Dofbot大作业介绍

自动化与感知学院

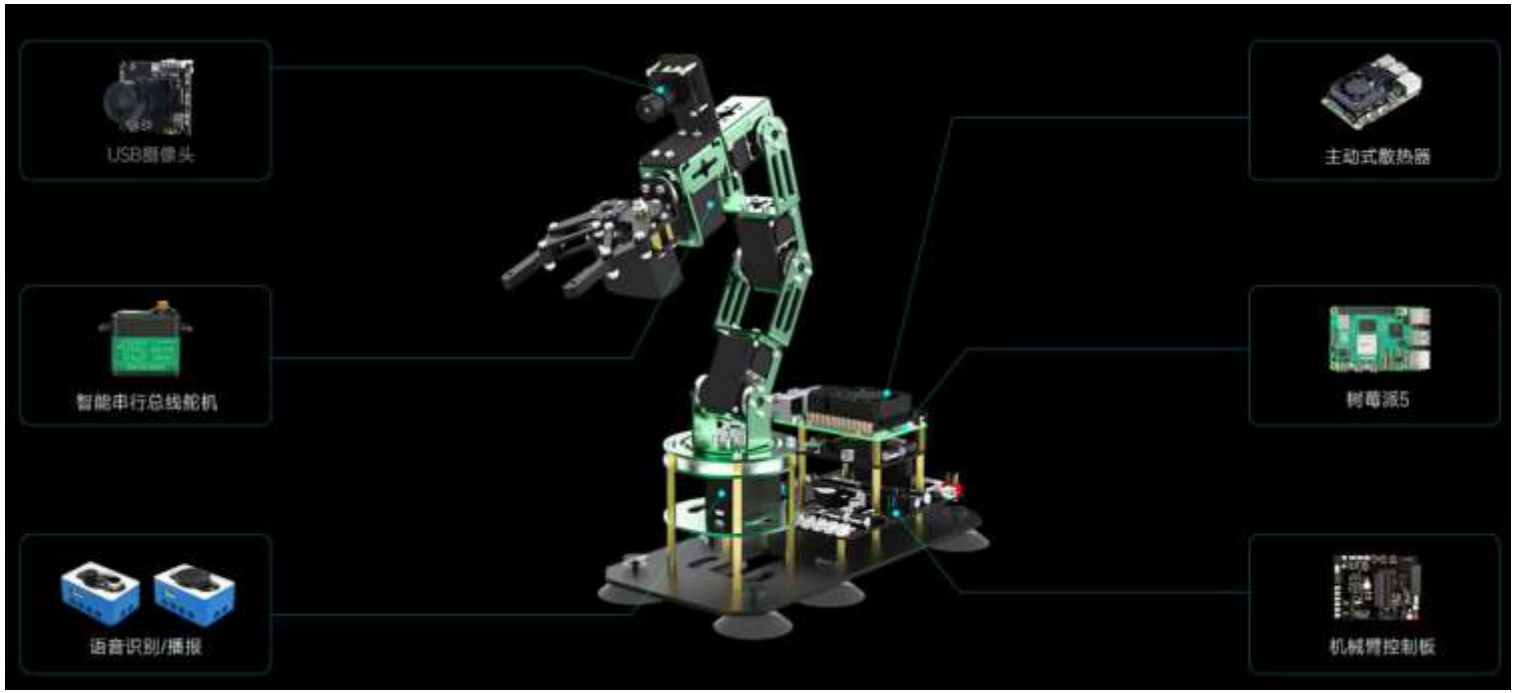
2025年10月

目录

机械臂简介

简介

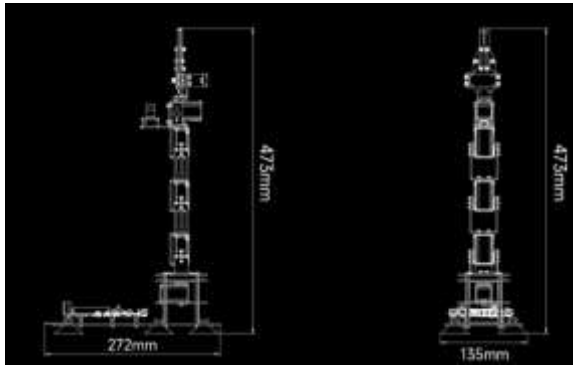
实验用机械臂：DOFBOT 树莓派AI视觉机械臂。



功能开发

- 图像处理库：Open CV。
- 开发工具：Jupyter Lab。
- 编程语言：Python。
- 操作系统：ROS。
- 图像识别检测：MediaPipe。
- 运动规划：MoveIt

规格参数

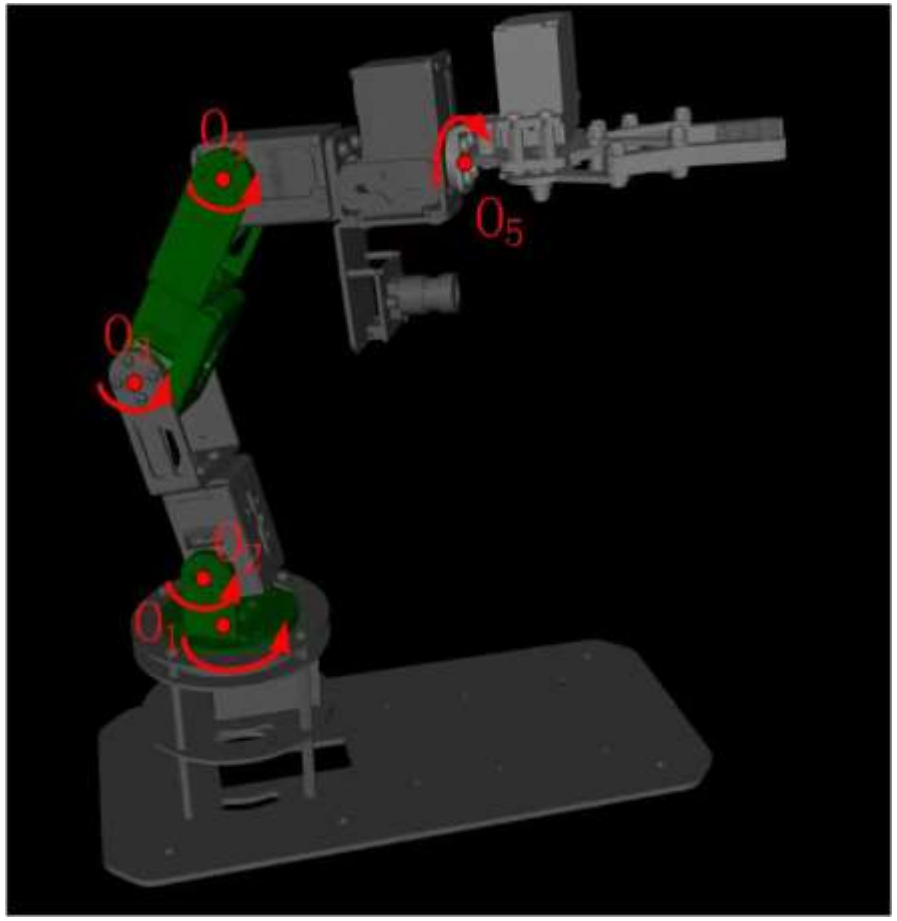


机械臂简介

机械臂实验

机械臂的机械结构

机械臂的五个自由度



机械臂仿真操作

Robotics ToolBox Python

RoboticsToolboxPython提供了Matlab中的机器人学工具包的Python版本，并兼容了大量Python中的线性代数工具库(numpy等)，可视化工具包(matplotlib等)，交互工具包(jupyter等)。RoboticsToolboxPython使得用户可以方便地进行运动学和动力学的仿真。

Toolbox以及其可视化组件安装

```
pip install roboticstoolbox-python
pip install numpy<2
pip install pyqt5 (optional)
```

