

任意相电流波形控制的高性能单相直流无刷风扇预驱动

LA6100

概述

LA6100 是一颗可输入 PWM 占空比调速控制的单相直流无刷马达预驱动器，可直接驱动外部 PMOS&NMOS 半桥功率级满足各功率等级电机应用。LA6100 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，LA6100 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。

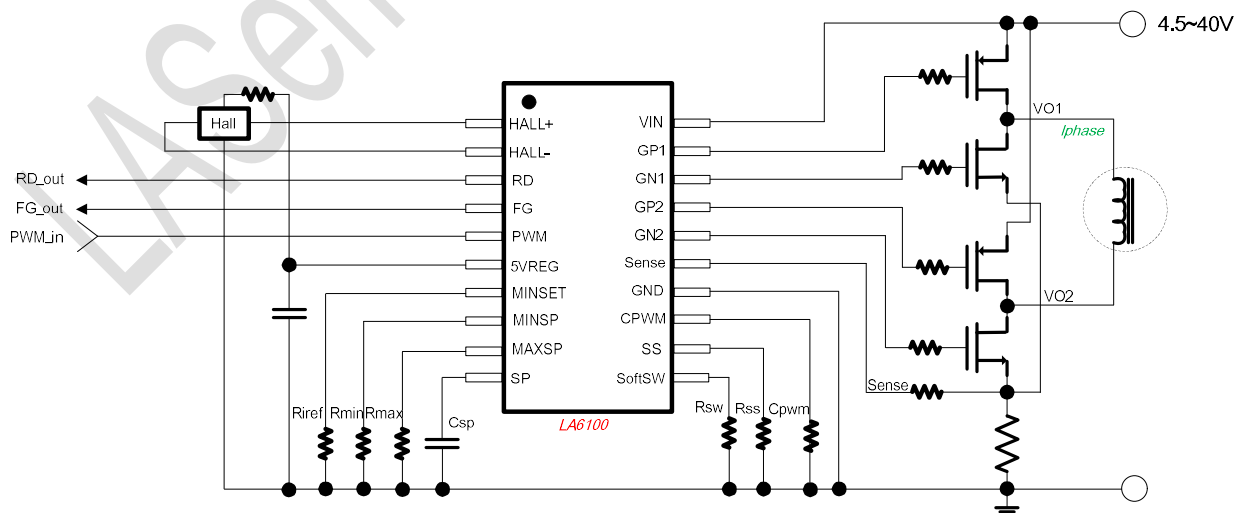


特性

- 单相直流无刷预驱动，可直接驱动外部 PMOS 和 NMOS
- 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
- 集成驱动 PWM 载波频率可设定功能
- 集成过流保护功能 (OCP)
- 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

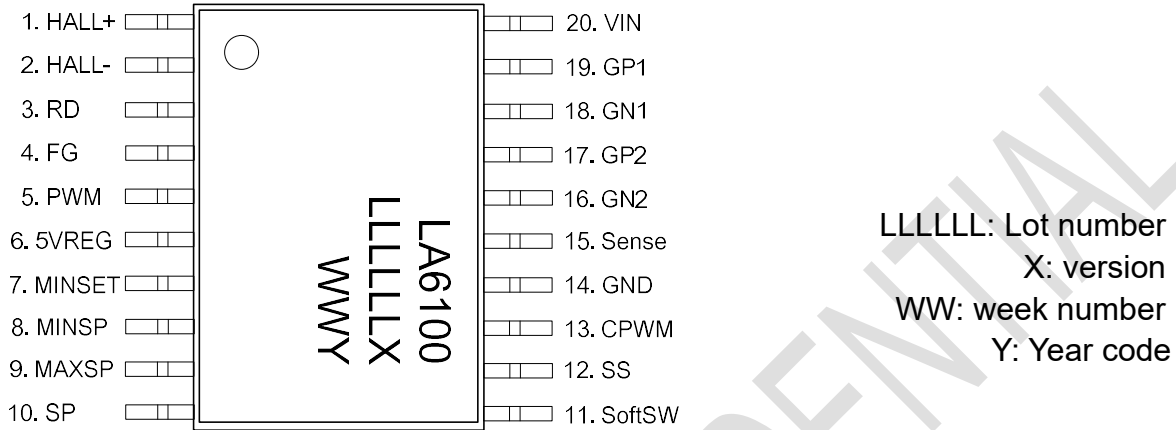
- 单相直流无刷马达/水泵应用



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
LA6100	TSSP20	-40 to 125°C	编带 3000 颗/盘	sales@latticeart.com

