



三相无刷直流电机正弦波控制芯片

特点

- 16V~30V 工作电压
- 高压电机应用
- 10V V_{GS} 输出驱动电压
- 模拟电压或 PWM 调速控制
- 正弦波/方波驱动模式可选
- 超前角设置
- 正反转
- 刹车
- FG 信号输出
- RD 信号输出
- 欠压保护
- 逐周期限流保护
- 堵转保护
- 过温保护
- 采用 TSSOP-28 封装

BP6309 具有多重保护功能，包括欠压保护、限流保护、堵转保护、过温保护等。

典型应用

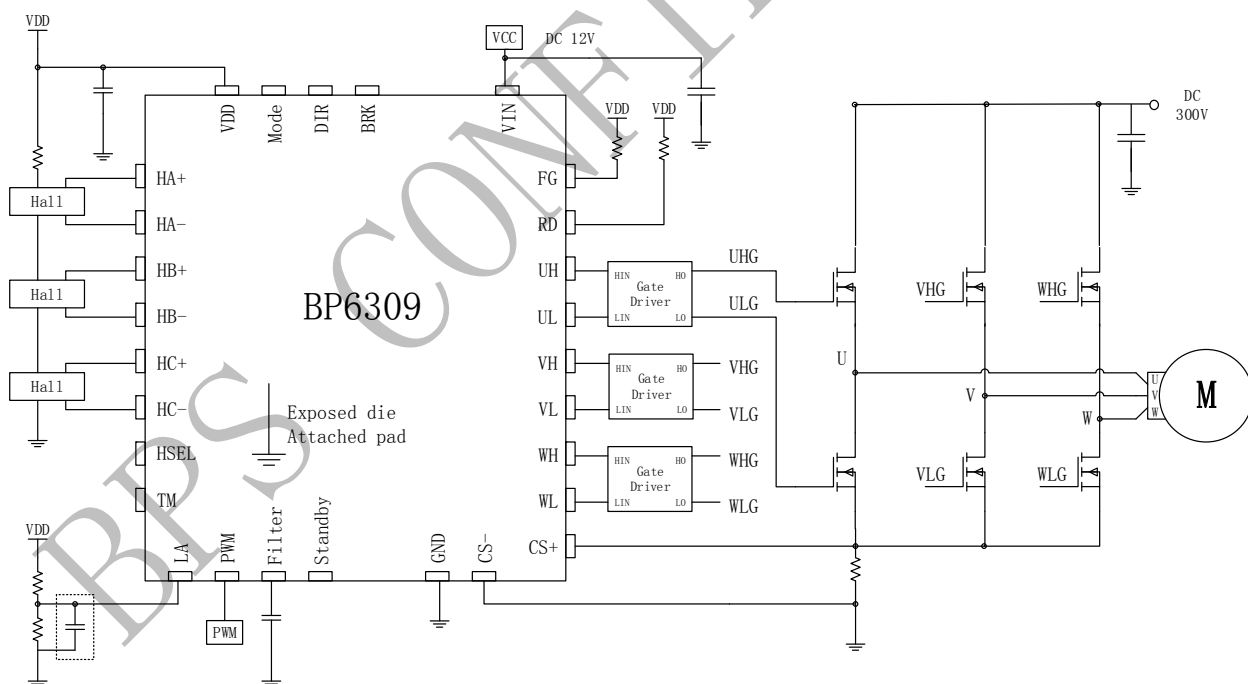


图 1 BP6309 典型应用图



晶丰明源半导体

BP6309

三相无刷直流电机正弦波控制芯片

订购信息

| 订购型号 | 封装 | 温度范围 | 包装形式 | 打印 |
|---------|----------|--------------|----------------|--------------------------|
| BP6309P | TSSOP-28 | -40 ℃到 105 ℃ | 编带 3000 颗/盘 | BP6309P XXXXXY XXY |