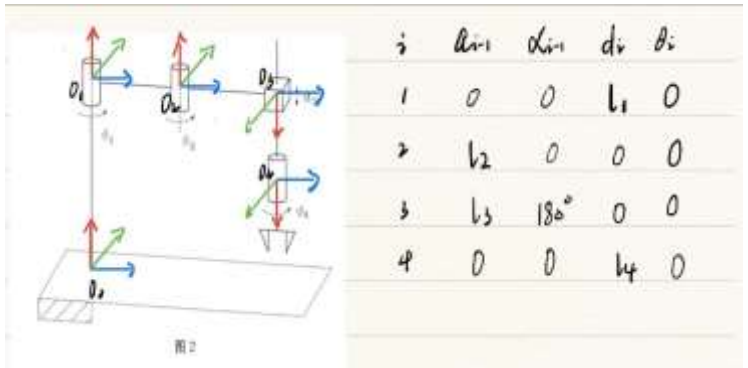
机械臂仿真操作

Robotics ToolBox Python使用基础

官方文档：https://petercorke.github.io/robotics-toolbox-python/

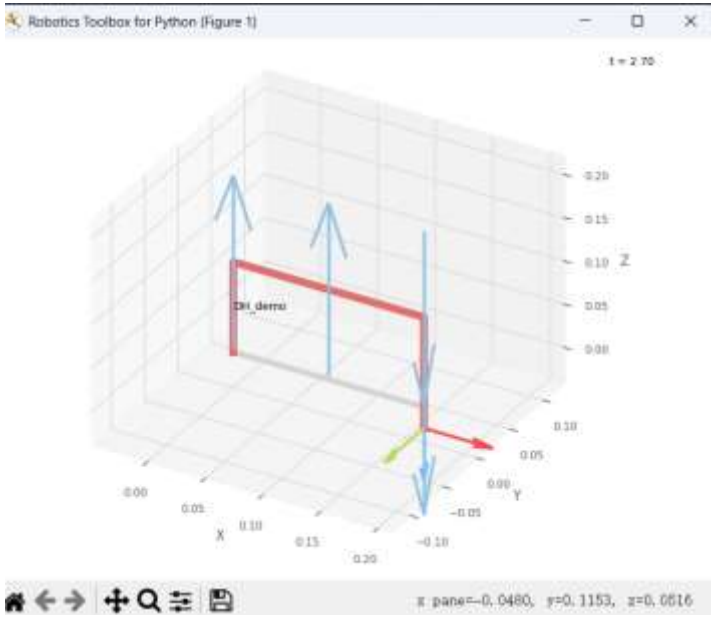
定义串联机器人

- alpha, a, offset, d 分别对应DH参数中的$\alpha_{i-1}, a_{i-1}, \theta_i, d_i$
- RevoluteMDH 表示改进DH法，需要用改进DH法建立DH矩阵



i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0	l_1	0
2	l_2	0	0	0
3	l_3	180°	0	0
4	0	0	l_4	0

```python
# ============================================
# 用改进 DH 法建立机器人模型Demo
# ============================================
# RevoluteMDH(a, alpha, d, offset)
# 默认转动关节 theta(offset) 为关节变量，平动关节 d 为关节变
DH_demo = rtb.DHRobot(
    [
        rtb.RevoluteMDH(d=l1),
        rtb.RevoluteMDH(a=l2),
        rtb.PrismaticMDH(a=l3, alpha=pi),
        rtb.RevoluteMDH(d=l4),
    ],
    name="DH_demo"        # 给机器人起个名字，打印时更直观
)
```



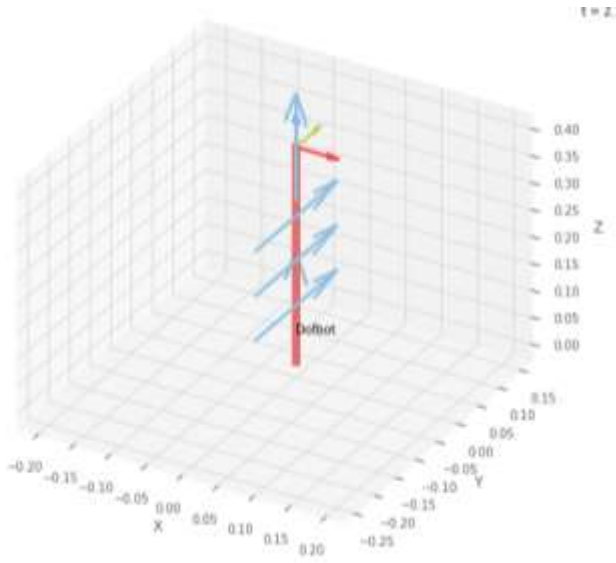
机械臂正运动学仿真示例

机械臂仿真操作

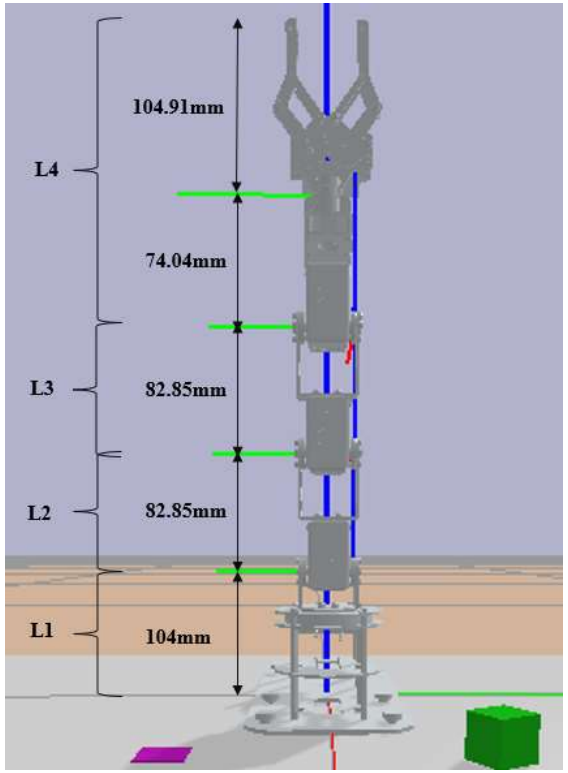
Dofbot DH参数仿真

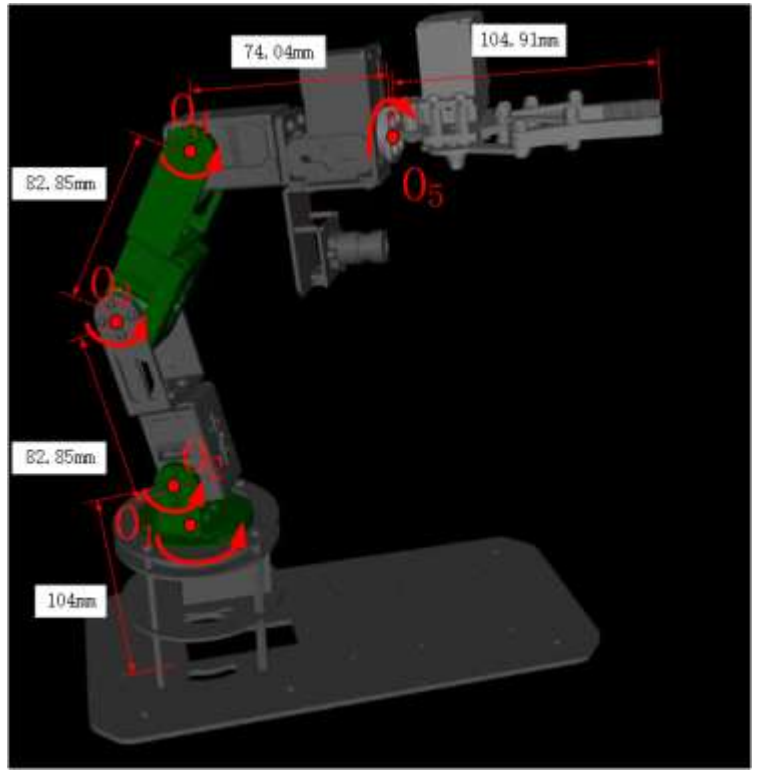
官方文档：https://petercorke.github.io/robotics-toolbox-python/

