

## 三相无刷电机驱动

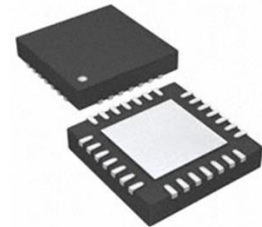
### 产品简述

MS4931 是一款三相无刷电机的预驱动芯片，最高工作电压可达 35V，能驱动宽范围的 N 沟功率 MOSFET。

芯片具有堵转保护、过温保护以及同步整流等功能。当芯片处于衰减期时，内部同步整流可以通过打开合适的功率管，从而降低功耗。

MS4931 提供使能、方向、刹车输入脚，用于控制电流，逻辑输入脚 FG1 和 FG2 可用于测量电机的转动情况。

芯片的工作温度范围为-40°C 到 105°C，采用 QFN28 封装。



QFN28

### 主要特点

- 驱动 3 组共 6 个 N 型功率管
- 同步整流，停机模式，低功耗
- 低压保护和过温保护
- HALL 元件输入
- PWM 控制电流，可切换正、反转工作模式
- 死区时间保护
- FG 输出
- 5V 稳压输出
- 锁机检测保护

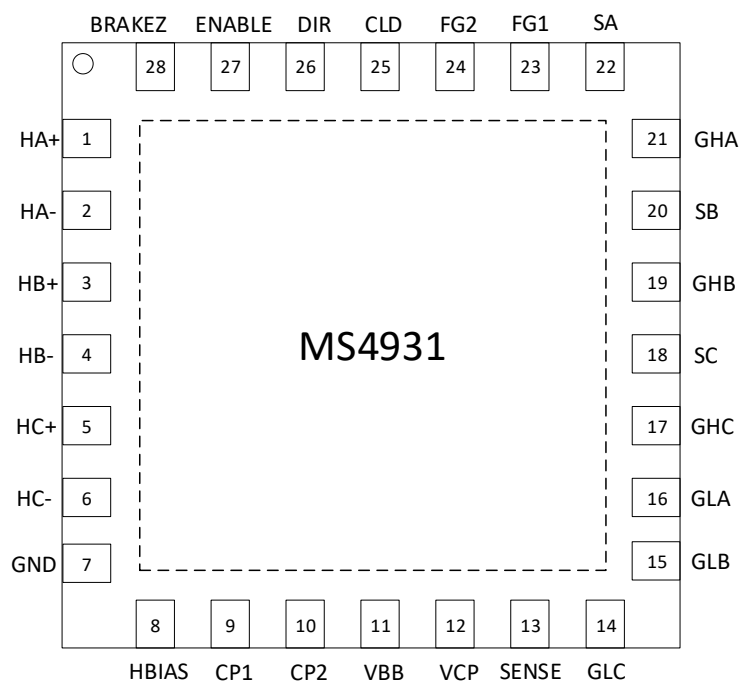
### 应用

- 激光打印机
- 复印机
- 电动工具
- 大型家电
- 监控摄像头

### 产品规格分类

产品	封装形式	丝印名称
MS4931	QFN28	MS4931

