

# 二代机械手 ROS 程序设计说明

版本号：V2.0

## 1 运行环境

- 操作系统 ubuntu 16.04
- 相关软件工具 ROS、RoboWare
- 编程语言 C++

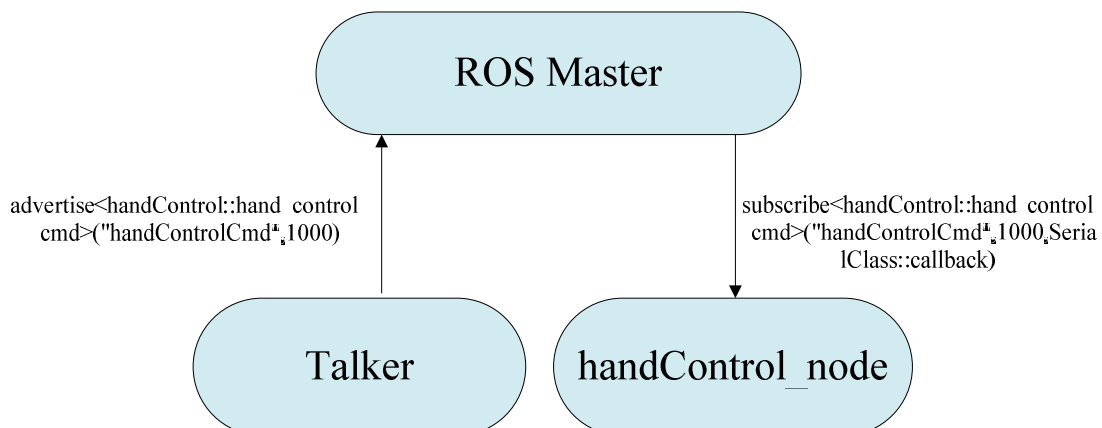
## 2 总体设计

本程序是基于 ROS 设计开发的机械手抓的驱动软件。利用了 ROS 自带的 serial 包，编写节点，结合消息的订阅与发布功能，驱动手抓进行张合动作，以及相应的读取 ID、更改 ID、读取电流、位置等一系列操作。

首先初始化 ROS 节点，向 ROS Master 注册节点信息 talker，包括发布的话题名 `handControl::hand_control_cmd` 和话题中的消息类型 `handControlCmd`，按照一定频率循环发布消息。然后实现订阅者，同样的也是初始化 ROS 节点，接着订阅需要的话题，循环等待话题消息，接收到消息后进入回调函数 `callback`，在回调函数中完成消息处理。

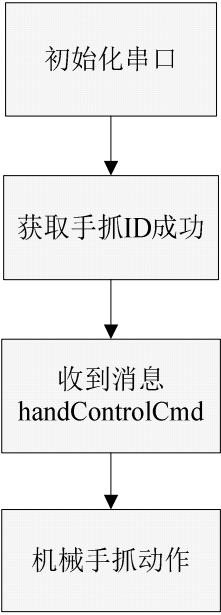
在 ROS 平台下，设计一个串口节点，该节点订阅 talker 控制节点发来的命令主题，将命令通过串口设备发送到下位控制器，控制进行相应动作；同时串口节点实时接收下位控制器通过串口发送过来的实时数据，并将该数据格式化显示。这样就实现了 ROS 与机械手抓控制器的串口通信过程。

程序整体结构框架示意图如下图所示。

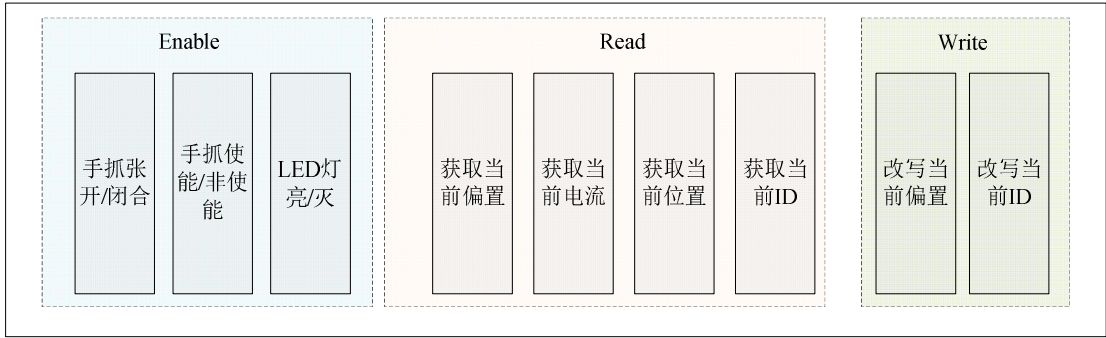


具体到机械手抓的动作分类，可以分为读指令与写指令。读指令用以读取手抓当前各类参数，如电流、位置、ID 等；写指令用以改变当前参数，如 ID、偏置等。指令的发送通过消息传递实现。

