

译文

TC78B016FTG

本资料是为了参考的目的由原始文档翻译而来。
使用本资料时，请务必确认原始文档关联的最新
信息，并遵守其相关指示。

原本：“TC78B016FTG” 2016-12-26

翻译日：2016-12-26

东芝CMOS 单晶硅集成电路

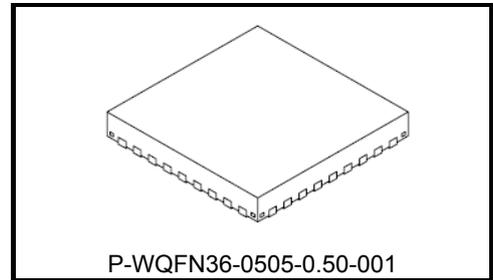
TC78B016FTG

无刷 DC 马达用 3-相正弦波 PWM 驱动器

本产品为无刷马达用三相正弦波 PWM 驱动器。它可通过改变 PWM 占空比，根据转速控制输入控制马达转速。霍尔信号可支持三个传感器。

特征

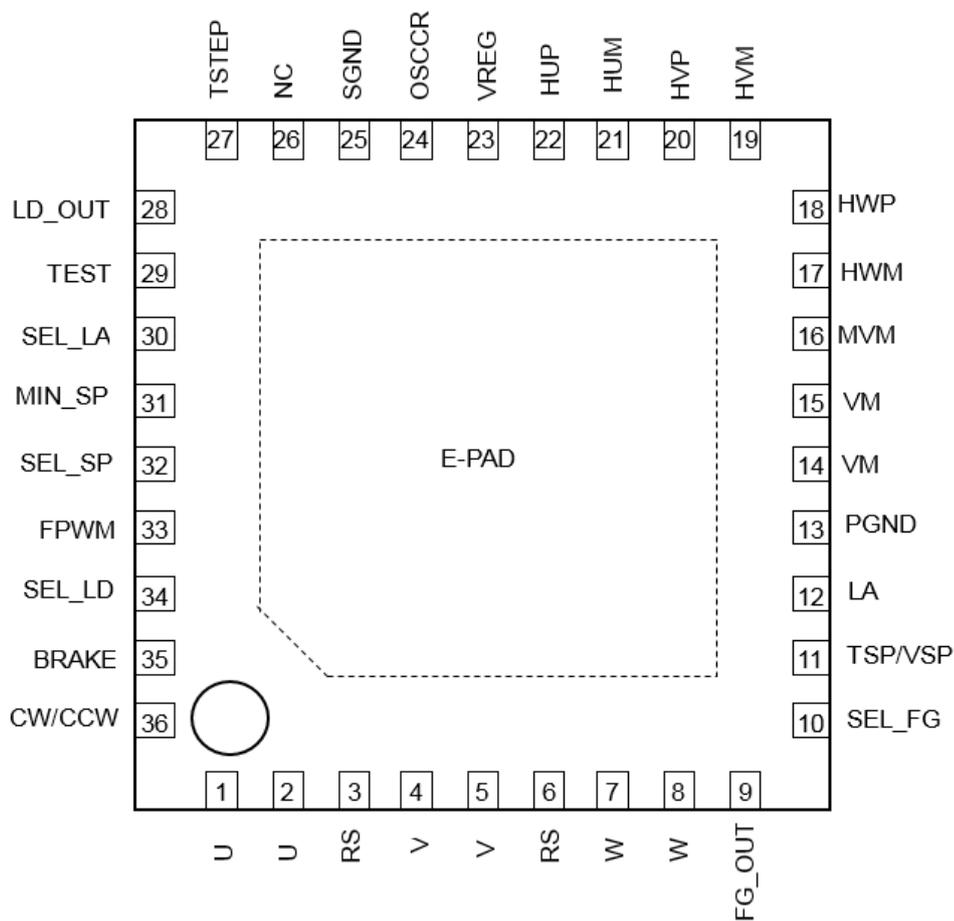
- 三相全波驱动
- 正弦波 PWM 驱动
- 霍尔放大器（霍尔元件/霍尔 IC）
- 电源：绝对最大电压：40 V
- 输出电流：绝对最大电流：3 A
- 可选转速命令输入信号：
 - 脉冲占空比信号输入/模拟电压输入
- 可选 PWM 频率
- PWM 控制时的可调最小占空比
- PWM 控制时的可调转速比
- 可选超前角控制功能：
 - 自动超前角功能(对频率/相位控制的比例)
 - 外部超前角控制(32 级对应于 0°~58°)
- 可选旋转方向
- 制动器功能端子
- 可选锁定检测功能
- 重新启动功能
- 旋转频率信号(FG_OUT):
 - 1 个脉冲/电角 360°, 3 个脉冲/电角 360°
- 锁定检测信号(LD_OUT)
- 电源电压监测功能
- 过流检测电路 (ISD)
- 热关机电路 (TSD)
- 欠电压锁定电路(UVLO)
- 电流限制电路：外部传感电阻器
- 可调启动条件



重量：0.06 g (典型值)

引脚分配

(顶视图)



注 1: 型式设计考虑了热设计因素, 原因是背面(E-PAD)有散热作用。背面(E-PAD)应接 GND, 原因是其与芯片之间存在电气连接。

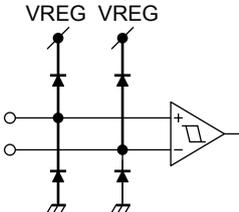
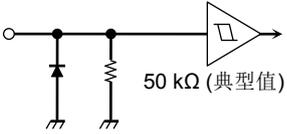
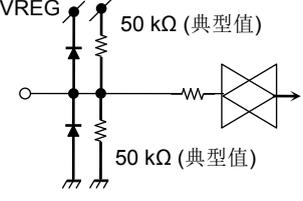
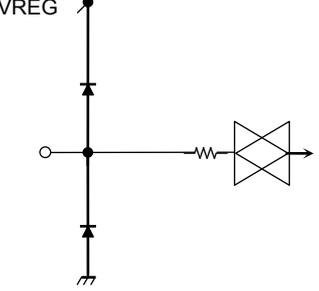
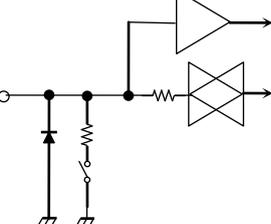
注 2: 有五对端子, 其名称分别为 U、V、W、VM 和 RS。通过外部形式, 将每两个具有相同引脚符号的端子连接起来。关于 GND, 可通过外部形式将 SGND 连接至 PGND。

引脚描述

引脚编号	符号	I/O	说明
1	U	O	U相用输出端子
2	U	O	U相用输出端子
3	RS	—	用于连接至输出电流传感电阻器的端子
4	V	O	V相用输出端子
5	V	O	V相用输出端子
6	RS	—	用于连接至输出电流传感电阻器的端子
7	W	O	W相用输出端子
8	W	O	W相用输出端子
9	FG_OUT	O	旋转频率用输出端子
10	SEL_FG	I	FG分频比用可选端子
11	TSP/VSP	I	转速命令用输入端子
12	LA	I	超前角设置用输入端子
13	PGND	—	电源接地端子
14	VM	—	马达用电源端子
15	VM	—	马达用电源端子
16	MVM	I	电源监测
17	HWM	I	W-相霍尔信号输入(-)
18	HWP	I	W-相霍尔信号输入(+)
19	HVM	I	V-相霍尔信号输入(-)
20	HVP	I	V-相霍尔信号输入(+)
21	HUM	I	U-相霍尔信号输入(-)
22	HUP	I	U-相霍尔信号输入(+)
23	VREG	—	参考电压输出端子(5V)
24	OSCCR	—	内部振荡器电路设置用端子
25	SGND	—	信号接地端子
26	NC	—	非连接端子
27	TSTEP	—	加速和减速控制设置用端子
28	LD_OUT	O	锁定检测用输出端子
29	TEST	I	测试用端子
30	SEL_LA	I	超前角控制方法选择用输入端子
31	MIN_SP	I	最小输出 ON 占空比设置用输入端子
32	SEL_SP	I	转速命令方法选择用输入端子
33	FPWM	I	PWM 频率选择用输入端子
34	SEL_LD	I	马达锁定检测功能用可选端子
35	BRAKE	I	制动器开/关端子
36	CW/CCW	I	旋转方向选择输入端子

I/O 等效电路

出于解释目的，可能简化等效电路图或忽略其中的一部分。

引脚符号	I/O信号	I/O内部电路
<p>HUP HUM HVP HVM HWP HWM</p>	<p>输入端子 滞后 $\pm 8\text{ mV}$ (典型值)</p>	
<p>CW/CCW BRAKE</p>	<p>输入端子 H: 2 V (最小值) L: 0.8 V (最大值)</p>	
<p>SEL_SP SEL_LA</p>	<p>输入端子 当端子处于开路状态时，其即被设置为中等电平。当端子处于开路状态时，则需在使用之前用实际系统对其进行充分评价。</p>	
<p>SEL_FG MIN_SP LA FPWM SEL_LD</p>	<p>输入端子 必须对端子施加电压</p>	
<p>TSP/VSP</p>	<p>转速命令用输入端子</p>	

引脚符号	I/O信号	I/O内部电路
VREG	参考电压输出端子 VREG = 5 V (典型值) 连接电容器(建议值: 0.1 μF), 以使 SGND 电压稳定。	
FG_OUT LD_OUT	开漏输出 通过外部上拉电阻器将端子连接至高电平, 以使其输出一个高电平信号。	
MVM	电源监测用输入端子 必须对端子施加电压	
TEST	测试端子 连接至 SGND	
TSTEP	加速和减速控制设置用端子 将电容器连接至 SGND。	
OSCCR	设置时间以达到 PWM 占空比的端子 将 27 kΩ 连接至 SGND, 并将 360 pF 连接至 VREG。	

引脚符号	I/O信号	I/O内部电路
VM U V W RS	VM: 马达用电源端子 U: U相用输出端子 V: V相用输出端子 W: W相用输出端子 RS: 用于连接至输出电流传感电阻器的端子	

绝对最大额定值(注)(Ta=25°C)

