

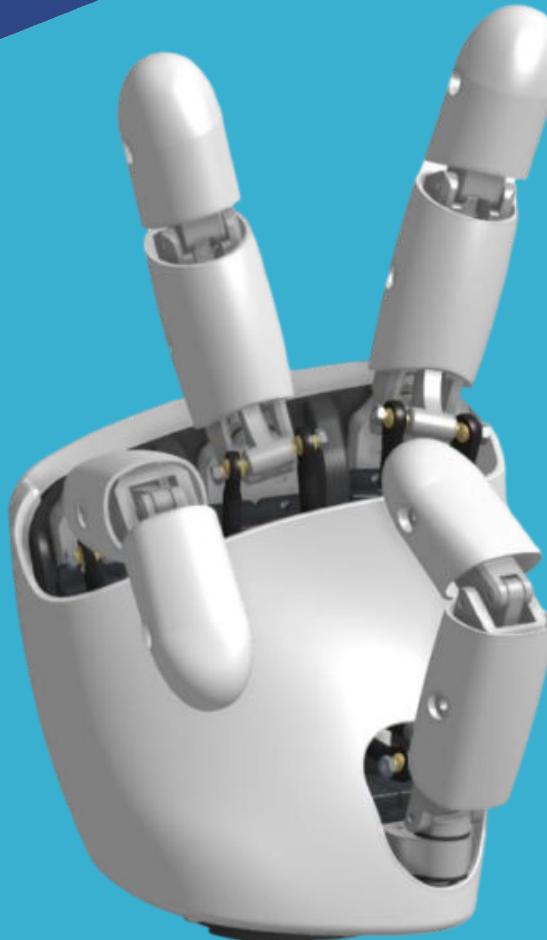
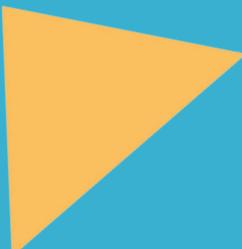


# 神奇的手

8个Dof人形手部表情

开放源码

Pollen Robotics SAS  
法国波尔多

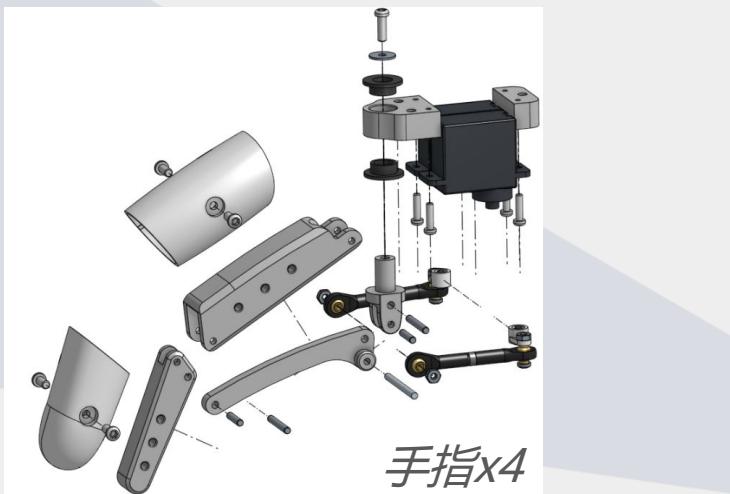


# 3D打印部件清单

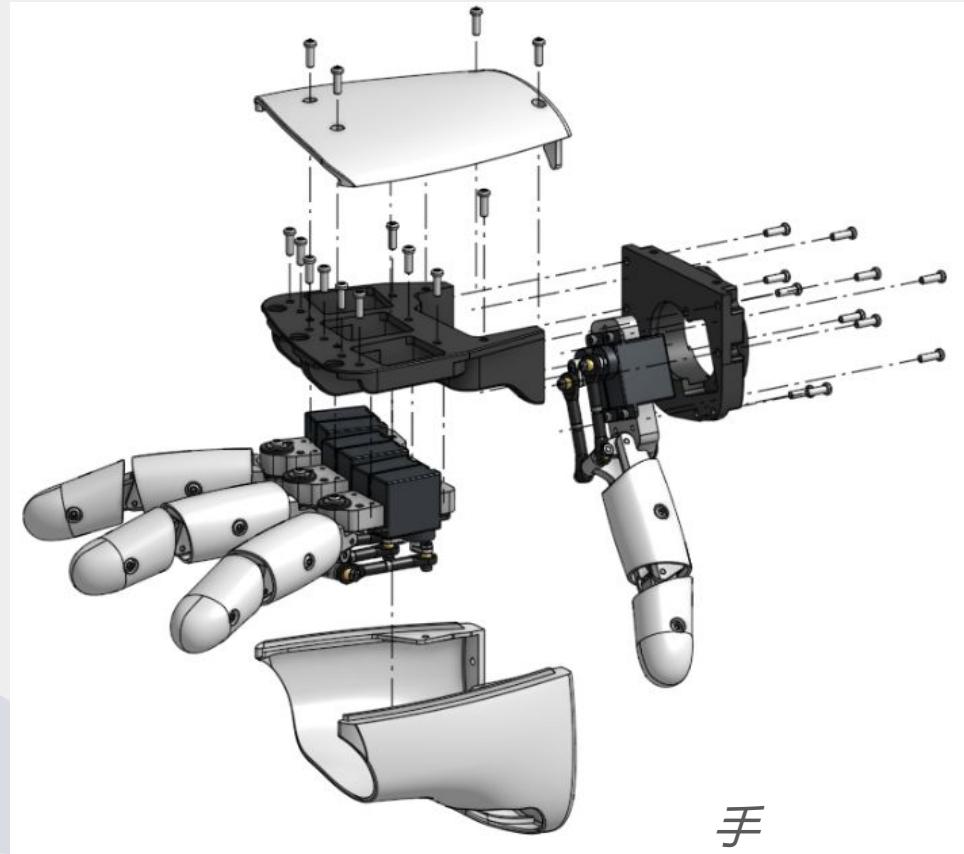


3D printing parts	Material	Quantity	Details
Finger Frame1	PLA	4	
Finger Frame2	PLA	4	
Proximal	PLA	4	
Distal	PLA	4	
Gimbal	PLA	4	
Link	PLA	4	
Hand Plate	PLA	1	
Wrist Interface	PLA	1	
Proximal Shell	Flex	4	Filaflex 82A or Esun TPA 83A
Distal Shell	Flex	4	Filaflex 82A or Esun TPA 83A
Soft Shell	Flex	1	Filaflex 82A or Esun TPA 83A
Top Shell	Flex	1	Filaflex 82A or Esun TPA 83A

更多详细信息请参见 "AmazingHand\_3D打印提示" 文档



手指x4



手

# 摘要



## 需要工具

### 步骤1：准备组件

- ★ 手指组装所需的机械组件
- ★ 重新加工标准零件
- ★ 重新加工定制塑料零件

### 步骤2：指体组装

- ★ 球头连杆
- ★ 伺服喇叭
- ★ 指动机构
- ★ 塑套
- ★ 布布
- ★ 致动器
- ★ 指状物最终组装

### 步骤3：使用Python进行手指校准

- ★ 设置ID
- ★ 微调或

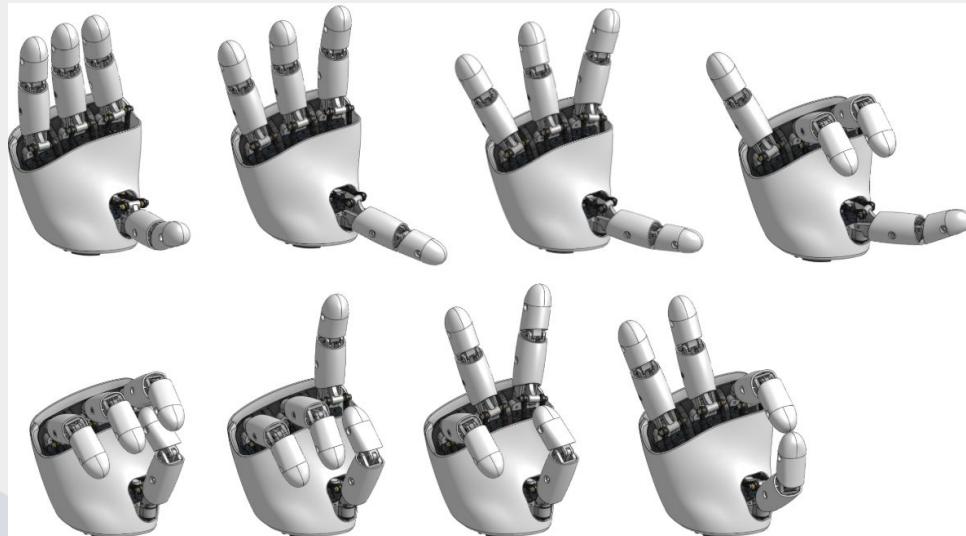
### 步骤3：用Arduino校准手指

- ★ 设置ID
- ★ 微调

### 步骤4：手柄组装

- ★ 手指抬高
- ★ 拇指固定装置
- ★ 手部装配

### 步骤5：壳体组装



# 需要工具



- φ1.5钻头
- φ2钻头
- M2水龙头
- 十字螺丝刀 (PH0)
- 平口钳
- 手术刀 (或薄切刀)
- Dremel带磨盘 (或强力切割钳)
- 便携式钻机



# 步骤1：准备组件



## ★ 手指组装所需的机械组件：

### 所需定制塑料部件：

- U1x手指框架部件1
- @1x指形框架部件2
- 因1x近端
- ②1x远端
- Ⓛ1x万向架
- Ⓛ1x链接
- 01x近端壳
- 因1x远端壳
- ⑨ 2x Spacer

### 所需标准零件：

- ①4x M2球头 (附带M2x12螺钉和M2螺母)
- ②2x布希林D内部6
- ③1x M2.5大垫圈
- ④ 2x Axis D2x10
- ⑤ 2x Axis D2x16
- ⑥4x热塑性螺钉2.5×6
- ⑦1x热塑性螺钉2.5×8
- ⑧1x (或2倍) M2螺纹杆, 长300mm

