

MS4932 三相正弦波 DC 电机控制器

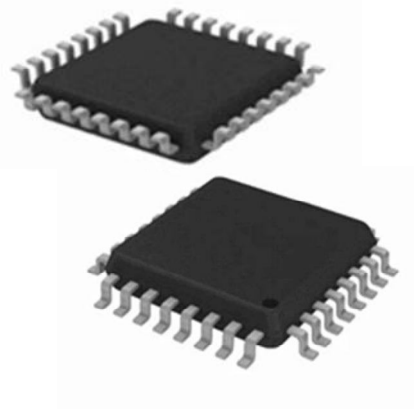
描述

MS4932 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，特别是在应力大和要求很高的应用环境中。

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
- 三级过流保护（OCP）
- 可调 OC 定时器
- 过温保护（OTP）



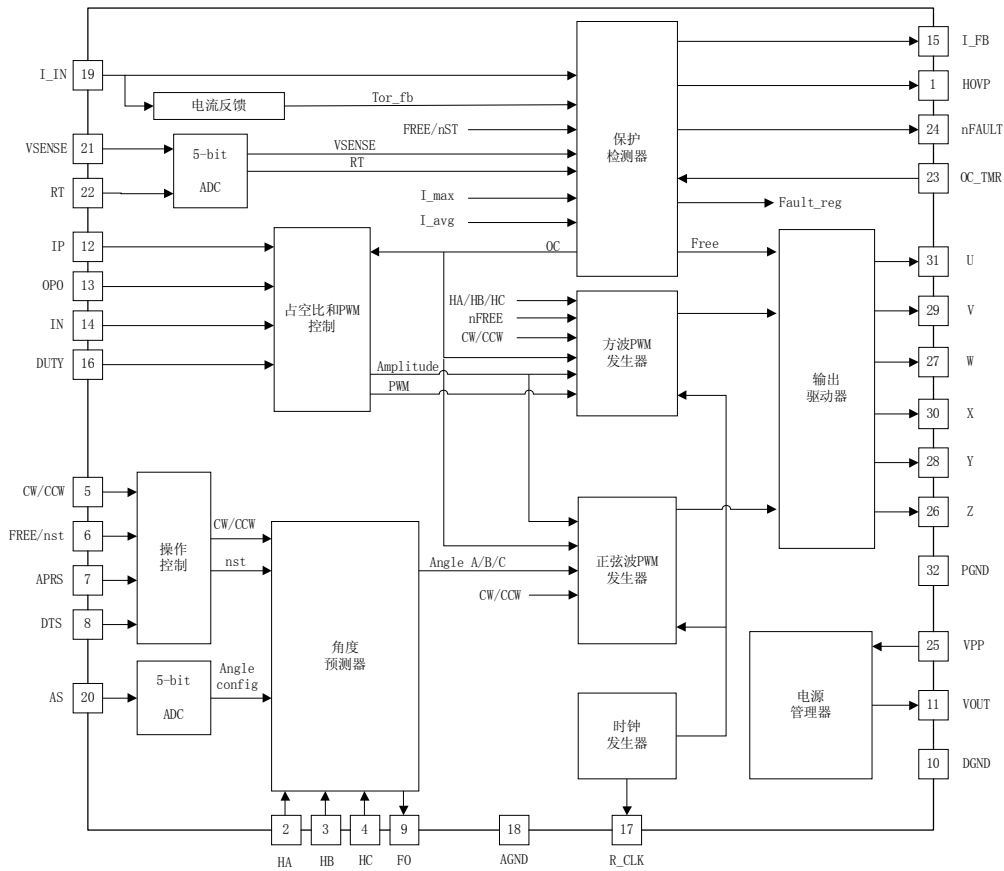
应用

- 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	打印名称
MS4932	LQFP32	MS4932

内部框图



极限参数

参 数	符 号	参 数 范 围	单 位
供电电压	V_{PP}	0-26	V
工作温度	T_A	-40~110	°C
存储温度	T_{stg}	-60~150	°C

