



サンケン電気株式会社

3 相 BLDC 电机驱动器集成电路

SI - 6633M

应用手册

2013 年 5 月 Ver.1.3  
MCD 事业部低压电机组

本手册汇总了正在研发的 3 相 BLDC 电机驱动器 SI-6633M 的相关信息。  
本手册中包含临时性的内容，使用时敬请注意。  
本手册内容为日英双语对照，以日文表述为准。  
关于最新信息，请咨询我公司相关部门。

## 〔目录〕

1. 前言 .....	3
2. 特点 .....	3
3. 外形及参考焊盘形状 .....	4
4. 方框图与应用电路示例 .....	5
5. 引脚表 .....	9
6. 绝对最大额定规格 .....	11
7. 推荐工作范围 .....	12
8. 允许损耗 .....	12
9. 电气特性 .....	13
10. 真值表、时序图 .....	16
10.1. 励磁控制输入（霍尔&Logic 输入） .....	16
10.2. STBY 引脚 .....	16
10.3. 输出：FLAG 引脚 .....	17
10.4. FG 信号 .....	17
10.5. 内部 PWM 控制 .....	18
10.6. 外部 PWM 控制 .....	19
10.7. PWM 控制输入 (PWM & Decay) .....	20
10.8. PWM 动作&同步整流动作（Deacy 引脚&SRMD 引脚） .....	21
10.9. 同步整流强制停止功能（仅限 Fast Decay 时） .....	23
10.10. OCP 控制 .....	24
10.11. 电机锁定检测 .....	25
10.12. Enable 引脚&Brake 引脚 .....	26
11. 电路构成（个别电路） .....	27
11.1. STBY_IN .....	27
11.2. Reg (Int.REG1、Int.REG2) .....	27
11.3. Charge Pump .....	27
11.4. UVLO .....	28
11.5. OVP .....	28
11.6. TSD .....	28
11.7. Hall Amp & Comm Logic .....	28

11.8.	FG Gen.....	28
11.9.	Lock Detect.....	29
11.10.	PWM OSC.....	30
11.11.	Internal PWM.....	30
11.12.	External PWM.....	31
11.13.	OC&NV Detect.....	32
11.14.	PWM Control Logic.....	32
11.15.	Gate Drive.....	32
11.16.	OCP Timer.....	32
12.	其他.....	33
12.1.	关于 PWM 功能.....	33
12.2.	关于过热保护功能.....	33
12.3.	关于过电流保护功能 (OCP).....	33
12.4.	关于过电压保护功能 (OVP).....	34
12.5.	关于诊断结果输出引脚 (Flag).....	34
12.6.	关于逻辑输入输出引脚.....	34
12.7.	关于保护电路动作.....	35
12.8.	其他注意事项.....	35
13.	引脚部内部电路.....	36
14.	评估数据.....	37
14.1.	工作波形.....	37
14.2.	发热特性.....	38
14.3.	线性.....	39
15.	标记规格.....	40
16.	包装规格.....	41
16.1.	出货形态、使用材料、卷数.....	41
16.2.	编带材料.....	41
16.3.	编带拉出图.....	42
16.4.	材料尺寸 (图纸).....	43
16.4.1.	压纹胶带.....	43
16.4.2.	卷轮.....	43
16.5.	保管条件.....	44
17.	评估板布线图.....	45
18.	规格注意事项.....	46

## 1. 前言

SI-6633M 的研发定位是额定电流为 2A (DC)/4A (peak) 的 3 相无刷电机驱动集成电路。  
在 1 个芯片/封装中搭载输出元件及其前置驱动、PWM 控制功能、保护功能等，最大可支持 30V 的电机电源电压。

## 2. 特点

- 工作电源电压范围  $V_{BB}=10\sim30V$
- 搭载功率器件，正常额定输出电流  $I_{OUT}=2A (DC)/4A (peak)$
- 霍尔元件输入
- 搭载下述电流控制功能
  - 峰值电流控制型固定频率 PWM (内部 PWM)
  - 基于速度控制信号 (模拟信号) 的 PWM 控制 (外部 PWM)
  - 基于逻辑输入的 PWM 控制 (逻辑 PWM)
- 搭载各种保护功能
  - 过电流保护
  - 过电压保护
  - 过热保护
  - 低电压工作保护
  - 电机锁定检测
- ※ 备有保护功能工作时的报警输出引脚
- 备有霍尔输入的状态迁移生成的旋转信号输出引脚 (FG)
- 搭载同步整流功能，可降低功率损耗
- 搭载同步整流工作 (active/passive) 的切换功能
- 待机模式

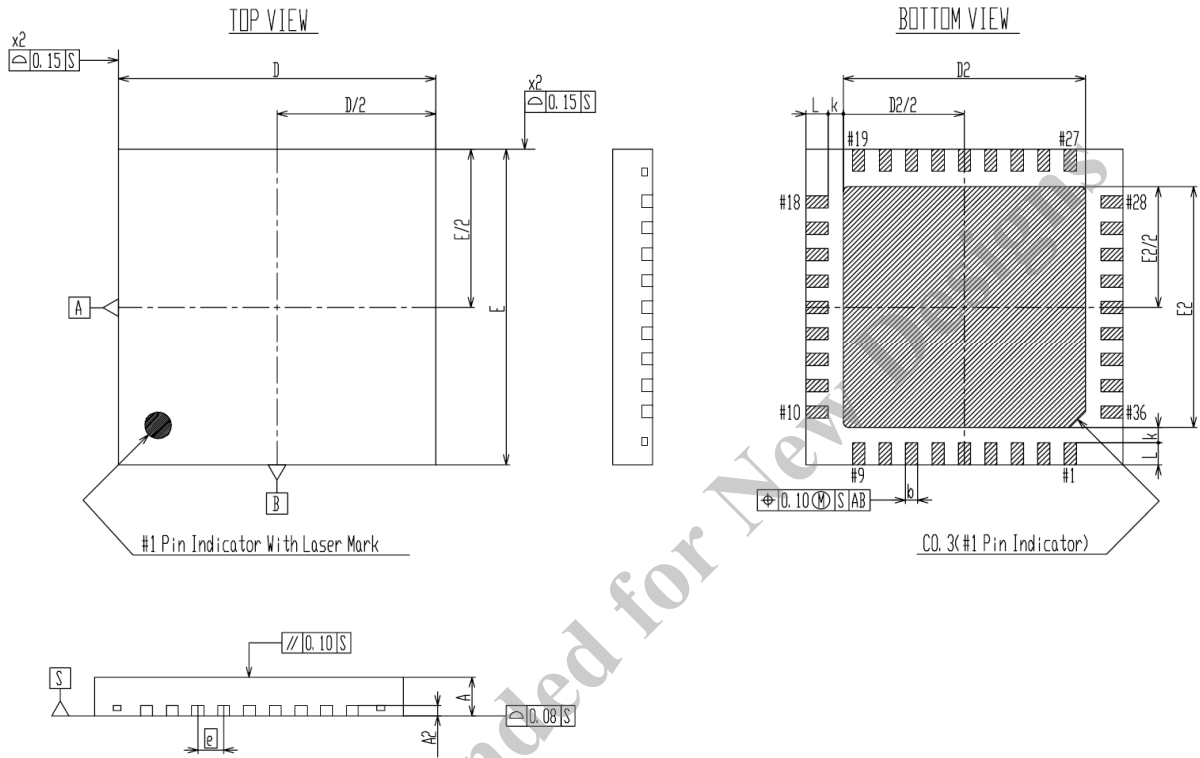
※设计时力求通过各种保护功能，避免异常状态下产品受到破坏，但无法保证保护功能可防止产品受到损坏。

请在置位设计时，尽量注意避免异常状态的发生。

### 3. 外形及参考焊盘形状

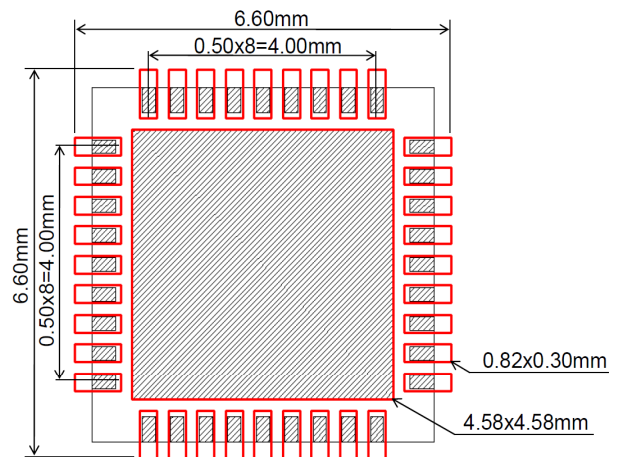
单位: mm

带散热焊盘的 QFN36Pin 封装



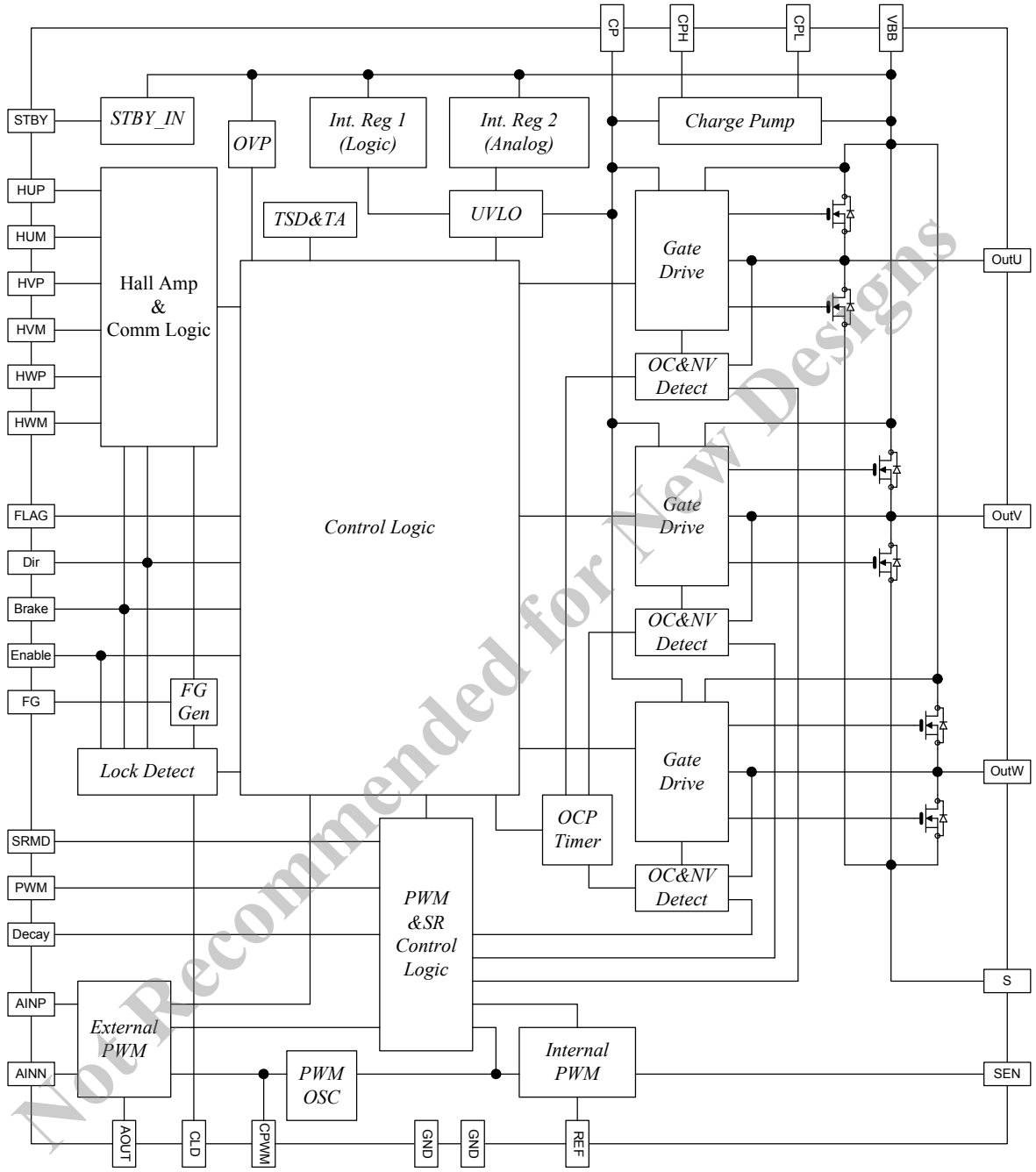
参考焊盘形状 (红线部分)

SYMBOL	COMMON DIMENSIONS		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A2	0.20 REF.		
b	0.18	0.23	0.28
D	5.90	6.00	6.10
D2	4.43	4.58	4.73
E	5.90	6.00	6.10
E2	4.43	4.58	4.73
e	0.50 BSC.		
k	0.25	—	—
L	0.32	0.42	0.52

