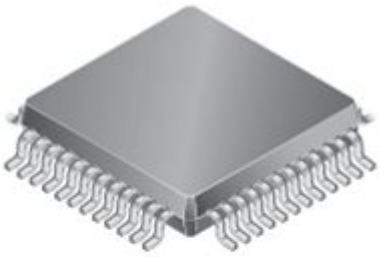
# 高压 36V 四通道 DMOS 全桥驱动

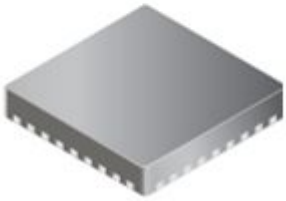
## 描述

MS3989/MS3989N 是一款四通道 DMOS 全桥驱动器，可以驱动两个步进电机或者四个直流电机。每个全桥的驱动电流在 36V 电源下可以工作到 1.2A。MS3989/MS3989N 集成了固定关断时间的 PWM 电流校正器，以及一个 2bit 的非线性 DACs（数模转换器），可以工作在全步进，半步进，四分之一步进，正转，反转以及待机模式。PWM 电流校正器使用混合衰减模式，可以减小音频电机噪声，提高步进精度以及降低功耗。芯片还内置内部同步整流控制电路以降低 PWM 工作时的功耗。

芯片集成的保护电路有热关断迟滞，低压关断保护（UVLO）以及翻转电流保护，因此可以不需要特定的电源启动次序



TQFP48



QFN36

## 主要特点

- 36V 输出
- 四通道全桥
- 双步进电机驱动
- 大电流输出
- ３．３Ｖ和５Ｖ逻辑
- 同步整流
- 内置ＵＶＬＯ
- 过热保护
- 翻转保护

## 应用

- 安防监控
- 舞台灯
- 玩具
- 机器人技术
- 医疗设备

## 产品规格分类

| 产 品 | 封 装 形 式 | 打印名称 |
|---|---|---|
| MS3989 | TQFP48 | MS3989 |
| MS3989N | QFN36 | MS3989N |

