

串行总线智能无刷舵机

SM40BL 内存表

修订历史

版本	修订历史日期	编辑人	更新内容
1.0.0	2018-01-30	Alex lee	初定

1.1 ERROR 当前状态

当控制器发送十六进制指令包 (FF FF 01 0A 03 29 0A 00 08 00 00 5F 00 57)

智能舵机 (应答状态级别地址 0x08 为 1 时) 将返回应答包 (FF FF 01 02 00 FC)

其中返回包倒数第二个字节为当前状态 ERROR

若智能舵机当前工作状态不正常, 会通过这个字节反映出来, 这个字节中每一位的代表信息如下:

BIT	名称	详细
BIT7	0	---
BIT6	0	---
BIT5	过载	输出扭矩小于负载置1
BIT4	0	---
BIT3	过流	电流超过指定范围置1
BIT2	过热	温度超过指定范围置1
BIT1	角度错误	角度传感器出错置1
BIT0	过压欠压	电压超过指定范围置1

若 ERROR 为 0, 则智能舵机无报错信息。

1.2 内存控制表

智能舵机本身的信息和控制参数构成了一张表, 保存在其控制芯片的 EEPROM 和 RAM 区域。

为了防止往 EEPROM 区域里的地址内高频写入数据造成 EEPROM 减短寿命, 智能舵机内部设立了锁标志位 (0x37), 只有锁标志位置 0 后, 才能把数据写入 EEPROM 区域并且进行掉电保存, 当完成 EEPROM 区域参数设置后应该将锁标志位置 1。

用户可以采用在控制程序内修改 EEPROM 区域参数, 但在掉电后不需要保存的使用情况, 这时就不需在对锁标位进行操作。

RAM 区域是掉电后数据不能保存的区域, 包含各功能操作与工作状态反馈地址, 用户可根据需求对其进行读写操作。

用户通过实时修改表里的内容, 可以达到实时控制智能舵机的目的。我们将这张地址表称为内存控制表, 或功能寄存器地址表。

详细内存控制表内容如下:

备注: “—” 表示用户不可进行操作

“初始值” 仅供参考, 各具体型号有可能不一样

“?” 表示值随机

地址	命令项	读写	初始值	存储区域
0 (0x00)	固件主版本号	读	2 (0x02)	EEPROM
1 (0x01)	固件次版本号	读	2 (0x02)	
—	—	—	—	

3 (0x03)	舵机主版本号	读	8 (0x08)	
4 (0x02)	舵机次版本号	读	1 (0x01)	
5 (0x05)	ID	读/写	0 (0x01)	
6 (0x06)	波特率	读/写	4 (0x04)	
7 (0x07)	返回延迟时间	读/写	250 (0xFA)	
8 (0x08)	应答状态级别	读/写	1 (0x01)	
9 (0x09)	最小角度限制 (L)	读/写	0 (0x00)	
10 (0x0A)	最小角度限制 (H)	读/写	0 (0x00)	
11 (0x0B)	最大角度限制 (L)	读/写	0 (0x00)	
12 (0x0C)	最大角度限制 (H)	读/写	0 (0x00)	
13 (0x0D)	最高温度上限	读/写	80 (0x50)	
14 (0x0E)	最高输入电压	读/写	140 (0x8C)	
15 (0x0F)	最低输入电压	读/写	80 (0x50)	
16 (0x10)	最大扭矩 (L)	读/写	232 (0xE8)	
17 (0x11)	最大扭矩 (H)	读/写	3 (0x03)	
18 (0x12)	--	--	--	
19 (0x13)	卸载条件	读/写	47 (0x2F)	
20 (0x14)	LED报警条件	读/写	47 (0x2F)	
21 (0x15)	P 比例系数	读/写	32 (0x20)	
22 (0x16)	D 微分系数	读/写	32 (0x20)	
23 (0x17)	I 积分系数	读/写	0 (0x00)	
24 (0x18)	最小启动力 (L)	读/写	0 (0x00)	
25 (0x19)	最小启动力 (H)	读/写	0 (0x00)	
26 (0x1A)	顺时针不灵敏区	读/写	0 (0x00)	
27 (0x1B)	逆时针不灵敏区	读/写	0 (0x00)	
28 (0x1C)	保护电流 (L)	读/写	144 (0x90)	
29 (0x1D)	保护电流 (H)	读/写	1 (0x01)	
30 (0x1E)	角度分辨率	读/写	1 (0x01)	
31 (0x1F)	位置校正 (L)	读/写	0 (0x00)	
32 (0x20)	位置校正 (H)	读/写	0 (0x00)	
33 (0x21)	运行模式	读/写	0 (0x00)	
34 (0x22)	保护扭力	读/写	40 (0x28)	
35 (0x23)	保护时间	读/写	80 (0x50)	
36 (0x24)	过载扭力	读/写	80 (0x50)	
37 (0x25)	KFF1st 系数	读/写	0 (0x00)	
38--39	--	--	--	
40 (0x28)	扭矩开关	读/写	0 (0x00)	RAM
41 (0x29)	加速度	读/写	0 (0x00)	
42 (0x2A)	目标位置 (L)	读/写	?	
43 (0x2B)	目标位置 (H)	读/写	?	

