

## 16 微细分步进电机驱动器

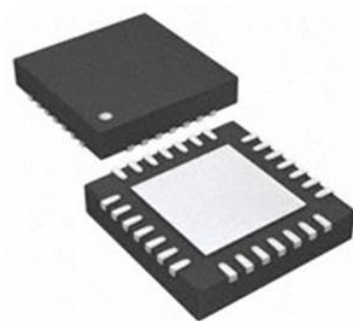
### 产品简述

MS4988B 是一款双极微步进电机驱动芯片，内置有 4bit DAC，可以实现全步进，1/2，1/4，1/8，1/16，五种步进模式；芯片具有最大 35V， $\pm 1.5A$  的驱动能力。

MS4988B 为脉冲控制步进模式，每在 STEP 脚加一个脉冲，电机前进一个微步；不需要相位序列表，也不需要高频控制线以及复杂的程序控制界面。

另外 MS4988B 还具有固定电流衰减周期的整流器，能自动选择电流的衰减模式：慢衰减和混合衰减。混合衰减模式在前段衰减时间内为快衰减，剩余时间为慢衰减，此种衰减模式有助于减小电机噪声，增加步进精度以及降低功耗。

内部的同步整流电路能降低功耗，内置有过温保护，过流保护，低压保护以及短路保护电路，且芯片不需要特殊的上电过程。



QFN28

### 主要特点

- 低输出导通电阻
- 自动电流衰减模式的选择和检测
- 同步整流
- 混合衰减和慢衰减两种模式
- 可兼容 5V 和 3.3V 逻辑输入
- 全步进，1/2，1/4，1/8，1/16 细分模式
- 过温保护、欠电压保护
- 低电流睡眠模式 ( $<50\mu A$ )

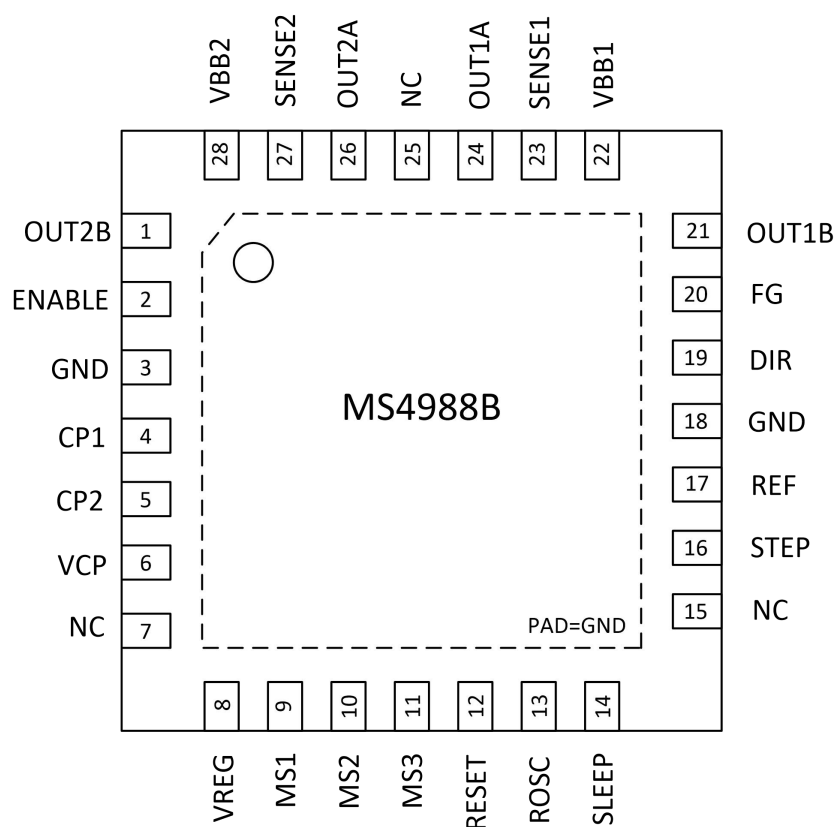
### 应用

- 安防视频监控
- 3D 打印
- 机器人技术
- 工业应用

### 产品规格分类

| 产品      | 封装形式  | 丝印名称    |
|---------|-------|---------|
| MS4988B | QFN28 | MS4988B |

