

树莓派与 Dobot 机械臂



山东大学工程训练中心

2024.4

目录

第 1 章 树莓派	2
1.1 树莓派简介	2
1.2 树莓派与显示屏	3
1.3 树莓派连接 Wifi	4
1.4 Python 开发环境	7
1.5 以太网静态 IP 设置	9
1.6 树莓派外接摄像头	10
1.7 远程桌面连接树莓派	12
1.8 与树莓派的文件传输	16
第 2 章 机械臂	19
2.1 机械臂简介	19
2.2 树莓派连接机械臂	19
2.3 机械臂脱机运行	20

第 1 章 树莓派

1.1 树莓派简介

Raspberry Pi，中文名为“树莓派”，简写为 RPi，是一款基于 Debian GNU/Linux 操作系统的微型计算机，由英国树莓派基金会开发并推出。它小巧、便携，却有着强大的计算能力和丰富的扩展接口，广泛应用于物联网、嵌入式系统、教育、娱乐等领域。

我们使用的是树莓派 4B，内存 8G。价格较为昂贵且并无多余设备，因此一定小心使用，避免损坏。

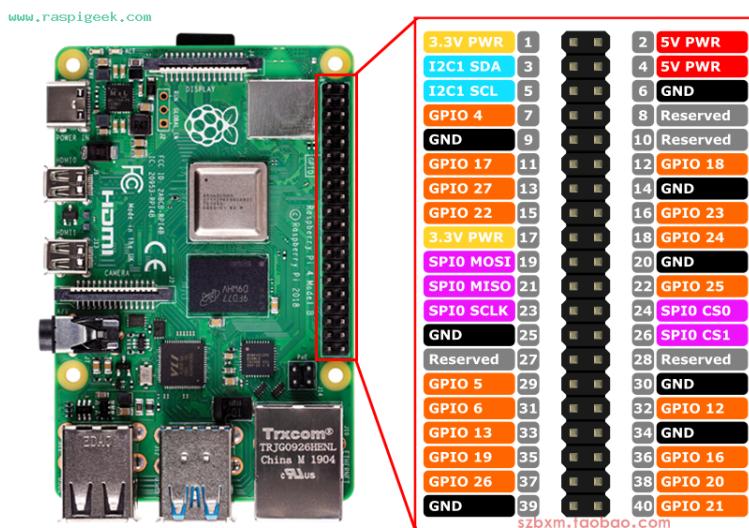


图 1.1: 树莓派 4B 引脚

散热用风扇使用 5V 供电，因此可以将其红黑线分别插于 4、6 号引脚。, 如下图所示



图 1.2: 风扇插接

1.2 树莓派与显示屏

接线方式如图所示，注意 USB 线的另一端接到显示屏的 TOUCH 口，意即触屏。



图 1.3: 树莓派连接显示屏

1.3 树莓派连接 Wifi

接下来配置树莓派连接 Wifi。树莓派不支持 5GWifi，只支持 2.4G，推荐使用个人热点。

首先在终端中输入以下命令：

```
sudo nano /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf
```

wpa_supplicant.conf 这个文件是 Linux 系统中用于配置无线网络接口的配置文件。这个文件被 wpa_supplicant 程序使用，后者是一个用于管理网络安全（尤其是 WPA 和 WPA2，即 Wi-Fi 保护访问）的客户端程序。输入命令并回车后能看到下图所示：

```

pi@yahboom4wd: ~
文件(F) 编辑(E) 标签(T) 帮助(H)
GNU nano 3.2          /etc/wpa_supplicant/wpa_supplicant.conf

ctrl_interface=DIR=/var/run/wpa_supplicant GROUP=netdev
update_config=1
country=CN
network={
    ssid="Raspblock"
    #psk="12345678"
    psk=964d63d00fb28e4108af6a2af5f92bbbd7e8e2b79362207076f0639e9878b34
}
network={
    ssid="Yahboom1_5G"
    #psk="yahboom890729"
    psk=048a31d66f35f972f887d4d8cc9d6a1cafdaefc28d0120feeaa3ec244f550a25
}
network={
    ssid="Yahboom_frontdesk"
    #psk="yahboom890729"
    psk=9aafedee26cf5a4fc641b20ced47d73dc47a13767949aba7232f07eadb204c1b
}
network={

[ 已读取 33 行 ]