## 内部框图

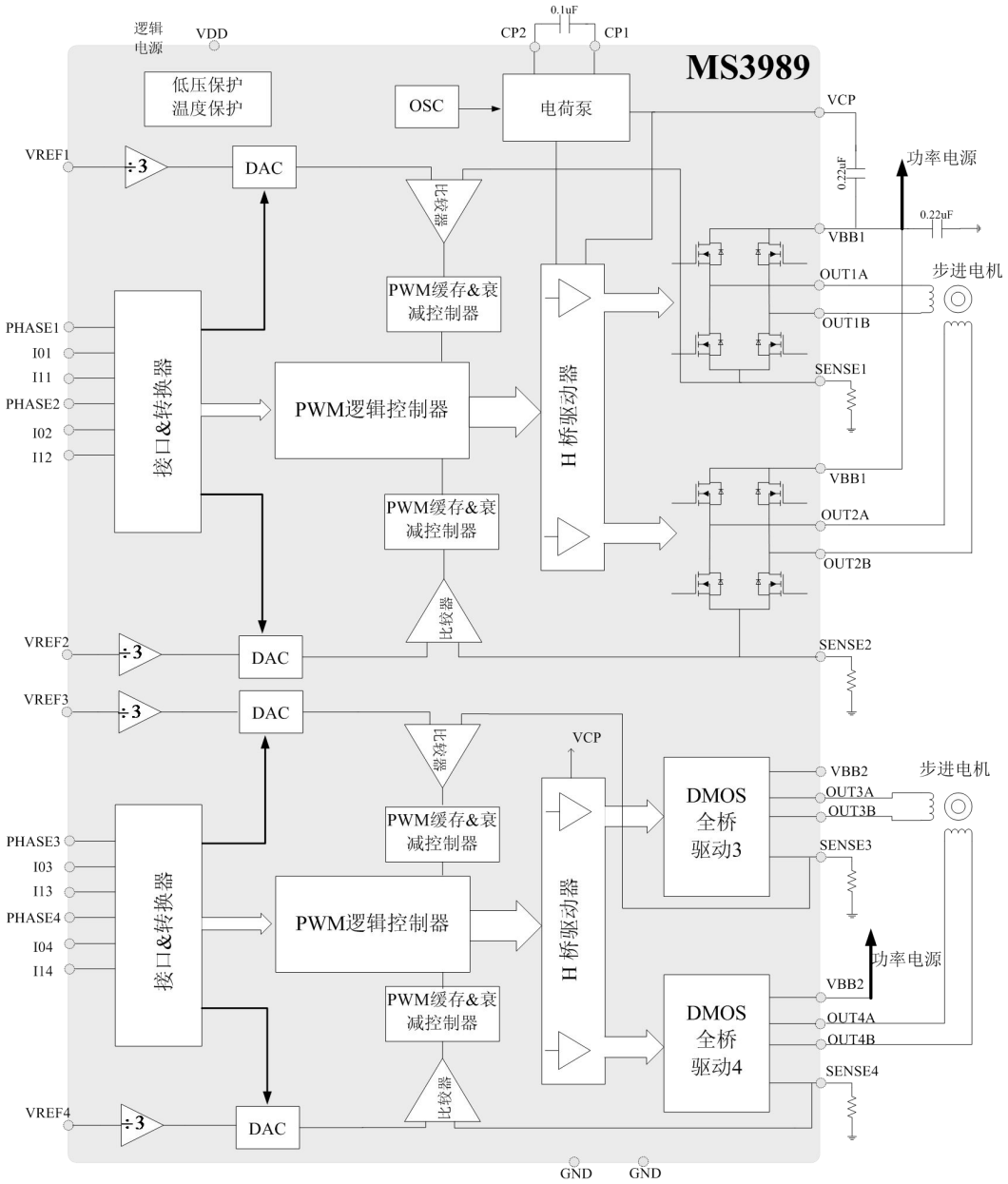



图 1 MS3989/3989N 内部框图

## 极限参数(无其他说明，T=25℃)

| 参数 | 名称 | 条件 | 范围 | 单位 |
|---|---|---|---|---|
| 负载电压 | VBB | | -0.5~36 | V |
| | | 调制脉宽 < 1us | 38 | V |
| 逻辑电压 | VDD | | -0.4~7 | V |
| 输出电流 | IOUT | 极限值与周期，温度，热累计等有关，在任何应用环境下，注意电流不要超过标示值，温度不要超过 150℃ | 1.2 | A |
| | | 调制脉宽 < 1us | 2.8 | A |
| 逻辑输入电压范围 | Vin | | -0.3~7 | V |
| Sensex 脚电压 | Vsensex | | 0.5 | V |
| | | 调制脉宽 < 1us | 2.5 | V |
| VREFx 脚电压范围 | VREFX | | 2.5 | V |
| 工作温度 | TA | | -40~100 | ℃ |
| 结温 | TJmax | | 150 | ℃ |
| 储存温度 | Tstg | | -40~125 | ℃ |

## 电气参数(无其他说明，T=25℃，VCC=5V)

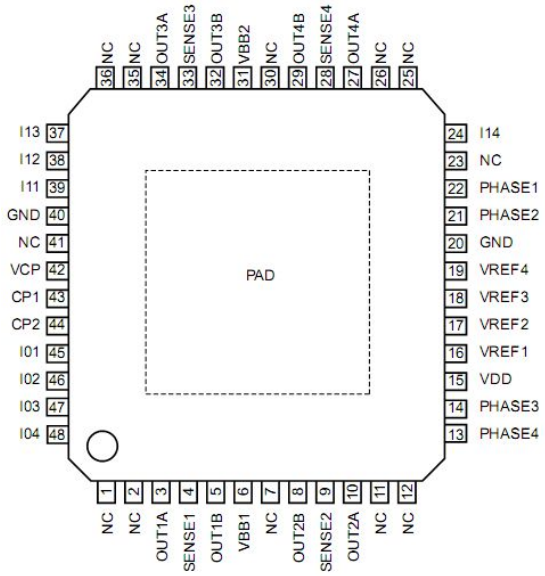
**推荐工作环境：**(如无其他说明测试条件 Ta=25℃，$V_{BB}$=36V )

| 参数 | 名称 | 测试条件 | 最小 | 标称 | 最大 | 单位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 驱动电源 | VBB | | 8.0 | - | 36 | V |
| 逻辑电源 | VDD | | 3.0 | - | 5.5 | V |
| VDD 电流 | IDD | | - | 7 | 10 | mA |
| 输出电阻 | RDS（on） | 源驱动，Iout=1.2A，Tj=25 | - | 700 | 800 | mΩ |
| | | 漏驱动，Iout=1.2A，Tj=25 | - | 700 | 800 | mΩ |
| Vf，输出 | | Iout=1.2A | - | - | 1.2 | V |
| 输出泄露 | IDSS | 输出，Vout=0 to VBB | -20 | - | 20 | uA |
| VBB 电流 | IBB | Iout=0mA，输出开启，PWM=50kHz，DC=50% | - | - | 8 | mA |
| 逻辑输入电平 | Vin（1） | | 0.7$_{VDD}$ | - | - | V |
| | Vin（2） | | - | - | 0.3$_{VDD}$ | V |
| 逻辑输入电流 | Iin | | -20 | <1.0 | 20 | uA |
| 迟滞 | Vhys | | 150 | 300 | 500 | mV |
| 传播延迟时间 | Tpd | PWM 转换 源驱动打开 | 350 | 550 | 1000 | ns |
| | | PWM 转换 源驱动关闭 | 35 | - | 300 | ns |
| | | PWM 转换 漏驱动打开 | 350 | 550 | 1000 | ns |
| | | PWM 转换 漏驱动关闭 | 35 | - | 250 | ns |
| 翻转延迟 | Tcod | | 300 | 425 | 1000 | ns |
| 空白时间 | Tblank | | 0.7 | 1 | 1.3 | us |
| Vrefx 脚输入电压 | Vrefx | 工作状态下 | 0 | - | 1.5 | V |
| Vrefx 脚输入电流 | Iref | Vref=1.5 | - | - | ± 1 | uA |
| 电流误差（注释 1） | Verr | Vref=1.5，相位电流 100% | -5 | - | 5 | % |
| | | Vref=1.5，相位电流 67% | -5 | - | 5 | % |
| | | Vref=1.5，相位电流 33% | -15 | - | 15 | % |
| VBB UVLO | $V_{UV(VBB)}$ | VBB 上升 | 7.3 | 7.6 | 7.9 | V |
| VBB 迟滞 | $V_{UV(VBB)hys}$ | | 400 | 500 | 600 | mV |