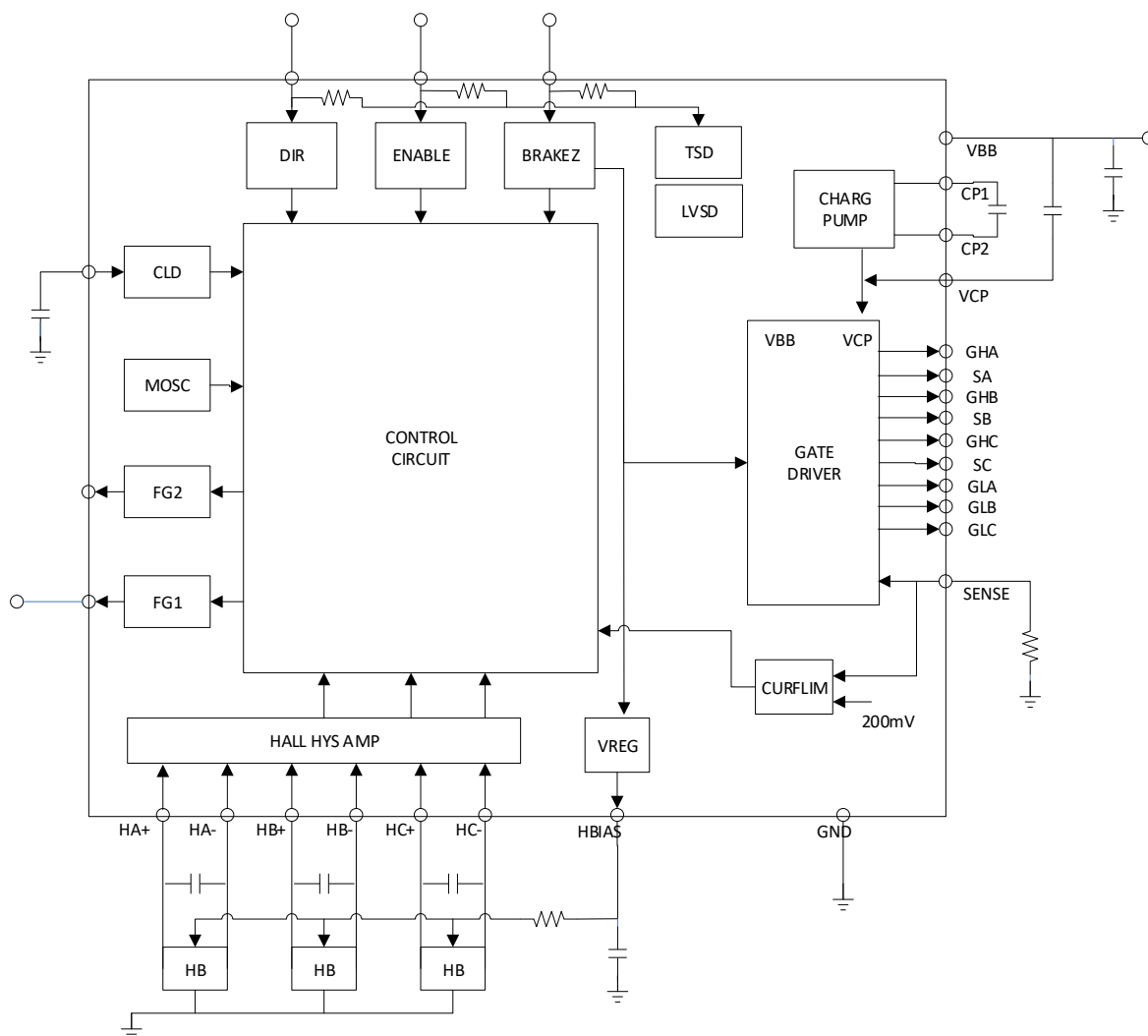
## 管脚图



## 管脚说明

管脚编号	管脚名称	管脚属性	管脚描述
1	HA+	I	HALL 信号输入 H: IN+>IN-; L: IN->IN+
2	HA-		
3	HB+		
4	HB-		
5	HC+		
6	HC-		
7	GND	-	逻辑地
8	HBIAS	O	5V 稳定输出, 逻辑电源
9	CP1	O	电荷泵电容连接脚
10	CP2		
11	VBB	-	电源
12	VCP	I/O	电荷泵输出
13	SENSE	I/O	输出电流检测
14	GLC	O	H 桥低端栅极 C
15	GLB		H 桥低端栅极 B
16	GLA		H 桥低端栅极 A
17	GHC		H 桥高端栅极 C
18	SC		H 桥高端源极 C
19	GHB		H 桥高端栅极 B
20	SB		H 桥高端源极 B
21	GHA		H 桥高端栅极 A
22	SA		H 桥高端源极 A
23	FG1	O	FG1 速度控制 (3 $\phi$ 输入)
24	FG2	O	FG2 速度控制 ( $\phi$ 输入)
25	CLD	I/O	堵转保护电容脚
26	DIR	I	转动方向
27	ENABLE	I	外部 PWM 控制
28	BRAKEZ	I	电机刹车 (低有效)

