2012 年 7 月

STA6940M
应用手册

Ver. 3.4

部门名称	MCD 事业部低压电机组

本资料汇总了直流有刷电机驱动用集成电路 STA6940M 的相关信息。
本手册中所涉及的部分产品尚在研发中，有关内容并未最终确定。
关于最新信息，请咨询我公司相关部门。

〔目录〕

1. 前言 2
2. 特点 2
3. 产品规格 2
4. 降额图 5
5. 外形图＆标记形状 5
6. 内部方框图 ＆Pin 排列 6
7. 应用电路示例 7
8. 真值表 8
9. 电路构成（控制用集成电路(IC)部分） 9
10. 功能说明 10
11. 使用时 16
12. 热设计资料 17
13. 典型特性示例 20

1．前言

此次将首次发售“**STA6940M**”。

本资料汇总了“**STA6940M**”的相关信息。

2．特点

・主电源电压 V_{BB}＝44V(max)，实际规格：10V～40V

・支持 Logic 电源电压 V_{DD}＝3V～5.5V

・输出电流 Io：4A(ave)，8A(max)

・输出段全部使用 Nch MOS FET，实现低损耗化

・内置充电泵电路

・可以控制正转/逆转/自由/制动

・可进行定电流控制

→ OFF 时间：固定为 35μs (Slow Decay)

・内置过电流保护(OCP)电路

→ OFF 时间：固定为 142μs (First Decay)

・内置过热保护(TSD)电路

・采用 ZIP 型 18pin 全塑封装（STA 封装）

3．产品规格

表 3-1 绝对最大额定规格 (Ta=25℃)

项 目	符号	规 格 值	单位	备 注
主电源电压	V_{BB}	44	V	
逻辑电源电压	V_{DD}	6	V	
输出电压	Vo	－1.0 ～ V_{BB}+1.5	V	
输出电流	Io(max)	8	A	100us 以下
逻辑输入电压	V_{IN}	- 0.3 ～ V_{DD}+0.3	V	
PWM REF 输入电压	V_{PREF}	- 0.3 ～ V_{DD}+0.3	V	
OCP REF 输入电压	V_{OREF}	- 0.3 ～ V_{DD}+0.3	V	
检 测 电 压	V_{RS}	- 1 ～ 2	V	不包括 t_w<1μs
允许损耗	P_D	2.7	W	DC 驱动
		3.0	W	PWM 驱动(Slow Decay)
		3.2	W	PWM 驱动(Fast Decay)
结温	Tj	150	℃	
工作环境温度	Ta	- 20 ～ 85	℃	
保存温度	Tstg	- 30 ～ 150	℃	

表 3-2 推荐工作范围

项　目	符号	规格值		单位	备注
		Min	Max		
主电源电压	V_{BB}	10	40	V	
输出电流	Io		4	A	
逻辑电源电压	V_{DD}	3.0	5.5	V	V_{DD} 浪涌电压请控制在±0.5V 以下。
PWM REF 输入电压	V_{REF}		1	V	电流控制工作时
OCP REF 输入电压	V_{OREF}		2	V	过电流控制工作时
机壳(Case)温度	Tc		85	℃	封装内侧温度 No Fin 时

表 3-3 电气特性

无特殊情况时，条件为 Ta=25℃，V_{BB}=24V，V_{DD}=5V

项目	符号	额定(规格)			单位	条件
		Min.	Typ.	Max.		
主电源电流	I_{BB}			20	mA	工作时
逻辑电源电流	I_{DD}			5	mA	
充电泵电压	Vcp		VBB+5		V	V_{BB}=10V～40V
充电泵振荡频率	Fcp		360		KHz	
主电源 低电压保护电压※	$V_{UVB}L$		7		V	
	$V_{UVB}H$		7.8		V	
逻辑电源 低电压保护电压※	$V_{UVD}L$		2.3		V	
	$V_{UVD}H$		2.5		V	
充电泵电压 低电压保护电压※	$V_{UVC}L$		3.8		V	
	$V_{UVC}H$		4		V	
输出 MOS FET ON 电阻	R_{DS}(on)		0.1	0.13	Ω	I_D=4A
输出MOS FET Di 正向电压	V_F		0.95		V	I_F=4A
输出 MOSFET 耐压	V_{DSS}	53			V	
逻辑输入电压	V_{IL}			0.25V_{DD}	V	
	V_{IH}	0.75V_{DD}			V	
逻辑输入电流	I_{IL}		±1		μA	
	I_{IH}		±1		μA	
逻辑输入最大响应频率	f_{clk}	100			KHz	Clock Duty＝50％时
PWM_REF 输入电压	V_{PREF}	0.1		1.0	V	PWM_Ref 设定引脚
PWM_REF 输入电流	I_{PREF}		±10		μA	
OCP_REF 输入电压	V_{OREF}	0.1		2.0	V	OCP_REF 设定引脚
OCP_REF 输入电流	I_{OREF}		±10		μA	

※各电源（3 处）的低电压保护功能只要有 1 个工作，输出就会变为 Disable。

表 3-3 电气特性（续）

无特殊情况时，条件为 Ta=25℃，V_{BB}=24V，V_{DD}=5V

项目	符号	额定(规格)			单位	条件
		Min.	Typ.	Max.		
PWM 检测电压	V_{PSEN}	V_{PREF} - 0.045	V_{PREF} - 0.015	V_{PREF} +0.015	V	Sense 引脚
过电流检测电压	V_{OSEN}	V_{OREF} - 0.045	V_{OREF} - 0.015	V_{OREF} +0.015	V	
Sense 输入电流	I_{SENSE}		±20		μA	
Diag 输出电压 Diag Output Voltage	$V_{DIAG}L$			1.25	V	$I_{DIAG}L$ =1.25mA
	$V_{DIAG}H$	V_{DD}-1.25			V	$I_{DIAG}H$ =-1.25mA
Diag 输出电流 Diag Output Current	$I_{DIAG}L$			1.25	mA	$V_{DIAG}L$ =0.5V
	$I_{DIAG}H$	-1.25			mA	$V_{DIAG}H$ =V_{DD}-0.5V
Diag 输出频率	f_{DIAG}		90		KH z	PWM 关闭期间内
PWM 最小导通时间（消隐时间）	$t_{on(min)}$		5		μs	PWM 动作时
PWM 关闭时间	t_{POFF}		35		μs	
OCP 最小导通时间	toon		5		μs	OCP 工作时
OCP 关闭时间	t_{OOFF}		142		μs	
交叉过电流延迟时间	t_{COCD}	150		750	ns	
开关时间	tcon		3.0		μs	IN → Out ON
	tcoff		2.7		μs	IN → Out OFF
过热保护工作温度	Ttsdon		140		℃	封装内侧温度 ※饱和时
过热保护解除温度	Ttsdoff		115		℃	