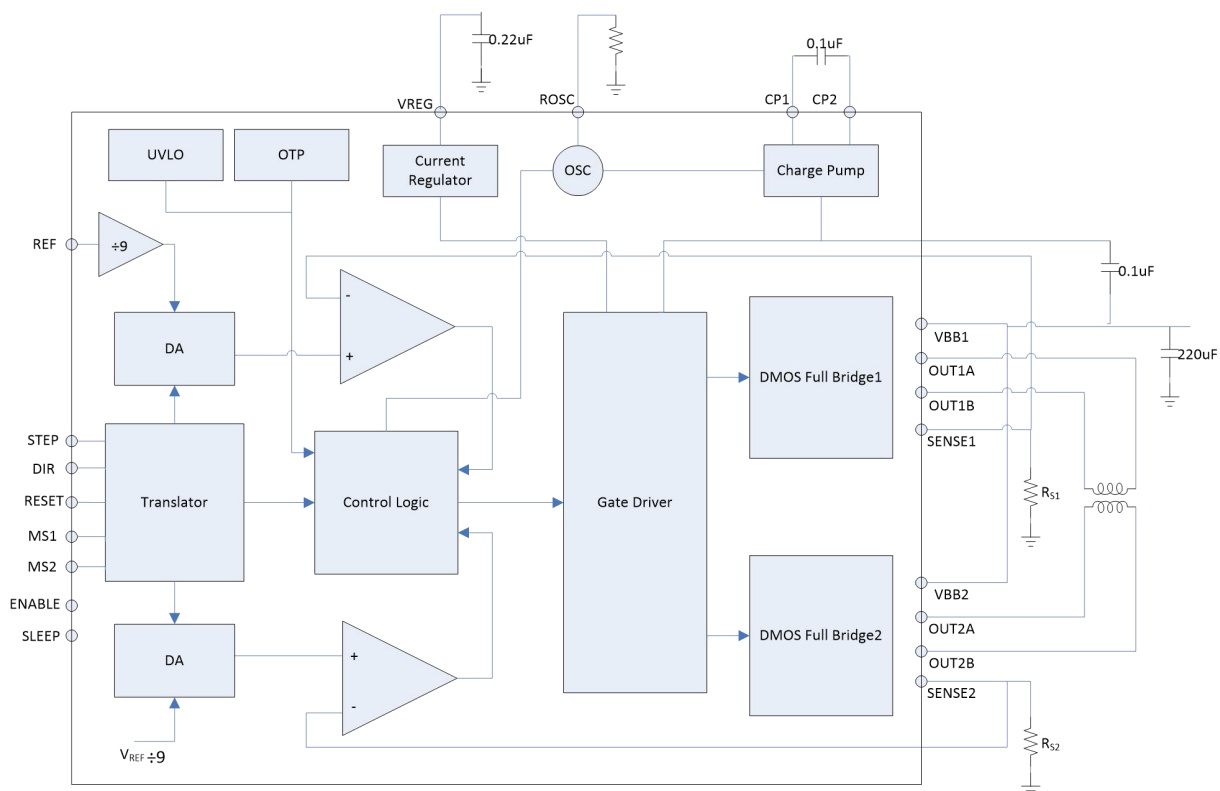
管脚图



## 管脚说明

| 管脚编号 | 管脚名称   | 管脚属性 | 管脚描述      |
|------|--------|------|-----------|
| 1    | OUT2B  | O    | 输出通道二 B 端 |
| 2    | ENABLE | I    | 输出使能      |
| 3,18 | GND    | I/O  | 地         |
| 4    | CP1    | I/O  | 电荷泵电容连接端  |
| 5    | CP2    | I/O  | 电荷泵电容连接端  |
| 6    | VCP    | O    | 电荷泵输出     |
| 7,25 | NC     |      | 悬空        |
| 8    | VREG   | O    | 低压电源输出    |
| 9    | MS1    | I    | 步进模式控制    |
| 10   | MS2    | I    | 步进模式控制    |
| 11   | MS3    | I    | 步进模式控制    |
| 12   | RESET  | I    | 重置        |
| 13   | ROSC   | I/O  | 电流衰减控制    |
| 14   | SLEEP  | I    | 休眠模式      |
| 15   | NC     |      | 悬空        |
| 16   | STEP   | I    | 步进时钟      |
| 17   | REF    | I    | DA 电源     |
| 19   | DIR    | I    | 正/反转模式    |
| 20   | FG     | O    | 异常检测输出    |
| 21   | OUT1B  | O    | 输出通道一 B 端 |
| 22   | VBB1   | I/O  | 高压负载电源 1  |
| 23   | SENSE1 | I/O  | 输出电流检测 1  |
| 24   | OUT1A  | O    | 输出通道一 A 端 |
| 26   | OUT2A  | O    | 输出通道二 A 端 |
| 27   | SENSE2 | I/O  | 输出电流检测 2  |
| 28   | VBB2   | I/O  | 高压负载电源 2  |
| -    | PAD    | -    | 散热片       |

