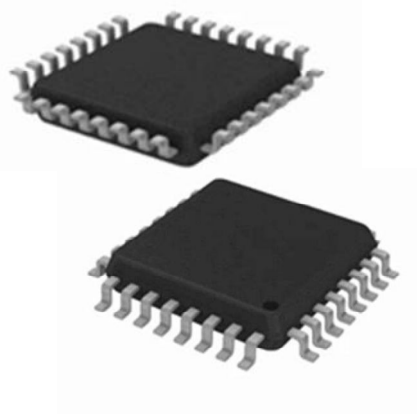


MS4933 三相正弦波 DC 电机控制器

产品简述

MS4933 是一款三相正弦波无刷直流电机（BLDC）或永磁同步电机（PMSM）控制器。该芯片对霍尔感应信号进行处理，控制器可以通过开关三相转换器来实现 PWM 交换。有两种 PWM 模式：正弦波模式和方波模式。

该芯片具有休眠模式脚 SDB，该脚接地时静态功耗 10uA 以内。内部集成过流保护，短路保护，过压保护以及过温保护，用来保护芯片及马达不会受到损坏。



主要特点

- 支持空间向量调制（SVM）
- 支持正弦波和方波解决方案
- 内置时钟发生器
- 内置误差放大器，用于扭力闭环控制
- 占空比直接控制
- 方波 120° 正弦波 180° 导通
- PLL 角度检测（霍尔传感器）
- 电流领先相位更正
- 两个可选死区时间
- 同步整流
- 过压和欠压保护，过温保护（OTP），三级过流保护（OCP）
- 可调 OC 定时器
- 休眠模式