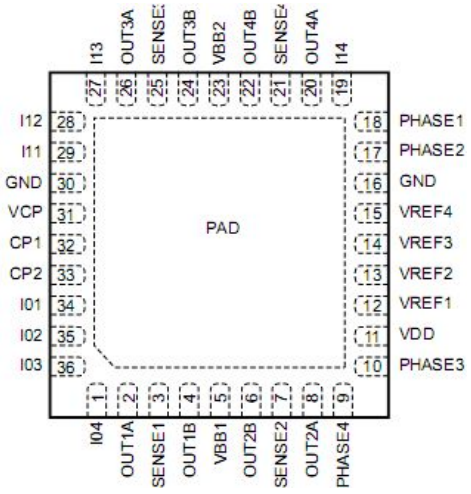
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VDD UVLO | $V_{Uv\ (VDD)}$ | VDD 上升 | 2.65 | 2.8 | 2.95 | V |
| VDD 迟滞 | $V_{Uv\ (VDD)}$ hys | | 75 | 105 | 125 | mV |
| 过温保护 | Tjtsd | | 155 | 165 | 175 | ℃ |
| 过温保护迟滞 | Tjtsd-hys | | - | 15 | - | ℃ |

注释 1：电流误差 Verr =（Vref/3 - Vsense）/（Vref/3）

## 管脚排列图




TQFP48




QFN36

## 管脚描述

| 管脚号 | | 管脚名称 | 管脚描述 |
|---|---|---|---|
| MS3989N | MS3989 | | |
| 2 | 3 | OUT1A | DMOS H 桥通道一输出 A 脚 |
| 3 | 4 | SENSE1 | 通道一 Sense 电阻脚 |
| 4 | 5 | OUT1B | DMOS H 桥通道一输出 B 脚 |
| 5 | 6 | VBB1 | 负载电源 |
| 6 | 8 | OUT2B | DMOS H 桥通道二输出 B 脚 |
| 7 | 9 | SENSE2 | 通道二 Sense 电阻脚 |
| 8 | 10 | OUT2A | DMOS H 桥通道二输出 A 脚 |
| 9 | 13 | PHASE4 | 控制输入脚 |
| 10 | 14 | PHASE3 | 控制输入脚 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 11 | 15 | VDD | 逻辑电源 |
| 12 | 16 | VREF1 | 模拟输入脚 |
| 13 | 17 | VREF2 | 模拟输入脚 |
| 14 | 18 | VREF3 | 模拟输入脚 |
| 15 | 19 | VREF4 | 模拟输入脚 |
| 16 | 20 | GND | 地 |
| 17 | 21 | PHASE2 | 控制输入脚 |
| 18 | 22 | PHASE1 | 控制输入脚 |
| 19 | 24 | I14 | 控制输入脚 |
| 20 | 27 | OUT4A | DMOS H 桥通道四输出 A 脚 |
| 21 | 28 | SENSE4 | 通道四 Sense 电阻脚 |
| 22 | 29 | OUT4B | DMOS H 桥通道四输出 B 脚 |
| 23 | 21 | VBB2 | 负载电源 |
| 24 | 32 | OUT3B | DMOS H 桥通道三输出 B 脚 |
| 25 | 33 | SENSE3 | 通道三 Sense 电阻脚 |
| 26 | 34 | OUT3A | DMOS H 桥通道三输出 A 脚 |
| 27 | 37 | I13 | 控制输入脚 |
| 28 | 38 | I12 | 控制输入脚 |
| 29 | 39 | I11 | 控制输入脚 |
| 30 | 40 | GND | 地 |
| 31 | 42 | VCP | 储存电荷电容脚 |
| 32 | 43 | CP1 | 电荷泵电容脚 |
| 33 | 44 | CP2 | 电荷泵电容脚 |
| 34 | 45 | I01 | 控制输入脚 |
| 35 | 46 | I02 | 控制输入脚 |
| 36 | 47 | I03 | 控制输入脚 |
| 1 | 48 | I04 | 控制输入脚 |
| - | 1, 2, 7, 11, 12 , 23, 25, 26, 30, 35 , 36, 41 | NC | 无连接 |
| - | - | PAD | 裸露的散热片脚，须直接焊接到 PCB 版 |

## 功能描述

### 器件特性

MS3989/MS3989N 可以驱动两个步进电机或四个直流电机，也可以驱动一个步进电机加两个直流电机。输出 H 全桥为四个 N 型 DMOS 驱动管，受控于脉动宽度调制电路（PWM）。每个 H 全桥的输出峰值电流由 Rsensex 和 Vrefx 共同决定。

如果输入被拉高到 $V_{DD}$ 电平，推荐接一个高值的限流上拉电阻，以防止过压。输入脚包括 PHASEX，I0x，I1x。

### 内部 PWM 电流控制原理

每个 H 全桥带有固定衰减时间的 PWM 电流控制电路，使得负载电流不超过设定值 $I_{TRIP}$。初始时，H 桥对角的一对源漏 DMOS 驱动管打开，电流流入电机和电路检测 Rsense 电阻。当 Rsense 上的电压等于 $V_{REF}$ 端口电压时，电流检测比较器重置 PWM 锁存器，关断源端 DMOS 驱动管。

最大电流限制由 Rsense（Rs）电阻大小以及 $V_{REF}$ 端的电压共同决定，最大电流公式如下：

$$I_{TripMax}=VREF\ /\ (3*Rs)$$

每个步进电流限制 $I_{Trip}$ 都是最大电流限制 $I_{TripMax}$ 的百分比。步进电流 $I_{Trip}$ 的计算公式：

$$I_{Trip} = (\%\ I_{TripMax}\ /100) * I_{TripMax}$$

其中% $I_{TripMax}$ 见步进次序表。

另外注意，应用中 Rsense 上的最大电压值不要超过±500mV。

### 固定关断时间

内部的 PWM 控制电路集成一固定时间脉冲来关断驱动器，关断时间 toff 内置为 9us。

### 无效时间

在内部电路控制使得输出发生变化时，此功能可以关断输出电流检测比较器，以防止输出误检测，比如说过冲电流，嵌位二极管的反向恢复电流，输出电容引起的反向传输等等。无效时间设置为 1us。