### 需要的致动器部件：

- (a) 2x Feetech SCS0009
- w 2x交叉伺服喇叭
- (2)4x伺服电机2x7螺钉
- (3)2倍伺服M2x4螺钉

} 所有产品均附带  
SCS0009软件包



# 步骤1：准备组件

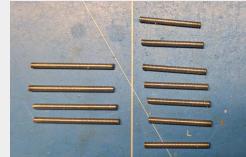
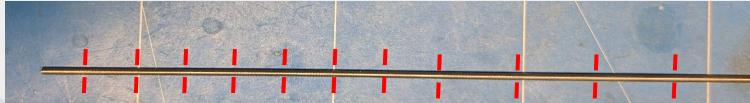


## ★ 重制标准零件：

- **1x (or 2x) M2 Threaded rod**

=>切割M2螺纹杆以获得：-4根M2螺纹杆，最小长度为L25mm（最大长度为L28）

-8根M2螺纹杆，最大长度为L18mm（最小长度为L15）



- **8x M2 ball joint screw L12mm**

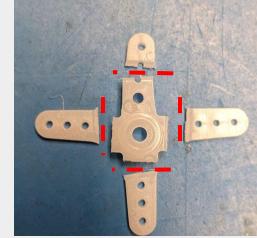
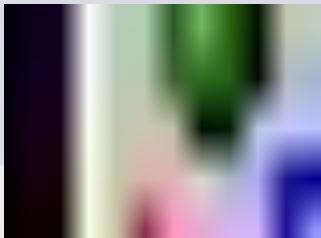
=>将M2球头螺钉L12mm切削，得到8×L9mm螺钉。



- **8x cross servo horn**

=> drill with  $\phi 1.5\text{mm}$  one of the hole which is closest to the center, make a M2 thread with tap (or a screw),

切割无用的喇叭分支，最终打磨光滑以获得8倍定制伺服喇叭。



Tips：切割前，您可能需要在螺钉上保留螺母，因为切割后，当您拆除螺钉时，螺母会将螺纹磨平。



# 步骤1：准备组件

## ★ 重新加工定制塑料零件：

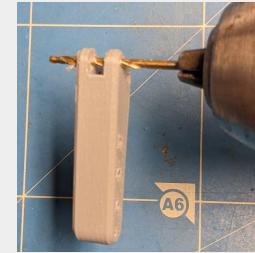
- 近端/远端/万向节和连杆部件上有24个D2孔  
 $\varphi 2\text{mm}$  3D打印部件上的孔在打印后尺寸不精确 (+取决于3D打印机)

为了确保在尽可能减少手指枢轴上的摩擦的同时，最小化功能间隙，部分孔需要是滑动的，而另一部分是紧密的。

钻孔后，孔应能滑动(/! \), 间隙不大)：  
(可能需要多次来回)



钻孔后应拧紧：(来回转动一次就足够)

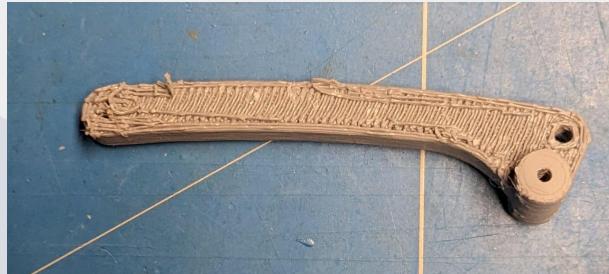


# 步骤1：准备组件



★ 重新加工定制塑料零件：  
。在支撑表面上印刷

通过支撑获得的所有表面必须经过清洁和打磨处理。示例：



由于所有四个手指都是相同的，你可以尝试第一个，然后复制你对其他手指要做的事情。

## 步骤2：指体组装



### ★ 手指组装所需的机械组件：

#### 所需定制塑料部件：

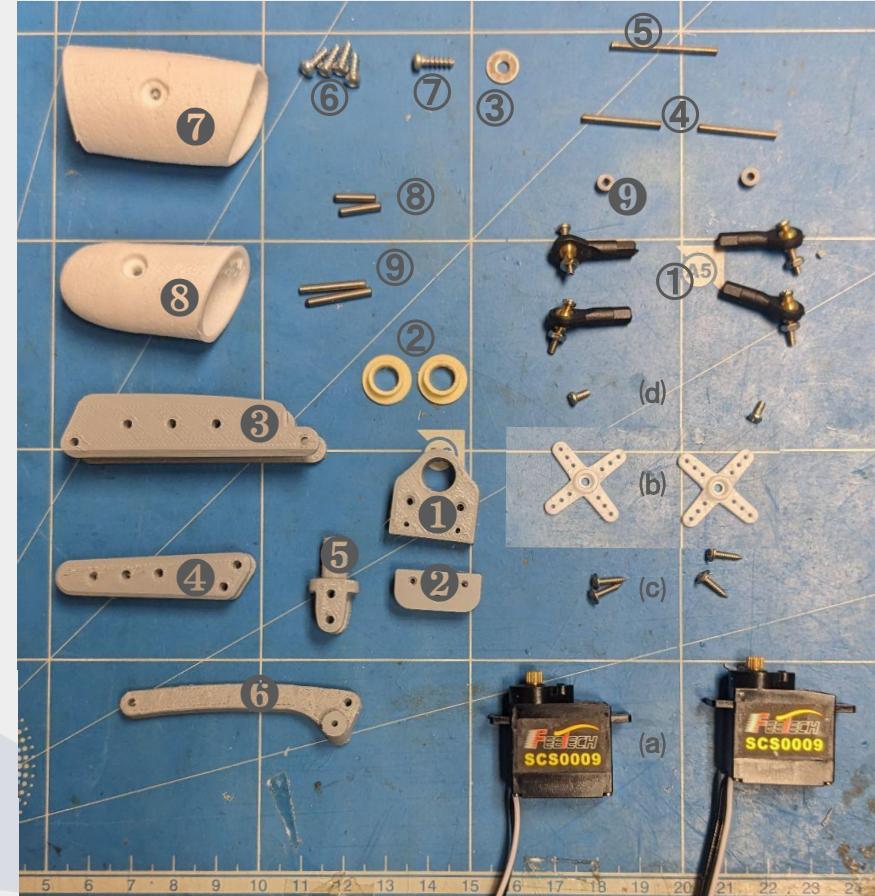
- U1x手指框架部件1
- @1x指形框架部件2
- 因1x近端
- ②1x远端
- Θ1x万向架
- Θ1x链接
- 01x近端壳
- 因1x远端壳
- ⑨ 2x Spacer

#### 所需标准零件：

- ①4x M2球头 (包含2个返工螺钉)
- ②2x布希林D内部6
- ③1x M2.5大垫圈
- ④ 2x Axis D2x10
- ⑤ 2x Axis D2x16
- ⑥ 4x热塑性螺钉2.5×6
- ⑦ 1x热塑性螺钉2.5×8
- ⑧ 2x M2螺纹杆, L18mm
- ⑨ 1x M2螺纹杆, L25mm

#### 需要的致动器部件：

- (a) 2x Feetech SCS0009
- (b) 2个伺服喇叭 (2个已返工) 4个伺服2
- (c) 个7号螺丝
- (d) 2个伺服M2x4螺钉



## 步骤2：指体组装



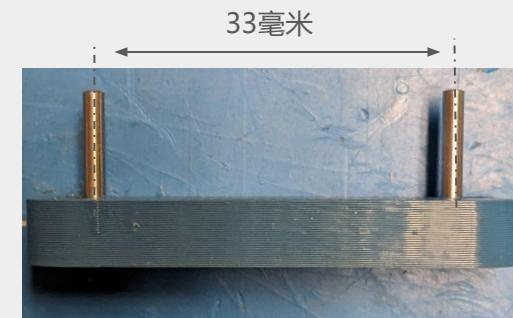
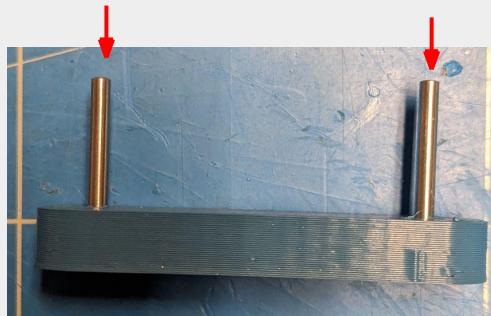
### ★ 球头连杆：

球头连杆是手指的关键部件，它将根据伺服喇叭的旋转确保正确的运动范围。特定工具设计用于帮助设置良好的尺寸。

#### Assembly of toolings :

所需部件:

- 1套长度工具
- 2x Axis D2x16mm



首先钻出 $2 \times \varphi 2\text{mm}$ 孔，应拧紧（参见前一步骤），然后将两个轴推入孔中

继续推动，直到它们完全穿过塑料部件

## 步骤2：指体组装



### ★ 球头连杆：

!/ \球头连杆是手指的关键部件，它将根据伺服喇叭的旋转确保正确的运动范围。特定的工具设计有助于设置良好的尺寸。

#### Assembly of ball joint rods :

所需零件:

- 2个M2球头
- 1×M2螺纹杆, L18mm
- 1个间隔器
- 已装配的1套长度工具



用螺纹杆开始拧紧一个球头，直到它变硬（注意：如果需要夹紧它，请勿损坏杆的螺纹）。

Note：如果难以旋入球头孔，可以使用M2丝锥来帮助在球头孔内形成螺纹，或者稍微加热杆件。

插入垫片，开始拧紧另一端的第二个球头。继续拧紧，直到两个球头的两侧都与垫片接触。在将它们放置到工具上检查长度之前，对齐两个球头使其平行。

如果它能无强迫地平行贴合工具表面，则可以。否则，通过拧紧或松开一个球头来调整它。

Once Length 是用工具检查 screw one 球头关节为90°，使其与其他部件垂直。

你需要两个来组装整个手指。

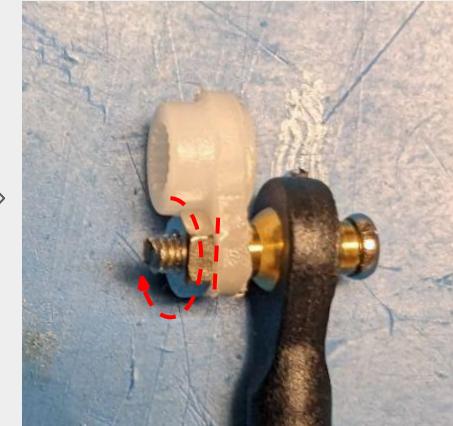


## 步骤2：指体组装

### ★ 伺服喇叭：

所需零件：

- 1个球头连杆总成
- 1个定制伺服喇叭
- 1×M2×10螺钉
- 1个M2螺母



X2

开始将M2螺钉旋入定制伺服喇叭的剩余孔中。

当球头超过伺服凸轮的另一侧后，立即旋紧螺母，并持续拧紧凸轮与螺母直至二者紧密贴合。当球头与伺服凸轮接触后，继续拧紧螺母直至其与凸轮另一侧完全接触。操作时可适当用力，确保伺服凸轮与球头连杆之间的连接处完全密封。

组装一根手指也需要很多。

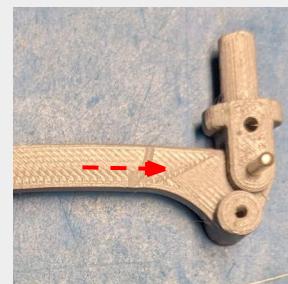
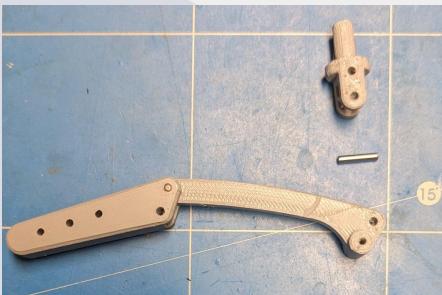
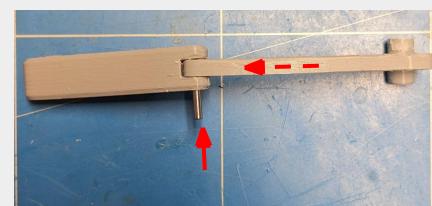
## 步骤2：指体组装



### ★ 指动机构：

所需零件：

- 1个近端
- 1x远端
- 1个万向架
- 1条链路
- 2x Axis D2x10
- 2x Axis D2x16
- 1根M2螺纹杆，长25mm



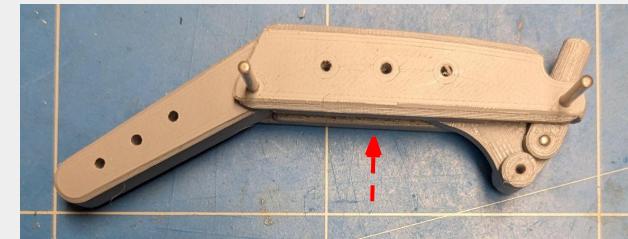
开始推压远端部件孔上的D2x10轴。

将连接件置于远端耳部之间，然后继续推动轴直至其不再超出远端部分。对万向节部件重复相同步骤。



## 步骤2：指体组装

### ★ 指动机构：



开始推动近端部分孔上的两个D2x16轴。

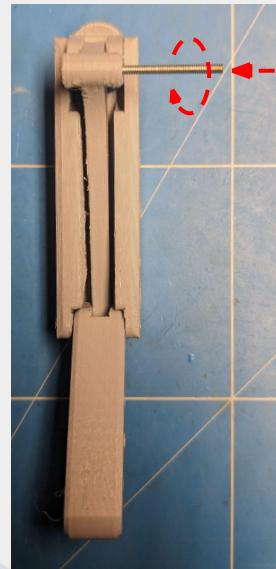
将之前的子组件放置在近端耳部之间，然后继续推动轴直至其不再超出近端部分。



## 步骤2：指体组装



### ★ 指动机构：



=



一旦手指机制就绪，检查其弯曲/伸展是否顺畅，并且在其整个范围内没有阻塞。

然后将M2螺纹杆L25mm插入到连杆部件的剩余孔中（注意：如果需要夹紧杆，请勿损坏杆的螺纹）。拧紧螺钉，直到两端长度相同。

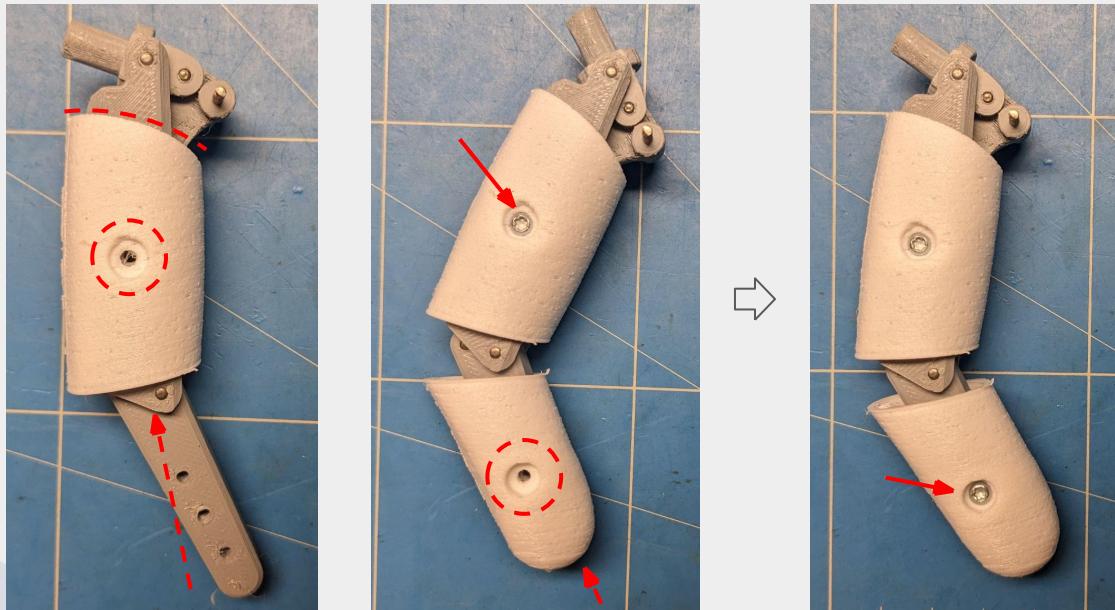
## 步骤2：指体组装



### ★ 指套：

所需零件：

- 1个手指机构
- 1个远端外壳
- 1个近端外壳
- 4个热塑性螺钉， $2.5 \times 6$



首先通过手指操作机制插入近端壳体（手指伸直时更方便）。将壳体孔与近端部件孔对齐，使用热塑性螺钉 $2.5 \times 6$ 进行固定。翻转手指后，在另一侧重复相同操作。接着插入远端壳体，对齐两个孔位并采用与近端壳体相同的固定方式。最后翻转手指，对另一侧重复上述步骤。

/!\ 不要把螺钉拧得太紧，否则可能会穿过螺钉周围的软薄的外壳表面。

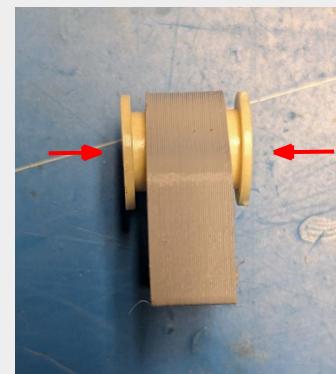
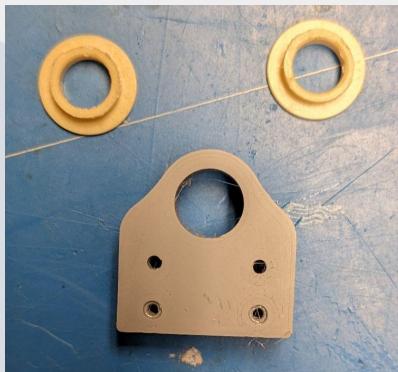
## 步骤2：指体组装



### ★ 布希林：

所需部件：

- 1个指框部件1
- 2个Dint 6mm衬套



开始推动指形框架部件1两侧的两个衬套。  
您需要将它们推入一个平坦的表面直到末端，这将导致手指外展/内收

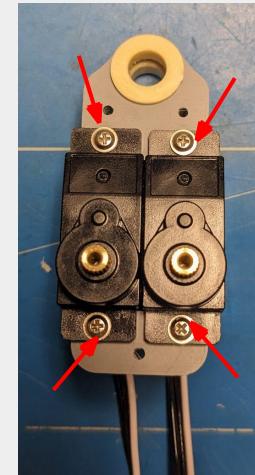
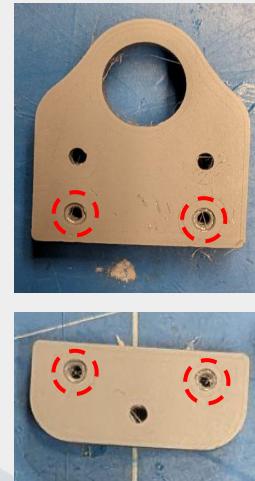
## 步骤2：指体组装



### ★ 执行器

所需零件：

- 1个带衬套的指形框架部件1
- 1个指框部件（第2部分）
- 2x Feetech SCS0009
- 4个伺服电机，2×7颗螺丝



请仔细查看手指框架部件1和2：伺服电机的安装孔采用沉头螺纹设计，便于将螺丝旋入塑料部件。将两个SCS0009并排放置，使用伺服电机2x7螺丝将它们与手指框架部件1和2固定在一起。  
注意定位它们，同时注意伺服轴远离手指的外展/内收枢轴