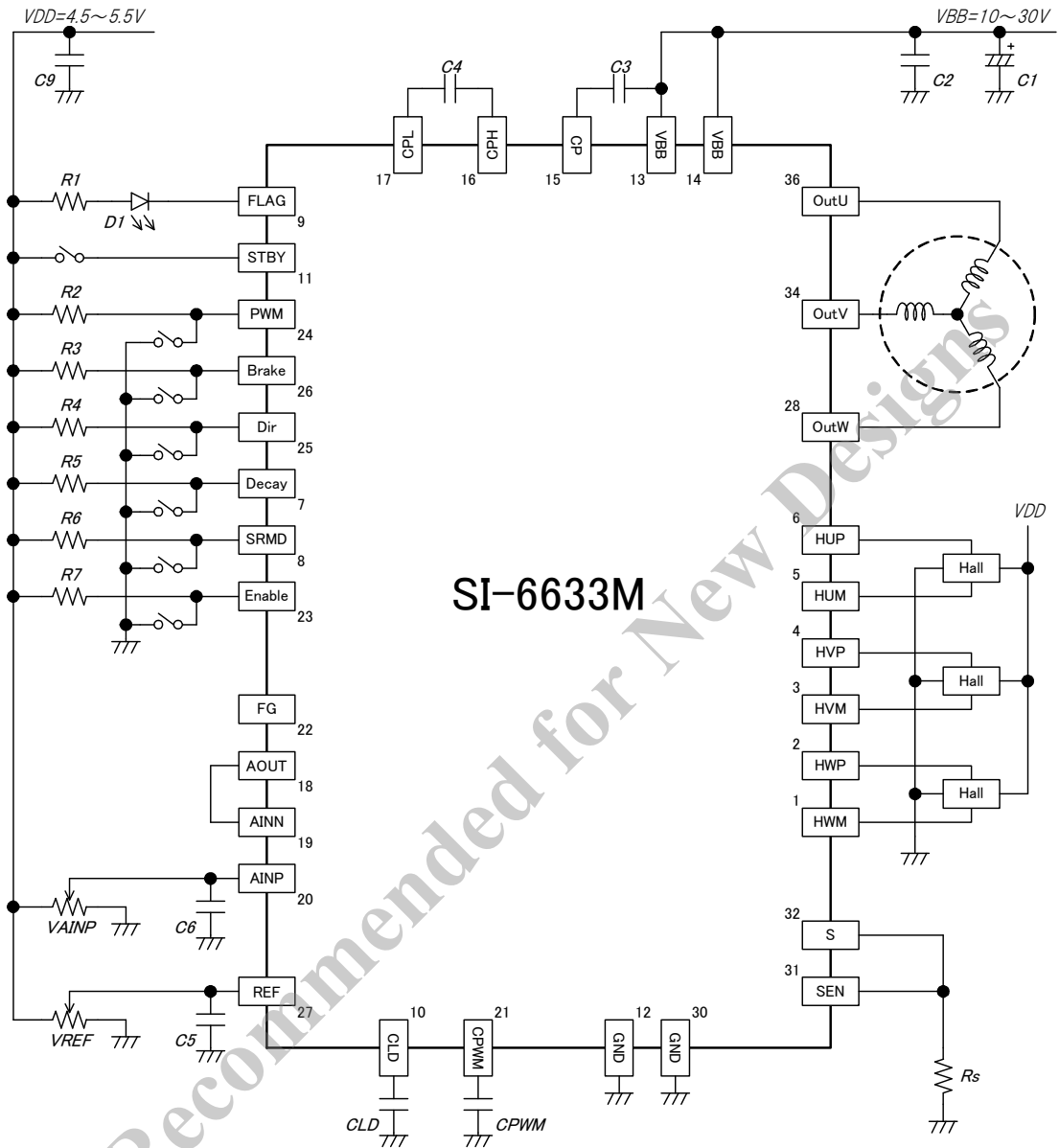


### 4. 方框图与应用电路示例

电路方框图



应用电路示例—霍尔元件输入时



SI-6633M

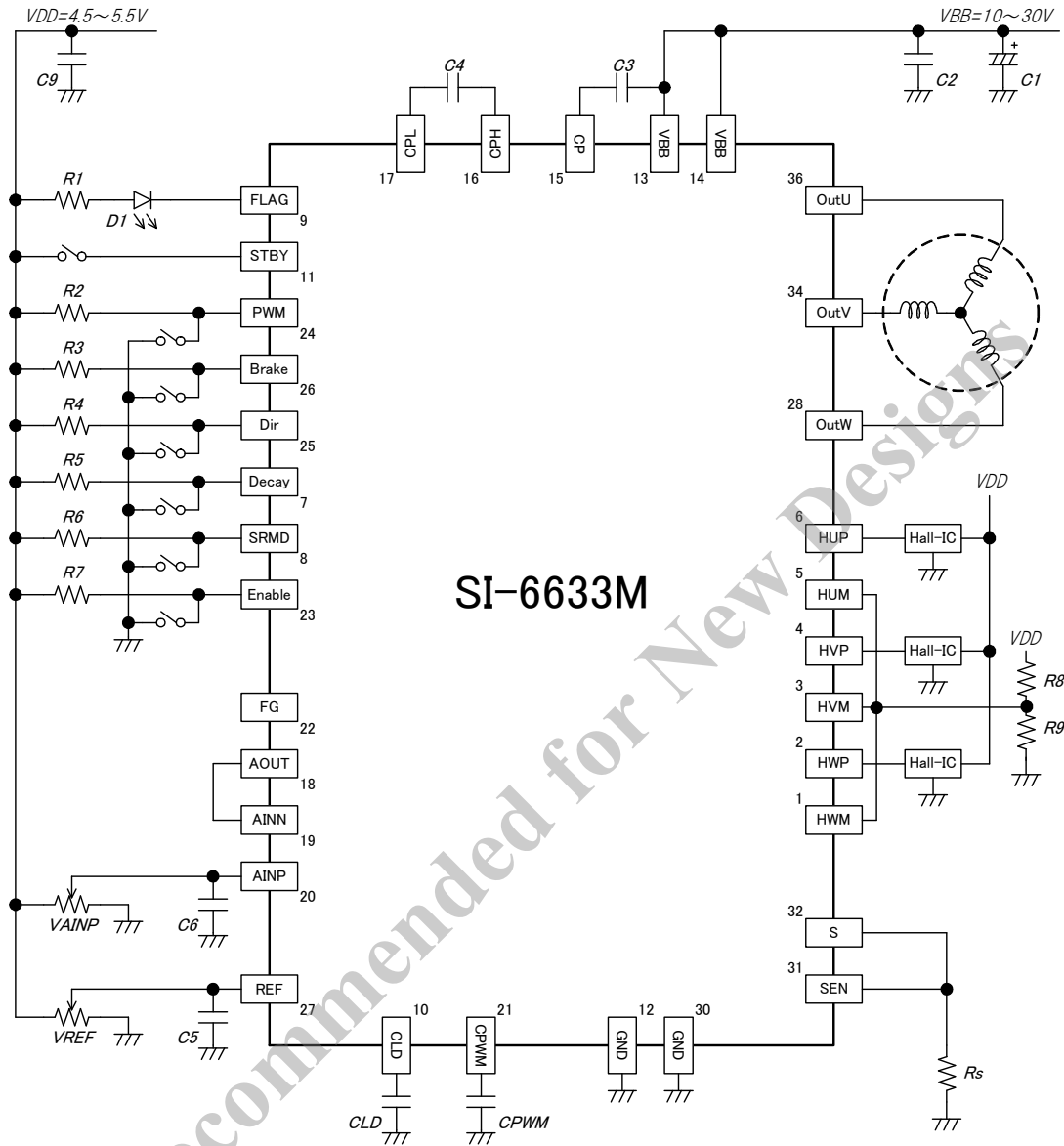
参考常数

C1 : 100 $\mu$ F/50V	R1 : 1k $\Omega$	CLD <sup>*1</sup> : 0.1 $\mu$ F
C2 <sup>*1</sup> : 0.1 $\mu$ F/50V	R2 : 10k $\Omega$	CPWM <sup>*1</sup> : 1000pF
C3 : 0.1 $\mu$ F/16V	R3 : 10k $\Omega$	Rs <sup>*1*2</sup> : 0.1 $\Omega$
C4 : 0.1 $\mu$ F/50V	R4 : 10k $\Omega$	
C5 : (option)	R5 : 10k $\Omega$	
C6 : (option)	R6 : 10k $\Omega$	
	R7 : 10k $\Omega$	

※1: 尽量连接在 IC 附近。

※2: 特别要注意损耗。

应用电路示例—霍尔 IC 输入时



SI-6633M

参考常数

C1 : 100μF/50V	R1 : 1kΩ	R8 : 10kΩ
C2 <sup>*1</sup> : 0.1μF/50V	R2 : 10kΩ	R9 : 10kΩ
C3 : 0.1μF/16V	R3 : 10kΩ	CLD <sup>*1</sup> : 0.1μF
C4 : 0.1μF/50V	R4 : 10kΩ	CPWM <sup>*1</sup> : 1000pF
C5 : (option)	R5 : 10kΩ	Rs <sup>*1*2</sup> : 0.1Ω
C6 : (option)	R6 : 10kΩ	
	R7 : 10kΩ	

※1: 尽量连接在 IC 附近。

※2: 特别要注意损耗。

☆请特别注意  $V_{DD}$  线的噪声。

$V_{DD}$  线的噪声达到 0.5V 以上时，可能会导致产品误动作，请在 GND 布线时千万注意。

从产品 GND 部将  $V_{DD}$  系 GND (S-GND) 和  $V_{BB}$  系 GND (P-GND) 分离有减少噪声的效果。

☆应用电路示例可同时作为评估板电路图。

*Not Recommended for New Designs*

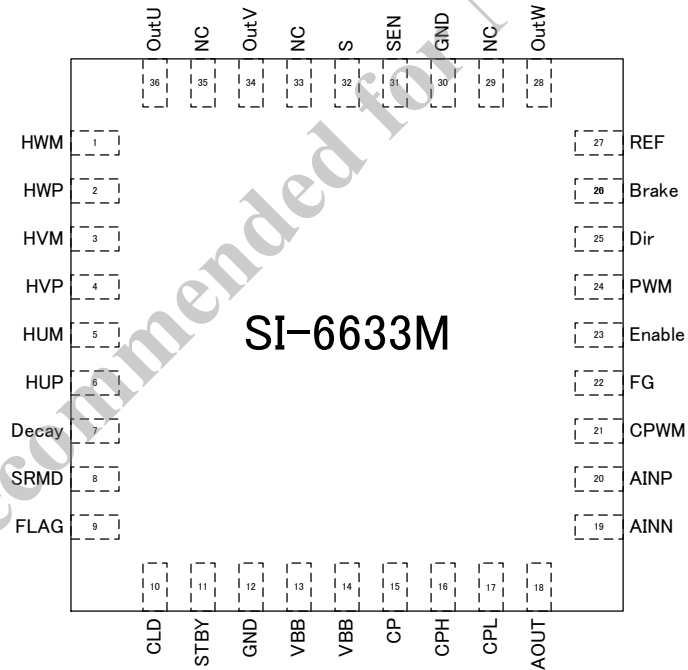


## 5. 引脚表

No	引脚名	引脚功能
1	HWM	霍尔元件输入引脚 W-
2	HWP	霍尔元件输入引脚 W+
3	HVM	霍尔元件输入引脚 V-
4	HVP	霍尔元件输入引脚 V+
5	HUM	霍尔元件输入引脚 U-
6	HUP	霍尔元件输入引脚 U+
7	Decay	电流再生方式设定引脚
8	SRMD	同步整流动作选择 (active 或 passive)
9	FLAG	异常检测输出引脚
10	CLD	锁定检测保护时间设定引脚
11	STBY	待机控制输入引脚
12	GND	产品 GND
13	VBB	电机电源及主电源引脚
14	VBB	电机电源及主电源引脚
15	CP	充电泵充电用电容引脚
16	CPH	充电泵抽取用电容引脚 High
17	CPL	充电泵抽取用电容引脚 Low
18	AOUT	放大器输出 & 100% ON 指示输入引脚
19	AINN	放大器输入负极
20	AINP	放大器输入正极
21	CPWM	PWM 频率设定引脚
22	FG	FG 信号输出
23	Enable	锁定计数器复位 & Enable 信号输入引脚

No	引脚名	引脚功能
24	PWM	外部 PWM 控制逻辑信号输入
25	Dir	旋转方向设定引脚
26	Brake	制动输入引脚
27	REF	内部 PWM 电流设定引脚
28	OutW	W 相输出引脚
29	N.C.	No Connection
30	GND	产品 GND
31	SEN	电流检测输入引脚
32	S	源极引脚
33	N.C.	No Connection
34	OutV	V 相输出引脚
35	N.C.	No Connection
36	OutU	U 相输出引脚