## 内部框图



## 极限参数

芯片使用中，任何超过极限参数的应用方式会对器件造成永久的损坏，芯片长时间处于极限工作状态可能会影响器件的可靠性。极限参数只是由一系列极端测试得出，并不代表芯片可以正常工作在此极限条件下。

参数	符号	参数范围	单位
最大工作电压	$V_{BBMAX}$	35	V
电荷泵电压	$V_{CPMAX}$	42	V
结温	$T_{JMAX}$	150	°C
工作温度	$T_A$	-40 ~ 105	°C
存储温度	$T_{STG}$	-65 ~ 150	°C
热阻	$R_{\theta JA}$	43	°C/W

## 电气参数

无其他说明,  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{BB}=24\text{V}$ 。

## 管脚参数

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	$V_{BB}$		8.0		35	V
HBIAS 管脚电流	$I_{REG}$		0		-200	mA
FG 应用电压	$V_{FG}$		0		6	V
FG 管脚电流	$I_{FG}$		0		14	mA

## 电气特性

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电流 1	$I_{CC1}$			3.8	4.7	mA
工作电流 2	$I_{CC2}$	关断态		0.89	1.1	mA

## 输出驱动模块

高端栅极输出	$V_{GS(H)}$	$I_{GATE}=2\text{mA}$		5.2		V
低端栅极输出	$V_{GS(L)}$	$I_{GATE}=2\text{mA}$		5.6		V
栅极驱动电流	$I_{GATE}$	$G_H=G_L=4$	20	30		mA
栅极驱动下拉电阻	$R_{GATE}$			30		$\Omega$
死区时间	$t_{DEAD}$	$I_D=-1\text{A}$		1.2		$\mu\text{s}$
限流阈值电压	$V_{REF}$	$I_D=1\text{A}$ , $R_{SENSE}=0.2\Omega$		200		mV

## 5V HBIAS

HBIAS 输出电压	$V_{HBIAS}$	$I_O=-5\text{mA}$	5.5	5.6	5.7	V
线性调整率	$\Delta V_{(REG1)}$	$V_{BB}=8$ 到 $35\text{V}$ , $I_O=-5\text{mA}$			7	mV
负载调整率	$\Delta V_{(REG2)}$	$I_O=-5\text{mA}$ 到 $-10\text{mA}$			0.4	mV

## HALL 放大器

输入电流	$I_{B(HA)}$		-130			nA
共模电压 2	$V_{ICM2}$	在一边的输入偏置 (Hall IC 应用)	0		$V_{HBIAS}$	V
Hall 输入灵敏度	$V_{HIN}$	正弦波	80			mVp-p
迟滞宽度	$\Delta V_{IN(HA)}$			20		mV
输入电压低->高	$V_{SLH}$			8		mV
输入电压高->低	$V_{SHL}$			-12		mV

