

智能仿生灵巧手用户手册

版本号：1.0.0

最后编写日期：2024.07

编写人：

版权说明

本文档仅供用户参考，文档中的内容力图精确和可靠，但错误和疏忽之处在所难免，如果您发现错误，请不吝赐教。保留随时修改和完善本文档的权利，有疑问请咨询我们，谢谢。安装、使用产品前，请阅读本手册。

目录

智能仿生灵巧手用户手册	1
版权说明	2
1. 安全信息	4
1.1 注意事项	4
1.2 产品质保	4
1.3 免责声明	5
2. 产品简介	6
2.1 产品介绍	6
2.2 机械数据	6
2.3 性能参数	7
2.4 手指代号	7
2.5 电气连接	8
3. 通讯协议	9
3.1 通讯协议概述	9
3.2 RS485 通讯协议	10
3.3 Can 通讯协议	13
3.4 参数解析	16
4. 版本修正	17
4.1 RS485 版本修正	17
2023.07.31	17
2023.09.13	17
2023.11.20	18
4.2 Can 版本修正	19

1. 安全信息

在对 Ti5 灵巧手进行安装和使用之前请先仔细阅读本章中的信息，下面列出了 Ti5 灵巧手必要的安全使用信息。此信息意在当您使用产品时保护您、驱动器及相关的设备，不正确的使用会导致人身意外伤害或财产损失。

1.1 注意事项

提醒：

- 从包装中移除后，检查所有内容是否完整。
- 该设备只能由经过培训的工作人员使用。
- 在安装、清洁或维护操作前断开电源。
- 确保系统中没有剩余的能量。
- 始终在规定的规格范围内操作产品。
- 远离孩子和宠物。不使用时，请务必关机或拔下插头。
- 切勿在灵巧手上或附近使用气溶胶产品、石油基润滑剂或其他易燃产品
- 不要使用损坏的电源线、插头或松动的插座。可能会对产品造成损害
- 请勿接触电气元件，以避免因静电电荷而损坏。
- 确保末端执行器正确且安全地固定到位并通过电缆连接。
- 如果损坏或有缺陷，请勿使用。请不要进行拆卸。
- 不要在手指的移动部分之间插入任何对象。
- 将头部和面部保持在末端执行器够触碰不到的地方
- 在与灵巧手一起工作时，不要穿宽松的衣服或佩戴首饰。
- 无视这些预防措施可能会影响设备的安全。

1.2 产品质保

智能仿生灵巧手具有 3 个月有限保修期。

若在投入使用后 3 个月内，出现因制造或材料不良所致的缺陷，公司提供必要的备用部件予以更换或维修相关部件。若设备缺陷是由处理不当或未遵循用户指南中所述的相关信息所致，则本产品质量保证即告失效。

在不违背本产品质量保证的原则下，若产品已经超出保修期，公司保留向客户收取更换或维修费用的权利。

在保修期外，如果设备呈现缺陷，公司不承担由此引起的任何损害或损失，包括但不限于生产损失或其他生产设备造成的损坏。

1.3 免责声明

公司致力于不断提高产品可靠性和性能，并因此保留升级产品的权利，恕不另行通知。

公司力求确保本手册内容的准确性和可靠性，但不对其中的任何错误或遗漏信息负责。

以下情况导致的故障不在本保修范围内：

1. 未按用户手册要求安装、接线、连接其他控制设备；
2. 使用时超出用户手册所示规格或标准；
3. 由于运输不当导致的产品损坏；
4. 事故或碰撞导致的损坏；
5. 火灾、地震、海啸、雷击、大风和洪水等自然灾害。

