

任意相电流波形控制的高性能单相直流无刷风扇控制器

LA6101

概述

LA6101 是一颗可输入 PWM 占空比调速控制的单相直流无刷马达控制器，可输出 PWM 控制信号给后级栅驱动器。LA6101 采用了专利的全新直接相电流控制模式可实现对电机相电流的进行任意形状控制，同传统的开环电压控制模式芯片相比，LA6101 实现了更高的工作效率，静音特性以及生产量产的高一致性。

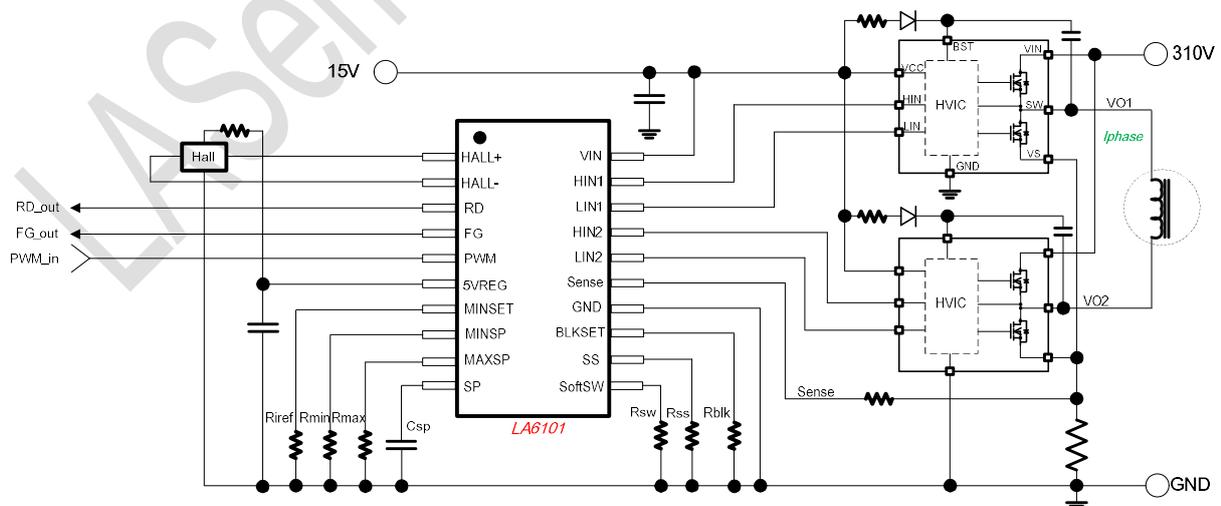


特性

- 单相直流无刷预驱动，输出 5V 逻辑控制信号到后级栅驱动器
- 集成可调软起动功能避免启动过冲电流和提高启动可靠性
- 集成电机相电流形状设置功能，SoftSW 引脚外部电阻进行设定
- 集成速度曲线调整功能
- 集成最小维持和最小停转速度点设定功能
- 集成最小维持或最小停转模式选择功能
- 集成堵转保护和自动重启功能，0.7s 堵转检测时间和 5.5s 关断保护时间
- 集成可调节电流采样屏蔽时间以匹配后级不同栅驱动器延迟时间
- 集成固定 25kHz 驱动 PWM 载波频率
- 直接相电流控制实现业内最高效率和静音特性
- FG 和 RD 输出功能

典型应用

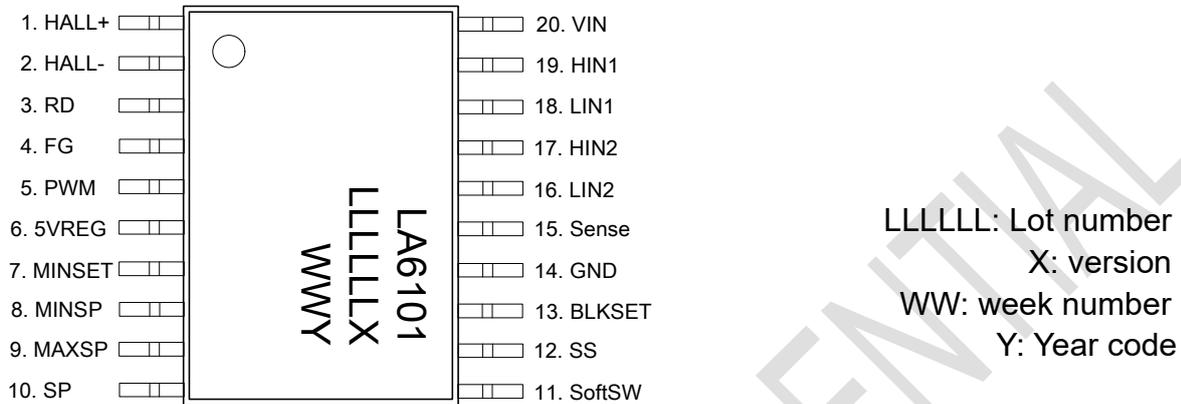
- 单相直流无刷马达/水泵应用



封装丝印和采购信息

| 订购型号 | 封装形式 | 温度范围 | 包装规范 | 采购联系 |
|--------|--------|--------------|-------------|--|
| LA6101 | TSSP20 | -40 to 125°C | 编带 3000 颗/盘 | sales@latticeart.com |