推荐工作条件

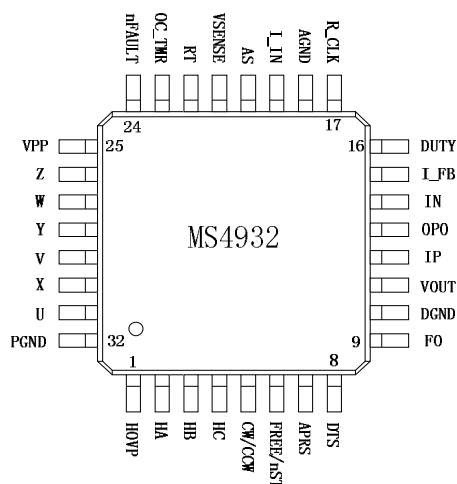
参 数	符 号	最小值	典型值	最大值	单 位
供电电压	V_{PP}	10	12	17	V
工作温度	T_A	-40		125	°C
系统时钟	F_{SYS}	0.96	1.28	1.92	MHz
时钟发生器外部电阻	R_{CLK}		12		K Ω
I_IN 偏压电阻	R_{I_IN}		10		K Ω

电气参数

参 数	符 号	测 试 条 件	最小值	典型值	最大值	单 位
V_{PP} 部分						
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}	V _{PP} =12V, F _{SYS} =1.28MHz	4	5.5	6.5	mA
稳压器部分						
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}	V _{VOUT} =5.2V			10	mA
稳压器外部电容	C _{VOUT}		0.1			uF
数字 I/O 部分						
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	KΩ
高压 I/O 部分						
PWM 信号输出高电平	V _{OH_PWM}	V _{PP} =12V, I _O =4mA	10			V
PWM 信号输出低电平	V _{OL_PWM}	V _{PP} =12V, I _O =4mA			1	V
HOVP 输出高电平	V _{OH_HOVP}	V _{PP} =12V, I _O =4mA	10			V
HOVP 输出低电平	V _{OL_HOVP}	V _{PP} =12V, I _O =4mA			1	V
PWM 控制部分						
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} =12KΩ		1		uS
PWM 死区时间 3us	T _{DEAD0}	DTS=LOW		2.9		uS
PWM 死区时间 4us	T _{DEAD1}	DTS=HIGH		4.2		uS
PWM 频率 20KHz	F _{PWM_20K}	R _{CLK} =12KΩ		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
正弦波 PWM 发生器						
DUTY 引脚正弦波使能阈值	V _{SIN_ENA}			0.75		V

电气参数 (续)

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
过流保护部分						
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	uA
OC_TMR 放电电流	I_{TMR_DIS}	OC_TMR=5V	5	10	15	uA
I_IN 的偏压电流	$I_{BIAS_I_IN}$	RI_IN=10k Ω	40	50	60	uA
I_FB 输出电流	$I_{O_I_FB}$			0.5		mA
I_FB 输出增益	G_{I_FB}			8		
过压欠压保护部分						
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
V_{OUT} UVP 阈值电压	V_{UV_VOUT}			4		V
V_{OUT} UVP 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
过温保护部分						
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
引脚开路保护等级						
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

管脚排列图

管脚描述

管脚号	管脚名称	I/O	管脚描述
1	HOVP	0	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 3us，高电平 4us
9	FO	0	转数脉冲输出。每转脉冲=电机级数÷2×3
10	DGND	-	数字接地
11	VOUT	0	稳压器输出，应在此引脚与地之间接个 0.1uF(最小)的电容
12	IP	I	扭力误差放大器正极输入
13	OPO	0	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	0	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	AGND	-	模拟接地
19	I_IN	I	电流反馈输入
20	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° 到 60°，与感应磁场电压相关
21	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
22	RT	I	热敏电阻输入，连接到负温系数电阻用于过温保护
23	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
24	N_FAULT	0	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	0	W 相 PWM 输出，低侧
27	W	0	W 相 PWM 输出，高侧
28	Y	0	V 相 PWM 输出，低侧
29	V	0	V 相 PWM 输出，高侧
30	X	0	U 相 PWM 输出，低侧
31	U	0	U 相 PWM 输出，高侧
32	PGND	-	高压地

功能描述

电源管理和调整

MS4932 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 阈值电压，MS4932 将会停止工作，内部寄存器会进入休眠状态。