4. 降额图

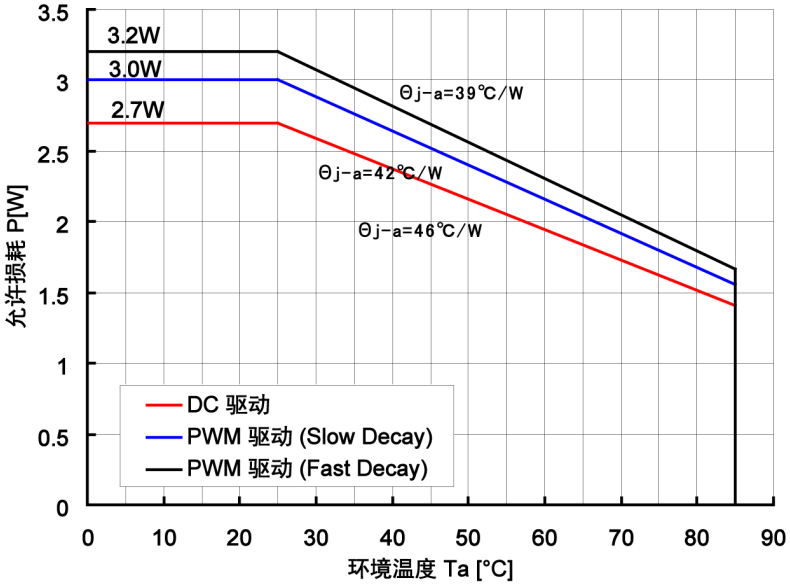
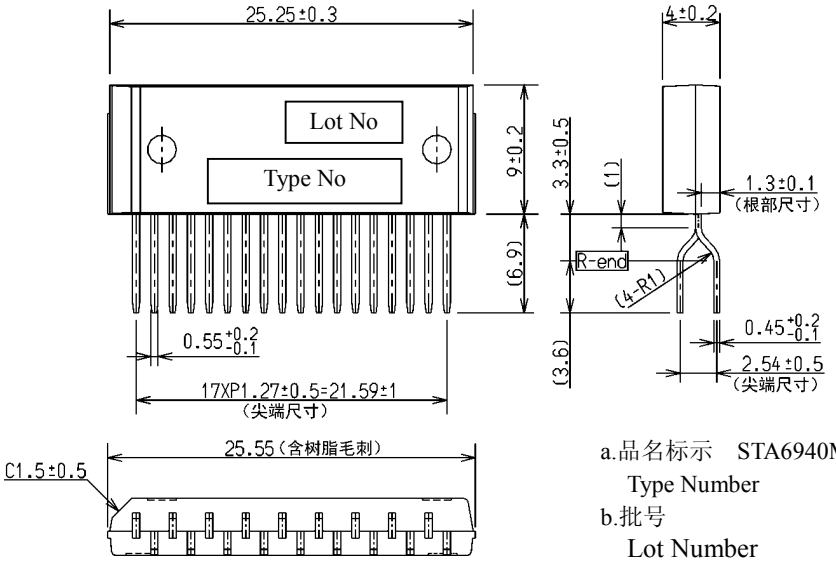


图 4-1 降额图

5. 外形图＆标记形状



单位：mm

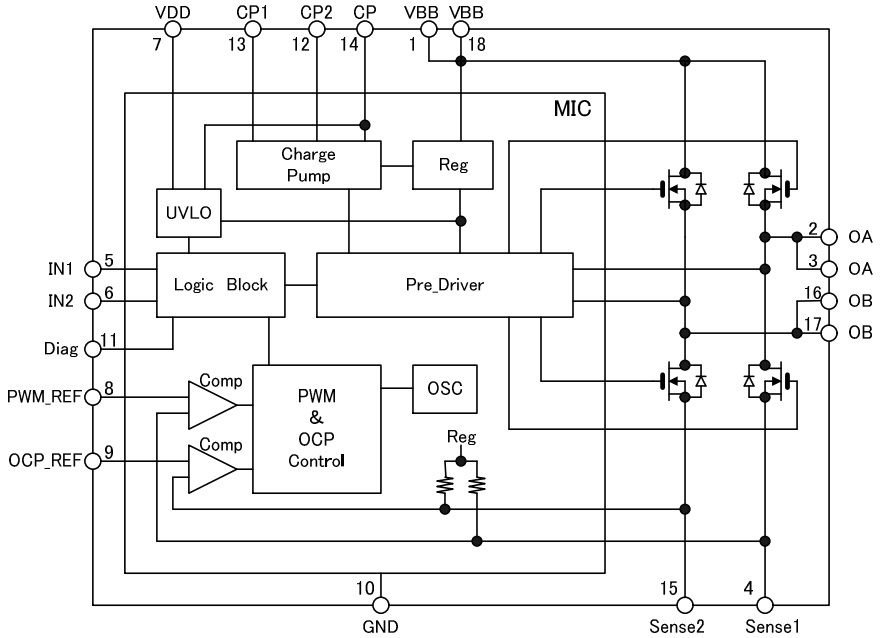
・引脚材质：Cu
・引脚处理：镀镍＋浸焊（无铅）

a.品名标示 STA6940M
Type Number

b.批号
Lot Number
第 1 个字符 公历年份末位数
1st letter The last digit of year
第 2 个字符 月
2nd letter Month
1～9 月：阿拉伯数字
10 月 ：O
11 月 ：N
12 月 ：D
(1 to 9 for Jan. to Sept. O for Oct. N for Nov. D for Dec.)
第 3、4 个字符 生产日期
3rd &4th letter day
01～31：阿拉伯数字
Arabic Numerals

