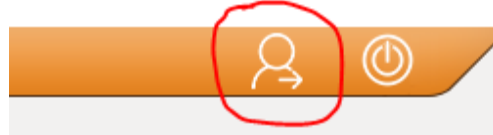


AUBO示教器指令详解

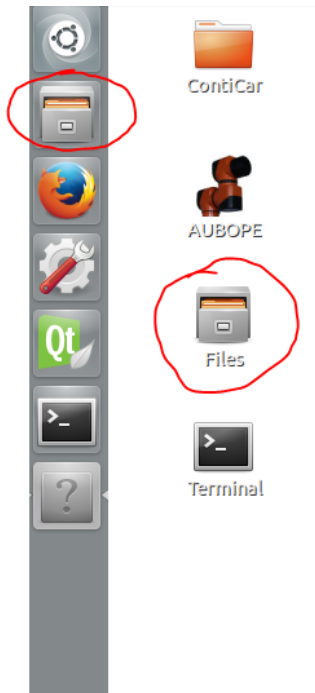
注：如何将工程文件拷贝到机器人

- (一) 将存有工程文件（工程、过程、脚本、离线轨迹等）的U盘插入控制柜的USB接口。
- (二) 点击示教器界面右上角注销按钮，关闭AUBO编程环境，进入Linux桌面。



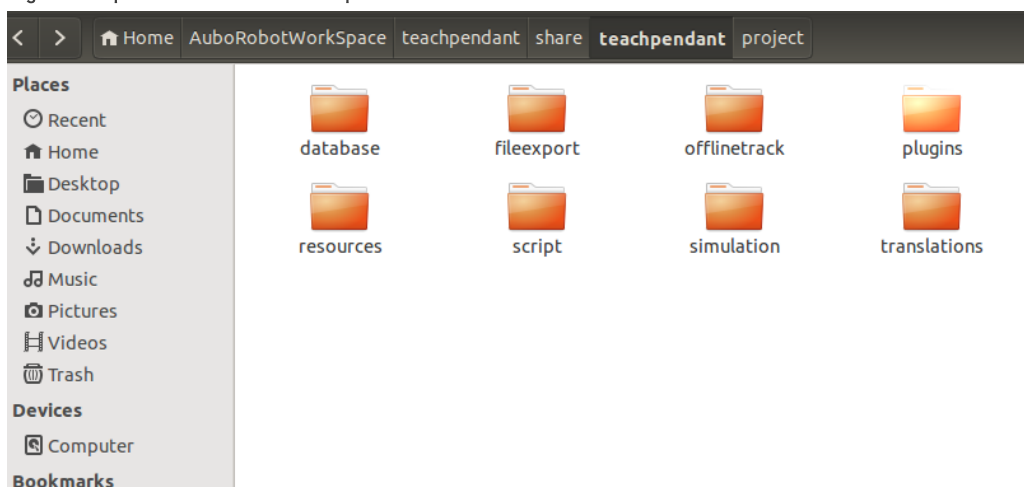
注销按钮

- (三) 点击桌面文件图标，首先进入U盘目录，复制工程文件。



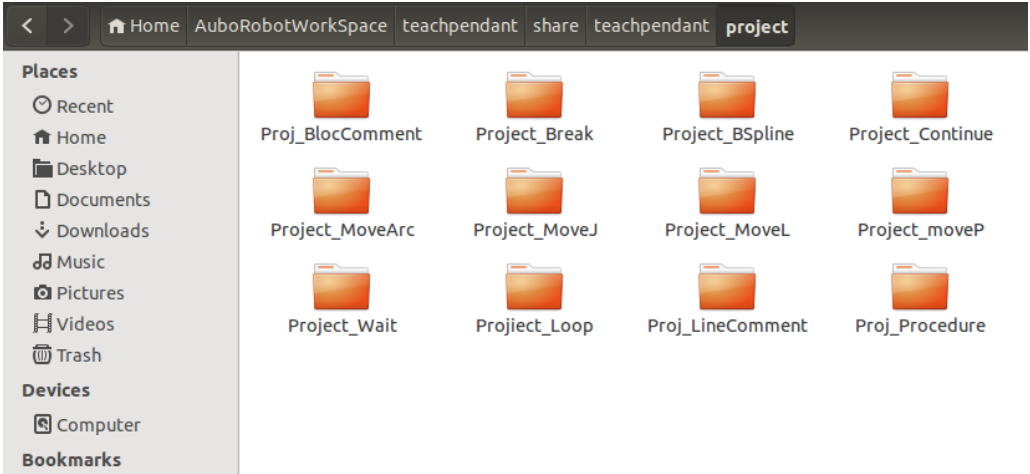
文件

- (四) 进入AUBO工程文件目录(Home/AuboRobotWorkSpace/teachpendant/share/teachpendant)，目录下可见project、procedure、script等子目录。