44 (0x2C)	--	--	--	
45 (0x2D)	--	--	--	
46 (0x2E)	运行速度 (L)	读/写	0 (0x00)	
47 (0x2F)	运行速度 (H)	读/写	0 (0x00)	
48 (0x30)	转矩限制 (L)	读/写	最大扭矩 (L)	
49 (0x31)	转矩限制 (H)	读/写	最大扭矩 (H)	
50--54	--	--	--	
55 (0x37)	锁标志	读/写	0 (0x00)	
56 (0x38)	当前位置 (L)	读	?	
57 (0x39)	当前位置 (H)	读	?	
58 (0x3A)	当前速度 (L)	读	?	
59 (0x3B)	当前速度 (H)	读	?	
60 (0x3C)	当前负载 (L)	读	?	
61 (0x3D)	当前负载 (H)	读	?	
62 (0x3E)	当前电压	读	?	
63 (0x3F)	当前温度	读	?	
64 (0x40)	--	--	--	
65 (0x41)	--	--	--	
66 (0x42)	移动标志	读	?	
--	--	--	--	
--	--	--	--	
69 (0x45)	当前电流 (L)	读	?	
70 (0x46)	当前电流 (H)	读	?	

若控制参数有低字节“L”与高字节“H”之分的其取值最大范围一般为 0x00—0xFF；参数只占一个字节的命令，其范围一般为 0x00—0xFE，但具体功能地址详见各参数说明。

保存在 RAM 里的参数掉电后不会保存，保存在 EEPROM 里的参数，掉电后可以保存。

详细描述如下：

0x05: ID 号

设置智能舵机自身 ID 号，地址 0x05 出厂默认为 1，其取值范围为 0x00—0xFE，其中 0xFE 为广播地址，主机用此 ID 号发送指令操作，所有智能舵机都会接收并响应，但不会有应答包。用户可根据协议指令或用 FD 软件进行 ID 修改。首次使用多个智能舵机工作同一总线，需要事先对每个智能舵机分配不同的 ID 号（工作同一总线内 ID 号具有唯一性）。

地址 0x05	数值 HEX	说明
254	0xFE	主机发送广播指令使用，智能舵机不设置此 ID 号
0~253	0x00~0xFD	出厂值为 ID1，智能舵机 ID 号最大可设为 0xFD