※请将 GND 引脚与 VBB 引脚都连接到各电源线。



## 6. 绝对最大额定规格

没有特别说明时,  $T_j=+25^{\circ}\text{C}$

项目	符号	条件	规格值	单位
电源电压	$V_{\text{BB}}$		38	V
输出电压	$V_{\text{OUT}}$		$V_{\text{BB}}$	V
输出电流 <sup>(※)</sup>	$I_{\text{OUT(Ave)}}$		$\pm 2$	A
	$I_{\text{OUT(Peak)}}$	$t_w < 500\text{msec}/\text{Duty} < 10\%$	$\pm 4$	A
逻辑输入电压	$V_{\text{IN(Logic)}}$		-0.3~5.5	V
模拟输入电压	$V_{\text{IN(Analog)}}$		-0.3~6	V
检测电压	$V_{\text{SENSE}}$		$\pm 0.5$	V
封装允许损耗	PD	三垦评价基板	2.9	W
最高结温	$T_j$		150	$^{\circ}\text{C}$
保存温度	$T_{\text{stg}}$		-40~150	$^{\circ}\text{C}$
工作环境温度	$T_A$		-20~85	$^{\circ}\text{C}$

(※) 输出电流值可能受占空比、环境温度和散热条件的限制。  
在任何情况下都不可超过最高结温 ( $T_j=150^{\circ}\text{C}$ )。

峰值电流为设计保证值。

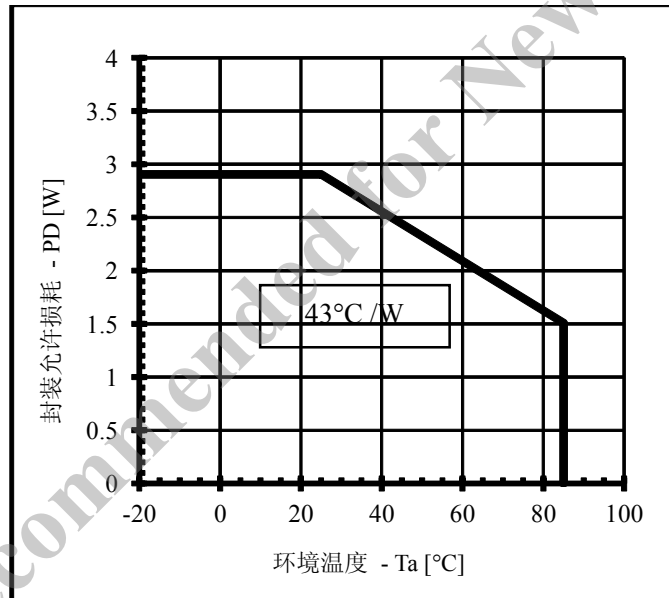
## 7. 推荐工作范围

项目	符号	规格值	单位	备注
电源电压	$V_{BB}$	10~30	V	正常工作时
逻辑输入电压	$V_{IN(Logic)}$	0~5.5	V	
模拟输入电压	$V_{IN(Analog)}$	0~5.5	V	Ref 除外
Ref 输入电压	$V_{Ref}$	0.5~5.5	V	低于 0.5V 时, 电流控制精度会大幅下降
检测电压	$V_{SEN}$	$\pm 0.5$	V	
封装温度	$T_C$	105	$^{\circ}C$	
工作环境温度	$T_A$	-20~85	$^{\circ}C$	

注) 尤其是输出电流在推荐工作范围以上、绝对最大额定以下使用时, 必须参照以下热设计数据及应用手册的基础上, 进行充分的评估验证, 以保证不会超出其他额定值。

## 8. 允许损耗

封装使用时的降额



※使用 SK 评估基板时

## 9. 电气特性

(无特殊情况时,  $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{BB}}=24\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$ )

项目	符号	额定值 (Limit)			单位	条件	
		Min.	Typ.	Max.			
主电源电压范围	$V_{\text{BB}}$	10	-	$V_{\text{BBOV}}$	V	电机驱动时	
充电泵输出电压	$V_{\text{CP}}$	6	7.5	9	V	输出 Disable、CP~VBB 引脚间电压	
充电泵振荡频率	$f_{\text{CP}}$	90	120	150	kHz		
主电源电流	$I_{\text{BB}}$	5	10	15	mA	输出 Disable	$V_{\text{BB}}=38\text{V}$
	$I_{\text{BBSTBY}}$	-	100	500	$\mu\text{A}$	$V_{\text{STBY}}=2.5\text{V}$	
Out 引脚漏电流	$I_{\text{OLKL}}$	-200	-100	-50	$\mu\text{A}$	$V_{\text{BB}}=38\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT}}=0\text{V}$	
	$I_{\text{OLKH}}$	50	100	200	$\mu\text{A}$	$V_{\text{BB}}=V_{\text{OUT}}=38\text{V}$	
输出 MOSFET 导通阻抗	$R_{\text{DS(on)}}$	0.1	0.2	0.3	$\Omega$	$I_{\text{DS}}=2.0\text{A}$ 、S 引脚 GND 连接	
输出 MOSFET 二极管正向压降	$V_{\text{SD}}$	0.8	1.1	1.4	V	$I_{\text{SD}}=2.0\text{A}$	
STBY 引脚输入电压	$V_{\text{STBYL}}$	0	-	0.8	V		
	$V_{\text{STBYH}}$	2.5	-	$V_{\text{DD}}$	V		
	$\Delta V_{\text{STBY}}$	0.1	0.25	0.4	V	滞后宽度	
STBY 引脚输入电流	$I_{\text{STBYL}}$	0	$\pm 1$	$\pm 10$	$\mu\text{A}$		
	$I_{\text{STBYH}}$	20	50	100	$\mu\text{A}$	$V_{\text{STBY}}=5\text{V}$	
逻辑输入电压	$V_{\text{INPL}}$	0	-	0.8	V	Enable、Brake、Dir、SRMD、Decay、PWM	
	$V_{\text{INPH}}$	3.5	-	$V_{\text{DD}}$	V		
	$\Delta V_{\text{INP}}$	1	1.5	2	V		
逻辑输入电流	$I_{\text{INPL}}$	0	$\pm 1$	$\pm 10$	$\mu\text{A}$	$V_{\text{IN}}=0\text{V}$	
	$I_{\text{INPH}}$	0	$\pm 1$	$\pm 10$	$\mu\text{A}$	$V_{\text{IN}}=5.5\text{V}$	
REF 引脚输入电流	$I_{\text{REF}}$	-5	-0.5	1	$\mu\text{A}$	$V_{\text{REF}}=0\sim 5.5\text{V}$	
REF 引脚输入电压范围	$V_{\text{REF}}$	0.5	-	5.5	V		
SEN 引脚输入电流	$I_{\text{SEN}}$	0	$\pm 2.5$	$\pm 10$	$\mu\text{A}$	$V_{\text{SEN}}=0\sim 0.5\text{V}$	
电流检测电压比	$V_{\text{SEN}}/V_{\text{REF}}$	-10	-	10	%	$V_{\text{REF}}=5.5\text{V}$	
电流检测滤波时间	$t_{\text{LPFSEN}}$	0.6	1.8	3	$\mu\text{s}$		
CPWM 引脚阈值电压	$V_{\text{CPWML}}$	1.1	1.5	1.9	V		
	$V_{\text{CPWMH}}$	3	3.5	4	V		
CPWM 引脚振荡频率	$f_{\text{CPWM}}$	15	25	35	kHz	$C_{\text{PWM}}=1000\text{pF}$	
CLD 引脚振荡频率	$f_{\text{CLD}}$	54	64	74	Hz	$C_{\text{LD}}=0.1\mu\text{F}$	

- 请将 Typ 数据作为设计信息使用。
- 电流从产品流出的方向为一（负）方向

电气特性（续）（无特殊情况时， $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{BB}}=24\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$ ）

项目	符号	额定值 (Limit)			单位	条件	
		Min.	Typ.	Max.			
主电源电压范围	$V_{\text{BB}}$	10	-	$V_{\text{BBOV}}$	V	电机驱动时	
充电泵输出电压	$V_{\text{CP}}$	6	7.5	9	V	输出 Disable、CP~VBB 引脚间电压	
充电泵振荡频率	$f_{\text{CP}}$	90	120	150	kHz		
AIN 引脚输入电流	$I_{\text{AIN}}$	-1	-0.5	1	$\mu\text{A}$	AINP、AINN 引脚、 $V_{\text{AIN}}=0\sim 5.5\text{V}$ AINP、AINN pin, $V_{\text{AIN}}=0\sim 5.5\text{V}$	
AOUT 引脚允许阈值电压	$V_{\text{AOENA}}$	-	1.2	$V_{\text{CPWML}}$	V	AOUT 引脚电压上升时	
	$V_{\text{AOENAhys}}$	0.05	0.1	0.15	V	滞后宽度	设计保证
AOUT 引脚最大输出电压	$V_{\text{AOUTH}}$	$V_{\text{CPWMH}}$	4	4.45	V	输出 PWM 工作时	
AOUT 引脚外加电压范围	$V_{\text{AOUTEI}}$	4.5	-	5.5	V	输出 100% ON	
AOUT 引脚最大输出电流	$I_{\text{AOUT}}$	7.5	-	-	mA	$V_{\text{AOUT}}=0\text{V}$	
AOUT 引脚下拉电阻值	$R_{\text{AOUT}}$	25	32.5	40	k $\Omega$	$V_{\text{AOUT}}=2.5\text{V}$	
Flag 输出引脚导通电压	$V_{\text{FLAG(ON)}}$	0.1	0.2	0.5	V	$I_{\text{FLAG}}=2\text{mA}$	FLAG
Flag 输出引脚漏电流	$I_{\text{FLAG(OFF)}}$	0	-	20	$\mu\text{A}$	$V_{\text{FLAG}}=5.5\text{V}$	
FG 输出引脚导通电压	$V_{\text{FG(ON)}}$	0.1	0.2	0.5	V	$I_{\text{FG}}=2\text{mA}$	FG
FG 输出引脚漏电流	$I_{\text{FG(OFF)}}$	0	-	20	$\mu\text{A}$	$V_{\text{FG}}=5.5\text{V}$	

- 请将 Typ 数据作为设计信息使用。
- 电流从产品流出的方向为一（负）方向

电气特性（续）（无特殊情况时， $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{BB}}=24\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$ ）

项目	符号	额定值 (Limit)			单位	条件	
		Min.	Typ.	Max.			
VBB 低电压保护阈值电压	$V_{\text{BBUVH}}$	7	7.5	9	V	$V_{\text{BB}}$ 电压上升时	$V_{\text{CP}}=V_{\text{BB}}+7\text{V}$
	$V_{\text{BBUVhys}}$	0.1	0.3	0.5	V	滞后宽度	
过电压保护开始电压	$V_{\text{BBOV}}$	34	35	37.5	V	$V_{\text{BB}}$ 电压上升时	电机驱动停止
	$V_{\text{BBOVhys}}$	1.5	2	2.5	V	滞后宽度	
过电流检测电压	$V_{\text{OCPLS}}$	1	1.3	1.5	V	OUT~GND 间电压、Low Side 检测	
	$V_{\text{OCPHS}}$	0.7	1.0	1.3	V	VBB~OUT 间电压、High Side 检测	
过电流检测滤波时间	$t_{\text{LPFOC}}$	-	0.6	$t_{\text{LPFSEN}}$	$\mu\text{s}$		
热保护电路工作温度	$T_{\text{TSD}}$	150	165	-	$^{\circ}\text{C}$	温度上升时	设计保证
	$\Delta T_{\text{TSD}}$	-	50	-	$^{\circ}\text{C}$	滞后宽度	
过热报警工作温度	$T_{\text{TA}}$	-	120	-	$^{\circ}\text{C}$	温度上升时	
	$\Delta T_{\text{TA}}$	-	10	-	$^{\circ}\text{C}$	滞后宽度	
输入输出间传导延迟时间	$t_{\text{PDON}}$	-	2.3	-	$\mu\text{s}$	HALL 输入→输出ON	
	$t_{\text{PDOFF}}$	-	2.1	-	$\mu\text{s}$	HALL 输入→输出OFF	
	$t_{\text{PDPWMON}}$	-	1.1	-	$\mu\text{s}$	PWM 输入→输出ON	
	$t_{\text{PDPWMOFF}}$	-	0.9	-	$\mu\text{s}$	PWM 输入→输出OFF	
OUT 引脚死区时间	$t_{\text{DEAD}}$	100	300	800	ns		
霍尔输入电流	$I_{\text{HALL}}$	-2	-0.5	1	$\mu\text{A}$	$V_{\text{IN}}=0.2\sim 4.2\text{V}$	
共模输入电压范围	$V_{\text{CMR}}$	0.2	-	3.5	V		
AC 输入电压范围	$V_{\text{HALL}}$	60	-	-	mV		
滞后	$V_{\text{HYS}}$	-	20	$V_{\text{HALL}}$	mV	设计保证	
脉冲消除滤波器	$t_{\text{pulse}}$	1	2	3	$\mu\text{s}$		