6. 内部方框图＆Pin 排列

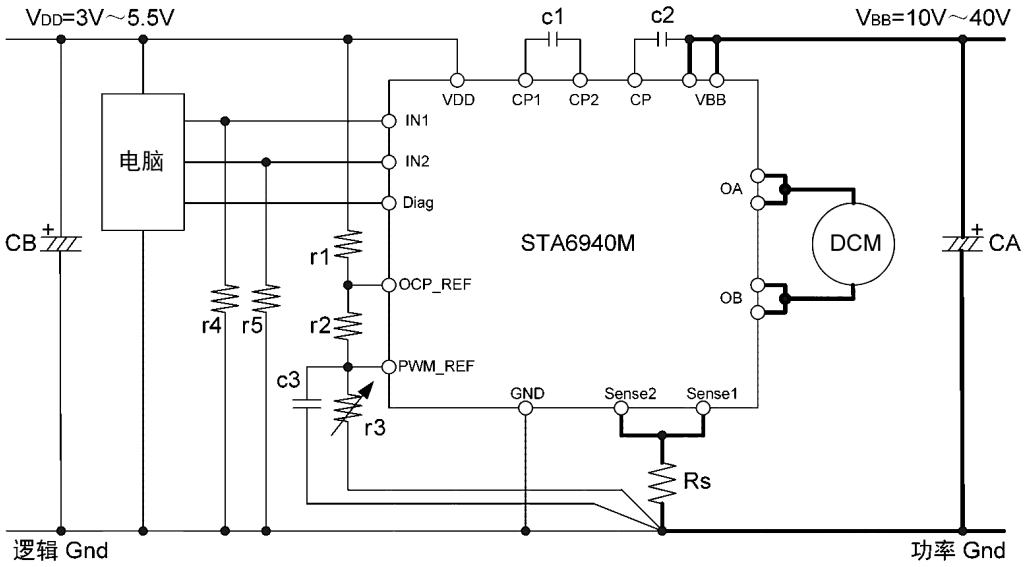
图 6 - 1 内部方框图



Pin 编号	符　号	功　能
1	V_{BB}	主电源引脚（电机电源）
2	OA	电机连接 A 引脚
3		
4	Sense1	电机定电流检测引脚
5	IN1	正转/逆转/自由/制动设定输入引脚
6	IN2	
7	V_{DD}	逻辑电源引脚
8	PWM_REF	定电流设定输入引脚
9	OCP_REF	过电流设定输入引脚
10	Gnd	产品 Gnd 引脚
11	Diag	PWM 动作＆过电流检测输出引脚
12	CP2	充电泵用电容连接引脚
13	CP1	
14	CP	
15	Sense2	电机过电流检测引脚
16	OB	电机连接 B 引脚
17		
18	V_{BB}	主电源引脚（电机电源）

※1pin 和 18pin 的 V_{BB} 引脚在封装内部连接在一起。

7. 应用电路示例



参考常数

r1＝3KΩ	CA＝100μF/50V
r2＝1KΩ	CB＝10μF/10V
r3＝1KΩ	c1＝0.1μF
r4＝10KΩ	c2＝0.1μF
r5＝10KΩ	c3＝0.1μF
Rs＝0.22Ω	

※请考虑检测电阻 Rs 的损耗（损耗 $P \fallingdotseq Io^2 \times Rs \times On\ Duty$ ）

☆输出(OA，OB)中发生－1.0V 以下的电压时可能出现误动作，

请在各输出与 Gnd 之间安装肖特基二极管。

☆请特别注意 V_{DD} 线的噪声。

V_{DD} 线的噪声达到 0.5V 以上时产品可能出现误动作，请在 Gnd 布线时千万注意。

从产品 Gnd（10pin）部将 V_{DD} 系 Gnd（S－Gnd）和 V_{BB} 系 Gnd（P－Gnd）分开后有助于减少噪声。

☆未通过微机(MCU)等进行控制的逻辑输出（输入）引脚（IN1，IN2）请务必**上拉或下拉到 V_{DD} 或 Gnd**。

在开路状态下使用时，产品出现误动作。

☆不使用逻辑输出（Diag）引脚时，**请务必设定为开路**。

☆**请务必将 Sense1 引脚和 Sense2 引脚都连接到检测电阻 Rs 上。**

单侧的 Sense 引脚脱落可能导致驱动器损坏。

8. 真值表

(1)逻辑输入（IN 引脚）

STA6940M 的输入逻辑如表 8-1 所示。

表 8-1 输入逻辑

输入		输出		状态
IN1	IN2	OA	OB	
L	**L**	**High Z**	**High Z**	自由
H	**L**	**H**	**L**	正转
L	**H**	**L**	**H**	逆转
H	**H**	**L**	**L**	制动

(2)逻辑输出（Diag 引脚）

STA6940M 具有表示驱动器状态的 Diag 输出。

表 8-2 表示 Diag 的状态。

表 8-2 Diag 输出状态

定电压工作时	定电流 OFF 时间	保护功能工作时
High Level	振荡 (90KHz)	Low Level

【有关逻辑引脚的注意事项】

为了提高噪声耐量，逻辑输入(IN1，IN2)引脚上设有低通滤波器(LPF)。由于各输入引脚为 CMOS 构成，所以会处于高阻抗状态。请务必在固定在“Low 电平”或“High 电平”下使用。