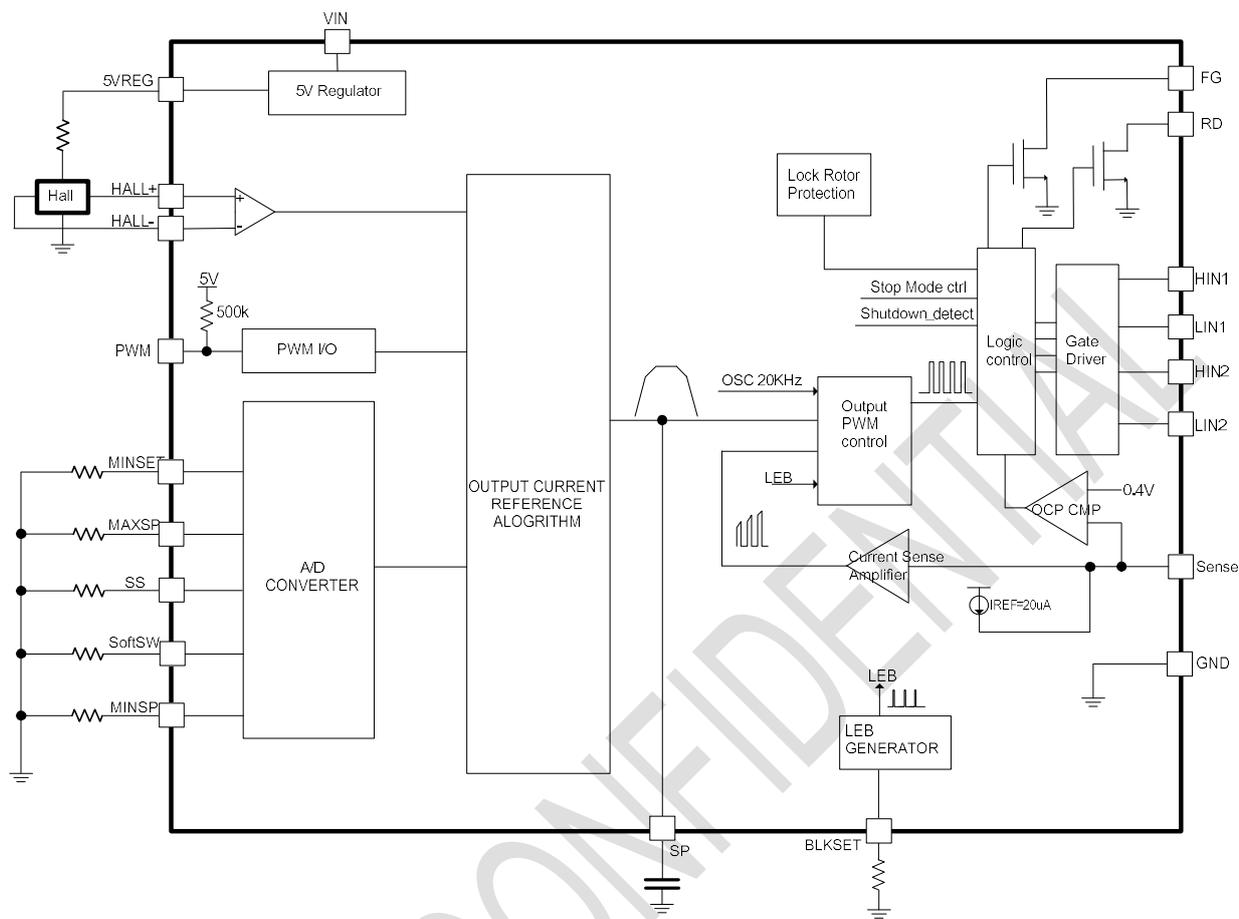
管脚封装



管脚描述

| 管脚号 | 管脚名称 | 描述 |
|-----|--------|--|
| 1 | HALL+ | 霍尔信号正输入端 |
| 2 | HALL- | 霍尔信号负输入端 |
| 3 | RD | 堵转指示开漏输出 |
| 4 | FG | 转速输出指示开漏输出 |
| 5 | PWM | PWM调速输入 |
| 6 | 5VREG | 5V基准电压输出 |
| 7 | MINSET | 多功能引脚：最小转速或停转模式选择引脚；外接100k电阻设定芯片内部基准电流 |
| 8 | MINSP | 最小维持或停转速度点设定引脚，通过连接电阻到GND设定 |
| 9 | MAXSP | 最大速度设定引脚，通过连接电阻到GND设定 |
| 10 | SP | 外接电容到地，多功能引脚：设定软起动时间；内部基准滤波 |
| 11 | SoftSW | 软开关时间/相电流形状设定引脚，连接电阻到GND |
| 12 | SS | 软启动目标值设定引脚，连接电阻到GND |
| 13 | BLKSET | 驱动PWM载波频率设定引脚，连接电阻到GND设定 |
| 14 | GND | 芯片地 |
| 15 | Sense | 相电流波形采样引脚 |
| 16 | LIN2 | 外部半桥2的下管NMOS的控制信号 |
| 17 | HIN2 | 外部半桥2的上管NMOS的控制信号 |
| 18 | LIN1 | 外部半桥1的下管NMOS的控制信号 |
| 19 | HIN1 | 外部半桥1的上管NMOS的控制信号 |
| 20 | VIN | 芯片电源 |

内部结构框图



极限参数 (注 1)

无特别说明情况下, $T_A=25^{\circ}\text{C}$

| 符号 | 参数定义 | 参数范围 | 单位 |
|-----------|---|-------------|-----------------------------|
| VIN | VIN最大输入电压 | 40 | V |
| VFG/VRD | FG/RD 最大耐压 | 20 | V |
| IFG, IRD | FG/RD 最大输出电流 | 10 | mA |
| I5VREG | 5VREG Pin 最大输出电流 | 50 | mA |
| VINPUT | PWM, HALL+, HALL-输入引脚 | 6 | V |
| VANALOG | MINSET, MINSP, MAXSP, SP, SOFTSW, SS, BLKSET, 5VREG信号引脚 | 6 | V |
| VSENSE | 电流采样输入引脚 | -0.6 to 6 | V |
| VHIN, LIN | 输出控制信号 | 6 | V |