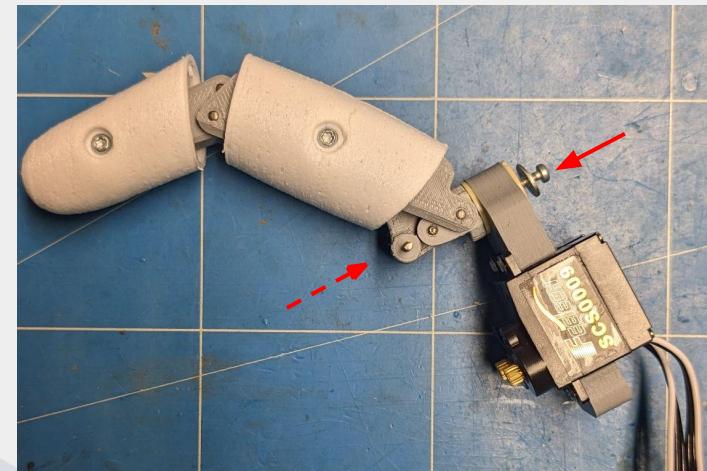
## 步骤2：指体组装



### ★ 指状物最终组装：

所需零件：

- 1个指针机构
- 1个致动器组件
- 2个伺服喇叭总成
- 2个M2螺母
- 1个热塑性螺钉， $2.5 \times 8$
- 1×M2.5大垫圈



将指套插入衬套，如上图所示，将垫圈和螺钉一起插入万向节孔。

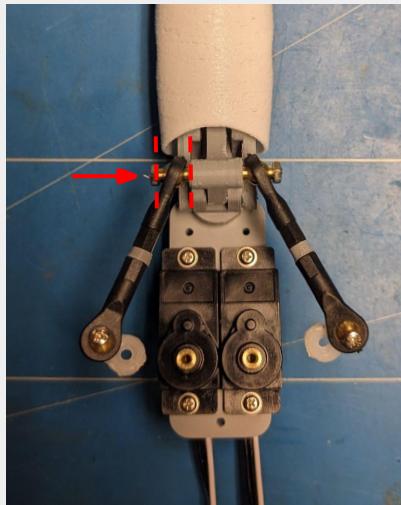
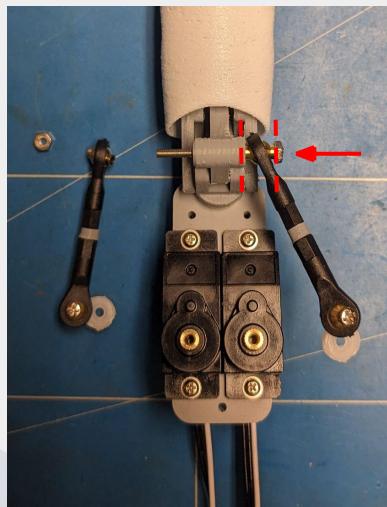
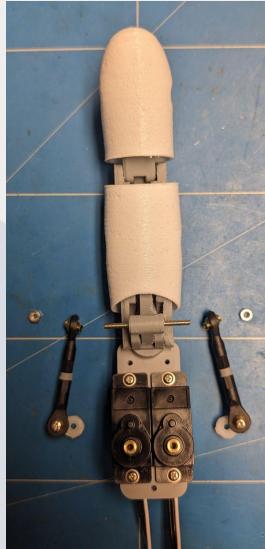
拧紧螺钉，直到垫圈与衬套接触。

不要过度扭转，以防止外展/内收枢轴卡住。您可以通过手动进行外展/内收动作来检查：动作应平稳，但应尽量减少功能间隙。

## 步骤2：指体组装



### ★ 指端最终组装：



将球头杆的自由端插入到连杆部件上的M2螺纹孔中，同时确保伺服喇叭处于正确位置以便后续装配在伺服轴上。

将M2螺母旋紧在螺纹杆上，直到球头和连杆接触。为确保拧紧效果良好，至少要多转半圈螺母。

用第二个球头接头杆对螺纹杆的另一侧重复该任务。

如果坚果看起来不够牢固，可以用胶点固定（使用过程中如果松动会很糟糕）。

# 步骤3：使用Python进行手指校准

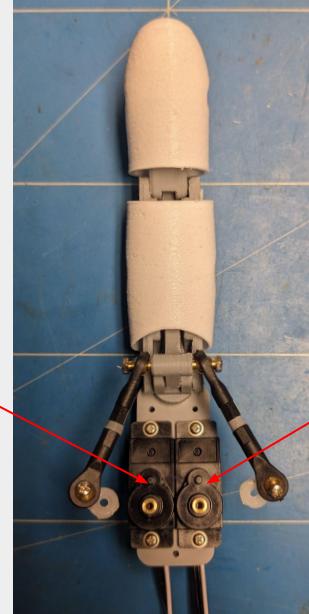


## ★ 设置ID:

- 将WaveShare串行总线驱动程序插入您的计算机
- 运行FD软件 (来自feetech)。选择相应的端口Com并将波特率设置为1000000。
- 单击“打开”然后“搜索”
- ID1伺服器会弹出。根据需要更改其ID

The screenshot shows the 'Com Settings' tab with 'Com' set to 'COM8', 'BaudR' set to '1000000', and 'DPairy' set to 'NONE'. The 'Servo List' table shows a single entry: 'ID' 1 and 'Module' SCS009. The main table lists various servo parameters, with row 5 ('ID') highlighted in yellow. The 'Save' button at the bottom right is also highlighted in yellow.

Address	Memory	Value	Area	R/W
0	Firmware Main Version	0	EPROM	r
1	Firmware Secondary V...	5	EPROM	r
3	Servo Main Version	5	EPROM	r
4	Servo Sub Version	4	EPROM	d
5	ID	1	EPROM	rw
6	Baud Rate	0	EPROM	rw
7	Reserved	0	EPROM	rw
8	Status Return Level	1	EPROM	rw
9	Min Position Limit	20	EPROM	rw
11	Max Position Limit	1003	EPROM	rw
13	Max Temperature limit	70	EPROM	rw
14	Max Input Voltage	90	EPROM	rw
15	Min Input Voltage	45	EPROM	rw
16	Max Torque Limit	1000	EPROM	rw
19	Protection Switch	32	EPROM	rw
20	LED Alarm Condition	37	EPROM	rw
21	Position P Gain	15	EPROM	rw
22	Position D Gain	15	EPROM	rw
23	Position I Gain	0	EPROM	rw
24	Punch	45	EPROM	rw
26	CW Dead Band	1	EPROM	rw
27	CCW Dead Band	1	EPROM	rw
37	Protect Torque	20	EPROM	rw
38	Overload Protection Time	100	EPROM	rw
39	Overload Torque	80	EPROM	rw
40	Torque Enable	0	SRAM	rw



ID 2      ID 1

使用feetech串行总线链接器将两个伺服  
连接到同一串行总线上



## 步骤3：使用Python进行手指校准

### ★ 微调：

- 运行Python脚本 “Hand\_FingerMiddlePos.py” , 请务必必将serial\_port更改为对应设置。

默认情况下，中间位置设置为0  
该程序将伺服器保持在中间位置

```
ID_1 = 1 #Change to servo ID you want to calibrate
ID_2 = 2 #Change to servo ID you want to calibrate
MiddlePos_1 = 0 #Middle position for servo ID_1
MiddlePos_2 = 0 #Middle position for servo ID_2
```

```
def ServosInMiddle():

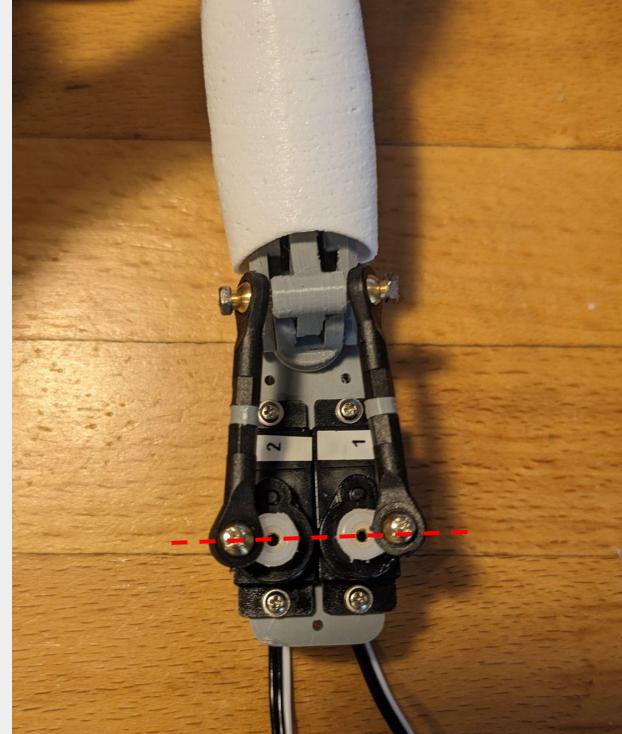
    c.write_goal_speed(ID_1, 6) # Set speed for ID_1 to 6 => Max Speed
    c.write_goal_speed(ID_2, 6) # Set speed for ID_1 to 6 => Max Speed
    Pos_1 = np.deg2rad(MiddlePos_1)
    Pos_2 = np.deg2rad(MiddlePos_2)
    c.write_goal_position(ID_1, Pos_1)
    c.write_goal_position(ID_2, Pos_2)
    time.sleep(0.01)
```

```
c = Scs0009PyController(
    serial_port="COM11",
    baudrate=1000000,
    timeout=0.5,
```

- 将伺服角铁放置在下图所示位置（即中间位置）, 尽可能闭合。
- 用M2x4螺钉拧紧两个伺服喇叭



每个伺服器的0位置与伺服喇叭..., 耦合不同, 因此需要在下一步中对中间位置进行微调



# 步骤3：使用Python进行手指校准



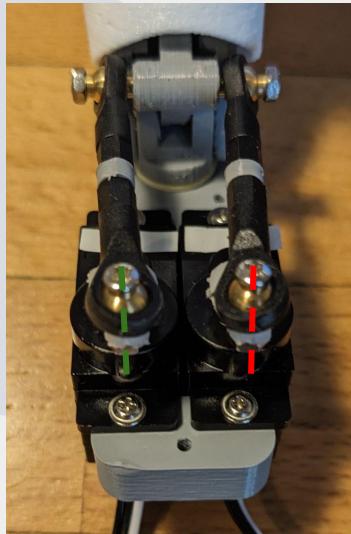
## ★ 微调：

- 运行Python脚本 “Hand\_FingerTest.py” , 请务必把serial\_port更改为对应设置。

```
c = SCS0009PyController(  
    serial_port="COM11",  
    baudrate=1000000,  
    timeout=0.5,  
)
```