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>CLD 振荡器</b>						
CLD 脚高电压	$V_{OH(CL D)}$			3.07		V
CLD 脚低电压	$V_{OL(CL D)}$			1.08		V
幅度	$V_{(CL D)}$			2.0		V <sub>p-p</sub>
外部电容的充电电流	$I_{CHG1(CL D)}$	$V_{CHG1}=2V$		-11.3		$\mu A$
外部电容的放电电流	$I_{CHG2(CL D)}$	$V_{CHG2}=2V$		11.3		$\mu A$
内部振荡器频率	$f_{(CL D)}$	$C=0.022\mu F$		129		Hz
<b>电荷泵(VCP 脚)</b>						
VCP 电压	$V_{CPOUT}$			$V_{BB}+5.2$		V
<b>CP1 脚</b>						
导通电阻（上臂桥）	$V_{OH(CP1)}$	$I_{CP1}=-2mA$		500	700	$\Omega$
导通电阻（下臂桥）	$V_{OL(CP1)}$	$I_{CP1}=2mA$		350	500	$\Omega$
电荷泵频率	$f_{(CP)}$		42	50	70	kHz
<b>内部 PWM 频率</b>						
振荡频率	$f_{(PWM)}$		41	51.5	62	kHz
<b>过流保护</b>						
限制电压	$V_{RF}$			0.2		V
盲区时间	$t_{BLANK}$			1.2		$\mu s$
<b>过温保护</b>						
关断温度	$T_{SD}$	结温	146	154	158	$^{\circ}C$
迟滞	$\Delta T_{SD}$	结温	20	30	40	$^{\circ}C$
<b>低压检测 (5V HBIAS)</b>						
激活电压	$V_{SD}$		4.0	4.17	4.4	V
迟滞宽度	$\Delta V_{SD}$		0.29	0.30	0.31	V
<b>FG 脚/FG2 脚</b>						
导通电阻	$V_{OL(FG)}$	$I_{FG}=5mA$		17	20	$\Omega$
漏电流	$I_{L(FG)}$	$V_O=5V$			10	$\mu A$
<b>BRAKEZ 脚</b>						
高电平输入电压	$V_{IH(BRAKEZ)}$		1.75		$V_{HBIAS}$	V
低电平输入电压	$V_{IL(BRAKEZ)}$		0		1.65	V
开漏输入电压	$V_{IO(BRAKEZ)}$			$3/5 \times V_{HBIAS}$		V
迟滞宽度	$V_{IS(BRAKEZ)}$		0.3	0.4	0.5	V
高电平输入电流	$I_{IH(BRAKEZ)}$	$V_{BRAKEZ}=V_{HBIAS}$	41	51	65	$\mu A$
低电平输入电流	$I_{IL(BRAKEZ)}$	$V_{BRAKEZ}=0V$	-65	-76	-95	$\mu A$

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>ENABLE 脚</b>						
推荐输入频率	$f_{(ENABLE)}$		0.5		60	kHz
高电平输入电压	$V_{IH(ENABLE)}$		1.75		$V_{HBIAS}$	V
低电平输入电压	$V_{IL(ENABLE)}$		0		1.65	V
开漏输入电压	$V_{IO(ENABLE)}$			$3/5 \times V_{HBIAS}$		V
迟滞宽度	$V_{IS(ENABLE)}$		0.3	0.4	0.5	V
高电平输入电流	$I_{IH(ENABLE)}$	$V_{ENABLE}=V_{HBIAS}$	41	51	65	$\mu A$
低电平输入电流	$I_{IL(ENABLE)}$	$V_{ENABLE}=0V$	-65	-76	-95	$\mu A$
<b>DIR 脚</b>						
高电平输入电压	$V_{IH(DIR)}$		1.75		$V_{HBIAS}$	V
低电平输入电压	$V_{IL(DIR)}$		0		1.65	V
开漏输入电压	$V_{IO(DIR)}$			$3/5 \times V_{HBIAS}$		V
迟滞宽度	$V_{IS(DIR)}$		0.3	0.4	0.5	V
高电平输入电流	$I_{IH(DIR)}$	$V_{DIR}=V_{HBIAS}$	41	51	65	$\mu A$
低电平输入电流	$I_{IL(DIR)}$	$V_{DIR}=0V$	-65	-76	-95	$\mu A$