## 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   | $V_{BB}$     | 35         | V  |
| 输出电流     | $I_{OUT}$    | $\pm 1.5$  | A  |
| 逻辑输入电压   | $V_{IN}$     | -0.3 ~ 5.5 | V  |
| 电机输出电压   |              | -2 ~ 37    | V  |
| SENSE 电压 | $V_{SENSE}$  | -0.5 ~ 0.5 | V  |
| 基准电压     | $V_{REF}$    | 5.5        | V  |
| 工作温度     | $T_A$        | -20 ~ 85   | °C |
| 最大结温     | $T_{J(MAX)}$ | 150        | °C |
| 存储温度     | $T_{str}$    | -55 ~ 150  | °C |

## 电气参数

| 参数              | 符号              | 测试条件              | 最小值                  | 典型值 | 最大值                  | 单位 |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----|----------------------|----|
| 负载电源电压范围        | $V_{BB}$        | 工作模式              | 5.5                  |     | 35                   | V  |
|                 |                 | 睡眠模式              |                      |     |                      |    |
| 上臂桥导通电阻         | $R_{ON(H1)}$    | $I_O = -1.5A$     |                      | 400 |                      | mΩ |
| 下臂桥导通电阻         | $R_{ON(L1)}$    | $I_O = -1.5A$     |                      | 330 |                      | mΩ |
| 上臂桥二极管正向导通电压    | $V_{D(H1)}$     | $I_D = 1.5A$      |                      |     | 1.2                  | V  |
| 下臂桥二极管正向导通电压    | $V_{D(L1)}$     | $I_D = 1.5A$      |                      |     | 1.2                  | V  |
| 负载电源电流          | $I_{BB}$        | $F_{PWM} < 50KHZ$ |                      | 5   |                      | mA |
|                 |                 | 正常工作, 输出管关闭       |                      | 1.8 |                      | mA |
|                 |                 | 睡眠模式              |                      | 46  |                      | uA |
| 高电平输入电压         | $V_{in(1)}$     |                   | $0.6 \times V_{REG}$ |     |                      | V  |
| 低电平输入电压         | $V_{in(0)}$     |                   |                      |     | $0.4 \times V_{REG}$ |    |
| 逻辑输入延迟          | $V_{HYS(IN)}$   | a % of VREG       | 5                    | 11  | 19                   | %  |
| 步进模式            | $R_{MS1}$       | MS1 pin           |                      | 400 |                      | kΩ |
|                 | $R_{MS2}$       | MS2 pin           |                      | 400 |                      |    |
|                 | $R_{MS3}$       | MS3 pin           |                      | 400 |                      |    |
| 盲区时间            | $t_{Blank}$     |                   |                      | 1.6 |                      | us |
| 固定衰减周期          | $t_{Off}$       | ROSC=VREG 或 GND   | 20                   | 30  | 40                   | us |
|                 |                 | ROSC=25 KΩ        | 23                   | 30  | 37                   | us |
| REF 输入电压范围      | $V_{REF}$       |                   | 0                    |     | 5                    | V  |
| REF 输入电流        | $I_{REF}$       |                   |                      | <1  |                      | nA |
| 死区时间            | $t_{DT}$        |                   |                      | 500 |                      | ns |
| 过温保护            | $T_{TSD}$       |                   |                      | 167 |                      | °C |
| 过温保护迟滞          | $Y_{TSDHYS}$    |                   |                      | 15  |                      | °C |
| 逻辑电源欠压保护        | $V_{REGuvlo}$   | VREG 上升           |                      | 2.6 |                      | V  |
| 逻辑电源保护迟滞        | $HYSVREG$       |                   |                      | 0.1 |                      | V  |
| 负载电源欠压保护        | $V_{BBuvlo}$    | VBB 上升            |                      | 5.2 |                      | V  |
| 负载电源保护迟滞        | $HYSVBB$        |                   |                      | 0.2 |                      | V  |
| 内置 LDO 输出: VREG |                 |                   |                      |     |                      |    |
| VREG 输出电压       | $V_{vreg}$      |                   | 4.8                  | 5.1 | 5.4                  | V  |
| VREG 输出阻抗       | $R_{vreg}$      |                   |                      | 10  |                      | Ω  |
| VREG 输出负载能力     | $I_{outlimit}$  | VREG 降到 4.5V      |                      | 50  |                      | mA |
| VREG 电源抑制比      | $R_{VREGvsVBB}$ | VBB 输入 5HZ        |                      | 60  |                      | dB |