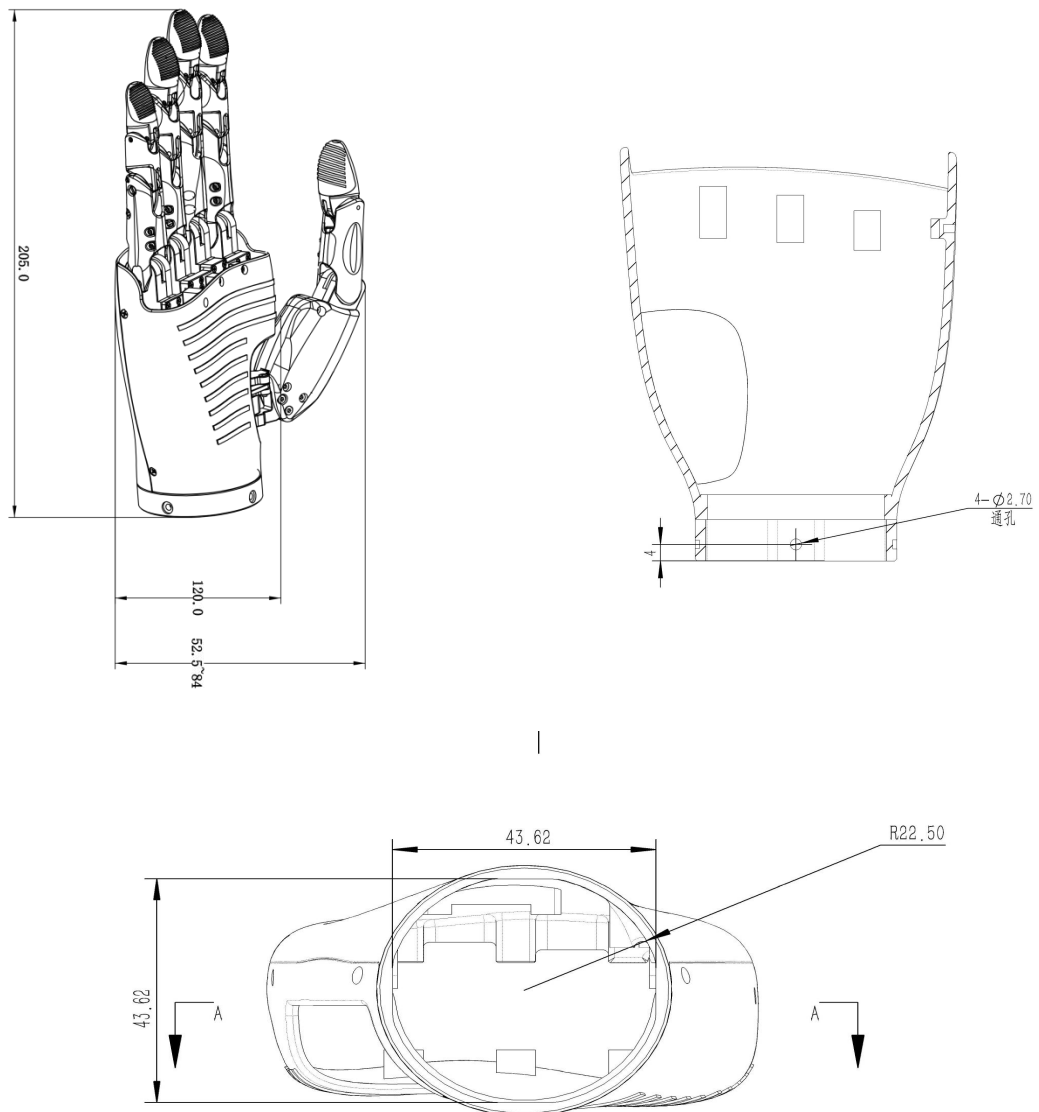
2. 产品简介

2.1 产品介绍

Ti5 灵巧手是一种集成了 6 个执行单元的拟人化机械手, 使每个手指都能独立运动。它操作灵活, 适应性强, 能够与周围环境、物体甚至人类互动, 同时限制伤害操作人员、破坏产品的风险或损坏机器人本体的风险。通讯方式选用了 RS485、Can 和蓝牙接口。