特性	符号	额定值	单位
电源电压	VM	40	V
输入电压	V _{IN1} (注 1)	-0.3 ~ 6	V
	V _{IN2} (注 2)	-0.3 ~ V _{REG} + 0.3	V
	V _{IN3} (注 3)	-0.3 ~ 2.5	V
输出电压	V _{OUT1} (注 4)	40	V
	V _{OUT2} (注 5)	40	V
输出电流	I _{OUT1} (注 6)	3 (注 9)	A
	I _{OUT2} (注 7)	10	mA
	I _{OUT3} (注 8)	40	mA
功耗	P _D	4.1 (注 10)	W
工作温度	T _{opr}	-40 ~ 105	°C
贮存温度	T _{stg}	-55 ~ 150	°C

注：半导体装置绝对最大额定值为一组在任何时候都不得超过的额定值。严禁超过这些额定值。如超过这些额定值，将导致装置故障、损坏或劣化，并会因发生爆炸或燃烧而导致伤人。TC78B016FTG 的使用不得超出规定的工作范围。

注 1：V_{IN1} 用端子：TSP/VSP, CW/CCW, BRAKE

注 2：V_{IN2} 用端子：HUP, HUM, HVP, HVM, HWP, HWM, SEL_LD, SEL_FG, CW/CCW, BRAKE, MIN_SP, MVM, SEL_SP, LA, FPWM, SEL_LA, TEST

注 3：V_{IN3} 用端子：RS

注 4：V_{OUT1} 用端子：U,V,W

注 5：V_{OUT2} 用端子：FG_OUT, LD_OUT

注 6：I_{OUT1} 用端子：U,V,W

注 7：I_{OUT2} 用端子：FG_OUT, LD_OUT

注 8：I_{OUT3} 用端子：VREG

注 9：输出电流回受到环境温度或器件实现的限制。最高结温不应超过 T_j(最大值) = 150°C。

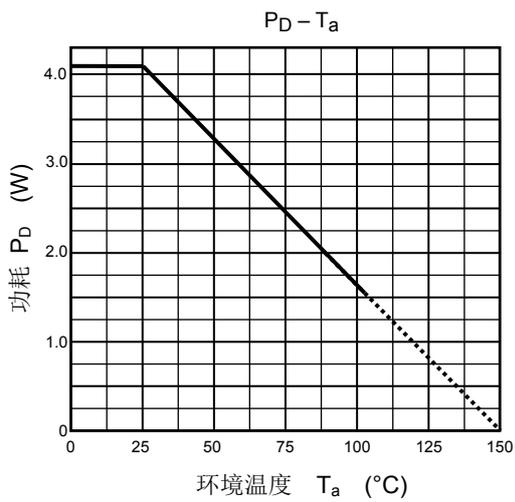
注 10：如板上安装(4 层, FR4, 76.2 mm × 114.3 mm × 1.6 mm)上, 则 R_{th(j-a)} = 30.5°C/W

工作范围

特性	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	V_{Mopr}	6	30	V

功耗(参考数据)

如板上安装(4层, FR4, 76.2 mm × 114.3 mm × 1.6 mm)上, 则 $R_{th(j-a)} = 30.5^{\circ}C/W$



电气特性(Ta = 25°C)

特性		符号	试验条件	最小值	典型值	最大值	单位	
电源电流		IM	Ivreg = 0 mA	—	6.0	8.5	mA	
输入电流		IIN1A	TSP/VSP (SEL_SP = VREG)	-1	—	1	μA	
		IIN1D(H)	TSP/VSP = 5 V (SEL_SP = 开路, GND)	—	100	150		
		IIN1D(L)	TSP/VSP = 0 V (SEL_SP = 开路, GND)	-1	—	1		
		IIN2	SEL_FG, MIN_SP, LA, FPWM, SEL_LD	-1	—	1		
		IN3(H)	V _{IN} = 5 V FST, SEL_SP, LA, SEL_LA	—	100	150		
		IN3(L)	V _{IN} = 0 V FST, SEL_SP, LA, SEL_LA	-150	-100	—		
		IN4(H)	V _{IN} = 5 V CW/CCW, BRAKE	—	100	150		
		IN4(L)	V _{IN} = 0 V CW/CCW, BRAKE,	-1	0	—		
		IN5	MVM	-1	—	1		
霍尔元件 输入	输入灵敏度	V _S	差分输入	40	—	—	mVpp	
	共模 输入电压 范围	V _W	—	0.5	—	3.5	V	
	输入滞后	V _H	(参考数据)	±4	±8	±12	mV	
霍尔 IC 输入		V _{IN4}	H	HUP, HVP, HWP:	V _{REG} -1	—	V _{REG}	V
			L	HUM, HVM, HWM = VREG/2	0	—	0.8	
输入电压		V _{IN1} (H)	TSP/VSP	2.0	—	5.5	V	
		V _{IN1} (L)	(SEL_SP = 开路, GND)	GND	—	0.8		
		V _{IN2} (H)	CW/CCW, BRAKE	2.0	—	5.5		
		V _{IN2} (L)	CW/CCW, BRAKE	GND	—	0.8		
		V _{IN3} (H)	MVM L→H: 正弦波驱动 → 120 度换相	1.9	2.0	2.1		
		V _{IN3} (L)	MVM H→L: 120 度换相 → 正弦波驱动	1.7	1.8	1.9		
输入滞后范围		V _{1hys}	(参考数据) TSP/VSP SEL_SP = GND	0.3	0.4	0.5	V	
		V _{2hys}	(参考数据) CW/CCW, BRAKE	0.3	0.4	0.5		
FG_OUT/LD_OUT 时的 输出低电压		V _{OUT}	I _{OUT} = 5mA	GND	—	0.5	V	
FG_OUT/LD_OUT 时的 泄漏电流		I _L OUT	V _{OUT} = 30V	—	0	2	μA	
U、V、W 处的输出导通电阻		R _{ON} (H+L)	(I _{OUT} = 1 A)	—	0.24	0.33	Ω	
U、V、W 处的输出泄漏电流		I _L (H)	V _{OUT} = 0 V	-10	0	—	μA	
		I _L (L)	V _{OUT} = 30 V	—	0	10		

特性	符号	试验条件	最小值	典型值	最大值	单位
电流极限检测的屏蔽时间	TRS	(参考数据)	—	1.2	—	μs
RS 端子处的电流传感电压	VRS	—	0.225	0.25	0.275	V
PWM 振荡频率	FPWM3	(参考数据) FPWM = "3"	22.5	25	27.5	kHz
	FPWM2	(参考数据) FPWM = "2"	180	200	220	
	FPWM1	(参考数据) FPWM = "1"	90	100	110	
	FPWM0	(参考数据) FPWM = "0"	45	50	55	
OSC 频率	OSC	(参考数据) OSCCR: 27 kΩ, 360 pF	11.7	13	14.3	MHz
TSTEP 端子处的设置时间	Tsoft	(参考数据) TSTEP = 0.01μF	—	0.100	—	s
锁定检测时间	Tlock1	(参考数据) SEL_LD = "0"	—	0.5	—	s
锁定后的重新启动时间	Tlock2	(参考数据) SEL_LD = "0"	—	5	—	s
过电流检测用屏蔽时间	TISD	(参考数据)	—	1.9	—	μs
过流检测运行时的电流	ISD	(参考数据)	3	4.5	6	A
热关机电路	TSD	(参考数据)	150	165	180	°C
	TSDhys	(参考数据)重新启动用滞后	—	15	—	
低电压锁定期间 VM 端子检测时的电压	VMUVLO	—	5.0	5.3	5.7	V
低电压锁定期间 VM 端子重新启动时的电压	VMUVLOR	—	5.3	5.6	6.0	V
VREG 输出电压	VREG	IVREG = -40 mA (注)	4.7	5	5.3	V

*(参考数据): 出货未检查

(注) 当电源电压小于相关工作范围时, VREG 输出电压有可能达不到上述电气特性中的最小值。当然, 其还取决于 VM 和 IVREG。因此, 需在 VM 约为 VMUVLO 时, 通过评估实际系统来确认不存在问题。

步数和输入电压设置的关系

SEL_SP SEL_LA	SEL_FG	FPWM SEL_LD	MIN_SP	LA (SEL_LA = "1")	LA (SEL_LA = "0", "2")	输入电压 (按 VREG 写入)		输入电压 (当 VREG = 5 V 时)					
						最小值	最大值	最小值	最大值				
2	1	3	8	7	31	Vreg/256*160	Vreg	3.125	5				
					30	Vreg/256*155	Vreg/256*159	3.027	3.105				
			29		Vreg/256*150	Vreg/256*154	2.93	3.008					
			28		Vreg/256*145	Vreg/256*149	2.832	2.910					
			2	6	7	6	27	Vreg/256*140	Vreg/256*144	2.734	2.813		
							26	Vreg/256*135	Vreg/256*139	2.637	2.715		
					5	6	5	25	Vreg/256*130	Vreg/256*134	2.539	2.617	
								24	Vreg/256*125	Vreg/256*129	2.441	2.520	
		5		5	5	5	23	Vreg/256*120	Vreg/256*124	2.344	2.422		
							22	Vreg/256*115	Vreg/256*119	2.246	2.324		
				4	4	4	4	21	Vreg/256*110	Vreg/256*114	2.148	2.227	
								20	Vreg/256*105	Vreg/256*109	2.051	2.129	
		1	0	1	4	4	19	Vreg/256*100	Vreg/256*104	1.953	2.031		
							18	Vreg/256*95	Vreg/256*99	1.855	1.934		
					3	3	3	3	17	Vreg/256*90	Vreg/256*94	1.758	1.836
									16	Vreg/256*85	Vreg/256*89	1.66	1.738
3	3			3	3	15	Vreg/256*80	Vreg/256*84	1.563	1.641			
						14	Vreg/256*75	Vreg/256*79	1.465	1.543			
	2			2	2	2	13	Vreg/256*70	Vreg/256*74	1.367	1.445		
							12	Vreg/256*65	Vreg/256*69	1.27	1.348		
0	0	0	2	2	11	Vreg/256*60	Vreg/256*64	1.172	1.250				
					10	Vreg/256*55	Vreg/256*59	1.074	1.152				
			1	1	1	1	9	Vreg/256*50	Vreg/256*54	0.977	1.055		
							8	Vreg/256*45	Vreg/256*49	0.879	0.957		
		0	0	0	1	1	7	Vreg/256*40	Vreg/256*44	0.781	0.859		
							6	Vreg/256*35	Vreg/256*39	0.684	0.762		
			0	0	0	0	0	5	Vreg/256*30	Vreg/256*34	0.586	0.664	
								4	Vreg/256*25	Vreg/256*29	0.488	0.566	
0	0	0	1	1	3	Vreg/256*20	Vreg/256*24	0.391	0.469				
					2	Vreg/256*15	Vreg/256*19	0.293	0.371				
			0	0	0	0	0	1	Vreg/256*10	Vreg/256*14	0.195	0.273	
								0	0	Vreg/256*9	0	0.176	