## 功能描述

### 芯片运作

MS4988B 可以通过 MSx 脚可以选择全步进, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 步进五种细分模式。

由 NDMOS 构成的两个全桥结构中的电流通过固定衰减周期的 PWM 控制电路进行同步整流。每次步进中的输出电流由  $V_{REF}$  电压, 外部电流 SENSE 电阻, 以及 DAC 输出电压共同决定。

在上电和重置时, DA 输出和相位电流极性被置为初始 HOME 态 (HOME 态为 DA 最大输出电压的 0.707 位置), 并且电流整流在各相位为混合衰减模式。当 STEP 命令到来后, DAC 输出和电流极性开始正常运作。步进步长由 MSx 控制, 如表 1。

步进阶段下降时衰减模式为混合衰减, 步进上升时为慢衰减, 这种工作模式称为自动衰减模式。自动衰减模式的选择提高了电机工作性能, 同时也减小了电机反电动势引起的电流波形的扭曲变形。

### 微步控制 (MS1, MS2 和 MS3)

微步阶数由 MS1, MS2 和 MS3 共同控制, 如表 1 所示。MSx 有一个 400kΩ 的下拉电阻。需要检测 STEP 信号的上升沿才能进行步进模式切换。

如果需要改变步进模式, 就需将译码器重置, 否则必须在两种步进模式共同的步进位置进行切换, 以免丢步。当芯片因过温或过流保护而掉电重置时, 转换器将被置于 HOME 态纠正所有步进模式电机步进模式真值表(IN="High"表示  $IN^+ > IN^-$ )

表 1 步进模式控制真值表

| MS3 | MS2 | MS1 | 步进方式 |
|-----|-----|-----|------|
| L   | L   | L   | 全步进  |
| L   | L   | H   | 1/2  |
| L   | H   | L   | 1/4  |
| L   | H   | H   | 1/8  |
| H   | L   | L   | 1/16 |

### 重置端(RESET)

RESET 有效时将译码器置于 HOME 态, 然后关闭所有的输出 FET 管。直到 RESET 被置高时, STEP 信号才重新有效。

### STEP 输入(STEP)

一个 STEP 上升沿能使电机运转一微步。译码器控制 DAC 输出值, 以及电机每条臂的电流方向。步进的步长由 MSx 决定。

### 方向控制(DIR)

DIR 脚可控制电机旋转方向, 在每个 STEP 上升沿到来时开始检测。

## 内部 PWM 电流控制

每个全桥由固定衰减时间的 PWM 电路控制，该电路限制了负载电流的期望值  $I_{TRIP}$ 。最初，斜对角上的上臂管和下臂管导通，电流流向电机臂和 SENSE 电阻  $R_{Sx}$ ，当 SENSE 电阻上的电压等于 DAC 电压时，比较器将 PWM 锁存清零，PWM 锁存器选择关闭合适的驱动管，进入固定周期的衰减模式。

限流的最大值由  $R_{Sx}$  和  $V_{REF}$  电压决定。其跨导公式计算约为：

$$I_{TREP\text{MAX}} = V_{REF} / (9.0 \times R_S)$$

## 固定关断时间(Fixed Off-Time)

内部 PWM 电流控制电路在 DMOSFET 关断期间使用单步电路进行控制。

关断时间  $t_{off}$  由 ROSC 端决定。ROSC 接 VREG：电流衰减期设定为 30us，所有步进模式下都为混合衰减（上升慢衰减，下降混合衰减）；