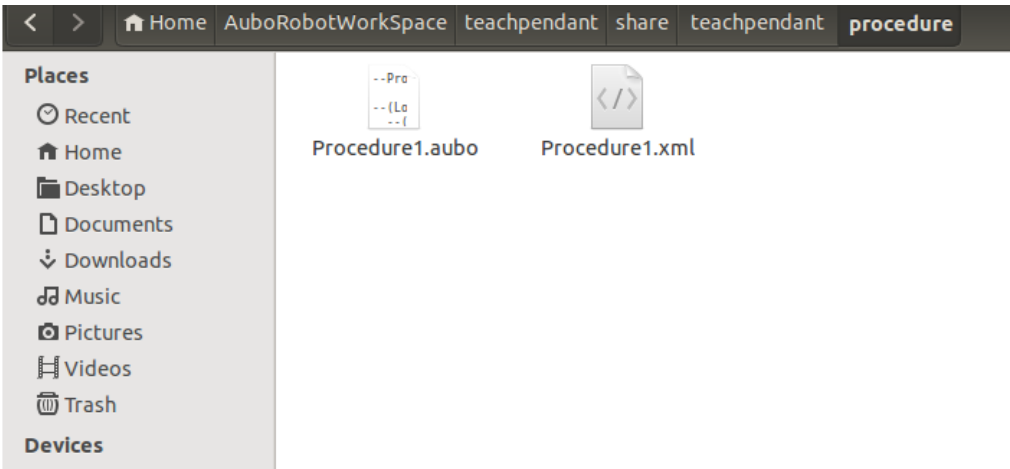


AUBO工程文件目录

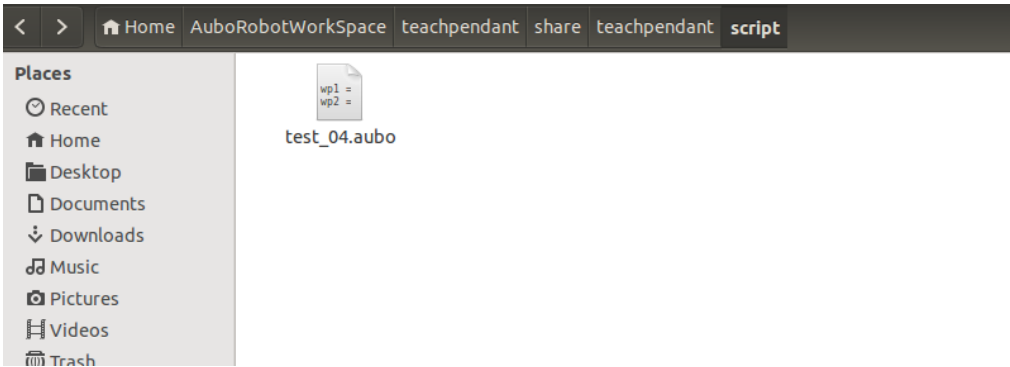
(五) 将工程文件粘贴进对应子目录即完成拷贝，对应子目录如下图所示。



工程目录



过程目录



脚本目录

一、移动命令（move）

- Move（移动）命令用于机器人末端工具中心点在路点间的移动操作。通过基本路点（waypoint）控制机器人的运行，路点（waypoint）必须置于运动命令下。
- > 在程序列表里新增一个Move节点，下面含有一个Waypoint节点。
 - > 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
 - > 选中Move节点，可以对Move命令进行状态配置。
 - > 机械臂运动属性有三种选择：轴动运动、直线运动和轨迹运动。将在之后小结进行详细介绍。
 - > 点击翻转可以倒序复制Move节点下的所有Waypoint路点。
 - > 点击移除可删除此Move命令。
 - > 必须点击确认，确认配置完成，并保存。
 - > 直线运动以及轨迹运动中的arc和Movep运动模式属于笛卡尔空间轨迹规划，需要做逆运动学求解。因而可能存在无解、多解、逼近解的情况；而且由于关节空间和笛卡尔空间的非线性关系，可能会出现轴动运动超出其最大速度和加速度限制的情况。

1 移动类型

轴动运动

Move条件

昵称

Move

☒ 轴动

☐ 直线

☐ 轨迹

☐ 相对偏移

位置(m)

姿态(deg)

坐标系

Base

X

0

Y

0

Z

0

参数

速度(%)

50,50,50,50,50,50

加速度(%)

50,50,50,50,50,50

关节1速度

50 %

共享速度

(1~148.75)°/s

关节1加速度

50 %

共享加速度

(1~991.72)°/s^2

☐ 提前到位

None

翻转

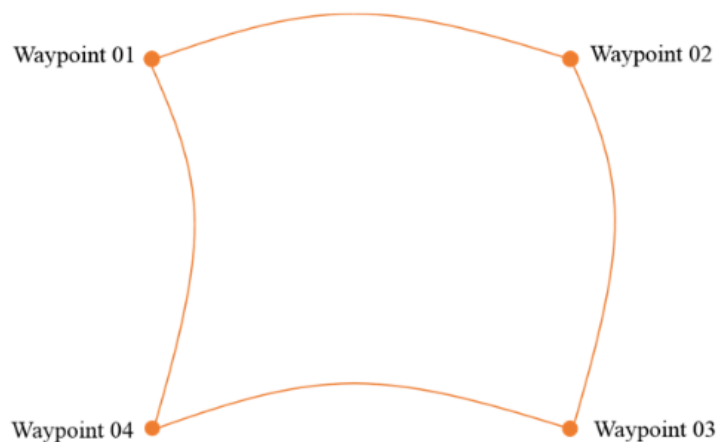
移除

确认

轴动运动

根据路点间的各个关节的运行角度，根据设定的电机的最大速度和最大加速度（六个机械臂的公共参数）限制，各个关节以最快的速度同步到达目标的路点（始末速度均为

零)。运行过程中，可通过轨迹显示功能观察机械臂末端运行轨迹。如果希望机器人手臂在路点之间快速移动，而不用考虑TCP在这些路点之间的移动路径，此移动类型是个不错的选择。轴动运动适用于在空间足够的环境下，用最快的方式移动。运动方式如下图所示。