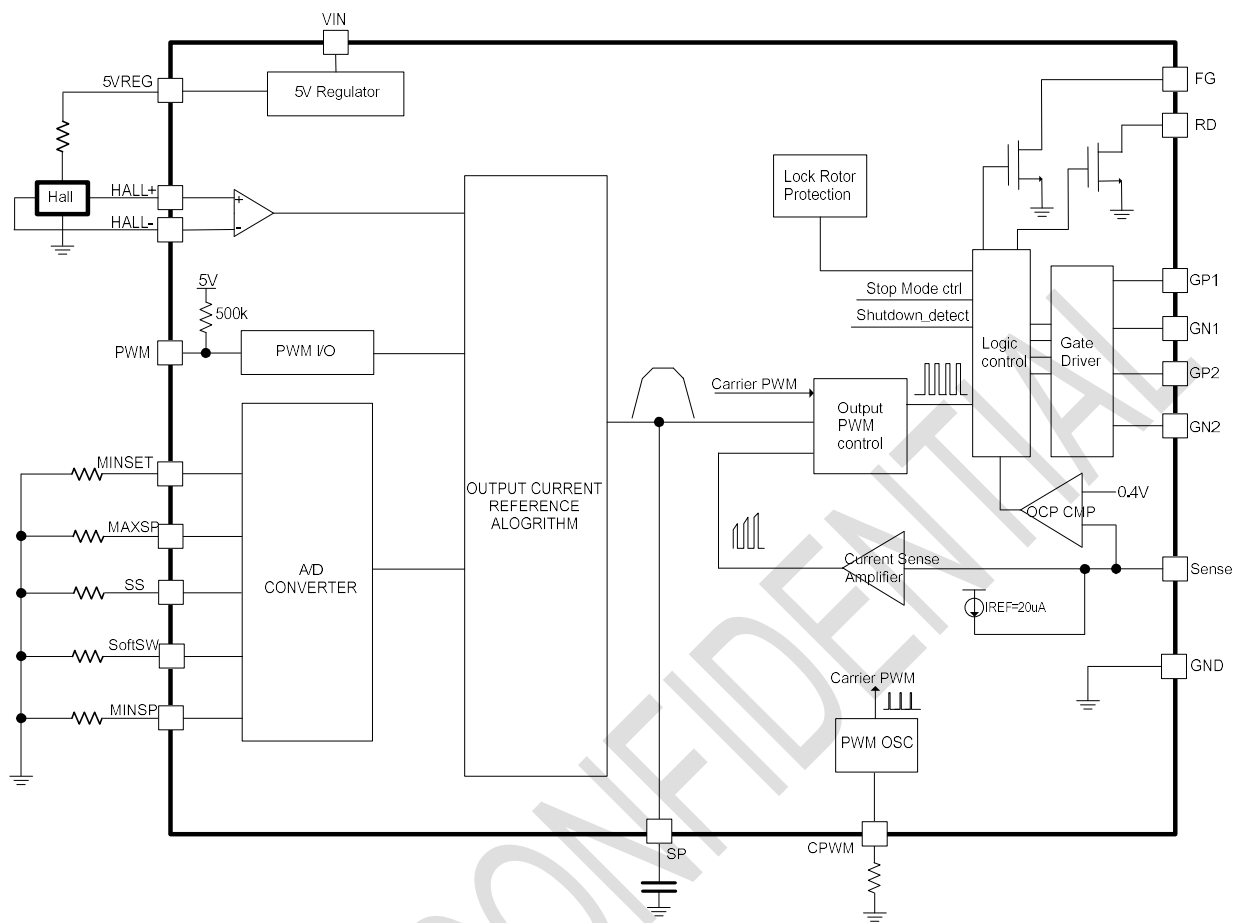
管脚封装



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：设定软启动时间；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	CPWM	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	GN2	外部半桥2的下管NMOS的栅驱动信号
17	GP2	外部半桥2的上管PMOS的栅驱动信号
18	GN1	外部半桥1的下管NMOS的栅驱动信号
19	GP1	外部半桥1的上管PMOS的栅驱动信号
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, CPWM, 5VREG信号引脚	6	V
VSENSE	电流采样输入引脚	-0.6 to 6	V
VGP	PMOS栅驱动输出最大电压范围	VIN-15	V
VGN	NMOS 栅驱动输出最大电压范围	15	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	Power supply pin	8 to 35	V
PWM	PWM speed input	100-500K	Hz
CPWM	Carrier PWM frequency	10k-30k	Hz
TA	Ambient temperature	-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, $CPWM=100\text{kohm}$ 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
IVIN_OP	VIN静态工作电流		1.45	1.7	2	mA
输入部分						
V5VREG	5VREG输出电压		4.6	5	5.3	V
I5VREG_LIM	5VREG输出电流限	5VREG=4.5V		50		mA
VHALL_SEN	霍尔输入迟滞				± 10	mV
VPWM_HIGH	PWM输入高电平		2.6			V
VPWM_LOW	PWM输入低电平				0.8	V