### 三相电机逻辑真值表

IN="High"表示  $IN^+ > IN^-$ ，输出 ABC 中"H"=SOURCE，"L"=SINK，"Z"=高阻

输入						预驱状态						电机输出		
DIR	HA	HB	HC	BRAKEZ	ENB	GHA	GLA	GHB	GLB	GHC	GLC	A	B	C
1	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	Z
	H	L	L	H	L	H	L	L	L	L	H	H	Z	L
	H	H	L	H	L	L	L	H	L	L	H	Z	H	L
	L	H	L	H	L	L	H	H	L	L	L	L	H	Z
	L	H	H	H	L	L	H	L	L	H	L	L	Z	H
	L	L	H	H	L	L	L	L	H	H	L	Z	L	H
0	H	L	H	H	L	L	H	H	L	L	L	L	H	Z
	L	L	H	H	L	L	L	H	L	L	H	Z	H	L
	L	H	H	H	L	H	L	L	L	L	H	H	Z	L
	L	H	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	Z
	H	H	L	H	L	L	L	L	H	H	L	Z	L	H
	H	L	L	H	L	L	H	L	L	H	L	L	Z	H
X	H	H	H	H	X	L	L	L	L	L	L	Z	Z	Z
X	L	L	L	H	X	L	L	L	L	L	L	Z	Z	Z
X	X	X	X	L	X	L	H	L	H	L	H	L	L	L



**FG**

IN1	IN2	IN3	FG1	FG2
H	L	H	H	H
H	L	L	L	H
H	H	L	H	H
L	H	L	L	L
L	H	H	H	L
L	L	H	L	L

**BRAKEZ, ENABLE**

输入状态	BRAKEZ	ENABLE
高/开路	开启	关断
低	关断（刹车）	开启

**CLD 功能**

BRAKEZ 端为高	——>	保护释放并重新计数（重置初始态）
DIR 正反转调节	——>	保护释放并重新计数
0%占空比 ENABLE 波被检测	——>	保护释放并重新计数
低压条件被检测	——>	保护释放并重新计数（重置初始态）
TSD 条件被检测	——>	停止计数

## 功能描述

### 驱动模块

芯片采用一种直接的 PWM 驱动方式减小功耗。PWM 通过调整输出模块上臂管的关断，来实现调节功能，电机的驱动强度由其占空比决定。

在正常的 PWM 关断时，同步整流开始发挥作用。相比 LDMOS 寄生的二极管续流，下臂管导通能够极大地减小热量的产生。

### 过流保护

过流保护电路用于限制输出电流的最大峰值，由 VREF 与 SENSE 脚的 Rsense 电阻决定（ $VREF=0.2$ ，Rsense 为电流检测电阻），公式为  $I_{limit}=0.2/Rsense$ 。电路通过减小输出导通占空比，来限制输出电流。

过流保护电路在检测 PWM 工作时，在二极管中流过的反向电流会有一个  $1.2\mu s$  左右的工作延时，从而防止限流电路工作异常。如果电机绕组的内阻或电感太小，在启动时（电机中没有反向电动势的产生），电流将会快速变化。这个工作延时可能会导致限流在大于设定值时才发生。因此在设定限流值时，有必要考虑延时引起的增加。

注意在限流电路中，PWM 频率是由内置的振荡器决定，大概 50kHz。

### 速度控制方法

脉冲从 ENABLE 管脚输入，可以通过调节 PWM 波的占空比，来调节电机速度。

ENABLE 为 0 时为 ON 态，ENABLE 为 1 时为 OFF 态。

如果有必要使用反向逻辑，可以加入一额外的 NPN 管。当 ENABLE 持续高电平，芯片会判定占空比为 0，会导致 CLD 电路计数重置并且 HB 脚的输出为 0。

### CLD 保护电路

MS4931 包含一个抑制保护电路。当电机正常运转但 HALL 信号长时间不变化时，电路开始工作。当 CLD 电路工作时，所有输出上臂管全部关断。

时间由连接 CLD 脚的电容决定。设置时间  $=90 \times C(\mu F)$

当一个  $0.022\mu F$  的电容接入时，保护时间约 2s。设置时间必须足够大，以满足电机的启动时间。

计数被重置的条件：

BRAKEZ 端为高	——>	保护释放并重新计数（重置初始态）
DIR 正反转调节	——>	保护释放并重新计数
0%占空比 ENABLE 波被检测	——>	保护释放并重新计数
低压条件被检测	——>	保护释放并重新计数（重置初始态）
TSD 条件被检测	——>	停止计数

