

注意事项：此协议下的所有电机需要遵行以下原则：

- 1、电机上电后不能自行转动（包括归零自检），直到收到相关指令后才动作
- 2、对于有光电开关信号接口的电机：主机发送光电开关检测开始指令后，电机按照指定的顺时针或者逆时针方向进行转动，并检测光电开关信号，当检测到的光电开关信号为高电平时，表示0位到达，此时标记0位，并反方向转动，检测另一组光电开关信号，当检测到高电平时，表示终点位置到达，此时标记为终点，并记录下从0位到终点的最大角度（最大角度不限于360度以内，有可能在400度以上即电机转动一圈以上）
- 3、无论电机在执行什么任务，只要收到速度为0的指令或者刹车指令后，都要执行停止或刹车指令

通讯协议

2.1通信协议概要

主机控制器和舵机之间采用问答方式通信，主机控制器发出指令包，舵机返回应答包。

一个网络中允许有多个舵机，所以每个舵机都分配有一个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。

2.2指令包

帧头 （二个字节）	ID号 （一个字节）	数据长度（一个字	指令 （一个字节）	参数 （N个字节）	校验和 （一个字节）
0XD5 0X5D	ID	Length	Instruction	Parameter1 ...Parameter	Check Sum

字头：连续收到0XD5 0X5D ,表示有数据包到达。

ID：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,若控制器收出的ID号为254 (0XFE)，所有的舵机均接收指令，但都不返回应答信息。

数据长度：等于待发送的参数长度N加上2，即“N+2”。

参数：除指令外需要补充的控制信息。

校验和：校验和Check Sum，计算方法如下：

Check Sum = ID + Length + Instruction + Parameter1 + ... Parameter N
若括号内的计算和超出255,则取最低的一个字节。

2.3 应答包

应答包是舵机对控制器的应答，应答包格式如下：

帧头 （二个字节）	ID号 （一个字节）	数据长度（一个字	当前状态（一个字节）	参数 （N个字节）	校验和 （一个字节）
0XD5 0X5D	ID	Length	ERROR	Parameter1 ...Parameter	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，每一位的代表的信息如下：

BIT	名称	详细
BIT7	0	不使用
BIT6	堵转	堵转置1
BIT5	指令超范围	指令超过指定范围或者如果收到一个未定义的指令戒收到ACTION前未收到REG
BIT4	校验和错	校验和错误置1
BIT3	欠压	欠压超过指定范围置1

BIT2	过压	过压超过指定范围置1
BIT1	过流	电流超过设定范围置1
BIT0	过热	温度超过指定范围置1

2.4 指令类型

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	
REG WRITE（异步写）	类似于WRITE DATA，但是控制字符写入后并未马上动作，直到ACTION指令到达	0x04	
ACTION（执行异步	触发REG WRITE写入的动作	0x05	0
RESET（复位）	把控制表复位为出厂值	0x06	0
START END(设定起点 终点)	设定电机起点和终点	0x07	
SYNC WRITE（同步	用于同时控制多个舵机	0x83	
trajectory write(轨迹 点写)	用于写入轨迹点数据	0x0a	
trajectory action(轨迹点执行)	用于执行轨迹点数据	0x0b	0
自定义	避免添加功能影响当前内存地址	0xFF	

自定义功能指令1：	相对位置控制	格式：	前面头格式不变，自定义指令0xff+01+相对位置（L）+相对位置（H）+速度（L）+速度（H）（速度格式同地址0x20，bit15代表方向）
trajectory write(轨迹 点写)指令：	用于写入轨迹点数据	格式：	前面头格式不变，写轨迹点指令0x0a+0xXX（轨迹点个数）+第一个点角度（L）+第一个点角度（H）+第一个点速度++第二个点角度（L）+第二个点角度（H）+第二个点速度+...以此类推
自定义功能指令1：	带加速度控制的相对位置控制	格式：	前面头格式不变，自定义指令0xff+01+相对位置（L）+相对位置（H）+速度（L）+速度（H）（速度格式同地址0x20，bit15代表方向）+加速度+减
自定义功能指令2：	带加速度控制的绝对位置控制	格式：	前面头格式不变，自定义指令0xff+02+绝对位置（L）+绝对位置（H）+速度（L）+速度（H）+加速度+减速度
自定义功能指令3：	（底部 只改变速度大小（保持之前方向，若之前停止，则方向表示	格式：	速度（L） 速度（H） 备注：该速度只代表大小，无方向

2.4.1 写指令WRITE DATA

功能 写数据到舵机的控制表

长度 N+3（N为写入数据的长度）

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1 把一个任意编号的舵机的ID设置为1。

在控制表里保存ID号的地址（寄存器地址）为3（控制表见后文），所以在地址3处写入1即可。发送指令包的ID使用广播ID（0xFE）。
指令帧： 0XD5 0X5D 0XFE 0X04 0X03 0X03 0X01 checksum