```

图 1.4: 无线网络配置文件

文件开始的地方应当有 country=CN，它的作用是设置无线操作的国家代码为中国 China。

这个文件的主要格式为

```

network={
    ssid="你的网络名称"
    psk="你的密码"
}

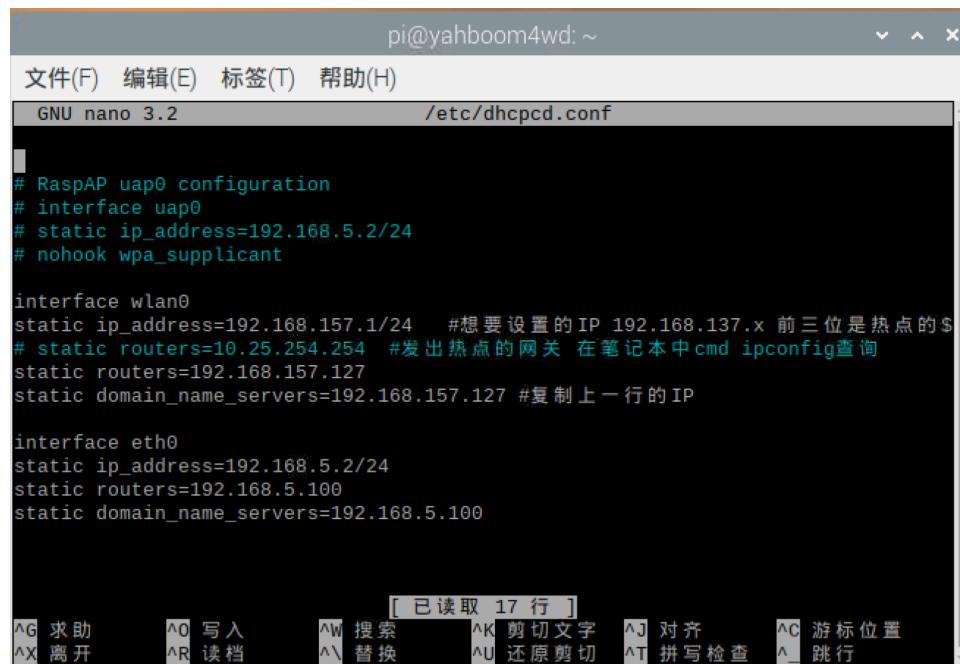
```

参照上面的在文件最后加上即可。每一个 network 字典就代表着去尝试连接的 Wifi。按快捷键 Ctrl+S 表示保存，Ctrl+X 表示退出。

接下来修改 DHCP 配置文件，以设置 WLAN 静态 IP。在终端中输入

```
sudo nano /etc/dhcpcd.conf
```

效果如下图所示：



```
pi@yahboom4wd: ~
文件(F) 编辑(E) 标签(T) 帮助(H)
GNU nano 3.2 /etc/dhcpcd.conf

#
# RaspAP uap0 configuration
# interface uap0
# static ip_address=192.168.5.2/24
# nohook wpa_supplicant

interface wlan0
static ip_address=192.168.157.1/24    #想要设置的IP 192.168.137.x 前三位是热点的$#
# static routers=10.25.254.254 #发出热点的网关 在笔记本中cmd ipconfig查询
static routers=192.168.157.127
static domain_name_servers=192.168.157.127 #复制上一行的IP

interface eth0
static ip_address=192.168.5.2/24
static routers=192.168.5.100
static domain_name_servers=192.168.5.100

[已读取 17 行]
^G 求助      ^O 写入      ^W 搜索      ^K 剪切文字      ^J 对齐      ^C 游标位置
^X 离开      ^R 读档      ^N 替换      ^U 还原剪切      ^T 拼写检查      ^_ 跳行
```

图 1.5: DHCP 配置文件

在其中写入

```
interface wlan0
static ip_address=192.168.157.1/24 静态IP
static routers=192.168.157.127 网关
static domain_name_servers=192.168.157.127 DNS
```

值得注意的是，参数并非与上面的示例相同。首先用笔记本电脑连接 WiFi，然后在电脑的终端中输入

```
ipconfig
```

找到无线局域网适配器 WLAN 一项：

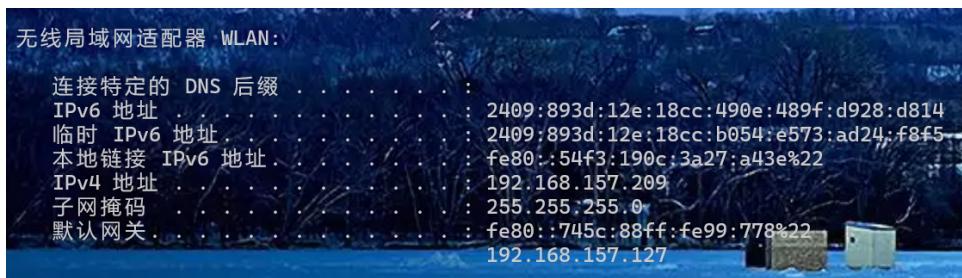


图 1.6: 无线网适配器 WLAN

可以看到图中的 IPv4 地址和默认网关（下面那行，意思是 IPv4 的），这两个分别对应着 DHCP 配置文件中的 ip_address 和 routers。此外，domain_name_servers 可以与 routers 写作一个。

