

三相无刷电机驱动

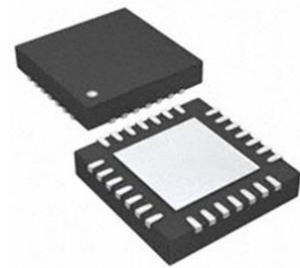
产品简述

MS3791 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。

MS3791 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

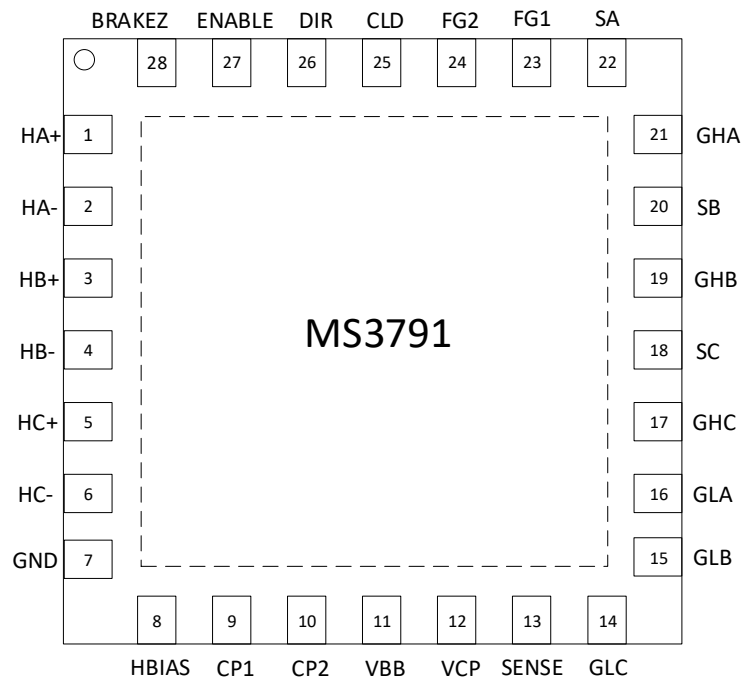
- 激光打印机
- 复印机
- 电动工具
- 大型家电
- 监控摄像头

产品规格分类

产品	封装形式	丝印名称
MS3791	QFN28	MS3791



管脚图

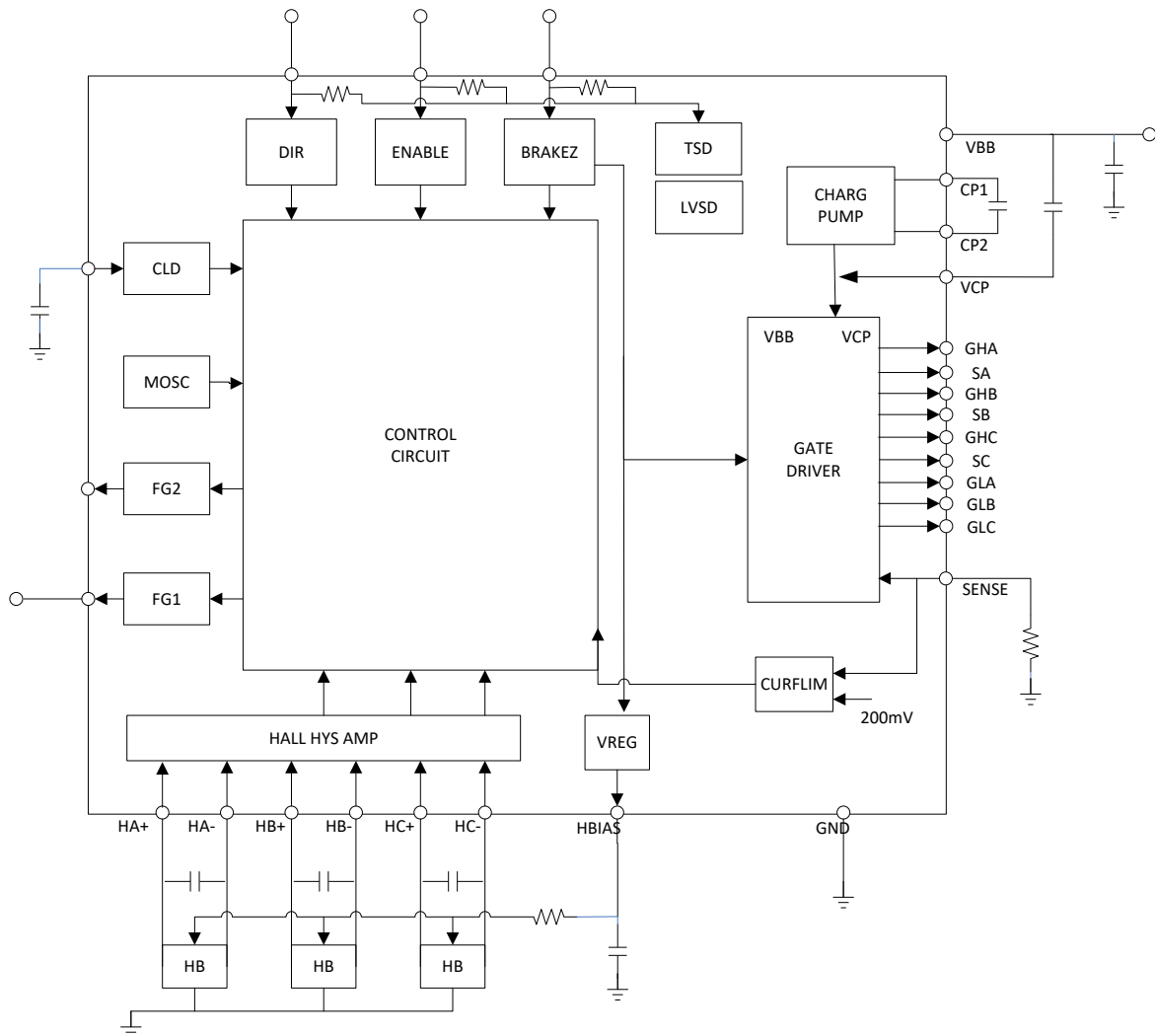


管脚说明

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	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 ϕ 输入)
24	FG2	O	FG2 速度控制 (ϕ 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



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}		4.7		35	V
HBIAS 管脚电流	I_{REG}		0		60	mA
FG 应用电压	V_{FG}				6	V
FG 管脚电流	I_{FG}				10	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}			4.2		mA
工作电流 2	I_{CC2}	关断态		1.4		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	$V_{GS(L)}$	$I_{GATE}=2\text{mA}$		5.0		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		Ω
死区时间	t_{DEAD}	$I_D=-1\text{A}$		1.2		μs
限流阈值电压	V_{REF}	$I_D=1\text{A}$		200		mV

5V HBIAS

HBIAS 输出电压	V_{HBIAS}	$I_O=-5\text{mA}$	4.8	5.0	5.2	V
线性调整率	$\Delta V_{(REG1)}$	$V_{BB}=8$ 到 35V , $I_O=-5\text{mA}$			20	mV