管脚封装

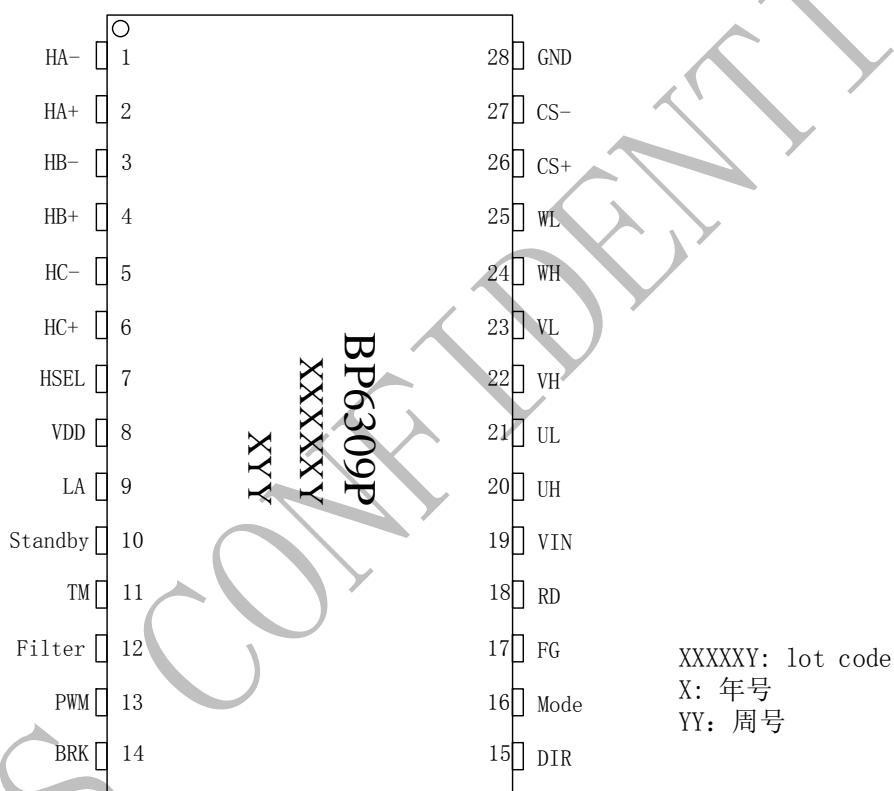


图 2 管脚封装图



管脚描述

| 管脚号 | 管脚名称 | 描述 |
|-----|---------|----------------------------|
| 1 | HA- | 霍尔信号 A 负向输入端 |
| 2 | HA+ | 霍尔信号 A 正向输入端 |
| 3 | HB- | 霍尔信号 B 负向输入端 |
| 4 | HB+ | 霍尔信号 B 正向输入端 |
| 5 | HC- | 霍尔信号 C 负向输入端 |
| 6 | HC+ | 霍尔信号 C 正向输入端 |
| 7 | HSEL | 霍尔元件/霍尔开关选择端 (注 1) |
| 8 | VDD | 5V 电压基准输出 |
| 9 | LA | 超前角输入端 |
| 10 | Standby | 待机方式选择端 (注 2) |
| 11 | TM | Test Mode 测试用, 接地 |
| 12 | Filter | 直流电压调速输入端 |
| 13 | PWM | PWM 输入端 |
| 14 | BRK | 刹车信号输入端, 低电平运转, 高电平刹车 |
| 15 | DIR | 正反转信号输入端 (注 3) |
| 16 | Mode | 正弦波/方波驱动方式选择 (注 4) |
| 17 | FG | 转速信号输出端 |
| 18 | RD | 运转信号输出, 正常工作输出为低 |
| 19 | VIN | 电源输入端 |
| 20 | UH | U 相上桥臂控制输出端 |
| 21 | UL | U 相下桥臂控制输出端 |
| 22 | VH | V 相上桥臂控制输出端 |
| 23 | VL | V 相下桥臂控制输出端 |
| 24 | WH | W 相上桥臂控制输出端 |
| 25 | WL | W 相下桥臂控制输出端 |
| 26 | CS+ | 电流采样端 |
| 27 | CS- | 电流采样基准端, 采样电阻接在 CS+和 CS-之间 |
| 28 | GND | 芯片地 |

注 1: 输入高电平或者浮空时, 为霍尔元件输入; 输入低电平时, 霍尔开关信号从正向输入, 负向端接地。

注 2: 内部拉底, 输入低电平时, PWM=0 电机停转待机; 输入高电平时, PWM=0 电机保持 10%最小转速。

注 3: 内部拉低, 正向 U->V->W; 接高电平时反向, W->V->U。

注 4: 内部拉高, 正弦波驱动; 接低电平时, 方波驱动。



晶丰明源半导体

BP6309

三相无刷直流电机正弦波控制芯片

极限参数 (注 5)

| 符号 | 参数 | 参数范围 | 单位 |
|--------------------------|--|-------------------------|------|
| V_{IN} | VIN最大输入电压 | 40 | V |
| V_{DD} | VDD管脚电压 | -0.3~6 | V |
| I_{DD_MAX} | VDD管脚最大输出电流 | 30 | mA |
| V_{HALL} | HALL输入管脚电压 | -0.3~30 | V |
| V_{D_IN} | 数字输入: HSEL, Standby, DIR, BRK, PWM, Mode管脚电压 | -0.3~6 | V |
| V_{FG}, V_{RD} | FG, RD管脚电压 | -0.3~30 | V |
| V_{LA} | LA管脚电压 | -0.3~6 | V |
| V_{TM} | TM管脚电压 | -0.3~6 | V |
| V_{Filter} | Filter管脚电压 | -0.3~6 | V |
| V_{CS} | CS+, CS-管脚电压 | -0.3~6 | V |
| V_{UL}, V_{VL}, V_{WL} | 下桥臂控制输出电压 | -0.3~15 | V |
| V_{UH}, V_{VH}, V_{WH} | 上桥臂控制输出电压 | $V_{IN}-15 \sim V_{IN}$ | V |
| P_{DMAX} | 功耗 (注 6) | 2 | W |
| θ_{JA} | PN结到环境的热阻 | 43 | °C/W |
| T_J | 工作结温范围 | -40 to 150 | °C |
| T_{STG} | 储存温度范围 | -55 to 150 | °C |
| ESD | 静电防护 (注 7) | 2 | KV |