应用

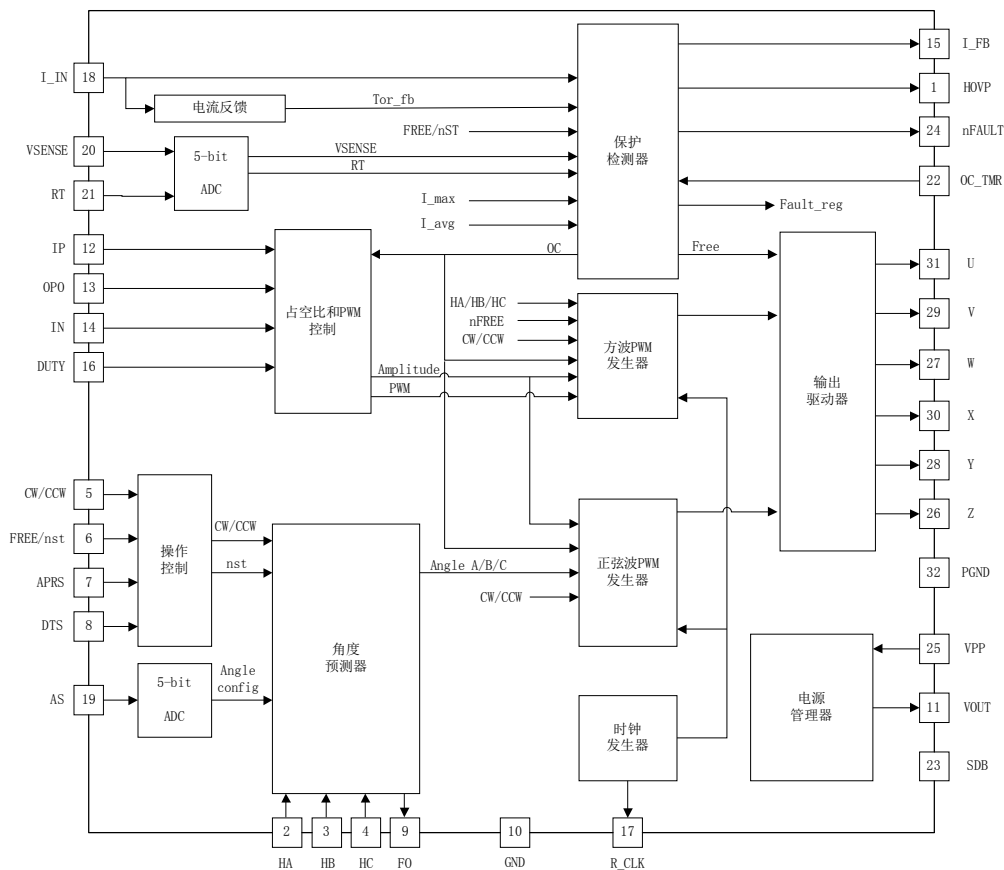
- BLDC 电机或 PMSM 控制
- 低噪音电机应用
- 风扇、泵、工具等

产品规格分类

产 品	封 装 形 式	丝印名称
MS4933	LQFP32(7X7x1.6)	MS4933

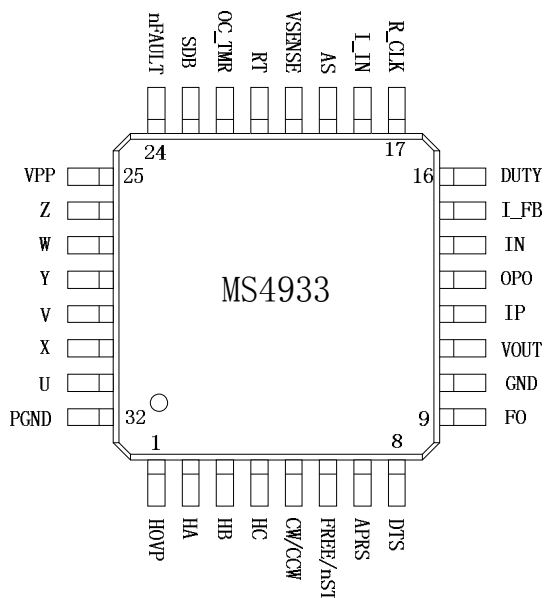


内部框图



管脚排列图

LQFP32



管脚描述

管脚编号	管脚名称	管脚属性	管脚描述
1	HOVP	O	电机驱动过压保护输出。可连至外部功率晶体管使反向电动势放电
2	HA	I	霍尔 A 传感器输入, U 相磁场检测
3	HB	I	霍尔 B 传感器输入, V 相磁场检测
4	HC	I	霍尔 C 传感器输入, W 相磁场检测
5	CW/CCW	I	方向控制输入, 此引脚有 200K Ω 上拉电阻。高电平: CW, 低电平: CCW
6	FREE/nST	I	空闲和启动控制输入, 此引脚有 200K Ω 上拉电阻。高电平: 空闲, 低电平: 启动
7	APRS	I	角度预测范围选择输入, 此引脚有 200K Ω 上拉电阻。
8	DTS	I	死区时间选择输入。此引脚有 200K Ω 上拉电阻。低电平 3 μ s, 高电平 4 μ s
9	FO	O	转数脉冲输出。每转脉冲=电机级数 $\div$ 2 $\times$ 3
10	GND	-	低压地
11	VOUT	O	稳压器输出, 应在此引脚与地之间接个 0.1 μ F(最小)的电容
12	IP	I	扭力误差放大器正极输入
13	OPO	O	扭力误差放大器输出
14	IN	I	扭力误差放大器负极输入
15	I_FB	O	电流反馈输出
16	DUTY	I	PWM 占空比控制输入, 设计为直接控制 PWM 占空比
17	R_CLK	I	时钟发生器外部电阻, 用于确定内部时钟发生器的频率
18	I_IN	I	电流反馈输入
19	AS	I	角度位移输入。设计用于校正 PWM 输出信号的领先角。范围从 0 $^{\circ}$ 到 60 $^{\circ}$, 与感应磁场电压相关



20	VSENSE	I	电机驱动电压感测电阻，设计用于确定过压保护的电压电平
21	RT	I	热敏电阻输入，连接到负温系数电阻用于过温保护
22	OC_TMR	I	过载超时可编程输入，连接到电容用于确定过载保护的时间延迟
23	SDB	I	休眠模式脚，悬空时为正常工作模式，接地为休眠模式，内部到 VPP 接有 4.2MΩ 上拉电阻。
24	N_FAULT	O	故障标志。漏极开路输出。低电平为故障
25	VPP	-	电源电压输入
26	Z	O	W 相 PWM 输出，低侧
27	W	O	W 相 PWM 输出，高侧
28	Y	O	V 相 PWM 输出，低侧
29	V	O	V 相 PWM 输出，高侧
30	X	O	U 相 PWM 输出，低侧
31	U	O	U 相 PWM 输出，高侧
32	PGND	-	高压地