逻辑输出(Diag)引脚为 CMOS 构成，请勿直接连接到电源或 Gnd 上。

9. 电路构成（控制用集成电路(IC)部分）

【Reg】

生成 MOS FET 的目标（栅极）驱动电路(Pre-Drive)及线性电路工作所需电源的内部稳压器。

【UVLO】

主电源、逻辑电源以及充电泵上施加的电压足以使驱动器工作时，输出才为 ON。
各电源中只要有 1 个未达到规定值，输出就会变为 Disable。

【Charge Pump】

生成高端栅极驱动电路（由 Nch MOS FET 构成）的供给源电压。该区块搭载充电泵专用的 360KHz 振荡器。

【Pre Drive】

输出段的 Nch MOS FET 的栅极驱动电路。
高端驱动由充电泵电路供电、低端驱动由 Reg 供电，生成驱动电压。

【Current & OCP Control】

用于定电流控制及过电流工作时控制的电路。
将 PWM_REF（定电流控制）和 OCP_REF（过电流）设定的电压与检测电压比较，分别进行固定 OFF 时间的控制。

【OSC】

生成 Current & OCP Control 内的消隐时间及各 OFF 时间的主控振荡器。

10. 功能说明

(1)基本工作

①电机自由工作(IN1：Low，IN2：Low)

全部 MOS FET 关闭，电机线圈中无电流通过，电机进入自由状态。

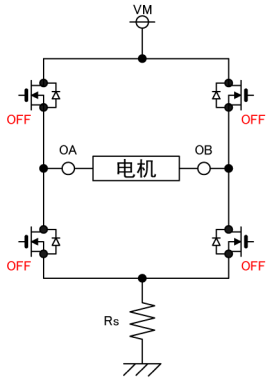


图 10-1 自由工作

②电机正转工作(IN1：High，IN2：Low)

连接到 OA 引脚的高端 MOS FET 和连接到 OB 引脚的低端 MOS FET 导通，电机线圈中有电流流动，电机进入旋转状态。

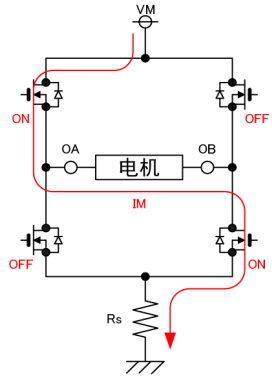


图 10-2 正转工作

③电机逆转工作 (IN1：Low，IN2：High)

连接到 OA 引脚的低端 MOS FET 和连接到 OB 引脚的高端 MOS FET 导通，电机线圈中有电流流动，电机进入旋转状态。

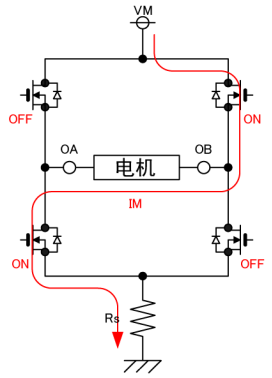


图 10-3 逆转工作

④电机制动工作(IN1：High，IN2：High)

连接到 OA 引脚的低端 MOS FET 和连接到 OB 引脚的低端 MOS FET 导通，电机线圈之间发生电气短路的状态。

(2)定电流工作(PWM)

可以对电机启动时的电流增加进行限制，以及进行有意的定电流驱动。

具体工作为，出现电机电流 I_M 的检测电阻 Rs 发生的电压达到通过 PWM_REF 引脚设定的电压 V_{PREF} 时进行定电流工作。电机电流达到定电流值后，作为反电动势再生，有 35μs 的 OFF 时间。此时反电动势的再生方法为通过低端 MOS FET 和电机线圈的环路进行(Slow Decay)。OFF 时间经过后 PWM 导通时会发生振铃噪声，为了避免振铃噪声引起误动作，设定 5μs 的消隐时间，该期间内定电流控制不响应。

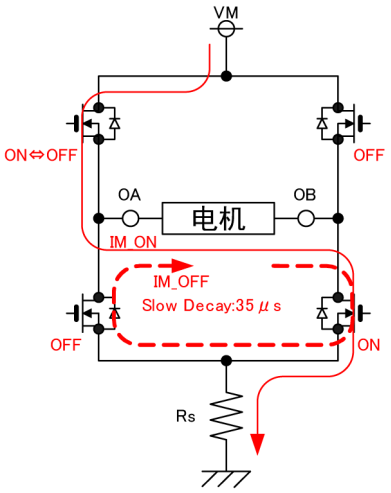
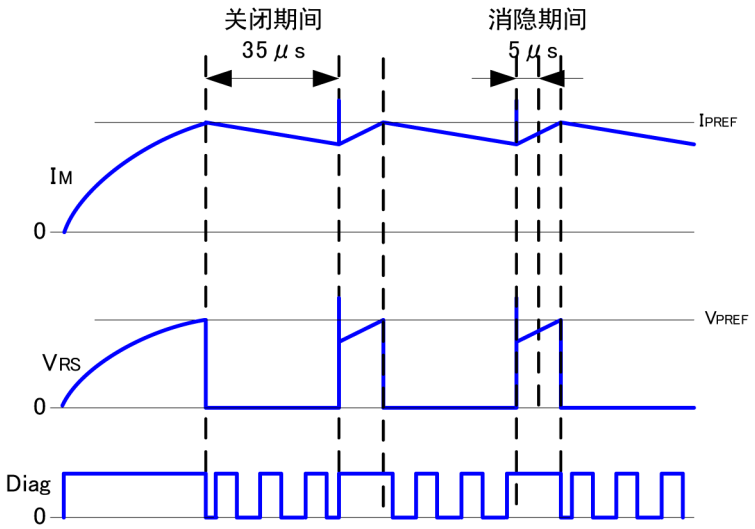


图 10-5 定电流工作



※PWM 关闭定时和 Diag 振荡不同步。

图 10-6 定电流工作波形图

(3)Phase PWM 控制

如上所述，本产品是通过固定消隐时间和 OFF 时间来实现 PWM 控制。因此即使降低 PWM_REF 引脚，消隐时间内也一定会有电流流过，消隐时间内流过的电流增加部分和 PWM 关闭时间内再生的电流减少部分达到平衡后，一定会有电流流过，无法获得更低的电流值。