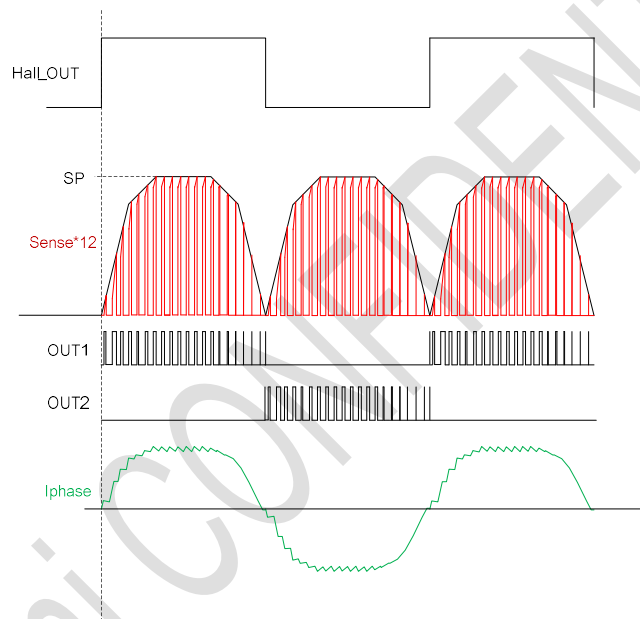
V _{PWM_PULL}	PWM内部上拉电阻		330	400	470	kohm
栅驱动输出部分						
I _{GP_SOURCE}	PMOS栅开启电流	V _{GP} =VIN	90	115	140	mA
I _{GP_SINK}	PMOS栅关断电流	V _{GP} =VIN-8V	150	180	220	mA
V _{PDRV}	PMOS栅驱动电压	VIN=20V	VIN-10	VIN-12	VIN-15	V
I _{GN_SOURCE}	NMOS栅开启电流	V _{GN} =0V	30	40	50	mA
I _{GN_SINK}	NMOS栅关断电流	V _{GN} =8V	30	40	50	mA
V _{NDRV}	NMOS栅驱动电压		9	10	11	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
V _{MAXSP_LIMIT}	MAXSP最高电压设定限制				2.5	V
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
CPWM驱动载波设定						
f _{CPWM}	驱动PWM频率设定值	CPWM=100k	20	25	30	kHz
电流采样功能						
V _{OCP_REF}	OCP检测阈值		370	400	440	mV
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 _{BLK_SENSE}	电流采样检测前沿消隐时间		300	400	500	ns
T _{FLT_OCP}	过流检测采样屏蔽时间			500		ns
T _{OCP_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

功能描述

LA6100是一个采用全新峰值相电流控制模式的单相直流无刷驱动器。其典型的工作原理可由下图波形示意给出，**LA6100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载波频率由外部电阻设定，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	GP1	GN1	GP2	GN2	FG	工作模式
H	L	CS<SP	ON	L	OFF	H	L	OUT1→2 励磁驱动
H	L	触发 CS>SP	OFF	L	OFF	H	L	续流维持
L	H	CS<SP	OFF	H	ON	L	OFF	OUT2→1 励磁驱动
L	H	触发 CS>SP	OFF	H	OFF	L	OFF	续流维持
H	L	CS=0	OFF	L	OFF	L	L	堵转保护状态
L	H	CS=0	OFF	L	OFF	L	OFF	