0x06: 波特率

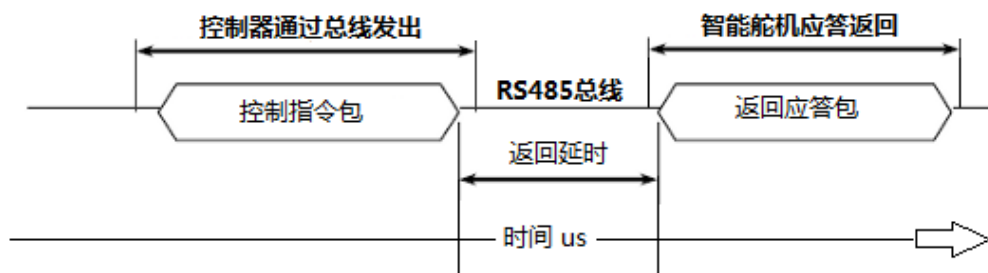
设置智能舵机的通讯波特率，地址 0x06 默认为 4，表示的波特率为 115200，可参照下表把波特率修改为用户需要的其他波特率。用户可采用协议指令或用 FD 软件进行波特率修改。波特率和相应计算参数的对照如下表：

地址 0x06	数值 Hex	实际波特率	目标波特率	误差
0	0x00	1000000.0	1000000.0	0.000%
1	0x01	500000.0	500000.0	0.000%
2	0x02	250000.0	250000.0	0.000%
3	0x03	128000.0	128000.0	0.000%
4	0x04	115107.9	115200	0.079%
5	0x05	76923.0	76800	-0.160%
6	0x06	57553.9	57600	0.008%
7	0x07	38461.5	38400	-0.160%

0x07: 返回延迟

设置应答返回延迟时间，即当智能舵机收到一条需要应答的指令后，延迟多长时间才应答是可由用户设置。若该地址参数设置为 250，即 500us 后应答；参数为 0，表示以最短的时间应答；最大设置延时为 508us。

地址 0x07	数值 DEC	说明
单位	2us	
范围	0~254	出厂值为 250*2=500us，最大为 508us



0x08: 应答级别

设置返回应答级别，即当智能舵机接收到指令数据包后是否返回应答数据。

地址 0x08	数值 HEX	说明
0	0x00	除读指令与 PING 指令外其它指令不返回应答包
1	0x01	对所有指令返回应答包

0x09~0x0C: 角度限制

设置智能舵机在位置控制模式下可运行的角度范围。0x09 最小角度限制低位字节，0x0A 最小角度限制高位字节，0x0B 最大角度限制值低位字节，0x0C 最大角度限制值高位字节。

最小角度限制=最大角度限制值=0, 无角度限制可以进行大角度控制

可限制范围:

最大角度限制值为 32766 (0x7FFE) ,

最小角度限制值为 65534 (0xFFFE) ,

其中 0x0000~0x7FFE 表示正方向范围, 0x8000~0xFFFE 表示负方向范围, 方向位为 15 位。

BIT	15	14~0
设置范围	0/1	0~0x7FFE
说明	BIT15=0 正方向, BIT15=1 负方向	位置最大限制值



注意, 单圈工作时值域 0~4095, 当最小限制值>最大限制值或者限制值不包含 0~4095 则认为非正常设置值, 限制功能失效取值为 0。

0x0D: 最高工作温度

设置最高工作温度限制, 如设置为80则最高温度限制为80度, 设置最小精度为1度。如果 (0x13) 卸载条件BIT2位置1, 当传感器测得电机温度超过此设置值, 则智能舵机会自动关掉输出扭矩。

地址 0x0D	数值 DEC	说明
最小精度	1	单位: 摄氏度
设置范围	10~100	单位: 摄氏度

0x0E~0x0F: 工作电压限制

设置工作电压范围, 其中地址0x0E为最高工作电压限制值, 地址0x0F为最低工作电压限制值, 如0x0E设置为160则最高工作电压限制为16V, 0x0F设置为70则最低工作电压限制为7V, 设置精度为0.1V, 那么智能舵机的工作电压范围为7~16V之间, 如果 (0x13) 卸载条件BIT0位置1, 当传感器测得输入电压超过此范围值, 则智能舵机会自动关掉输出扭矩。