极限参数

绝对最大额定值

注意：绝对最大额定值表示不被破坏的界限，不保证实际工作状态

参 数	符 号	额定值	单位
供电电压	V_{PP}	-0.3~+26	V
工作环境温度	T_A	-40~+120	°C
存储温度	T_{stg}	-60~+150	°C

推荐工作条件

参 数	符 号	参 数 范 围			单位
		最小	标准	最大	
供电电压	V_{PP}	10	12	17	V
工作温度	T_A	-40		125	°C
系统时钟	F_{SYS}	0.96	1.28	1.92	MHz
时钟发生器外部电阻	R_{CLK}		12		K Ω
I_{IN} 偏压电阻	$R_{I_{IN}}$		10		K Ω



电气参数

VPP=12V

注意：没有特别规定，环境温度为 $T_a = 25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

电源和功耗:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
导通阈值电压	V_{PP_ON}	-	8.5	9.0	9.5	V
关断阈值电压	V_{PP_OFF}	-	7.5	8	8.5	V
工作电流	I_{DD_OP}	VPP=12V, $F_{SYS}=1.28\text{MHz}$	4	5.5	6.5	mA
休眠模式电流	I_{SDB}	VPP=12V, $V_{SDB}<4\text{V}$		4		uA

稳压器:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
稳压器输出电压	V_{VOUT}	输出电流 5mA	5.0	5.2	5.4	V
稳压器输出电流	I_{VOUT}	VVOUT=5.2V			10	mA
稳压器外部电容	C_{VOUT}		0.1			uF

数字 I/O:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
霍尔信号输入高电平	V_{IH_HALL}	-	4			V
霍尔信号输入低电平	V_{IL_HALL}	-			1	V
迟滞窗口	V_{HYS_HALL}		2.0	2.5	3.0	V
霍尔信号去抖动时间	T_{DEB_HALL}			5		us
数字 I/O 内部上拉电阻	R_{DIO_UP}		150	200	250	K Ω

高压I/O:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
PWM 信号输出高电平	V_{OH_PWM}	VPP=12V, IO=4mA	10			V
PWM 信号输出低电平	V_{OL_PWM}	VPP=12V, IO=4mA			1	V
HOVP 输出高电平	V_{OH_HOVP}	VPP=12V, IO=4mA	10			V
HOVP 输出低电平	V_{OL_HOVP}	VPP=12V, IO=4mA			1	V



PWM 控制:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
DUTY 引脚全占空比电压	V_{FD}			4.37		V
DUTY 引脚零占空比电压	V_{ZD}			0.8		V
PWM 最小导通时间	t_{PWM_MIN}	$R_CLK=12K\ \Omega$		1		μS
PWM 死区时间 3 μs	T_{DEAD0}	DTS=LOW		2.9		μS
PWM 死区时间 4 μs	T_{DEAD1}	DTS=HIGH		4.2		μS
PWM 频率 20KHz	F_{PWM_20K}	$R_CLK=12K\ \Omega$		20		kHz
OPO 引脚拉电流能力	I_{SOURCE_OPO}	IP=5V,IN=0V,OPO=0V	4	5	6	mA
OPO 引脚灌电流能力	I_{SINK_OPO}	IP=0V,IN=5V,OPO=5V	-4	-5	-6	mA
扭力误差放大器的增益	A_{VERR}			60		dB
误差放大器单位增益带宽	G_{BWERR}			10		MHz

正弦PWM发生器:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
DUTY 引脚正弦波使能阈值	V_{SIN_ENA}			0.75		V
DUTY 引脚正弦波禁用阈值	V_{SIN_DIS}			0.65		V
正弦波使能去抖动时间	t_{SIN_ENA}			1		mS
正弦波禁用去抖动时间	t_{SIN_DIS}			100		mS

过流保护:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
短路电流保护阈值电压	V_{OCP_SH}			2.5		V
逐周期电流保护阈值电压	V_{OCP_CYC}			1.5		V
过载电流保护阈值电压	V_{OCP_OL}			1.4		V
OC_TMR 阈值电压	V_{OC_TMR}			2.5		V
OC_TMR 充电电流	I_{TMR_CHG}	OC_TMR=0V	30	40	50	μA
OC_TMR 放电电流	I_{TMR_DIS}	OC_TMR=5V	5	10	15	μA
I_IN 的偏压电流	$I_{BIAS_I_IN}$	$R_{I_IN}=10k\ \Omega$	40	50	60	μA
I_FB 输出电流	$I_{O_I_FB}$			0.5		mA
I_FB 输出增益	G_{I_FB}			8		