ROSC 接 GND：电流衰减期为 30us，所有步进模式下电流上升与下降时均为混合衰减；

ROSC 接电阻到 GND：所有步进模式下都为混合衰减（上升慢衰减，下降混合衰减）。

电流衰减期由以下函数决定： $T_{off} = R_{osc} / 825$ 。

## 盲区时间

由寄生二极管产生的反向电流可能会导致的错误的过流检测，为避免此种现象电路设置了一个 1us 左右的空白时间，在此期间的过流检测信号失效。

## 负载短路保护和接地保护

当电机负载短接在一起或者直接接地时，芯片将通过检测过流保护自己，并关断短路的驱动管，阻止对内部器件的损坏。当短路保护有效后需要 SLEEP 变 1，或者 VBB 置 0 才会使电路恢复工作。

当两输出短接，电流流过 SENSE 电阻。1us 过后 SENSE 电阻上的电压满足故障条件，这使得驱动管进入固定衰减期。在固定衰减周期结束后，驱动管重新打开，过程重复。在这个条件下驱动管完全免受过流影响，但是短路会持续一段时间等同于驱动管的固定衰减期。

## 电荷泵（CP1 和 CP2）

电荷泵用于产生大于高压电源 VBB 的电压，以驱动上臂桥。电压是通过 CP1 和 CP2 之间的电容 CP 被逐步抬升，然后在 VG 和 VCC 之间的电容 CG 上逐渐累积。

CP 和 CG 的大小必须满足以下关系：

CP 上充放电频率为 60KHZ，当 CP 电容很大时 VG 将会被抬升。可是当电容太大，充放电将变的没有效率。电容做得太大，VG 充电时间就会很长。CP 和 CG 电容设定如下：CP=0.22uF, CG=0.22uF。

## 输出控制电源 VREG

是内部产生电源，用来驱动输出下臂管，电压一般设置在 5.1V，并且在 VREG 脚上需接入 0.22 uF 的陶瓷电容。内部具有检测 VREG 电压的结构，若出现异常（低压），所有输出管将关断。

## 使能输入(ENABLE)

ENABLE 能打开或关断所有的驱动管，当为逻辑 1 时，所有驱动管瘫痪；当为逻辑 0 时电路正常工作。译码器的输入脚 STEP，DIR，MS1，MS2，MS3 等信号不受 ENABLE 管脚约束。

## 关断

当过温或者低压保护起作用时，所有的输出管都关断直到故障排除。在上电时，低压保护同样会使输出管瘫痪，并且将译码器置为 HOME 态。

## 睡眠模式(SLEEP)

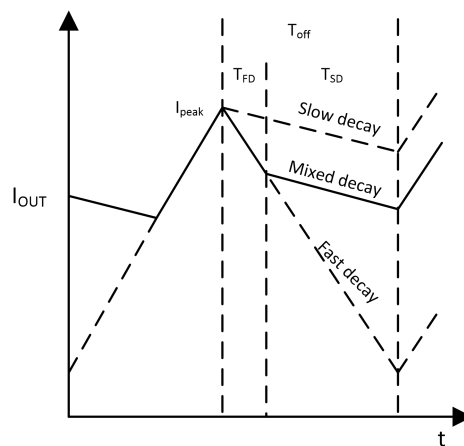
为了减少待机状态芯片功耗，SLEEP 关闭芯片内部大多数功能,包括功率管,电流整流器以及电荷泵。SLEEP 低电平有效,高电平时正常运转。当电机从睡眠模式恢复时，为了使电荷泵达到稳定，通常会有 1ms 左右的延时。

## 混合衰减模式

在混合衰减模式，当电流值达到翻转点，芯片会先进入快衰减模式，约占整个衰减期的 31.25%，之后，转为慢衰减。

一般情况下，混合衰减只需要应用在电流下降的状态。对于大多数负载来说，采用自动选择的混合衰减模式（电流上升慢衰减，下降快衰减）可以减小电流上升带来的纹波，同时可以防止电流下降引起的失步。对于一些需要低速微步的应用，电机中反电动势很小，使得电流在负载中迅速增大而引起失步，可以将 ROSC 接地，在电流上升和下降时实现 100%混合衰减，防止失步。