任务0：根据右图计算 Dofbot 机械臂的DH参数表，并使用RobotToolboxPython仿真正运动学



Dofbot机械臂正链运动学建模结果示例





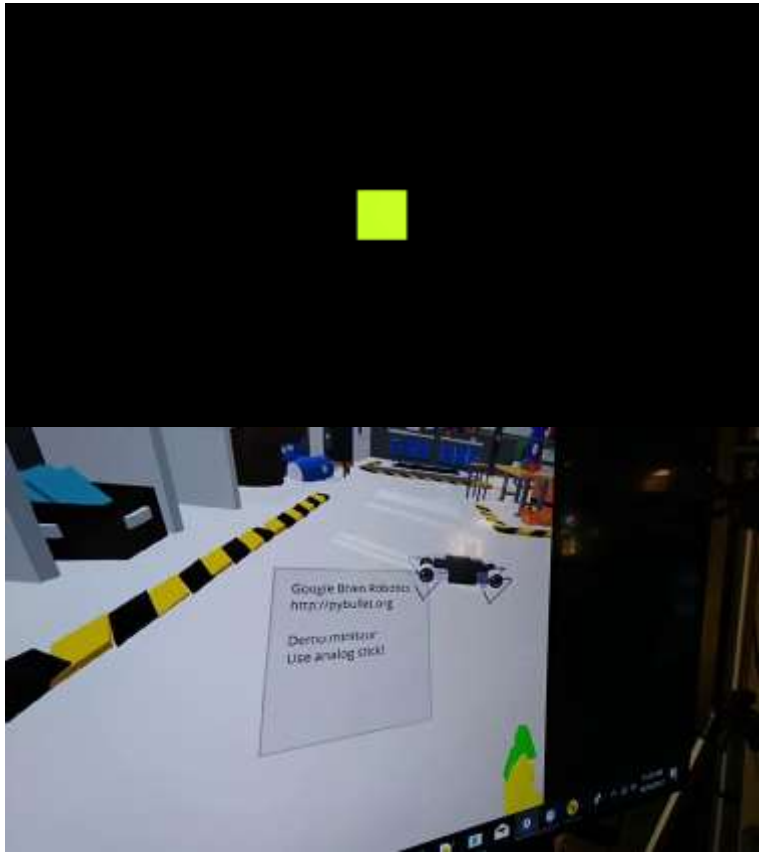
机械臂连杆参数

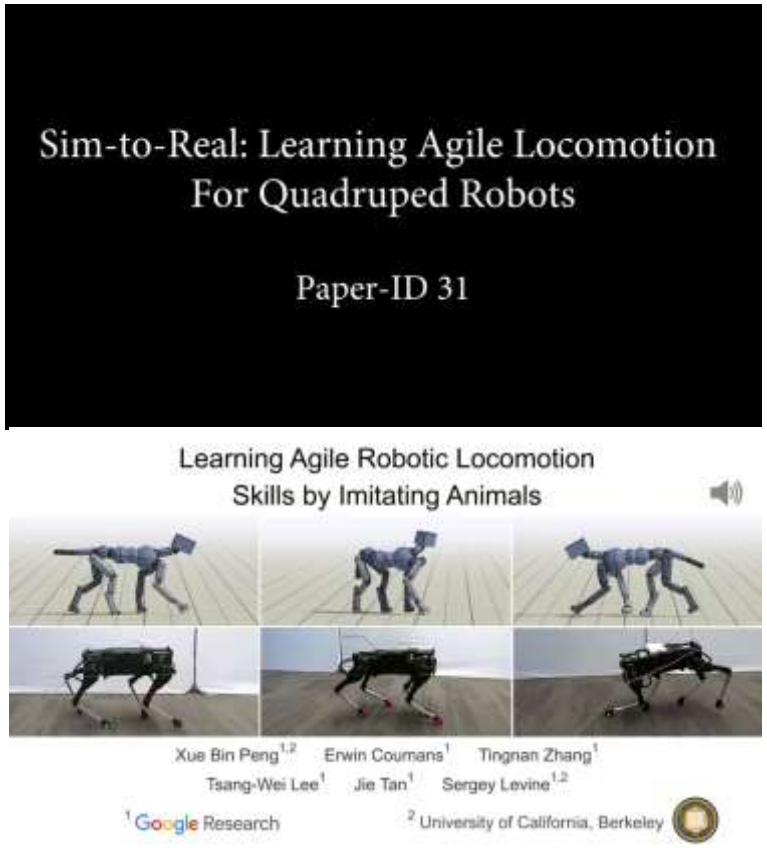
机械臂仿真操作

Pybullet

PyBullet 基于著名的开源物理引擎 bullet 开发，封装成了 Python 的一个模块，用于机器人仿真和学习。PyBullet 支持加载 URDF、SDF、MJCF 等多种机器人描述文件，并提供正/逆向运动学、正/逆向动力学、碰撞检测等功能。(https://pybullet.org/wordpress/) ，Bullet 物理 SDK 包括 PyBullet 机器人示例，如模拟的 Minitaur 四足机器人、使用 TensorFlow 推理的仿人机器人跑步和 KUKA 机械臂抓取物体。

PyBullet安装：pip install pybullet





机械臂仿真操作

pybullet使用基础

官方文档：
https://docs.google.com/document/d/10sXEhzFRSnvFcl3XxNGhnD4N2SedqwdAvK3dsihxVUA/edit#heading=h.2ye70wns7io3

p.connect：连接到PyBullet物理引擎，返回一个物理引擎的客户端ID。
p.loadURDF：加载一个URDF文件表示的物体或机器人模型到仿真环境中。
p.setGravity：设置仿真环境中的重力。
p.getJointState：获取关节的状态信息，如位置、速度等。
p.getLinkState：获取连杆的状态信息。
p.setJointMotorControl2：设置关节的控制方式，如位置控制、速度控制等。
p.calculateInverseKinematics：计算逆运动学。

作业（机械臂仿真部分）

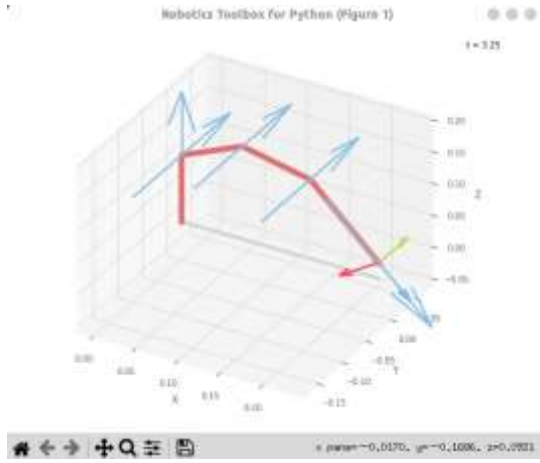
任务一

任务说明：使用RobotToolboxPython工具完成Dofbot构型机械臂正运动学、逆运动学、与工作空间的仿真。

任务一：

1. 给出Dofbot机械臂在以下关节角度下的正运动学解，并在报告中附上RobotToolboxPython给出的运动学姿态仿真。
    1. (demo) [0., pi/3, pi/4, pi/5, 0.]

```
========== Part1-0 (demo) 正解 ==========
  -0.7771   -1.686e-08  0.6293    0.2326
   1.686e-08  1         4.762e-08  5.58e-09
  -0.6293    4.762e-08 -0.7771    0.02468
   0         0         0         1
```



    2. [pi/2, pi/5, pi/5, pi/5, pi]
    3. [pi/3, pi/4, -pi/3, -pi/4, pi/2]
    4. [-pi/2, pi/3, -pi/3*2, pi/3, pi/3]

作业（机械臂仿真部分）

任务二

任务说明：使用RobotToolboxPython工具完成Dofbot构型机械臂正运动学、逆运动学、与工作空间的仿真。

任务二：

2. 给出Dofbot机械臂夹爪末端在以下笛卡尔空间姿态下的逆运动学解，并在报告中附上RobotToolboxPython给出的运动学姿态仿真。

0.(demo)

```
[
    [-1., 0., 0., 0.1,],
    [0., 1., 0., 0.],
    [0., 0., -1., -0.1],
    [0., 0., 0., 1.]
]
```

1.