注 5: 最大极限值是指超出该工作范围, 芯片有可能损坏。推荐工作范围是指在该范围内, 器件功能正常, 但并不完全保证满足个别性能指标。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的直流和交流电参数规范。对于未给定上下限值的参数, 该规范不予保证其精度, 但其典型值合理反映了器件性能。

注 6: 温度升高时最大功耗一定会减小, 这也是由 T_{JMAX} , θ_{JA} , 和环境温度 T_A 所决定的。最大允许功耗为 $P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A) / \theta_{JA}$, 或是极限范围给出的数字中比较低的那个值。

注 7: 人体模型, 100pF 电容通过 1.5K Ω 电阻放电。



晶丰明源半导体

BP6309

三相无刷直流电机正弦波控制芯片

电气参数 (注8) (无特别说明情况下, $V_{IN}=24\text{ V}$, $T_A=25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---|-----------------|-----------------------------|-----|----------|----------|------------------|
| VIN 电压 | | | | | | |
| V_{IN_ON} | V_{IN} 启动电压 | V_{IN} 上升 | 5.3 | 5.8 | 6.3 | V |
| V_{IN_UVLO} | V_{IN} 欠压保护阈值 | V_{IN} 下降 | 4.8 | 5.3 | 5.8 | V |
| I_{IN} | V_{IN} 工作电流 | VDD 无负载, 驱动浮空 | | 1 | 2 | mA |
| VDD 电压 | | | | | | |
| V_{DD} | V_{DD} 输出电压 | VDD 负载电流 1mA | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| I_{SC} | V_{DD} 短路电流 | $V_{DD}=0\text{V}$ | 35 | 60 | | mA |
| 数字输入端口: Mode, BRK, DIR, HSEL, Standby, PWM | | | | | | |
| V_{IH} | 数字输入高电压 | | 2 | | | V |
| V_{IL} | 数字输入低电压 | | | | 0.8 | V |
| V_{IHYS} | 数字输入滞环电压 | | | 600 | | mV |
| I_{SOURCE} | 数字输入下拉电流 | DIR, BRK=5V | | 20 | | μA |
| I_{SINK} | 数字输入上拉电流 | HSEL, Mode, PWM, Adj_SEL=0V | | -20 | | μA |
| PWM 调速 | | | | | | |
| F_{PWM} | 内部 PWM 频率 | | 25 | 30 | 35 | kHz |
| 霍尔输入端 | | | | | | |
| V_{HYS} | Hall 信号输入滞环电压 | | | ± 10 | ± 20 | mV |
| V_{HALL} | Hall 信号输入电压范围 | | 0.1 | | 3 | V |
| V_{HALL_MIN} | Hall 最小输入电压差 | | 50 | | | mV _{PP} |
| V_{H_HIGH} | Hall 开关输入高电平 | | 3 | | | V |
| V_{H_LOW} | Hall 开关输入低电平 | | | | 0.8 | V |
| 限流保护 | | | | | | |
| V_{CS_TH} | 电流检测阈值 | | 85 | 100 | 115 | mV |
| V_{CS_LEB} | 电流检测前沿消隐时间 | | | 600 | | nS |
| 堵转保护 | | | | | | |
| T_{STOP} | 堵转检测时间 | | 350 | 500 | 650 | mS |
| $T_{RESTART}$ | 重启间隔时间 | | 3.5 | 5 | 6.5 | S |
| 转速信号和状态信号 | | | | | | |
| V_{FGL} | FG 输出低电压 | $I_{SINK}=5\text{mA}$ | | 0.2 | 0.3 | V |
| I_{LFG} | FG 漏电流 | | | | 10 | μA |
| V_{RD} | RD 输出低电压 | $I_{SINK}=5\text{mA}$ | | 0.2 | 0.3 | V |
| I_{LRD} | RD 漏电流 | | | | 10 | μA |