1. 最小维持转速或停止模式选择

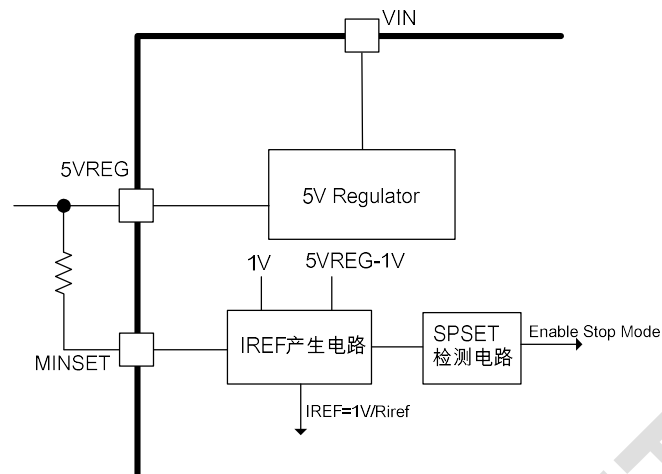


图 1 停转模式设定

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。

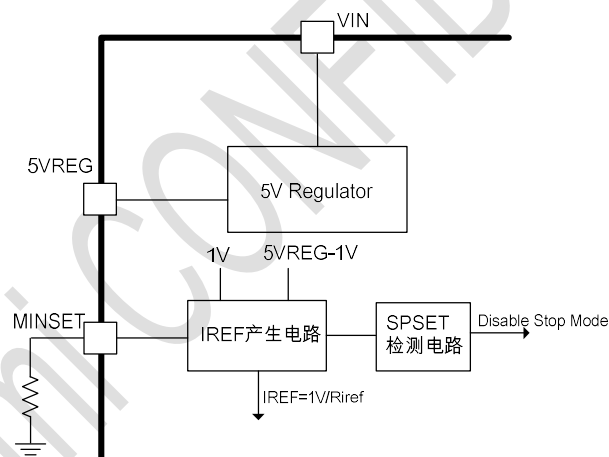


图 2 维持最小转速模式设定

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：

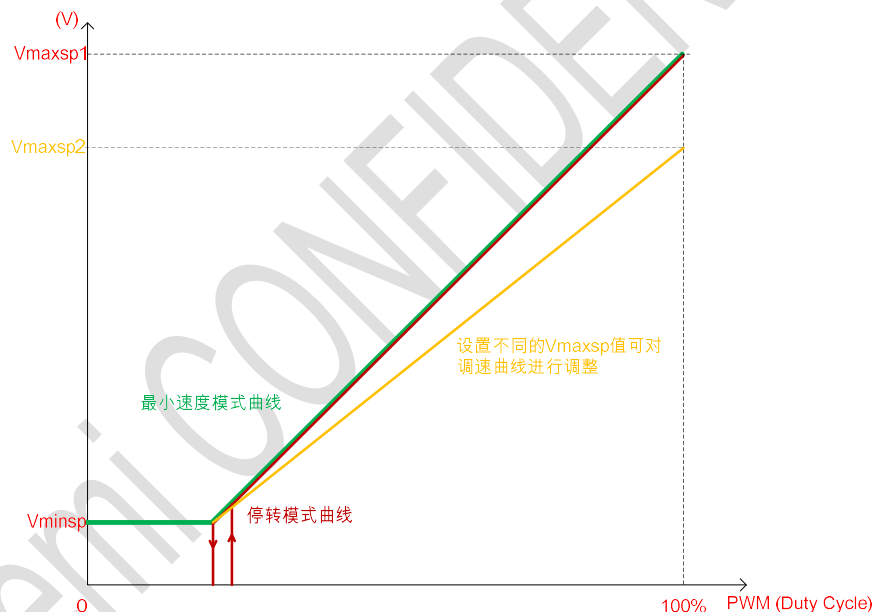


图 3 调速曲线可由 MAXSP，MINSP 进行设定

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。

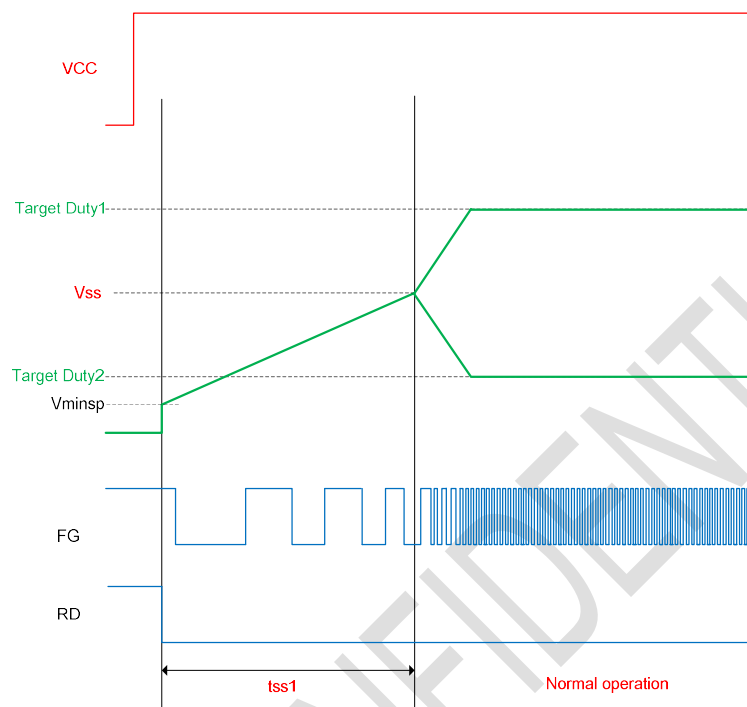


图 5 软启动工作示意图

5. 驱动 PWM 频率设定

电机的驱动 PWM 载波频率由下面公式给定。

$$f_{CPWM} = \frac{25000}{R(\text{kohm})} (\text{KHz})$$

例如， $R_{CPWM}=100\text{kohm}$ ， $f_{CPWM}=25000/100=25\text{kHz}$ ，芯片会按照 25kHz 的驱动 PWM 载波对电机进行驱动。