解决这一问题需要以下介绍的“Phase PWM”控制。

Phase PWM 控制与第 (2) 项中介绍的 PWM 电流控制（内置转换器控制）不同，是利用外部输入信号的 ON/OFF Duty 进行 PWM 控制。

Phase PWM 控制的再生方式有“Fast Decay 模式”和“Slow Decay 模式”。以下介绍各再生方式。

①Fast Decay 模式

该方式为再生时利用输出 Disable 功能进行的控制。即，将再生时的输入条件中的 IN1 和 IN2 均设为“Low 电平”。

设定电流值根据 ON Duty 和脉冲频率进行设定。

ON Duty 的设定应该超过 50%。

作为输入脉冲频率（PWM 频率），建议进行 30KHz～50KHz 的设定。

【输入条件】

・正转时－IN1：脉冲输入，IN2：Low 固定

・逆转时－IN1：Low 固定，IN2：脉冲输入

以下表示工作图及波形图。

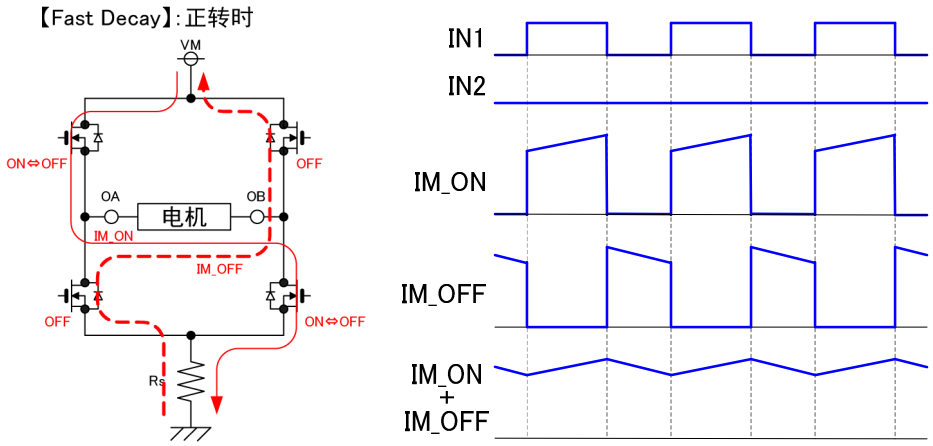


图 10-7 Phase PWM 控制（Fast Decay 模式）

作为应用，在上述 IN 设为 Low 固定的位置输入将其他 IN 输入的脉冲信号反转后的信号，可以达到降低驱动器发热的效果。这就是上文提到的通过将再生时关闭的 MOSFET 导通以进行再生的控制，被称为“同步整流控制”。

②Slow Decay 模式

该方式为再生时利用制动功能进行的控制。即，将再生时的输入条件中的 IN1 和 IN2 均设为“High 电平”。

设定电流值根据 ON Duty 和脉冲频率进行设定。

ON Duty 的设定应该不超过 50%。

作为输入脉冲频率（PWM 频率），建议进行 30KHz～50KHz 的设定。

【输入条件】

・正转时－IN1：High 固定，IN2：脉冲输入

・逆转时－IN1：脉冲输入 ，IN2：Hihg 固定

以下表示工作图及波形图。

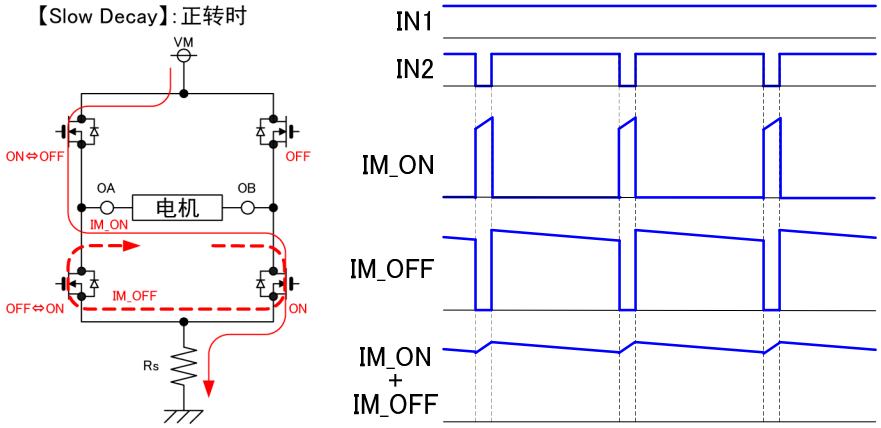


图 10-8 Phase PWM（Slow Decay 模式）

(4)过电流工作 (OCP)

从外部锁定电机轴，或电机线圈短路等情况下会发生过渡响应很快的过电流，此时执行保护动作即过电流工作。

具体工作为，出现电机电流 I_M 的检测电阻 Rs 发生的电压达到通过 OCP_REF 引脚设定的电压时进行定电流工作。电机电流达到过电流值后，作为反电动势再生，有 142μs 的 OFF 时间。此时反电动势的再生方法为：全部 MOS FET 关闭，向电源方向进行再生(Fast Decay)。