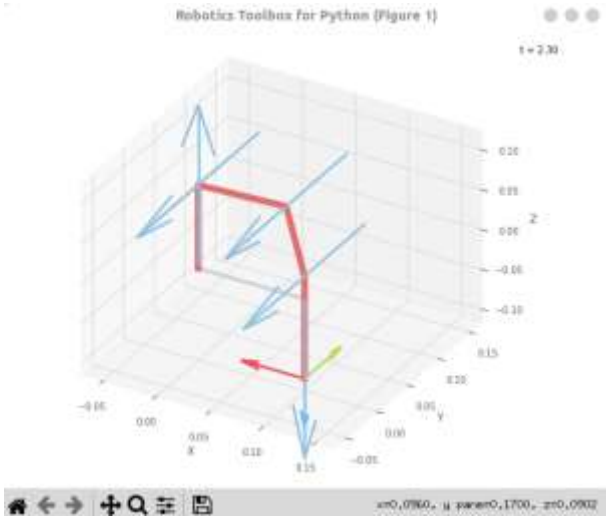
```
[
    [1., 0., 0., 0.1,],
    [0., 1., 0., 0.],
    [0., 0., 1., 0.1],
    [0., 0., 0., 1.]
]
```

2.

```
[
    [cos(pi/3), 0., -sin(pi/3), 0.05,],
    [0., 1., 0., 0.03],
    [sin(pi/3), 0., cos(pi/3)., -0.1],
    [0., 0., 0., 1.]
]
```

3.

```
[
    [-0.866, -0.25, -0.433, -0.03704,],
    [0.5, -0.433, -0.75, -0.06415],
    [0., -0.866, 0.5, 0.3073],
    [0., 0., 0., 1.]
]
```



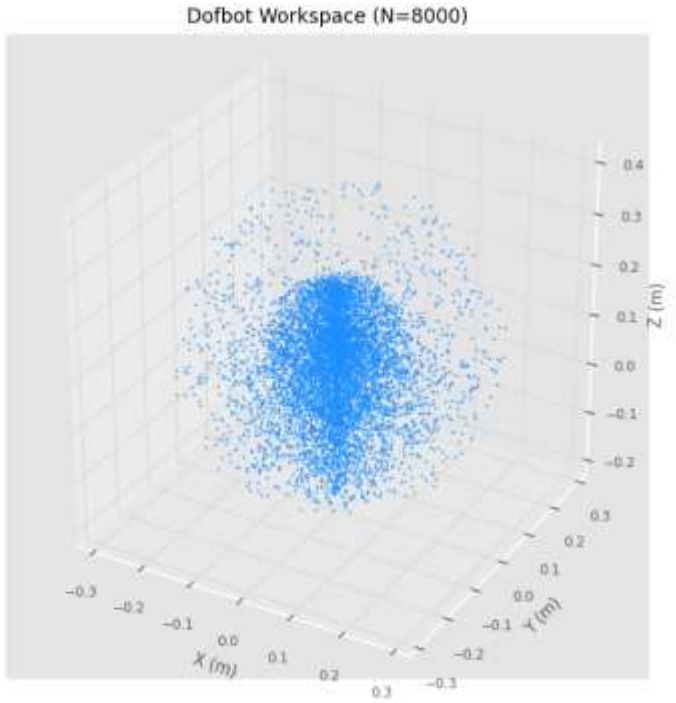
作业（机械臂仿真部分）

任务三

任务说明：使用RobotToolboxPython工具完成Dofbot构型机械臂正运动学、逆运动学、与工作空间的仿真。

3. 绘制机械臂工作空间（至少500个点）（可以按照关节空间针对每个关节进行采样）

关节角度限位：
J1：[-180°, 180°]
J2：[0°, 180°]
J3：[0°, 180°]
J4：[0°, 180°]
J5：[0°, 180°]



机械臂正逆运动学模型学习大作业

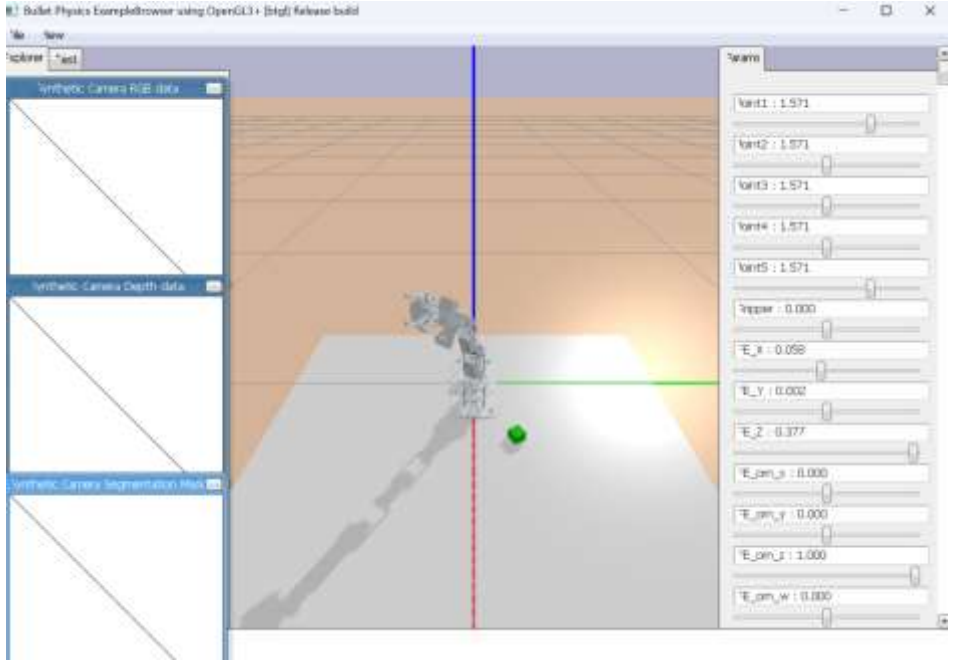
作业目标

实践目标

利用仿真环境（PyBullet）采集 dofbot 机械臂末端位姿与关节角数据；

训练神经网络模型，实现对机器人正逆运动学的求解；

评估训练得到模型的精度。



能力提升

掌握基于模型学习的方法解决机器人运动学问题；

熟悉神经网络在机器人控制领域的应用；

提高编程实践能力和问题解决能力。

机械臂仿真操作

Dofbot机械臂仿真

仿真初始化：

```
class DofbotEnv:  1 usage
    def __init__(self):
        self._timeStep = 0.02
        p.connect(p.GUI)
        p.setPhysicsEngineParameter(numSolverIterations=150)
        p.setTimeStep(self._timeStep)
        p.setGravity( gravX 0,  gravY 0, -9.8)
        p.loadURDF( fileName: "models/floor.urdf",  basePosition [0, 0, -0.625], useFixedBase=True)
        p.loadURDF( fileName: "models/table_collision/table.urdf",  basePosition [0.5, 0, -0.625],p.getQuaternionFromEuler([0, 0, 0]),
                   useFixedBase=True)
        self._dofbot = dofbot("models/dfbot_urdf/dofbot.urdf")
        self._object1 = Object( urdfPath: "models/box_green.urdf", block=True,num=1)
        self._object2 = Object( urdfPath: "models/box_purple.urdf", block=True,num=2)
```