| TSTG | 存储温度 | -55 to 150 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Tj | 结温度 | -40 to +150 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Rth(j-c) | 结至壳热阻 | 30 | $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ |
| PD | 最大功耗 | 0.8 | W |
| TL | 引脚焊接温度(直接焊接, 10秒) | 300 | $^{\circ}\text{C}$ |

注 1: 最大极限值是指超出该工作范围, 芯片有可能损坏。

推荐工作条件

| 符号 | 参数定义 | 参数范围 | 单位 |
|-----|-------------|------------|--------------------|
| VCC | 芯片工作电源 | 8 to 35 | V |
| PWM | 调速PWM输入频率范围 | 100-500K | Hz |
| TA | 工作环境温度 | -40 to 125 | $^{\circ}\text{C}$ |

电气参数

无特别说明情况下, $V_{IN}=12\text{V}$, $MINSET=100\text{kohm}$ to GND, $BLKSET=100\text{kohm}$ and $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 。

| 符号 | 参数描述 | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------|------------|------------|-----|-----|-----|------|
| VINUVLO_RISING | VIN 开启工作电压 | VIN=0->12V | 4.4 | 4.6 | 4.8 | V |
| VINUVLO_FALLING | VIN关断工作电压 | VIN=12->0V | 3.8 | 4.0 | 4.2 | V |
| VHYS_UVLO | VIN欠压保护迟滞 | | | 0.6 | | V |
| I _{VIN_OP} | VIN静态工作电流 | | 1.1 | 1.3 | 1.5 | mA |
| 输入部分 | | | | | | |
| V _{5VREG} | 5VREG输出电压 | | 4.6 | 5 | 5.3 | V |
| I _{5VREG_LIM} | 5VREG输出电流限 | 5VREG=4.5V | | 50 | | mA |
| V _{HALL_SEN} | 霍尔输入迟滞 | | | | ±10 | mV |
| V _{PWM_HIGH} | PWM输入高电平 | | 2.6 | | | V |
| V _{PWM_LOW} | PWM输入低电平 | | | | 0.8 | V |
| V _{PWM_PULL} | PWM内部上拉电阻 | | 330 | 400 | 470 | kohm |
| 栅驱动输出部分 | | | | | | |



| | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---|------------|------------|------------|--|------|
| I _{SOURCE} | 输出开启电流 | V _{GP} =VIN | | 30 | | | mA |
| I _{SINK} | 输出关断电流 | V _{GP} =VIN-8V | | 35 | | | mA |
| V _{PDRV} | 输出电压 | VIN=20V | 4.5 | 5 | 5.5 | | V |
| V _{FG} | FG拉低电平 | I _{FG} =5mA | | 0.2 | | | V |
| I _{FG_LKG} | FG关断漏电流 | V _{FG} =15V | | | 1 | | uA |
| V _{RD} | RD拉低电平 | I _{RD} =5mA | | 0.2 | | | V |
| I _{RD_LKG} | RD关断漏电流 | V _{RD} =15V | | | 1 | | uA |
| MINSET功能 | | | | | | | |
| V _{MINSET_HREF} | MINSET连接电阻到5VREG的基准电压 | MINSET到5VREG连接100kohm电阻 | 5VREG-0.95 | 5VREG-1.00 | 5VREG-1.05 | | V |
| V _{MINSET_LREF} | MINSET连接电阻到GND的基准电压 | MINSET到GND连接100kohm电阻 | 0.95 | 1.00 | 1.05 | | V |
| MINSP功能 | | | | | | | |
| I _{MINSP_OUT} | MINSP输出基准电流 | MINSET连接100kohm到GND | 9.5 | 10 | 11 | | uA |
| MAXSP功能 | | | | | | | |
| I _{MAXSP_OUT} | MAXSP输出基准电流 | MINSET连接100kohm到GND | 9.5 | 10 | 11 | | uA |
| SP功能 | | | | | | | |
| I _{SP_SS} | 软启动充电电流 | SP=0V | 2.0 | 2.5 | 3.0 | | uA |
| R _{SP_FLT} | 内部等效滤波电阻值 | PWM=0V; MAXSP=150k MINSET=20k SP=1V | 370 | 440 | 510 | | kohm |
| 软开关/相电流波形SoftSW功能 | | | | | | | |
| V _{REF_SoftSW} | SoftSW引脚基准电压值 | R _{SofSW} =100kohm to GND, V _{SP} =2V | 1.95 | 2 | 2.05 | | V |
| t _{SoftSW} | 软开关时间 | V _{SP} =2V, R _{SofSW} =100kohm | | 192 | | | us |
| BLKSET功能 | | | | | | | |
| t _{BLKSET} | 开启电流监测屏蔽时间 | R _{BLKSET} =100k到GND | | 1000 | | | ns |
| V _{BLKSET_REF} | BLKSET参考电压 | R _{BLKSET} =100k到GND | 0.75 | 0.85 | 0.95 | | V |
| 驱动载波PWM功能 | | | | | | | |
| f _{CPWM} | 内部驱动载波PWM频率 | | 20 | 25 | 30 | | kHz |
| 电流采样功能 | | | | | | | |
| V _{PK_REF} | 相电流采样电阻峰值基准电压值 | R _{MAXSP} =200kohm, Ramp CS voltage | 155 | 164 | 173 | | mV |
| I _{OFFSET_CS} | 电流采样偏移电流 | CS=0V | 18 | 21 | 24 | | uA |
| T _{OCF_OFF} | 过流保护关断时间 | | 70 | 100 | 120 | | ms |
| 软启动功能 | | | | | | | |
| V _{SS} | 软启动目标设定值 | SS=100k | 0.9 | 1 | 1.1 | | V |

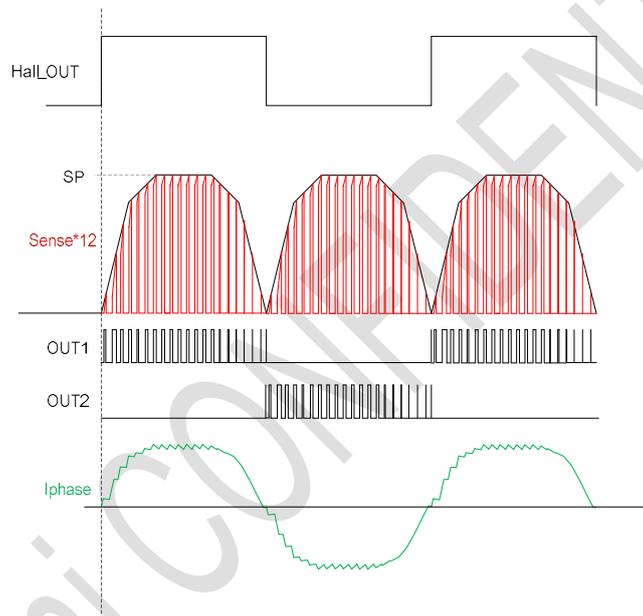


| 堵转保护功能 | | | | | | |
|-----------------|----------|--|------|-----|------|---|
| T_{LOCK_ON} | 堵转检测时间 | | 0.55 | 0.7 | 0.85 | s |
| T_{LOCK_OFF} | 堵转保护关断时间 | | 4.4 | 5.5 | 6.6 | s |