上电初始化串口，并且读取手抓 ID，读取成功表明手抓成功建立与 ROS 连接，可以进行收发数据。机械手抓控制程序基本工作逻辑流程图示。



程序设计时将指令的分类，按数据长度再次细分为 Enable 模式、Read 模式、Write 模式。对应具体功能如下图示：



### 3 程序模块介绍

#### 3.1 文件功能描述

handControl/src 下的 cpp 文件有：main.cpp、Protocol.cpp、SerialClass.cpp、talker.cpp。分别是运行 handControl\_node 节点文件、协议文件、串口数据解析

文件、命令发布节点文件；handControl/include 内头文件用以定义数据地址以及自定义类。

main.cpp 文件发布节点“handControl\_node”，订阅消息“handControlCmd”；talker.cpp 发布节点“talker”，该节点发布消息“handControlCmd”。

### 3.2 主要函数接口介绍

程序核心功能函数是上位机发送至从机的功能函数 Dynamixel\_Send 以及接收从机发送数据的函数 Dynamixel\_Receive。自定义类 SerialClass 用以封装对串口的部分操作，以及调用 Dynamixel\_Send 和 Dynamixel\_Receive 对收发数据的处理。

- 函数名称：unsigned int Dynamixel\_Receive(unsigned char \*Data,unsigned char Data\_Length, unsigned char \*Return\_Data);

作用：接收下位控制器传送的数据

参数：

Data: 输入需要识别的数据数组

Data\_Length: 数组大小

Return\_Data: 第一位数据是 ID，其余为接收到的数据

返回值：Return\_State，表示接收的数据是否正确。

是--Dynamixel\_State\_Success

否--Dynamixel\_State\_Error

- 函数名称：unsigned charDynamixel\_Send(unsigned char Instruction, unsigned short Address, unsigned int Value, unsigned char Value\_Length, unsigned char buf[])

作用：根据输入参数，返回标准的协议数组，用于发送给从机

参数：

Instruction: 指令说明

- Dynamixel\_Instruction\_Read 表示读数据
- Dynamixel\_Instruction\_Write 表示写数据
- Dynamixel\_Instruction\_Return 表示这条报文是从机返回的

Address: 地址, Dynamixel\_Address\_ID 表示 ID 的地址, Address 是为了告诉从机，需要操作的是什么数据

Value: 发送数值

Value\_Length: 数值长度, 把数值 Value 转成 Value\_Length 位的 char 数据。

buf[]: 存放即将发送至从机的数据

- 函数名称: unsigned char SerialClass::sendCmd(const handControl::hand\_control\_cmd::ConstPtr msg)

作用: 类 SerialClass 的成员函数, 输入自定义消息, 根据消息类别做出相应处理, 发送对应的指令至从机。

参数:

ConstPtr msg : 自定义消息

- “Open”——手抓张开
- “Close”——手抓闭合
- “Enable”——使能
- “Disable”——非使能
- “GHO”——读取偏置
- “SHO”——改写偏置
- “GPP”——读当前位置
- “GPC”——读当前电流
- “GID”——获取当前 ID
- “SID”——改写 ID
- “LED”——控制 LED 灯

返回值: Return\_State, 表示接收的数据是否正确。

- 函数名称: void SerialClass::callback(const handControl::hand\_control\_cmd::ConstPtr msg)

作用: 类 SerialClass 的静态成员函数, 回调函数, 接收到消息时候调用, 做出相应处理。

参数:

ConstPtr msg : 自定义消息字符串

释义同上。

返回值：无。

➤ 函数名称：void SerialClass::run()

作用：类 SerialClass 的成员函数，封装了接收数据函数以及机械手抓反馈信息解析和显示。

返回值：无。

## 4 程序运行说明

### 4.1 程序运行指令

启动 roscore，先运行 handControl\_node 节点，成功后将得到从机反馈，显示当前手抓 ID。再重新开启终端运行 talker 节点，节点有两个参数，分别对应 handControlCmd 消息的两个成员：msgtype、value。输入控制指令，驱动手抓进行相应操作。