地址	数值 DEC	说明
最小精度	0.1	单位: V 伏
设置范围	60~160	单位: V 伏
0x0E	60~160	最高工作电压限制值
0x0F	60~160	最低工作电压限制值



注意, 最低电压限制值必须小于最高电压限制值。

0x10~0x11: 最大力矩限制

设置智能舵机输出力矩的最大限制, 1000对应100%智能舵机堵转扭矩, 如设置为800, 舵机堵转扭矩为40KG. cm, 那么智能舵机最大只能输出 $40 \times 0.8 = 32$ KG. cm。地址0x10为最大力矩限制值的低字节, 地址0x11为最大力矩限制值的高字节。

	数值 DEC	说明
最小精度	0.1	单位: % 相对于堵转扭矩
设置范围	1-1000	单位: % 相对于堵转扭矩

i 注意，这两个字节是作为转矩限制 (0x30~0x31) 的复位默认值，向这两个字节中写入数据，需要重启后转矩限制才生效。

0x13~0x14: 卸载/LED 报警条件

设置智能舵机进入卸载保护与 LED 闪烁提醒报警条件。

地址 0x13 为卸载条件设置字节，通过该字节中各个位置 1 或置 0 来打开或关闭相应保护功能：

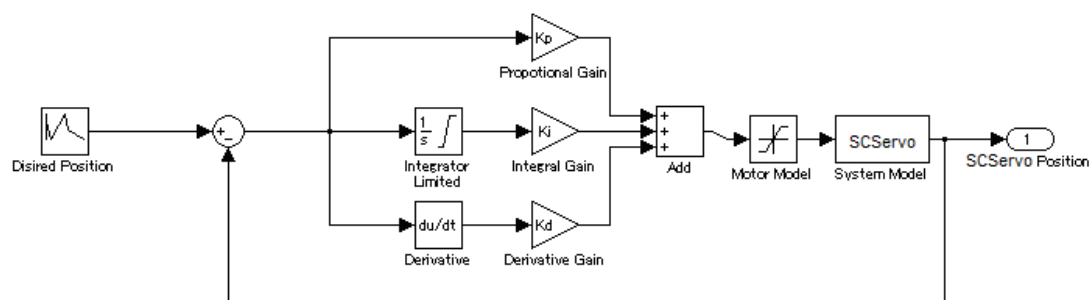
地址 0x14 为 LED 闪烁提醒错误报警条件设置字节，通过该字节中的各个位置 1 或置 0 来打开或关闭相应错误出现时 LED 灯闪烁开启，SM40BL 无 LED 硬件支持此功能。

地址 0x13 与地址 0x14 字节中各个位相对应错误是相一致。

BIT	功能
BIT7	--
BIT6	--
BIT5	如果设置为1，则发生过载时减少扭力输出/LED报警
BIT4	--
BIT3	如果设置为1，则发生过流时卸载扭力/LED报警
BIT2	如果设置为1，则发生过热时卸载扭力（0%输出）/LED报警
BIT1	如果设置为1，则角度传感器出错时卸载扭力/LED报警
BIT0	如果设置为1，则发生过压/欠压时卸载扭力（0%输出）/LED报警

以上各个位对应条件若同时发生，遵循逻辑或的原则，LED 报警条件 (0x14) 设置为 0 关闭 LED，否则打开 LED。

0x15~0x17: 电机控制参数



$K_p = P (0x15)$

$K_d = D (0x16)$

$K_i = I (0x17)$

21 (0x15)	P 比例系数	读/写	32 (0x20)
22 (0x16)	D 微分系数	读/写	32 (0x20)
23 (0x17)	I 积分系数	读/写	0 (0x00)