晶丰明源半导体

BP6309

三相无刷直流电机正弦波控制芯片

| 符号 | 描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|-----------------|---------------|------|-----|-----|------------|
| 调速 | | | | | | |
| V_{Filter} | Filter 模拟调速电压范围 | | 0.25 | | 2.5 | V |
| V_{EN} | Filter 开启电压 | Standby=0V | | 0.2 | | V |
| V_{EN_HYS} | Filter 滞环电压 | | | 100 | | mV |
| 超前角度 LA | | | | | | |
| I_{LA} | LA 引脚内部下拉电阻 | | 1 | 2 | 3 | M Ω |
| 驱动级 | | | | | | |
| $I_{NSOURCE}$ | 下管开启电流 | UL, VL, WL=0V | | 50 | | mA |
| I_{NSINK} | 下管关闭电流 | UL, VL, WL=8V | | 300 | | mA |
| $V_{NDRIIVE}$ | 下管驱动电压 | | | 10 | | V |
| $I_{PSOURCE}$ | 上管开启电流 | UH, VH, WH=0V | | 50 | | mA |
| I_{PSINK} | 上管关闭电流 | UH, VH, WH=8V | | 300 | | mA |
| V_{PDRIVE} | 上管驱动电压 | | | 10 | | V |
| 过温保护 | | | | | | |
| T_{SD} | 过温保护温度 | | | 160 | | °C |
| $T_{RECOVER}$ | 恢复工作温度 | | | 120 | | °C |