关节移动轨迹

关节最大速度和加速度：

- 最大电机运动速度为3000rpm，建议用户实际使用时最大不超过2800rpm，最大电机运动加速度（即每秒增加的电机速度）为20000rpm/s。
- 机器人关节速度为电机速度/转速比。AUBO-i3的Joint 1 ~ 6的转速比为101。
- 关节运行中可分别设置关节1-关节6的关节最大角速度和最大角加速度百分比，点击共享按钮可将速度或加速度复制到其他关节处。

示例：

```
1 Project_MoveJ
2   Loop
3     Move      (轴动)
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6       Waypoint3
7       Waypoint4
```

直线运动

Move条件

昵称

☐ 轴动
 ☒ 直线
 ☐ 轨迹

☐ 相对偏移

 坐标系

X

 Y

 Z

参数

末端线性速度 (1~2000)mm/s

 末端线性加速度 (1~2000)mm/s^2

☐ 提前到位

直线运动

将使工具中心点在路点之间进行线性移动。这意味着每个关节都会执行更为复杂的移动，以使工具保持在直线路径上。适用于此移动类型的共用参数包括所需工具最大速度和工具最大加速度（分别以mm/s和mm/s²表示）和运动模式。与轴动运动类似，工具速度能否达到和保持最大速度取决于直线位移和最大加速度参数。运动方式如下图所示。



直线运动轨迹

示例：

```

1 Project_MoveL
2   Loop
3     Move      (直线运动)
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6       Waypoint3
7       Waypoint4
  
```

轨迹运动

多个路点的轨迹运动，运行过程中相应的关节空间或笛卡尔空间运行速度、加速度连续，始末路点速度为零。目前支持Arc（圆弧）、Cir（圆周）、moveP（直线轨迹的圆弧平滑过渡）、B_Spline（B样条曲线）四种模式。编写轨迹运动时，Arc与Cir运动Move条件下有且只能有三个路点，MoveP与B_Spline运动Move条件下需要至少三个路点（理论上没有上限），且需要在该命令前插入一个轴动Move命令，此Move命令下的节点需与轨迹运动的第一个路点一致。

注意：如需使用带有姿态的圆弧运动（arcwithorirot）及带有姿态的圆周运动（cirwithorirot），机械臂6关节需支持 $\pm 360^\circ$ 旋转，具体信息请联系您的供货商。

圆弧运动

Move条件

昵称

Move

轴动

直线

轨迹

相对偏移

位置(m)

旋转(deg)

坐标系

Base

X

0

Y

0

Z

0

参数

末端线性速度

50 %

(1~2000)mm/s

末端线性加速度

50 %

(1~2000)mm/s^2

提前到位

None

轨迹类型

Arc

翻转

移除

确认

圆弧运动

三点法确定圆弧，并按照顺序进行从起始路点运动至结束路点，属于笛卡尔空间轨迹规划。姿态变化仅受始末点影响。最大速度和加速度意义同直线运动。轨迹类型选择Arc时，为圆弧运动。

示例：

```
1 Project_MoveArc
2   Loop
3     Move      (轴动)
4     Waypoint1
5     Move      (轨迹运动：圆弧)
6     Waypoint1
7     Waypoint2
8     Waypoint3
```

圆周运动

与圆弧运动相似，三点法确定整圆轨迹及运动方向，完成整个圆周运动后回到起点。运动过程中保持起始点姿态不变。最大速度和加速度意义同直线运动。参数类型选择Cir时，为圆周运动，右侧文本输入框可输入圆周循环的次数。

moveP

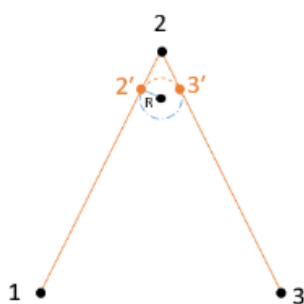
直线轨迹的圆弧平滑过渡（moveP）：相邻两段直线用设置的交融半径处用圆弧平滑过渡，运行过程中的姿态变化仅受始末点影响。最大速度和加速度意义同直线运动。

moveP为多个直线轨迹间的圆弧平滑过渡，交融半径的运行特点为连续运动且不会在该路点停止。交融半径值越小，路径的转角越大，反之，交融半径值越大，路径的转角越小。

示例：

```
1 Project_MoveP
2   Loop
3     Move      (轴动)
4     Waypoint1
5     Move      (轨迹运动: moveP)
6     Waypoint1
7     Waypoint2
8     Waypoint3
```

插入两个move并设置如下所示（1），（1，2，3）三个路点，第一个move为关节运动，第二个move为moveP运动，运行程序后moveP如下图所示轨迹运行（1-2'-3'-3）。