手抓关闭与张开、使能、非使能、以及读取手抓当前数据的情况下，消息成员 value 可默认赋值为 0 或 1，无影响。手抓写入数据，成员 value 代表即将写入的数据，须格外注意。其次，SID（更改 ID）、SHO（改变偏置）情况下，必须首先置为 Disable 的状态，否则出错。输入指令与对应功能参见下表。

指令	功能
roslaunch handControl talker Open 1	手抓张开
roslaunch handControl talker Close 1	手抓闭合
roslaunch handControl talker Enable 1	使能
roslaunch handControl talker Disable 1	非使能
roslaunch handControl talker GID 1	读 ID
roslaunch handControl talker GPC 1	读当前电流
roslaunch handControl talker GPP 1	读当前位置
roslaunch handControl talker GH0 1	读当前偏置
roslaunch handControl talker SID XX	写 ID
roslaunch handControl talker SHO XX	写偏置
roslaunch handControl talker LED 1	灯亮

roslaunch handControl talker LED 0	灯灭
------------------------------------	----

## 4.2 运行示例

先运行 handControl\_node 节点，成功后将得到从机反馈，显示当前手抓 ID。

如下图所示。当前 ID 为 3。

```
elaine@dell: ~/handControl_ws
elaine@dell:~/handControl_ws$ roslaunch handControl handControl_node
INFO] [1549870401.905936213]: /dev/ttyUSB0
INFO] [1549870401.906421128]: Serial Port was opened
INFO] [1549870401.911533719]: send datalen is 10
INFO] [1549870401.931737657]: rece data,the data len is 13;recvlan is 13,id is
INFO] [1549870401.931788731]: 0xff
INFO] [1549870401.931815467]: 0xff
INFO] [1549870401.931853149]: 0xfc
INFO] [1549870401.931893691]: 0x00
INFO] [1549870401.931917323]: 0x03
INFO] [1549870401.931936114]: 0x06
INFO] [1549870401.931954237]: 0x00
INFO] [1549870401.931981472]: 0x55
INFO] [1549870401.932002245]: 0x06
INFO] [1549870401.932029386]: 0x00
INFO] [1549870401.932053190]: 0x03
INFO] [1549870401.932073036]: 0xf4
INFO] [1549870401.932092149]: 0xdf
INFO] [1549870401.932124106]:
INFO] [1549870401.932163567]: the num_blk is 0
INFO] [1549870401.932198553]: the present id is 3
```

读当前位置，从机反馈数据如下图，显示当前位置为 682。

```
INFO] [1550022859.909291434]: 0x01
INFO] [1550022859.909315111]: 0x01
INFO] [1550022859.909345910]: 0x01
INFO] [1550022859.909370340]: 0x00
INFO] [1550022859.909394091]: 0x90
INFO] [1550022859.909418429]: 0x01
INFO] [1550022859.909442530]: 0x14
INFO] [1550022859.909465835]: 0x00
INFO] [1550022859.909489741]: 0xaa
INFO] [1550022859.909512561]: 0x02
INFO] [1550022859.909535416]: 0x90
INFO] [1550022859.909559486]: 0x01
INFO] [1550022859.909583398]: 0x0b
INFO] [1550022859.909606925]: 0x00
INFO] [1550022859.909630908]: 0x00
INFO] [1550022859.909654681]: 0x00
INFO] [1550022859.909677468]: 0x00
INFO] [1550022859.909701498]: 0x00
INFO] [1550022859.909725892]: 0xaa
INFO] [1550022859.909749892]: 0x02
INFO] [1550022859.909772613]: 0x7d
INFO] [1550022859.909798501]: 0x00
INFO] [1550022859.909822774]: 0x1c
INFO] [1550022859.909846337]: 0x00
INFO] [1550022859.909869375]: 0x20
INFO] [1550022859.909903928]: 0x6b
INFO] [1550022859.909938319]:
INFO] [1550022859.909982770]: the num_blk is 0
INFO] [1550022859.910017930]: the Return_State is 0
INFO] [1550022859.910050845]: the present position is 682
```