保存并退出即可。

接下来重启树莓派，应当可以连接到 Wifi 了。

1.4 Python 开发环境

树莓派中已经安装好了 opencv-python，但可能有依赖需要更新。

打开终端，输入

```

sudo apt-get update
sudo apt install libxrender1 libvpx5 libxi6 libxcb-render0 libtwolame0
    ↳ libwebpmux3 libvorbisenc2 libgraphite2-3 libva-x11-2 libwayland-
    ↳ egl1 libgme0 libmp3lame0 libcairo-gobject2 libspeex1 libavcodec58
    ↳ libswresample3 libwebp6 libcroco3 libdrm2 libxvidcore4
    ↳ libtheora0 libxfixes3 libvdpau1 libwayland-client0 libjbig0
    ↳ libcodec2-0.8.1 libharfbuzz0b libatlas3-base libgdk-pixbuf2.0-0
    ↳ libssh-gcrypt-4 libmpg123-0 libao0 libogg0 libpangocairo-1.0-0
    ↳ libxcb-shm0 libbluray2 libopenmpt0 libpangoft2-1.0-0 libatspi2
    ↳ .0-0 libwayland-cursor0 libxrandr2 libxinerama1 libxcomposite1
    ↳ libgtk-3-0 libxkbcommon0 libva-drm2 libgsm1 librsvg2-2 libopenjp2
    ↳ -7 libxdamage1 libx265-165 libpixman-1-0 libswscale5 libavutil56
    ↳ libcairo2 libx264-155 libatk1.0-0 libpango-1.0-0 libthai0
    ↳ libfontconfig1 libxcursor1 libavformat58 libopus0 libdatrie1
    ↳ libvorbis0a libsoxr0 libva2 libatk-bridge2.0-0 libzvbi0 libshine3
    ↳ libvorbisfile3 libepoxy0 libchromaprint1 libwavpack1 libtiff5
    ↳ libgfortran5 libsnavy1v5

```

即可安装上述依赖。

安装完成后，在终端中输入

```
python3
```

即可进入 python 环境。进入后输入

```
import cv2
```

如果没有出现错误，说明 opencv 可以正常使用。

```
pi@yahboom4wd:~/Python3.10 $ python3
Python 3.7.3 (default, Jan 22 2021, 20:04:44)
[GCC 8.3.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> import cv2
>>> 
```

图 1.7: opencv 可以正常使用

此外，为保证工程的条理性，建议在家目录（/home/pi 或者 /home/admin 等）下新建一个有标识性的文件夹，用以存放个人文件。例如：

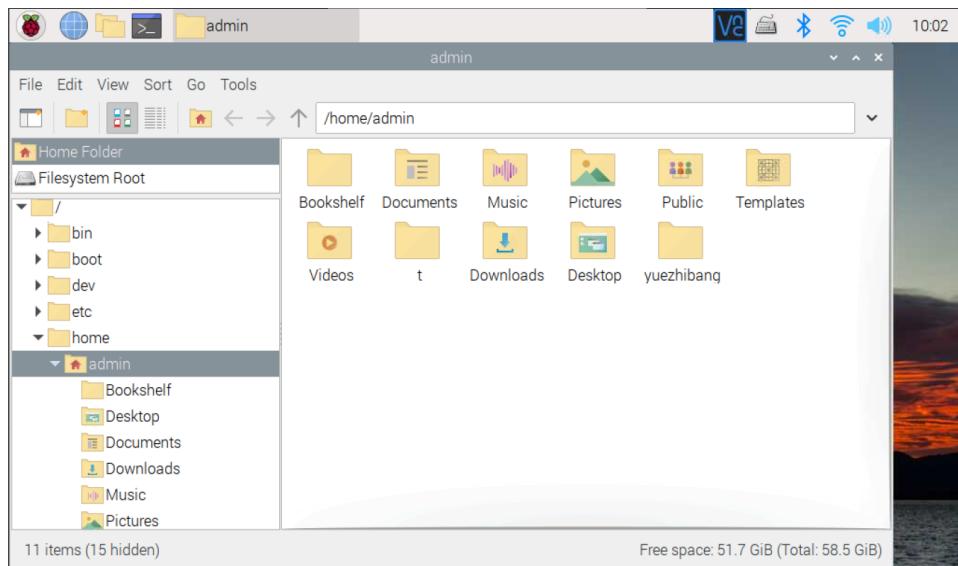


图 1.8: 家目录

1.5 以太网静态 IP 设置

为了通过网线连接机械臂，树莓派的以太网 IP 应当是静态的。

设置方法与连接 Wifi 相似，仍然是编辑 DHCP 配置文件：

```
sudo nano /etc/dhcpcd.conf
```

在其中添加以下内容

```
interface eth0
static ip_address=192.168.5.2/24
static routers=192.168.5.1
static domain_name_servers=192.168.5.1
```

上面这段代码是以太网静态 IP 设置，eth0 指定为网线连接设置。这里设置静态 IP 为 192.168.5.2/24，意思是 IP 为 192.168.5.2，24 代表子网掩码为 255.255.255.0，此外设置路由网关为 192.168.5.1。