0x18~0x19: 最小启动力

设置驱动电机最小的启动力。

由于智能舵机采用多级齿轮减速箱，需要克服一定的静态摩擦力，驱动电机最小启动力可设置为 0-1000，力的大小是相对于舵机本身最大堵转扭矩的百分比。

如设成 16 则对应，舵机堵转是 40kg. cm，那么最小启动力为：

$$40 * 16 / 1000 = 0.64 \text{ kg. cm.}$$

地址	数值	说明
设置范围	0-1000	
0x18	0x00-0xE8	最小启动力低字节
0x19	0x00-0x03	最小启动力高字节

0x1A~0x1B: 死区

设置闭环的死区大小，顺时针与逆时针都设置为 1 则死区大小约为 0.088 度

26 (0x1A)	顺时针不灵敏区	读/写	0 (0x00)
27 (0x1B)	逆时针不灵敏区	读/写	0 (0x00)

0x1C~0x1D: 保护电流

当电流保护功能被打开(参考 0x13/0x14 设置)，舵机电流大于保护电流，电流保护启动，扭力卸载，舵机状态 Error 电流过载位被设置。电流恢复正常后，写入位置更新指令可解除过流保护。

电流最小单位为 6.45 毫安，当保护电流设置为 400，就意味着电路电流超过 $400 * 6.45 = 2580$ 毫安时，舵机当前状态 Error 字节 BIT3 位将置 1，通过返状态包将可体现出来

28 (0x1C)	保护电流(L)	读/写	0 (0x00)
29 (0x1D)	保护电流(H)	读/写	0 (0x00)

0x1E: 角度分辨率

角度分辨率是用于改变智能舵机的最小单位角度分辨率。默认的分辨率值设为 1。

(1~100 可用) 当分辨率降低时，可以增加实际旋转的角度（每个方向多达 740 圈）。

实际位置=当前位置*角度分辨率。

例如，当前位置值 1024，角度分辨率为 2，将产生一个实际为 2048 ($1024 * 2 = 2048$) 的位置。

0x1F~0x20: 零点位置校正

设置智能舵机在位置控制模式下零点位置补偿值。

CW 方向最大值为 32766 (0x7FFE)。CCW 方向最大值为 65534 (0xFFFE)。其中 0x0000~0x7FFE 表示 CW 方向范围，0x8000~0xFFFE 表示 CCW 方向范围，方向位为 15 位。

BIT	15	14~0
设置范围	0/1	0-0x7FFE
说明	BIT15=0 CW方向, BIT15=1 CCW方向	位置补偿值

0x21: 运行模式

设置智能舵机运行模式，分别有：

模式 0 单圈（0x1B~0x0C：最大角度限制不为 0）及多圈（0x09~0x0C：角度限制都为 0）位置伺服控制；

模式 1 恒速模式下智能舵机能根据（0x2E~0x2F）运行速度设定值，控制电机输出的转动速度达到恒速控制效果；

模式 2 PWM 模式下智能舵机能根据（0x2E~0x2F）运行速度设定值输出相应的 PWM 驱动电机转动。

具体模式设置如下表所示。

地址 0x21	数值	说明
模式 2	0x02	PWM 输出模式
模式 1	0x01	恒速模式
模式 0	0x00	多圈位置伺服控制模式

0x22~0x24: 过载保护

过载保护机制是要有三个参数一起参与作用完成，保护的开启是要地址 0x13 卸载条件 BIT5 位置 1，否则不起作用。

其中保护机制是：过载保护条件开启，当外在负载作用于智能舵机，智能舵机的输出扭矩大于**过载扭力（0x24）** 并且没有位置移动，保持这种状态持续时间大于**保护时间（0x23）**，智能舵机输出扭力将变为**保护扭力（0x22）**。此时智能舵机应答包中的 ERROR 状态字节 BIT5 位会置 1，如无其他错误出现，那 ERROR 状态字节数值应为 0x20。

当负载变小，智能舵机所需输出扭力小于安全扭力，或更新反向运位置指令让智能舵机退回以减小负载阻力，当输出小于安全扭力，智能舵机将恢复正常扭力控制。

保护扭力与过载扭力单位为百分比，大小与舵机自身堵转扭力相关，如智能舵机堵转扭力是 30kg. cm，**保护扭力（0x22）** 设了 40，**过载扭力（0x24）** 设了 80，那么转换实际扭力大小分别为：