字头	ID	有效数据长	指令	参数	校验和
0XD5 0X5D	0XFE	0X04	0X03	0X03 0X01	0x09

因为采用广播ID发送指令，所以不会有数据返回（PING命令除外）

校验和的计算方法如下：
Check Sum = ID + Length + Instruction + Parameter1 + ... Parameter N
若计算的和超出255, 则取最低的一个字节

2.4.2 读指令READ DATA

功能 从舵机的控制表里读出数据

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

2.4.3 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（Address 0x2c）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

2.4.4 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。 在控制多个独立的舵机时，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。

2.4.5 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

不管是广播ID还是Return Level（Address 16）等于0，只要发送PING指令且校验和正确，都会返回当前舵机ID（第3个BYTE位），舵机工作状态（第5个BYTE位）
格式如下：D5 5D ID 03 01 00 CHKSUM

2.4.6 复位指令RESET

功能 把控制表里的数据复位为出厂值

长度 0X02

指令 0X06

参数 无

2.4.7 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指令是逐步做到的。 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即必须执行相同的动作。

第三章 内存控制表

3.1 内存控制表

机器人舵机本身的信息和控制参数形成了一张表，保存在其控制芯片的RAM和EEPROM区域。我们通过实时修改表里的内容，可以达到实时控制舵机的目的。这张表称为内存控制表，内容如下：

地址	命令项	读写	初始值	存储区域
0（0x00）	厂商编号	读	单独提供	EEPROM
1（0x01）	--	--		
2（0x02）	软件版本	读	--	
3（0x03）	ID	读/写	1（0x01）	
4（0x04）	波特率	读/写	0（0x00）（代表：115200(底部)，其他9600）	
5（0x05）	返回延迟时间	读/写	底部：8（0x08）默认4ms，其他：16（0x10）默认8ms 一个单位为500us	
6（0x06）	顺时针角度限制（L）	读/写	0（0x00）	
7（0x07）	顺时针角度限制（H）	读/写	0（0x00） 相应电机最大角度*度分辨率(见13号寄存器描述)	
8（0x08）	逆时针角度限制（L）	读/写	相应电机最大角度*度分辨率(见13号寄存器描述)	
9（0x09）	逆时针角度限制（H）	读/写	相应电机最大角度*度分辨率(见13号寄存器描述)	
10（0x0A）		--	--	
11（0x0B）	最高温度上限	读/写	80（0x50） bit7为1表示负数0表示正数	
12（0x0C）	最大电流限制	读/写	0.1A为单位	
13（0x0D）	角度分辨率	读/写	10（0x0A）（单位为：0.1度分辨率）	
14（0x0E）				
15（0x0F）				
16（0x10）	应答状态级别	读/写	2（0x02）	
17（0x11）	通信心跳使能	读/写	1，功能：500ms超时，如果没收到任何指令，超时后自动停止电机，避免通信故障失控	
18（0x12）	卸载条件	读/写	0x7f（默认都开启相应功能）	
19（0x13）	光电开关0点设置	写	1、 顺时针0点 2、 逆时针0点	
20（0x14）	RS485总线 匹配阻抗开关	读/写	0（0不使用 1 使用）	
21（0x15）	加速度（只适用底部）	读/写	36(*10倍) 代表360度/秒	
22（0x16）	减速度（只适用底部）	读/写	36(*10倍) 代表360度/秒	
23（0x17）		--	--	
24（0x18）	启动光电开关检测	读/写	低4位为检测控制字，只写：0停止，1启动（若为写命令，则收到后立即执行/停止检测） 高4位为检测状态字，只读：0未检测、1、检测进行中 2、检测完成（正常）、3、检测完成（出错）	
25（0x19）	清卸载条件	写		
26（0x1A）				
27（0x1B）				
28（0x1C）				

29 (0x1D)				RAM
30 (0x1E)	目标位置 (L)		[Addr36] value	
31 (0x1F)	目标位置 (H)		[Addr37] value	
32 (0x20)	运行速度 (L)	读/写	0	
33 (0x21)	运行速度 (H)	读/写	0	
34 (0x22)	加速度 (不适用底部)	读/写	36(*10倍) 代表360度/秒	
35 (0x23)	减速度 (不适用底部)	读/写	36(*10倍) 代表360度/秒	
36 (0x24)	当前位置 (L) (只适用于手指手腕舵机)	读	?	
37 (0x25)	当前位置 (H) (只适用于手指手腕舵机)	读	?	
38 (0x26)	当前速度 (L)	读	?	
39 (0x27)	当前速度 (H)	读	?	
40 (0x28)	当前电机转过角度L (不适用于手指手腕舵机, 脚步为相对位置, 其他为绝对位置)	读	0	
41 (0x29)	当前电机转过角度H (不适用于手指手腕舵机, 脚步为相对位置, 其他为绝对位置)	读	0	
42 (0x2A)	运行中标志	读	0 (0x00)	
43 (0x2B)	(刹车开关, 加自锁)	读/写	0 (0 关 1开)	
44 (0x2C)	REG WRITE标志	读	0 (0x00)	
45 (0x2D)			0 (0x00)	
46 (0x2E)	当前温度	读	?	
47 (0x2F)	休眠指令	读/写	0 (0 关 1开)	
48 (0x30)	光电开关当前状态	读	0 低电平 1 高电平;第0位为光电1, 第1位为光电2	
49 (0x31)	接光耦运动有效开关	读/写	0、不接光耦不能运动 (默认) 1、不接光耦能运动 注: 置1后单给0x20、0x21发速度, 即可做无角度运动 (适用手臂手指手	