过压欠压保护:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
系统 OVP 阈值电压	V_{OV_VPP}			18		V
系统 OVP 释放电压	$V_{OV_VPP_R}$			17		V
系统 OVP 去抖动时间	t_{OV_VPP}			100		uS
系统 UVP 阈值电压	V_{UV_VPP}		7.6	8.1	8.6	V
系统 UVP 释放电压	$V_{UV_VPP_R}$		8.8	9.3	9.8	V
VOUTUVP 阈值电压	V_{UV_VOUT}			4		V
VOUTUVP 释放电压	$V_{UV_VOUT_R}$			4.5		V
电机过压保护阈值电压	V_{OV_MOTOR}		4.3	4.5	4.8	V
电机过压保护释放电压	V_{RL_MOTOR}			4		V

过温保护:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
OTP 阈值电压	V_{RT}			1		V
OTP 释放电压	V_{RT_R}		1.15	1.2	1.25	V
RT 引脚拉电流	I_{RT}		40	50	60	uA

引脚开路保护:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
引脚短路保护等级	V_{SHORT}	R_CLK 引脚		0.2		V
引脚开路保护等级	V_{OPEN}	R_CLK 引脚和 RT 引脚	4.6	4.8	5.2	V

休眠模式:

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单位
SLEEP 阈值电压	V_{SDB_ON}	退出休眠模式电压	4.1	-	Vpp	V
SDB 上拉电阻	R_{SDB}	SDB 脚和 VPP 之间		4.2		MΩ
SDB 悬空电压	V_{SDB_NC}	VPP=12V, SDB 悬空		8.4		V



功能描述

电源管理和调整

MS4933 能够被操作在一个很宽的电源电压范围 10V-15V。VOUT 引脚是内部电压调整器的输出引脚。

典型的电压输出范围是 5V-5.2V。为了稳定 VOUT 电路，需要在 VOUT 引脚和地之间外加一个电容。

如果 VPP 低于 8V 门槛电压，MS4933 将会停止工作，内部寄存器会进入休眠状态。

休眠模式

MS4933 芯片具有休眠模式脚 SDB，该脚内部到 VPP 集成了 $4M\Omega$ 左右的上拉电阻，悬空或者接 5V 以上电平时芯片正常工作，接地时为休眠模式，此时静态功耗 10uA 以内。

时钟发生器

MS4933 拥有一个可编程的晶振。由 R_CLK 外加电阻决定，系统时钟能够由程序控制在 960kHz 到 1920kHz。PWM 波的开关频率等于系统时钟的 1/64。因此，当系统时钟为 960kHz 时，PWM 等于 $960kHz/64=15kHz$ 。相似的，如果要得到 20kHz 的 PWM，则系统时钟应该被设置成为 1.28MHz。

PWM 整流：

MS4933 同时支持方波 PWM 和正弦波 PWM 对无刷直流电机控制。控制器检测霍尔传感器的发出转子的位置信号。对于方波 PWM 整流方式如下表：

CW	HALL	HALL	U-V-W	X-Y-Z
X	000	0	0-0-0	0-0-0
X	111	7	0-0-0	0-0-0
1	001	1	P-0-0	Pb-1-0
1	011	3	0-0-P	0-1-Pb
1	010	2	0-0-P	1-0-Pb
1	110	6	0-P-0	1-Pb-0
1	100	4	0-P-0	0-Pb-1
1	101	5	P-0-0	Pb-0-1
0	101	5	0-0-P	1-0-Pb
0	100	4	0-0-P	0-1-Pb
0	110	6	P-0-0	Pb-1-0
0	010	2	P-0-0	Pb-0-1
0	011	3	0-P-0	0-Pb-1
0	001	1	0-P-0	1-Pb-0