读当前电流，从机反馈下图，当前电流 130。

```
INFO] [1550023088.281384341]: 0X00
INFO] [1550023088.281392914]: 0X01
INFO] [1550023088.281399762]: 0X01
INFO] [1550023088.281408769]: 0X01
INFO] [1550023088.281417328]: 0X00
INFO] [1550023088.281430752]: 0X90
INFO] [1550023088.281443453]: 0X01
INFO] [1550023088.281456839]: 0X14
INFO] [1550023088.281469376]: 0X00
INFO] [1550023088.281481846]: 0Xaa
INFO] [1550023088.281494134]: 0X02
INFO] [1550023088.281506573]: 0X90
INFO] [1550023088.281519500]: 0X01
INFO] [1550023088.281531613]: 0X0b
INFO] [1550023088.281543552]: 0X00
INFO] [1550023088.281555452]: 0X00
INFO] [1550023088.281567562]: 0X00
INFO] [1550023088.281579460]: 0X00
INFO] [1550023088.281591717]: 0X00
INFO] [1550023088.281601999]: 0Xaa
INFO] [1550023088.281614032]: 0X02
INFO] [1550023088.281627864]: 0X82
INFO] [1550023088.281639808]: 0X00
INFO] [1550023088.281651690]: 0X1d
INFO] [1550023088.281663613]: 0X00
INFO] [1550023088.281675611]: 0X0b
INFO] [1550023088.281687946]: 0Xe1
INFO] [1550023088.281701571]:

INFO] [1550023088.281721206]: the num_blk is 0
INFO] [1550023088.281734776]: the Return_State is 0
INFO] [1550023088.281748700]: the present current is 130
```

读当前偏置，从机反馈如图所示。当前偏置数据为 550。

```
INFO] [1550023301.301361748]: 0X00
INFO] [1550023301.301375343]: 0X01
INFO] [1550023301.301388893]: 0X01
INFO] [1550023301.301402615]: 0X01
INFO] [1550023301.301416062]: 0X00
INFO] [1550023301.301429696]: 0X90
INFO] [1550023301.301443771]: 0X01
INFO] [1550023301.301457683]: 0X14
INFO] [1550023301.301471418]: 0X00
INFO] [1550023301.301485193]: 0Xaa
INFO] [1550023301.301499226]: 0X02
INFO] [1550023301.301512771]: 0X90
INFO] [1550023301.301526341]: 0X01
INFO] [1550023301.301540799]: 0X0b
INFO] [1550023301.301554533]: 0X00
INFO] [1550023301.301568335]: 0X00
INFO] [1550023301.301582795]: 0X00
INFO] [1550023301.301596572]: 0X00
INFO] [1550023301.301610349]: 0X00
INFO] [1550023301.301623969]: 0Xaa
INFO] [1550023301.301637636]: 0X02
INFO] [1550023301.301651107]: 0X76
INFO] [1550023301.301664743]: 0X00
INFO] [1550023301.301679040]: 0X1d
INFO] [1550023301.301692930]: 0X00
INFO] [1550023301.301706734]: 0X20
INFO] [1550023301.301721963]: 0Xf1
INFO] [1550023301.301738088]:

INFO] [1550023301.301762284]: the num_blk is 0
INFO] [1550023301.301776093]: the Return_State is 0
INFO] [1550023301.301789118]: the present homingOffset is 550
```



改写当前手抓 ID，首先需要将其置为非使能状态。如下图所示。

```
INFO] [1550023425.314390129]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023426.314418166]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023427.314401804]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023428.314344488]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023429.314552469]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023430.314547355]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023431.314436145]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023432.314551632]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023433.314548415]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
INFO] [1550023434.314550556]: Talker: msgtype = Disable,value = 0
```

然后在非使能状态下，改写 ID。talker 节点输入 `roslaunch handControl talker SID 4`，将其 ID 改为 4（当前 ID 是 3）如下图。

```
[ INFO] [1550023631.321086924]: send datalen is 16
[ INFO] [1550023632.320619154]: receive topic
[ INFO] [1550023632.320659962]: the cmd is SID,the arg is 4
[ INFO] [1550023632.320675437]: the send data is
[ INFO] [1550023632.320688443]: 0Xff
[ INFO] [1550023632.320698792]: 0Xff
[ INFO] [1550023632.320708701]: 0Xfc
[ INFO] [1550023632.320719817]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320732091]: 0X03
[ INFO] [1550023632.320743280]: 0X07
[ INFO] [1550023632.320760247]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320770557]: 0X03
[ INFO] [1550023632.320784145]: 0X06
[ INFO] [1550023632.320800932]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320818957]: 0X04
[ INFO] [1550023632.320834600]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320849354]: 0X41
[ INFO] [1550023632.320873694]: 0X7d
[ INFO] [1550023632.320929971]:
[ INFO] [1550023632.321009794]: send datalen is 16
```