2.2 机械数据

下图显示了智能仿生灵巧手结构的总体尺寸, 对左右手都有效; 图中距离单位为毫米 [MM]。

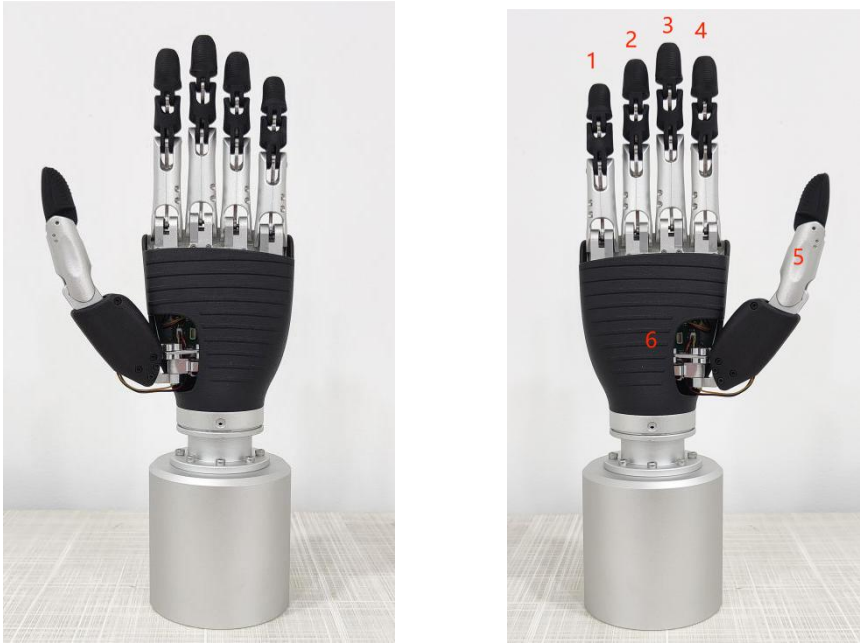


2.3 性能参数

工作电压/电流	DC12V/3A
静态电流	200mA
通讯接口	RS485、Can
自由度	6 个
闭手用力	40N
手掌牵引	80N
拇指最大受力	12N
四指各指尖受力	10N
运行环境温度范围	-20℃～60℃

2.4 手指代号

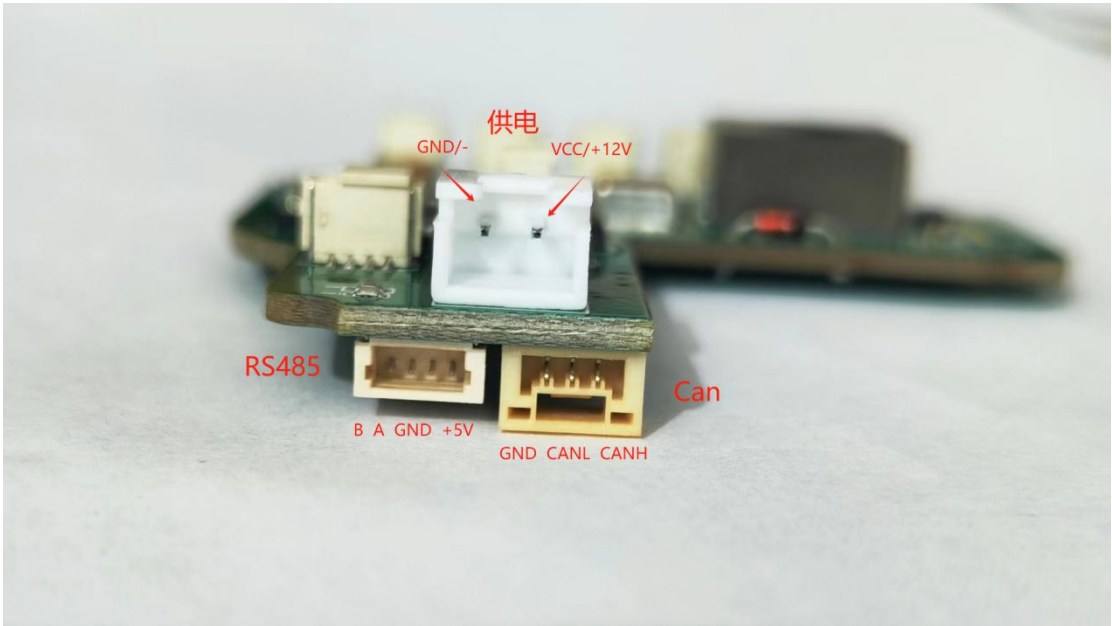
左右手同理
小拇指为一号，无名指为二号，中指为三号，食指为四号，大拇指为五号，大拇指掌关节为六号。