功能描述

为便于说明，等效电路图可能已经过简化，或略去了其中某些部分的内容。
出于解释目的，会简化时序图。

1. 基本操作

启动过程中，马达按 120 度换相驱动。在位置信号达到 1 Hz 的转速之后，马达即由正弦波驱动器负责驱动，原因在于转子位置是按位置信号判断的。

- 启动至 1 Hz: 120 度 PWM 驱动
- 1 Hz 至: 正弦波 PWM 驱动

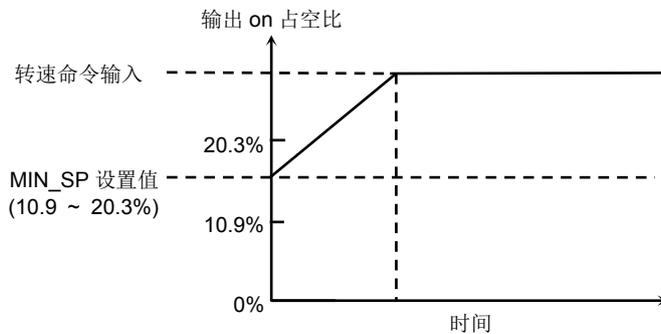
2. 启动运行

启动时的 ON 占空比取决于 MIN_SP 端子的设置。

1) 当 MIN_SP = "1~7" (10.9%~20.3%)时

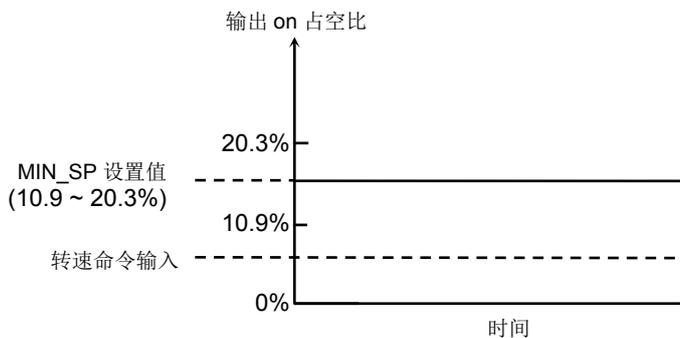
·如果转速命令 > MIN_SP

从在 MIN_SP 端子处设置的 on 占空比开始输出。



·如果转速命令 ≤ MIN_SP

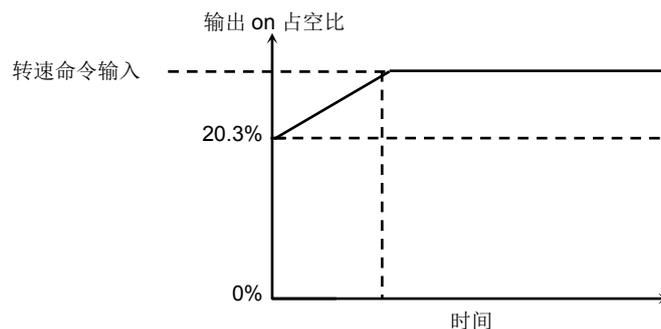
从在 MIN_SP 端子处设置的 ON 占空比开始输出。



2) 当 MIN_SP = "8"时

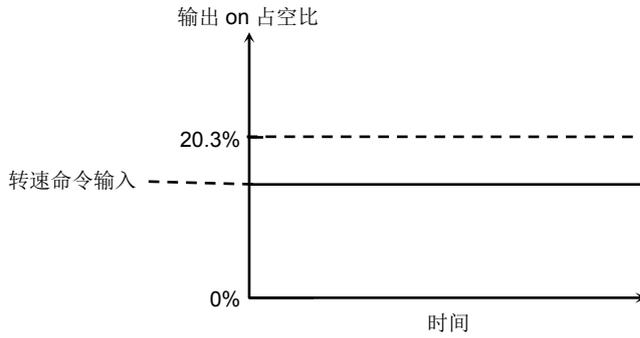
·如果转速命令 > 20.3%

从 on 占空比的 20.3%开始输出。



·如果转速命令 $\leq 20.3\%$

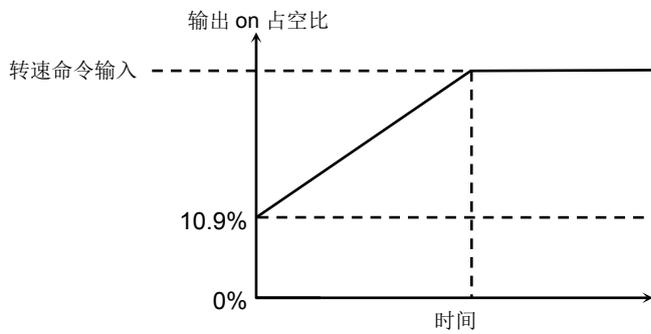
从转速命令输入的 on 占空比开始输出。



3) 当 MIN_SP = "0" 时

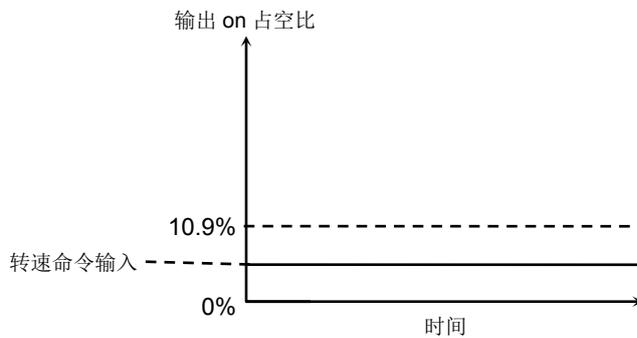
·如果转速命令 $> 10.9\%$

从 on 占空比的 10.9% 开始输出。



·如果转速命令 $\leq 10.9\%$

从转速命令输入的 on 占空比开始输出。

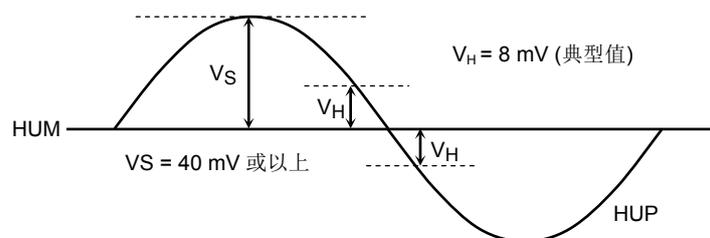


3. 位置检测端子

<霍尔元件输入>

共模输入电压范围: $V_W = 0.5 \sim 3.5 \text{ V}$

输入滞后: $V_H = 8 \text{ mV}$ (典型值)



<霍尔 IC 输入>

条件: HUP, HVP, HWP = GND 至 VREG

HUM, HVM, HWM = VREG/2

4. 异常检测时的操作

以下事件作为异常被检测到:

1. ISD电路已激活。
2. TSD电路已激活。
3. 马达锁定检测已激活。
4. 过电压检测已激活。

如检测到以上异常 1、2 或 3, 则 LD_OUT 端子输出低电平, 直至正弦波驱动启动。

5. 马达锁定检测

如果位置信号在输入启动命令后 Ton 的期间内不改变, 驱动的输出信号关闭, 并且在 SEL_LD 端设在 Ton 的期间的驱动和 Toff 期间的非驱动被交互重复。

当占空比 = 0%作为转动信号被输入到 TSP/VSP 端, Toff 期间被释放。驱动重启在开始命令信号被输入到 TSP/VSP 以后。

当异常检测释放时, 输入一个 0%和 2ms 期间或更长转动信号。

如以下所述, 通过 SEL_LD 端子设置 Ton 和 Toff。

通过 SEL_LD 端子处设置的级数	功能描述
3	马达锁定检测不工作。
2	Ton = 1 s (典型值), Toff = 10 s (典型值)
1	Ton = 0.5 s (典型值), Toff = 10 s (典型值)
0	Ton = 0.5 s (典型值), Toff = 5 s (典型值)

6. 正/反转方向切换

CW/CCW = 低: 正向, CW/CCW = 高: 反向

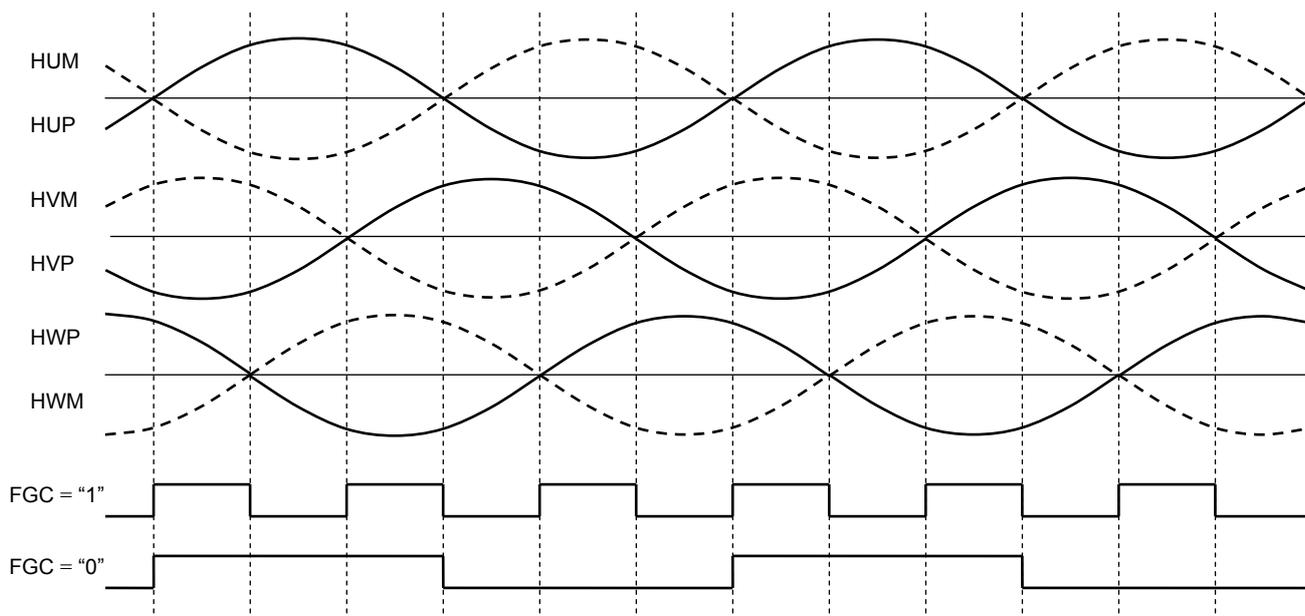
CW/CCW	输出换相的顺序
L	正转方向: U→V→W→U→...
H	反转方向: W→V→U→W→...