LA Semi CONFIDENTIAL

功能描述

LA6101是一个采用全新峰值相电流控制模式的单相直流无刷控制器。其典型的工作原理可由下图波形示意给出，LA6101内部产生与霍尔换向对齐的正弦半波基准电压信号(也可设定成其他任何形状，如方波，梯形波，三角波)，该正弦半波的峰值电压由基准电压SP给定。电机驱动PWM载波频率固定为25kHz，驱动载波PWM占空比的大小变化由相电流的峰值电流采样电压信号SENSE放大12倍与芯片内部正弦半波基准电压波形进行比较得出。通过该控制模式，输出相电流可以被调制成芯片内部设定的正弦波形状。该相电流过零点与霍尔换向点自动会对齐，实现最小的换向抖动和反向负功损耗，从而实现了最佳的静音和效率特性。通过该控制模式，芯片内部设定任何形状的基准电压信号可将输出电机电流调制成对应的形状。同时输入调速PWM的占空比转速调试方式也变得更容易，调速PWM占空比降低，会调制SP电压降低，芯片内部的正弦半波电压信号的峰值将会降低，基准电压信号降低将会对应调制输出相电流降低，从而达到降低速度的目的。



马达输出相电流峰值的由下面的公式设定：

$$I_{MAX_Phase} = DC_{PWM} * \frac{V_{MAXSP}}{12 * R_{Sense}}$$

工作真值表，其中CS为SENSE采样电压放大12倍。

| IN- | IN+ | CS-SP | HIN1 | LIN1 | HIN2 | LIN2 | FG | 工作模式 |
|-----|-----|----------|------|------|------|------|-----|-------------|
| H | L | CS<SP | H | L | L | H | L | OUT1→2 励磁驱动 |
| H | L | 触发 CS>SP | L | L | L | H | L | 续流维持 |
| L | H | CS<SP | L | H | H | L | OFF | OUT2→1 励磁驱动 |
| L | H | 触发 CS>SP | L | H | L | L | OFF | 续流维持 |
| H | L | CS=0 | H | L | L | L | L | 堵转保护状态 |
| L | H | CS=0 | L | L | H | L | OFF | |

1. 最小维持转速或停止模式选择

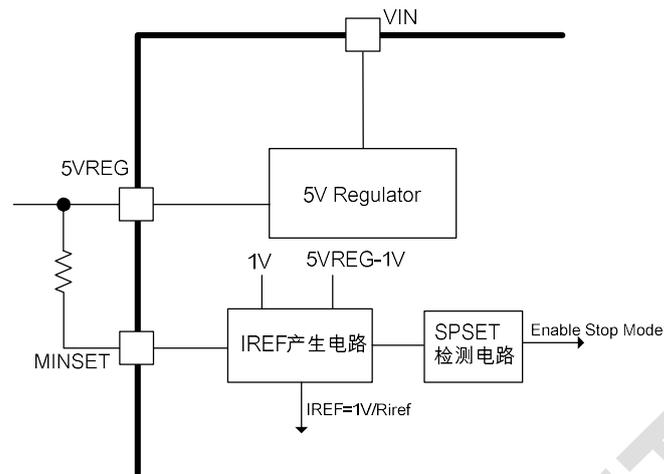


图 1 停转模式设定

连接 MINSET 的电阻到 5VREG(通常该电阻固定为 100kohm 值), 将设定芯片工作在低速停转模式。当 SP 的电压低于设定的 V_{MINSP} 的电压值时, 芯片停止输出驱动信号。

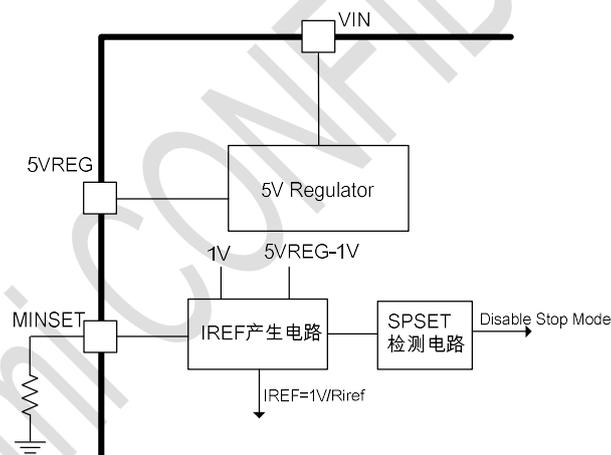


图 2 维持最小转速模式设定

连接 MINSET 的电阻到 GND 即可设定为维持最小转速模式。无论调速 PWM 输入占空比多低, 此时 SP 的电压会被钳位至 V_{MINSP} 设定的电压值, 芯片会维持控制电机工作在于 V_{MINSP} 对应的最小相电流工作状态。