2.5 电气连接

通用电源线	xh2.54*30cm*2	
RS485	USB 转 RS485*1	
	MX1.25mm*2	
Can	X1251H-02-03*1	

接线定义（RS485 的+5V 非必接，主要用于输出给其他设备供电）



3. 通讯协议

3.1 通讯协议概述

RS-485 通讯协议

RS-485（也称为 EIA-485）是一种工业标准的串行通信协议，用于连接多个设备，它是一种半双工通信协议，可以在多个设备之间传输数据，最多可以连接 32 个设备，其中有一个设备作为主设备，其他设备作为从设备。

RS-485 技术的优点是它可以在长距离传输数据，最长可以传输 1200 米，而且它的传输速率很高，最高可以达到 10Mbps，而且它的线路可以抗干扰能力强，可以抗噪声干扰，可以在电磁干扰的环境中正常工作。

RS-485 技术的应用非常广泛，主要用于工业控制系统，比如机器人控制系统，自动化控制系统，智能家居系统等。

总之，RS-485 技术是一种非常实用的串行通信协议，它的传输距离长，传输速率高，抗干扰能力强，可以用于工业控制系统，数据采集系统，智能交通系统等多种应用场景。

Can 通讯协议

CAN 总线的主要特点有以下几点：

高可靠性：CAN 总线采用差分信号传输，抗干扰能力强，且具有错误检测和恢复功能，大大提高了系统的可靠性。

实时性：CAN 总线采用位仲裁技术，可以确保优先级高的信息及时传送，因此非常适合用于需要实时响应的场合。

灵活性：CAN 总线支持多种通信速率，最高速率可达 1Mbit/s，且支持多种数据长度，从 8 位到 8192 位不等，可根据需求灵活配置。

国际标准：CAN 总线是国际标准，被广泛应用于全球各地，便于技术交流和产品互通。

3.2 RS485 通讯协议

RS485 协议的特征如下：

- 115200bps 波特率；
- 1 停止位；
- 8 数据位；
- 无奇偶校验；

写灵巧手参数操作 数据类型 **UNS16**

03:

FF 电源

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	03	FF	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	FF	FF
帧头			电源													帧尾	

A1 单独移动模式

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	03	A1	ID	FF	加速度	目标位置		运行时间		运行速度		转矩限制		00	FF	FF
帧头			单动		/										/	帧尾	

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	03	加速度 0xA2	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6							FF	FF
帧头			位置 0xA3													帧尾	
			时间 0xA4														
			速度 0xA5														
			转矩 0xA6														

B1 联动模式

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17	
FF	FF	03	B1	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF	
帧头				动作	补 0												帧尾	
01: 全部张开				02. 全部握拳		03 伸展食指		04 伸展中指		05 伸展无名指		06 伸展小指		07 手势: OK				

D1:

0x01 获取常规状态

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	01	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			常规	ID	读 1	电压	温度	/		负载		当前位置		状态	/	帧尾	

0x02 EEPROM

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	02	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			EEPROM	ID	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	/	帧尾	

0x03 位置调试

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	03	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			位置调试	ID	读 1/ 写 2	最小角度		最大角度		矫正位置		/	/	/	/	帧尾	

0x04 卸载保护

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	04	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			卸载保护	ID	读 1/ 写 2	卸载 条件	/	/	/	/	/	/	/	/	/	帧尾	

0x05 过载保护

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	05	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			过载保护	ID	读 1/ 写 2	保护 扭矩	/	保护 时间	/	过 载 扭矩	/	/	/	/	/	帧尾	

0x06 过流保护

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	06	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			过流保护	ID	读 1/ 写 2	保护电流		过流 时间	/	/	/	/	/	/	/	帧尾	