- 请将 Typ 数据作为设计信息使用。
- 电流从产品流出的方向为一（负）方向

## 10. 真值表、时序图

### 10.1. 励磁控制输入（霍尔 & Logic 输入）

真值表

状态名	Input					Output status		
						DIR=H (L)		
	HallU <sup>※1</sup>	HallV <sup>※1</sup>	HallW <sup>※1</sup>	Enable	Brake	OUTU	OUTV	OUTW
F1	+	-	+	L	H	H (L)	L (H)	Z
F2	+	-	-	L	H	H (L)	Z	L (H)
F3	+	+	-	L	H	Z	H (L)	L (H)
F4	-	+	-	L	H	L (H)	H (L)	Z
F5	-	+	+	L	H	L (H)	Z	H (L)
F6	-	-	+	L	H	Z	L (H)	H (L)
Error	-	-	-	X	H	Z	Z	Z
Error	+	+	+	X	H	Z	Z	Z
Brake	X	X	X	L	L	L	L	L
Disable <sup>※2</sup>	X	X	X	H	X	Z	Z	Z

※1 HallU、HallV、HallW: ' +' = H+>H-、' - ' = H+<H-

※2 Disable 须满足条件。

- HallU、HallV、HallW 是由 HU+、HU-、HV+、HV-、HW+、HW- 产生的内部逻辑信号名。
- 关于 Disable 的动作，请参考“10.12.Enable 引脚& Brake 引脚”之项。

### 10.2. STBY 引脚

真值表

STBY	状态
L	工作状态
H	待机状态

- 在待机状态下，内部电路中除一部分外都将在偏置切断的作用下停止。



## 10.3. 输出：FLAG 引脚

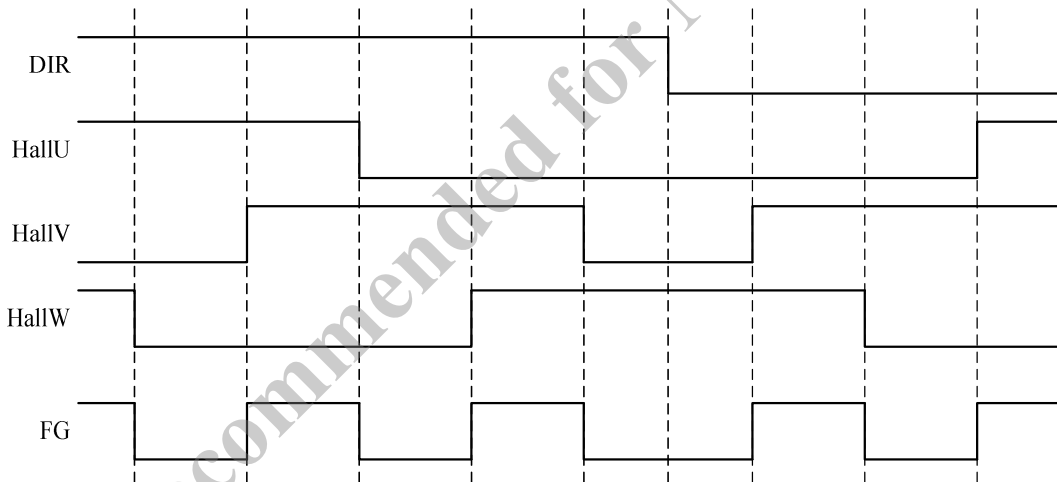
真值表

状态	Fault
正常时	OFF (输出高阻抗)
异常检测	L

- 异常为以下状态。
  - ①  $V_{BB}$  电压（内部 Reg 电压）处于低电压保护区域时
  - ② 泵升电压（CP~VBB 引脚间电压）处于低电压保护区域时
  - ③ 过电压保护工作时
  - ④ 输出过热报警时
  - ⑤ 过电流检测后  $t_{OFFOCP}$  期间
  - ⑥ 锁定保护工作时
- 在电源电压  $V_{BB}$  低的状态下，因内部电路未全部工作，可能无法输出正确的诊断结果，敬请注意。

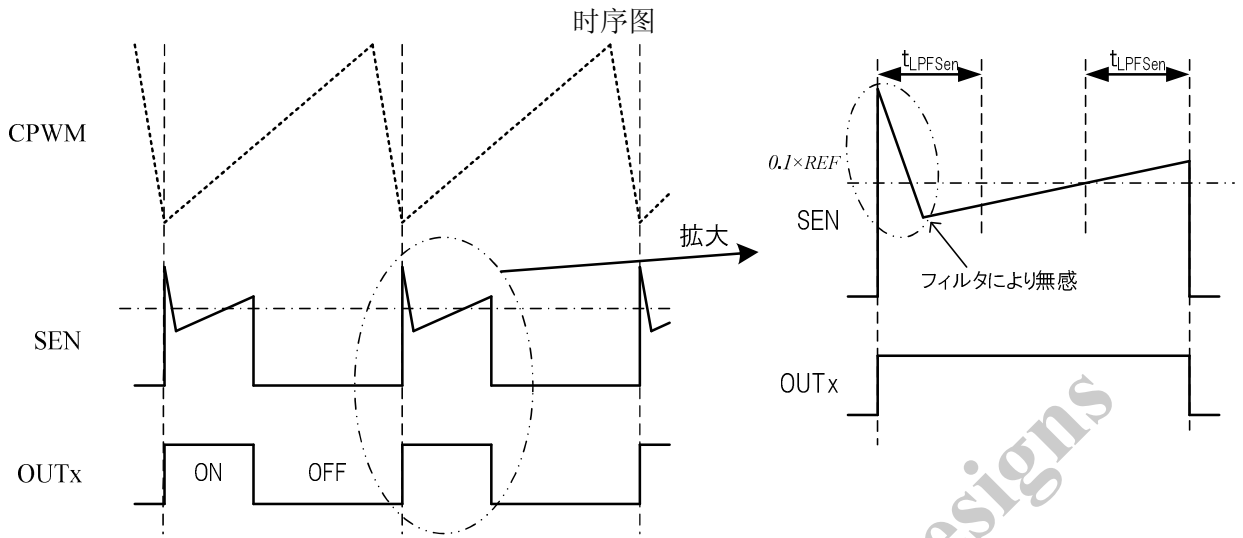
## 10.4. FG 信号

时序图



- 关于 HallU、HallV、HallW，请参考“10.1. 励磁控制输入（霍尔 & Logic 输入）”。
- FG 进行触发动作，每次霍尔输入导致励磁相切换，会引起逻辑反转。

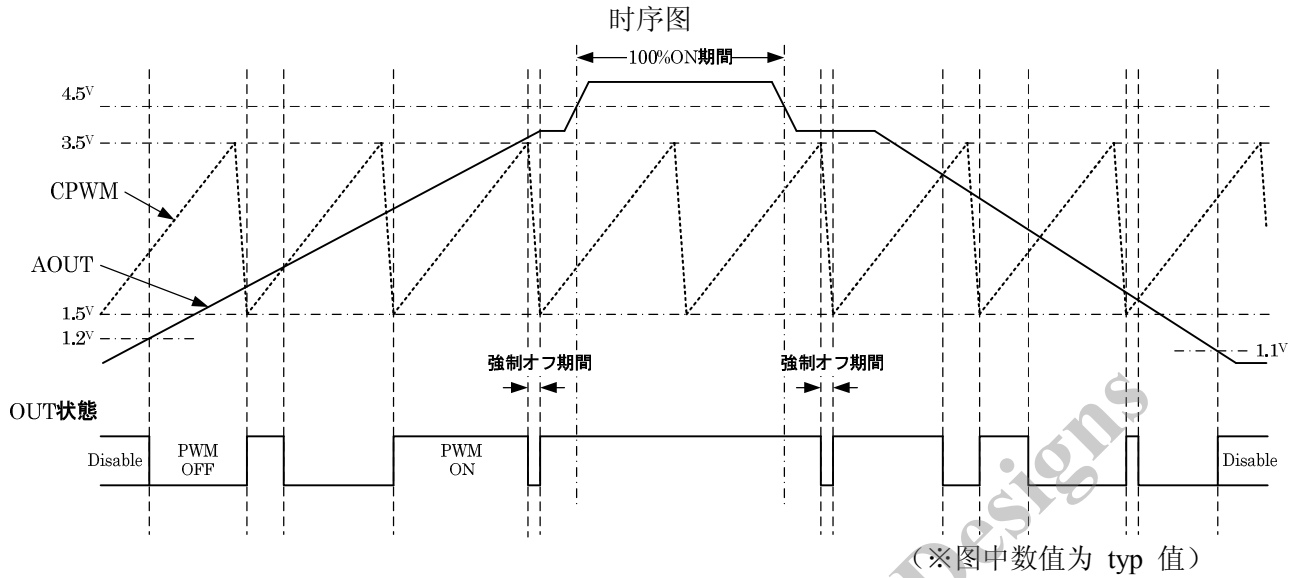
## 10.5. 内部 PWM 控制



(※图中数值为 typ 值)

- 将本功能设为无效时，请将 SEN 引脚与 GND 连接，并在 REF 上施加适当的电压（1V 以上，且在 Ref 输入电压范围内）。
- 本功能在关闭期间仍然工作，刚关闭后有和  $t_{LPFsen}$  大致相同的无响应期间。

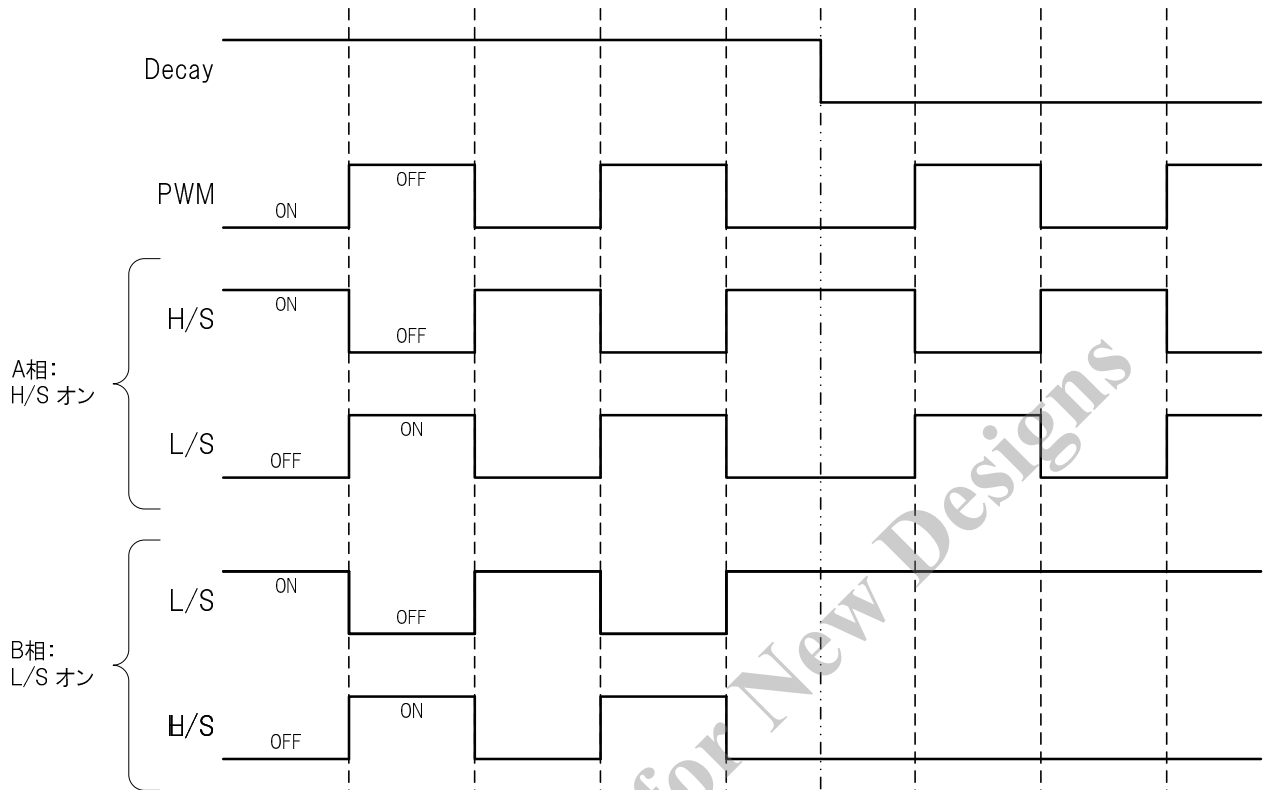
## 10.6. 外部 PWM 控制



- AOUT 引脚电压在 1.2V (typ、电压上升时) 以下时，进入输出 Disable 状态。
- 设有强制关闭期间，输出 ON Duty 最大为 95% (typ、理论值)。即使不使用本功能时，仍会发生强制关闭期间。
- 通过从外部施加 4.5V (typ) 以上的电压到 AOUT 引脚，进入 100% 导通状态。AOUT 引脚的外加电压范围是 4.5~5.5V。

