联桥 OFF 三诊断汇总

## 2 基于 SHX OUT 比较器实现 DRV8714/DRV8718 独立通道 OFF 开路诊断

在实际的应用中，DRV8718 和 DRV8714 这类多通道半桥驱动能够控制多个负载，如一颗 DRV8718 同时控制车门解锁和后视镜调节等。大部分电机的运行时长为秒级，在一颗芯片的所有被控电机都在非运行状态时，可以关闭电机驱动芯片输出，所有 MOSFET 处于高阻状态。此时 DRV8718 可以运行关断情况下的负载诊断，根据前一节所描述的配置方式分别使能对应半桥的上下拉电流源，通过组合逻辑判断是否有开路、短路到电源或者短路到地的故障产生。

### 2.1 电机制动要求

对于部分类型的负载，在应用中需要电机在非运行状态下依然能够保持制动状态，以确保不会因为车身行使过程中产生的震动颠簸而造成负载位移，常见有此类需求的如车窗类负载。对直流有刷电机来说，最简单的制动方式就是将两个电机端子短接。这样如果由于外力产生位移，电机转子绕组会切割定子磁场产生感应电动势，该感应电动势可以在短接的绕组中形成电流，电流与定子磁场相互作用产生的电磁转矩与转子位移方向相反，从而产生制动的效果。而对控制此电机的 H 桥驱动来说，最常见的配置方式为将两个半桥下管 MOSFET 导通使得绕组短路到地。

由于常制动负载双下管导通的要求，DRV8714/8 驱动级无法处于全 OFF 的状态，因而其他共用驱动芯片的负载也无法运行 OFF 诊断，只能等到下一次上电循环再做诊断。从每个独立通道的诊断覆盖率角度来看，短电源和短地故障可以通过导通状态时对应通道的过流保护功能实现，开路诊断也可以通过电流回采并与软件阈值相比较的方式判断。然而考虑到芯片本身集成的电流采样或外置电流采样运放的精度局限，对于实际工作电流可能比较小的负载，很容易出现错误判断，因此芯片内集成独立通道开路诊断就显得尤其重要。下面将介绍介于 SHX OUT 比较器实现独立通道开路诊断的方案。

### 2.2 SHX OUT 比较器工作原理

如图 8 DRV8714/DRV8718 驱动级内部功能框图所示，每个半桥会监控其中点电压  $V_{SHX}$ ，并与供电电压  $V_{DRAIN}$  和地  $V_{PGND}$  相比较。该比较器主要作用于 PWM 控制模式半桥开关周期的死区时间内，其输出可以反应 PWM 控制的桥臂电压是接近地还是电源，并间接反馈出电流方向是流出还是流入该桥臂。该功能主要应用于实现高级驱动（advance gate drive）中的占空比补偿（DCC, duty cycle compensation）。因而在后续复用该比较器输出用于诊断策略时，需要使能对应的 DCC 使能位 EN\_DCC\_X=1b。