保护扭力= 40 * 40%= 16 kg. cm

过载扭力= 40 * 80%= 32 kg. cm

保护时间的最小单位为 10ms，如**保护时间（0x23）** 设了 80，那实际保护时间为 80*10=800ms，最大保护时间为 254*10= 2540 ms

地址	数值	说明
0x22	0-100	保护扭力为百分比堵转扭矩
0x23	0-254	保护时间最小单位为 10ms，最大保护时间为 2540ms
0x24	0-100	过载扭力百分比堵转扭矩

注意！保护扭力>=过载全扭力，认为是非法值，过载保护关闭

0x28: 力矩输出开关

力矩输出开关：置 1 开，置 0 关。

位置写指令接收后会自动将力矩开关置 1 打开扭矩输出。

0x29: 加速度

目标加速值 $0 \sim 254$ (0xFE)，单位约为 8.789 度/秒^2 。

当设置为 0 时，加速度控制不起作用。

当设置为 254 时，加速度为 2232 度/秒^2 。

例如，当前速度是 0，加速度为 10，经过 1 秒的舵速度为 14.6rpm。



注意，由于该字节位于 RAM 地址内，掉电数据将不保存。

0x2A~0x2B: 目标位置

目标位置单位是 0.088 度，最大值为 30719 (0x77FF)，其中 $0 \sim 0x77FF$ 表示正方向， $0x8000 \sim 0xF7FF$ 表示负方向，方向位为 15 位。

BIT	15	14~0
设置范围	0/1	0~0x77FF
说明	BIT15=0 正方向，BIT15=1 负方向	目标位置值

实际目标位置=目标位置*角度分辨率，例如目标位置是 2048，角度分辨率为 2，则实际目标位置为 4096。

正负两个方向最大可以转动圈数=(30719*角度分辨率/4096)，当角度分辨率为 1，正负两个方向最大可以转动 7.4 圈。

0x2E~0x2F: 运行速度

伺服模式

SM30BL 有效设置范围 $0 \sim 95$ ，舵机运行速度单位是 0.732rpm。加速度 (0x29) 有效则运行速度为舵机最高运行速度。

如果运行速度设置为 0，加速度 (0x29) 有效则按加速度值减速至停止运行，加速度无效，舵机马上停止运行。



注意，SM30BL 最低响应速度为 $5 * 0.732 = 3.66 \text{ rpm}$

最高响应速度为 $95 * 0.732 = 69.54 \text{ rpm}$

恒速模式

SM30BL 智能舵机可以切换为恒速模式，可用于轮子、履带等周转动的执行机构上。把运行模式 (0x21) 设置为 1，再向速度地址 (0x2E~0x2F) 写入一个速度值，智能舵机就以恒速转动起来。速度大小和方向的控制方式，如下表所示：

BIT	15	14~0
设置范围	0/1	0~100
说明	BIT15=0 正方向，BIT15=1 负方向	速度值

SM30BL 运行速度单位是 0.732rpm，最大值为 95 (0x5F)，其中 $0x0000 \sim 0x005F$ 表示正方向恒速度旋转， $0x8000 \sim 0x805F$ 表示负方向旋转，方向位为 15 位。

如果运行速度设置为 0，加速度 (0x29) 有效则按加速度值减速至停止旋转，加速度无效，舵机马上停止旋转。

 注意，舵机速度范围为 3.685rpm~73.2rpm

PWM 输出模式

SM30BL 智能舵机可以切换为 PWM 输出模式，把舵机变成一个电机，可用于用户自己的运动控制算法控制舵机运动。把运行模式 (0x21) 设置为 2，再给速度地址 (0x2E~0x2F) 写入一个 PWM 值，智能舵机就以恒定 PWM 输出转动起来。PWM 大小和方向的控制方式，如下表所示：