如果没有这个问题，建议采用自动选择的混合衰减模式因为这样可以减小纹波。



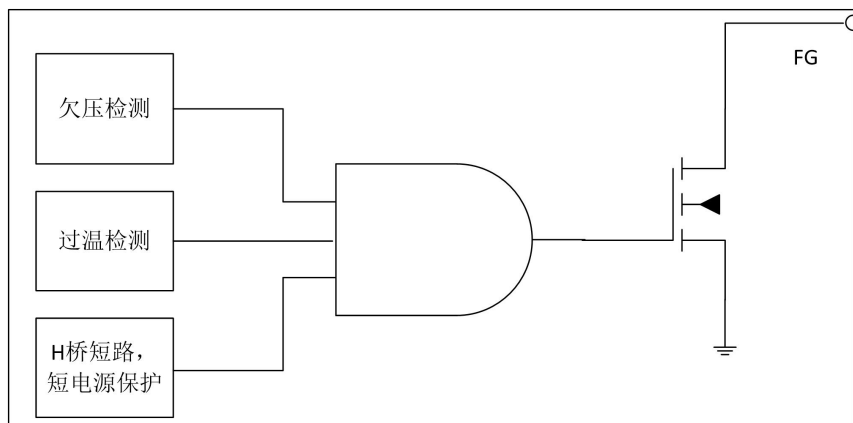
$I_{peak}$  芯片最大输出电流， $T_{off}$  固定衰减期， $T_{SD}$  慢衰减时间， $T_{FD}$  快衰减时间。

## 同步整流

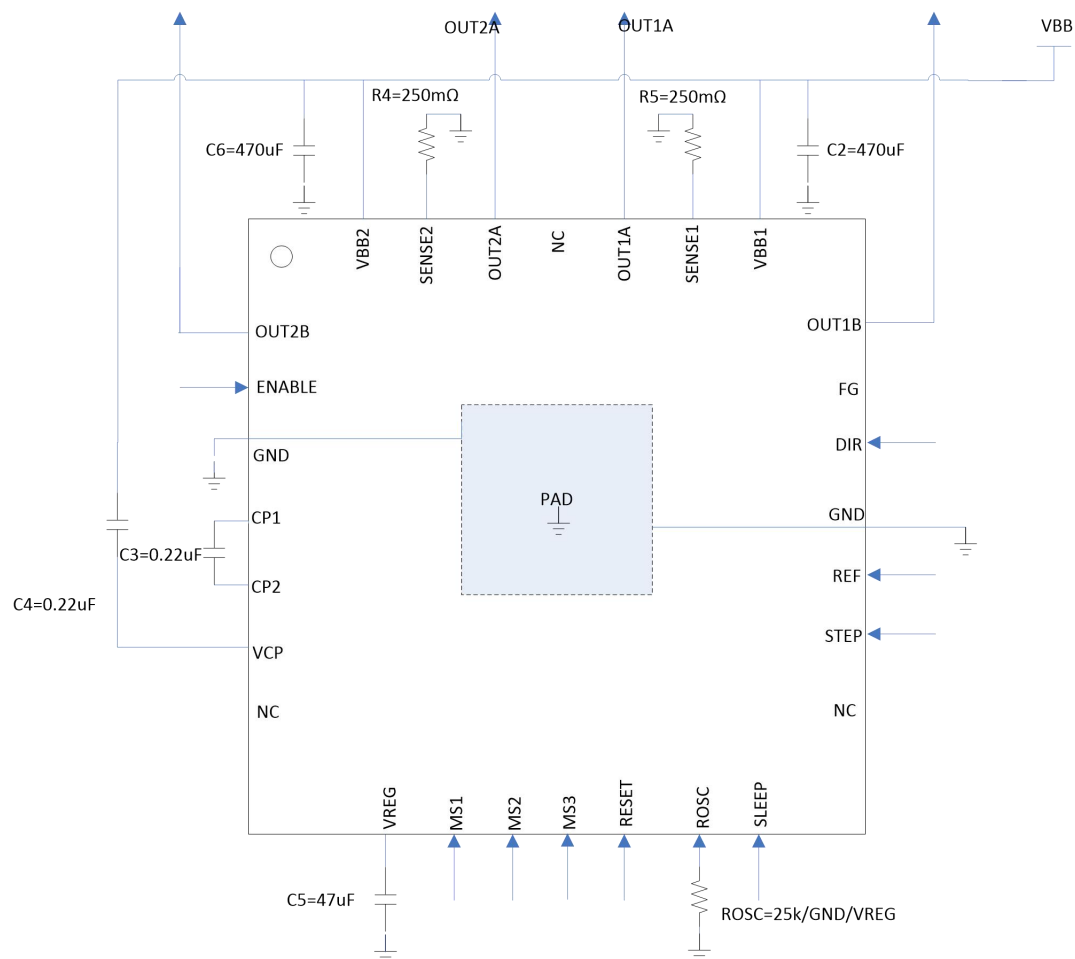
当芯片进入衰减期时，负载电流会根据已选择的衰减模式继续流动。同步整流的特点就是在电流衰减时打开合适的 FET。通过 FET 低的导通阻抗短路掉续流二极管，可以有效的减小功耗，并省掉在其他很多应用中肖特基二极管的使用。在负载电流将近为 0 时同步整流关闭，阻止反向的负载电流。