这样设置，是由 Dobot 的通讯设置所决定，如下图：



图 1.9: 通讯设置

建议如上图配置。

保存并退出，重启树莓派即可。

1.6 树莓派外接摄像头

将我们的摄像头像显示屏一样连接到树莓派上，在终端中输入

```
lsusb
```

看到下图所示：

```
pi@yahboom4wd:~ $ lsusb
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 001 Device 002: ID 2109:3431 VIA Labs, Inc. Hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
pi@yahboom4wd:~ $ lsusb
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 001 Device 004: ID 2bdf:0289
Bus 001 Device 002: ID 2109:3431 VIA Labs, Inc. Hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

图 1.10: USB 设备

本来是三个，插上摄像头之后再输入该命令，可以观察到多出来了一个。多出来的这个就是摄像头。

此外，输入

```
ls -l /dev/video*
```

可以显示所有视频设备，观察时间一栏，如果有时间新近的，说明就是刚刚连接上的摄像头。

接下来测试一下效果。比如说可以新建一个 python 文件 camera_test.py，内容如下：

```
import cv2
import numpy as np

# 鼠标回调函数
def mouse_click(event, x, y, flags, param):
    if event == cv2.EVENT_LBUTTONDOWN:
        # 当鼠标左键被按下时打印坐标信息
        print(f'Mouse Position: (X: {x}, Y: {y})')
```

```
# 开启摄像头
cap = cv2.VideoCapture(0)
if not cap.isOpened():
    print("Cannot open camera")
    exit()
cv2.namedWindow('Frame')
cv2.setMouseCallback('Frame', mouse_click)
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        print("Can't receive frame (stream end?). Exiting ...")
        break
    cv2.imshow('Frame', frame)
    # 按 'q' 键退出循环
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
# 释放摄像头资源并关闭窗口
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

运行程序后，能有显示画面的窗口弹出，说明摄像头和 opencv 可以正常使用。



图 1.11: 摄像头和 opencv 可以正常使用

1.7 远程桌面连接树莓派

远程连接的前提是已经确定了树莓派的 IP 地址，前面我们让树莓派连接了 Wifi，并且设置静态 IP 为 192.168.157.1，只要我们的电脑与它处在同一个无线网络下，就可以在电脑上远程连接了。