## 10.7. PWM 控制输入 (PWM &amp; Decay)

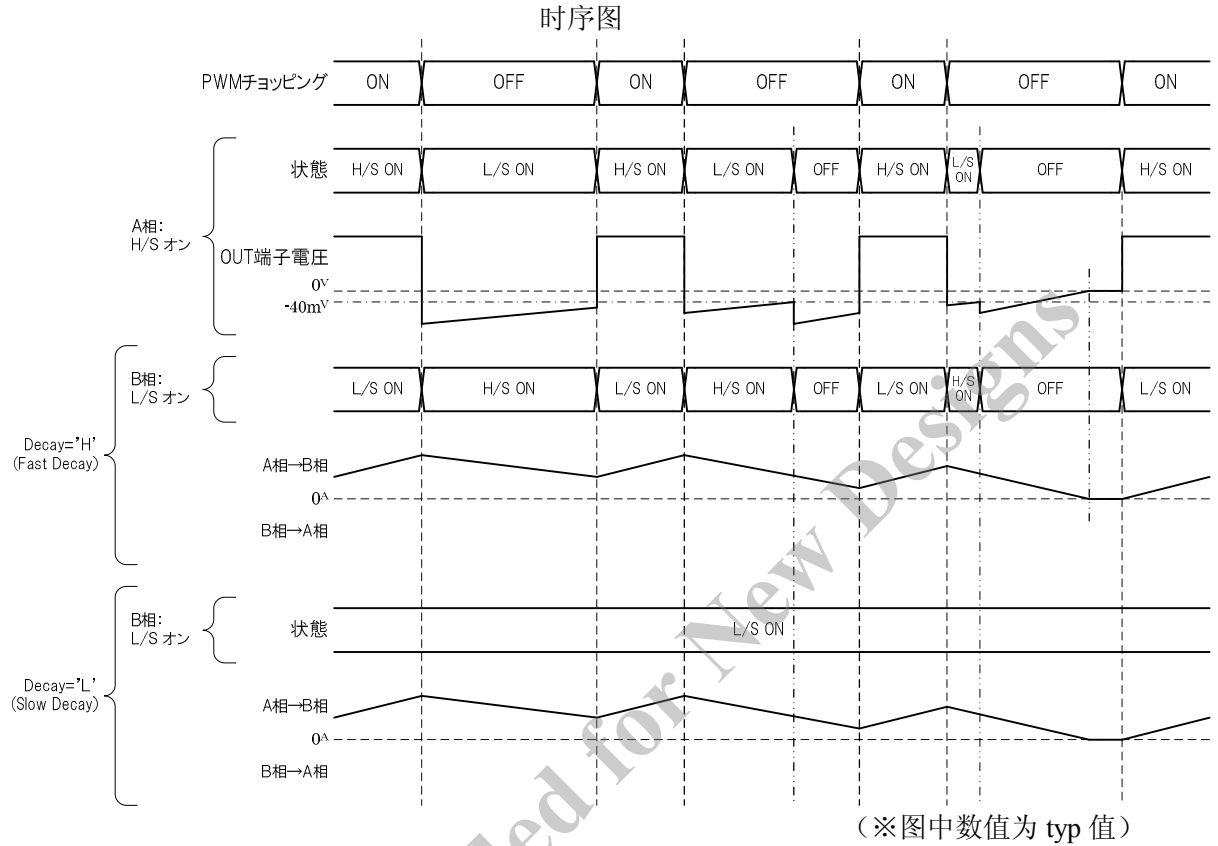
时序图



- 此图仅表示 PWM 引脚输入与输出的关系。在实际动作中，“10.6 外部 PWM 控制”项所述“强制关闭期间”为输出 OFF。
- 不使用本功能时，请将 PWM 引脚设为“L”。

### 10.8. PWM 动作 & 同步整流动作 (Deacy 引脚 & SRMD 引脚)

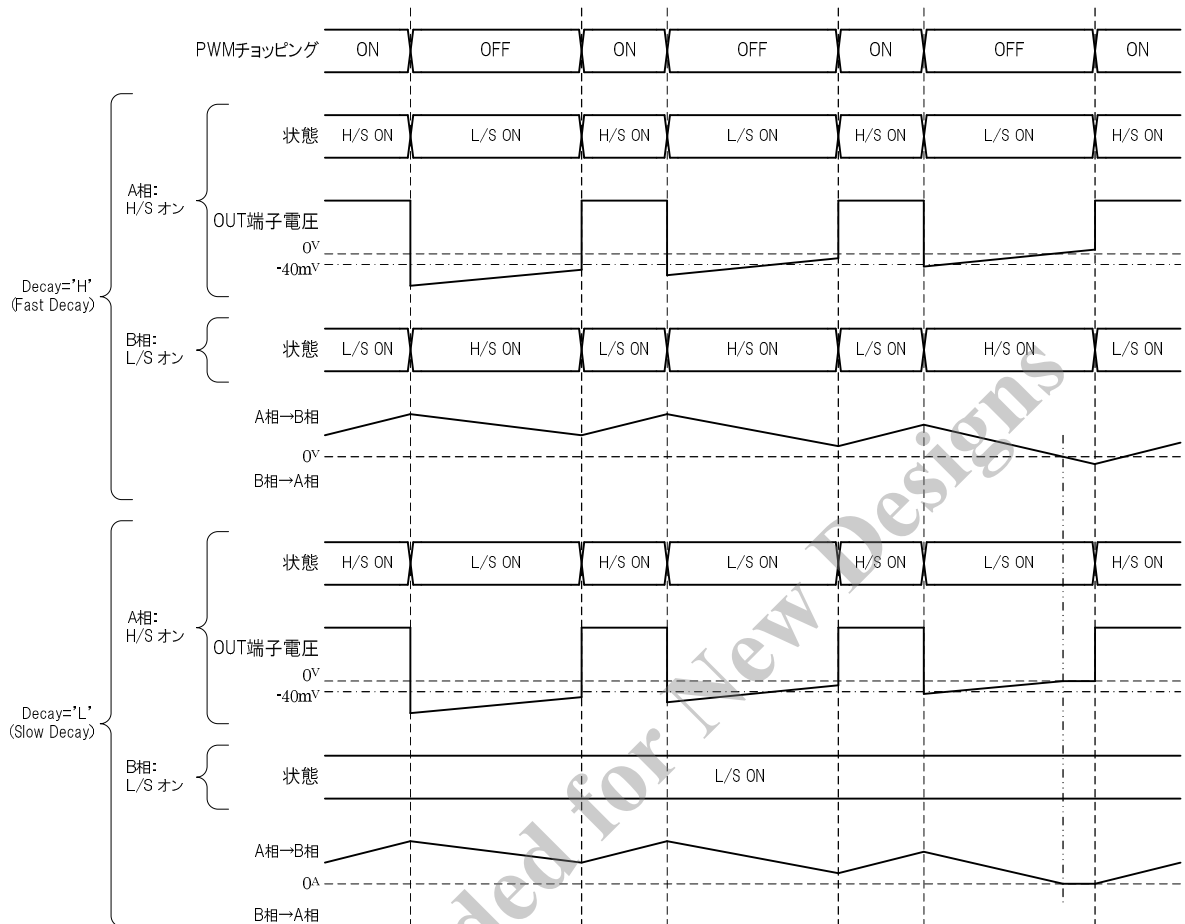
SRMD='L' (被动模式)



- 在 PWM 关闭时的再生期间，监测 L/S ON 的相的 OUT 引脚电位，高于 -40mV (typ、RT) 时停止同步整流动作。

## SRMD='H' (主动模式)

## 时序图

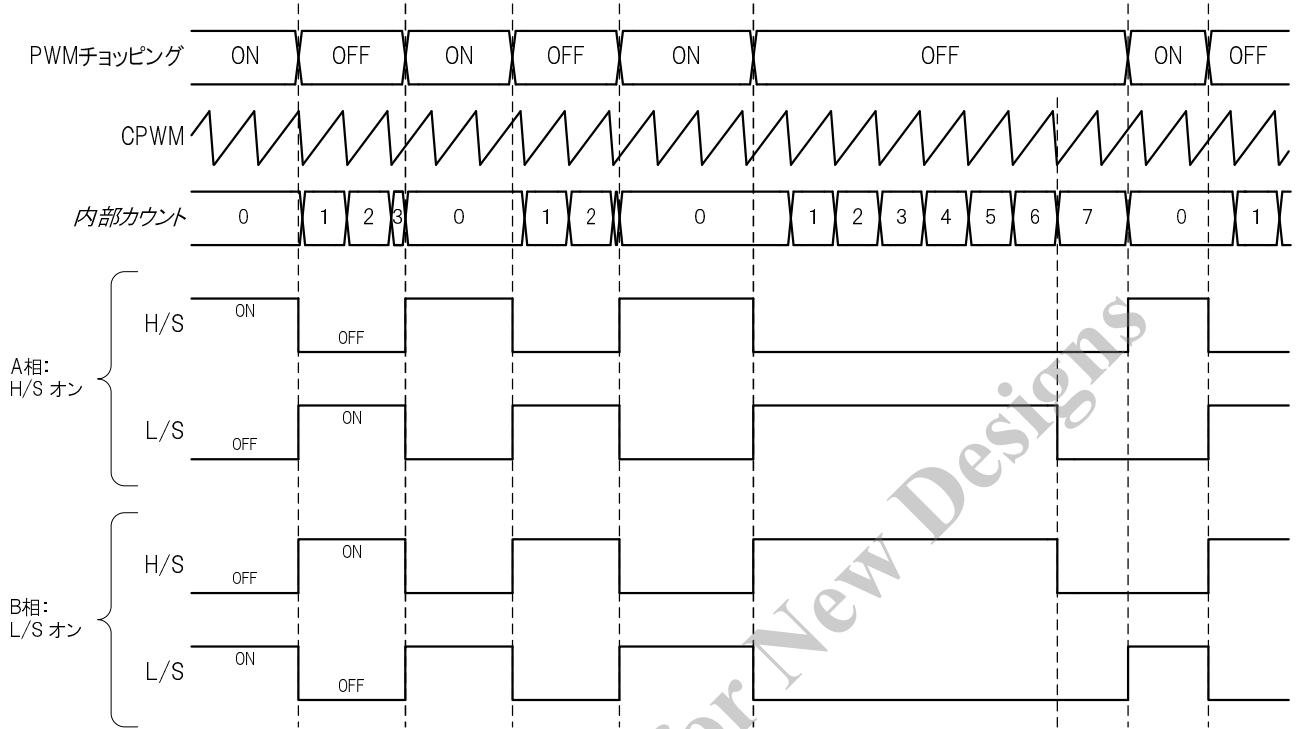


(※图中数值为 typ 值)

- 在 PWM 关闭时的再生期间，不监测 OUT 引脚，进行同步整流动作。
- 在此模式下，结束电流再生后励磁状态不发生变化，其工作状态如下。
  - Slow Decay 时：与短路制动状态相同
  - Fast Decay 时：线圈电流进入换向状态。
- 在 Fast Decay 时不使用内部 PWM 功能的应用程序中，当同步整流的动作期间变长时，可能使换向后的线圈电流增大，触发过电流保护。