2. 芯片内部基准电流设定

连接在 MINSET 上的电阻将会设定芯片内部的基准电流值大小, 其基准电流设定公式如下。

$$I_{REF} = \frac{1V}{R_{MINSET}}$$

R_{MINSET} 建议采用 100kohm 电阻，以设定 $I_{REF}=10\mu A$ 。

3. 最小和最大转速对应的基准电压设定

芯片控制输出电机相电流的峰值与 SP 的电压成正比关系，SP 电压高低决定了电机相电流峰值的高低。而 SP 的电压值与输入 PWM 占空比成正比关系，满足如下公式：

$$V_{SP} = DC_{PWM} \times V_{MAXSP}$$

其中， V_{MAXSP} 为 MAXSP 引脚设定的最大 SP 基准电压值， DC_{PWM} 为调速 PWM 的输入占空比。

MINSP 引脚外接电阻到 GND 用于设定基准电压 SP 停转或者最小转速维持对应的 SP 电压基准值，MAXSP 引脚用于设定基准电压 SP 的最大值。设定的公式如下。

$$V_{MINSP} = I_{REF} \times R_{MINSP}$$

$$V_{MAXSP} = I_{REF} \times R_{MAXSP}$$

对应的调速曲线如下图所示：

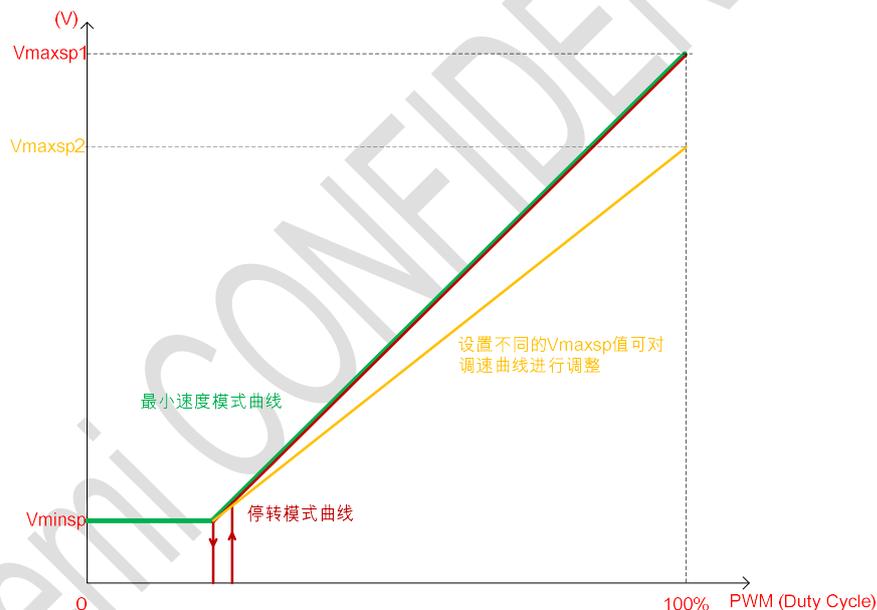


图 3 调速曲线可由 MAXSP，MINSP 进行设定

4. 软启动功能

当芯片上电开始工作时候，会先进入软启动过程以避免产生启动过程电流过冲以及避免低调速 PWM 占空比情况下无法启动的问题。其软启动过程原理如下图 4 所示，启动的时候 SP 电压会从零逐渐升高到 SS 的设定值，然后再向已设定的 PWM 调速的目标 SP 终值过渡，对应于电机相电流峰值与 SP 电压成正比，启动时电机的峰值电流从零之间逐渐增高至 SS 设定的电流值，然后再向调速 PWM 设定的目标对应电机电流值过渡。软启动的 SS 电压值由下公式给定：