7. 转速输出

可输出基于霍尔信号的旋转脉冲。

可按照在 SEL_FG 端子处设置的级数，将每一电角 1 次脉冲或 3 次脉冲选作 FG_OUT 端子的模式。

在 SEL_FG 端子处设置的级数	FG_OUT
1	每个电角 3 个脉冲
0	每个电角 1 个脉冲



8. 转速命令

通过输出 PWM 占空设置的启动、停止和马达转速，可受控于被输入到 TSP/VSP 端子的某个输入信号。可按照在 SEL_SP 端子处设置的级数，将模拟电压控制或脉冲占空控制选作 TSP/VSP 端子的模式。

在 SEL_SP 端子处设置的步数	TSP/VSP 端子处的输入控制
2	模拟电压控制
1	脉冲占空比控制
0	测试模式

1) 在 TSP/VSP 端子处的模拟电压控制时(SEL_SP="2")

当 TSP/VSP 端子处的电压 ≥ 0.625 V 时，启动序列启动。

当 TSP/VSP 端子处的电压 < 0.625 V 时，序列即被复位。

$0 \leq \text{VSP/TSP}$ (在模拟电压控制时) $\leq \text{VAD (L)} : 0.625$ V (典型值)

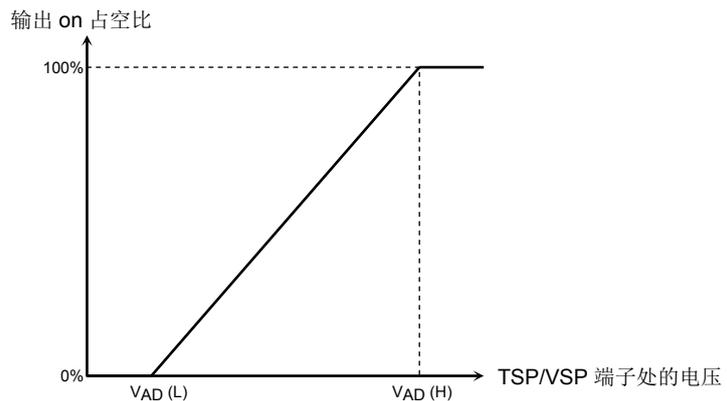
→ 占空比 = 0%

$\text{VAD (L)} : 0.625$ V (典型值) $\leq \text{VSP/TSP}$ (在模拟电压控制时) $\leq \text{VAD (H)} : 3.125$ V (典型值)

→ 见下图。(1/128 ~ 128/128)

$\text{VAD (H)} 3.125$ V (典型值) $\leq \text{VSP/TSP}$ (在模拟电压控制时) $\leq \text{VREG}$

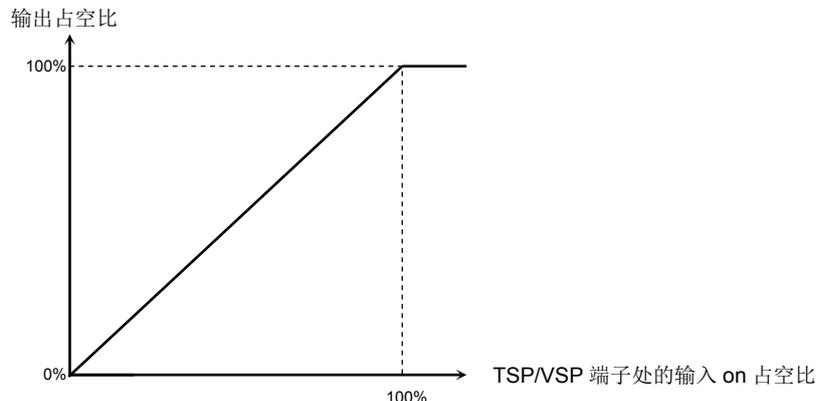
→ 占空比 = 100% (128/128)



2) 在 TSP/VSP 端子处的脉冲占空控制时(SEL_SP="1")

当一个 PWM 信号被输入到 TSP/VSP 端子时，启动序列即启动。

应将输入到 TSP/VSP 端子的输入脉冲的频率设置为 1 kHz 至 100 kHz，原因是 0.2 μ s 或以下的输出 ON 占空可能不起到输入信号的作用，也可能是因为运行在输出 OFF 占空比 = 1 ms 或以上时被判断为停机状态。



9. 最小输出 ON 占空的设置

最小输出 on 占空取决于输入到 MIN_SP 端子的输入电压。

在 MIN_SP 端子处设置的步数	最小输出占空比	启动期间的占空
8	0%	转速命令值 > 20.3%: 20.3% 转速命令值 ≤ 20.3%: 转速命令值
7	20.3%	20.3%
6	18.8%	18.8%
5	17.2%	17.2%
4	15.6%	15.6%
3	14.1%	14.1%
2	12.5%	12.5%
1	10.9%	10.9%
0	0%	转速命令值 > 10.9%: 10.9% 转速命令值 ≤ 10.9%: 转速命令值

10. PWM 频率

模拟电压控制或脉冲占空控制期间的输出 PWM 频率，均取决于 FPWM 端子处的输入电压。输出 PWM 频率应显著高于马达的电气频率，且不应超出各激励电路的切换性能。

在 FPWM 端子处设置的级数	PWM 频率
3	25 kHz
2	200 kHz
1	100 kHz
0	50 kHz

11. 超前角控制

通过设置 SEL_LA 和 LA 端子，即可确定超前角控制模式。

在 SEL_LA 端子处设置的步数	功能描述
2	自动超前角：相位控制 按 LA 端子的输入电压选择补偿值
1	自动超前角：频率比 通过 LA 端子的输入电压选择超前角模式
0	外部输入：按 LA 端子的输入电压设置超前角

1) 自动超前角 (SEL_LA="1")

频率阈值滞后 +0 Hz/-50 Hz。

在 LA 端子处设置的步数	Lead angle value [deg]									
	电气频率[Hz]									
	0 ~ 100	100 ~ 200	200 ~ 300	300 ~ 400	400 ~ 500	500 ~ 600	600 ~ 700	700 ~ 800	800 ~ 900	900 ~ 1000
7	0	1.875	1.875	1.875	1.875	3.750	3.750	3.750	3.750	5.625
6	0	1.875	1.875	3.750	3.750	5.625	5.625	7.500	7.500	9.325
5	0	1.875	1.875	3.750	5.625	7.500	7.500	9.325	11.250	13.125
4	0	1.875	3.750	5.625	9.325	11.250	13.125	15.000	18.750	20.625
3	0	1.875	5.625	7.500	11.250	13.125	16.875	18.750	22.500	24.375
2	0	3.750	5.625	9.325	13.125	16.875	18.750	22.500	26.250	30.000
1	0	3.750	7.500	11.250	15.000	18.750	22.500	26.250	30.000	33.750
0	0	1.875	3.750	5.625	7.500	9.325	11.250	13.125	15.000	16.875

在 LA 端子处设置的级数	超前角值[deg]										
	电气频率[Hz]										
	1000 ~ 1100	1100 ~ 1200	1200 ~ 1300	1300 ~ 1400	1400 ~ 1500	1500 ~ 1600	1600 ~ 1700	1700 ~ 1800	1800 ~ 1900	1900 ~ 2000	2000 以上
7	5.625	5.625	5.625	7.500	7.500	7.500	7.500	9.375	9.375	9.375	9.375
6	9.325	11.250	11.250	13.125	13.125	15.000	15.000	16.875	16.875	18.750	18.750
5	13.125	15.000	16.875	18.750	18.750	20.625	22.500	24.375	24.375	26.250	28.125
4	22.500	24.375	28.125	30.000	31.875	33.750	37.500	39.375	41.250	43.125	46.875
3	28.125	30.000	33.750	35.625	39.375	41.250	45.000	46.875	50.625	52.500	56.250
2	31.875	35.625	39.375	43.125	45.000	48.750	52.500	56.250	58.125	58.125	58.125
1	37.500	41.250	45.000	48.750	52.500	56.250	56.250	56.250	56.250	56.250	56.250
0	18.750	20.625	22.500	24.375	26.250	28.125	30.000	31.875	33.750	35.625	37.500

2) 外部输入(SEL_LA = "0")

可对 $0^\circ \sim 58.125^\circ$ 范围内对应于感应电压对应的作为换相信号的超前角进行调节。
 可将 $0 \text{ V} \sim 3.125 \text{ V}$ 作为模拟输入电压至 LA 端子分为 32 个部分

当输入到 LA 端子的输入电压 = 0 V 时, 超前角 = 0° 。

当输入到 LA 端子的输入电压 = 3.125 V 时, 超前角 = 58.125° 。

当输入到 LA 端子的输入电压 $\geq 3.125 \text{ V}$ 时, 超前角 = 58.125° 。

(设计值)

步数	LA [V]	超前角 [deg]	步数	LA [V]	超前角 [deg]
31	3.125	58.125	15	1.563	28.125
30	3.027	56.250	14	1.465	26.250
29	2.930	54.375	13	1.367	24.375
28	2.832	52.500	12	1.270	22.500
27	2.734	50.625	11	1.172	20.625
26	2.637	48.750	10	1.074	18.750
25	2.539	46.875	9	0.977	16.875
24	2.441	45.000	8	0.879	15.000
23	2.344	43.125	7	0.781	13.125
22	2.246	41.250	6	0.684	11.250
21	2.148	39.375	5	0.586	9.375
20	2.051	37.500	4	0.488	7.500
19	1.953	35.625	3	0.391	5.625
18	1.855	33.750	2	0.293	3.750
17	1.758	31.875	1	0.195	1.875
16	1.660	30.000	0	0.000	0.000