以 VNC 为例（VNC 是一款强大的远程控制软件）：

首先，应确保树莓派开启了 VNC 权限。操作步骤如下：

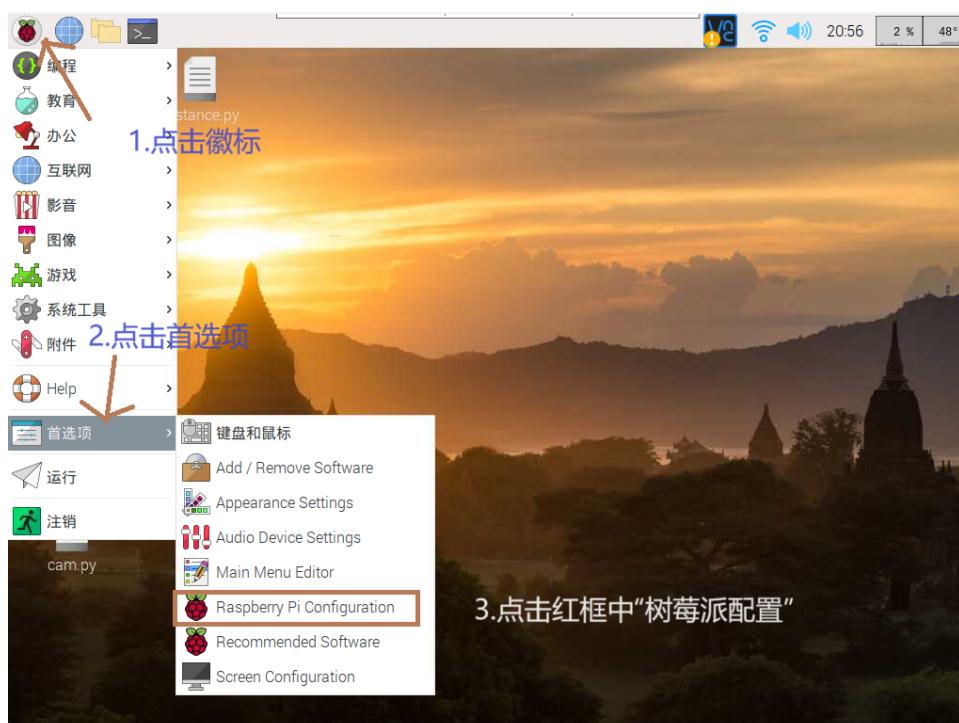


图 1.12: 打开树莓派设置

点击左上角徽标，点击首选项，点击 Raspberry Pi Configuration，进入设置界面。

点击 Interfaces，把 VNC 一项设定为 Enable，如下图。

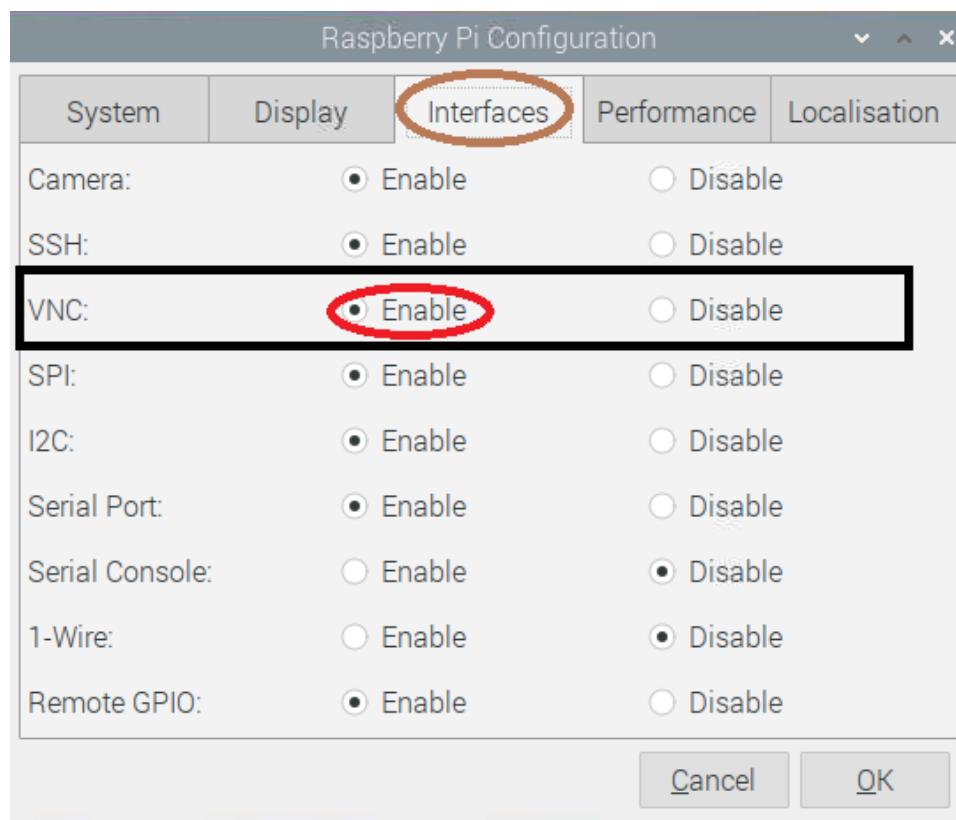


图 1.13: 打开 VNC 权限

树莓派的 VNC 权限就打开了。

然后，在电脑上打开 VNC，按下 Ctrl+N，打开新建连接界面，如下图：

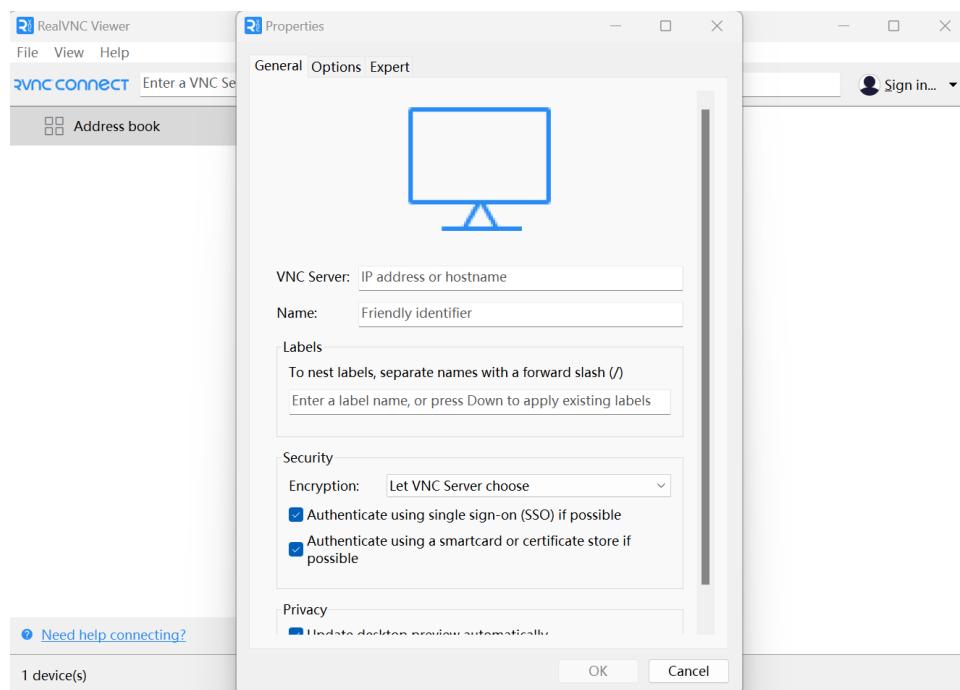


图 1.14: VNC 新建连接

在 VNC Server 处输入树莓派的 IP 地址 192.168.157.1（参考连接 Wifi 时设置的 IP 地址），点击 OK 即可连接。初次连接时可能会弹出如下的弹窗，点击 Continue 即可。