10.9. 同步整流强制停止功能（仅限 Fast Decay 时）

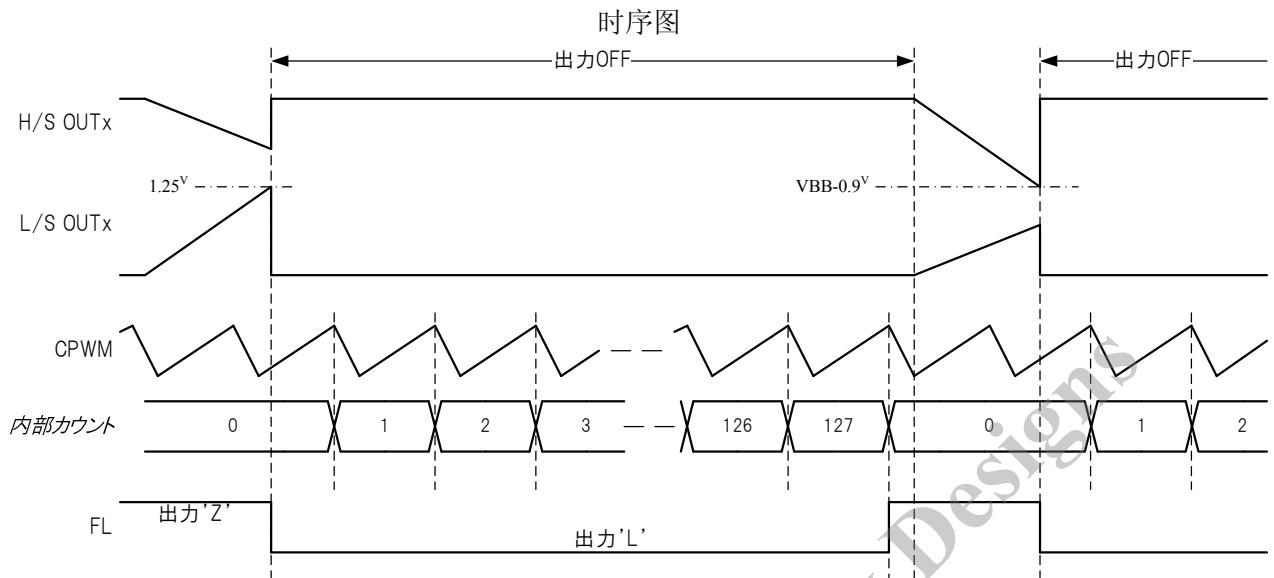
时序图



- PWM 关闭期间持续一定时间（CPWM 的约 7 个周期）后，停止同步整流动作。
- Brake 时此功能将停止。

Not Recommended for New Designs

## 10.10. OCP 控制

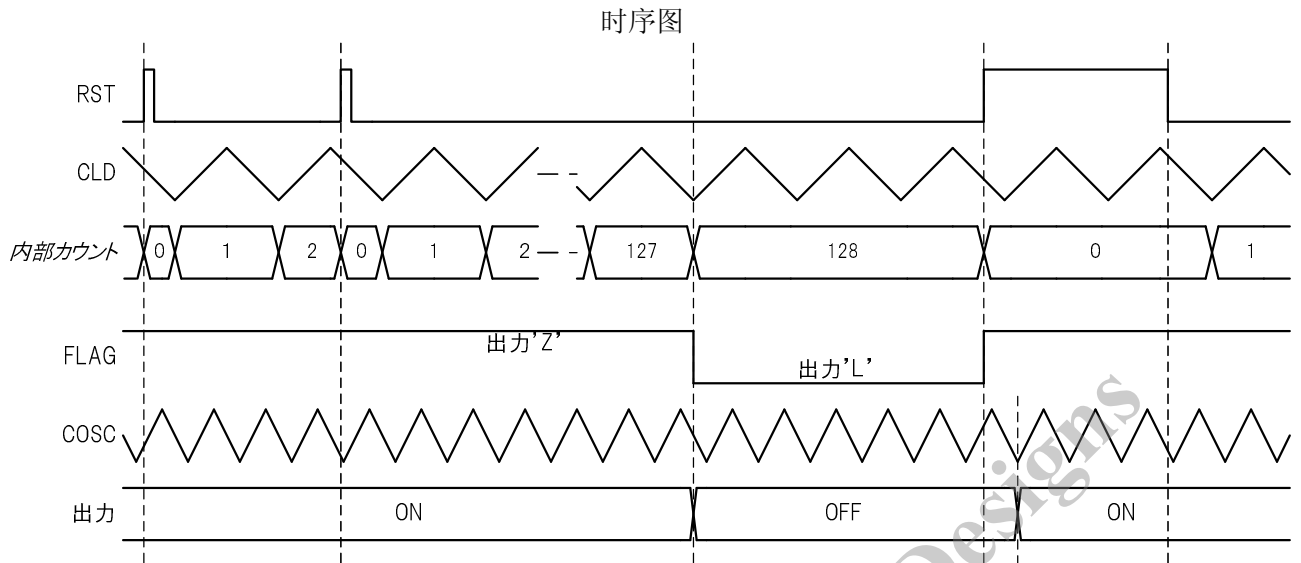


(※图中数值为 typ 值)

- 检测到过电流后，出现一定时间的（CPWM 的约 128 个周期）输出 Disable 状态，然后自动恢复。
- 输出关闭时间的定时器计数与 FL 输出解除均在 CPWM 处于最高点时进行。
- 关闭期间的解除在 CPWM 处于低点时进行。
- 从解除 FL 检测输出到实际的输出导通存在时间差。

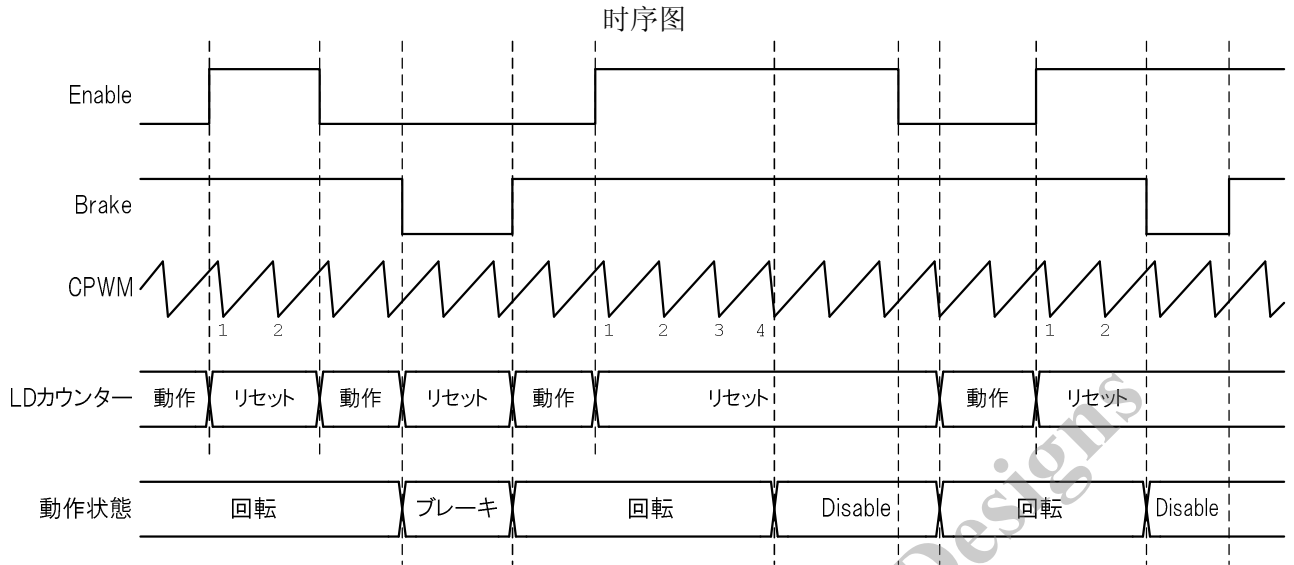


## 10.11. 电机锁定检测



- 锁定检测只在旋转状态（Enable 引脚='L'、Brake 引脚='H'）下工作。
- RST 信号在一定时间内（CLD 的约 128 个周期）不发生，则判断为锁定。
- RST 表示霍尔输入变化等电机锁定检测的解除信号。关于详细内容，请参照 10.12 时序图或“11.9 Lock Detect”。

## 10.12. Enable 引脚 &amp; Brake 引脚



- Enable 引脚按优先工作的顺序，具有以下 2 个功能。
  - ① 锁定计数器复位
    - 在 Enable='H' 期间锁定计数器处于复位状态。
  - ② 输出 Enable/Disable 动作
    - 变成输出 Disable 是在 Enable 引脚从“L”变为“H”后 CPWM 振荡次数（在处于低点时计数）达到第 4 次时。
    - 变成输出 Enable 是在 Enable 引脚从“H”变为“L”后下一次 ON 触发（CPWM 的低点）的时间点。
- Enable=“H”期间忽略 Brake 引脚。

## 11. 电路构成（个别电路）

### 11.1. STBY\_IN

根据 STBY 引脚的逻辑控制产品状态（待机状态/正常状态）的电路。  
在待机状态下，解除此区块以外的所有电路的偏压，降低电源电流。  
STBY 引脚的电路构成不同于其他逻辑引脚，阈值电压也有所区别。

### 11.2. Reg (Int.REG1、Int.REG2)

驱动内部电路的电源电路，有 2 个系统。

### 11.3. Charge Pump

用于驱动 High side N-ch MOSFET 的升压电源。

CP 引脚电压比 VBB 引脚高 7~8V 左右。

在 CPH~CPL 引脚间和 CP~VBB 引脚间分别连接电容，要注意以下事项。

- CP-VBB 间  
CP 引脚电压在正常状态下比 VBB 引脚高 7~8V 左右，在充电泵刚启动后有时比 VBB 引脚低 1~1.5V 左右。
- CPH-CPL 间  
施加与电源电压 (VBB) 相同的电压，请注意耐压。

#### 11.4. UVLO

##### Under Voltage Lock Out

内部电路电压低于可正常动作的电压时，关闭输出以保护电路。  
监测内部 Reg (2 个系统) 及充电泵 (CP-VBB 间) 电压。

#### 11.5. OVP

##### Over Voltage Protection

监测主电源电压 (VBB)，接近绝对最大额定值时关闭输出，将产品调整到过电压耐量最大的状态。  
本产品的 OVP 在约 35V (typ) 下工作。  
外加更高的电压，也无法启动电机。

#### 11.6. TSD

##### Thermal Shut Down

监测控制 IC 的结温，防止产品过热的保护电路。  
过热保护在 IC 温度超过 160°C 时会关闭输出。  
控制 IC 温度下降 50°C 左右后，解除输出关闭。  
此功能并非正常情况下需要使用的功能，请进行合理的热设计，避免触发此功能。

#### 11.7. Hall Amp & Comm Logic

接收无刷电机的位置信号，生成励磁信号。  
本产品采用连接标准霍尔元件的电路构成。

#### 11.8. FG Gen

##### FG generator

接收 Hall Amp&Comm Logic 的位置信号，从 FG 引脚输出电机旋转脉冲。  
同时生成锁定检测复位信号。

## 11.9. Lock Detect

检测电机锁定的功能。

霍尔输入信号不在由 CLD 引脚电容 (CLD) 与内部分频比决定的时间 (锁定检测时间  $t_{LD}$ ) 范围内变化时, 判断为电机锁定状态, 停止向电机通电。

CLD 引脚容量与锁定检测时间  $t_{LD}$  的关系, 可通过以下公式计算。

$$t_{LD} \approx 20 \times C_{LD} [\mu F]$$

内部计数器复位及锁定检测后输出停止状态的恢复, 需要满足下列条件中的一个。

- 将 Brake 引脚逻辑设为制动 (“L”)
- 将 Enable 引脚逻辑设为禁用 (“H”)
- 切换 Dir 引脚逻辑。
- 重新接通电源。
- 改变霍尔信号。

由于每次切换霍尔信号时内部计数器都会复位, 检测到锁定而导致电机停止后, 电机在外力作用下旋转并切换霍尔信号时, 锁定检测也会复位, 恢复到工作状态。

若要在电机励磁状态下强制回避锁定检测, 请以比锁定检测时间更短的周期, 切换 Dir 引脚逻辑, 或向 Enable 引脚输入不会触发 Disable 状态的窄幅 (低于 4 个 CPWM 周期) “H” 脉冲。

即使内部 Reg 的低电压保护以外的保护功能 (CP-VBB 间 UVLO、TSD、OVP、OCP) 工作, 锁定检测功能仍继续工作, 有时会检测为锁定。此时, 即使解除引起电机停止的异常状态, 仍会因锁定保护而处于停止状态, 为了重新启动电机要从锁定保护中恢复。

## 11.10. PWM OSC

### PWM Oscillation

决定 PWM 振荡频率的同时，生成决定产品多个动作定时的基准信号。  
必须连接电容，使其振荡动作。

振荡频率  $f_{PWM}$  由与 CPWM 引脚连接的电容  $C_{PWM}$  决定，用以下公式计算。

$$f_{PWM} [kHz] \approx 25 / C_{PWM} [nF]$$

振荡波形为，上升期约占 95%，下降期约占 5% 的锯齿波，下降期为强制关闭期间(AOUT 引脚电压未达到 4.5V 以上时)。

## 11.11. Internal PWM

根据从外部输入的电流基准信号（模拟电压），控制电机线圈的峰值电流。  
搭载针对斩波 ON 时发生的噪声的滤波器。

该 PWM 功能从 PWM OSC 收到触发信号(CPWM 引脚的振荡波形最下端)后斩波 ON，  
线圈电流变为设定电流（峰值电流值  $I_{Opeak}$ ）后，斩波 OFF。

$I_{Opeak}$  的设定值可用以下公式计算得出。

$$I_{Opeak} \approx 0.1 \times V_{REF} / R_S \quad [A] \quad V_{REF}: \text{REF 引脚电压} / R_S: \text{电流检测电阻值}$$

将 SEN 引脚与 GND 连接，向 REF 外加适当的电压（1V 以上且在 Ref 输入电压范围内），可使本功能失效。

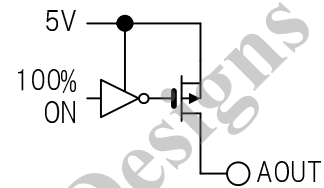
## 11.12. External PWM

比较 AOUT 与 CPWM 引脚的电压，使输出 Duty 可变。

由 AINP、AINN、AOUT 3 个引脚构成放大器，可构成使用从 FG 引脚等获得的旋转速度信号的反馈控制。

依据 AOUT 引脚电压 (typ 值)，发生以下动作。

- 1.2V 以下  
输出始终为 OFF (输出 Disable 状态)。
- 1.5V~3.5V  
在此范围内，导通 Duty 为线性变化。
- 3.5V~4.5V  
放大器输出电压的上限设定在此范围。  
导通 Duty 固定为最大导通 Duty (约 95%，理论值)。
- 4.5V 以上 (5.5V 以下、AOUT 引脚外加电压上限)  
使 AOUT 引脚电压超过 4.5V，输出为 100% 导通状态。  
由于电路构成的限制，内部放大器输出 (AOUT 引脚) 无法达到 4.5V 以上，因此需要从外部施加 (参照上述电路示例)。  
AOUT 引脚的外加电压应在 AOUT 引脚外加电压范围内。  
电路构成允许此范围内 (4.5V~AOUT 引脚外加电压范围上限) 的外加电压。