3) 自动超前角 (SEL_LA="2")

可对-28°~28°范围内的霍尔信号补偿进行调节。

可将0 V~3.125 V作为模拟输入电压至LA端子分为32个部分。

CW/CCW = L和CW/CCW = H之间的正信号和负信号会被反转。

当CW/CCW = L时

步数	LA [V]	补偿 [deg]	步数	LA [V]	补偿 [deg]
31	3.125	-28.125	15	1.563	28.125
30	3.027	-26.250	14	1.465	26.250
29	2.930	-24.375	13	1.367	24.375
28	2.832	-22.500	12	1.270	22.500
27	2.734	-20.625	11	1.172	20.625
26	2.637	-18.750	10	1.074	18.750
25	2.539	-16.875	9	0.977	16.875
24	2.441	-15.000	8	0.879	15.000
23	2.344	-13.125	7	0.781	13.125
22	2.246	-11.250	6	0.684	11.250
21	2.148	-9.375	5	0.586	9.375
20	2.051	-7.500	4	0.488	7.500
19	1.953	-5.625	3	0.391	5.625
18	1.855	-3.750	2	0.293	3.750
17	1.758	-1.875	1	0.195	1.875
16	1.660	0	0	0	0

当CW/CCW = H时

步数	LA [V]	补偿 [deg]	步数	LA [V]	补偿 [deg]
31	3.125	28.125	15	1.563	-28.125
30	3.027	26.250	14	1.465	-26.250
29	2.930	24.375	13	1.367	-24.375
28	2.832	22.500	12	1.270	-22.500
27	2.734	20.625	11	1.172	-20.625
26	2.637	18.750	10	1.074	-18.750
25	2.539	16.875	9	0.977	-16.875
24	2.441	15.000	8	0.879	-15.000
23	2.344	13.125	7	0.781	-13.125
22	2.246	11.250	6	0.684	-11.250
21	2.148	9.375	5	0.586	-9.375
20	2.051	7.500	4	0.488	-7.500
19	1.953	5.625	3	0.391	-5.625
18	1.855	3.750	2	0.293	-3.750
17	1.758	1.875	1	0.195	-1.875
16	1.660	0	0	0	0

12. 加速和减速控制设置

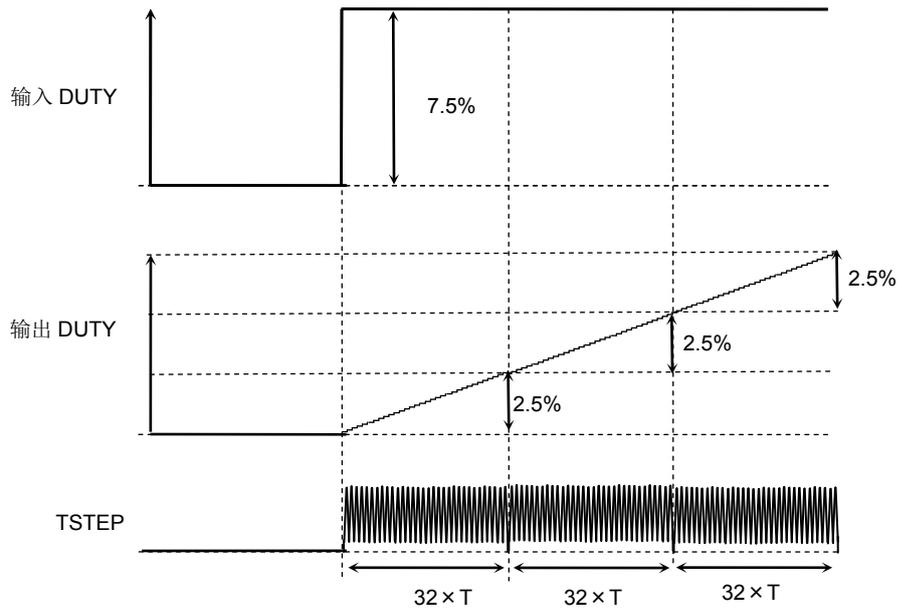
当电容连接与 TSTEP 端，输入控制信号占空比加速和减速期间，输出占空比的反映时间可以被设置到 TSP/VSP。(大约 $0.078\%/T$) 并且马达在开始时可以渐渐地加速和减速。如果工作期间输出 ON 占空比设为 0% 的速度指令被输入，减衰功能变无效且输出关闭。然而，输入控制信号占空比的变化为 2.5% 或更少它被反映到每个 PWM 周期的输出占空比。

加速和减速时间: (比如) 当 $C = 0.01 \mu F$, $32 \times T = 32 \times 0.313 \times C \times 10^6 = \text{约 } 0.100 \text{ s}$ 。

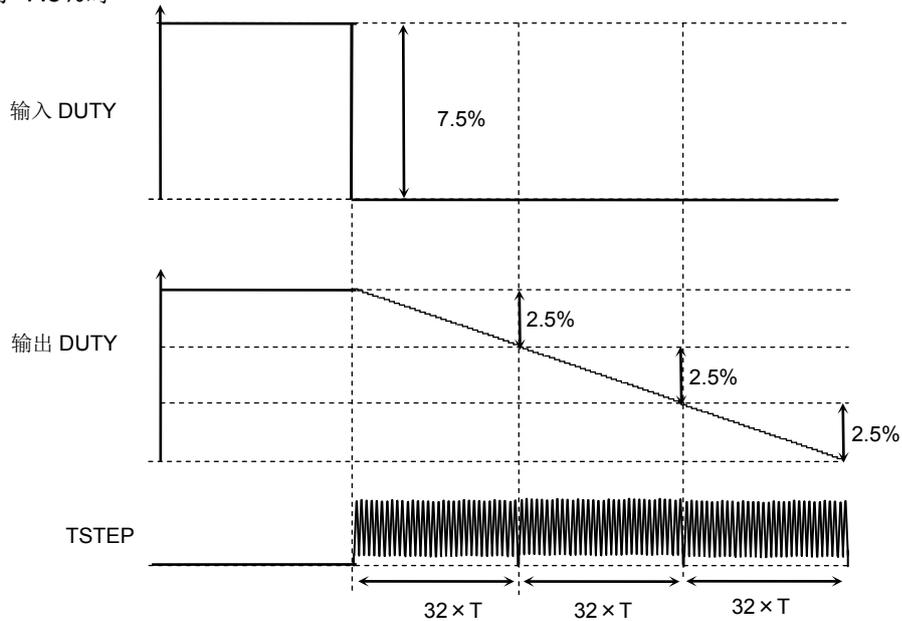
在运行期间输入速度命令输出 on 占空比为 0% 时，减速功能变为无效，输出即被关闭。

此时，输出占空比即复位为 0%。在重新启动时，请在输入转速控制命令“输出 on 占空比为 0% 之后 2 ms 或以上之后，将某个起动命令信号输入到 TSP/VSP 引脚。

当输入 DUTY 增大 7.5% 时



当输入 DUTY 减小 7.5% 时



13. 制动器功能

如果高电平输入到 BRAKE 端，能使马达停止的反转刹车工作。

马达转动期间输入到 BRAKE 端的输入信号由 L 电平变为 H 电平后，反转刹车工作直到位置信号频率为 40Hz。位置信号频率低于 40Hz 后，马达停止。

然而，TSP/VSP 端输出占空比命令=0%期间输入到 BRAKE 端的输入信号由 L 电平变为 H 电平后，工作顺序如下表所示。

BRAKE	功能描述
高	制动器
低或开路	正常工作

当进入 BRAKE 端子的输入信号在 TSP/VSP 端子处的输出占空比命令=0%期间从 L 电平变为 H 电平时

状态	制动器序列
位置信号频率 ≤ 40 Hz	短路制动器
位置信号频率 > 40 Hz	反向制动器 \rightarrow 短路制动器

14. 过电压监测功能

当 MVM = 2.0 V (典型值)或以上时，驱动模式即为 120 度换相。

MVM 有 0.2 V (典型值)的滞后。如果 MVM < 1.8 V(典型值)，则驱动重新启动。

MVM	功能描述
MVM > 2.0 V (典型值)	120 度换相
MVM < 1.8 V (典型值)	正弦波 PWM 驱动 当 SEL_LA = "2"时，超前角 = 0 度。 当 SEL_LA = "1"或"0"时，超前角即为所设置的值。

15. Current limit circuit

限流电路关闭上侧输出三极管且限制电流。仅当 PWM 打开时驱动关闭。如果有输出电流，电流由电阻 R1 检测。

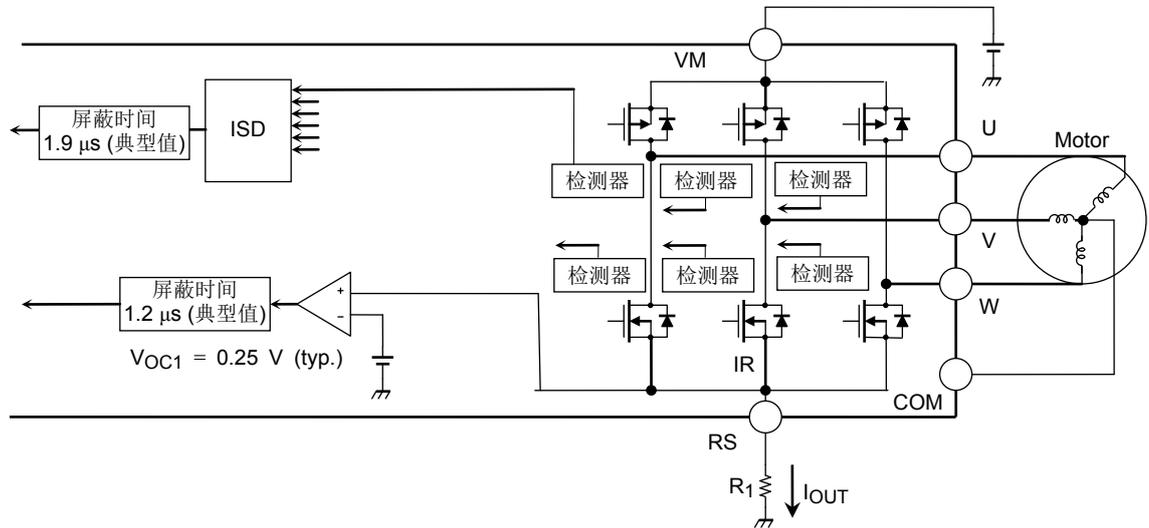
然后，在过流检测电压达到 $V_{RS} = 0.25\text{ V}$ 后，电路开始工作。

