
《通讯协议手册》-磁编码版本

目录

《通讯协议手册》-磁编码版本.....	1
1.0 通信协议概要.....	2
1.1 指令包.....	2
1.2 应答包.....	3
1.3 指令类型.....	3
1.3.1 查询状态指令 PING.....	3
1.3.2 读指令 READ DATA.....	4
1.3.3 写指令 WRITE DATA.....	4
1.3.4 异步写指令 REG WRITE.....	5
1.3.5 执行异步写指令 ACTION.....	6
1.3.6 同步写指令 SYNC WRITE.....	6
1.3.7 同步读指令 SYNC READ.....	7
1.3.8 参数恢复指令 RECOVERY.....	9
1.3.9 状态重置指令 RESET.....	9

1.0 通信协议概要

该系列舵机采用 ARM 32 位单片机为主控制核心，位置传感器采用 360 度 12 位精度的磁铁感应角度方案，通讯电平采用兼容高速通信的 TTL 电平方式与具有较强抗干扰能力的 RS485 方式，通讯仍是采用异步双工，发送与接收信号是异步处理。

控制器和舵机之间采用问答方式通信，控制器发出指令包，舵机返回应答包。

一个总线控制网络中允许有多个舵机，所以每个舵机都分配有一个网络内唯一的 ID 号。控制器发出的控制指令中包含 ID 信息，只有匹配上 ID 号的舵机才能完整接收这条指令，并返回应答信息。

通信方式为串行异步方式，一帧数据分为 1 位起始位，8 位数据位和 1 位停止位，无奇偶校验位，共 10 位。

内存表的部分参数采用两个字节的值域时，两个字节分别表示高字节与低字节，该系列是**低字节在前高字节在后**。每款舵机因功能略有不同，因此实际控制时请参照具体型号的内存表为准。

1.1 指令包

指令包格式：

字头	ID 号	数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	ID	Length	Instruction	Parameter1 ...Parameter N	Check Sum

字头：连续收到两个 0XFF，表示有数据包到达。

ID 号：每个舵机都有一个 ID 号。ID 号范围 0 ~ 253,转换为十六进制 0X00 ~ 0XFD。

广播 ID：ID 号 254 为广播 ID,若控制器发出的 ID 号为 254(0XFE)，所有的舵机均接收指令，除 PING 指令外其它指令均不返回应答信息(多个舵机连接在总线上不能使用广播 PING 指令)。

数据长度：等于待发送的参数 N 加上 2，即“N+2”。

指令：数据包操作功能码，详见 1.3 指令类型。

参数：除指令另外需要补充的控制信息，参数最大支持双字节参数表示一个内存值，字节顺序参考舵机使用手册内存控制表(不同型号舵机字节顺序不一样)。

校验和：校验和 Check Sum，计算方法如下

$$\text{Check Sum} = \sim (\text{ID} + \text{Length} + \text{Instruction} + \text{Parameter1} + \dots \text{Parameter N})$$
 若括号内的计算和超出 255，则取最低的一个字节，“~”表示取反。

1.2 应答包

应答包是舵机对控制器的应答，应答包格式如下：

字头	ID 号	数据长度	当前状态	参数	校验和
0XFF 0XFF	ID	Length	ERROR	Parameter1 ...Parameter N	Check Sum

返回的应答包包含舵机的当前状态 **ERROR**，若舵机当前工作状态不正常，会通过这个字节反映出来（各状态所代表意义详见手册内存控制表），若 **ERROR** 为 0，则舵机无报错信息。

若指令是读指令（**READ DATA**），则 **Parameter1 ...Parameter N** 是读取的信息。

1.3 指令类型

总线智能舵机通讯协议可用指令如下：

指令	功能	值	参数长度
PING（查询）	查询工作状态	0x01	0
READ DATA（读）	查询控制表里的字符	0x02	2
WRITE DATA（写）	往控制表里写入字符	0x03	大于等于1
REGWRITE DATA(异步写)	类似于WRITE DATA, 但是控制字符写入后并不马上动作，直到ACTION指令到达	0x04	不小于2
ACTION（执行异步写）	触发REG WRITE写入的动作	0x05	0
SYCNREAD DATA（同步读）	用于同时查询多个舵机	0x82	大于等于3
SYCNWRITE DATA（同步写）	用于同时控制多个舵机	0x83	不小于2
RECOVERY（参数恢复）	把控制表复位为出厂值	0x06	0
RESET(状态重置)	重置舵机状态(重置舵机圈数)	0x0A	0

1.3.1 查询状态指令 PING

功能 读取舵机的工作状态

长度 0X02

指令 0X01

参数 无

PING 指令使用广播地址，舵机同样返回应答信息。

例 1 读取 ID 号为 1 的舵机的工作状态

指令帧：FF FF 01 02 01 FB (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X02	0X01	0XFB

返回的数据帧: FF FF 01 02 00 FC (十六进制显示)

字头	ID	有效数据长度	工作状态	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X02	0X00	0XFC