交融半径运动轨迹

B样条

B样条曲线（B_Spline）：根据给定的路径点拟合出一条路径曲线。生成拟合曲线所使用的路点越多，拟合出的曲线离预期越接近。B样条曲线为一条平滑经过所有给定路点的曲线，需注意曲线的始末点不能闭合。

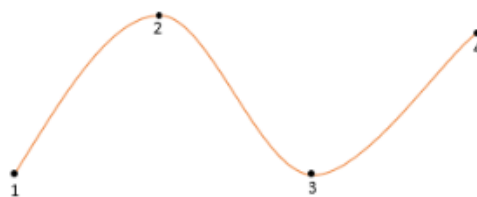
示例：

```

1 Project_BSpline
2   Loop
3     Move      (轨迹运动: B_Spline)
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6       Waypoint3
7       Waypoint4
8     Move      (轴动)
9       Waypoint1

```

插入一个move并设置如下所示（1，2，3，4）四个路点，运行程序后B样条曲线如下图所示轨迹运行。



B样条曲线

2 路点命令 (Waypoint)

Waypoint（路点）是AUBO i系列机器人程序重要的组成部分，它表示机器人末端将要到达的位置点，通常机器人末端的运动轨迹由两个或多个路点来构成。



Waypoint命令

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。昵称更改后，可以自定义路点的全局功能。新

建相同昵称的路点，以最初命名的路点数据为准，修改昵称及相关参数后的路点，以修改后的路点昵称和参数为准。

- Waypoint只能添加于Move命令后。
- 点击添加到之前可在该路点前添加一个新路点。
- 点击添加到之后可在该路点后添加一个新路点。
- 点击移动到这里可让机器人运动到当前路点，针对真实机器人有效。
- 可以选择关节运动到这里或者直线运行到这里。
- 点击移除删除此路点。
- 点击设置路点可设置从路点的位置姿态。点击设置路点后，面板自动切换为机械臂示教，用户可以移动机器人末端到新路点的位置，然后点击右下角的确认按键。
- 点击确认保存此路点状态配置，此时会有弹窗跳出显示条件已被保存。

可变路点（变量点）

在waypoint条件界面处选择变量点，确认后，此路点为变量设置中设置的路点，当变量中的路点更改后，工程文件中所有的路点均会更改，此功能可以批量更改相同的路点的参数，节省编程时间。变量点对应变量配置中的类型为pose变量。

相对路点（相对偏移）

用户通过相对于选定坐标系的位置或姿态偏移量对机器人手臂或者末端工具坐标进行运动控制。



相对偏移

坐标系

可基于Base坐标系以及用户自定义平面坐标系(plane)来选择坐标系。

二、基础条件命令

1 循环命令（Loop）

Loop命令可以可用于连续多次重复的程序代码。需要重复的程序代码放在循环命令中。loop命令可以配置为无限重复，特定次数，或表达式为真（例如变量或输入信号）。

- Loop是循环命令，Loop节点包含的程序会循环运行，直到终止条件成立。
- 点击昵称右侧空白口会弹出输入框，可修改命令名称。
- 选择无限循环可实现程序无限循环。

- 选择循环__次设置循环次数，到达次数后退出循环。
- 选择loop条件设置循环条件表达式，表达式成立时进入循环，表达式不成立时退出循环。点击清除清空表达式。
- 点击确定确认此命令状态配置，并保存。



Loop条件

示例：

```
1 Project_Loop
2   Loop   (循环命令)
3     Move (移动命令作为循环体)
4       Waypoint1
5       Waypoint2
```

2 跳出循环命令 (Break)

Break命令是跳出循环命令，当Break条件成立时，跳出循环。

- 点击昵称右侧空白口会弹出输入框，可修改命令名称。
- 用户要注意Break命令使用时的语法，Break只能用于Loop循环中，且Break前必须有一条If命令，当If中的判断条件成立时，运行Break命令，跳出循环。否则弹出错误提示。
- 点击移除删除此Break命令。



Break条件

示例：

```
1 Project_Break
2   Loop   (循环命令)
3     Move
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6     if    (条件判断)
7       Break (跳出循环命令)
8     Move
9       Waypoint3
```

3 结束单次循环命令（Continue）

Continue是结束单次循环命令，Continue条件成立时，结束本次循环。注意其与Break命令的区别，Break跳出整个循环，不再进入，Continue跳出单次循环，下个循环周期还会进入循环中。

- 点击昵称右侧空白口会弹出输入框，可修改命令名称。
- 用户要注意Continue命令使用时的语法，Continue只能用于Loop循环中，且Continue前必须有一条If命令，当If中的判断条件成立时，运行Continue命令，跳出本次循环。否则弹出错误提示。
- 点击移除删除此Continue命令。



Continue条件

示例：

```
1 Project_Continue
2   Loop   (循环命令)
3     Move
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6     if    (条件判断)
7       Continue (结束单次循环命令)
8     Move
9       Waypoint3
```