负载调整率	$\Delta V_{(REG2)}$	$I_O=-5\text{mA}$ 到 -10mA			40	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
CLD 振荡器						
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 _{p-p}
外部电容的充电电流	$I_{CHG1(CL D)}$	$V_{CHG1}=2V$		-11.3		μA
外部电容的放电电流	$I_{CHG2(CL D)}$	$V_{CHG2}=2V$		11.3		μA
内部振荡器频率	$f_{(CL D)}$	$C=0.022\mu F$		129		Hz
电荷泵 (VCP 脚)						
VCP 电压	V_{CPOUT}			$V_{BB}+5.2$		V
CP1 脚						
导通电阻 (上臂桥)	$V_{OH(CP1)}$	$I_{CP1}=-2mA$		500	700	Ω
导通电阻 (下臂桥)	$V_{OL(CP1)}$	$I_{CP1}=2mA$		350	500	Ω
电荷泵频率	$f_{(CP)}$		42	50	70	kHz
内部 PWM 频率						
振荡频率	$f_{(PWM)}$		41	51.5	62	kHz
过流保护						
限制电压	V_{RF}			0.2		V
盲区时间	t_{BLANK}			1.2		μs
过温保护						
关断温度	T_{SD}	结温	146	154	158	$^{\circ}C$
迟滞	ΔT_{SD}	结温	20	30	40	$^{\circ}C$
低压检测 (5V HBIAS)						
激活电压	V_{SD}			4		V
迟滞宽度	ΔV_{SD}			0.15		V
FG 脚/FG2 脚						
导通电阻	$V_{OL(FG)}$	$I_{FG}=5mA$		17	20	Ω
漏电流	$I_{L(FG)}$	$V_O=5V$			10	μA
BRAKEZ 脚						
高电平输入电压	$V_{IH(BRAKEZ)}$		2.2			V
低电平输入电压	$V_{IL(BRAKEZ)}$				1.2	V
开漏输入电压	$V_{IO(BRAKEZ)}$			V_{HBIAS}		V
迟滞宽度	$V_{IS(BRAKEZ)}$		0.3	0.4	0.5	V
管脚上拉电阻	R_{bk}			11		k Ω
高电平输入电流	$I_{IH(BRAKEZ)}$	$V_{BRAKEZ}=V_{HBIAS}$	-1	0	1	μA
低电平输入电流	$I_{IL(BRAKEZ)}$	$V_{BRAKEZ}=0V$		-410		μA