注 8：规格书的最小、最大规范范围由测试保证，典型值由设计、测试或统计分析保证。

内部结构框图

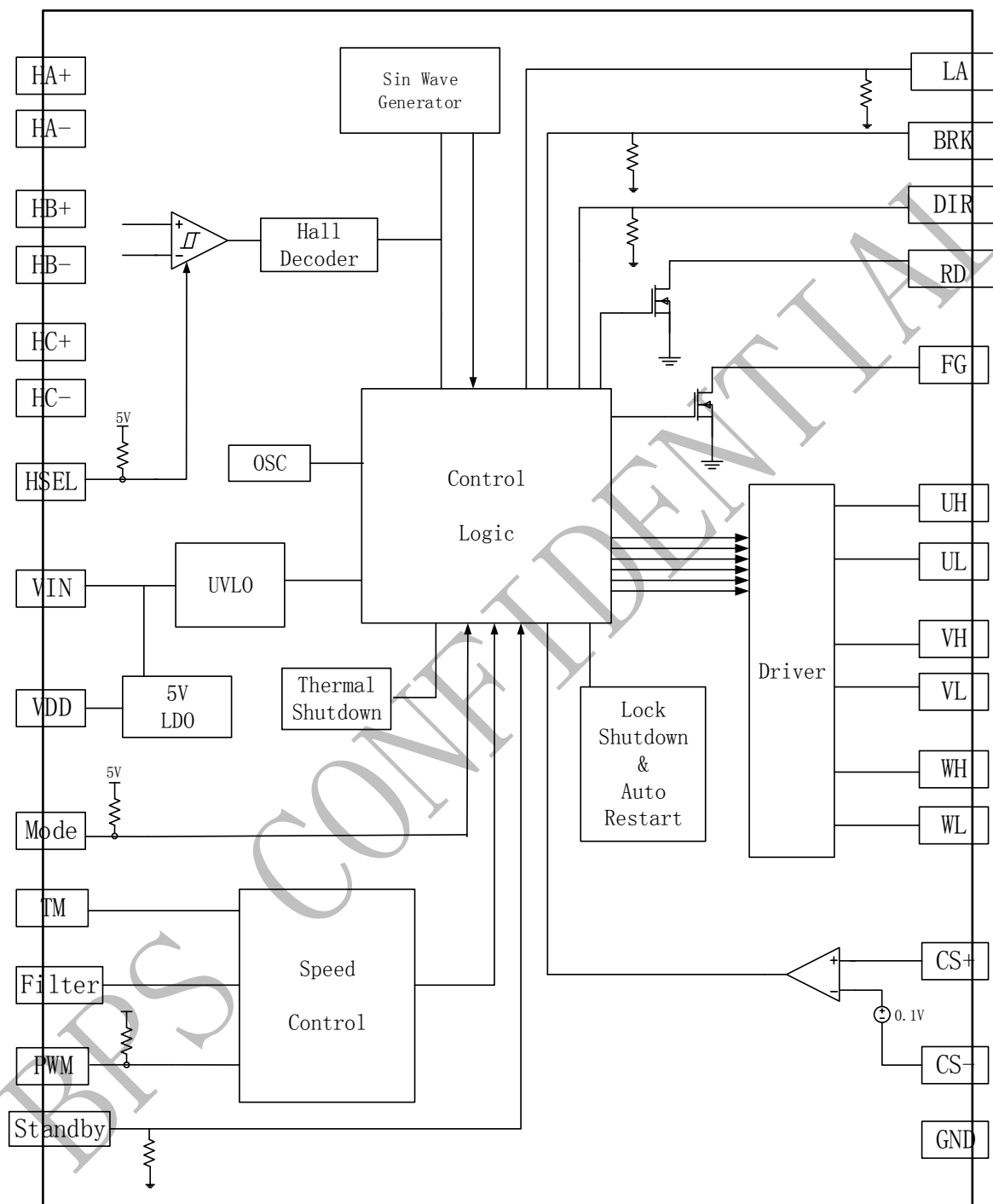


图 3 BP6309 框图

应用信息

1. 逻辑控制真值表

Ha11 位置传感器检测到的信号输入到 BP6309，当 Mode 输入高电平时，选择正弦波驱动模式，输出对应的真值表如下表所示(注 9, 注 10)：

| HA | HB | HC | DIR | BRK | UH | UL | VH | VL | WH | WL | 备注 |
|------|----|----|-----|-----|------|----|------|----|------|----|------|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | SIN2 | | 0 | 1 | SIN4 | | 正转 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | SIN3 | | SIN1 | | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | SIN4 | | SIN2 | | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | SIN3 | | SIN1 | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | SIN4 | | SIN2 | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | SIN1 | | 0 | 1 | SIN3 | | |
| 1 | 1 | 1 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 无效输入 |
| 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 有效输入 | | | X | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 刹车 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | SIN2 | | SIN4 | | 0 | 1 | 反转 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | SIN3 | | 0 | 1 | SIN1 | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | SIN4 | | 0 | 1 | SIN2 | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | SIN1 | | SIN3 | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | SIN2 | | SIN4 | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | SIN1 | | SIN3 | | 0 | 1 | |

注 9: X=Don't Care, 1=ON, 0=OFF。

注 10: SIN1~4 分别是对应端电压 U(x) 的 0~60, 60~120, 120~180, 180~240 波形。

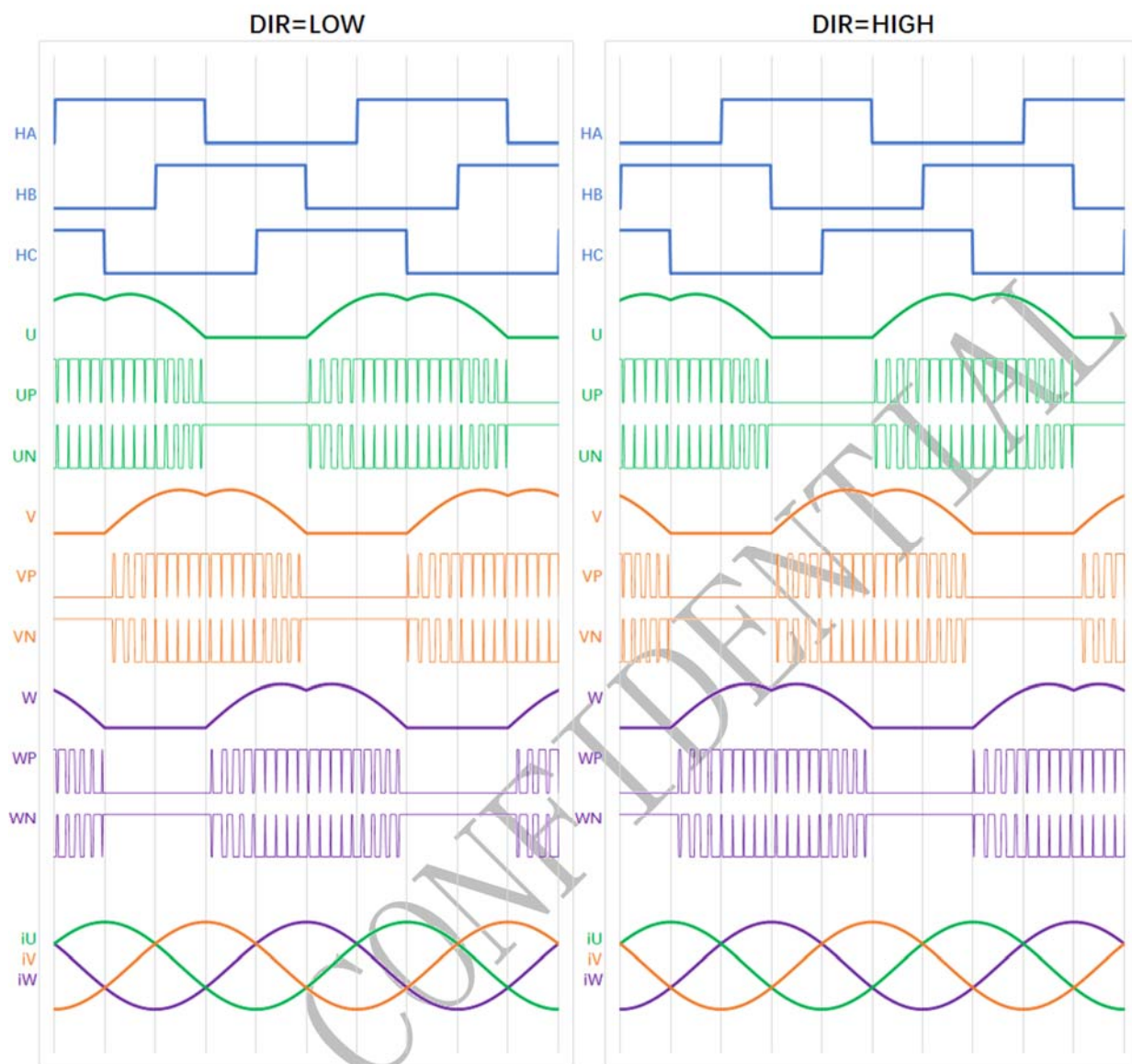


图 4 BP6309 正弦波驱动模式换相示意图



晶丰明源半导体

BP6309

三相无刷直流电机正弦波控制芯片

Hall 位置传感器检测到的信号输入到 BP6309, Mode 输入低电平, 选择方波驱动模式时, 输出对应的真值表如下表所示(注 11):

| HA | HB | HC | DIR | BRK | UH | UL | VH | VL | WH | WL | 备注 |
|------|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|------|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 正转 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 无效输入 |
| 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 有效输入 | | | X | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 刹车 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 反转 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |