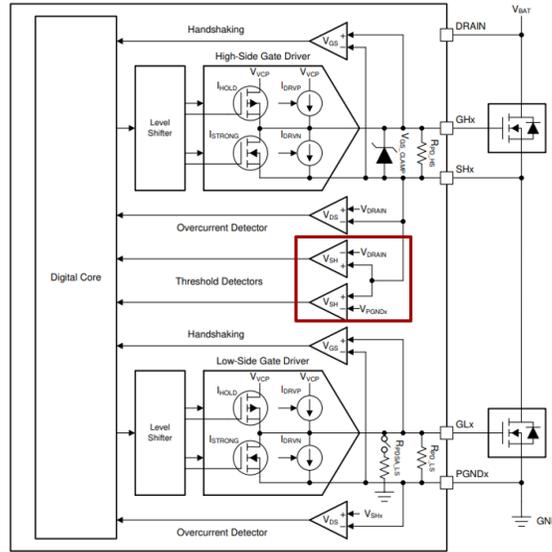


Figure 8. DRV8714/ DRV8718 驱动级内部功能框图

SHx 内部存在一个约 100uA 的电流源，其主要构成 OFF 状态下上管驱动的下拉电路，以保证 OFF 状态下上管栅极能够有效关断。

相关的寄存器可以参考下图 9，比较器的参考阈值可以通过 AGD\_THR 寄存器进行配置，可配置为 0.5V~2V 阈值。如果死区时间内中点电压满足  $V_{SHx} < PGND + AGD\_THR$  或  $V_{SHx} > VDRAIN - AGD\_THR$ ，则结果判断有效，对应  $IDIR\_WARN\_x = 0$ 。如果  $PGND + AGD\_THR < V_{SHx} < VDRAIN - AGD\_THR$ ，则认为无法判断极性， $IDIR\_WARN\_x = 1$ 。

当中点电压接近地即  $V_{SHx} < PGND + AGD\_THR$  时， $IDIRx$  比较器置 1。当中点电压接近电源即  $V_{SHx} > VDRAIN - AGD\_THR$  时， $IDIRx$  比较器置 0。

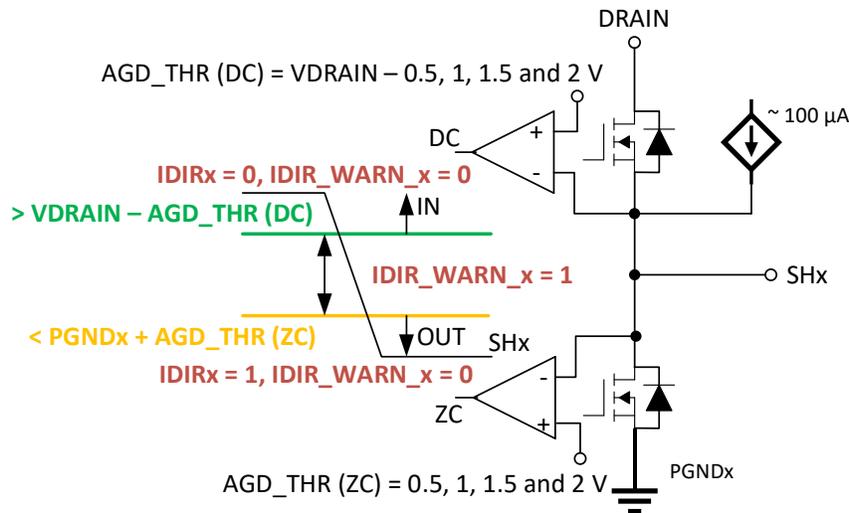


Figure 9. SHx OUT 比较器图示

### 2.3 基于 SHX OUT 比较器实现独立通道的开路诊断

通过 2.2 小节的描述，你是否发现该电路的核心组成部分与 1.1 小节 OFF 诊断的电路构成非常类似。100uA 的上拉电流源类似于 OFF 诊断下的 PU\_SHx 上拉电流源，AGD\_THR 类似于 VDS\_LVL 阈值，而 IDIRX 比较器输出类似与 VDS\_X 比较器输出，只不过 IDIR 比较器针对特定半桥（DRV8714）或全桥(DRV8718)，而 VDS\_X 比较器输出反应的是对应 MOSFET 本身。而这个比较器的应用不依赖于芯片整个输出级通过 EN\_OLSC 进入 OFF 诊断模式，不论对应通道是否导通都可以在每个桥臂独立进行。

因而基于相同的诊断逻辑，我们可以复用 SHX OUT 比较器，实现独立通道在 OFF 状态下的开路诊断。下面以 DRV8714/DRV8718 半桥 1 和 2 供电驱动 H 桥负载为例，具体描述此方案的操作方式：

**Step1:** 使能半桥控制模式（DRV8714）。DRV8718 只支持半桥控制模式，不需要额外配置。DRV8714 支持半桥模式，H 桥模式（PH/EN, PWM）和螺线管驱动模式（split HS and LS solenoid control），需要额外配置 IC\_CTRL1 寄存器中 BRG\_MODE=00b。