关节角度控制

逆运动学

关节角度读取

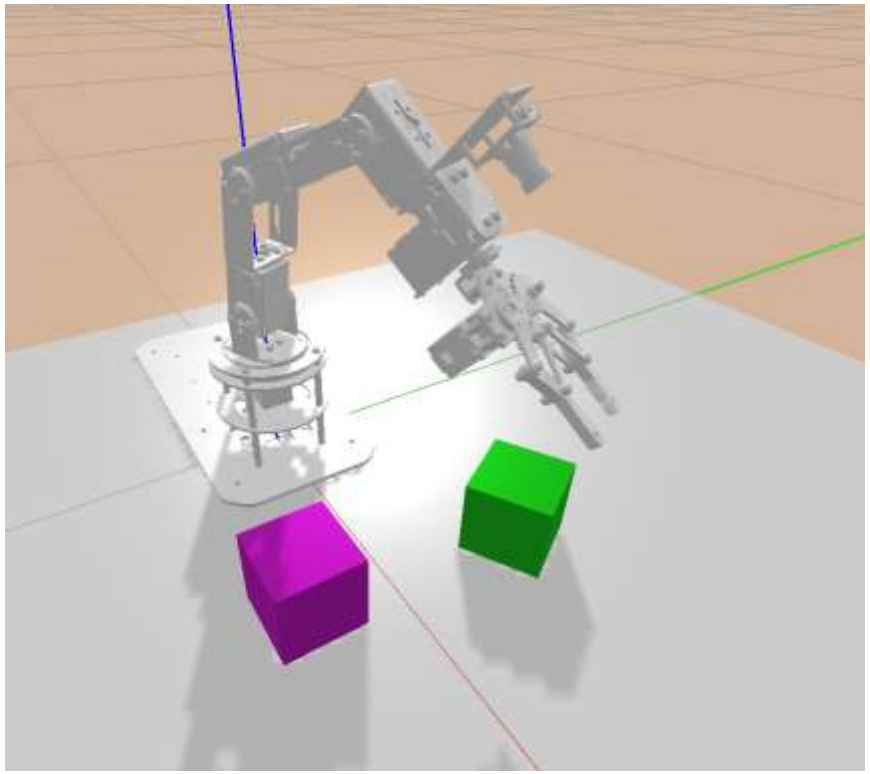
末端位姿读取

```
def dofbot_joint_control(self,jointPoses):  1 usage
    self._dofbot.jointControl(jointPoses)
    p.stepSimulation()
    time.sleep(self._timeStep)

def dofbot_setInverseKine(self,pos,orn = None):  1 usage
    jointPoses = self._dofbot.setInverseKine(pos, orn)
    return jointPoses

def get_dofbot_jointPoses(self):
    jointPoses = self._dofbot.get_jointPoses()
    return jointPoses

def get_dofbot_pose(self):
    pos,orn = self._dofbot.get_pose()
    return pos, orn
```



机械臂+两个物块

机械臂正逆运动学模型学习大作业

任务与报告要求

任务目标

基于已有仿真数据集或自己生成的数据集选择合适的神经网络结构，训练得到机械臂的正逆运动学模型，并**评估训练得到模型的精度。**

报告要求

任务四：在仿真环境中自行采集数据集，基于采集的数据集可视化工作空间

任务五：选择合适的神经网络结构，设置训练参数，基于采集/已有的数据集训练得到正逆运动学模型；

任务六：评估训练得到的正逆运动学模型的预测结果；

拓展任务：基于【解析 + MLP拟合残差】的方案实现正运动学建模，并用该模型监督逆运动学模型的训练，对比验证精度（自选可加分）

机械臂正逆运动学模型学习大作业

任务四：数据采集与工作空间可视化

1、数据采集阶段函数：collect_dofbot_dataset(num_envs, num_samples, show_gui)

- num_envs：并行环境数，基于电脑性能自行设置，默认为2；
- num_samples：总样本数。建议至少 10 k 以上；
- show_gui：是否可视化数据采集过程；
- 自动保存：dataset/{num_samples}/dofbot_fk_{num_samples}.csv

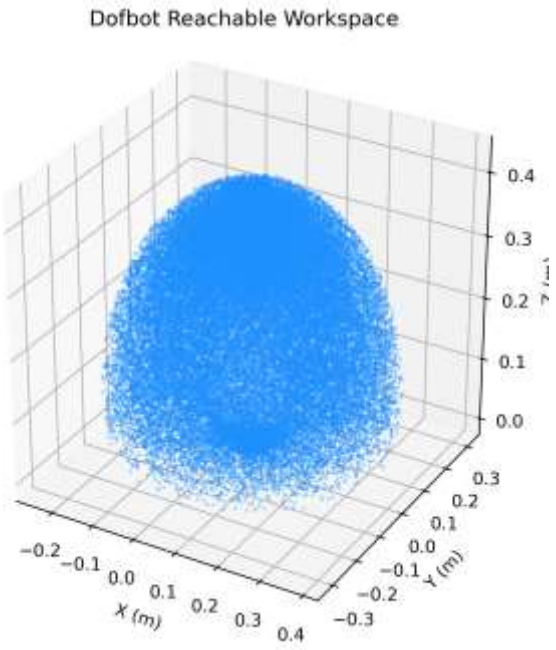
2、工作空间可视化函数：visualize_workspace(data)

- 画 3D 散点图，颜色按 z 高度映射。
- 观察：是否有“空洞”、是否对称。

函数调用模板：

```
# 采集数据
collect_data = collect_dofbot_dataset(num_envs=2, num_samples=5000, show_gui=True)

# 可视化工作空间
visualize_workspace(data=collect_data)
```



机械臂正逆运动学模型学习大作业

任务五：模型训练

3、神经网络结构选择：包括网络模型、网络层数以及每层的神经元数量等

```
# 训练正逆运动学模型
fk_model, fk_dir, fk_path = train_dofbot_model(data_path='dataset/60000/dofbot_fk_60000_norm.csv',
                                               model_type='mlp', mode='fk', fk_out_cols=['x', 'y', 'z', 'roll', 'pitch', 'yaw'],
                                               epochs=2000, lr=1e-3, hidden_layers=[128, 128, 64])
ik_model, ik_dir, ik_path = train_dofbot_model(data_path='dataset/60000/dofbot_fk_60000_norm.csv',
                                              model_type='mlp', mode='ik',
                                              ik_in_cols=['x', 'y', 'z', 'roll', 'pitch', 'yaw'],
                                              epochs=2000, lr=1e-3, hidden_layers=[128, 128, 64], fk_path = fk_path)
```

4、训练损失函数学习：FK/IK损失函数（IK考虑基于已训练的FK模型监督训练）

```
def compute_ik_loss(q_pred, q_true,
                    pose_true=None, fk_ref=None,
                    w_pos=0.9, w_ori=0.1):
    """
    IK 损失（末端矩阵级加权版）
    参数
    ----
    q_pred : [B, 5]  预测关节角（归一化）
    q_true : [B, 5]  真值关节角（仅监控）
    out_true:[B, 12] 真值末端矩阵 [r,g,z | 9-elements-of-R]
    fk_ref : 冻结的 FK 网络，输入 q 输出 [B,12]
    w_pos  : 位置误差权重
    w_ori  : 姿态误差权重

    返回
    ----
    loss : 标量张量
    info : dict
    """
```

```
def compute_fk_loss(y_pred, y_true, w_pos=0.9, w_ori=0.1):
    """
    FK 损失（末端矩阵级加权版）
    参数
    ----
    y_pred : [B, 12]  预测位姿（归一化）
    y_true : [B, 12]  真值位姿（仅监控）
    w_pos  : 位置误差权重
    w_ori  : 姿态误差权重
    返回
    ----
    loss : 标量张量
    info : dict
    """
```

机械臂正逆运动学模型学习大作业

任务六：模型验证

5、调用训练得到的正逆运动学模型验证其预测结果，以从仿真环境中读取到的关节角度（或末端位姿）为真值，计算误差并分析原因；

```
# # # 仿真任务6、  验证训练得到的正逆运动学模型预测结果，分析误差原因
# # # # 可参考demo
# validator = ModelValidator(
#     fk_model_path=fk_path,
#     ik_model_path=ik_path,
#     stats_path=stats_path,
#     input_keys_fk=['q1_sin','q1_cos','q2_sin','q2_cos','q3_s
#     output_keys_fk=['x', 'y', 'z', 'nx', 'ny', 'nz', 'ox', '
#     input_keys_ik=['x', 'y', 'z', 'nx', 'ny', 'nz', 'ox', 'o
#     output_keys_ik=['q1_sin','q1_cos','q2_sin','q2_cos','q3_
#     hidden_layers_fk=fk_hidden_layers,
#     hidden_layers_ik=ik_hidden_layers,
# )
```

```
# # 6.1 生成 100 组随机关节角做正运动学模型验证
# rand_q = np.random.uniform(
#     low=[0] * 5, high=[np.pi] * 5, size=(100, 5)
# )
# fk_res = validator.validate_fk(rand_q)
# print("fk 平均位置误差: %.2f mm" % fk_res["err_dict"]["mean_err_mm"])
# print("fk 最大位置误差: %.2f mm" % fk_res["err_dict"]["max_err_mm"])
# validator.plot(fk_res["err_dict"], save_path="results/model_results/error_analysis_fk.png")
#
# # 2. 生成 100 组随机末端位姿做逆运动学模型验证
# tgt_pose = np.random.uniform([-0.2, -0.3, 0.1], [0.3, 0.3, 0.4], (100, 3))
# I9 = np.tile(np.eye(3).ravel(), (100, 1))
# tgt_pose = np.hstack([tgt_pose, I9])
# ik_res = validator.validate_ik(tgt_pose)
# print("iK 平均位置误差: %.2f mm" % ik_res["err_dict"]["mean_err_mm"])
# print("ik 最大位置误差: %.2f mm" % ik_res["err_dict"]["max_err_mm"])
# validator.plot(ik_res["err_dict"], save_path="results/model_results/error_analysis_ik.png")
```