时钟发生器

MS4932 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

MS4932 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

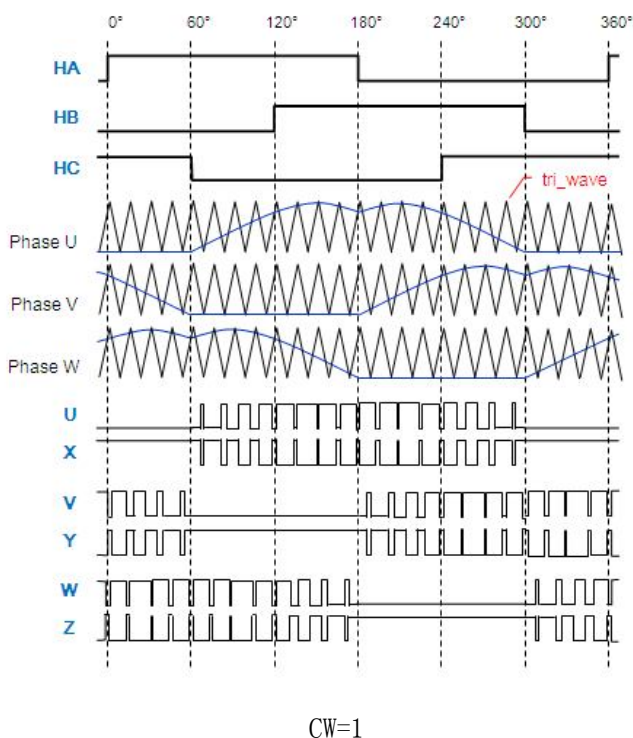
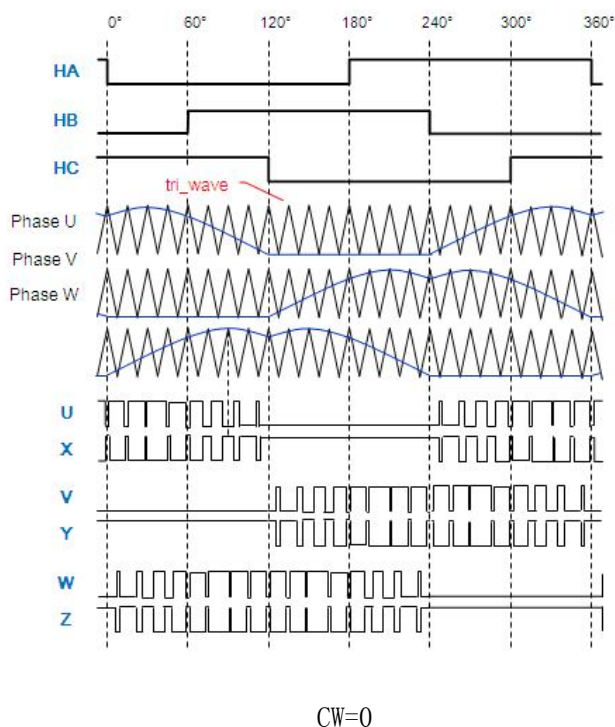
为了防止霍尔信号失灵，MS4932 提供了 3-6us 的抖动时间。当霍尔信号变化缓慢，抖动和逻辑错误可能产生。通过建立一个霍尔信号校准电路，MS4932 可以最小化抖动和相关错误。

PWM 占空比循环和操作

PWM 占空比与在 OP0 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，MS4932 开始启动 PWM。

正弦波形发生器

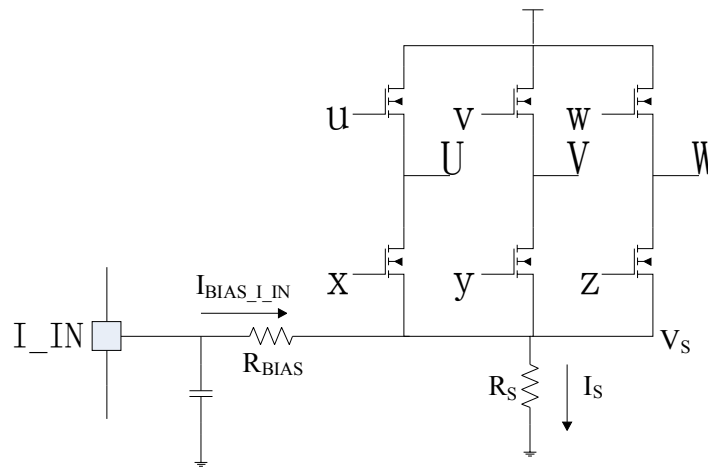
MS4932 包含了一个正弦波 PWM 空间向量调整 (SVM)。角度检测电路通过电机霍尔信号推算电机转子位置。将 60° 分为 32 份，通过 PWM 工作后，马达的每一相的电流为正弦波。各相位之间的角度为 120°。