其中：P=PWM,Pb=PWM 反向，X 为无关位。



霍尔信号输入

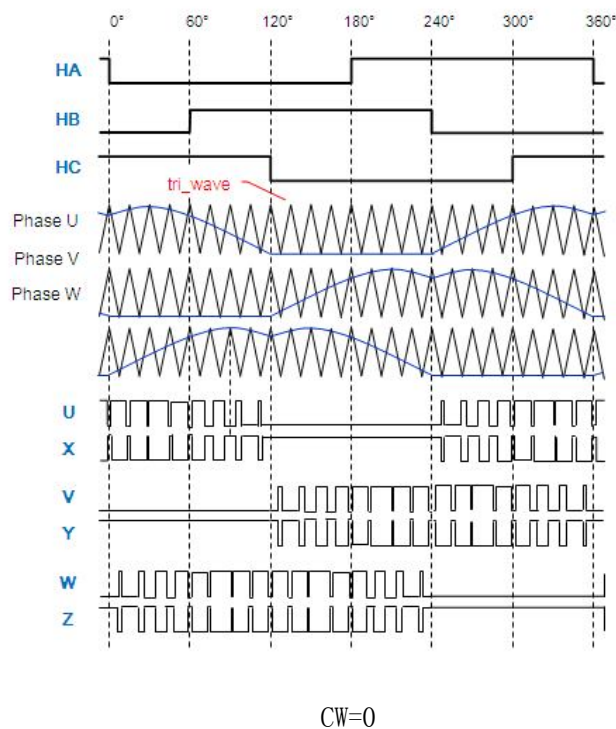
为了防止霍尔信号失灵，MS4933 提供了 3-6 μ s 的抖动时间。当霍尔信号变化缓慢，抖动和逻辑错误可能产生。通过建立一个霍尔信号校准电路，MS4933 可以最小化抖动和相关错误。

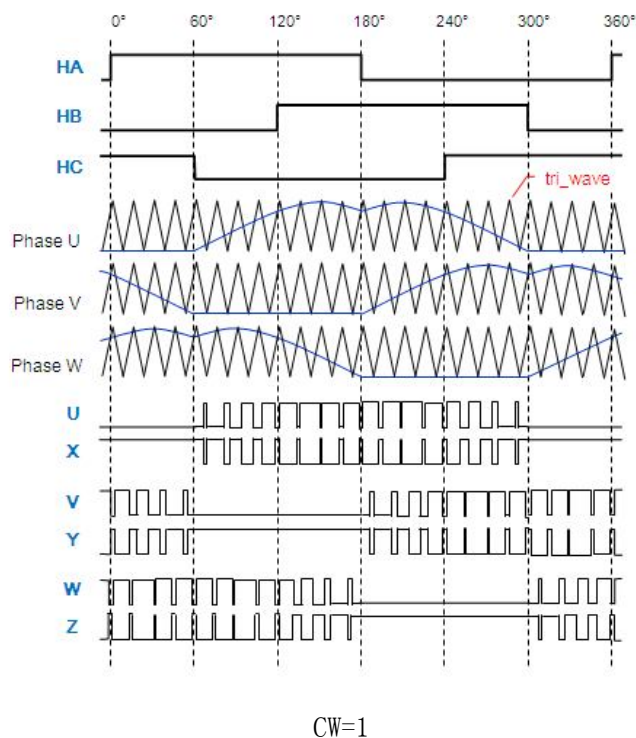
PWM占空比循环和操作

PWM 占空比与在 OPO 和 DUTY 引脚上的电压等级成比例。FREE/nST 引脚被用作 PWM 信号使能。当 FREE/nST 引脚设置成逻辑高时，PWM 状态设置成关断模式，所有 PWM 输出（六个输出引脚）都为低。当 FREE/nST 引脚设置成逻辑低时，MS4933 开始启动 PWM。

正弦波形发生器

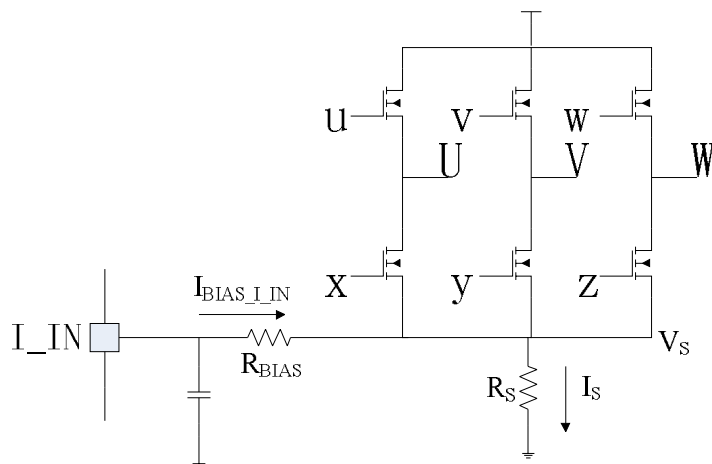
MS4933 包含了一个正弦波 PWM 空间向量调整（SVM）。角度检测电路通过电机霍尔信号推算电机转子位置。将 60° 分为 32 份，通过 PWM 工作后，马达的每一相的电流为正弦波。各相位之间的角度为 120°。