使电流限制电路工作的电流值 I_{OUT}

= 过流检测电压 V_{RS} / 检测电阻 R_1

有 $1.2\ \mu\text{s}$ 的屏蔽时间为了防止噪声引起的误动作。

(比如) 当 $0.3\ \Omega$ 设为电阻 R_1 , I_{OUT} (典型值) = 0.25 V (典型值) / $0.3\ \Omega \approx 0.83\text{ A}$ 。



16. 过流检测电路 (ISD)

6 过流检测器每个内置于各输出三极管。如果检测值超过绝对最大额定值，所有输出关闭 (高阻抗: Hi-Z)。

如果转速命令的占空比输出设为 0%，释放异常检测。

当异常检测释放，输入一个 0% 和 2 ms 期间或更长的转速命令。

17. 热关机电路 (TSD)

内置的热关机电路关闭输出(高阻抗: Hi-Z)，当结温 (T_j) 超过 165°C (典型值)。有 15°C (典型值) 的滞后。

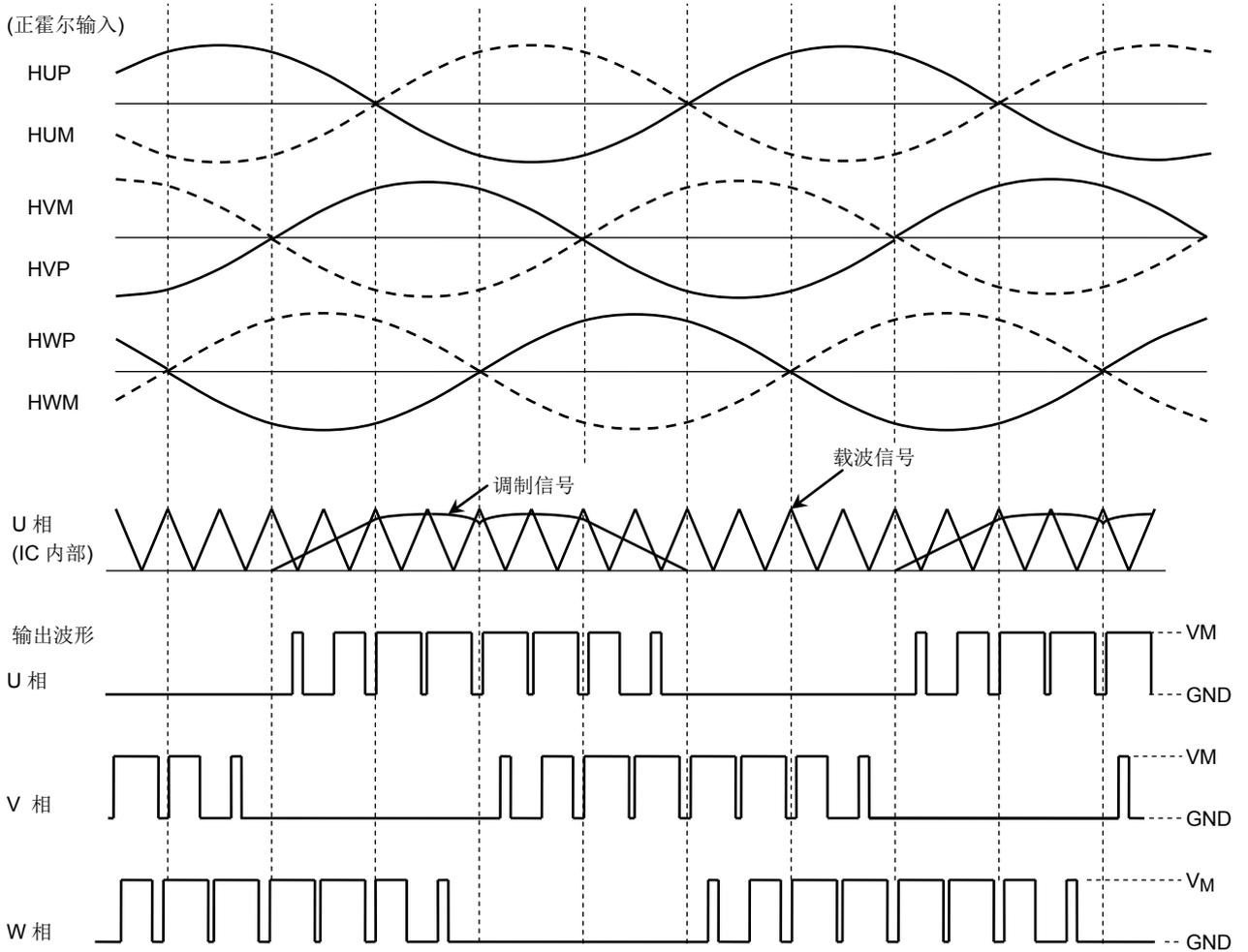
热关机电路工作后重启温度为 $T_{SD} - T_{SDhys}$ 。

$T_{SD} = 165^\circ\text{C}$ (典型值), $T_{SDhys} = 15^\circ\text{C}$ (典型值)

18. 欠压锁定(UVLO)

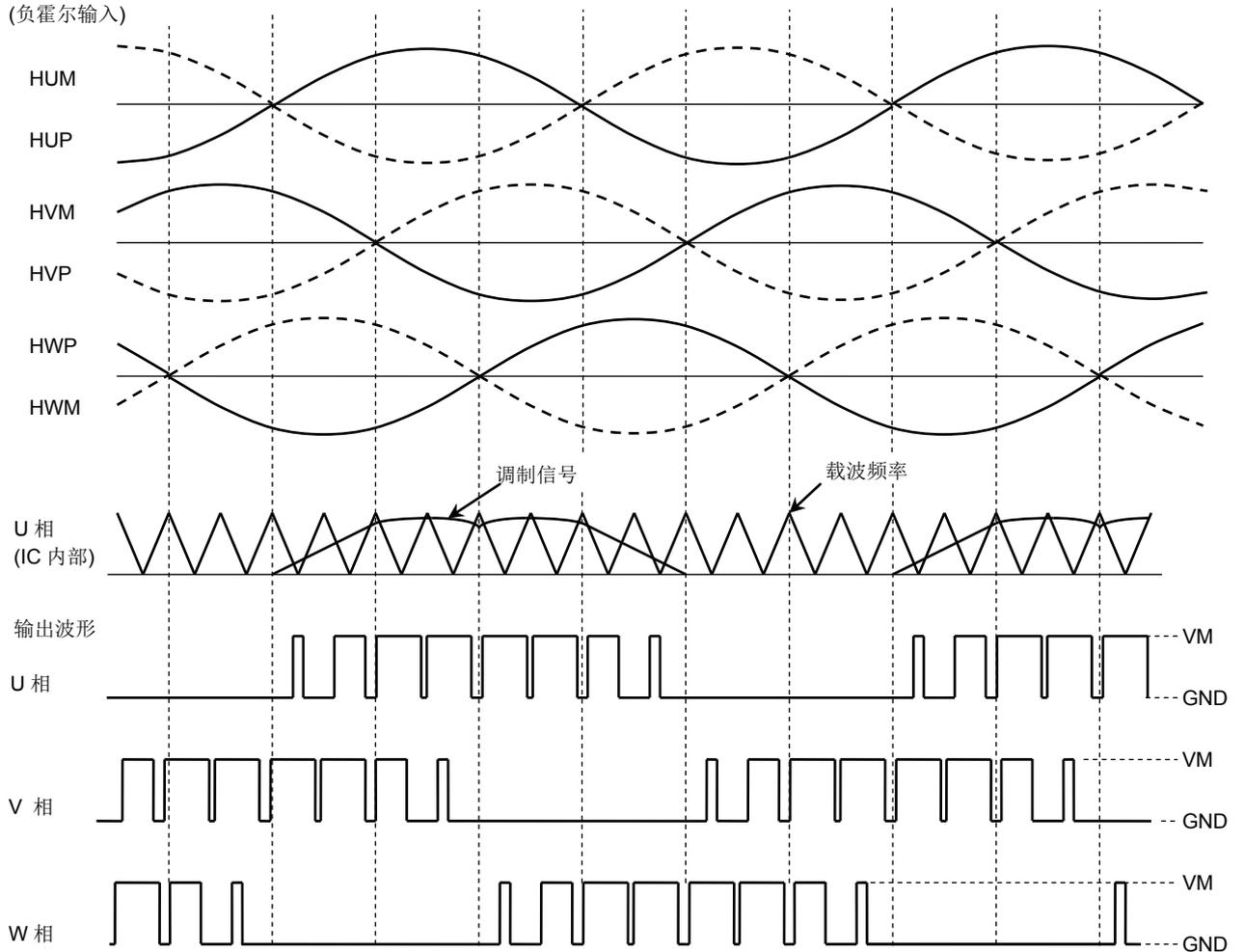
内置的欠压锁定关闭 U, V, W, FG_OUT 和 LD_OUT 的各输出 (高阻抗: Hi-Z)，当 $VM = 5.3\text{ V}$ (典型值) 或更低。有 0.3 V (典型值) 的滞后。重启电压为 5.6 V (典型值)。

时序图：正弦波 PWM 驱动
(CW/CCW = 低, 超前角 = 0 度, 正霍尔输入 ≥ 1 Hz)



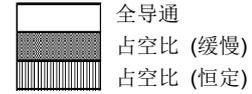
注：出于解释目的，会简化时序图。

时序图：正弦波 PWM 驱动
(CW/CCW = 高, 超前角: 0 度, 负霍尔输入)