手指处于闭合位置时，立即停止程序，并检查伺服喇叭是否正确对齐。

伺服中间平面。如果不是，请稍微调整中间位置以满足此要求（当手指闭合时，伺服角与中间伺服平面对齐）。数值是以°为单位的角度值。



在本示例中：

-右侧伺服喇叭 (ID1) 的位数不足=>新中间位置应增加+3°

-左左前角 (ID2) 正常

(由于伺服器位置对称，旋转方式不明显，进行若干次设置以确保良好的微调中间位置)



```
ID_1 = [1] #Change to servo ID you  
ID_2 = [2] #Change to servo ID you  
MiddlePos_1 = [3] #Middle position  
MiddlePos_2 = [0] #Middle position
```



把这些值保存在某个地方，以后可以很容易地检索到它！



# 步骤3：使用Python进行手指校准

## ★ 微调：

对于您构建的4个手指，您需要通过之前提到的校准方法来设置不同的中间位置。请记住  
每个伺服器必须具有唯一的ID。

ID定义如下：

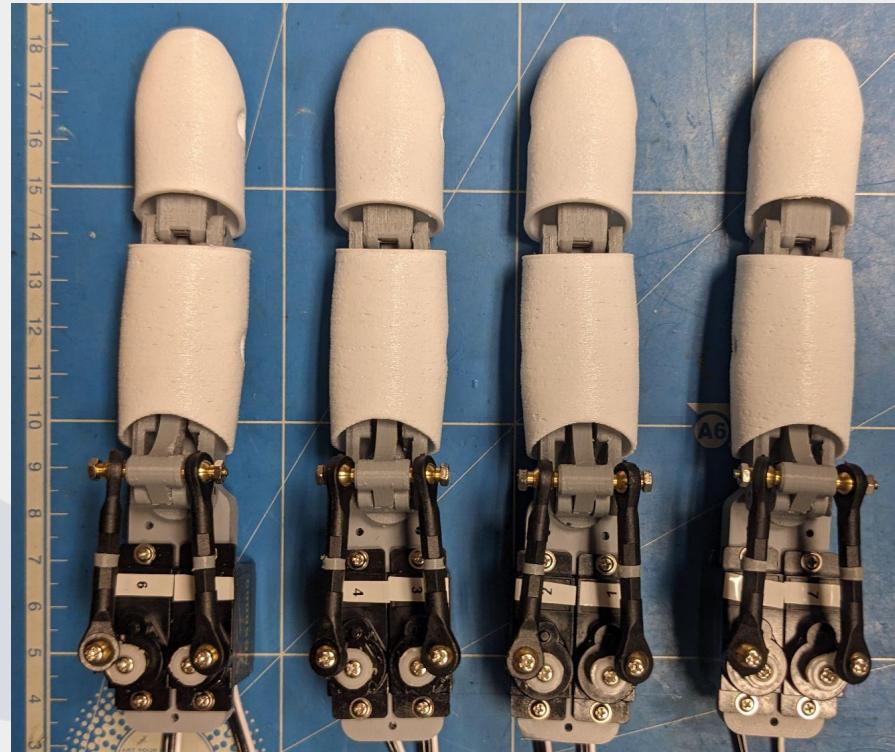
- 食指：1和2
- 中指：3和4
- 无名指：5和6
- 小指：7和8

您可以在手指测试程序中轻松地更改正在校准的伺服器ID。

```
ID_1 = 3 #Change to servo ID you want to calibrate
ID_2 = 4 #Change to servo ID you want to calibrate
MiddlePos_1 = -5 #Middle position for servo ID_1
MiddlePos_2 = -8 #Middle position for servo ID_2
```

```
ID_1 = 5 #Change to servo ID you want to calibrate
ID_2 = 6 #Change to servo ID you want to calibrate
MiddlePos_1 = 2 #Middle position for servo ID_1
MiddlePos_2 = 5 #Middle position for servo ID_2
```

```
ID_1 = 7 #Change to servo ID you want to calibrate
ID_2 = 8 #Change to servo ID you want to calibrate
MiddlePos_1 = -12 #Middle position for servo ID_1
MiddlePos_2 = -8 #Middle position for servo ID_2
```



Fine tuned  
middle poses

1 ->	3
2 ->	0
3 ->	-5
4 ->	-8
5 ->	2
6 ->	5
7 ->	-12
8 ->	0

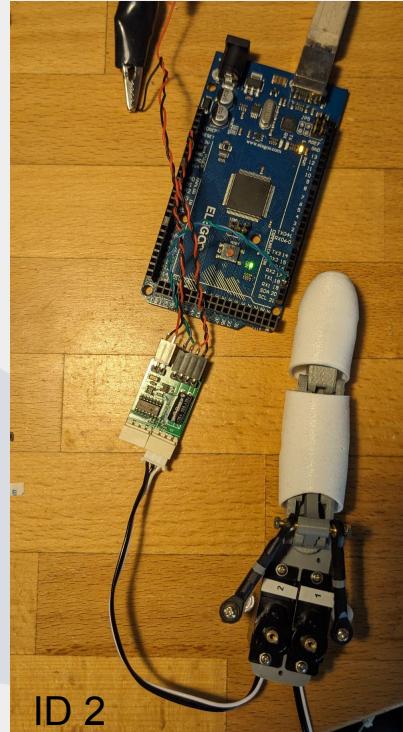
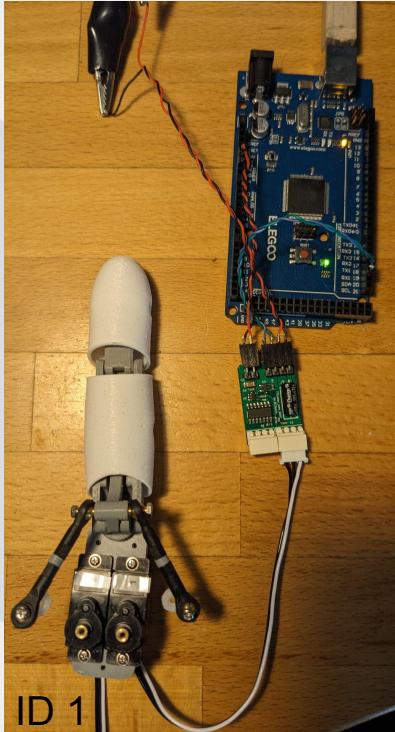
# 步骤3：使用Arduino进行手指校准



## ★ 设置ID:

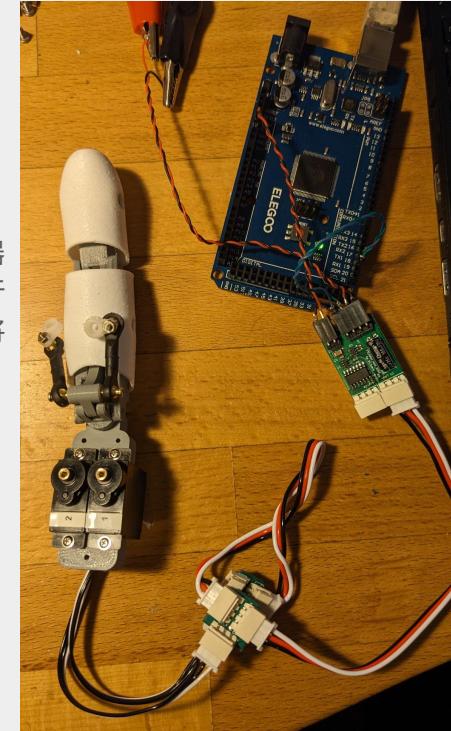
- 按照本教程设置伺服器ID：

<https://www.robot-maker.com/forum/topic/14804-presentation-et-fonctionnement-des-servomoteurs-feetech/>



使用feetech串行总线链接器  
将两个伺服连接到同一串行  
总线上，并在驱动配置中将  
其重新连接到arduino。

(请参阅教程)