改写 ID 需要断电重启手抓，重新上电，然后再次读取 ID，发现当前手抓 ID 已经置为 4。如下图所示。

```

[ INFO] [1550023631.321086924]: send datalen is 16
[ INFO] [1550023632.320619154]: receive topic
[ INFO] [1550023632.320659962]: the cmd is SID,the arg is 4
[ INFO] [1550023632.320675437]: the send data is
[ INFO] [1550023632.320688443]: 0Xff
[ INFO] [1550023632.320698792]: 0Xff
[ INFO] [1550023632.320708701]: 0Xfc
[ INFO] [1550023632.320719817]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320732091]: 0X03
[ INFO] [1550023632.320743280]: 0X07
[ INFO] [1550023632.320760247]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320770557]: 0X03
[ INFO] [1550023632.320784145]: 0X06
[ INFO] [1550023632.320800932]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320818957]: 0X04
[ INFO] [1550023632.320834600]: 0X00
[ INFO] [1550023632.320849354]: 0X41
[ INFO] [1550023632.320873694]: 0X7d
[ INFO] [1550023632.320929971]:
[ INFO] [1550023632.321009794]: send datalen is 16

```

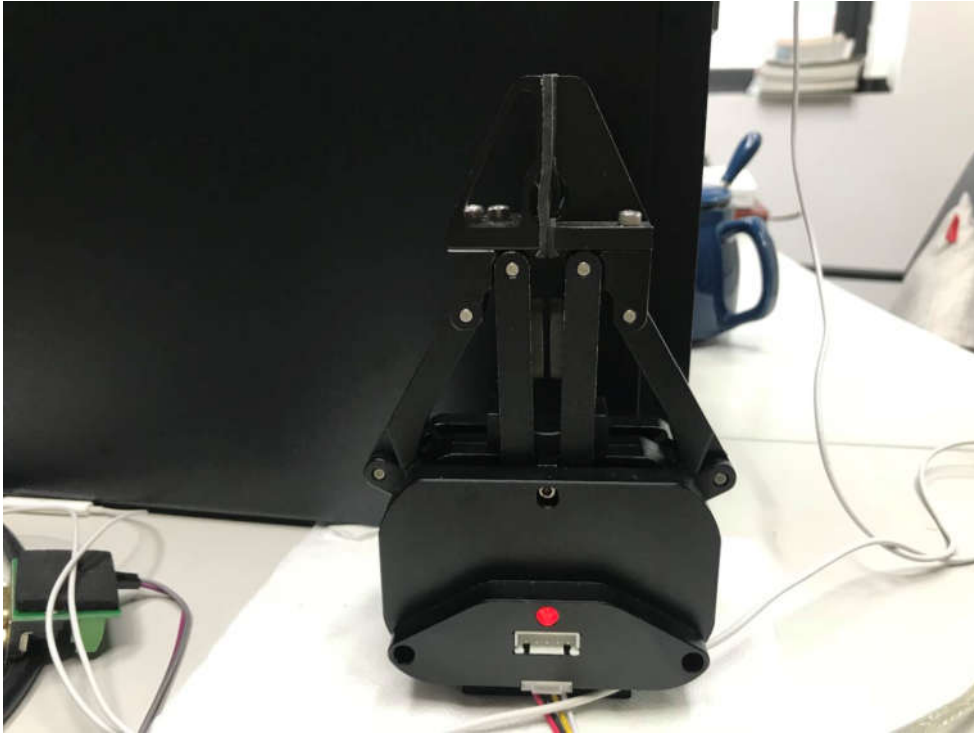
更改机械手原点偏置操作，talker 节点输入 `roslaunch handControl talker SHO 480`，表示将偏置改为 480（当前数据是 550）。注意：改写偏置同改写 ID 一样需要非使能状态，但无须断电重启。如下图所示，显示已经将偏置改写为 480。

```

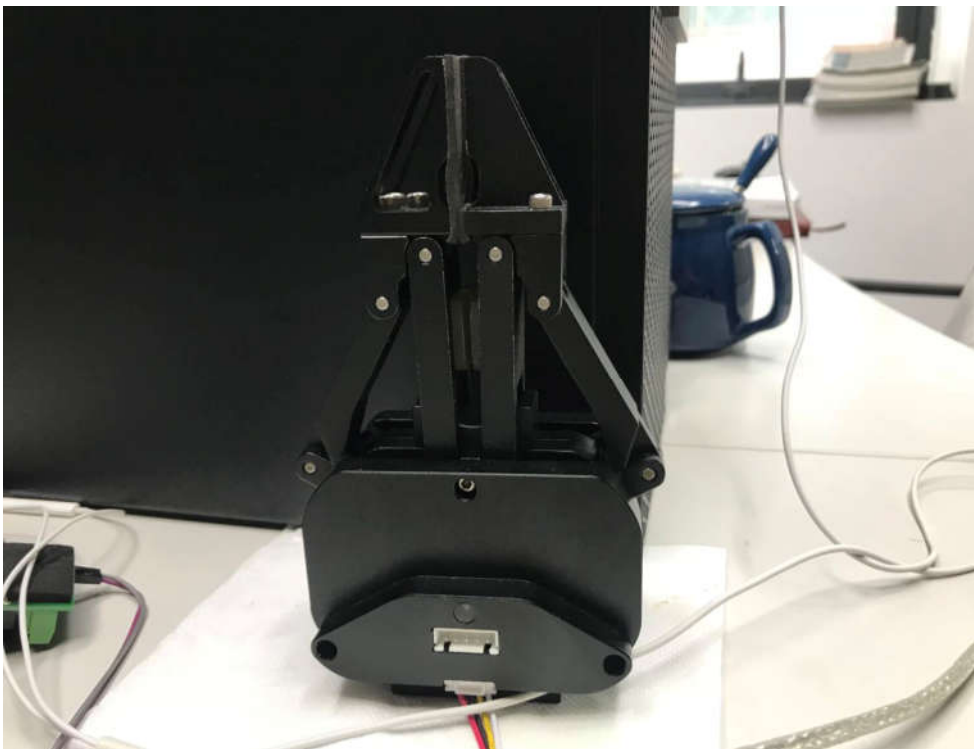
INFO] [1550024214.735167334]: 0X00
INFO] [1550024214.735192113]: 0X01
INFO] [1550024214.735234971]: 0X00
INFO] [1550024214.735258893]: 0X01