电流反馈和保护

电流反馈电路提供了两个功能: (1) 为电机控制提供电流反馈信号 (2) 过流保护。I_{IN} 引脚输出一个 50uA 的电流, 从而产生一个直流基准用来防止负电压。公式(1)为 I_{FB} 和 I_{IN} 的关系, 建议在 I_{IN} 上提供 0.5V 直流电压偏置。I_{IN} 最大电压是 1V。由这些参数可以公式 (1) 推算 (R_{bias}=10K Ω), 最大 I_{FB} 信号波动在 0.5V-4.5V 之间。



$$V_{I_FB} = (V_S * 8) + (I_{BIAS_I_IN} * R_{BIAS}) \quad (1)$$

MS4933 提供了三种不同等级的过流保护。第一种是 1.4V 通常用于有过流定时器延时过载电流保护。

如果 I_{IN} 高于 1.4V, 过流定时器延时会被触发。过流保护的门槛激活, 使定时器超过截止时间限



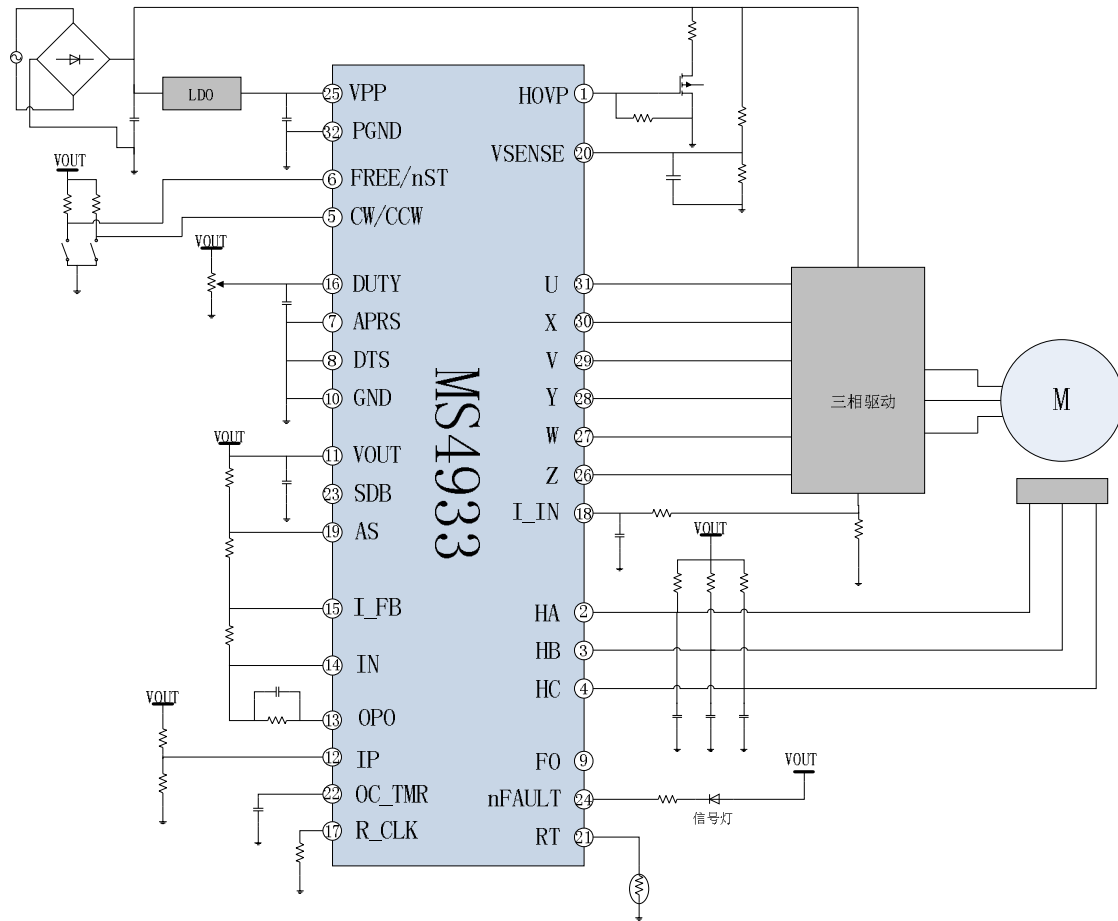
制。第二种是 1.5V 用于对回路电流的限制。在 $I_{IN}>1.5V$ 是 PWM 信号会被立即关断。第三种是 2.5V，这个等级设计来对短路电流保护。如果 $I_{IN}>2.5V$ 超过了 3 个 PWM 脉冲，所有的 PWM 输出端（六路）会被全部关断。