1.3.2 读指令 READ DATA

功能 从舵机内存控制表里读出数据

长度 0X04

指令 0X02

参数 1 数据读出段的首地址

参数 2 读取数据的长度

例 2: 读取 ID 为 1 的舵机的当前位置(低位字节在前, 高位字节在后)。

在控制表里从地址 0X38 处读取二个字节。

指令帧: FF FF 01 04 02 38 02 BE (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X04	0X02	0X38 0X02	0XBE

返回的数据帧: FF FF 01 04 00 18 05 DD (十六进制显示)

字头	ID	有效数据长度	工作状态	参数	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X04	0X00	0X18 0X05	0XDD

读出两个字节数据分别是: 低位字节 L 0X18 高位字节 H 0X05, 两字节合成 16 位数据 0X0518, 用十进制表示当前的位置为 1304。

1.3.3 写指令 WRITE DATA

功能 写数据到舵机内存控制表

长度 N+3 (N 为参数长度)

指令 0X03

参数 1 数据写入段的首地址

参数 2 写入的第一个数据

参数 3 第二个数据

参数 N+1 第 N 个数据

例 3 把一个任意编号的 ID 设置为 1。

在控制表里保存 ID 号的地址为 5, 所以在地址 5 处写入 1 即可。发送指令包的 ID 使用广播 ID (0xFE)。

指令帧: FF FF FE 04 03 05 01 F4 (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	0XFE	0X04	0X03	0X05 0X01	0XF4

因为采用广播 ID 发送指令，所以不会有数据返回。

另外内存表 EPROM 具有保护锁开关，修改 ID 前需要把它关掉（置 0），不然示例 ID 号掉电将不保存。

详细操作请查阅具体舵机型号的内存表或操作手册。

例 4 控制 ID1 舵机以 1000 步每秒的速度转动到 2048 的位置。

在控制表里目标位置的首地址为 0X2A，所以在地址 0X2A 处开始写入连续六个字节数据，

分别是位置数据 0X0800(2048)；

时间数据 0X0000(0)；

速度数据 0X03E8(1000)。

发送指令包的 ID 使用非广播 ID (0xFE)，所以指令接收完成后舵机将返回状态包。

指令帧：FF FF 01 09 03 2A 00 08 00 00 E8 03 D5 （按十六进制发送）

字头	ID	有效数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X09	0X03	0X2A	0XD5
				0X00 0X08	
				0X00 0X00	
				0XE8 0X03	

返回的数据帧：FF FF 01 02 00 FC （十六进制显示）

字头	ID	有效数据长度	工作状态	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X02	0X00	0XFC

返回工作状态为 0，表示舵机正确无错接收到指令并已开始执行。

1.3.4 异步写指令 REG WRITE

REG WRITE 指令类似于 WRITE DATA，只是执行的时间不同。当收到 REG WRITE 指令帧时，把收到的数据储存在缓冲区备用，并把 Registered Instruction 寄存器置 1。当收到 ACTION 指令后，储存的指令最终被执行。

长度 N+3 (N 为要写入数据的个数)

指令 0X04

参数 1 数据要写入区的首地址

参数 2 要写入的第一个数据

参数 3 要写入的第二个数据

参数 N+1 要写入的第 N 个数据

例 5 控制 ID1 到 ID10 舵机以 1000 每秒的速度转动到 2048 的位置，以下指令包中只有 ID 在总线上并接收到指令并返回，其他 ID 号不在总线返回。

ID 1 异步写指令包: FF FF 01 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 D4

ID 1 返回包: FF FF 01 02 00 FC

ID 2 异步写指令包: FF FF 02 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 D3

ID 3 异步写指令包: FF FF 03 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 D2

ID 4 异步写指令包: FF FF 04 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 D1

ID 5 异步写指令包: FF FF 05 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 D0

ID 6 异步写指令包: FF FF 06 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 CF

ID 7 异步写指令包: FF FF 07 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 CE

ID 8 异步写指令包: FF FF 08 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 CD

ID 9 异步写指令包: FF FF 09 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 CC

ID10 异步写指令包: FF FF 0A 09 04 2A 00 08 00 00 E8 03 CB

1.3.5 执行异步写指令 ACTION

功能 触发 REG WRITE 指令

长度 0X02

指令 0X05

参数 无

ACTION 指令在同时控制多个舵机时非常有用。

在控制多个舵机时，使用 ACTION 指令可以使第一个和最后一个舵机同时执行各自的动作，中间无延时。

对多个舵机发送 ACTION 指令时，要用到广播 ID (0xFE)，因此，发送此指令不会有数据帧返回。

例 6 控制 ID1 到 ID10 舵机以 1000 每秒的速度转动到 2048 的位置的异步写指令发完后，需要执行异步写指令时，

需要发送以下指令包 (FF FF FE 02 05 FA)。所有在总线上的舵机接收到此指令后将运行前面接收到的异步写指令。

1.3.6 同步写指令 SYNC WRITE

功能 用于同时控制多个舵机。

ID 0xFE

长度 (L + 1) * N + 4 (L: 发给每个舵机的数据长度, N: 舵机的个数)

- 指令 0X83
- 参数 1 写入数据的首地址
- 参数 2 写入的数据的长度(L)
- 参数 3 第一个舵机的 ID 号
- 参数 4 写入第一个舵机的第一个数据
- 参数 5 写入第一个舵机的第二个数据
- ...
- 参数 L+3 写入第一个舵机的第 L 个数据
- 参数 L+4 第二个舵机的 ID 号
- 参数 L+5 写入第二个舵机的第一个数据
- 参数 L+6 写入第二个舵机的第二个数据
- ...
- 参数 2L+4 写入第二个舵机的第 L 个数据
- ...