机械臂仿真操作

Dofbot机械臂仿真

仿真初始化：

```
class DofbotEnv:  1 usage
    def __init__(self):
        self._timeStep = 0.02
        p.connect(p.GUI)
        p.setPhysicsEngineParameter(numSolverIterations=150)
        p.setTimeStep(self._timeStep)
        p.setGravity( gravX 0,  gravY 0, -9.8)
        p.loadURDF( fileName "models/floor.urdf",  basePosition [0, 0, -0.625], useFixedBase=True)
        p.loadURDF( fileName "models/table_collision/table.urdf",  basePosition [0.5, 0, -0.625],p.getQuaternionFromEuler([0, 0, 0]),
                   useFixedBase=True)
        self._dofbot = dofbot("models/dfbot_urdf/dofbot.urdf")
        self._object1 = Object( urdfPath "models/box_green.urdf", block=True,num=1)
        self._object2 = Object( urdfPath "models/box_purple.urdf", block=True,num=2)
```

关节角度控制

逆运动学

关节角度读取

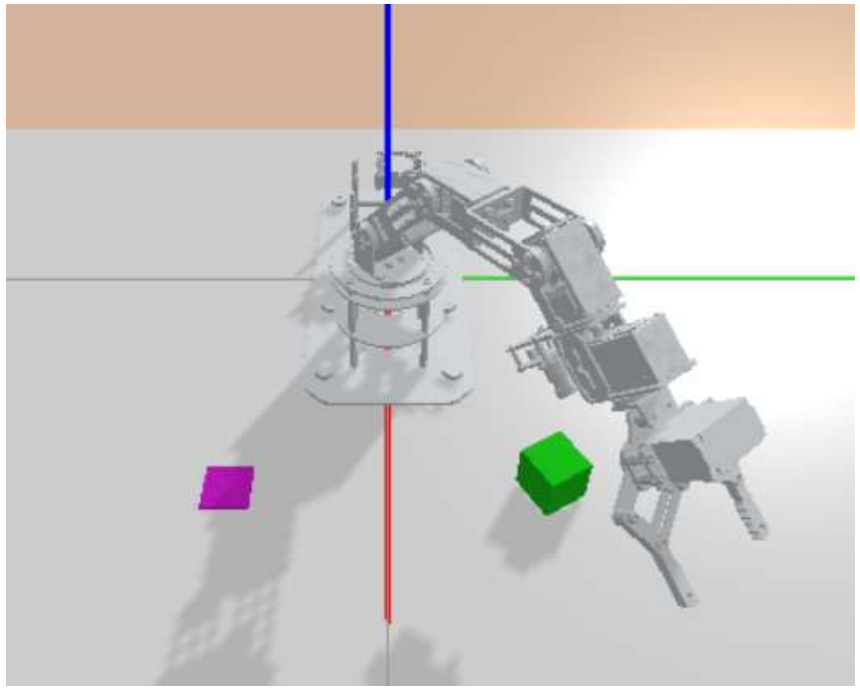
末端位姿读取

```
def dofbot_joint_control(self,jointPoses):  1 usage
    self._dofbot.jointControl(jointPoses)
    p.stepSimulation()
    time.sleep(self._timeStep)

def dofbot_setInverseKine(self,pos,orn = None):  1 usage
    jointPoses = self._dofbot.setInverseKine(pos, orn)
    return jointPoses

def get_dofbot_jointPoses(self):
    jointPoses = self._dofbot.get_jointPoses()
    return jointPoses

def get_dofbot_pose(self):
    pos,orn = self._dofbot.get_pose()
    return pos, orn
```



机械臂，一个物块，一个目标点

作业（机械臂仿真部分）

任务说明：在PyBullet中，控制Dofbot机械臂完成物块抓取放置任务

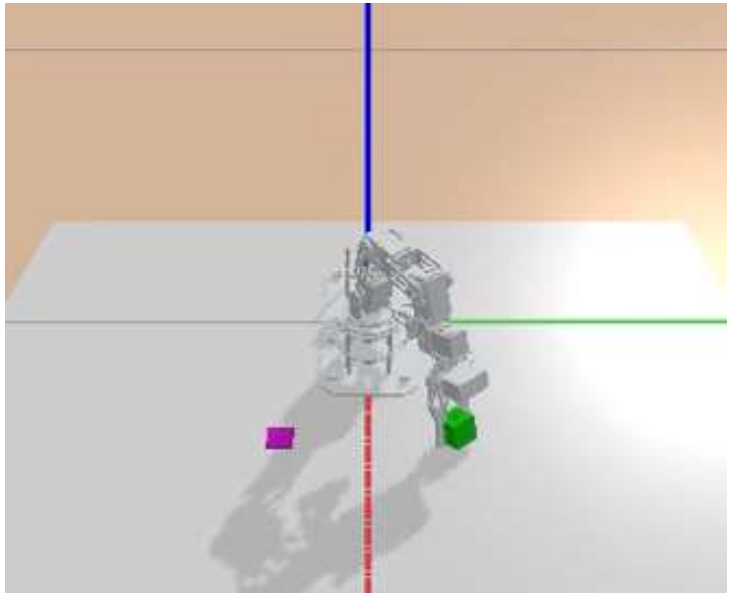
（如使用额外工具需在报告中说明）

仿真任务七：

1. 夹取物块，坐标：（0.2，0.1， 0.015）欧拉角：（0，0，pi/6）正方体物块尺寸：0.03
2. 物块放置到目标位置 （0.2，-0.1，0.015）

* 注意事项：

1. 仿真中需要注意，机械臂所有舵机默认位置为关节角度为pi/2的位置。
2. 计算机械臂逆运动学时需要注意，由于实验使用的机械臂模型并没有全自由度，因此只有合法的工作空间姿态才能求解出合法的关节空间姿态。
3. block_pos拿到的是物体中心的位置坐标，而逆运动学输入的是末端夹爪中心的位置坐标，为防止夹爪和地面碰撞以及抓取成功需要适当对目标空间位置增加补偿，代码中提供参考值：(obj_offset_grasp, obj_offset_move, obj_offset_set)