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 2.5V，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 153.6us。

软开关时间的工作波形如下图 6 所示。

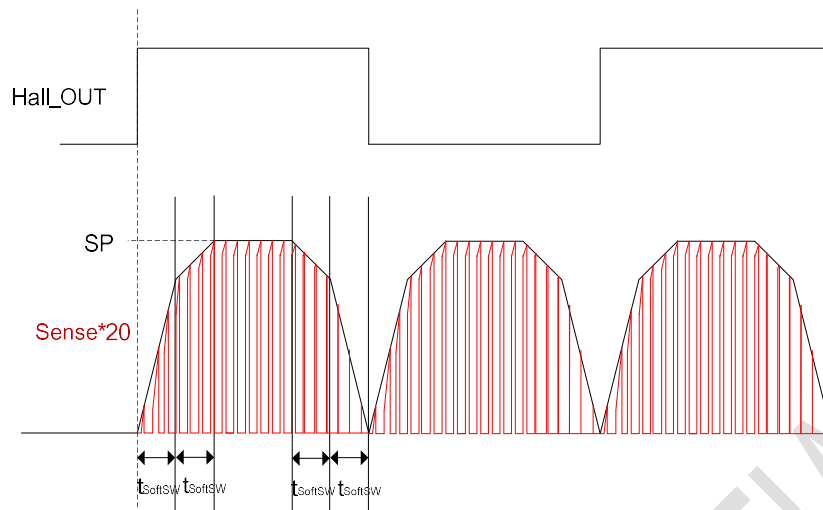


图 6 软开关工作波形

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。

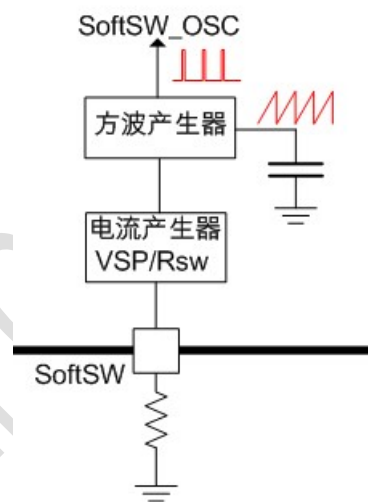


图 7 软开关时间产生电路

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，LA6100 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。

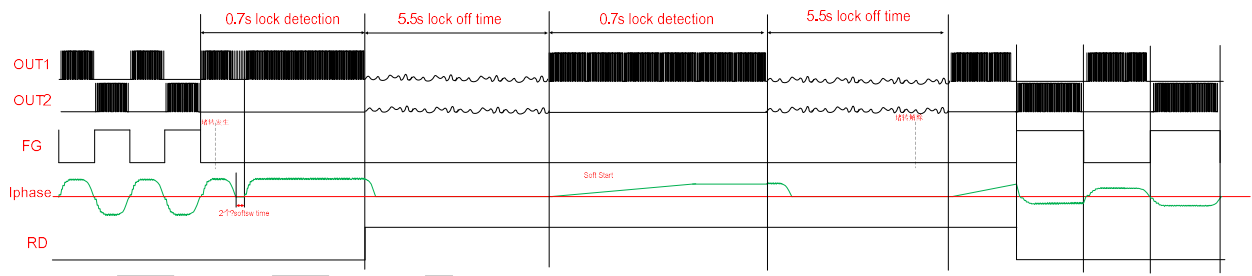


图 8 堵转保护工作波形图

8. 过流保护

芯片内部集成过流保护功能，当发生例如马达短路等异常过流状态时候触发保护。LA6100 检测 SENSE 引脚的电压超过 400mV 持续 500ns 则认为发生了过流状态，此时 LA6100 将关断输出 100ms 时间。100ms 后，LA6100 将会继续尝试正常工作。