### 控制逻辑

器件与控制器的通信通过标准的 I1，I0，PHASE 工业接口，通过控制，可以实现全，半与四分之一步长模式。每个 H 桥设置了独立的 $V_{REF}$ 脚，所以通过动态地控制 $V_{REF}$ 脚，可以得到更高精度的步长控制。

### 电荷泵（CP1 与 CP2）

电荷泵电路产生一个比 $V_{BB}$ 高的电源来驱动 H 桥的源端 DMOS 管。应用中由于充放电的需要，CP1 与 CP2 间需要接一个 0.1uF 的陶瓷电容。VCP 与 VBBx 之间也需要接一个 0.1uF 的陶瓷电容来存储电荷。

### 关断功能

当超过结温，VCP 过低等意外出现时，输出被关断。在启动时，低压关断电路（UVLO）可以

关断输出。

## 同步整流

当内部固定衰减时间电路触发，PWM 关断起作用时，负载电流会产生回流。MS3989/MS3989N 同步整流电路在电流衰落的过程中，会打开相应的 DMOS 管，用 Rdson 电阻来短接寄生体二极管，可以有效降低功耗。当检测到零电流时，同步整流被关断以防止负载电流反向。

## 混合衰减模式

H 桥工作在混合衰减模式；如下图所示，当电流达到限流值时，进入快速衰减模式，持续时间为整个衰减模式的 30.1%（$t_{FD}$）；然后系统进入慢速衰减模式。在快衰减与慢衰减转换期间，驱动器会被关断 600ns（死区时间），此设置可以有效防止桥穿通现象。如下图 2 图 3 所示，在死区时间，同步整流不再起作用，芯片只工作在快速和慢速衰减模式下。