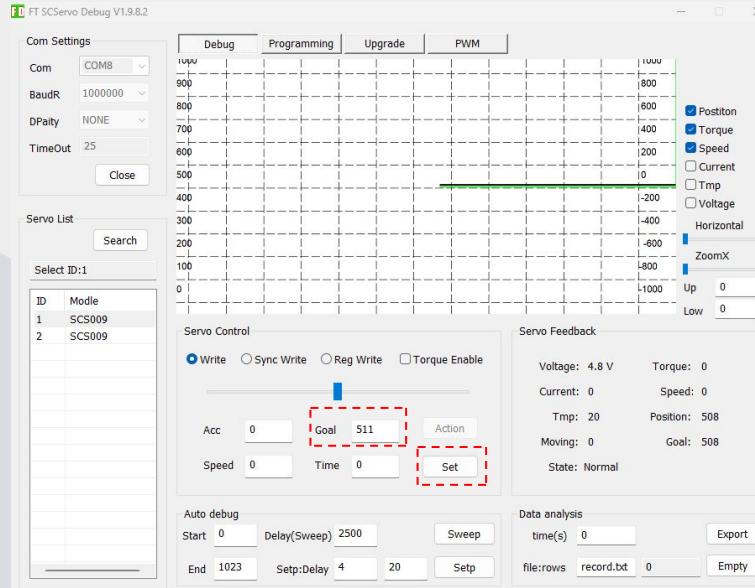


# 步骤3：使用Arduino进行手指校准

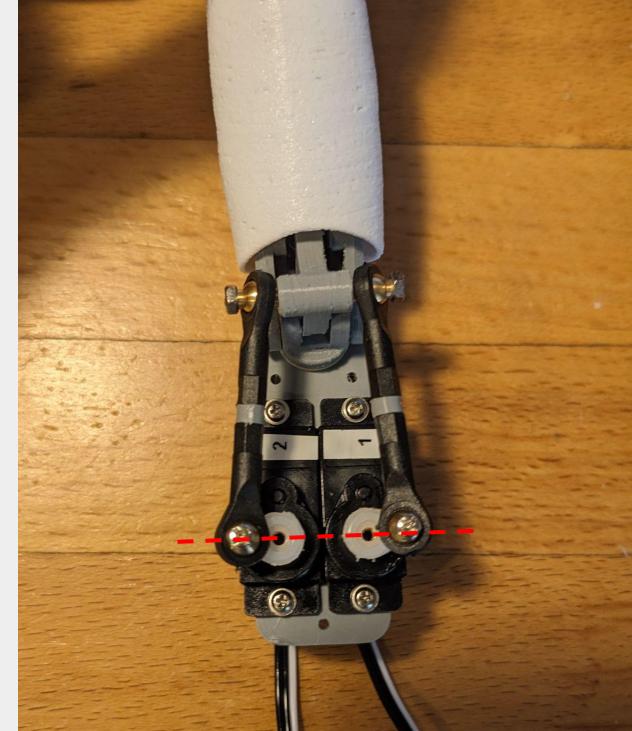


## ★ 微调：

- 使用Feetech软件为每个伺服器设置位置511



- 将伺服角铁放置在下图所示位置（即中间位置），尽可能闭合。
- 用M2x4螺钉拧紧两个伺服喇叭



每个伺服器在与伺服喇叭...，耦合时都有不同的500个位置，我们需要在下一步中对中间位置进行微调

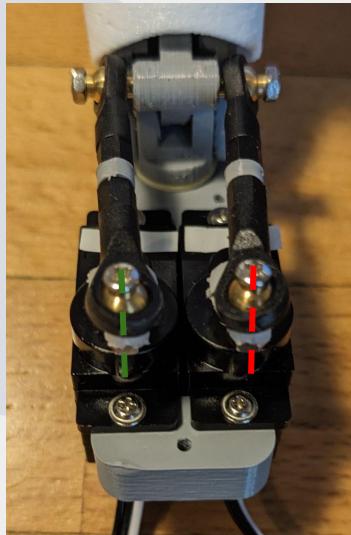
# 步骤3：用Arduino校准手指



## ★ 微调：

- 运行Arduino程序 “4-Fingers Hand\_FingerTest.ino” , 默认情况下，中间位置设置为511  
该程序将打开和关闭手指，然后进行外展/内收运动
- 当手指处于闭合位置时，立即停止程序运行，并检查伺服喇叭是否正确对齐伺服器中间平面。若未对齐，请微调中间位置使其符合要求（当手指闭合时，伺服喇叭应与伺服器中间平面对齐）。数值为原始值，因此 $1 \text{ step} = 0.293^\circ$ 。

```
// Finger parameters
int ID_1 = 1; //Change to servo ID you want
int ID_2 = 2; //Change to servo ID you want
int MiddlePos_1 = 511; // Middle position
int MiddlePos_2 = 511; // Middle position
```



在本示例中：

-右侧伺服喇叭 (ID1) 的位数不够=>新中间位置应增加至520

-左左前制动喇叭 (ID2) 正常，数值为511

(由于伺服器位置对称，旋转方式不明显，进行若干次设置以确保良好的微调中间位置)



```
// Finger parameters
int ID_1 = 1; //Change to servo ID you want
int ID_2 = 2; //Change to servo ID you want
int MiddlePos_1 = 520; // Middle position
int MiddlePos_2 = 511; // Middle position
```



把这些值保存在某个地方，以后可以很容易地检索到它！



# 步骤3：使用Arduino校准手指

## ★ 微调：

对于您要构建的4个手指，您需要通过之前的校准过程来设置不同的中间位置。请记住，每个伺服电机必须具有唯一的ID。

ID定义如下：

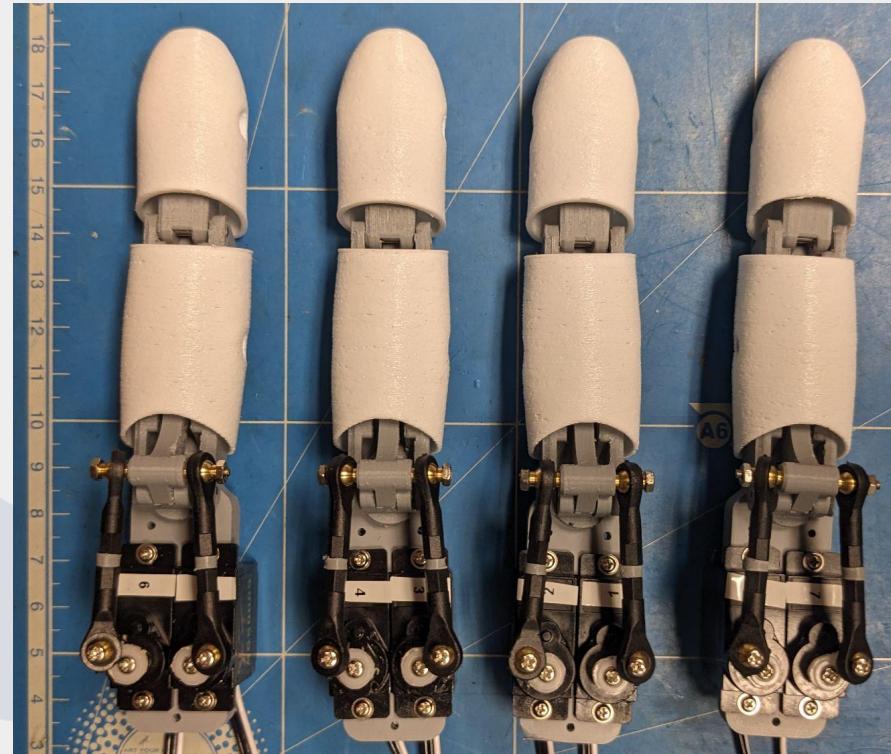
- 食指：1和2
- 中指：3和4
- 无名指：5和6
- 拇指：7和8

您可以在手指测试程序中轻松地更改正在校准的伺服器ID。

```
// Finger parameters
int ID_1 = 3; //Change to servo ID you want to calibrate
int ID_2 = 4; //Change to servo ID you want to calibrate
int MiddlePos_1 = 500; // Middle position for servo ID_1
int MiddlePos_2 = 490; // Middle position for servo ID_2

// Finger parameters
int ID_1 = 5; //Change to servo ID you want to calibrate
int ID_2 = 6; //Change to servo ID you want to calibrate
int MiddlePos_1 = 1515; // Middle position for servo ID_1
int MiddlePos_2 = 1520; // Middle position for servo ID_2

// Finger parameters
int ID_1 = 7; //Change to servo ID you want to calibrate
int ID_2 = 8; //Change to servo ID you want to calibrate
int MiddlePos_1 = 488; // Middle position for servo ID_1
int MiddlePos_2 = 511; // Middle position for servo ID_2
```



Fine tuned middle poses		
1	->	520
2	->	511
3	->	500
4	->	490
5	->	515
6	->	520
7	->	480
8	->	511

# 步骤4：手柄组装

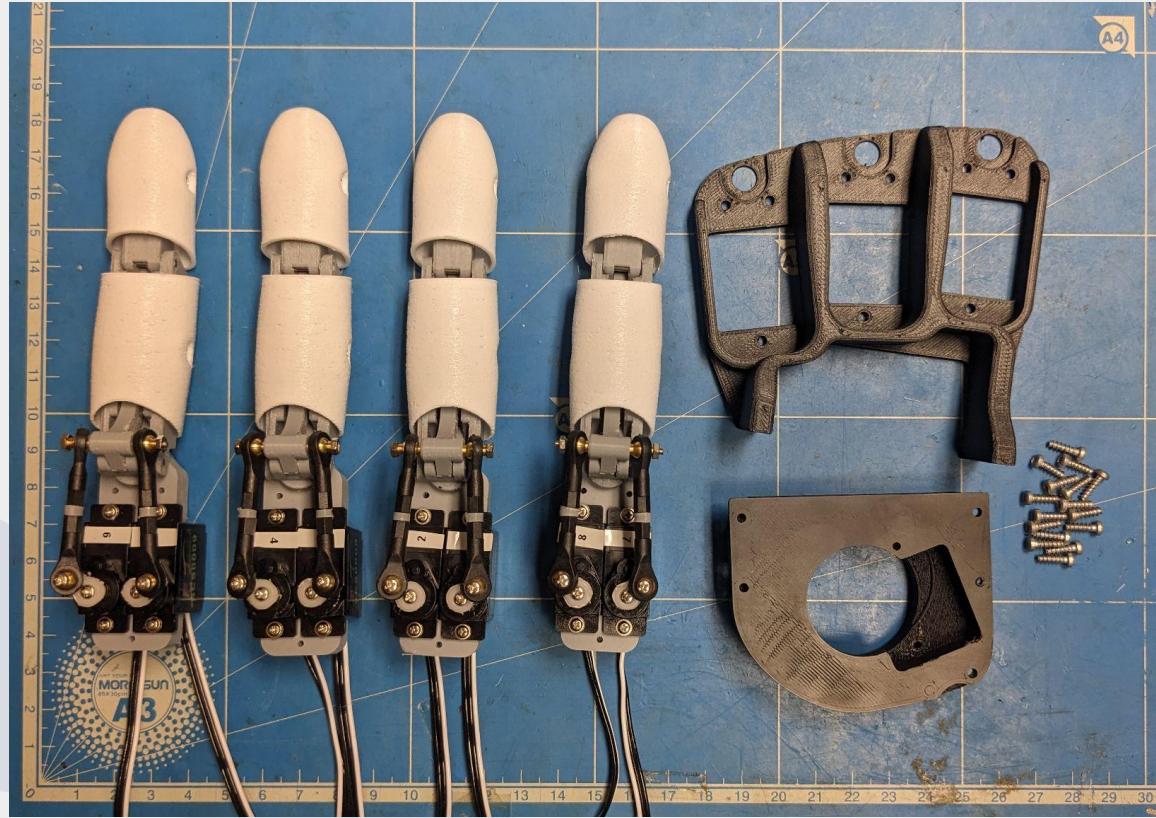
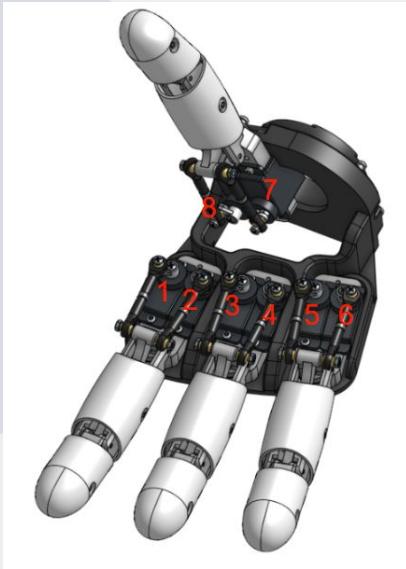