外加电压时，内部放大器处于非平衡状态。停止外加电压后到内部放大器达到平衡状态且输出电压 (AOUT 引脚输出电压) 稳定为止需要时间，敬请注意。

不使用本功能时，请对 AINP、AINN、AOUT 引脚进行处理，使 AOUT 引脚电压达到最大。

（例如连接 AINN 与 AOUT，作为电压输出器结构向 AINP 施加 5V 电压，等）在此状态仍会发生强制关闭期间，若要 100%导通，请使 AOUT 引脚电压达到 4.5V 以上。

在产品内部的电路构成上，会发生从 AOUT 引脚向 VBB 引脚的逆行电流。

在 AOUT 引脚外加 4.5V 以上的应用中，请注意 AOUT 引脚与 VBB 引脚的电位关系，避免发生逆行电流。

#### 11.13. OC&NV Detect

监测 OUT 引脚的电压，进行过电流或再生时的同步整流动作停止判定（仅限 passive 时）。

#### 11.14. PWM Control Logic

根据各控制区块或逻辑输入信号，生成反映 PWM 控制、同步整流控制、Decay 控制等的输出 MOSFET 的 ON/OFF 信号。

#### 11.15. Gate Drive

从 Control Logic 接收信号，驱动内置 Nch MOSFET 的前置驱动电路。

在此区块内设有防止在同时开通 High side（上臂）与 Low side（下臂）时的贯通电流的死区时间。

#### 11.16. OCP Timer

收到检测出过电流的信号后，在由 PWM OSC 频率与内部分频比决定的一定时间 ( $t_{\text{COFF}}$ ) 内，停止向电机通电。



## 12. 其他

### 12.1. 关于 PWM 功能

本产品搭载

- ① 内部 PWM (SEN 引脚、REF 引脚)
- ② 外部 PWM (CPWM 引脚、AINP 引脚、AINN 引脚、AOUT 引脚)
- ③ 逻辑 PWM (PWM 引脚) 等

3 种 PWM 控制功能。

在内部设计为 3 个系统都在 PWM 导通状态下输出 ON (输出 OFF 优先)。使多个控制进行组合动作时, 要进行充分的评估。

### 12.2. 关于过热保护功能

本功能用于防止因温度过度上升损坏产品的情况, 设定的动作温度高于保证温度 ( $T_J$ )。此功能并非正常情况下需要使用的功能, 请进行合理的热设计, 避免触发此功能。

### 12.3. 关于过电流保护功能 (OCP)

本功能用于防止因某种异常在功率器件上流过过大的电流时损坏产品, 设定的动作电流值高于最大额定 (4 Apeak)。

此功能并非正常情况下需要使用的功能, 请在设计时通过内部 PWM 功能来进行电流控制 (限制), 避免正常工作时触发此功能。

Not Recommended for New Designs

#### 12.4. 关于过电压保护功能 (OVP)

因电机的发电能量导致主电源  $V_{BB}$  上升时关闭输出以保护产品的功能。  
有时在关闭输出后主电源电压继续上升并超过产品的绝对最大额定，请采取对策避免超过绝对最大额定。

#### 12.5. 关于诊断结果输出引脚 (Flag)

在电源电压  $V_{BB}$  低的状态下，因内部电路未全部工作，可能无法输出正确的诊断结果，敬请注意。

#### 12.6. 关于逻辑输入输出引脚

请勿在开路状态下使用 Logic 输入 (PWM, Dir, Decay, SRMD, Brake, Enable, STBY)。  
不使用时，必须与  $V_{DD}$  或 GND 连接，固定为指定电位。  
※在开路状态使用时，受噪声等影响，产品可能出现误动作。

不使用 Logic 输出 (FG, FL) 时，请勿必设定为开路或 Gnd。  
※与  $V_{DD}$  连接可能会导致产品老化或损坏。

Not Recommended for New Designs

## 12.7. 关于保护电路动作

本产品具有 2 个保护电路（负载短路、过热保护），在检测到驱动器被施加过大的能量后开始工作。

因此由负载短路产生的能量超过驱动器允许范围时无法保护。

## 12.8. 其他注意事项

本产品的输入引脚使用 MOS 电路，请注意以下内容。

- 容易产生静电时，请控制好室内的湿度。  
尤其在冬季容易产生静电，要充分注意。
- 为防止静电施加到 IC 上，要注意输入引脚的配线及装配顺序。  
需要将印刷基板引脚等短路，使其电位相同。

Not Recommended for New Designs

### 13. 引脚部内部电路

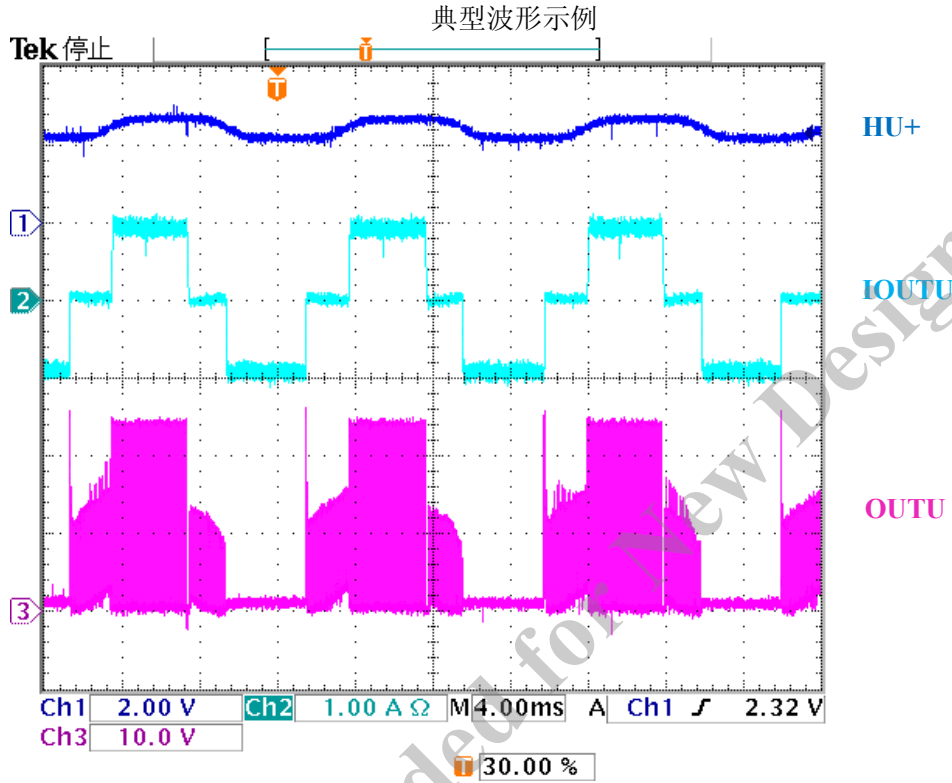
№	引脚名	引脚功能
1	HWM	
2	HWP	
3	HVM	
4	HVP	
5	HUM	
6	HUP	
7	Decay	
8	SRMD	
23	Enable	
24	PWM	
25	Dir	
26	Brake	
9	FLAG	
22	FG	
10	CLD	
15	CP	
16	CPH	
17	CPL	
18	AOUT	

№	引脚名	引脚功能
19	AINN	
20	AINP	
21	CPWM	
27	REF	
28	OutW	
34	OutV	
36	OutU	
32	S	
31	SEN	
12	GND	
30	GND	
13	VBB	
14	VBB	
29	N.C.	
33	N.C.	
35	N.C.	

## 14. 评估数据

### 14.1. 工作波形

下图表示典型波形示例。

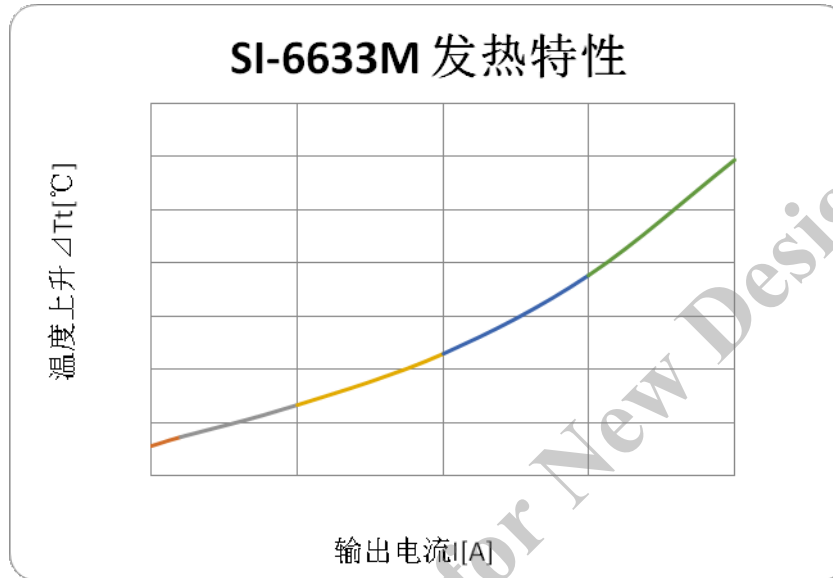


## 14.2. 发热特性

下图表示发热特性。以下是测定条件。

- 使用 SK 评估板及本公司拥有的电机
- VBB=24V
- Decay=L (Slow Decay)

SI-6633M 的发热特性



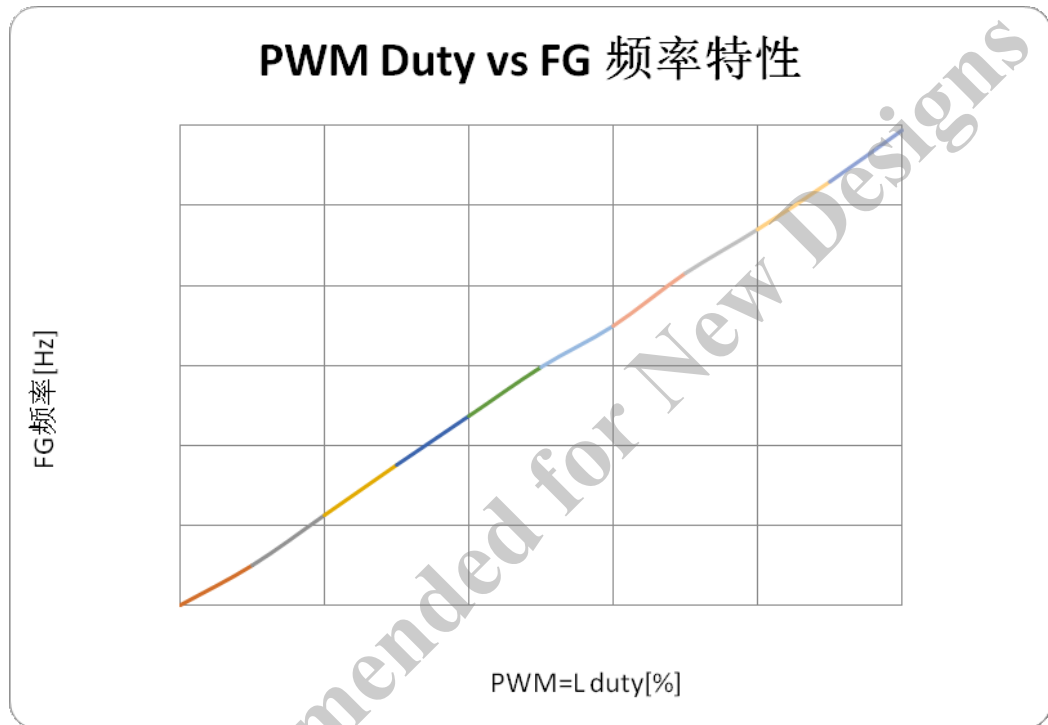
※  $\Delta T_t$  是  $T_a$  与  $T_{tab}$  (背面散热块部) 的温度差

### 14.3. 线性

下图表示线性特性。以下是测定条件。

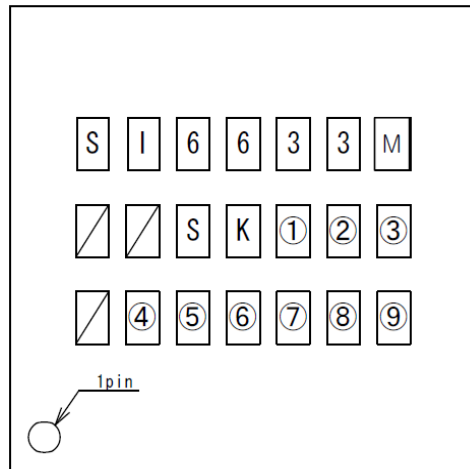
- 使用本公司的评估板及本公司拥有的 3 相 BLDC 电机
- VBB=24V
- REF=AOUT=5V
- Decay=L (Slow Decay)
- DIR=H
- SENSE=GND