当 CLD 脚接地，逻辑电路将进入初始态，防止发生速度控制。当不需要使用 CLD 保护功能时，将一个大小近  $220k\Omega$  和  $4700pF$  的电容并联对地。

## 低压保护

MS4931 通过结合比较器，使用带隙电压作基准进行比较，电路检测 5.6V 的 HBIAS 电压，当 BRAKEZ 为低且 HBIAS 电压低于 4.15V 时，所有输出晶体管将被关断。

为使 HBIAS 电压在 4.15V 附近不出现振荡，设置 0.3V 的迟滞。因此，当 HBIAS 电压恢复到 3.2V 时，才会关闭低压保护电路，所有输出管恢复工作。

## 过温保护

当芯片结温超过 154°C 时，过温保护电路被激活，关断所有输出管。当温度恢复到迟滞温度 40°C 时，所有输出管恢复工作。

但是，由于过温保护仅仅在芯片结温超过设定值才会被激活，它并不能保证产品就能免受破坏。

## HALL 输入信号

可以识别到幅度超过迟滞（最大 35mV）的 HALL 信号，但考虑到噪声效应以及相位偏移，至少大于 100mV 的幅度为最佳。为了减少输出噪声的干扰，可以在 HALL 输入端接对地电容。在 CLD 保护电路中，HALL 输入作为一个判断信号。虽然电路能无视大量的噪声，但关注是有必要的。HALL 信号同时为 HHH 或者 LLL 时，被认为是错误态，将关闭所有输出管。

如果使用到 HALL 芯片，在一端固定（无论正负）一个共模电平范围(0.3V~HBIAS-1.7V)，允许另一端的电压范围可以为 0~HBIAS。

## 节电模式

当 MS4931 处于 STOP 态时，几乎所有电路都被关断，以减少功耗。当使用 HALL 偏置脚时，节电模式的电流消耗将近 900μA。即使在节电模式，芯片仍然具有 5V 的稳定电压输出。并且，在节电模式下，芯片处于 Short Brake 态（低端管短接）。

## 电源稳定性

芯片产生大的输出电流，并且采用一种开关驱动的方式，电源线势必会被轻易地干扰。为保证电压稳定，需要在 VBB 和地之间接入一个足够大的电容。电容地端接到 GND，尽可能的靠近管脚。如果不能在 pin 脚上接入大电容，可在管脚附近接入 0.1μF 的陶瓷电容。

如果在电源线上嵌入一个二极管以防止电源线反接，则电源线更容易被干扰，这就需要更大的电容。

## HBIAS 的稳定性

HBIAS 是逻辑电路的电源，为了稳定性，需要连接 0.1μF 或更大的电容。电容接地端需要连接到芯片的逻辑地(SGND)。

## 电荷泵

电源电压通过电荷泵被逐步抬升，以提供高端管的栅电压。电压是通过 CP1 和 CP2 之间的电容 CP 被逐步抬升，然后在 VCP 和 VBB 之间的电容 CG 上逐渐累积。CP 和 CG 的大小推荐以下关系：