## FG 输出

当芯片检测模块检测到异常情况时，FG 输出低电平。FG 开漏输出，下拉电流最大 15mA。



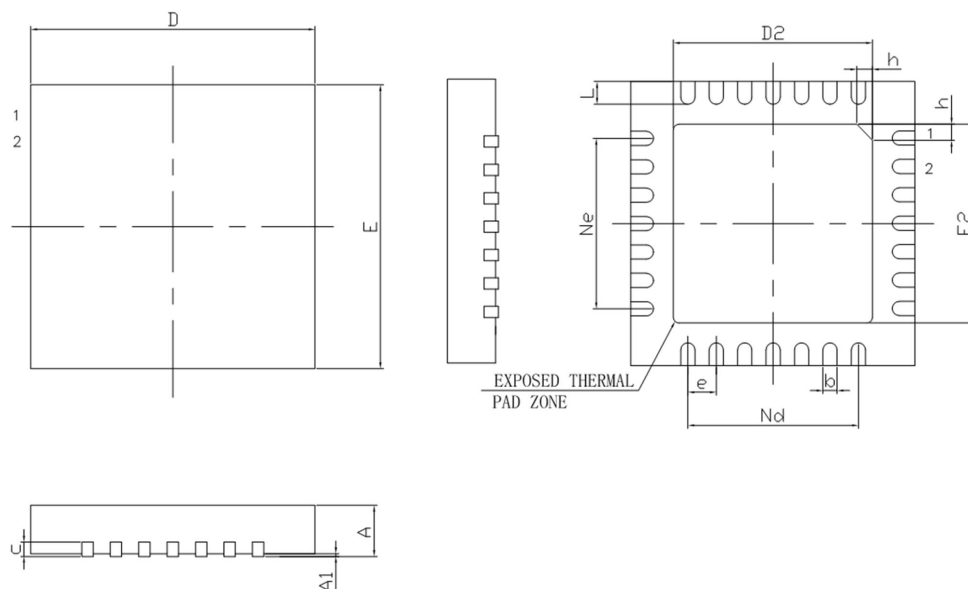
## 典型应用图



## 封装外形图

### QFN28

QFNWB5×5-28L(P0.50T0.75/0.85)



| 符号            | 尺寸 (毫米)  |       |       |
|---------------|----------|-------|-------|
|               | 最小       | 典型    | 最大    |
| A             | 0.700    | 0.750 | 0.800 |
| A1            | -        | 0.02  | 0.050 |
| b             | 0.180    | 0.250 | 0.300 |
| c             | 0.180    | 0.200 | 0.250 |
| e             | 0.500TYP |       |       |
| D             | 4.900    | 5.00  | 5.100 |
| D2            | 3.400    | 3.500 | 3.600 |
| Ne            | 3.00BSC  |       |       |
| Nd            | 3.00BSC  |       |       |
| E             | 4.900    | 5.000 | 5.100 |
| E2            | 3.400    | 3.500 | 3.600 |
| L             | 0.350    | 0.400 | 0.450 |
| h             | 0.300    | 0.350 | 0.400 |
| L/F 载体尺寸(MIL) | 150×150  |       |       |

## 印章与包装规范

### 1. 印章内容介绍



产品型号：MS4988B

生产批号：XXXXXX

### 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   |
|---------|-------|------|-----|-------|-----|-------|
| MS4988B | QFN28 | 1000 | 10  | 10000 | 4   | 40000 |

## 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)