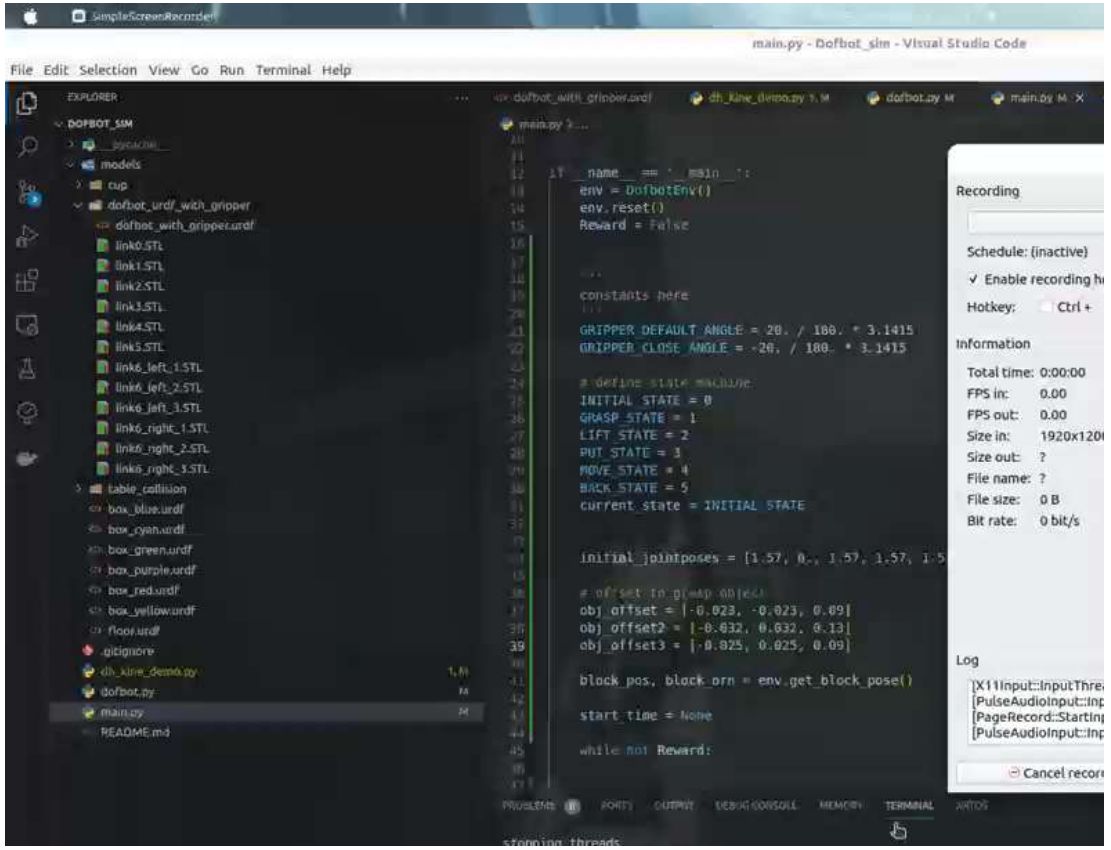


Dofbot机械臂仿真效果演示

实现提示：

将夹起物块并放下的过程分为5个状态：

1. 将机械臂从初始位置移动到目标位置
2. 夹起物块
3. 将物块提起
4. 夹起物块并移动到目标位置
5. 放下物块



作业（机械臂仿真部分）

报告要求:

任务一：给出 Dofbot 机械臂在给定关节角度下的正运动学解，并在报告中附上 RobotToolboxPython 给出的运动学姿态仿真。

任务二：给出 Dofbot 机械臂在给定笛卡尔空间姿态下的逆运动学解，并在报告中附上 RobotToolboxPython 给出的运动学姿态仿真。

任务三：绘制机械臂工作空间（至少500个点）

[要求]:

- 给出机械臂的 DH矩阵以及其坐标系建立 方法
- 针对前两个任务，给出每个数据对应解、以及姿态仿真截图
- 针对第三个任务，给出工作空间采样点阵图
- 在提交附件中包含带有注释的实现代码

作业（机械臂仿真部分）

报告要求:

任务四：给出采集到的数据点分布的立体图；并简述数据点采样过程。

任务五：给出选取的神经网络结构以及训练参数，简要概述理由；写出训练使用的损失函数计算方式，绘制训练损失变化图（注明训练轮次）；并简述训练步骤。

任务六：给出模型预测下的正逆运动学求解结果；给出从仿真环境中读取到的关节角度（或末端位姿）真值；介绍误差计算方式；给出训练模型预测结果，并分析误差原因

拓展任务：给出实现思路，选取的神经网络结构以及训练参数，绘制训练过程损失的可视化图，对比两种训练方式的优劣。

[要求]:

- 在提交附件中包含带有注释的实现代码

作业（机械臂仿真部分）

报告要求:

任务七：夹取物块并将物块放置到目标位置

[要求]:

- 描述该任务实现思路以及实现方法
- 在提交附件中包含带有注释的实现代码，结果视频

注：如在实现任务过程中用到了第三方库，请在报告中说明。

机械臂仿真操作

简介

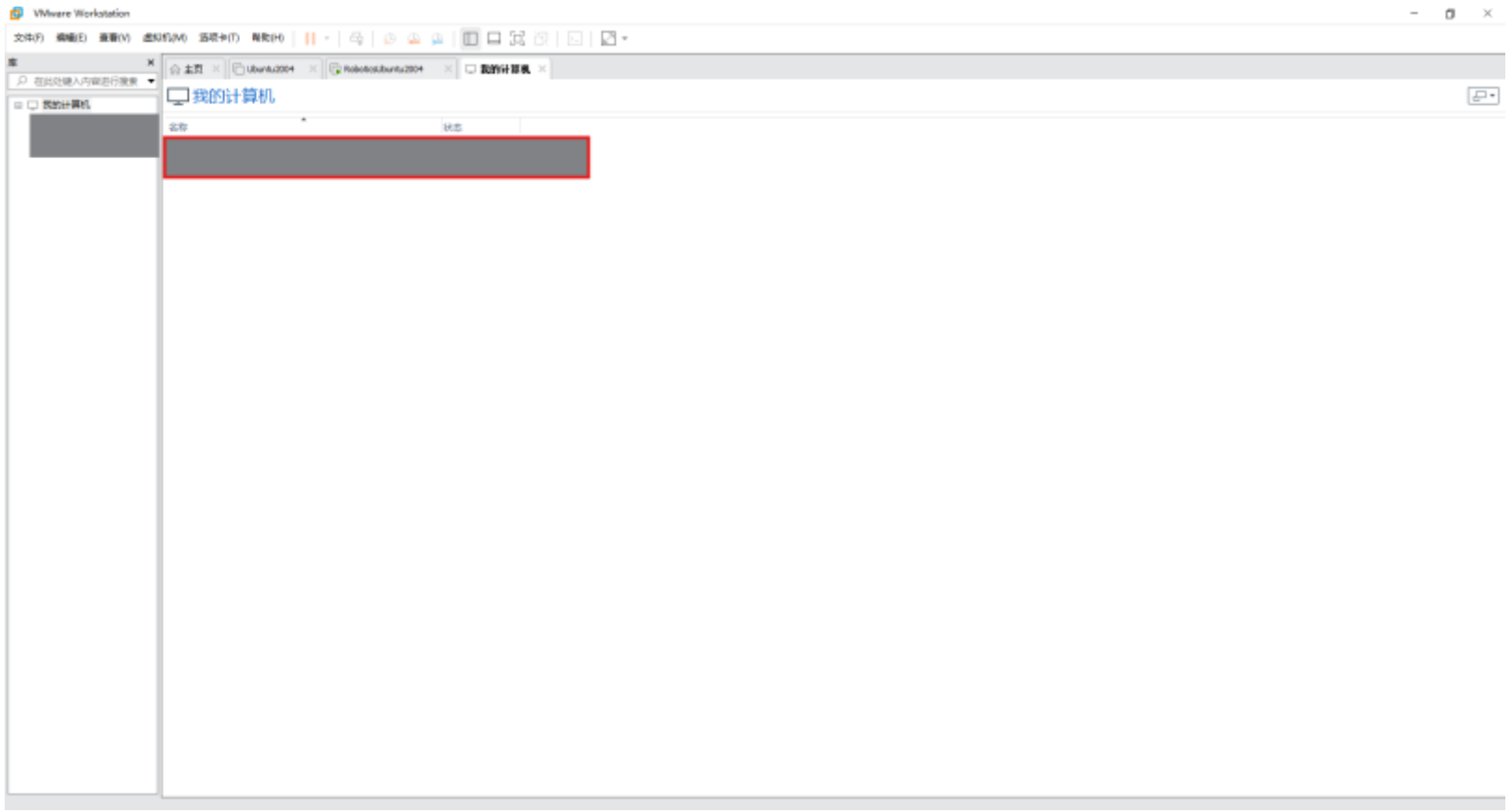
在实践课中，我们将使用**Linux系统Ubuntu20.04**进行程序编写，运行机械臂仿真与目标检测程序。可以使用虚拟机安装Ubuntu20.04操作系统。
交大软件授权中心中提供了VMware Workstation的安装授权，我们使用VMware Workstation进行虚拟机搭建。