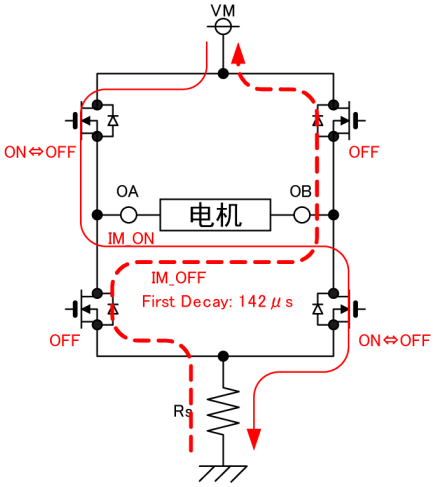


图 10-9 过电流工作

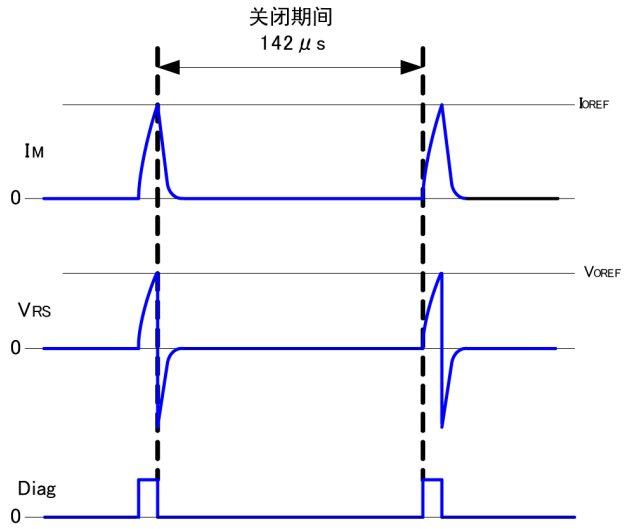


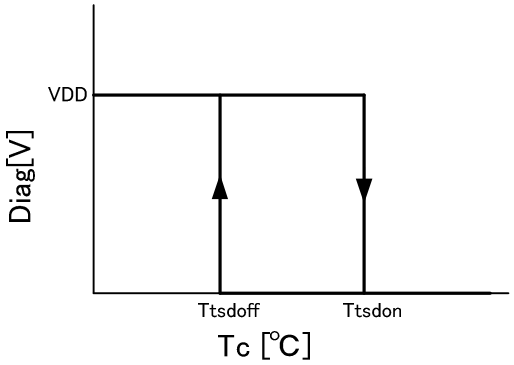
图 10-10 过电流工作波形图

注意：即使检测到过电流，驱动器也不会变为 Disable。

(5)过热保护 (TSD)

本产品内置过热保护(TSD)为自恢复型。具体工作为，产品温度上升时，当产品内面温度超过 **Ttsdon** 时 TSD 工作，输出全部变为 Disable。产品温度下降时，当产品内面温度降至 **Ttsdoff** 以下时，输出恢复为 Enable。

以下为 TSD 与 Diag 的关系图。



注意）本产品的内部结构为多芯片结构（控制用集成电路(IC)×1，MOSFET×4）。实际检测温度的电路为控制用集成电路(IC)。与主要发热源 MOSFET 之间有一定距离，因此热传递存在延迟。所以无法追踪急剧的温度变化。

(6)关于定电流工作和过电流工作的设定

定电流工作的参考电压 V_{PREF} 和过电流工作的参考电压 V_{OREF} 可以自由设定。

①V_{PREF}＜V_{OREF} 时

优先定电流功能的条件。

进行过电流工作的条件是在定电流工作中，检测电压 V_{RS} 比消隐时间(5μs)更快达到 V_{OREF}。

②V_{PREF}＞V_{OREF} 时

在此条件下，过电流工作优先，定电流功能不工作。

(7)定电压保护 (UVLO)

主电源电压 VBB、逻辑电源电压 VDD 和充电泵电压 VCP(VCP - VBB) 各引脚上施加的电压如果没有超过规定值，则输出不会变为 Enable。

※充电泵电压 VCP 在产品内置的充电泵电路和外接电容的作用下升压。

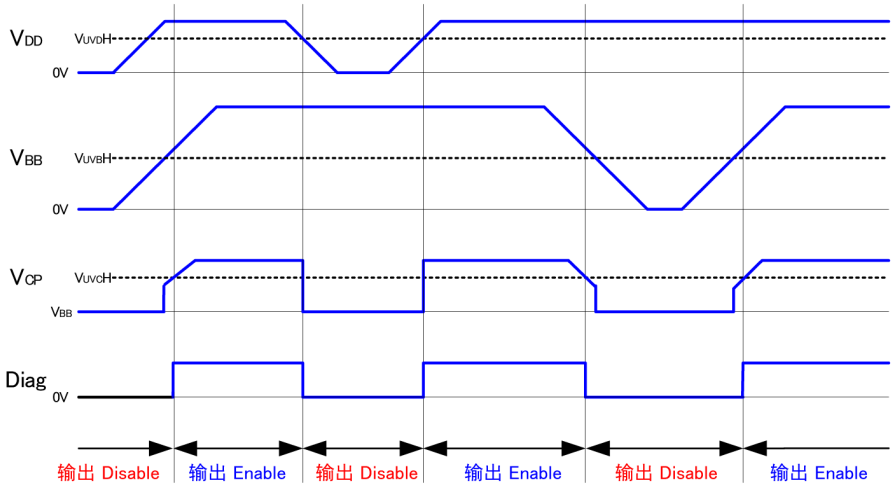


图 10-11 电源时序图

※V_{BB} 及 V_{DD} 的电源时序无限制。

11．使用时

(1)PWM 控制时电机电流的常数设定（r1，r2，r3，Rs）

STA6940M 中 PWM 控制的电机电流 Io 的设定方法由外置元件 r1，r2，r3，Rs 的常数决定（根据第 7 项的应用电路示例）。

以下是计算 Io 的公式。

$$Io = \left(\underline{\underline{\frac{r3}{r1+r2+r3} \times V_{DD}}} - 0.015 \right) \div Rs \quad \cdots\cdots \text{公式①}$$

※双重下划线的项为参考电压 V_{PREF}。

将 V_{PREF} 设定成 0.1V 以下，则会受到产品偏差及配线模式阻抗等的影响，电流精度下降的可能性会增加。

STA6940M 采用固定 OFF 时间的他励式 PWM 电流控制方式。

在固定的 PWM 关闭时间内，如果蓄积在电机线圈中的能量消失，线圈电流会出现图 11-1 所示的断续电流。

随着 PWM 的平均电流下降，电机转矩也下降。

我公司将电流断断续续开始流向该线圈的状态视为控制电流的下限值。

即使控制电流值设定成低于该下限值，也不会使产品损坏，但相对于设定电流，控制电流会变差。

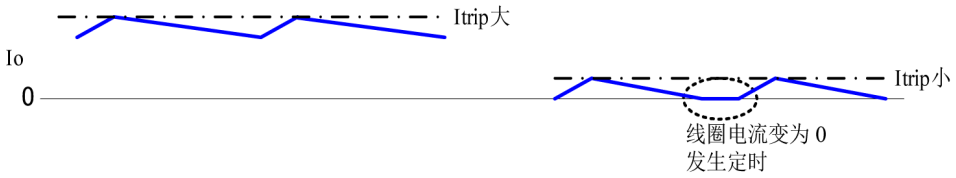


图 11－1 控制电流下限模型波形

(2)过电流保护的常数设定

与上述的(1)项一样，下面是使用第 7 项的应用电路示例时，过电流设定 I_{OCP} 的计算公式。

$$Iocp = \left(\underline{\underline{\frac{r2+r3}{r1+r2+r3} \times V_{DD}}} - 0.015 \right) \div Rs \quad \cdots\cdots \text{公式②}$$