参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
ENABLE 脚						
推荐输入频率	$f_{(ENABLE)}$		0.5		60	kHz
高电平输入电压	$V_{IH(ENABLE)}$		2.2			V
低电平输入电压	$V_{IL(ENABLE)}$				1.2	V
开漏输入电压	$V_{IO(ENABLE)}$			V_{HBIAS}		V
迟滞宽度	$V_{IS(ENABLE)}$		0.3	0.4	0.5	V
管脚上拉电阻	R_{EN}			11		k Ω
高电平输入电流	$I_{IH(ENABLE)}$	$V_{ENABLE}=V_{HBIAS}$	-1	0	1	μA
低电平输入电流	$I_{IL(ENABLE)}$	$V_{ENABLE}=0V$		-410		μA
DIR 脚						
高电平输入电压	$V_{IH(DIR)}$		2.2			V
低电平输入电压	$V_{IL(DIR)}$				1.2	V
开漏输入电压	$V_{IO(DIR)}$			V_{HBIAS}		V
迟滞宽度	$V_{IS(DIR)}$		0.3	0.4	0.5	V
管脚上拉电阻	R_{DIR}			11		k Ω
高电平输入电流	$I_{IH(DIR)}$	$V_{DIR}=V_{HBIAS}$	-1	0	1	μA
低电平输入电流	$I_{IL(DIR)}$	$V_{DIR}=0V$		-410		μA

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 驱动方式来减小功耗。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 $VRDIRf$ 决定（ $VRF=0.2$ （典型）， Rf 为电流检测电阻）。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，可以加入一个额外的 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

MS3791 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
检测到低压条件	——>	保护释放并重新计数（重置初始态）
检测到 TSD 条件	——>	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

MS3791 通过结合比较器，使用带隙电压作基准进行比较，电路检测 5V 的 HBIAS 电压，当 BRAKEZ 为低且 HBIAS 电压低于 3.0V 时，所有输出晶体管将被关断。

为使 HBIAS 电压在 3.0V 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 MS3791 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：