PWM Duty vs FG 频率特性



## 15. 标记规格

SI-6633M 标记规格  
SI-6633M Marking Specification



区别 Discriminati	标记编号 Mark No	内容 Contents
生产年份 Year	①	公历年份末位数 The last digit of year
生产月份 Month	②	用英文或数字表示开始装配的月份 Month by number or alphabet when assembly is started
		1~9月: 1~9 [1-9] in case from January to September
		10月: O (字母) [10] in case October
		11月: N [11] in case November
		12月: D [12] in case December
生产星期 Week	③	1日~10日: 1 [1] in case from first to tenth
		11日~20日: 2 [2] in case from eleventh to twentieth
		21日~31日: 3 [3] in case from twenty first to thirty first
管理代码 Control code	④~⑨	



## 16. 包装规格

### 16.1. 出货形态、使用材料、卷数

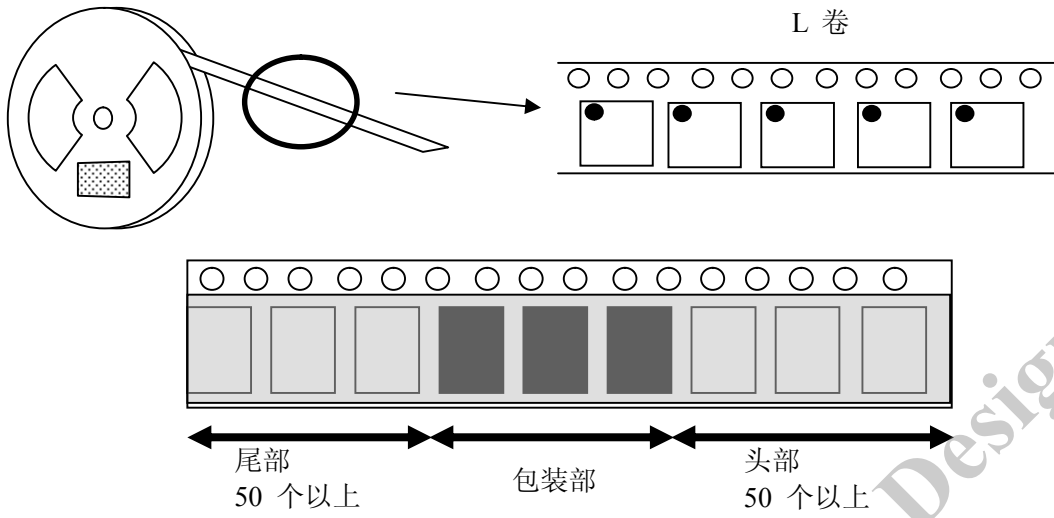
采用编带包装，2500pcs /卷。  
零数与下一批次一起出货。

### 16.2. 编带材料

材料	
压纹胶带	胶带宽度: 16[mm]
卷轮	φ330 [mm]
复合袋	尺寸 0.075×380×450 [mm]
内箱	尺寸 340×360×55 [mm]
外箱	尺寸 350×370×230 [mm] 最多可装卷数: 4 卷

Not Recommended for New Products

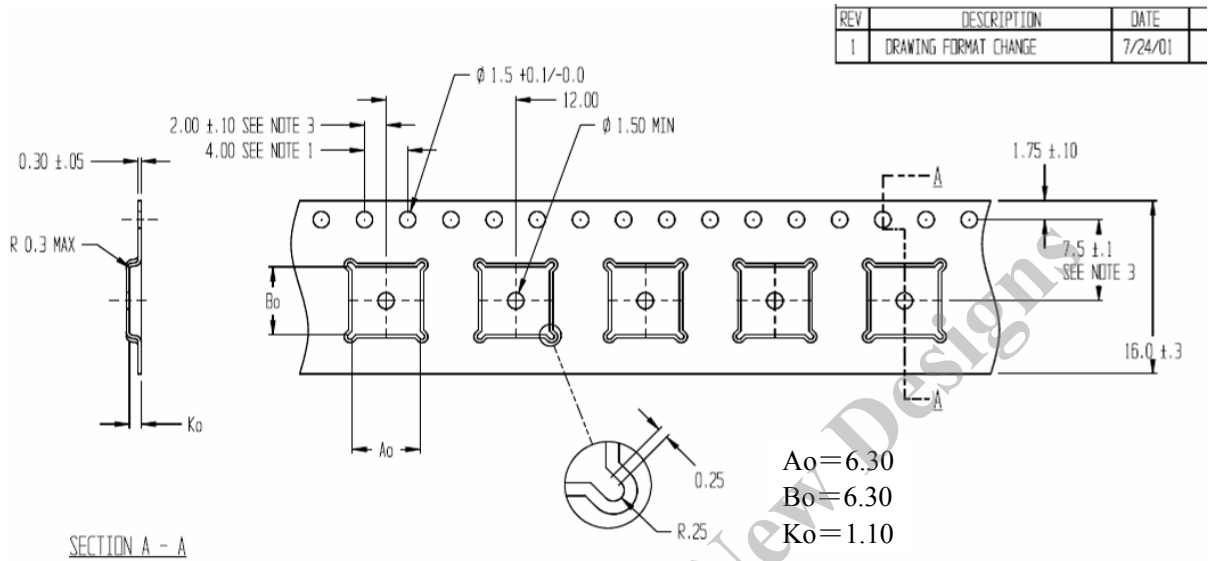
## 16.3. 编带拉出图



※头部与尾部要用上封带进行热封。

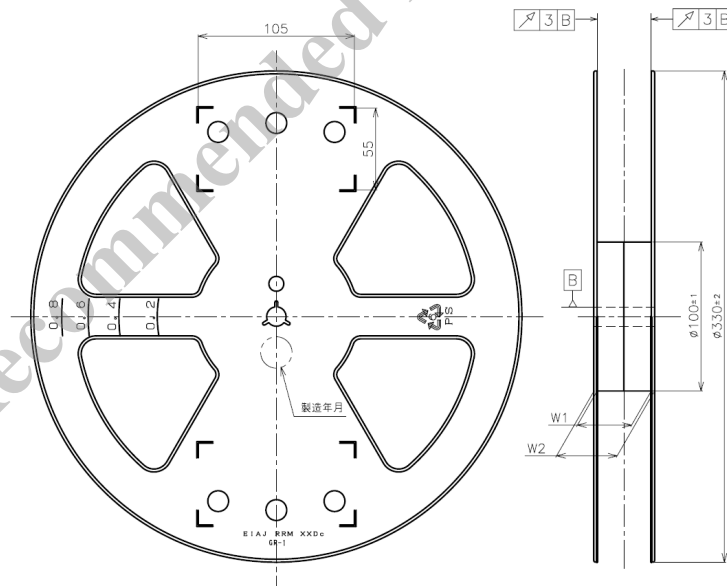
16.4. 材料尺寸 (图纸)

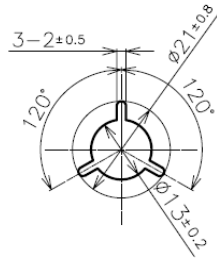
16.4.1. 压纹胶带



(单位 mm)

16.4.2. 卷轮





轴孔部详细图

胶带宽度：16.0mm

W1：17.5±1.0 mm

W2：21.5±1.0mm

(单位 mm)

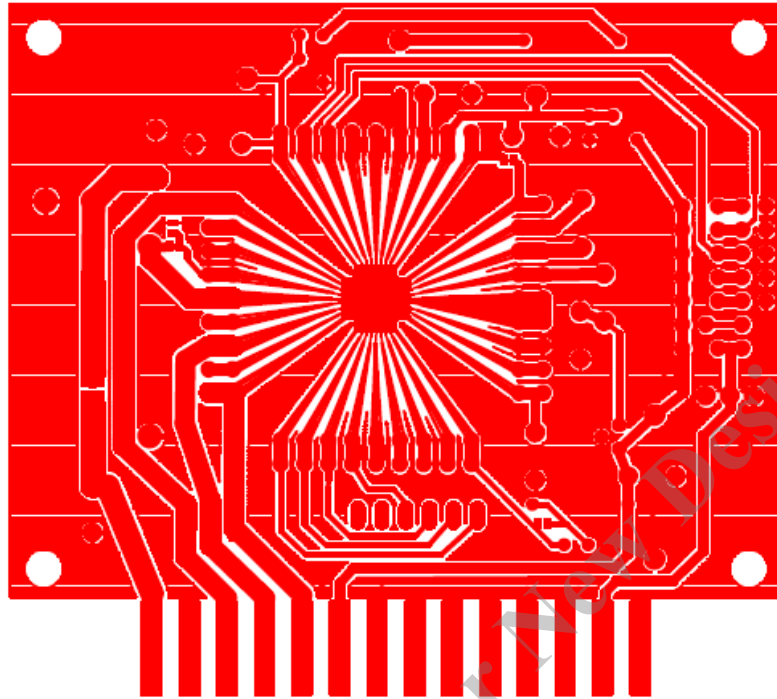
## 16.5. 保管条件

- ① 保管环境为温度 5~30°C，相对湿度 90%以下，保管期限为自包装日起 12 个月以内。开封后请在温度 5~30°C，相对湿度 90%以下保管。
- ② 超过上述①的保管期限后请在 125°C 下进行 20 小时的烘烤处理。  
用于编带包装的胶带及卷轮并非耐热规格。  
实施烘烤处理时请转移至具有“Heatproof”或温度标识并经过静电处理的容器后进行。

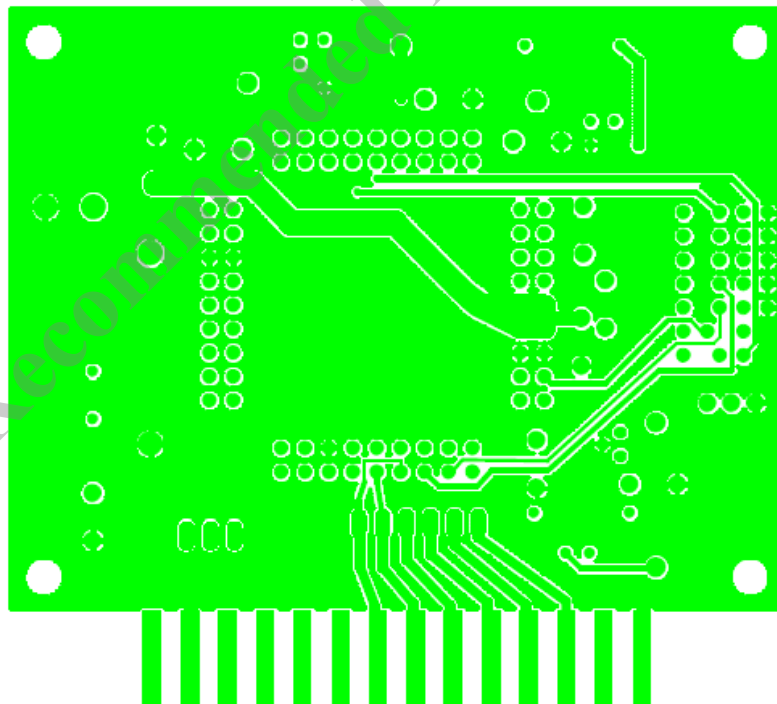
Not Recommended for New Designs

## 17. 评估板布线图

元件面



焊锡面



※PDF 转换后部分位置 (QFN 焊盘布线等) 与实际发生偏差, 敬请谅解。

## 18. 规格注意事项

- 本手册中记载的工作示例及电路示例仅供参考，由此产生的我公司或第三方的工业所有权、知识产权以及其它权利侵害，本公司概不负责。
- 我公司在品质、可靠性上做了最大努力，但作为半导体产品，会不可避免地发生一定概率的缺陷和故障。为了在部件故障时不引发人身伤害、火灾事故、社会损失等，请使用者担负责任，确保所设计的装置和系统具有充分的安全性。
- 本手册记载的产品用于一般电子设备（家电产品、办公设备、通信终端设备、测量仪器等）。使用时，请在采购规格书上签名或盖章后返还给本公司。  
如果需要用于有高可靠性要求的装置(运输设备及其控制装置、交通信号控制装置、火灾/防盗装置、各种安全装置等)，请务必与本公司的销售部门联系，并在采购规格书上签名或盖章后返还给本公司。  
对于可靠性要求非常高的装置(航天设备、核能控制、用以维护生命的医疗设备等)，没有本公司的书面同意不得使用。
- 使用本公司产品或将其用于设计各种装置时，针对额定值采取多大程度的降额设计，对产品可靠性的影响很大。  
所谓降额，是指为了确保或提升可靠性，设定小于各额定值负载的工作范围或考虑浪涌及干扰等因素。影响降额的因素一般包括电压、电流、功率等电气应力、环境温度、湿度等环境应力、半导体器件自身发热产生的热应力等。以上应力还需考虑瞬时数值或最大值、最小值。
- 使用本手册中记载的产品、在本手册中记载的产品中组装其它产品、元件或对这些产品进行物理、化学或其它加工和处理时，请使用者负责，首先研究其可能存在的风险。
- 本书记载的产品未进行抗辐射设计。
- 对于非本公司物流网络所实施的运输、产品掉落等导致的故障，本公司不负任何责任。