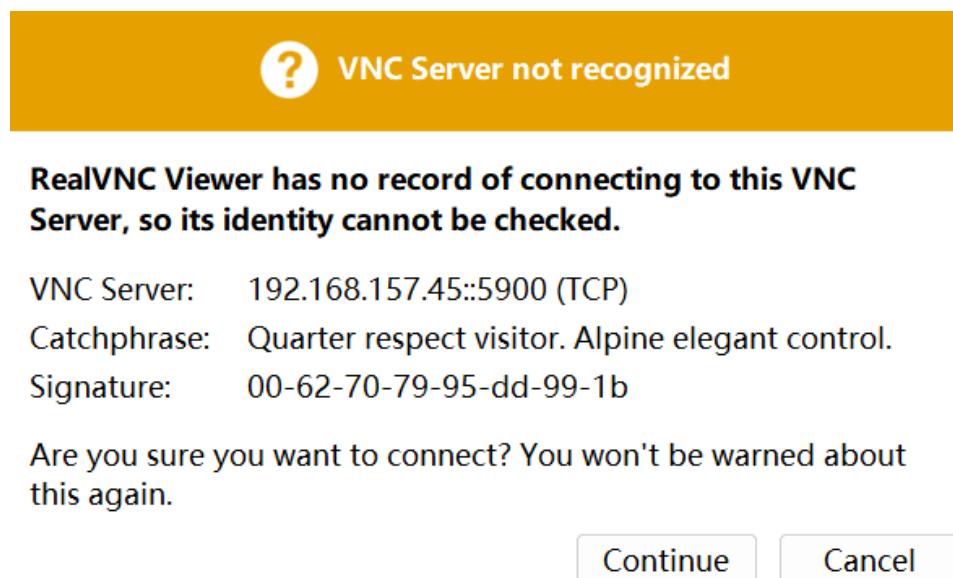


图 1.15: 初次连接时

之后进入登录弹窗，在表单中输入用户名 pi（或者 admin），密码 raspberry（这是树莓派的默认密码），点击 OK 即可连接，如下图所示。

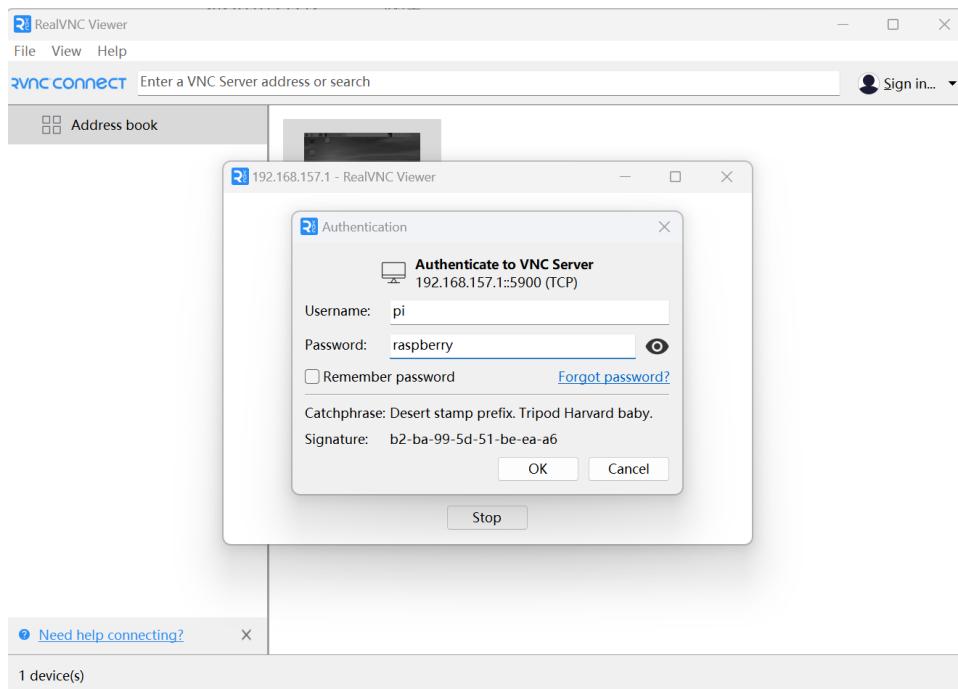


图 1.16: 连接树莓派

1.8 与树莓派的文件传输

在树莓派中编写代码比较困难，因此我们可以在个人电脑上编写好代码再传输到树莓派上运行。我们以 WinSCP 为例。

打开 WinSCP，点击“新建会话”，输入主机（即无线网卡的 IP 地址，也即连接 WiFi 时设置的 IP 地址）、用户名、密码，点击登录，就可以建立起连接，如下图所示。