$$V_{SS} = I_{REF} \times R_{SS}$$

SP 启动电压的斜率由下面公式给定：

$$\frac{dV_{SS}}{dt} = \frac{2.5\mu A}{C_{SP}}$$

对大多数应用，通常建议 C_{SP} 采用 220nF 电容值即可。

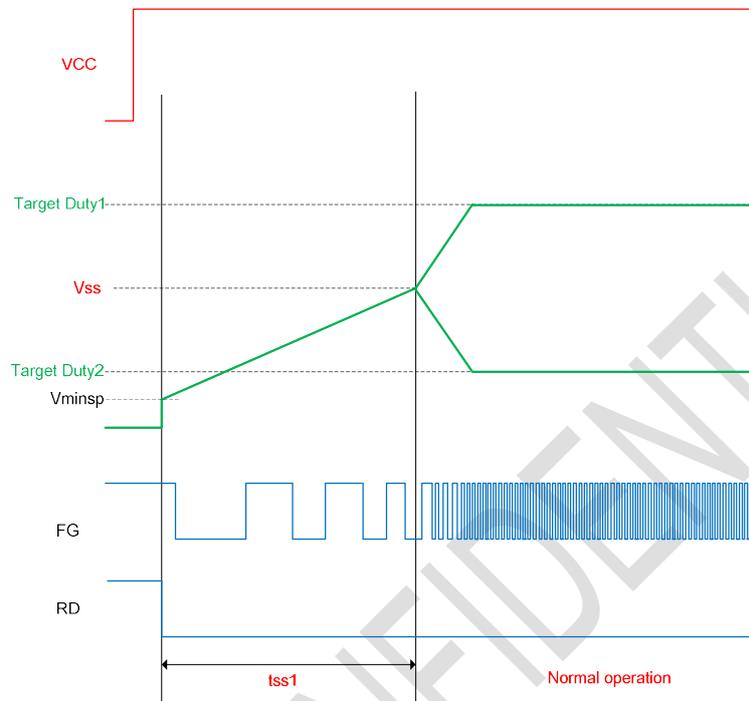


图 5 软启动工作示意图

5. 开启电流采样屏蔽时间设定和驱动载波 PWM 频率

电机的驱动 PWM 载波频率为固定的 25kHz。当 SENSE 引脚检测输出相电流时，需要设定前沿消隐时间以屏蔽功率管开启尖峰导致误检测电流。

$$t_{LEB} = \frac{R_{BLKSET}}{100000} \quad (\mu s)$$

例如， $R_{CPWM}=100k\Omega$ ，屏蔽时间将会被设定为 1 μs 。

6. 软开关时间和电流波形设定功能

SoftSW 引脚用于设定软开关的时间，通过该时间的设定同时也对输出电机电流的波形也进行了设定。当 SoftSW 的时间设定的越短，输出电流波形越趋于全波的方波，SoftSW 时间设定越长，输出电流波形越趋于三角波形。软开关的时间设定公式如下。软开关的时间随 SP 电压成反比关系，SP 电压越低，软开关时间越长，即电机速度越低，软开关时间越长。

$$t_{SOFTSW} = 32 \times 4 \times \frac{3V \times 10pF \times R_{SW}}{V_{SP}}$$

例如，MAXSP 设定为 2V，SoftSW 电阻为 100k，那么该电机在 100% PWM 满速情况下，软开关时间 t_{softsw} 为 192 μs 。

软开关时间的工作波形如下图 6 所示。

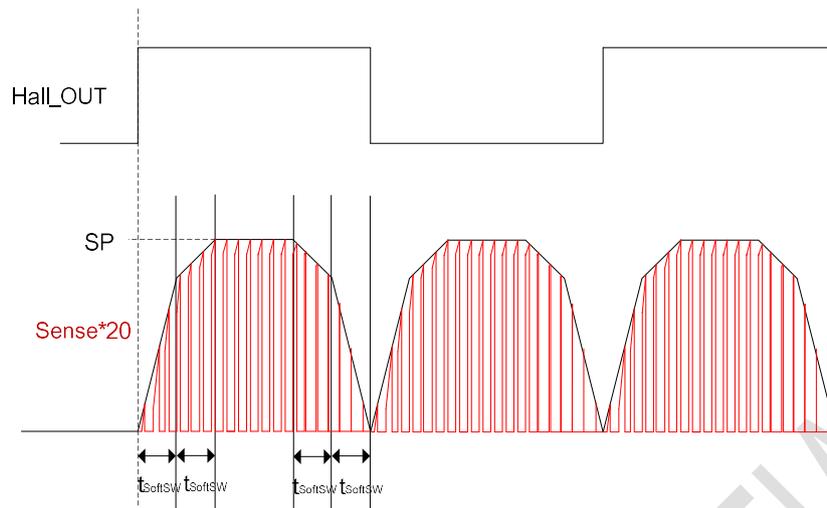


图 6 软开关工作波形

软开关的工作时间与霍尔信号换向点对齐。SoftSW 外接电阻设定内部的振荡器频率，该振荡器频率与 SP 电压成正比关系，如下图 7 所示电路。所以，当 SP 电压越高，振荡器的频率越高，产生的 t_{SoftSW} 的时间就会越短。

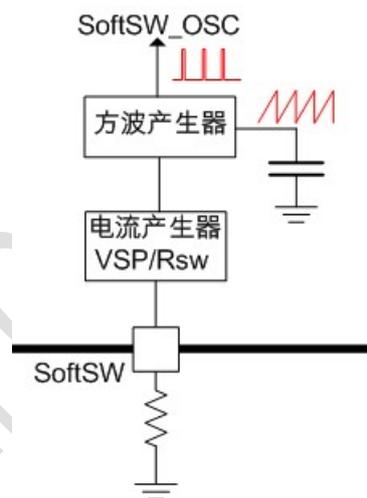


图 7 软开关时间产生电路

7. 堵转保护

芯片内部集成堵转保护以避免过流或过热对系统造成损害。当芯片检测霍尔停止翻转超过 0.7 秒，芯片触发堵转保护状态，输出将会停止工作 5.5 秒。保护时间结束后，LA6101 将会尝试重启电机驱动。如果堵转结束，电机进入正常旋转状态。如果堵转状态维持，则继续检测和保护状态。