0x07 工作限制

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	07	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			工作限制	ID	读 1/ 写 2	最大输出 转矩		启动力		最高 温度	/	最高 电压	/	最低 电压	/	帧尾	

0x09 查询单独手指当前角度

byte0	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	09	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头			单指	ID				角度				原始数据				帧尾	

0x10 查询全部手指当前角度

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头		调试	全部	ID1	角度	ID2	角度	ID3	角度	ID4	角度	ID5	角度	ID6	角度	帧尾	

3.3 Can 通讯协议

Can 协议的特征如下：

- 1000Kbps 波特率
- 帧格式：标准帧
- 帧类型：数据帧

二字节指令

查询角度：

Byte0	Byte1
A1	01

返回值：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
A1	01	ID1 角度	ID2 角度	ID3 角度	ID4 角度	ID5 角度	ID6 角度

查询版本号：

Byte0	Byte1
A1	02

储存参数到 flash：

Byte0	Byte1
A1	0E

（此条配合修改 ID 和波特率使用）

动作模式：

Byte0	Byte1	功能说明
03	01	张开
	02	握拳
	03	食指
	04	中指
	05	无名指
	06	小指
	07	OK 动作

上下电：

Byte0	Byte1	功能说明
03	00	下电
03	11	上电

修改设备 CAN ID：

Byte0	Byte1	功能说明
2E	修改的 ID	修改设备 CAN ID

四字节指令

单指位置模式：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
04	ID	角度	00

单指加速度设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
08	ID	加速度	00

单指速度设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
09	ID	速度	

单指扭矩设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
10	ID	扭矩	

速度设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
05	速度		00

扭矩设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
06	扭矩		00

加速度设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
07	加速度		00

波特率设置：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3
3F	波特率		00

八字节指令

位置模式：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
A3	ID1 角度	ID2 角度	ID3 角度	ID4 角度	ID5 角度	ID6 角度	00

Debug 调试

读取最小、最大和矫正值

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
D1	ID	00	00	00	00	00	00

返回值：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
D1	ID	舵机最小值		舵机最大值		舵机矫正值	