主机、用户名、密码其实都与远程桌面连接时使用的一致。

初次连接时，可能会出现警告弹窗，点击“是”或“否”均可。

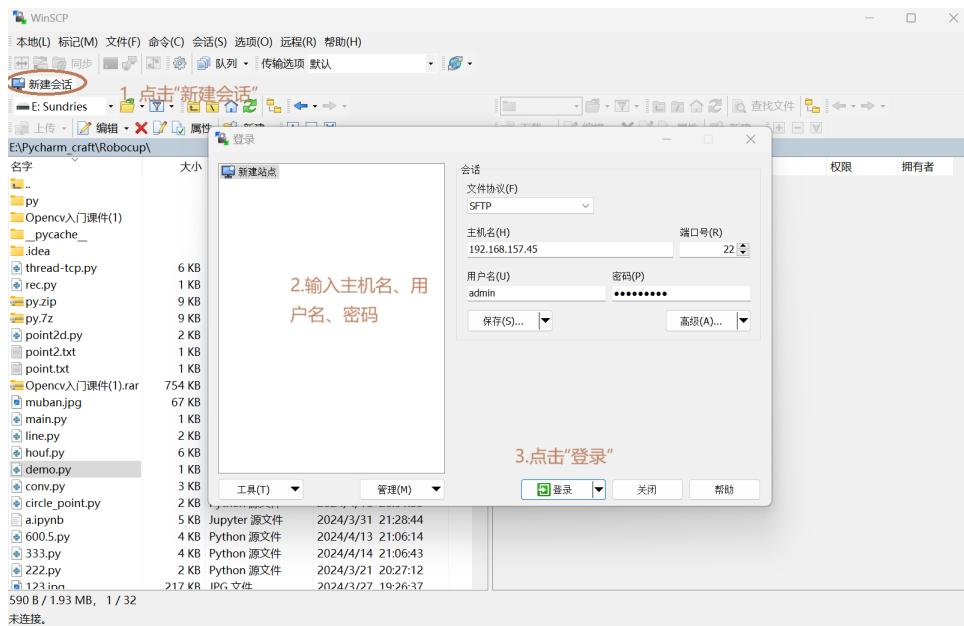


图 1.17: WinSCP 连接树莓派



图 1.18: 警告

连接成功之后，观察到左栏即为本机，右栏为树莓派，拖拽文件即可传输。

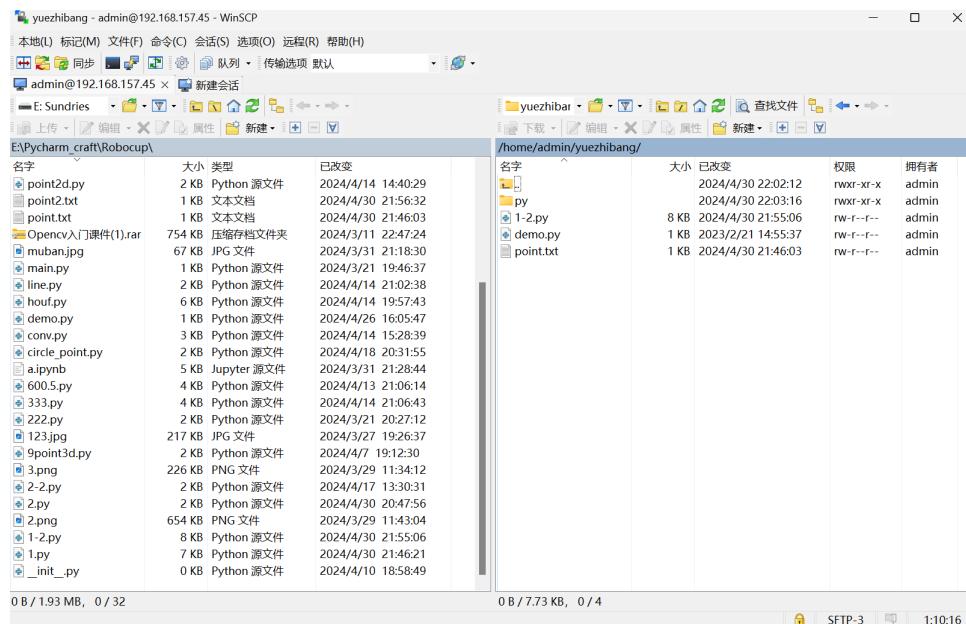


图 1.19：传输文件

第 2 章 机械臂

2.1 机械臂简介

我们使用的机械臂是 Dobot Magician E6，它具有指示灯

- 蓝色快闪：机器人启动中。
- 蓝色常亮：机器人上电未使能状态。
- 绿色常亮：机器人使能状态（未运行）。
- 绿色慢闪：自动运行状态。

上电后等到指示灯呈蓝色常亮即可使能，使能完毕后即可运行程序。

机械臂的 LAN1 口 IP 地址、网关等参数可以手动指定，而 LAN2 口 IP 固定为 192.168.200.1，因此当忘记机械臂的 IP 时，可以通过 LAN2 连接，连接成功后去通讯设置中修改 LAN1 的参数。