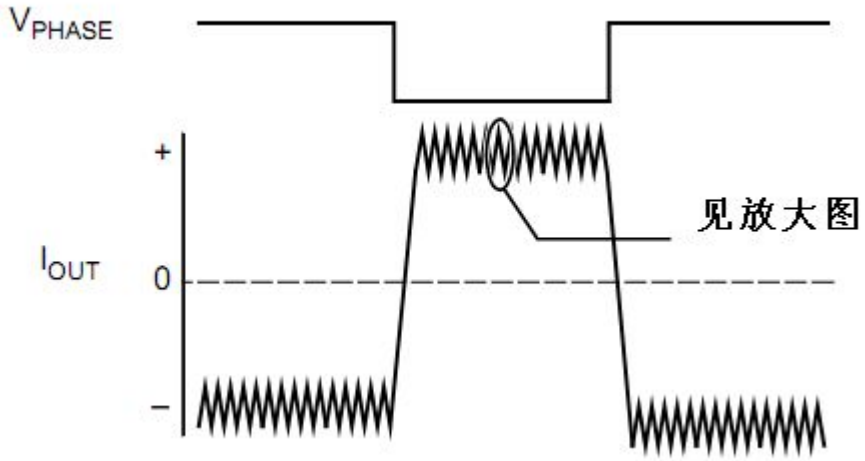



图 2 混合衰减模式图

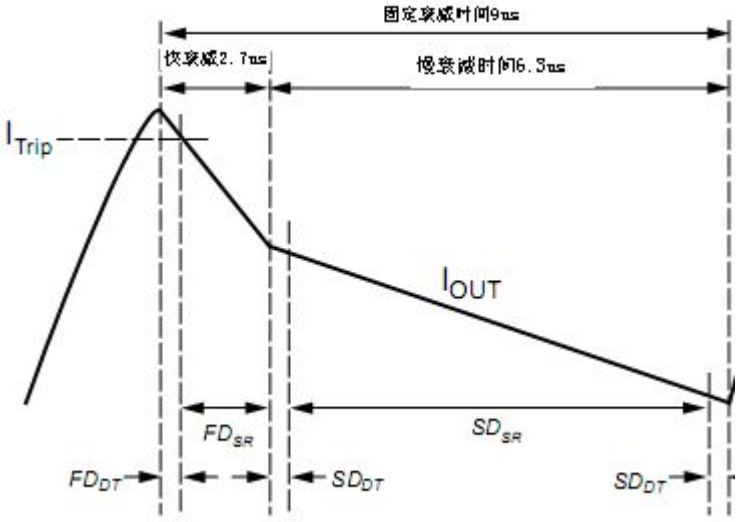


图 3 混合衰减模式放大图

步进顺序图表：

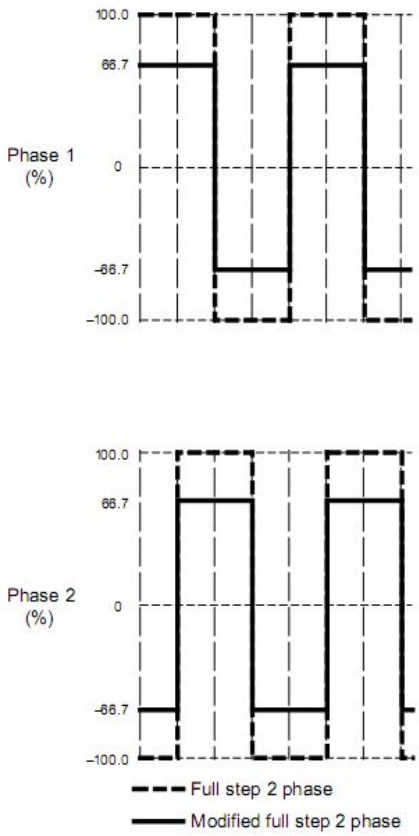



图4 全步进循序

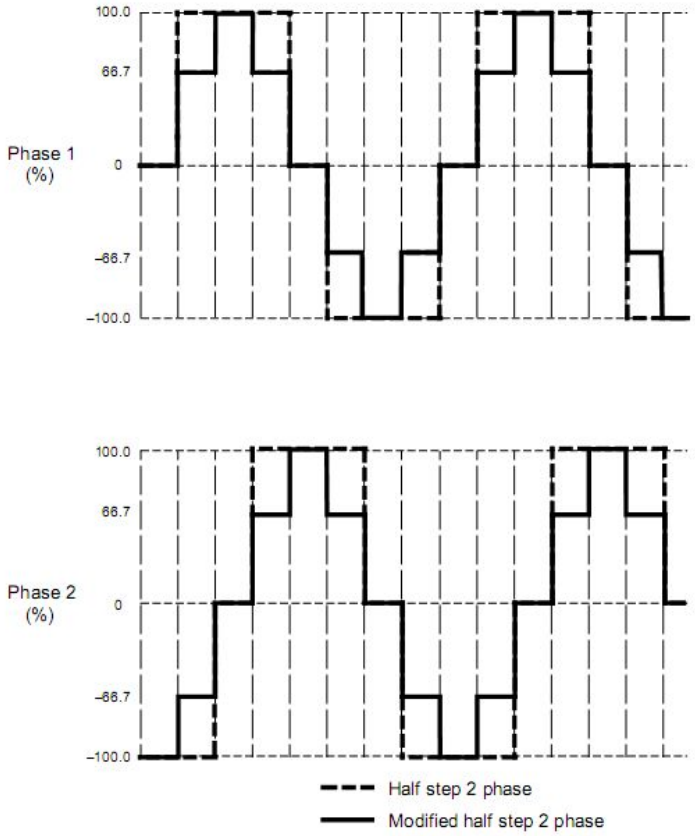
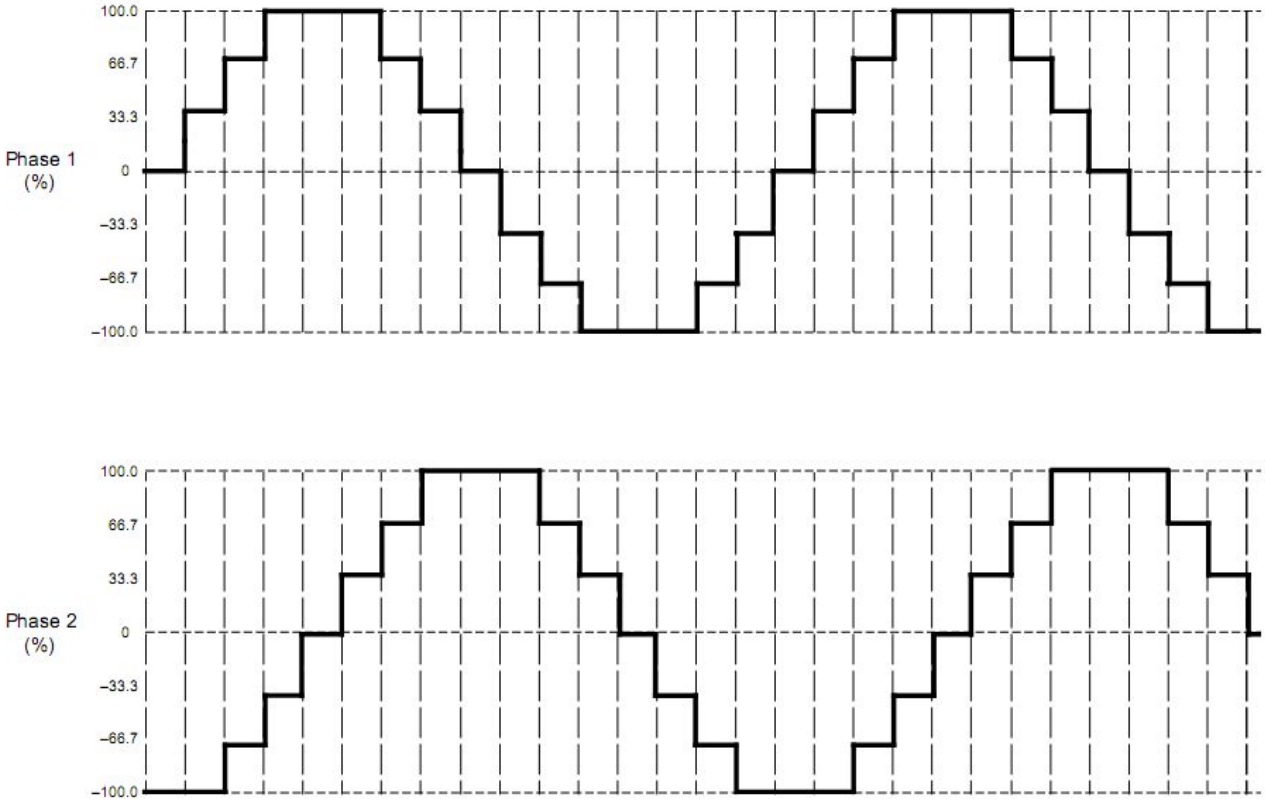