$$CG = 0.1\mu F, CP = 0.01\mu F$$

CP 上充放电频率为 50kHz。当 CP 电容很大时，VCP 将会被抬升。可是当电容太大，充放电将变得没有效率，VCP 充电时间也就会很长。

## 使用须知

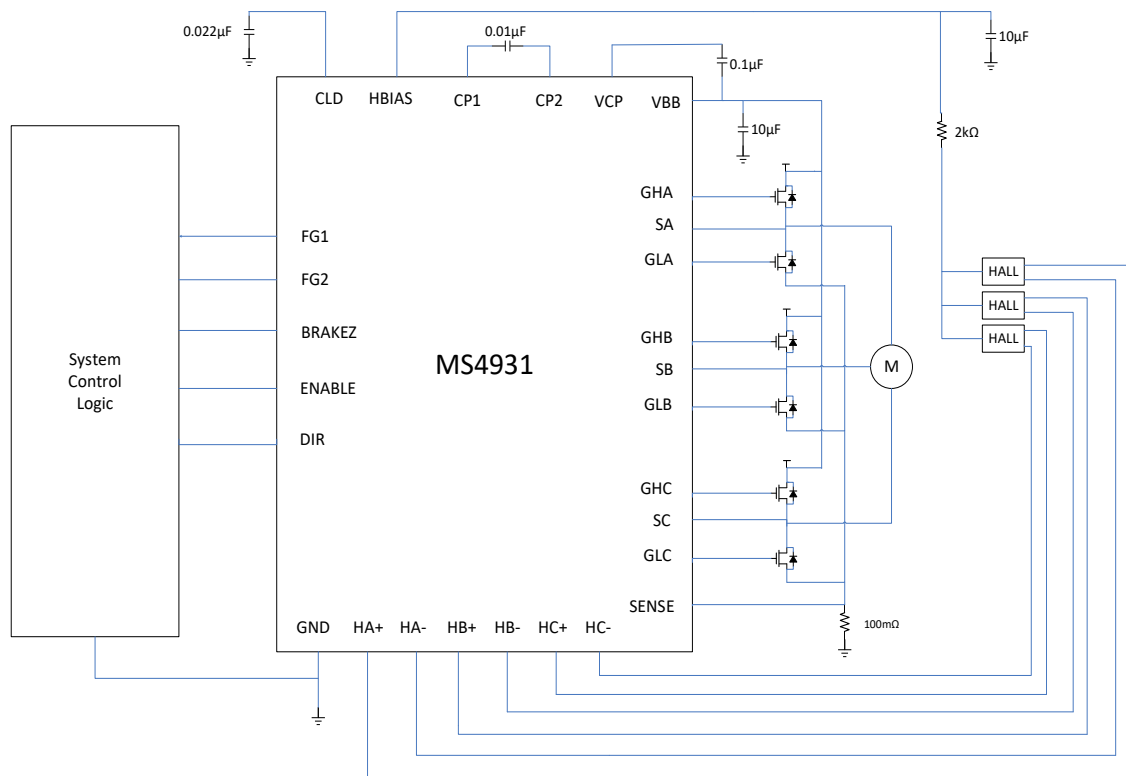
芯片具有同步整流功能，可以提高驱动效率。同步整流开始发挥作用，相比寄生的二极管续流，利用下臂管导通，能够极大地减小热量的产生。可是，同步整流可能会引发电源电压的上升，比如以下情况：

- 输出占空比突然减少
- ENABLE 输入频率突然降低

必须采取有效措施来保护芯片，确保电源电压上升也不会超过绝对最大参数，包括：

- 电源到地的大电容的选择
- 电源到地的二极管的接入

## 典型应用电路图



1. 在任何环境下，都不能超过芯片的绝对参数。
2. 在版图布线时，流过大电流的 VBB 以及各个输出脚尽可能的宽和短。
3. VBB 的旁路电容，特别是陶瓷电容的连接，应该尽可能的靠近芯片 VBB 脚。
4. HBIAS 作为芯片的基准电压，需要在 HBIAS 和 GND 之间连接电容，用来稳定 HBIAS。因此，该电容需要尽可能的靠近 HBIAS 脚。
5. 在版图设计中，连接电机的地线以及 MCU 的地区域需要隔离。
6. 不推荐 HBIAS 用于周边电路，因为精度并不高。