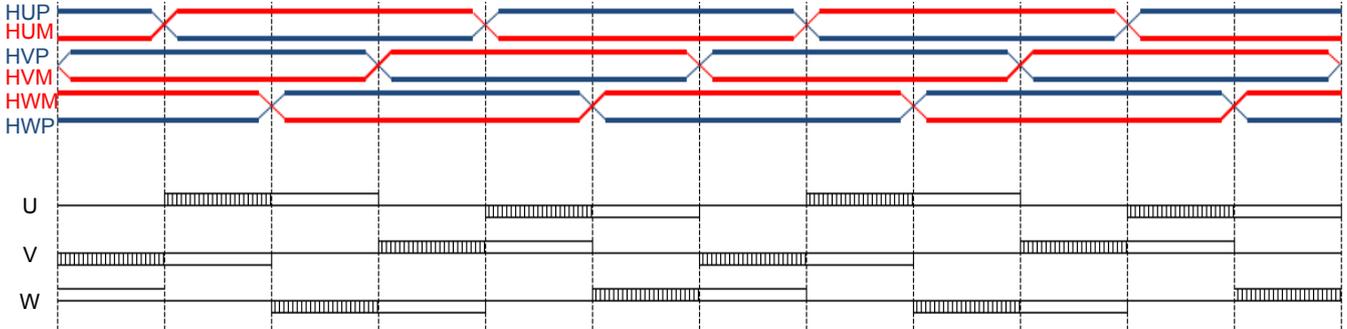
注：出于解释目的，会简化时序图。

时序图：120 度 PWM 驱动

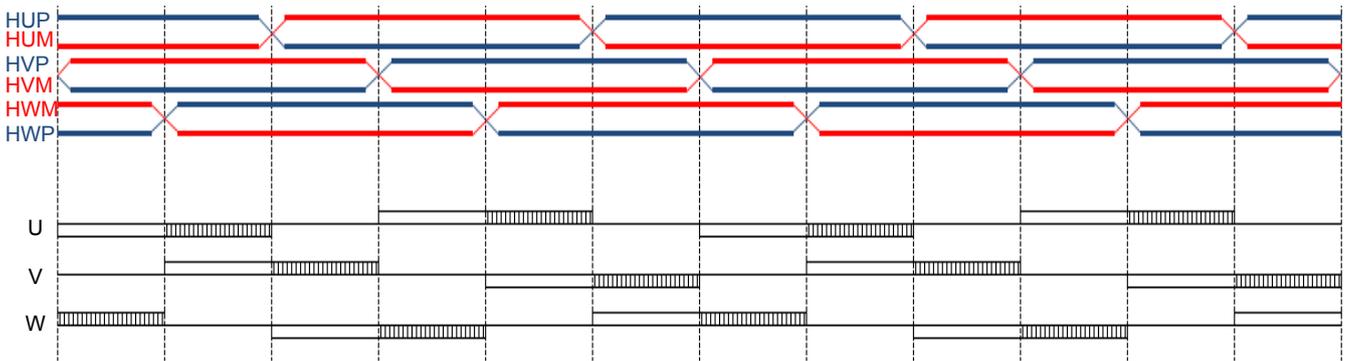


(1) CW/CCW = L

120 度：位置信号(正向) ≤ 1 Hz, 当 MVM 端子电压 > 2.0 V (典型值)时[如果 MVM 端子电压 < 1.8 V (典型值), 则正弦波驱动重新启动。]

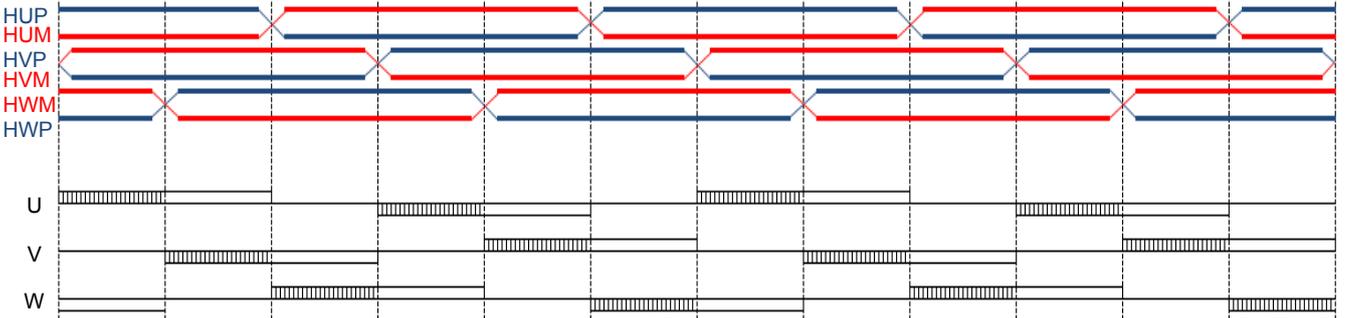


120 度：位置信号位于反向。

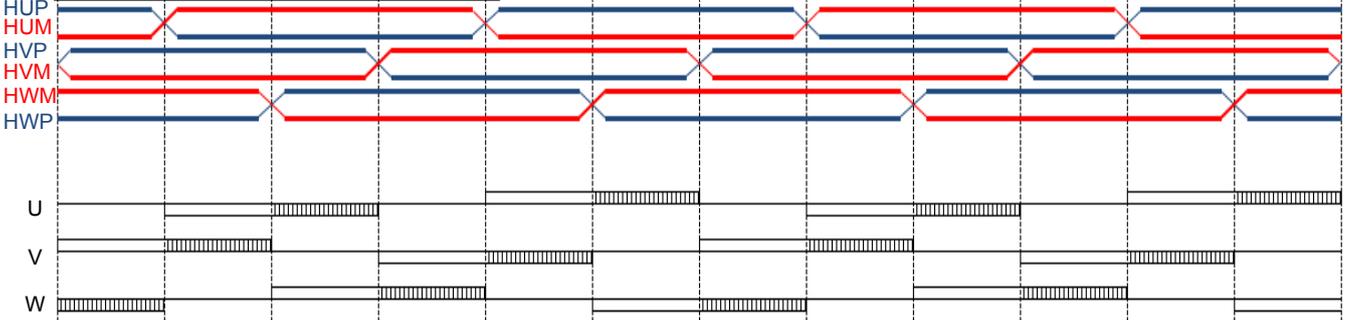


(2) CW/CCW = H

120 度：当 MVM 端子电压 > 2.0 V (典型值)时, 位置信号(反向) ≤ 1 Hz。[如果 MVM 端子电压 < 1.8 V (典型值), 则正弦波驱动重新启动。]