※双重下划线的项为参考电压 V_{OREF}。

(3)关于电源（V_{BB}、V_{DD}）的 ON/OFF 时序

本产品主电源 V_{BB} 和逻辑电源 V_{DD} 的 ON/OFF 顺序没有限制。

(4)关于内部逻辑电路

・输入引脚（IN1,IN2）

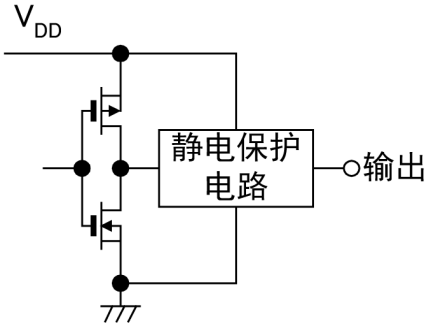
存在不使用的引脚（逻辑电平固定）时，请不要保持开路，应连接到 V_{DD} 或 GND。在开路状态下使用时，产品可能出现意外动作。

・输出引脚（Diag 引脚）

如图 11 - 2 中的等效电路所示，Diag 引脚为 CMOS 输出。

不使用 Diag 引脚时，请务必保持开路。

图 11 - 2 Diag 引脚内部等效电路



12．热设计资料

如要准确计算 STA6940M 的损耗，则需要电机实际工作时的时间常数、励磁模式、输入频率及其时序等变化的参数，不具有现实性。请先按最差条件、近似计算进行计算。
只提取最少参数的损耗计算公式如下所示。

①低电压(DC)驱动时

$$P = Io^2 \times R_{DS(on)} \times 2$$

②定电流(PWM)驱动时

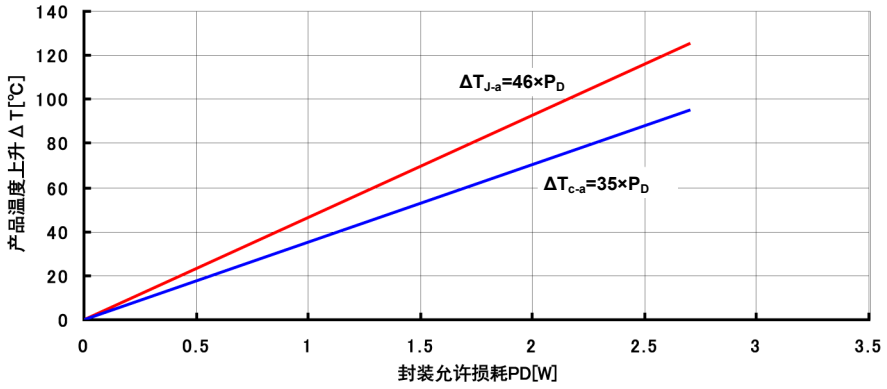
$$P = Io^2 \times R_{DS(on)} \times 2 \times \frac{t_{ON}}{t_{ON}+t_{OFF}} + (Io^2 \times R_{DS(on)} + V_F \times Io) \times \frac{t_{OFF}}{t_{ON}+t_{OFF}}$$

P	：	产品损耗
Io	：	工作电流≒Io
$R_{DS(on)}$	：	搭载的 MOSFET 的导通电阻
Rs	：	搭载检测电阻
V_F	：	搭载 MOSFET 体二极管
t_{ON}	：	PWM 导通时间
t_{OFF}	：	PWM 关闭时间

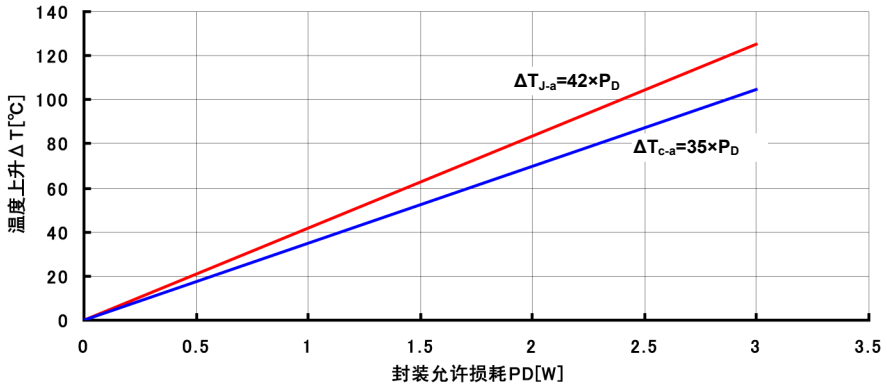
根据前面计算得出的产品损耗，使用以下 Fig12 - 1 的温度上升曲线，推定产品的结温。
如在最差条件（工作环境温度的最大值）下，结温没有超过 150℃则没有问题，但最终请在实际工作中测量产品发热情况，再根据 Fig12 - 1 确认损耗及结温。