写入最小、最大和矫正值

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
D2	ID	舵机最小值		舵机最大值		舵机矫正值	

读取状态

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
D3	ID	00	00	00	00	00	00

返回值

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
D3	ID	电压	温度	舵机当前值		00	00

3.4 参数解析

参数解析					
功能	权限	最小取值	最大取值	单位	取值解析
最小位置	读写	0	4094	步	设置运动行程最小值限制, 取值小于最大角度限制
最大位置	读写	1	4095	步	设置运动行程最大值限制, 取值大于最小角度限制
温度上限	读写	0	100	° C	最高工作温度限制, 如设置为 70 则最高温度为 70 摄氏度, 设置精度为 1 摄氏度
最高输入电压	读写	0	254	0.1V	最高输入电压如设置为 80, 则最高工作电压限制为 8.0V, 设置精度为 0.1V
最低输入电压	读写	0	254	0.1V	最低输入电压如设置为 40, 则最低工作电压限制为 4.0V, 设置精度为 0.1V
最大扭矩	读写	0	1000	0.10%	设置舵机的最大输出扭矩限制, 设 1000 = 100% * 堵转扭力, 如设置为 800, 舵机堵转扭矩为 40KG.cm, 最大输出 40 * 0.8 = 32 KG.cm。
卸载条件	读写	0	254	无	ZL
位置环 P 比例系数	读写	0	254	无	控制电机的比例系数
位置环 D 微分系数	读写	0	254	无	控制电机的微分系数
位置环 I 积分系数	读写	0	254	无	控制电机的积分系数
最小启动力	读写	0	1000	0.1%	设置舵机的最小输出启动扭矩, 设 1000 = 100% * 堵转扭力
保护电流	读写	0	511	6.5mA	最大可设置电流为 500 * 6.5mA = 3250mA
位置校正	读写	-2047	2047	步	BIT11 为方向位, 表示正负方向, 其他位可表示范围为 0-2047 步
保护扭矩	读写	0	254	1.0%	进入过载保护后输出扭矩, 如设 20 表示 20% 的最大扭矩
保护时间	读写	0	254	10ms	当前负载输出超过过载扭力并保持的计时时长, 如设 200 表示 2 秒, 最大可设 2.5 秒
过载扭矩	读写	0	254	1.0%	启动过载保护时间计时的最大扭矩阈值, 如设 80 表示 80% 的最大扭矩
过流保护时间	读写	0	254	10ms	最大可设置 254 * 10ms = 2540ms
扭矩开关	读写	0	2	无	写 0: 关闭扭力输出; 写 1: 打开扭力输出; 写 128: 当前位置校正为 2048
加速度	读写	0	254	100 步/s ²	如设置为 10 则按 1000 步每秒平方的加减速速度变速
目标位置	读写	-32766	32766	步	每步为一个最小分辨角度, 绝对位置控制方式, 最大对应最大有效角度
运行时间	读写	0	1000	0.10%	
运行速度	读写	0	254	步/s	单位时间（每秒）内运动的步数, 50 步/秒 = 0.732 RPM(圈每分钟)
转矩限制	读写	0	1000	1.0%	上电初始值会由最大扭矩 (0x10) 赋值, 用户可程序修改此值来控制最大扭矩的输出
当前位置	只读	-1	-1	步	反馈当前所处位置的步数, 每步为一个最小分辨角度; 绝对位置控制方式, 最大值对应最大有效角度
当前速度	只读	-1	-1	步/s	反馈当前电机转动的速度, 单位时间（每秒）内运动的步数
当前负载	只读	-1	-1	0.1%	当前控制输出驱动电机的电压占空比
当前电压	只读	-1	-1	0.1V	当前舵机工作电压
当前温度	只读	-1	-1	° C	当前舵机内部工作温度
舵机状态	只读	-1	-1	无	对应位为 0 表示无错误, 为 1 表示出现错误 Bit0 电压 Bit1 传感器 Bit2 温度 Bit3 电流 Bit4 角度 Bit5 过载
移动标志	只读	-1	-1	无	舵机在运动时标志为 1, 舵机停止时为 0
当前电流	只读	-1	-1	6.5mA	最大可测量电流为 500 * 6.5mA = 3250mA

4. 版本修正

版本跟新：BUG 修复说明、优化功能说明。
版本 BUG：发现版本 BUG，用红色醒目标出在 bug 版本出处，原因

4.1 RS485 版本修正

2023. 07. 31

增加两条查询角度指令
1. 查询单独手指当前角度 0x09；数据类型 UNS16
发送：
FF FF D1 09 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 FF FF
解析：

byte0	byte1	byte2	byte3	byte4	byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	09	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头		调试	单指	ID	补 0											帧尾	

返回：
FF FF D1 09 01 00 00 00 2C 00 00 00 3B 09 00 00 FF FF
解析：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	09	01	00	00	00	2C	00	00	00	3B	09	00	00	FF	FF
帧头		调试	单指	ID				角度				原始数据				帧尾	

算法：X=(最大值-原始数据)*90/（最大值-最小值）
注：X 为角度值（范围 0° ～90° ）；原始值为获取的 Byte[12]、Byte[13]值；最大值、最小值为 Debug 里的限制值。获取的数据为十六进制，应转为 10 进制进行计算。

2. 查询全部手指当前角度 0x10；数据类型 UNS16
FF FF D1 10 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 FF FF
返回：

Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7	Byte8	Byte9	Byte10	Byte11	Byte12	Byte13	Byte14	Byte15	Byte16	Byte17
FF	FF	D1	10	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FF	FF
帧头		调试	全部	ID1	角度	ID2	角度	ID3	角度	ID4	角度	ID5	角度	ID6	角度	帧尾	

2023. 09. 13

优化上位机食指伸开大拇指挡住的问题
展开为打开大拇指后再打开食指

2023. 11. 20

BUG 修复：修复大拇指掌关节角度读取问题

2024. 05. 16

驱动板优化：增加 RS485 供电口 5V 输出/输入

4.2 Can 版本修正