## 与 Allegro A4931 差异与对比说明

### 参数与功能差异

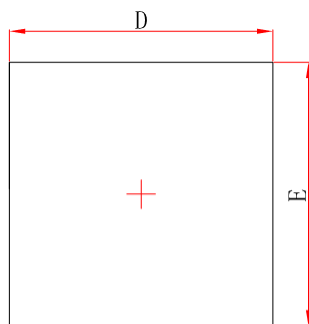
参数项	A4931	MS4931
(Pin8)VBIAS 工作电压	7.57	5.0
(Pin12)VCP 工作电压	VBB+8.14	VBB+5.2
Enable(Pin27)触发 BRAKEZ 模式	3ms 后进入	不设置此功能
BRAKEZ(Pin28),ENABLE(Pin27),DIR(Pin26) 输入脚默认态	默认高阻态	默认高电平
固定衰减周期	25μs	20μs

### 外围应用电路差异

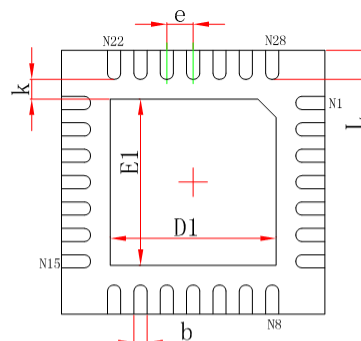
参数项	A4931	MS4931
CLD 保护功能延时计算	公式: $T=C_{sd} \times 20 \text{ s}/\mu\text{F}$ 如保护时间设为 2s, 选用 CLD 脚电容为 0.1μF	$T=C_{sd} \times 90 \text{ s}/\mu\text{F}$ 如保护时间设为 2s, 选用 CLD 脚电容约为 0.022μF
CLD 保护功能去除方式	CLD 脚(pin25)直接接地	CLD(pin25)通过 220kΩ, 并联一个 4.7nF 电容对地

# 封装外形图

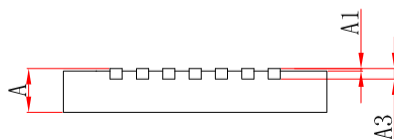
QFN28(5X5X0.75\_P0.50)



Top View



Bottom View



Side View

符号	尺寸（毫米）		尺寸（英寸）	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A	0.700	0.800	0.028	0.031
A1	0.000	0.050	0.001	0.002
A3	0.203REF		0.008REF	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
D	4.900	5.100	0.193	0.201
E	4.900	5.100	0.193	0.201
D1	3.050	3.250	0.120	0.128
E1	3.050	3.250	0.120	0.128
e	0.500TYP		0.020TYP	
L	0.450	0.650	0.018	0.026
k	0.200MIN		0.008MIN	

## 印章与包装规范

### 1. 印章内容介绍



产品型号：MS4931

生产批号：XXXXXXX

### 2. 印章规范要求

采用激光打印，整体居中且采用 Arial 字体。

### 3. 包装规范说明

型号	封装形式	只/卷	卷/盒	只/盒	盒/箱	只/箱
MS4931	QFN28	1000	8	8000	4	32000



## 声明

- 瑞盟保留说明书的更改权，恕不另行通知！客户在下单前应获取最新版本资料，并验证相关信息是否完整。
- 在使用瑞盟产品进行系统设计和整机制造时，买方有责任遵守安全标准并采取相应的安全措施，以避免潜在失败风险可能造成的人身伤害或财产损失！
- 产品提升永无止境，本公司将竭诚为客户提供更优秀的产品！



### MOS电路操作注意事项

静电在很多地方都会产生，采取下面的预防措施，可以有效防止 MOS 电路由于受静电放电的影响而引起的损坏：

- 1、操作人员要通过防静电腕带接地。
- 2、设备外壳必须接地。
- 3、装配过程中使用的工具必须接地。
- 4、必须采用导体包装或抗静电材料包装或运输。



+86-571-89966911



杭州市滨江区伟业路 1 号  
高新软件园 9 号楼 701 室



[http:// www.relmon.com](http://www.relmon.com)