INFO] [1550024214.735287155]: 0X00
INFO] [1550024214.735311857]: 0X90
INFO] [1550024214.735338924]: 0X01
INFO] [1550024214.735357702]: 0X14
INFO] [1550024214.735372332]: 0X00
INFO] [1550024214.735386910]: 0Xaa
INFO] [1550024214.735407210]: 0X02
INFO] [1550024214.735435380]: 0X90
INFO] [1550024214.735464300]: 0X01
INFO] [1550024214.735493274]: 0X0b
INFO] [1550024214.735521265]: 0X00
INFO] [1550024214.735549847]: 0X00
INFO] [1550024214.735578350]: 0X00
INFO] [1550024214.735607939]: 0X00
INFO] [1550024214.735636485]: 0X00
INFO] [1550024214.735665020]: 0xf0
INFO] [1550024214.735692953]: 0X02
INFO] [1550024214.735721571]: 0X00
INFO] [1550024214.735749955]: 0X00
INFO] [1550024214.735779859]: 0X00
INFO] [1550024214.735808301]: 0X00
INFO] [1550024214.735839324]: 0Xae
INFO] [1550024214.735866363]: 0X0f
INFO] [1550024214.735898638]:
INFO] [1550024214.735943838]: the num_blk is 0
INFO] [1550024214.735976825]: the Return_State is 0
INFO] [1550024214.736009651]: the present homingOffset is 480

```

talker 节点输入 `roslaunch handControl talker LED 1` 表示 LED 指示灯亮。



talker 节点输入 `roslaunch handControl talker LED 0` 表示 LED 指示灯灭。



talker 节点输入 `roslaunch handControl talker Open 1` 表示命令手抓张开（第二个参数默认置为 1，无影响）。



talker 节点输入 `roslaunch handControl talker Close 1` 表示命令手抓闭合（第二个参数默认置为 1，无影响）。