不同于 REG WRITE+ACTION 指令的是实时性比它更高，一条 SYNC WRITE 指令可一次修改多个舵机的控制表内容，而 REG WRITE+ACTION 指令是分步做到的。尽管如此，使用 SYNC WRITE 指令时，写入的数据长度和保存数据的首地址必须相同。

例7 对ID1-ID4共4个舵机首地址0X2A写入位置0X0800时间0X0000和速度0X03E8(低位字节在前，高位字节在后)。

指令帧：FF FF FE 20 83 2A 06 01 00 08 00 00 E8 03 02 00 08 00 00 E8 03 03 00 08 00 00 E8 03 04 00 08 00 00 E8 03 58 (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	0XFE	0X20	0X83	0X2A 0X06	0X58
				0X01 0X00 0X08 0X00 0X00 0XE8 0X03	
				0X02 0X00 0X08 0X00 0X00 0XE8 0X03	
				0X03 0X00 0X08 0X00 0X00 0XE8 0X03	
				0X04 0X00 0X08 0X00 0X00 0XE8 0X03	

因为采用广播 ID 发送指令，所以不会有数据返回。

1.3.7 同步读指令 SYNC READ

- 功能 用于同时查询多个舵机。
- ID 0XFE
- 长度 N + 4 (N: 舵机的个数)
- 指令 0X82

参数 1 读数据的首地址

参数 2 读数据的长度

参数 3 第一个舵机的 ID 号

参数 4 第二个舵机的 ID 号

...

参数 N+2 第 N 个舵机的 ID 号

...

一条 SYNC READ 指令可一次查询多个舵机的控制表内容，同步读指令中指定了需要查询舵机的 ID，舵机返回应答包顺序按指令包中 ID 顺序返回，使用 SYNC READ 指令时，所有查询的数据长度和数据的首地址必须相同（此指令针对部分串行总线舵机开放）。

例 8 查询 ID1-ID2 共 2 个舵机首地址 0X38，当前位置、当前速度、当前负载、当前电压、当前温度共 8 字数据（低位字节在前，高位字节在后）。

同步读指令包：FF FF FE 06 82 38 08 01 02 36

字头	ID	有效数据长度	指令	参数	校验和
0XFF 0XFF	0XFE	0X06	0X82	0X38	0X36
				0X08	
				0X01	
				0X02	

返回包：

FF FF 01 0A 00 00 08 00 00 00 00 79 1E 55

FF FF 02 0A 00 FF 07 00 00 00 00 77 23 53

返回包拆解：ID1 返回包：FF FF 01 0A 00 00 08 00 00 00 00 79 1E 55

字头	ID	有效数据长度	工作状态	参数	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X0A	0X00	0X00 0X08	0X55
				0X00 0X00	
				0X00 0X00	
				0X79	
				0X1E	

ID2 返回包：FF FF 02 0A 00 FF 07 00 00 00 00 77 23 53

字头	ID	有效数据长度	工作状态	参数	校验和
0XFF 0XFF	0X02	0X0A	0X00	0XFF 0X07	0X53
				0X00 0X00	
				0X00 0X00	
				0X77	
				0X23	

1.3.8 参数恢复指令 RECOVERY

功能 把内存控制表里特定的数据恢复出厂值

长度 0X02

指令 0X06

参数 无

例 复位舵机，ID 号为 0。

指令帧: **FF FF 01 02 06 F6** (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	校验和
0XFF 0XFF	0X00	0X02	0X06	0XF7

返回的数据帧: **FF FF 01 02 00 FC** (十六进制显示)

字头	ID	有效数据长度	工作状态	校验和
0XFF 0XFF	0X01	0X02	0X00	0XFC

1.3.9 状态重置指令 RESET

功能 重置舵机状态(重置舵机圈数)

长度 0X02

指令 0X0A

参数 无

例 复位舵机，ID 号为 0。

指令帧: **FF FF 01 02 0A F6** (按十六进制发送)

字头	ID	有效数据长度	指令	校验和
0XFF 0XFF	0X0 0	0X02	0X0A	0XF3

返回的数据帧: **FF FF 01 02 00 FC** (十六进制显示)

字头	ID	有效数据长度	工作状态	校验和
0XFF 0XFF	0X0 1	0X02	0X00	0XFC