4 If命令 (if...else)

If...else是选择判断命令，通过判断条件运行不同的程序分支。

- 点击昵称右侧空白口会弹出输入框，可修改命令名称。
- 点击If 条件下空白窗口会弹出如图所示输入框，可输入选择判断条件表达式，表达式的运算遵循C语言运算规则。当表达式成立时，执行If节点包含的程序，若表达式不成立，则执行Else或Else if节点包含的程序。
- 点击移除清除表达式。
- 点击添加Else if可添加一个Else If节点。一个If可以添加多个Else If。
- 点击添加Else可添加一个Else节点，与当前If节点组成一个If...Else组合。一个If只能添加一个Else。
- 点击移除可删除此If命令，与此If对应的Else If及Else也会一并被删除。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。

If条件

示例：

```
1 Project_IfElse
2   Loop (循环命令)
3     Move
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6     if (条件判断1)
7       Continue
8     else_if (条件判断2)
9       Move
10      Waypoint3
11    else (默认项，若条件1和条件2均不满足则执行此节点)
12      Move
13      Wapoint4
```

5 条件选择命令（Switch...Case...Default）

Switch...Case...Default是条件选择命令，通过判断条件运行不同的Case程序分支。此可用于根据变量的值控制程序的流程。

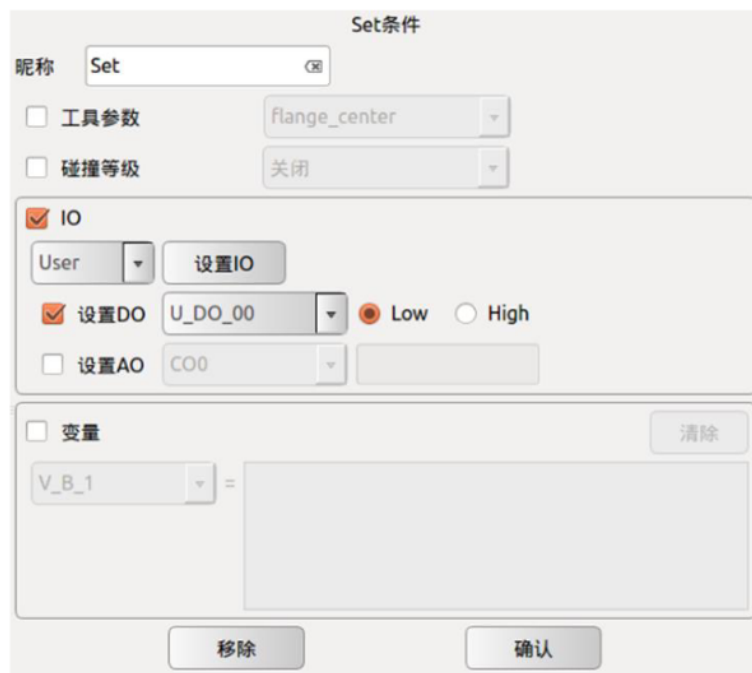
- 点击昵称右侧空白口会弹出输入框，可修改命令名称。
- 点击条件下空白窗口会弹出输入框，可输入选择判断条件表达式，表达式的运算遵循Lua语言运算规则。当运行Switch命令，程序会计算表达式的数值，并与下面的Case语句的条件数值依次比较，若相等，则执行该Case下面的程序段，若没有满足条件的Case数值，则执行Default对应的程序段。
- 注意：判断真伪只能用true/false，不能用1/0代替。
- 点击移除清除表达式。➤点击添加Case可添加一个Case节点，与当前Switch节点组成一个Switch...Case组合。一个Switch可添加多个Case。
- 点击添加Default可添加一个Default节点。一个Switch只能添加一个Default。
- 点击移除可删除此选中的Switch，与此Switch对应的Case及Default也会一并被删除。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。

Switch条件

示例：

```
1 Project_Switch
2   Loop
3     Switch      (条件选择命令，判断v_I_x的值)
4       Case      (case: 1, 当v_I_x=1时执行此节点)
5         Move
6         Waypoint1
7       Case      (case: 2, 当v_I_x=2时执行此节点)
8         Move
9         Waypoint2
10      Default    (当v_I_x既不为1也不为2时执行此节点)
11        Move
12        Waypoint3
```

6 设置命令 (Set)



The image shows a software interface titled "Set条件" (Set Condition). It contains several configuration options:

- 昵称 (Nickname):** A text box containing "Set" with a small icon to its right.
- 工具参数 (Tool Parameter):** An unchecked checkbox followed by a dropdown menu showing "flange_center".
- 碰撞等级 (Collision Level):** An unchecked checkbox followed by a dropdown menu showing "关闭" (Close).
- IO (IO):** A checked checkbox. Below it is a "User" dropdown and a "设置IO" (Set IO) button. Further down, there are two options: "设置DO" (Set DO) which is checked and has a dropdown showing "U_DO_00", and "设置AO" (Set AO) which is unchecked and has a dropdown showing "CO0". To the right of these are radio buttons for "Low" (selected) and "High".
- 变量 (Variable):** An unchecked checkbox. Below it is a dropdown showing "V_B_1" followed by an equals sign and a large empty text area for an expression. A "清除" (Clear) button is to the right of the text area.

At the bottom of the interface are two buttons: "移除" (Remove) and "确认" (Confirm).