## ★ 手指抬高：

所需部件：

- 4个手指已校准
- 1个手托板
- 1个腕部接口
- 16个热塑性螺钉， $2.5 \times 8$

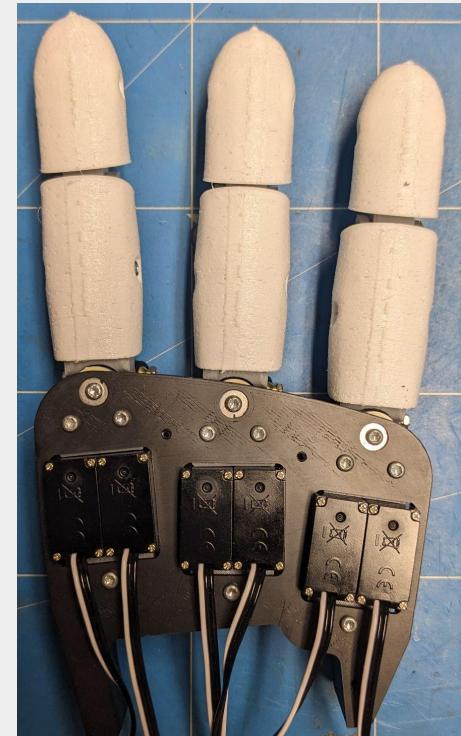
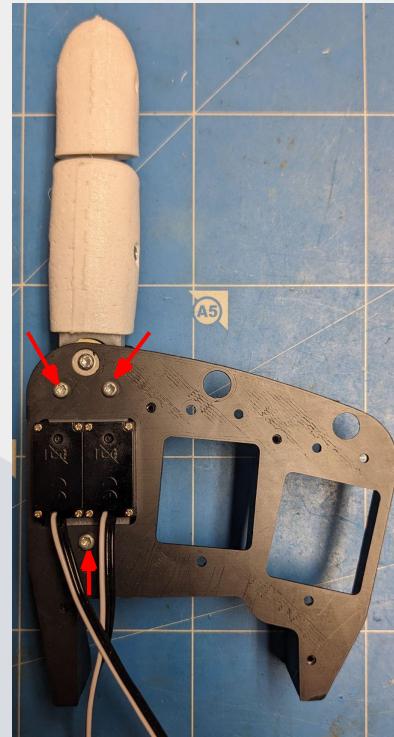
!/ 提醒注意与手指位置相关的  
ID



# 步骤4：手柄组装



★ 手指抬高：



在顶部视图中，将Index指针放在左侧位置，通过在之前将导线穿过矩形孔。  
用3个 $2.5 \times 8$ 的热塑性螺钉固定手指。  
在中间位置重复操作中指，最后在右侧位置（关于顶视图）操作无名指。

## 步骤4：手柄组装



### ★ 拇指固定装置：

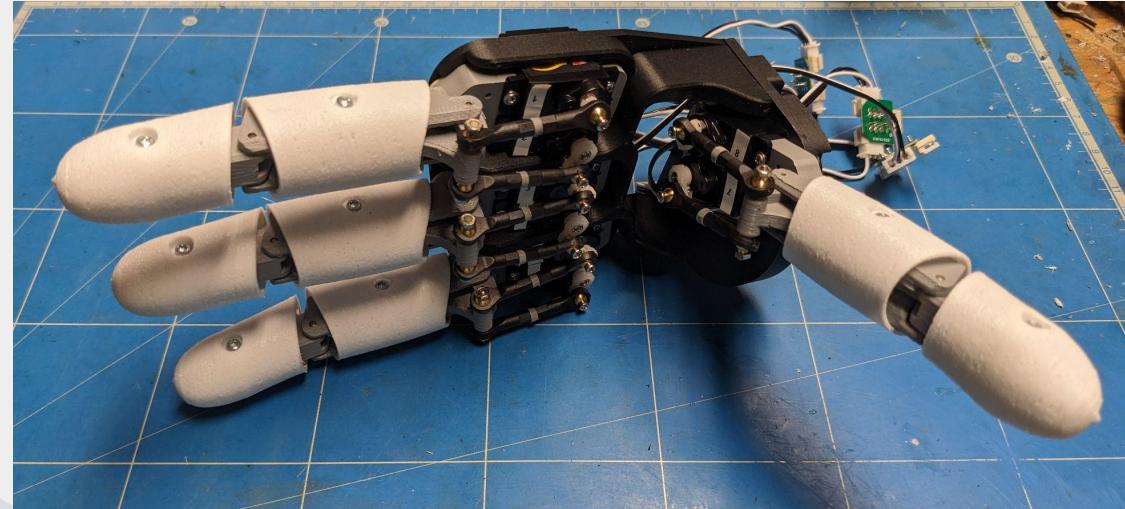
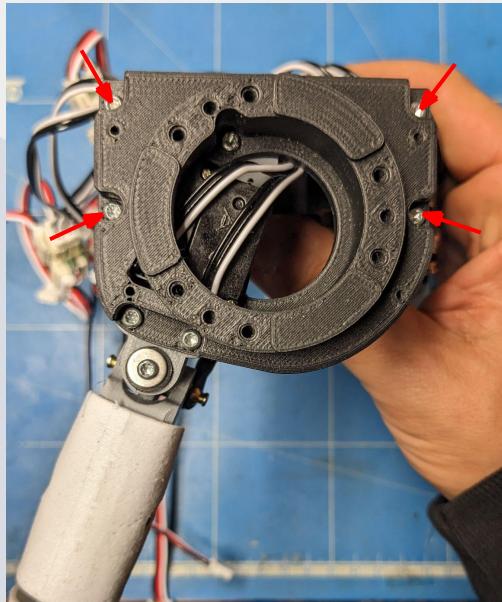


将拇指放在手腕接口部位的位置。注意不要夹住伺服线，在用三个 $2.5 \times 8$ 的热塑性螺丝固定时。让线缆沿着内部（手指侧）延伸。

## 步骤4：手柄组装



### ★ 手柄组装：



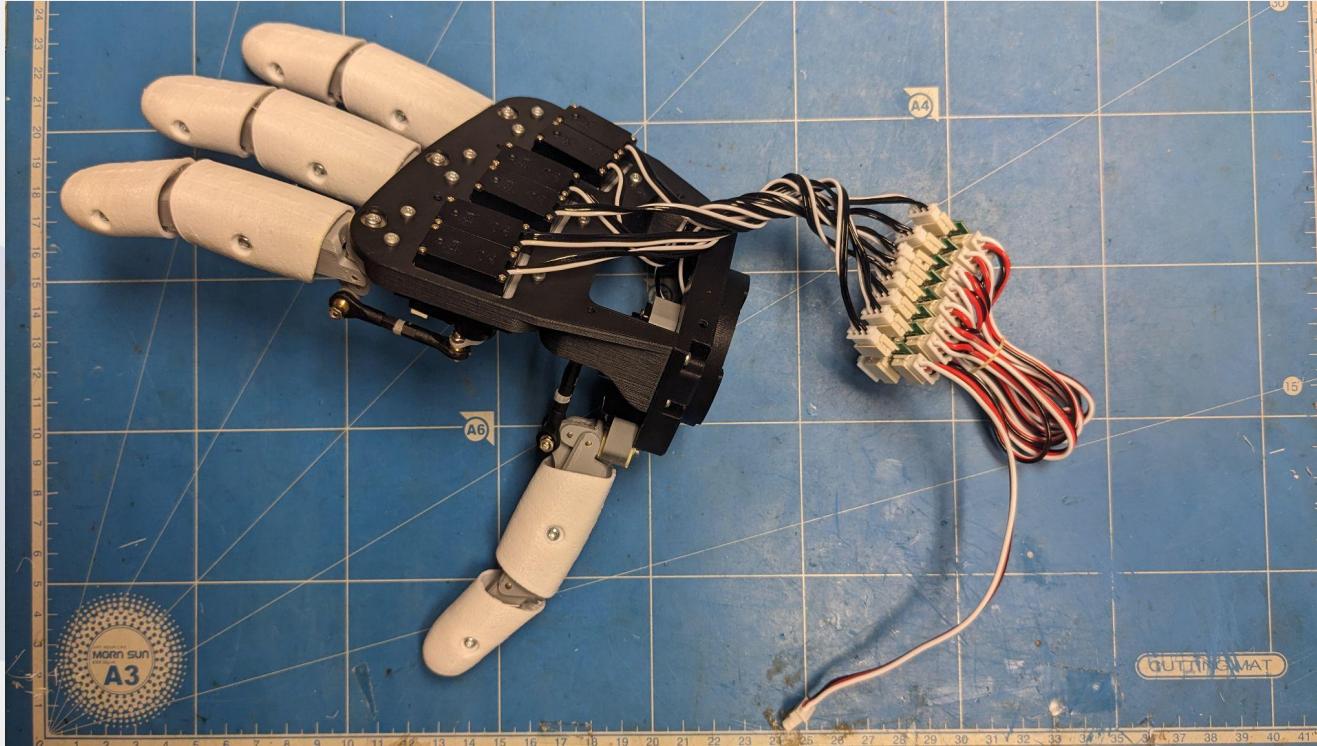
将拇指导线穿过手托板的剩余孔洞，然后通过四个 $2.5 \times 8\text{mm}$ 热塑性螺钉固定，将腕部接口与手托板组装在一起。