注 11: X= Don' t Care, 1=ON, 0=OFF。

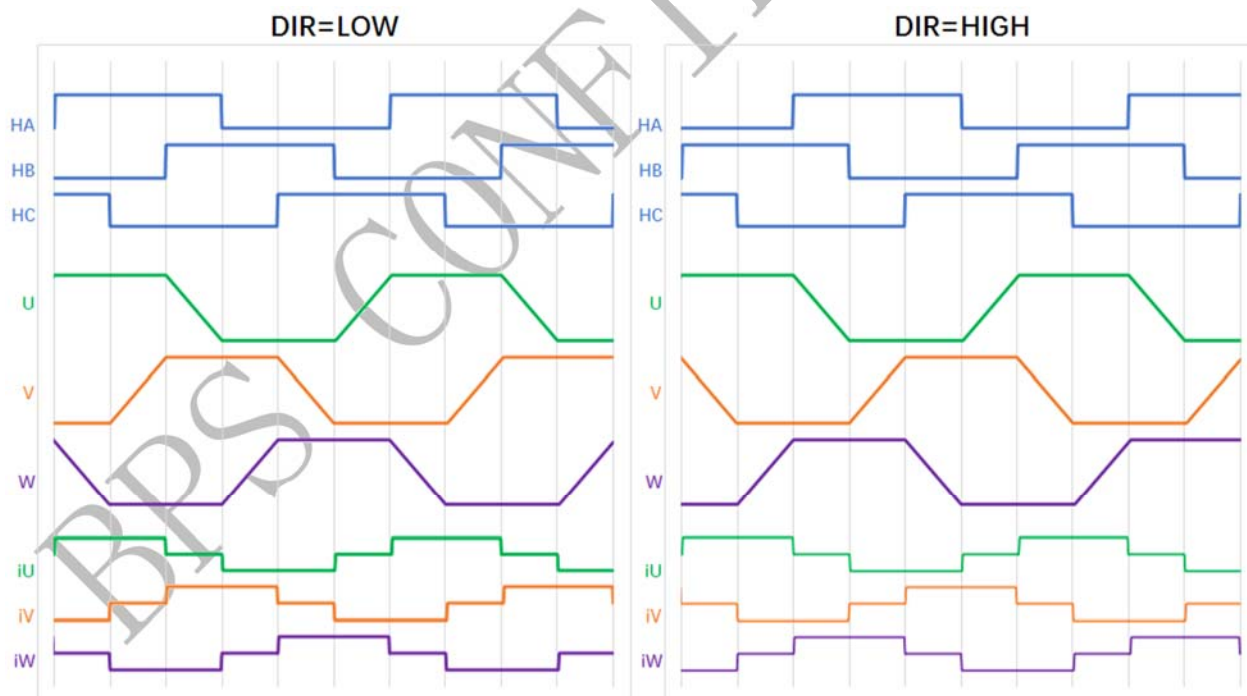


图 5 BP6309 方波驱动模式换相示意图

2. Hall 信号输入

BP6309 同时兼容 Hall 模拟差分信号和数字开关信号输入，使用 HSEL 端来选择输入方式。

当 HSEL 端悬空或者接入高电平时，Hall 模拟差分信号从 H+ 和 H- 端输入，如下图所示。Hall 信号电压范围为 0.1V~3V，有效翻转阈值为 $\pm 10\text{mV}$ ，一般要求 Hall 差分电压不小于 50mV。当 Hall 信号受到噪声干扰时，可以在 H+ 和 H- 端加入小电容来消除噪声。