Set条件

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
- 勾选工具参数：可选择设置过的工具中心。
- 勾选碰撞等级，可选择安全等级
- 设置命令用于设置某路DO/AO的状态。
- 勾选变量：下侧下拉列表选择一个变量，右侧输入一个表达式给选中的变量赋值，表达式的运算遵循C语言运算规则。
- 点击移除为移除set命令。
- 点击确认为确认并保存此命令状态配置。

示例：

```
1 Project_Set
2   Loop
3     Move
4       Waypoint1
5       Waypoint2
6     set      (设置命令, 设置DO00为high)
7     set      (设置命令, 设置变量V_I_X=1)
```

7 等待命令 (Wait)

Wait（等待）命令用于等待时间或数字输入信号。

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
- 勾选等待时间可设置等待的时间，时间值由用户设置。
- 勾选wait 条件可通过输入表达式来设置等待方式。
- 点击清除，可清除条件内容。
- 点击确认为确认保存wait条件。
- 点击移除为移除wait（等待）命令。



Wait条件

示例：

```
1 Project_Wait
2   Loop
3     Move      (机械臂移动到Waypoint1)
4     Waypoint1
5     Wait      (等待2s)
6     Move      (机械臂移动到Waypoint2)
7     Waypoint2
```

8 行注释命令（Line Comment）

Line Comment是行注释命令，通过行注释对下面的程序行进行解释说明。

- 点击昵称右侧空白输入框，可修改命令名称。
- 点击注释右侧空白输入框，可输入文字对下面的程序行解释说明。
- 点击移除可删除此选中的行注释命令。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。



行注释条件

示例：

```
1 Project_LineComment
2   Loop
3     Line_Comment      (注释下面程序)
4     Move              (机械臂移动到Waypoint1)
5     Waypoint1
```

9 块注释命令 (Block Comment)

Block Comment是块注释命令，通过行注释对下面的程序段进行解释说明。

- 点击昵称右侧空白输入框，可修改命令名称。
- 点击注释右侧空白输入框，可输入文字对下面的程序段解释说明。
- 点击移除可删除此选中的块注释命令。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。



块注释条件

示例：

```
1 Project_BlockComment
2   Loop
3     Block_Comment      (注释下面程序，可折叠)
4     Move              (机械臂移动到Waypoint1)
5     Waypoint1
```

10 任务转移命令 (Goto)

Goto命令可以中断当前任务，并转向其他任务。

- 点击昵称右侧空白输入框，可修改命令名称。

- 点击移除可删除此选中的Goto命令。
- 点击确认为确认配置，并保存。



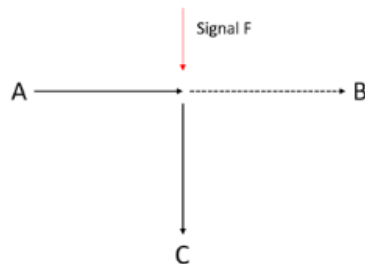
The image shows a dialog box titled "Goto 条件" (Goto Condition). It contains a label "昵称" (Nickname) followed by a text input field containing the word "Goto". Below the input field are two buttons: "移除" (Remove) on the left and "确认" (Confirm) on the right.

Goto条件

示例：

```
1 Project_Goto
2   Set    (设置信号)
3   Loop
4     Move    (机械臂从A点移动到B点)
5     WaypointA
6     WaypointB
7 Thread    (线程)
8   Loop
9     Wait
10    If      (信号判断)
11      Set    (关闭信号)
12      Goto    (任务转移命令)
13        Move    (机械臂移动到C点)
14          WaypointC
```

机器人动作如下所示：



Goto命令编程运行轨迹示例

机器人被编程为从A移动到B，但它在前往B的途中接收到信号F，它停止向B方向移动并立即前往C。

注意：

- Goto命令必须在线程程序中使用；
- 为了确保GOTO正常工作，需要至少0.01s的“等待”命令，缺少它可能会导致不可预测的问题并停止机器人。

11 弹窗命令（Message）

Message是信息弹出命令，通过弹出信息窗口，向使用者传达状态信息。利用弹窗命令（Message）可指定一则消息，程序运行至此命令时在屏幕显示该消息。

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
- 可以选择消息的类型。点击Message 类型下拉菜单，分别对应Information, Warning, Critical, 三种不同的图标样式的消息类型。
- 点击消息右侧空白输入框，可输入文字，来传达状态信息。
- 显示弹出窗口后，机器人将等待用户/操作员按下窗口中的确定按钮，才能继续运行程序。
- 勾选当消息框弹出时停止工程，当有信息窗口弹出时，工程项目将自动停止。
- 点击移除可删除此选中的Message。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。

Message条件

昵称 Message

Message类型 Information

消息 请输入消息

☐ 当消息框弹出时停止工程

移除 确认

Message条件

示例：

```
1 Project_Message
2   Loop
3     Move
4       WaypointA
5       WaypointB
6     Message (弹窗命令)
```

12 空命令（Empty）

- Empty是空命令，插入空命令，便于为粘贴等操作空出程序行空间。
- 点击【删除】可删除此选中的Empty。

三、高级条件条件命令

1 多线程控制命令（Thread）

Thread是多线程控制命令。在Thread程序段里，必须有一个Loop循环命令，在该Loop循环中，可以实现与主程序的并行控制。

注意：建议尽量避免多线程的使用。若必须使用多线程，请注意主线程和辅线程的并行逻辑和时序匹配。

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
- 点击移除可删除此选中的Thread。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。