2.2 树莓派连接机械臂

将网线连接树莓派和机械臂的 LAN1 口，在终端中输入

```
ping 192.168.5.1
```

前提是机械臂的 IP 是 192.168.5.1，树莓派的以太网 IP 是 192.168.5.x。如果如下图所示，说明连接失败。

```
pi@yahboom4wd:~ $ ping 192.168.5.1
PING 192.168.5.1 (192.168.5.1) 56(84) bytes of data.
From 192.168.5.2 icmp_seq=1 Destination Host Unreachable
From 192.168.5.2 icmp_seq=2 Destination Host Unreachable
From 192.168.5.2 icmp_seq=3 Destination Host Unreachable
^C
--- 192.168.5.1 ping statistics ---
6 packets transmitted, 0 received, +3 errors, 100% packet loss, time 219ms
pipe 4
```

图 2.1: 连接失败

如连接失败，可等待一会再次尝试。如仍不行，解决方案还包括重启设备、插拔网线、关机静置一会等。

```
PING 192.168.5.1 (192.168.5.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.93 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.87 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=1.88 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=1.91 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=1.88 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=1.88 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=7 ttl=64 time=1.84 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=8 ttl=64 time=1.89 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=9 ttl=64 time=1.86 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=10 ttl=64 time=1.88 ms
64 bytes from 192.168.5.1: icmp_seq=11 ttl=64 time=1.91 ms
^C
--- 192.168.5.1 ping statistics ---
11 packets transmitted, 11 received, 0% packet loss, time 10012ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.843/1.884/1.927/0.023 ms
```

图 2.2: 连通

2.3 机械臂脱机运行

机械臂底部有三个按钮，从左至右分别为电源按键、运行停止按键、使能按键。

在比赛时脱机运行，就需要长按运行停止按键以实现效果，但首先要在机械臂中进行相关配置。

用电脑连接机械臂后，进入下图所示设置界面。

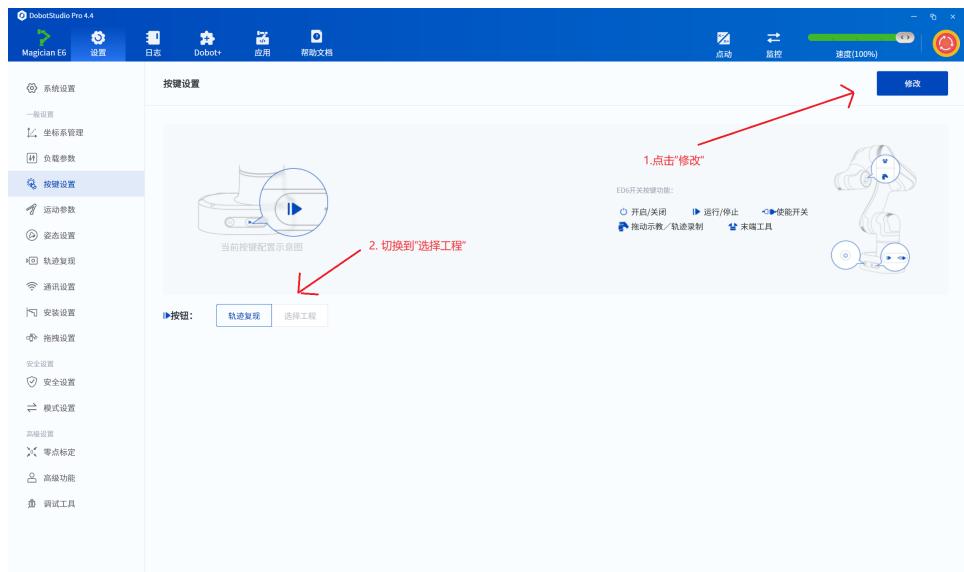


图 2.3: 运行停止按键设置

按图示操作，切换到选择工程后选择脱机后运行的工程。当然，首先要把工程保存在机械臂内。

此外，中止运行则是短按此按键。在使能机械臂后（长按使能按键），长按运行停止按键即可启动机械臂内的工程。

以下是一个例子：

在机械臂内预存好以下工程

```

err, socket = TCPCreate(false, "192.168.5.2", 8081)
TCPStart(socket, 20)
while true do
    err, recBuf = TCPRead(socket, 30)
end
TCPDestroy(socket)

```

在树莓派中编写一个 py 程序 socket_test.py:

```

import socket
import time
sk = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sk.bind(('192.168.5.2', 8081))
conn, addr = sk.accept()
sk.listen(2)

```

```
# 打开摄像头
while True:
    print(f'Connected to client: {addr}')
    msg = '欢迎访问服务器!' + "\r\n"
    conn.send(msg.encode('utf-8'))
    time.sleep(2)
```

运行 python 程序后，长按机械臂的运行停止按键，观察到指示灯呈绿色且闪烁时，工程就启动了，如果能在树莓派的终端里看到大量输出，说明程序正常运行，脱机运行是可行的。

注意 IP 地址要写成 DHCP 配置中的那个，同时网线连接机械臂的 LAN1 口。