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

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。电容做得太大，VCP 充电时间就会很长。

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：

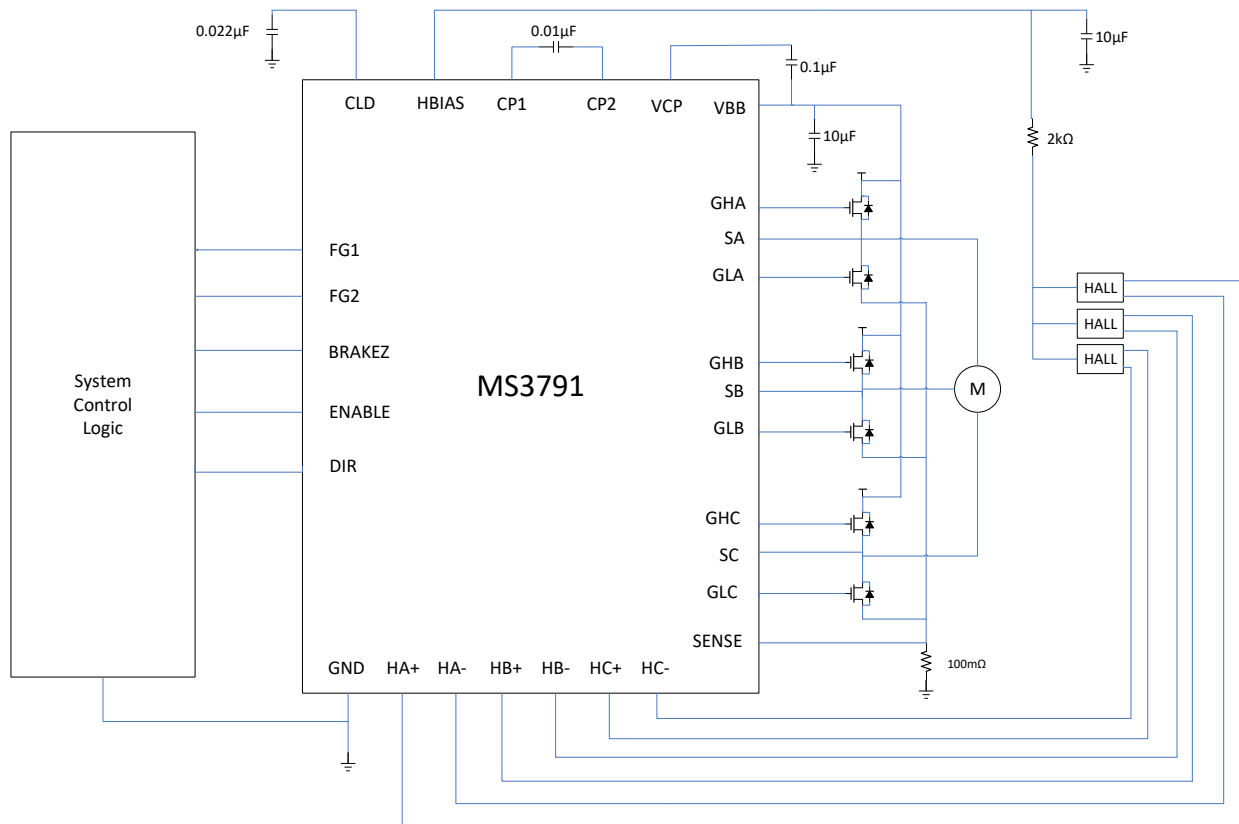
- 输出占空比突然减少
- ENABLE 输入频率突然降低

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	MS3791
(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

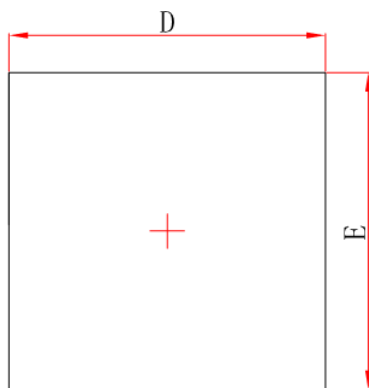
外围应用电路差异

参数项	A4931	MS4931
CLD 保护功能延时计算	公式: $T=Csd \times 20 \text{ s}/\mu\text{F}$ 如保护时间设为 2s, 选用 CLD 脚电容为 0.1μF	$T=Csd \times 90 \text{ s}/\mu\text{F}$ 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

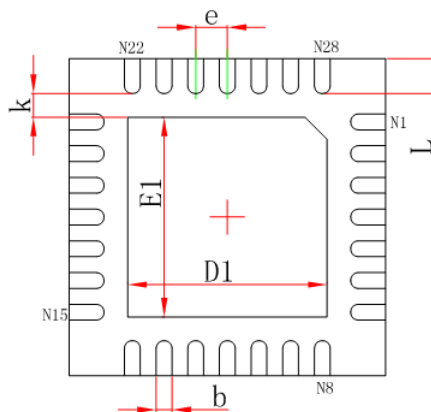


封装外形图

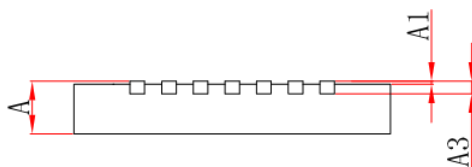
QFN28



Top View



Bottom View



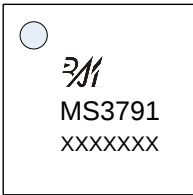
Side View

符号	尺寸 (毫米)		尺寸 (英寸)	
	最小	最大	最小	最大
A	0.700	0.800	0.028	0.031
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF		0.008REF	
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
k	0.200MIN		0.008MIN	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
e	0.500TYP		0.020TYP	
L	0.450	0.650	0.018	0.026



印章与包装规范

1. 印章内容介绍



产品型号：MS3791

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
MS3791	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。