图5 半步进循序

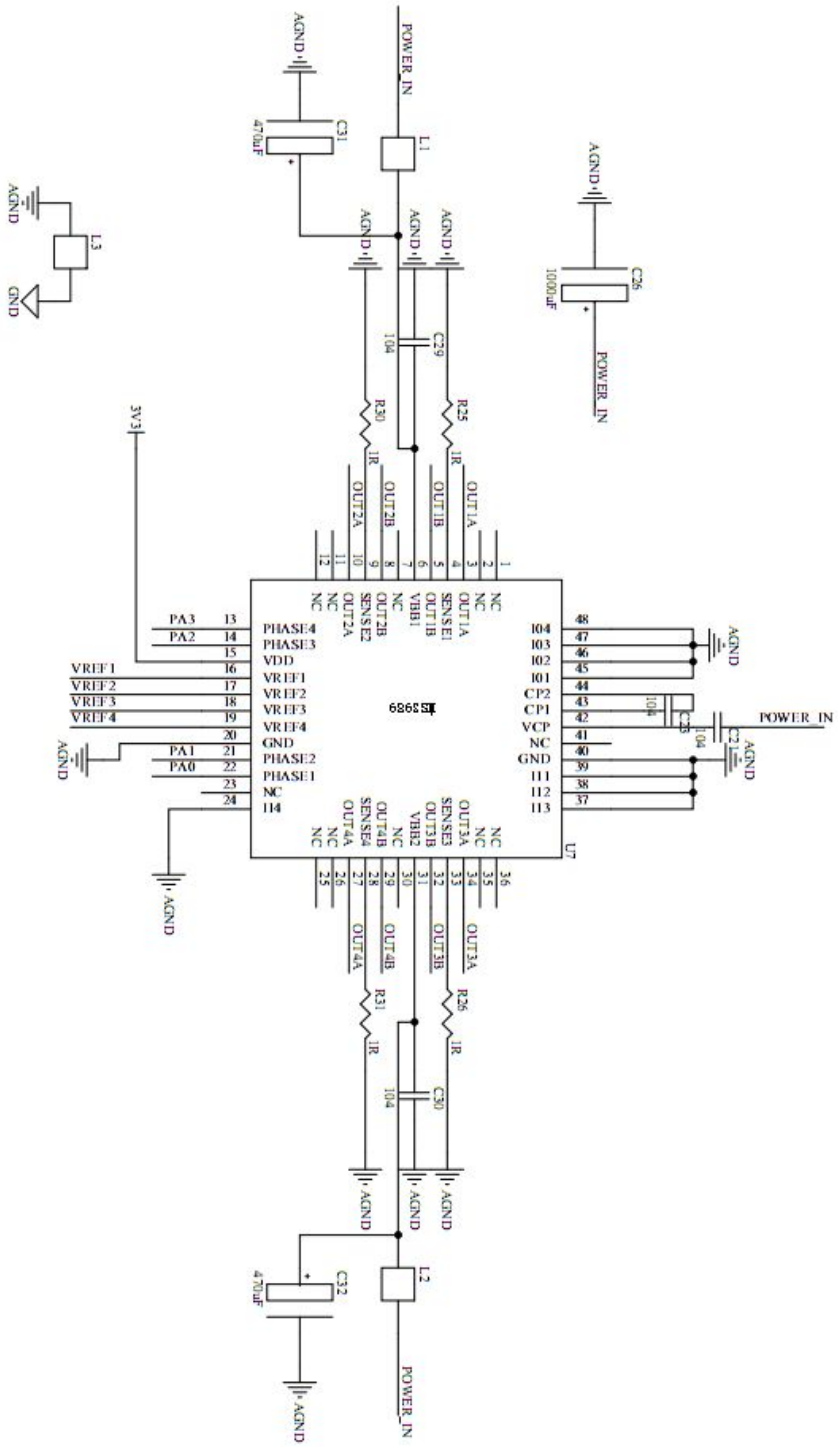



图六 四分之一步长顺序

步进顺序设置：

| Full | 1/2 | 1/4 | Phase 1 (%$I_{TripMax}$) | I0x | I1x | PHASE | Phase 2 (%$I_{TripMax}$) | I0x | I1x | PHASE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 1 | 0 | H | H | x | 100 | L | L | 1 |
| | | 2 | 33 | L | H | 1 | 100 | L | L | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 100/66* | L/H* | L | 1 | 100/66* | L/H* | L | 1 |
| | | 4 | 100 | L | L | 1 | 33 | L | H | 1 |
| | 3 | 5 | 100 | L | L | 1 | 0 | H | H | X |
| | | 6 | 100 | L | L | 1 | 33 | L | H | 0 |
| 2 | 4 | 7 | 100/66* | L/H* | L | 1 | 100/66* | L/H* | L | 0 |
| | | 8 | 33 | L | H | 1 | 100 | L | L | 0 |
| | 5 | 9 | 0 | H | H | x | 100 | L | L | 0 |
| | | 10 | 33 | L | H | 0 | 100 | L | L | 0 |
| 3 | 6 | 11 | 100/66* | L/H* | L | 0 | 100/66* | L/H* | L | 0 |
| | | 12 | 100 | L | L | 0 | 33 | L | H | 0 |
| | 7 | 13 | 100 | L | L | 0 | 0 | H | H | X |
| | | 14 | 100 | L | L | 0 | 33 | L | H | 1 |
| 4 | 8 | 15 | 100/66* | L/H* | L | 0 | 100/66* | L/H* | L | 1 |
| | | 16 | 33 | L | H | 0 | 100 | L | L | 1 |