**Step2:** 通过配置 DCC\_X 寄存器使能相应的 DCC 功能，以启用 SHX OUT 比较器，配置 EN\_DCC\_12=1b。

**Step3:** 配置比较器阈值 AGD\_THR，默认值为 1V，可以保留此配置不做变更。对于 DRV8718, 还需通过 SET\_AGD\_xx 寄存器配置半桥中的哪个桥臂作为主要控制和监控的桥臂，可以保留默认 1/3/5/7 不变。

**Step4:** 配置 HB1\_CTRL=00b, 对应 HB1 输入为高阻态 HiZ。配置 HB2\_CTRL=01b, 配置 HB2 下管导通。这时由于 HB1 输出高阻，负载不会被驱动。

**Step5:** 通过 IDIR\_12 读值判断负载状态。如果负载正常连接，SH 电平被下拉到地，IDIR\_12 输出为 1b。如果负载开路，SH 电平通过体二极管上拉到电源，IDIR\_12 输出为 0b，如下图 10 所示。

**Step6:** 如不需要使用占空比补偿功能，可以关闭相应的 DCC 使能位再进行后续控制。EN\_DCC\_12=0b。

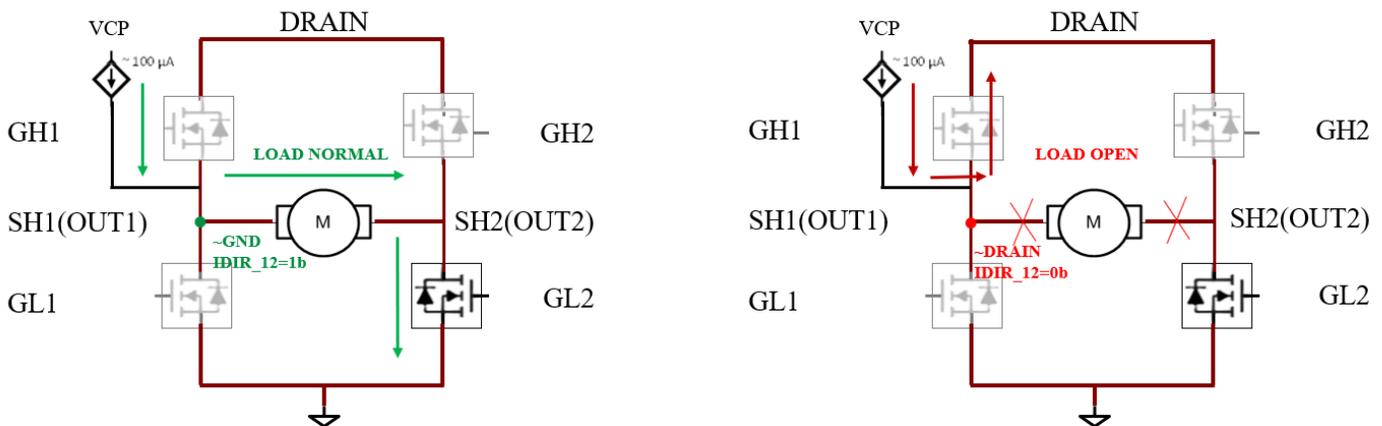


Figure 10. 负载正常与开路状态下 IDIR\_XX 输出比较

需要注意的是上述方法也有其应用局限性，包括：

1. 对于 DRV8714，只能应用于半桥控制模式。
2. 可以拓展应用于级联桥和高边驱动型低边负载。但是无法应用于低边驱动型高边负载的诊断，因为高边负载本身会上拉到电源，无法区分开路和正常工况。
3. 上拉电流源平均 100 $\mu$ A，最小值 92 $\mu$ A，电流能力有限。板外到地的漏电流可能会引起误判。考虑到芯片散差和温度影响，如果应用此方案，为了诊断的鲁棒性应当控制 PCB SH(OUT)到地的漏电等效阻抗大于 200k $\Omega$ 。

## 参考文献

1. [DRV871X 数据手册](#)
2. [Exploring the Benefits of Multichannel Gate Drivers in Automotive Power Seats \(SSZT086\)](#)

## 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、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。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  
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司