说明: 以上位置单位为度*度分辨率, 速度为度/秒*度分辨率

04、波特率

默认为115200 (底部), 其他9600

设置值	波特率
0	9600/115200
1	2400
2	9600
3	38400
4	115200
5	256000
6	460800
7	896000
8	921600
9	1280000
10	1792000

0x05 返回延迟时间:
当舵机收到一条需要应答的指令后, 延迟多长时间应答0~255) *500US, 参数为8 (默认), 0表示以最短的时间应答

0x06~0x09 逆时针角度限制:
设置舵机可运行的角度范围, 顺时针角度限制 =< 目标角度值<= 逆时针角度限制值。
目标角度值超过范围, 则等于限制值, 单位为度*度分辨率

0x0B 最高温度:
最高工作温度, 默认为80度 bit7为1表示负数0表示正数

0x0C 最大电流限制单位:
0. 1A, 具体根据不同电机设置

0x0D 角度分辨率单位:
0. 1度, 默认10 (1度), 输入输出角度以及速度分辨率, 当为1时, 角度100表示10度, 速度100表示10度每秒

0x10 应答状态级别:
应答级别, 设置舵机接收到数据后是否返回数据

0	对所有的指令都不返回
1	只对读指令返回

	2	对所有指令返回 （广播除外）（默认）
0x12卸载条件	开启相位位保护功能	
	BIT	功能
	BIT7	0
	BIT6	如果设置为1，则发生堵转卸载
	BIT5	如果设置为1，指令错误提示，下次指令正常自动清0
	BIT4	如果设置为1，校验和错误提示，下次指令正常自动清0
	BIT3	如果设置为1，则发生欠压卸载
	BIT2	如果设置为1，则发生过压卸载
	BIT1	如果设置为1，则发生过流时卸载
	BIT0	如果设置为1，则发生过温时卸载

若同时发生，遵行逻辑或的原则

0x13 光电开关0点设置：
电机有光耦接口功能时。1、 顺时针0点 2、 逆时针0点

0x14启动光电开机关检测：
电机有光耦接口功能时。接收该指令后，根据0x13，0点方向，自动设置0点角度方向以及最大角度

0x1E~0x1F目标位置命令：
舵机运行至的绝对位置（度*度分辨率）， 当为底盘电机连续转动模式时，该角度为相对角度，根据当前速度，要提前减速，避免惯性过冲

0x20~0x21运行速度设置：
舵机运行至目标位置的速度（n度每秒*度分辨率）

0x26~0x27当前速度：
舵机运行的速度（度每秒*度分辨率） 16位有符号数，正的为（轮子方向逆时针，即车子左边前进方向）

0x28~0x29当前电机转过角度16位有符号数：
电机正转（速度控制方向0：从轴方向看为顺时针，即车子左边前进方向）往正方向累加。比如0到32767到-32768到0循环，
反转（速度控制方向1：从轴方向看为逆时针）往负方向累加，到达负最大后往正最大方向减，比如0到-32768到32767到0循环；
若为16位无符号数（一样效果）：电机正转，往正方向累加，比如0到32767到65535到0循环；反转，反方向减，0到65535到32767到0循环；
单位：度*度分辨率

0x2A运行中标志：
若舵机正在运行中显示为1，反之显示为0。

0x2B刹车开关：
0，关闭刹车 1，开启刹车
0x2C REG WRITE标志：
若有REG WRITE指令等待执行，则显示为1，当REG WRITE指令执行完毕后显示为0

0x2E当前温度：
舵机当前温度bit7为1表示负数0表示正数, bit0-bit6为value

3.2 电机调速模式

机器人舵机可以切换为电机调速模式，可用于轮子、履带等周转的执行机构上。

把顺时针角度限制和逆时针角度限制（0x06~0x09）都设置为0（底部电机不管这个参数，默认0），再给一个速度（0x20~0x21），舵机就以电机调速模式转动起来。速度有大小和方向的控制方式，如下表所示：

BIT	15	14...	9	8	7	6	5	4	1	0
VALUE	0/1	SPEED VALUE								

地址0x20~0x21：BIT15是方位位，为0逆时针转动，为1顺时针转动。BIT0~BIT14为大小(单位：度/秒*角度分辨率（0x0D）判断）。
注意：电机模式时，由0x15，0x16设置。最小速度至少可以6度/秒（尽可能小, 1度/秒如果做不到1度/秒，则近视表示有扭力的停止），当速度为0是，表示电机无扭力停止。

⌕至所有轨迹点