Thread条件

示例：见 **Project_Goto**

2 脚本命令（Script）

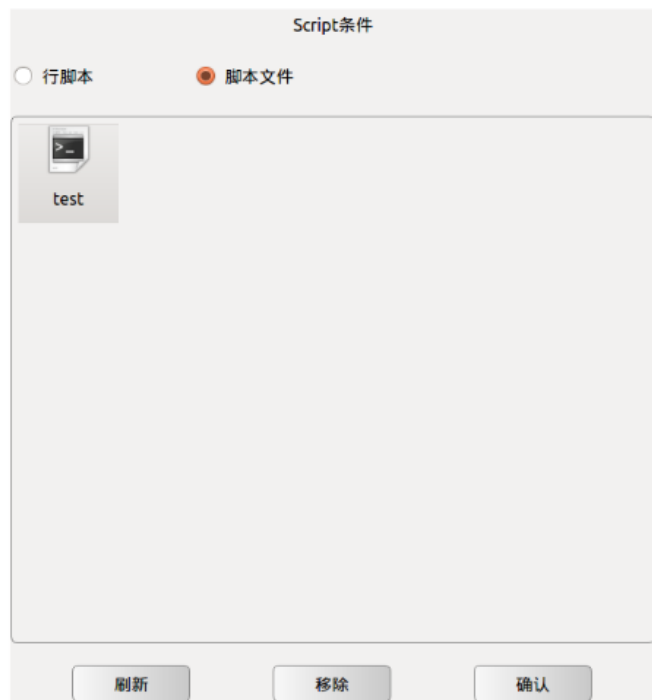
Script是脚本编辑命令。在Script中，可以选择添加行脚本和脚本文件。

- 点击昵称右侧输入框可修改命令名称。
- 点击行脚本可添加行脚本，在下方的输入框中可以输入一行脚本控制指令。



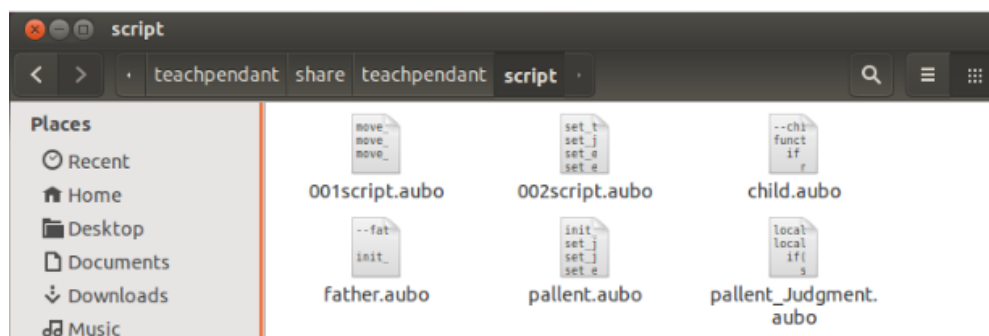
Script条件-行脚本

点击脚本文件可添加脚本文件，可以在文件列表处选择需要加载脚本文件。



Script条件-脚本文件

脚本文件拷入目录如下图所示



- 点击刷新为文件更新按钮，检索当前文件保存目录，更新显示文件变动。
- 点击移除可删除此选中的Script命令。
- 点击确认为确认状态配置，并保存。

示例：

```
1 Project_Script
2 test_04      (脚本文件：控制机械臂移动)
```

3 调用子工程命令（Procedure）

Procedure是子工程（过程）编辑命令。在Procedure程序段里，可以编辑用于复用的程序段，很方便的加载到其它的项目程序段中。工程文件和子工程文件中均可以调用子工程命令。

- 在工具栏工程或者过程下点击新建，工程逻辑处显示NewProject或NewProcedure。
- 在程序列表中选中需要插入子工程命令的逻辑行，在工具栏点击条件下的高级条件，在属性窗口处点击Procedure。