当 HSEL 端接入低电平时，Hall 开关信号从 H+ 端输入，H- 端接地。输入电压范围为 0~5V，翻转点为 2.5V。

为防止噪声干扰，Hall 输入端设计有 20us 的屏蔽时间来消除抖动。

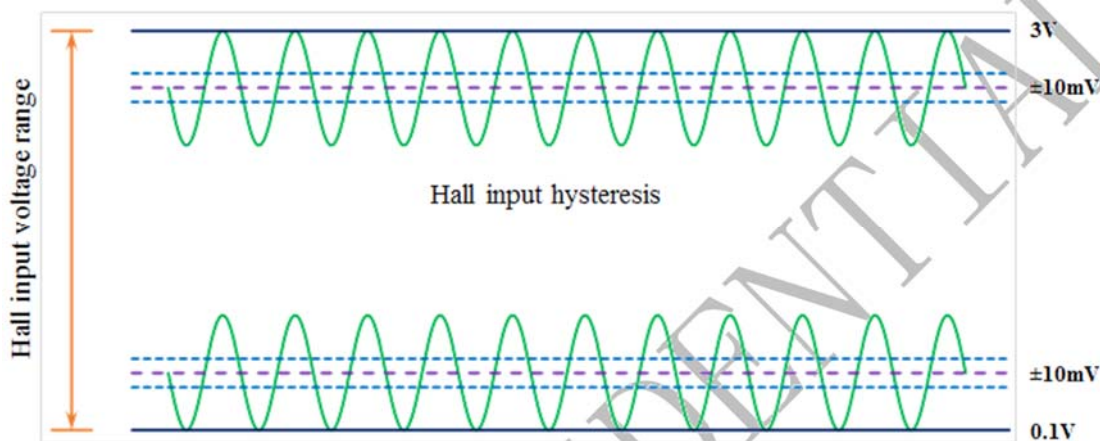


图 6 Hall 信号输入范围示意图

3. 调速

BP6309 兼容直流电压输入和数字 PWM 输入两种方式，数字 PWM 调速由 PWM 端输入；直流电压调速由 Filter 端输入，调速电压范围 0.25V~2.5V，如下图所示：

当 Filter 电压（PWM 占空比）接近 0 时，可通过 Standby 端输入选择是否维持 10% 最小转速或者停转待机。

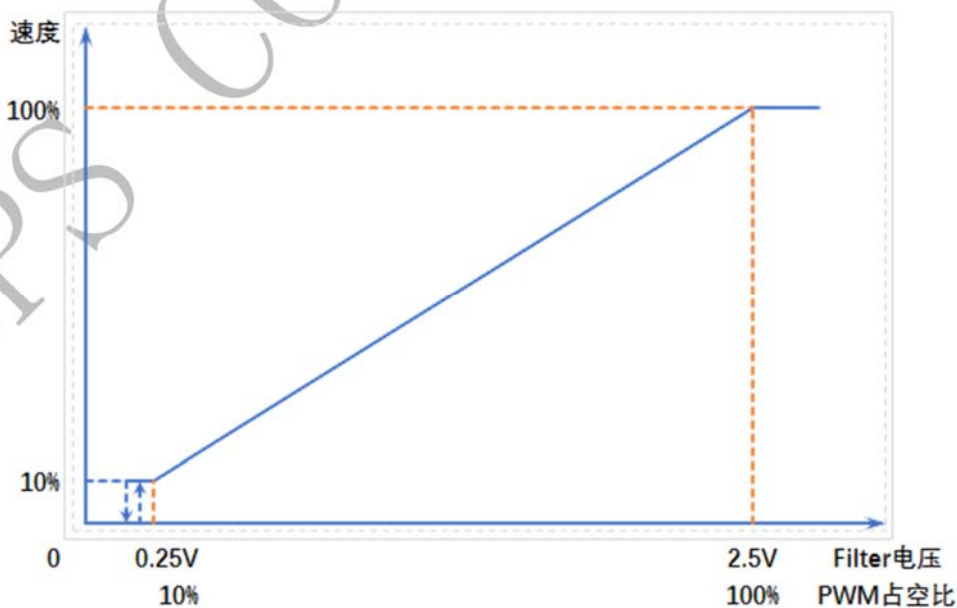


图 7 速度控制曲线



4. 超前角设置

BP6309 可以通过设置 LA 引脚电压来调节超前角度，LA 引脚上的电压与设置的超前角对应关系见下表：

| LA(V) | Lead Angle (°) |
|------------|----------------|
| [0, 0.4] | 0 |
| (0.4, 0.8] | 4 |
| (0.8, 1.2] | 8 |
| (1.2, 1.6] | 12 |
| (1.6, 2.0] | 16 |
| (2.0, 2.4] | 20 |
| (2.4, 2.8] | 24 |
| (2.8, 5] | 28 |

5. 各种保护

5.1 限流保护

BP6309 设计了限流保护电路。系统通过采样电阻检测系统电流，电阻两端分别接 CS+和 CS-端，电机系统电流增大时，采样电阻两端的电压 V_R 也随之增大。芯片从驱动开通时屏蔽 600ns，屏蔽时间过后，如果采样电阻两端的电压 V_R 大于 0.1V，则立即关断上下端驱动，等待下一次载波周期开启。