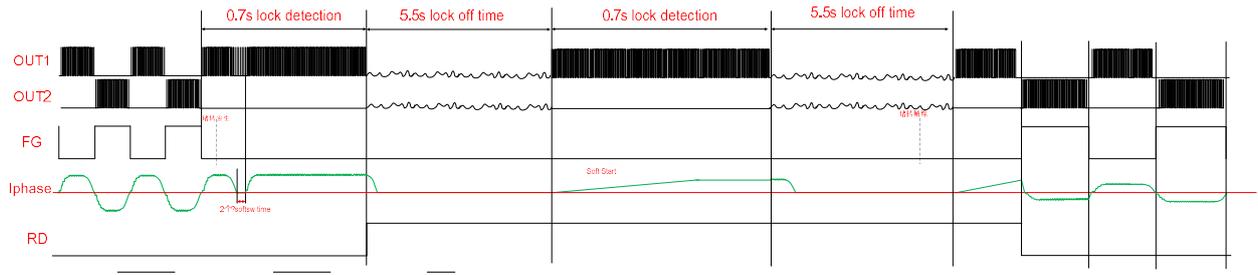


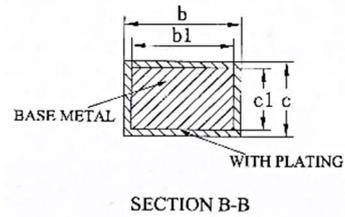
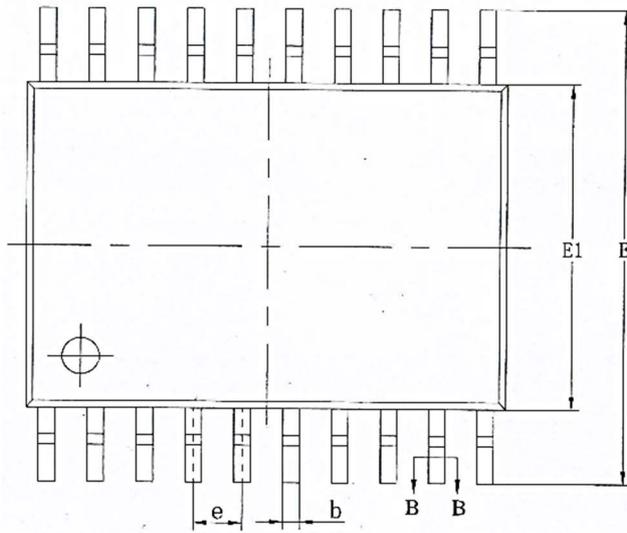
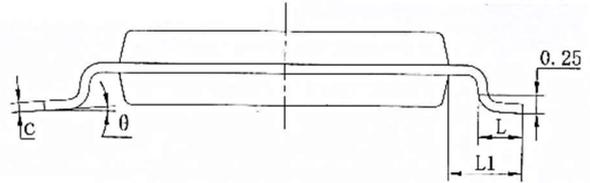
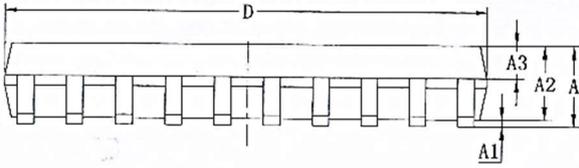
图 8 堵转保护工作波形图

LA Semi CONFIDENTIAL



Detail Package Outline Drawing

TSSOP20L



| SYMBOL | MILLIMETER | | |
|--------|------------|------|------|
| | MIN | NOM | MAX |
| A | — | — | 1.20 |
| A1 | 0.05 | — | 0.15 |
| A2 | 0.80 | 1.00 | 1.05 |
| A3 | 0.39 | 0.44 | 0.49 |
| b | 0.20 | — | 0.28 |
| b1 | 0.19 | 0.22 | 0.25 |
| c | 0.13 | — | 0.17 |
| c1 | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| D | 6.40 | 6.50 | 6.60 |
| E1 | 4.30 | 4.40 | 4.50 |
| E | 6.20 | 6.40 | 6.60 |
| e | 0.65BSC | | |
| L | 0.45 | 0.60 | 0.75 |
| L1 | 1.00REF | | |
| 0 | 0 | — | 8° |