## 典型应用电路图


U7
PHASE4
PHASE3
VDD
VREF1
VREF2
VREF3
VREF4
GND
PHASE2
PHASE1
NC
114
PA3
PA2
PA1
PA0
VREF1
VREF2
VREF3
VREF4
3V3
OUT1A
SENSE1
OUT1B
VBB1
OUT2B
SENSE2
OUT2A
OUT3A
SENSE3
OUT3B
VBB2
OUT4B
SENSE4
OUT4A
I04
I03
I02
I01
CP2
CP1
VCP
GND
I11
I12
I13
POWER_IN
AGND
R25
R26
R30
R31
C29
C30
C31
C32
C26
C2
C3
L1
L2
L3
GND
470uF
1000uF
1R
104

## 应用说明

### 直流电机控制

芯片集成四路 H 桥驱动，每路都设置了独立的 PWM 电流控制电路，所以可以驱动四个 1.2A 电流的直流电机。应用中可以通过 VREF 脚设置最大电流，使用 PWM 信号控制 I0，I1，phase 脚来控制电机的正转，反转，待机。

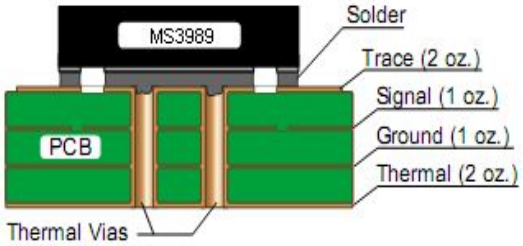
### 版图制作

印刷电路板需要使用厚地板。为了获得更好的性能与散热，MS3989/MS3989N 最好能直接焊接在板上。在 MS3989/MS3989N 的背面是金属散热片，直接焊在 PCB 外露板上可以将热量发散到其他层。

### 版图地线

为了减小地电位漂移问题，须在 PCB 板中靠近芯片的位置设置一个单点低阻的特殊地线。一般地，MS3989/MS3989N 的散热片与 PCB 板的接触地线位置是理想的特殊地线位置。

低阻的特殊地线可以有效防止地电平漂移和保证电源电压的稳定性。下图是一个示意图，说明如何在芯片的底部设置特殊的地线，既当做低阻地接触，同时接到散热片。



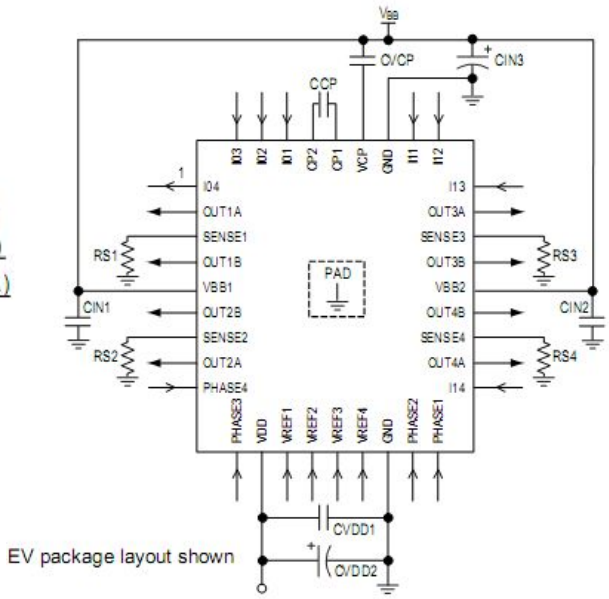




图 7　PCB 示意图

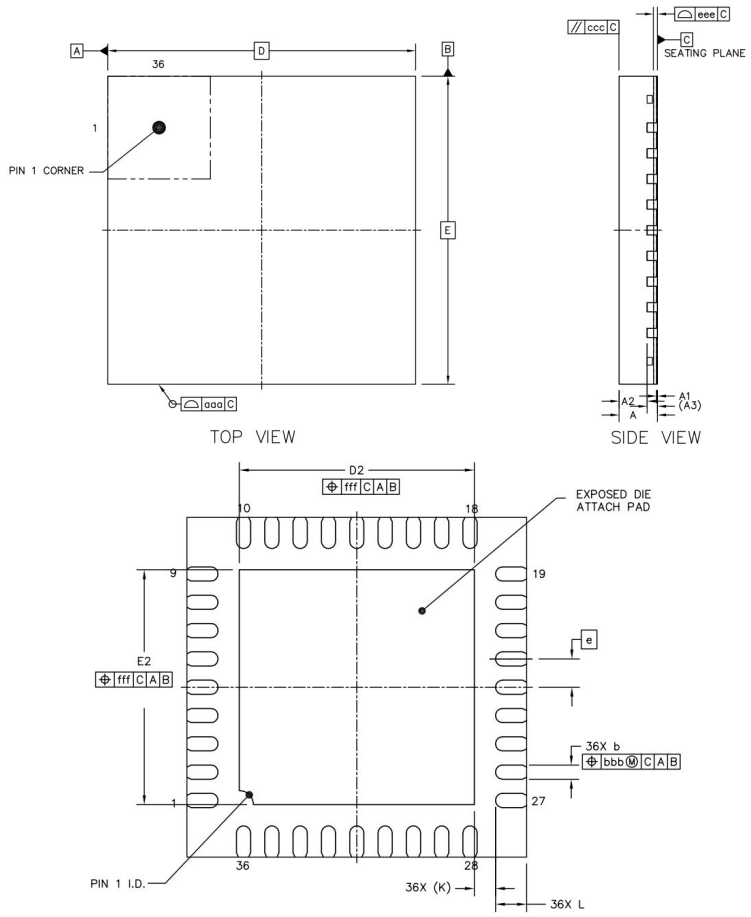
### SENSE 脚设置

Sense 脚电阻 RSx 必须通过一个低阻的通路到地线，因为 RSx 会流过大电流，并且产生一精确的反馈电压到 sense 比较器。长的地线会产生额外电阻，形成不确定的电压降，降低 sense 比较器的精度。