限流保护维持系统电流在 $I_{max} = \frac{0.1}{R}$ (例如 $R=0.1\Omega$ ， $I_{max}=1A$) 下运行。

5.2 VIN 输入欠压保护

当 VIN 电压低于 5.3V 后，开启欠压低压保护，输出上下端驱动均关断。等待 VIN 电压大于 5.8V 后，系统立即重启。

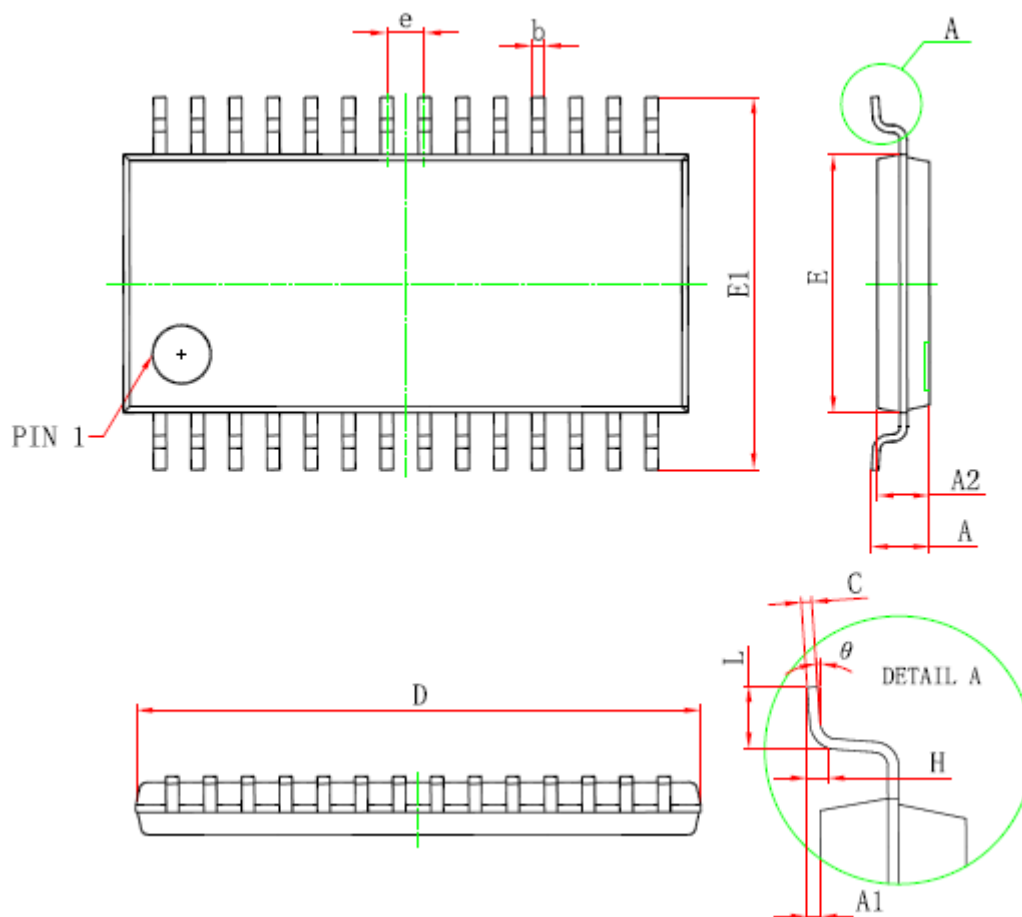
5.3 过温保护

BP6309 设计了过温保护功能。过温点为 160℃，迟滞为 40℃。一旦芯片检测到过温，输出上下端驱动均关断。直到温度下降到过温度释放值以下，系统重新启动。

5.4 堵转保护和自启动

BP6309 设计了堵转保护来防止电机受到外力阻碍停转时电流过大损坏系统。芯片在 T_{ON} (Lock detection ON) 时间内，没有检测到 Hall 信号翻转，判断为电机停转，关断上下端输出驱动，持续 T_{OFF} (Lock detection OFF) 时间。然后在下一个 T_{ON} (Lock detection ON) 时间内打开输出驱动，尝试自启动。如果阻力消失，则进入启动运转状态；如果阻力还在， T_{ON} 时间内仍然没有 Hall 信号翻转，则继续进入 T_{OFF} 保护状态，周而复始。 T_{ON} 和 T_{OFF} 时间长度由芯片内部电路设定，其比例始终为常数。

封装



| Symbol | Dimensions In Millimeters | | Dimensions In Inches | |
|--------|---------------------------|-------|----------------------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| D | 9.600 | 9.800 | 0.378 | 0.386 |
| E | 4.300 | 4.500 | 0.169 | 0.177 |
| b | 0.190 | 0.300 | 0.007 | 0.012 |
| c | 0.090 | 0.200 | 0.004 | 0.008 |
| E1 | 6.250 | 6.550 | 0.246 | 0.258 |
| A | | 1.200 | | 0.047 |
| A2 | 0.800 | 1.000 | 0.031 | 0.039 |
| A1 | 0.050 | 0.150 | 0.002 | 0.006 |
| e | 0.65 (BSC) | | 0.026 (BSC) | |
| L | 0.500 | 0.700 | 0.020 | 0.028 |
| H | 0.25(TYP) | | 0.01(TYP) | |
| θ | 1° | 7° | 1° | 7° |