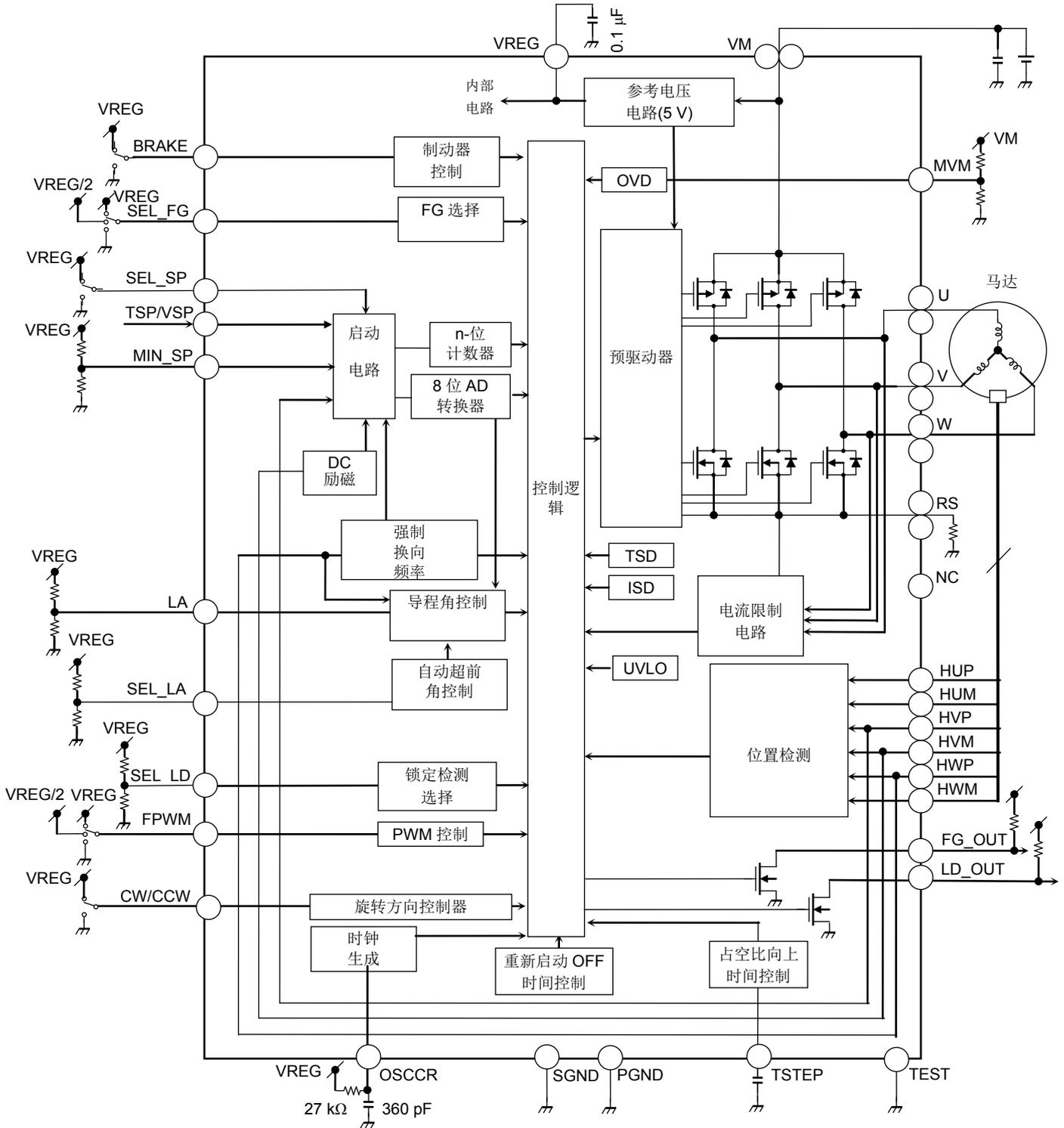


120 度：位置信号位于正向。



应用电路示例

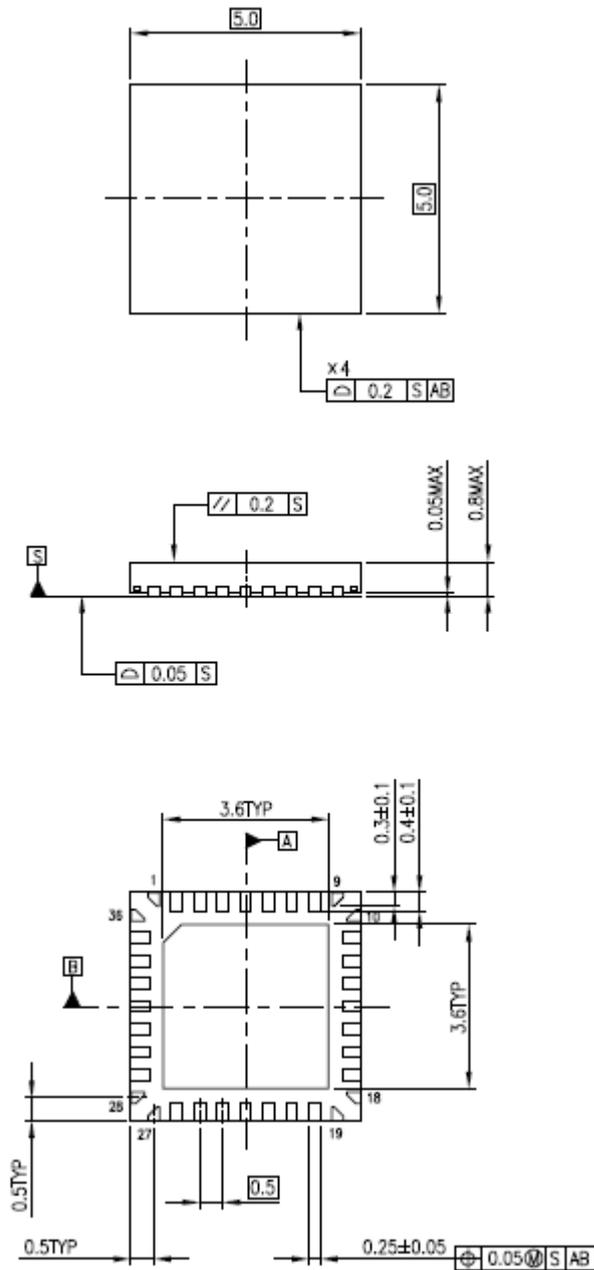
一些功能块，电路，或方块图的内容为了解释的目的可能被省略或简化。文档出现的应用电路仅作为参考目的提供。尤其在量产设计阶段需要充分评估。



封装尺寸

P-WQFN36-0505-0.50-001

单位: mm



重量: 0.06 g (典型值)

内容注释

1. 方块图

出于解释目的，可能忽略或简化部分功能块，电路或常数。

2. 等效电路

出于解释目的，可能简化等效电路图或忽略其中的一部分。

3. 时序图

出于解释目的，可能简化时序图。

4. 应用电路

本文件所示应用电路仅供参考。尤其在大规范生产设计阶段，必须进行全面评估。
东芝不因提供这些应用电路示例而授予任何工业产权许可。

5. 测试电路

测试电路中的部件仅用于获取及确认装置特性。不保证这些部件和电路能防止在应用设备中发生故障或失效。

IC 使用注意事项

IC 处理注意事项

- (1) 半导体装置绝对最大额定值为一组在任何时候都不得超过的额定值。不得超出任何额定值。
超出这些额定值可导致装置击穿，损坏或劣化，并会因发生爆炸或燃烧而造成伤害。
- (2) 应使用适当的电源保险丝，保证在过电流及 IC 故障的情况下不会有电流持续流过。当在超过绝对最大额定值的条件下使用，接线路径不对，或者在接线或负载处产生异常脉冲噪声而造成大电流持续通过时，IC 会被完全击穿，并导致烟雾或起火。为尽量减小击穿时大电流流过的影响，必须进行正确设置，例如保险丝容量，熔断时间及插入电路的位置。
- (3) 若您的设计包括马达线圈等有感负荷，则应在设计中包含防护电路，防止上电时涌流产生的电流或者断电时反电动势产生的负电流造成装置故障或击穿。进而造成伤害，烟雾或起火。应使用带 IC 的具有内置保护功能的稳定电源。若电源不稳定，保护功能可能不工作而造成 IC 击穿，进而造成伤害，烟雾或起火。
- (4) 不要以错误方位或错误的方式插入设备。
确认电源的正负端子连接正确。
另外，电流或功耗有可能超出绝对最大额定值，而超出这些额定值则可导致装置击穿，损坏或劣化，并可因发生爆炸或燃烧而造成伤害。
此外，不得使用其电源电流插接方位或方式错误的任何设备，即使一次也不行。

IC 处理记住要点**(1) 过流保护电路**

过流保护电路(简称限流电路)不一定能在所有情况下对 IC 进行保护。若过流保护电路在过流下工作,应立即消除过流状态。

例如:超过绝对最大额定值可导致过电流保护电路不能正常工作,或导致在操作前发生 IC 击穿现象,视使用方法和使用条件而定。

此外,视使用方法及使用条件而定,若在工作后过电流继续长时间流过,IC 会发热而造成击穿。

(2) 热关机电路

热关机电路不一定能在所有情况下对 IC 进行保护。若热关机电路在超温下工作,应立即消除发热状况。

视使用方法及使用条件而定,超过绝对最大额定值会造成热关机电路不能正常工作或者造成 IC 在工作前击穿。

(3) 散热设计

在使用大电流 IC 时例如,功率放大器,调节器或驱动器,请设计适当的散热装置,保证在任何时间和情况下不会超过规定的接点温度(T_j)。这些 IC 甚至在正常使用时会发热。对于 IC 散热不足的设计,会造成 IC 特性变差或击穿。此外,在设计装置时,请考虑 IC 散热对外围部件的影响。

(4) 反电动势

当马达突然反转,停止或放慢时,由于反电动势的影响,电流会回流到马达电源。若电源的电流吸收能力小,装置的马达电源和输出引脚就会存在超过绝对最大额定值的风险。为了避免出现这种问题,在系统设计中应考虑反电动势的影响。

RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

- Toshiba Corporation, and its subsidiaries and affiliates (collectively "TOSHIBA"), reserve the right to make changes to the information in this document, and related hardware, software and systems (collectively "Product") without notice.
- This document and any information herein may not be reproduced without prior written permission from TOSHIBA. Even with TOSHIBA's written permission, reproduction is permissible only if reproduction is without alteration/omission.
- Though TOSHIBA works continually to improve Product's quality and reliability, Product can malfunction or fail. Customers are responsible for complying with safety standards and for providing adequate designs and safeguards for their hardware, software and systems which minimize risk and avoid situations in which a malfunction or failure of Product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property, including data loss or corruption. Before customers use the Product, create designs including the Product, or incorporate the Product into their own applications, customers must also refer to and comply with (a) the latest versions of all relevant TOSHIBA information, including without limitation, this document, the specifications, the data sheets and application notes for Product and the precautions and conditions set forth in the "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" and (b) the instructions for the application with which the Product will be used with or for. Customers are solely responsible for all aspects of their own product design or applications, including but not limited to (a) determining the appropriateness of the use of this Product in such design or applications; (b) evaluating and determining the applicability of any information contained in this document, or in charts, diagrams, programs, algorithms, sample application circuits, or any other referenced documents; and (c) validating all operating parameters for such designs and applications. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR CUSTOMERS' PRODUCT DESIGN OR APPLICATIONS.**
- **PRODUCT IS NEITHER INTENDED NOR WARRANTED FOR USE IN EQUIPMENTS OR SYSTEMS THAT REQUIRE EXTRAORDINARILY HIGH LEVELS OF QUALITY AND/OR RELIABILITY, AND/OR A MALFUNCTION OR FAILURE OF WHICH MAY CAUSE LOSS OF HUMAN LIFE, BODILY INJURY, SERIOUS PROPERTY DAMAGE AND/OR SERIOUS PUBLIC IMPACT ("UNINTENDED USE").** Except for specific applications as expressly stated in this document, Unintended Use includes, without limitation, equipment used in nuclear facilities, equipment used in the aerospace industry, medical equipment, equipment used for automobiles, trains, ships and other transportation, traffic signaling equipment, equipment used to control combustions or explosions, safety devices, elevators and escalators, devices related to electric power, and equipment used in finance-related fields. **IF YOU USE PRODUCT FOR UNINTENDED USE, TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR PRODUCT.** For details, please contact your TOSHIBA sales representative.
- Do not disassemble, analyze, reverse-engineer, alter, modify, translate or copy Product, whether in whole or in part.
- Product shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable laws or regulations.
- The information contained herein is presented only as guidance for Product use. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringement of patents or any other intellectual property rights of third parties that may result from the use of Product. No license to any intellectual property right is granted by this document, whether express or implied, by estoppel or otherwise.
- **ABSENT A WRITTEN SIGNED AGREEMENT, EXCEPT AS PROVIDED IN THE RELEVANT TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR PRODUCT, AND TO THE MAXIMUM EXTENT ALLOWABLE BY LAW, TOSHIBA (1) ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, SPECIAL, OR INCIDENTAL DAMAGES OR LOSS, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, LOSS OF PROFITS, LOSS OF OPPORTUNITIES, BUSINESS INTERRUPTION AND LOSS OF DATA, AND (2) DISCLAIMS ANY AND ALL EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES AND CONDITIONS RELATED TO SALE, USE OF PRODUCT, OR INFORMATION, INCLUDING WARRANTIES OR CONDITIONS OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ACCURACY OF INFORMATION, OR NONINFRINGEMENT.**
- Do not use or otherwise make available Product or related software or technology for any military purposes, including without limitation, for the design, development, use, stockpiling or manufacturing of nuclear, chemical, or biological weapons or missile technology products (mass destruction weapons). Product and related software and technology may be controlled under the applicable export laws and regulations including, without limitation, the Japanese Foreign Exchange and Foreign Trade Law and the U.S. Export Administration Regulations. Export and re-export of Product or related software or technology are strictly prohibited except in compliance with all applicable export laws and regulations.
- Please contact your TOSHIBA sales representative for details as to environmental matters such as the RoHS compatibility of Product. Please use Product in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. **TOSHIBA ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGES OR LOSSES OCCURRING AS A RESULT OF NONCOMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.**