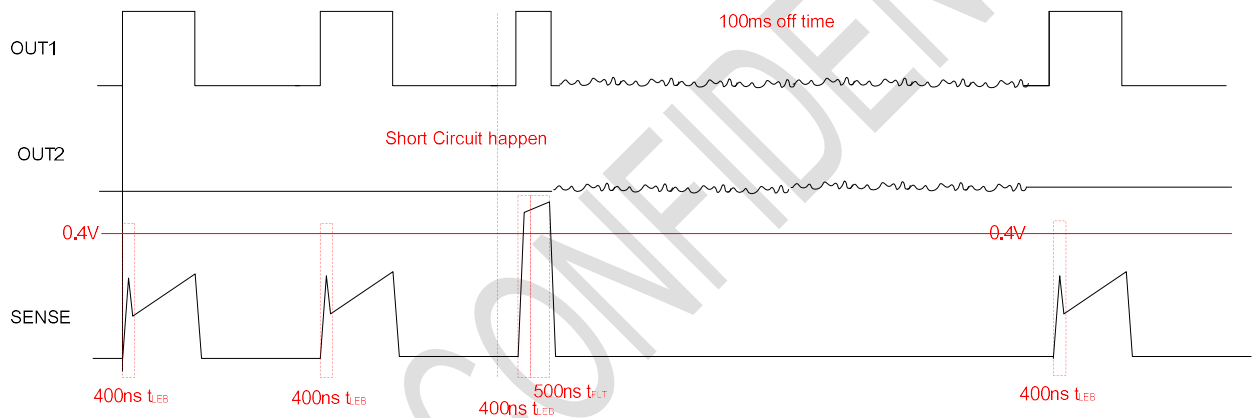
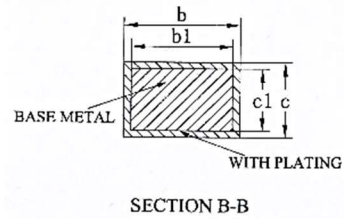
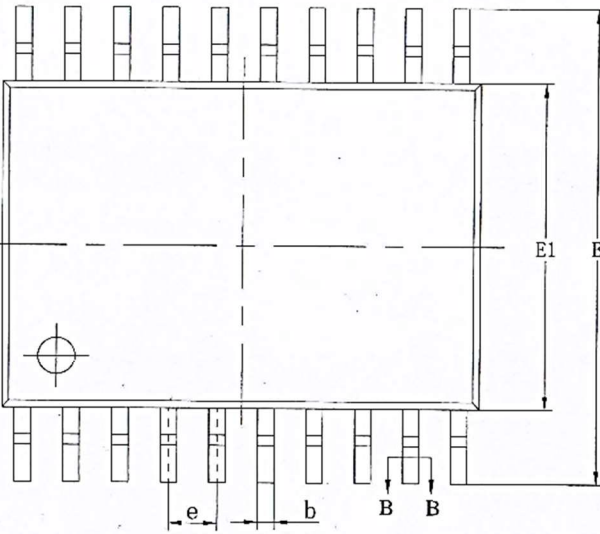
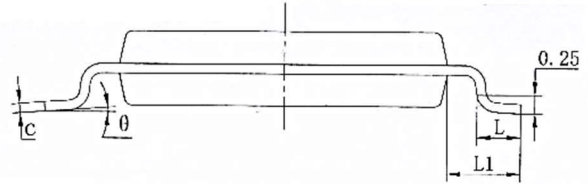
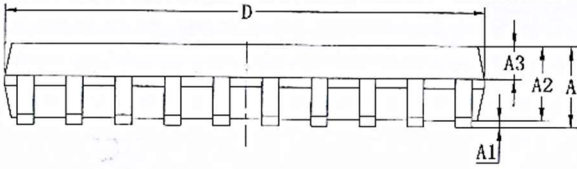


图 9 过流保护工作波形图



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°