Fig12-1　产品温度上升特性

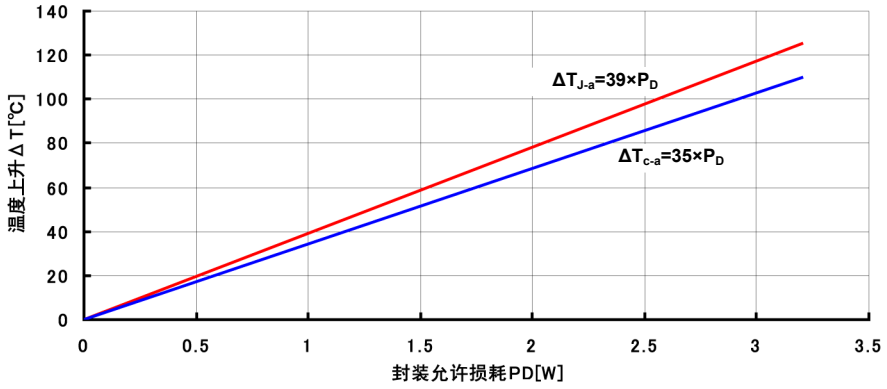
2ch通电时：正常DC驱动



3ch通电时：PWM动作（Slow Decay）



4ch通电时：Phase PWM（Fast Decay）



在产品上安装散热板后使用时，在计算 ΔTj-a 的参数中，产品的热电阻 θj-a 会发生变化。
如果散热板的热电阻为 θ_{FIN}，则该值为

$$\theta_{j\text{-}a} \fallingdotseq \theta_{j\text{-}c} + \theta_{FIN} = (\theta_{j\text{-}a} - \theta_{c\text{-}a}) + \theta_{FIN}$$

使用该公式计算出的 θj-a 的值进行计算。

通过实际动作来测量产品温度推定结温时思路如下：首先测量产品的树脂标记面中心的温度上升情况(ΔT*c-a*)。
根据温度上升情况，查看上一页的温度上升曲线图，推定损耗 P 和结温 Tj。此时产品的温度上升 ΔTc-a 和结合点(Junction)上升温度 ΔTj 的关系可通过
下面的公式进行近似计算。

$$\Delta T_j \fallingdotseq \Delta T_{c\text{-}a} + P \times \theta_{j\text{-}c}$$

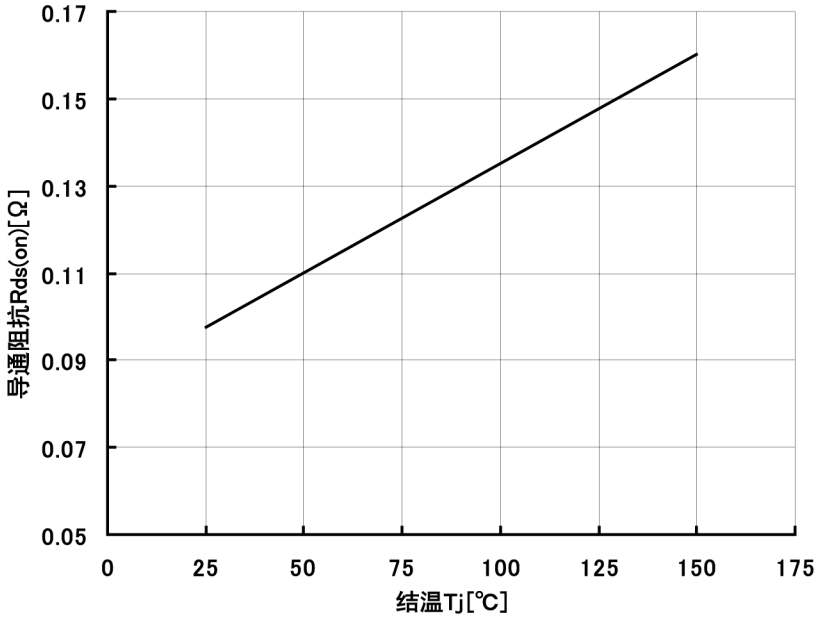
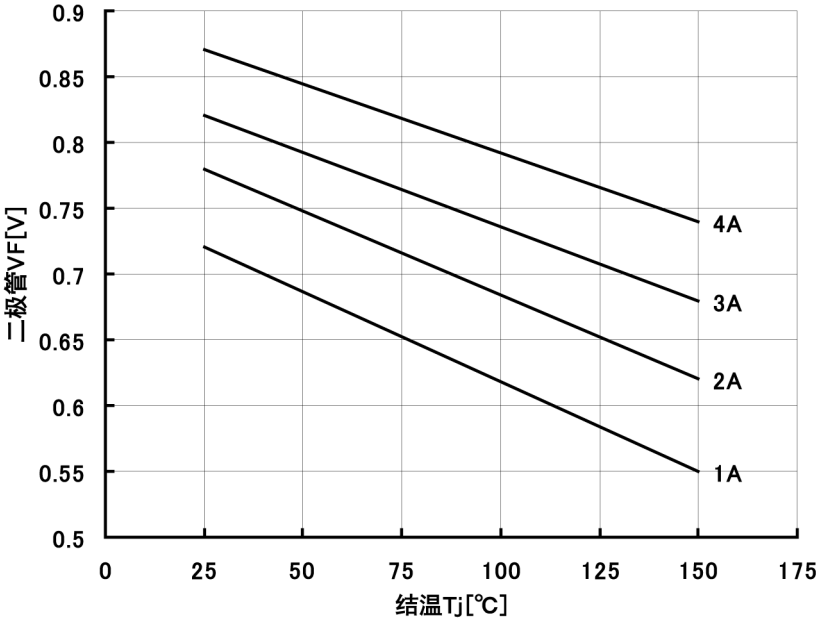
☆注意事项

・希望进行充分的热评估，避免结温超过保证值（150℃）。
・本热设计资料仅供参考，可在实际使产品工作前研究可多大程度地使用。（这个热设计资料，实际上是在产品动作前检讨能够多大程度的使用参考资料。）
最终请通过实际机器来确认产品发热情况，然后做出判断。
产品发热的最大建议值如下所示。

・<u>No Fin 时：Tc=85℃ max</u>

13．典型特性示例

(1)输出 MOS FET 导通电阻 $V_{DS(on)}$特性：1 只



(2)输出 MOS FET 体二极管正向电压 V_F 特性：1 只