# 步骤4：手柄组装



## ★ 手柄装配：

将所有伺服连接到同一总线

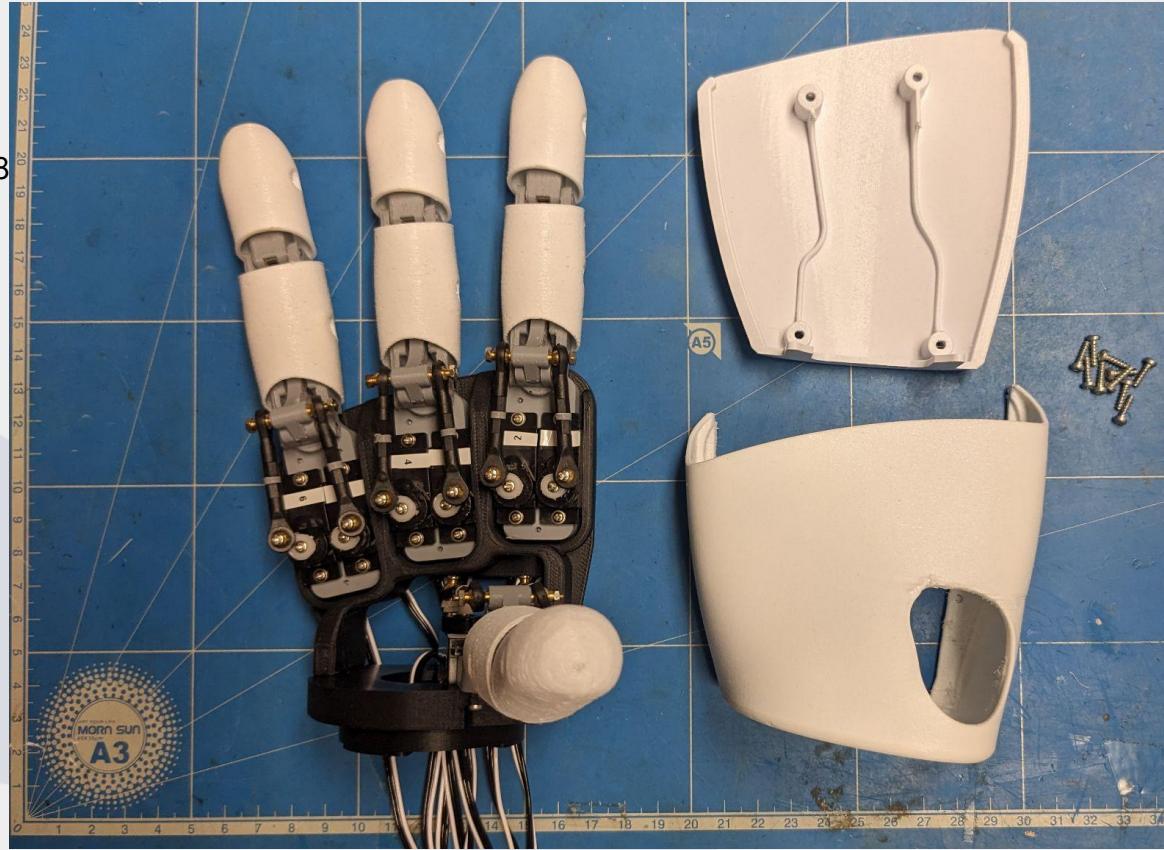


# 步骤5：壳体组装

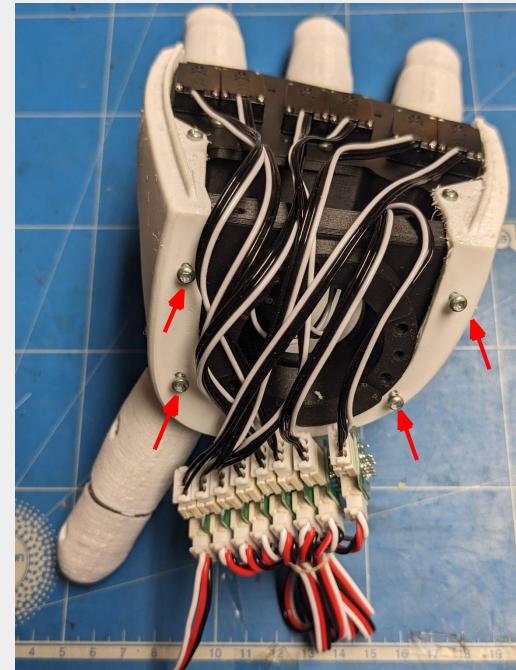
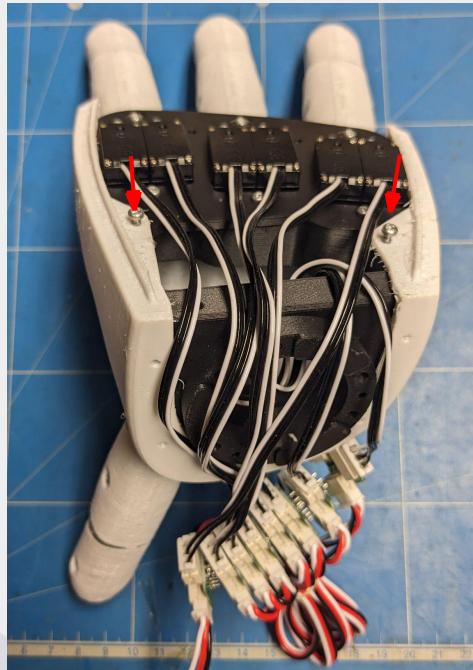


所需部件：

- 1次用手，所有手指校准
- 1个软质掌壳
- 1个顶壳
- 10倍热塑性螺钉2.5x8



## 步骤5：壳体组装



将掌壳穿过拇指孔，将掌壳耳部套在手板的顶面，用前两个热塑螺钉将掌壳与手板拧紧。

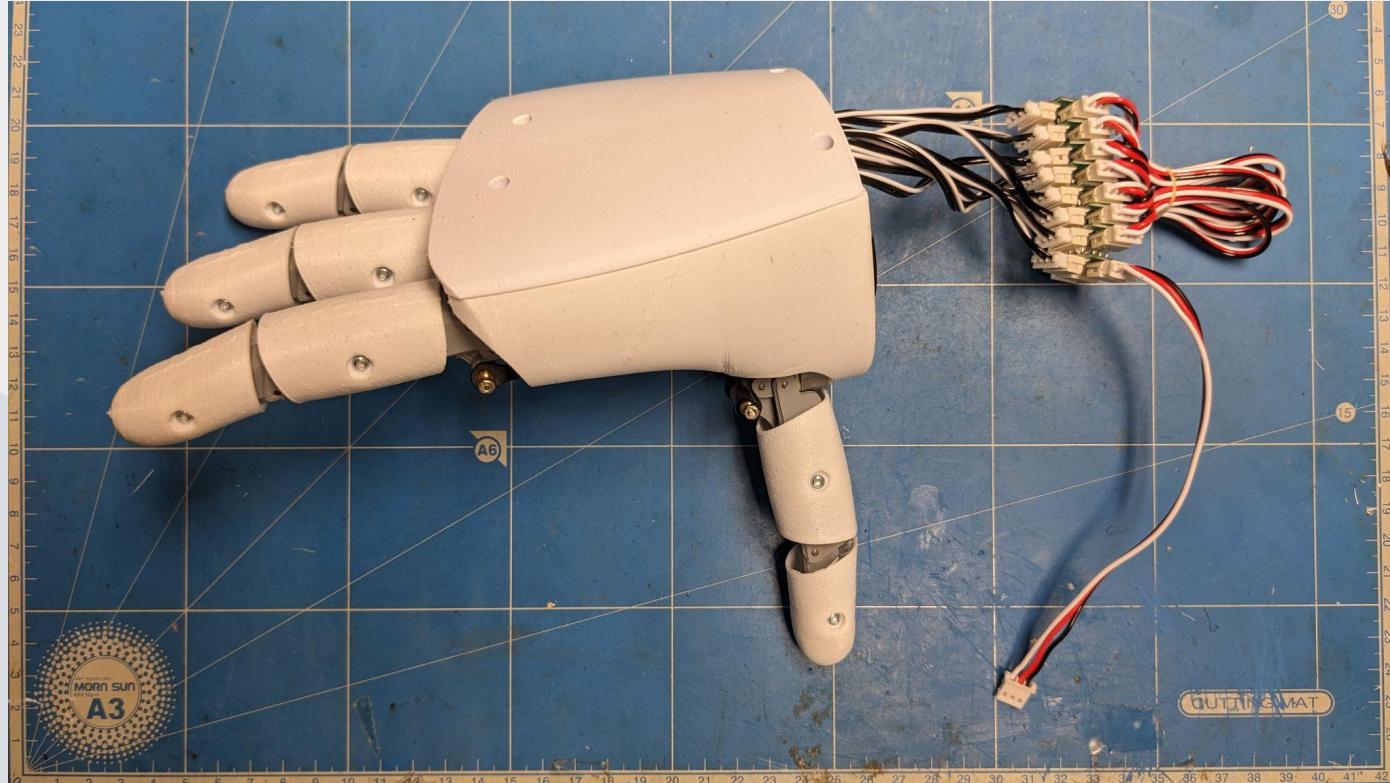
在腕部接口部件上用4个热塑性塑料件完成掌壳的螺纹加工

## 步骤5：壳体组装



将顶壳安装在手部顶部以闭合手部。注意将电缆穿过顶壳的开口处，并检查掌壳与顶壳之间的连接是否牢固。最后用4颗2.5x8规格的热塑性螺丝进行固定。

# 步骤5：享受



你做到了，恭喜你！