保护和故障

类型	状态	触发条件	释放
VPP 过压	停止	$VPP>18V$	$VPP<17V$
VPP 欠压	停止, 重启	$VPP<8V$	$VPP>9V$
VOUT 欠压	停止	$VOUT<4V$	$VOUT>4.5V$
RT	停止	$RT<1.0V$	$RT>1.2V$
OS	停止	开路 and 短路	FREE/nST 重置
霍尔逻辑错误	停止	Hall=000or111	
HOVP	停止	$VSENSE>4.5V$	$VSENSE<4V$
过流门槛	停止	$I_{IN}>1.4$	FREE/nST 重置
SHORT	停止	$I_{IN}>2.5V$	FREE/nST 重置

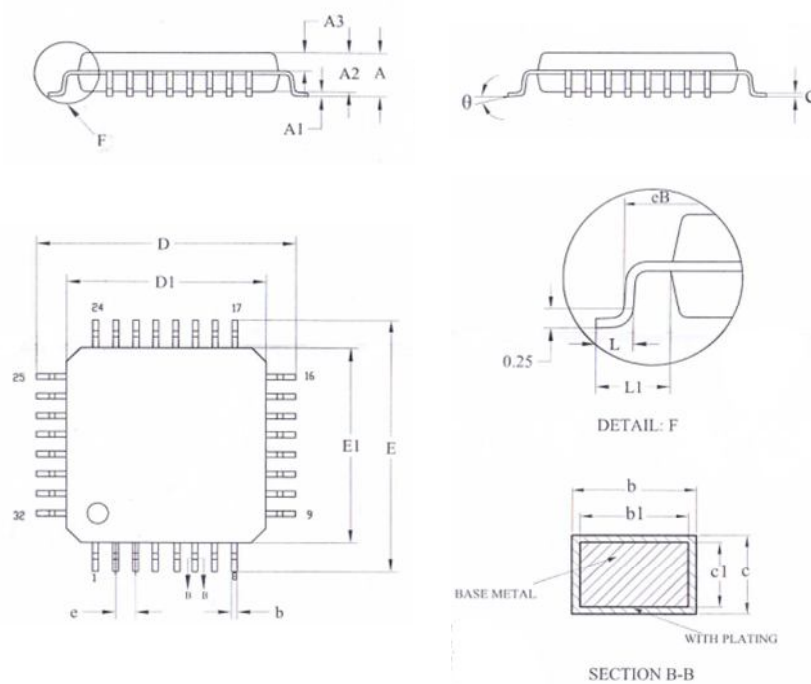


典型应用图



封装外形图

LQFP32:



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	MON	MAX
A	-	-	1.6
A1	0.05	-	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.33	-	0.41
b1	0.32	0.35	0.38
c	0.13	-	0.17
C1	0.12	0.13	0.14
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
eB	8.10	-	8.25
e	0.80BSC		
L	0.45	-	0.75
L1	1.00REF		
θ	0°	-	7°



印章与包装规范

一、印章内容介绍



LQFP32

一、印章内容介绍

MS4933: 产品型号

XXXXXXX: 生产批号

二、印章规范要求

采用激光打印，整体居中且采用 Arial 字体。

三、包装规范

型号	封装形式	只/盘	盘/盒	只/盒	盒/箱	只/箱
MS4933	LQFP32	250	10	2500	4	10000



**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。