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

($R_{bias}=10K\Omega$)，最大 I_{FB} 信号波动在 0.5V-4.5V 之间。



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

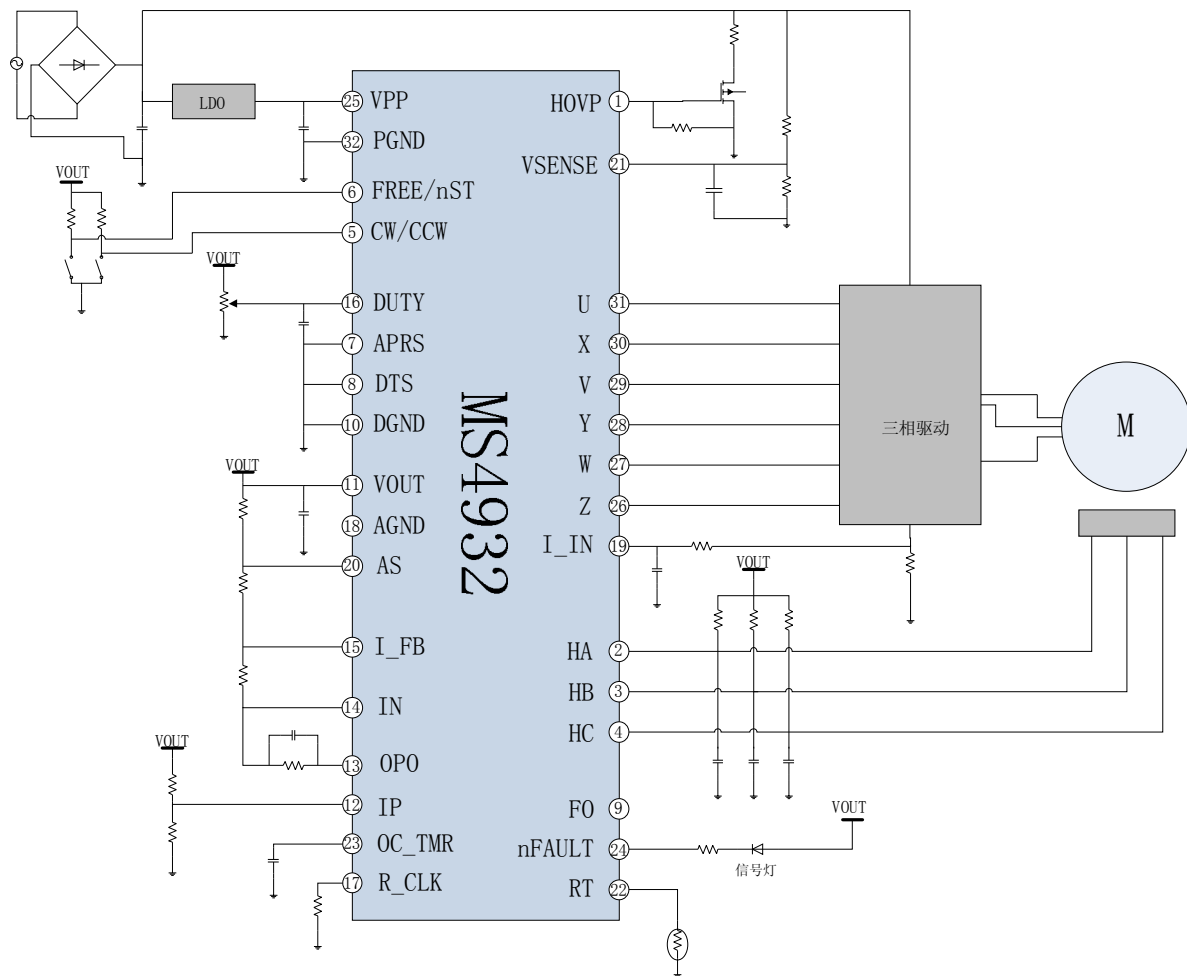
MS4932 提供了三种不同等级的过流保护。第一种是 1.4V 通常用于有过流定时器延时过载电流保护。如果 I_{IN} 高于 1.4V，过流定时器延时会被触发。过流保护的门槛激活，使定时器超过截止时间限制。第二种是 1.5V 用于对回路电流的限制。在 $I_{IN}>1.5V$ 是 PWM 信号会被立即关断。第三种是 2.5V，这个等级设计来对短路电流保护。如果 $I_{IN}>2.5V$ 超过了 3 个 PWM 脉冲，所有的 PWM 输出端（六路）会被全部关断。