BIT	15	14~0
设置范围	0/1	0~1000
说明	BIT15=0 正方向，BIT15=1 负方向	PWM 输出值

PWM 输出单位是 0.1%，最大值为 1000 (0x3E8)，其中 0x0000~0x3E8 表示正方向输出 PWM，0x8000~0x83E8 表示负方向输出 PWM，方向位为 15 位。

0x30~0x31：转矩限制

对智能舵机进行扭矩输出限制，1000 对应 100%智能舵机堵转扭矩，如设置为 800，舵机堵转扭矩为 40KG.cm，那么智能舵机最大只能输出 $40 * 0.8 = 32$ kg.cm。地址 0x30 为转矩限制的低字节，地址 0x31 为转矩限制的高字节。舵机上电复位，则以最大扭矩 (0x10~0x11) 的值作为初始值。

	数值 DEC	说明
最小精度	0.1	单位：% 相对于堵转扭矩
设置范围	1-1000	单位：% 相对于堵转扭矩

 注意，向这两个字节中写入数据，转矩限制会马上生效，由于字节位于 RAM 地址内，掉电数据将不保存。

0x37：锁功能位

锁功能位。若该位设置为 0 关闭锁保护，则对 EEPROM 区参数修改可以掉电保存。

 注意，锁功能位设置为 0，智能舵机写速度会变慢，频繁对 EEPROM 区参数进行写入操作会影响智能舵机 EEPROM 的寿命。

0x38~0x39：当前位置

当前位置单位是 0.088 度，其中 0~0x77FF (30719) 表示正方向，0x8000~0xF7FF 表示负方向，方向位为 15 位。

地址	数值	说明
取值范围	0~0x77FF	BIT0~BIT14
位置方向	0-1	BIT15=0 正方向，BIT15=1 负方向

实际当前位置=当前位置*角度分辨率，例如当前位置是 2048，角度分辨率为 2，则实际当前位置为 4096。

0x3A~0x3B: 当前速度

智能舵机运行速度的单位是 0.732rpm, SM30BL 最大取值为 95(0x5F), 其中 0x0000~0x005F 表示正方向转动, 0x8000~0x805F 表示负方向转动, 方向位为 15 位。

地址	数值	说明
取值范围	0~0x5F	BIT0~BIT14
位置方向	0~1	BIT15=0 正方向, BIT15=1 负方向

0x3C~0x3D: 当前负载

当前负载, 最大值取值 1000, 单位约为 0.1%, 其中 0~1000 表示正向负载 1024~2000, 则表示反向负载, 也就是说, 第 10 位为负载的方向位。

地址	数值	说明
取值范围	0~1000	BIT0~BIT9
位置方向	0~1	BIT10=0 正方向, BIT10=1 负方向

0x3E: 当前电压

当前电压值为实际电压的 10 倍, 单位 V 伏。

例如, 电源电压为 12.5V, 则当前电压(0x3E)数据值为 125。

0x3F: 当前温度

当前温度值与实际温度相同, 单位 1 摄氏度。

例如, 如果当前温度(0x0F)为 85, 当前舵机的内部温度是 85℃。

0x42: 移动标志

数值	说明
0	目标位置命令执行完成
1	目标位置命令执行正在进行中

0x45~0x46: 当前电流

SM40BL 电流最小单位为 6.45 毫安, 当反馈值为 100 时, 代表电路此时流过电流为 100*6.45=645 毫安。

特别说明

深圳飞特模型有限公司保留对本文档更新和解释的权利。对于性能更新和参数更改, 本公司有权不事先通知。

本文档可能存在录入错误、印刷错误、排版错误, 本文档的最新版本可以在本公司网站上下载最新版本, 或者跟公司相关人员索要最新本文档。

由于技术变化、产品升级, 本产品的各项参数、性能指标有可能更改而不事先通知用户。

售前/售后联系方式: 0755-89335266