当选择 sense 电阻时，注意保证工作中 sense 脚的电压不要超过正负 500mV。

## 封装外形图

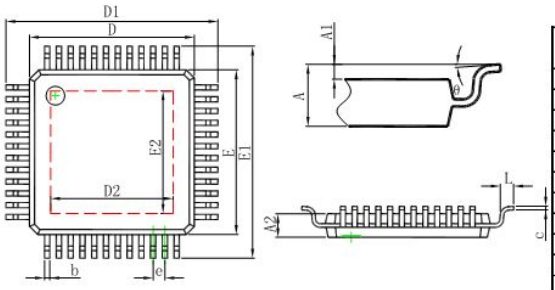
QFN36 UNIT: mm




| | | SYMBOL | MIN | NOM | MAX |
|---|---|---|---|---|---|
| TOTAL THICKNESS | | A | 0.7 | 0.75 | 0.8 |
| STAND OFF | | A1 | 0 | 0.02 | 0.05 |
| MOLD THICKNESS | | A2 | --- | 0.55 | --- |
| L/F THICKNESS | | A3 | 0.203 REF | | |
| LEAD WIDTH | | b | 0.2 | 0.25 | 0.3 |
| BODY SIZE | X | D | 6 BSC | | |
| | Y | E | 6 BSC | | |
| LEAD PITCH | | e | 0.5 BSC | | |
| EP SIZE | X | D2 | 4.05 | 4.15 | 4.25 |
| | Y | E2 | 4.05 | 4.15 | 4.25 |
| LEAD LENGTH | | L | 0.45 | 0.55 | 0.65 |
| LEAD TIP TO EXPOSED PAD EDGE | | K | 0.375 REF | | |
| PACKAGE EDGE TOLERANCE | | aaa | 0.1 | | |
| MOLD FLATNESS | | ccc | 0.1 | | |
| COPLANARITY | | eee | 0.08 | | |
| LEAD OFFSET | | bbb | 0.1 | | |
| EXPOSED PAD OFFSET | | fff | 0.1 | | |

TQFP48 UNIT: mm

TQFP48/PP（7×7） PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS




| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|---|---|---|---|---|
| | Min | Max | Min | Max |
| A | | 1.200 | | 0.047 |
| A1 | 0.050 | 0.150 | 0.002 | 0.006 |
| A2 | 0.950 | 1.050 | 0.037 | 0.041 |
| b | 0.190 | 0.260 | 0.007 | 0.010 |
| c | 0.090 | 0.200 | 0.004 | 0.008 |
| D | 6.900 | 7.100 | 0.272 | 0.280 |
| D1 | 8.850 | 9.150 | 0.348 | 0.360 |
| D2 | 5.100 | 5.300 | 0.201 | 0.209 |
| E | 6.900 | 7.100 | 0.272 | 0.280 |
| E1 | 8.850 | 9.150 | 0.348 | 0.360 |
| E2 | 5.100 | 5.300 | 0.201 | 0.209 |
| e | 0.500(BSC) | | 0.020(BSC) | |
| L | 0.450 | 0.750 | 0.018 | 0.030 |
| θ | 1° | 7° | 1° | 7° |

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。

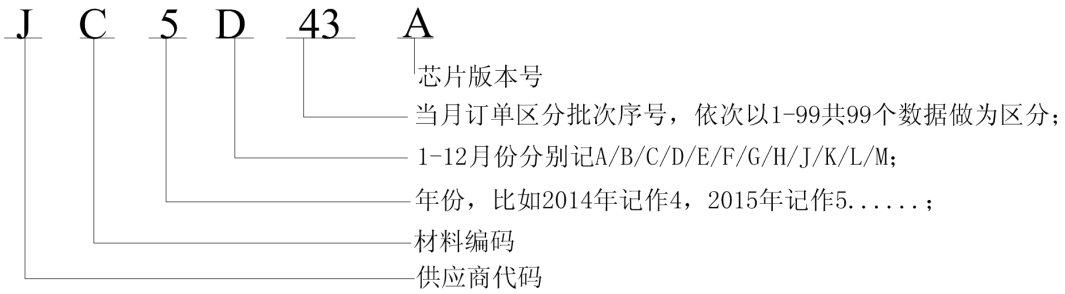
## 印章规范(MS3989/MS3989N)

一，印章内容介绍

MS3989/MS3989N：产品型号

生产批号：

范例：JC5D43A




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/卷 | 卷/盒 | 只/盒 | 盒/箱 | 只/箱 |
|---|---|---|---|---|---|
| MS3989N | 2000 | 1 | 2000 | 8 | 16000 |

| 型号 | 只/盘 | 盘/盒 | 只/盒 | 盒/箱 | 只/箱 |
|---|---|---|---|---|---|
| MS3989 | 250 | 10 | 2500 | 4 | 10000 |