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

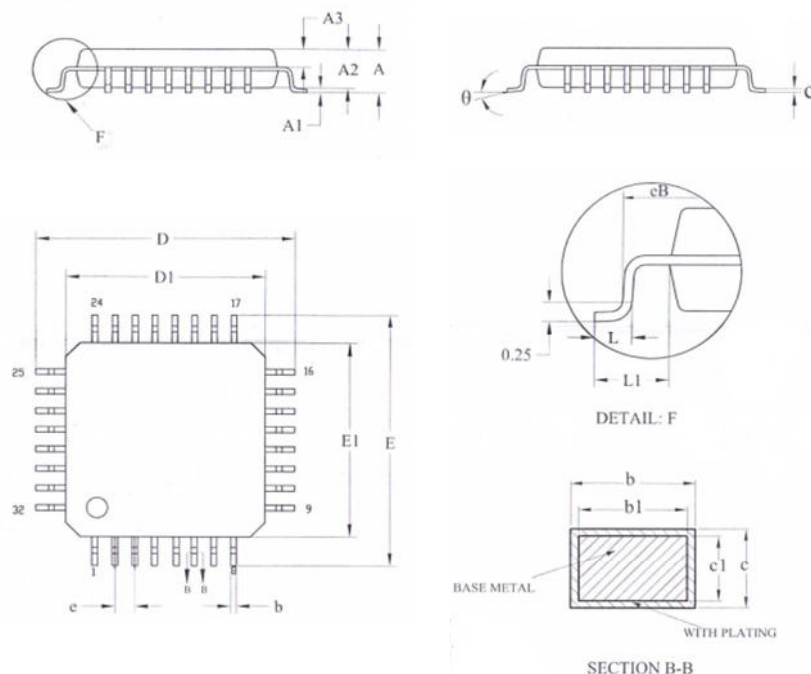
MS4932 典型的应用



封装外形图

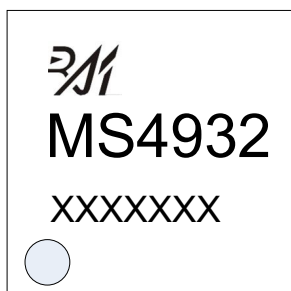
LQFP32

单位: mm



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°

印章和包装规范



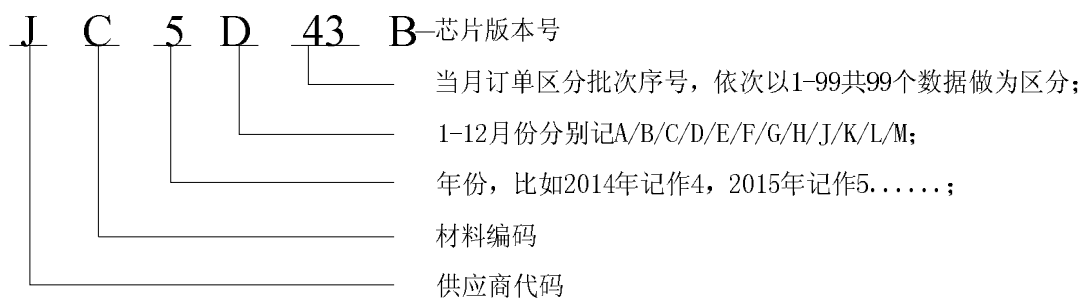
LQFP32

一，印章内容介绍

产品型号:MS4932

生产批号: XXXXXXXX

范例: JC5D43B



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	只/盘	盘/盒	盒/箱	只/箱
MS4932	250	10	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影响而引起的损坏：

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