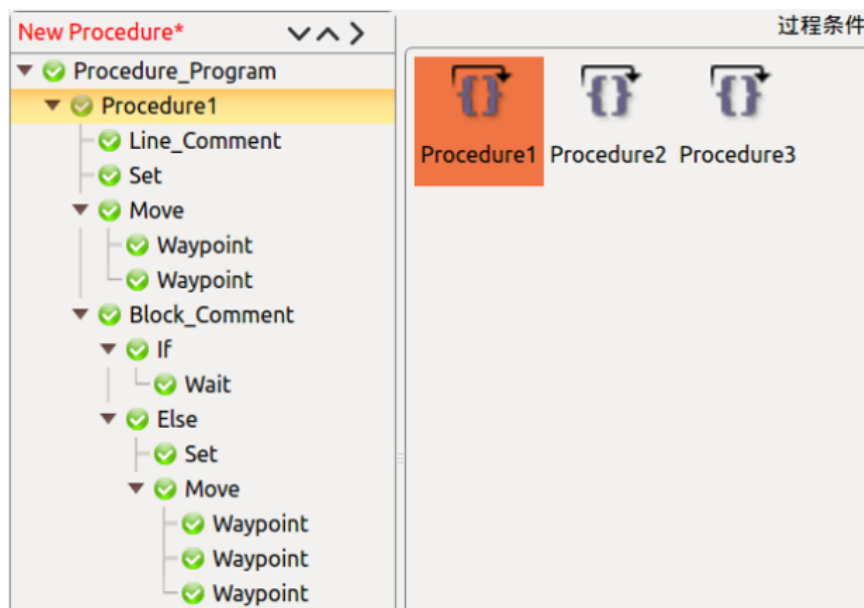
新建子工程（过程）示意图

- 在程序列表处点击Project_Program或者Procedure_Program可以更改其名称



更改程序列表中子工程（过程）名称

- 注意：Procedure过程程序段中不能插入Thread程序。
- 选中工程列表处的ProcedureUndefined，在属性窗口会显示可供调用的子工程文件。
- 选中子工程文件，点击确认即调用了该子工程文件，此时，被调用的子工程文件中的命令显示在工程列表处。



调用子工程（过程）文件

- 点击刷新为文件更新按钮，检索当前文件保存目录，更新显示文件变动。
- 点击移除可删除此选中的Procedure。

示例：

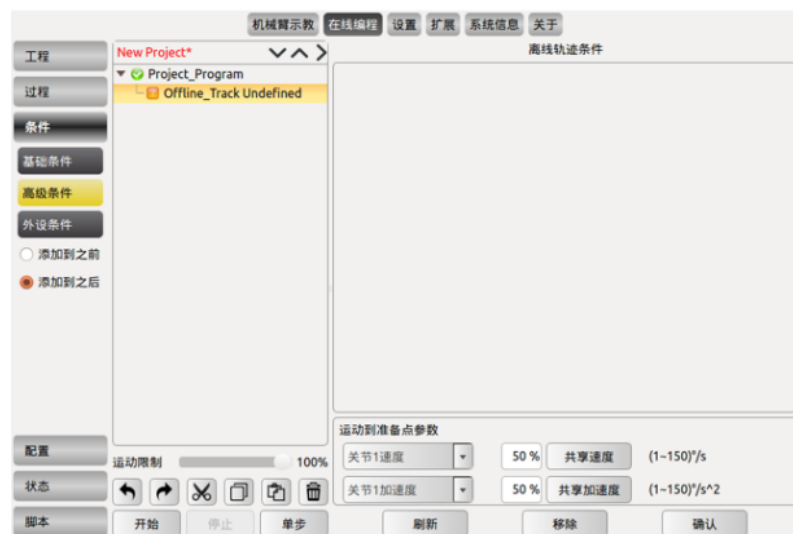
```

1 Project_Procedure
2   Loop
3     Move
4       Waypoint1
5     Procedure1
6     Move
7       Waypoint2

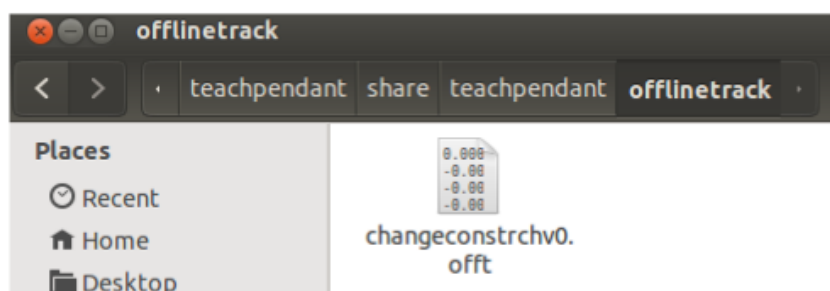
```

4 离线命令 (Offline Record)

Offline Record命令可以将离线编程软件生成的轨迹文件嵌入到在线编程里。



- 选中离线文件，点击确认保存。
- 界面下侧输入框可以设置机械臂运动到准备点时各个关节的速度及加速度。修改后请点击确认按钮。
- 导入的轨迹文件格式每行需包含六个关节角，且单位为弧度。
- 导入的轨迹文件后缀需以.offt结尾。
- 导入文件需复制到文件加下方能在AUBOPE软件界面下显示，复制目录为如下图所示：



离线轨迹文件导入路径

5 调用轨迹记录命令（Record Track）

Record Track命令是轨迹回放命令

- 新建或打开一个工程文件，在工具栏中选中高级条件
- 在属性窗口点击Record Track，在工程逻辑处点击Record Track
- 在其右侧的属性窗口处选择轨迹图标，点击确认按钮，可将轨迹记录加载到工程逻辑中。



调用轨迹记录命令

- 间隔时间：轨迹记录时间单位为每个路点100ms，间隔时间的含义是用多少时间播放这100ms，例如将间隔时间设置为50ms，则以2倍的速度播放轨迹，若设置为200ms，则以0.5倍的速度慢放。
- 界面下侧运行到准备点参数输入框可以设置机械臂运动到准备点时各个关节的速度及加速度。修改后请点击确认按钮。
- 点击刷新为文件更新按钮，检索当前文件保存目录，更新显示文件变动。
- 点击移除可删除工程逻辑处的Track_Record命令。