交大软件授权中心（VMware）：
https://software.sjtu.edu.cn/List/View/339

Ubuntu操作系统版本：
20.04 64位

虚拟机安装

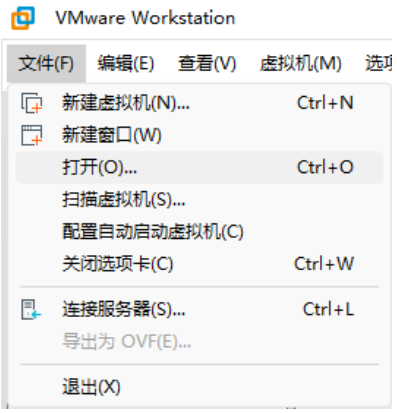
打开VMware



虚拟机安装

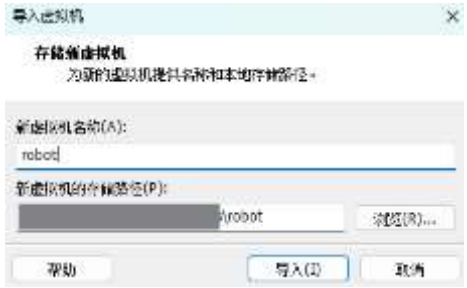
通过Jbox下载已经配置好的虚拟机环境镜像：

分享内容: 机器人学2025年大作业文件下载链接:
https://pan.sjtu.edu.cn/web/share/dc4a29d61238eeb9a4f6dc95b24ec389
提取码: 2025



打开Vmware，文件->打开->选中从交大云盘中下载的ovf文件，打开虚拟机。

设定自己的虚拟机名称和虚拟机存储路径，导入虚拟机。



虚拟机安装

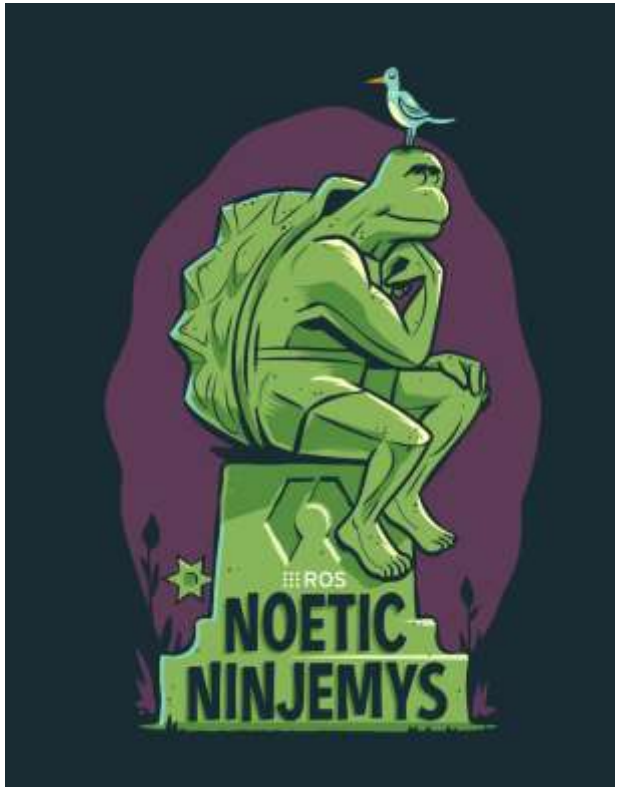
用户名：robot
密码：robot

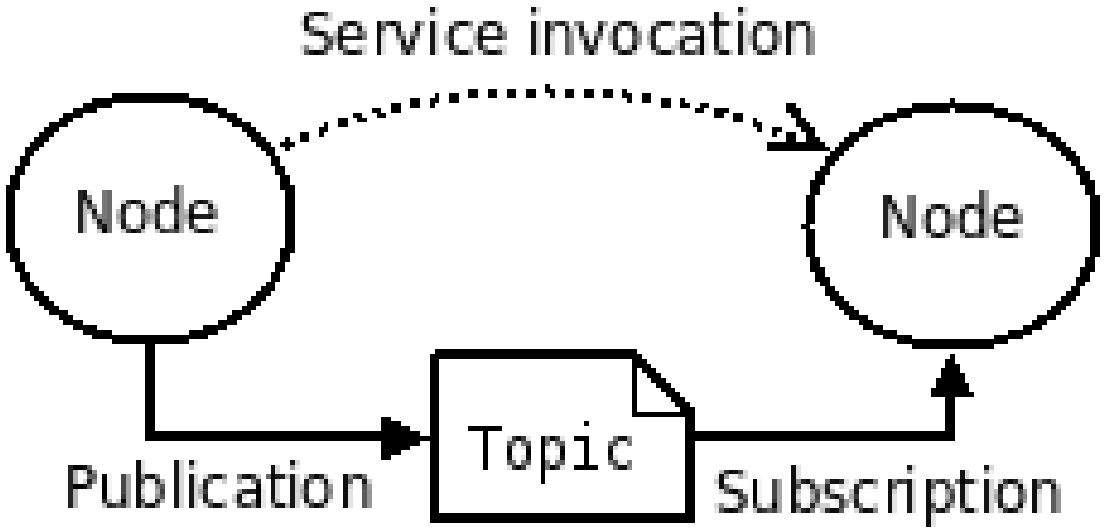
打开虚拟机

ROS 机器人操作系统

简介

在实践课中，我们将通过ROS来控制机械臂。
ROS，全称机器人操作系统，是一款分布式操作系统，作为不同机器人系统之间的通信中间件。
各个机器人系统被作为一个个节点（node），他们之间通过话题（topic）来传递信息（message）和发布服务（service）。

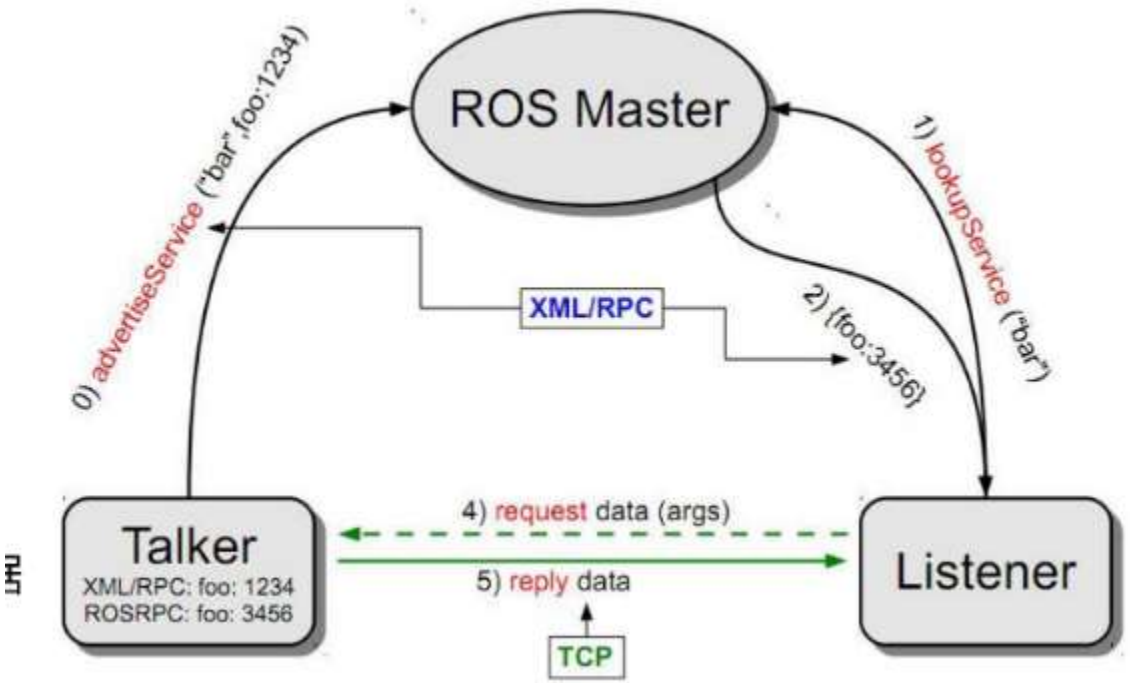




ROS基础知识

节点

节点由一个核心（roscore）进行管理。ROS的节点可以通过设置ip地址，在同一个局域网下进行通信。在我们实验中，roscore在机械臂单片机上运行。故而，在我们上位机上，只需要设置机械臂单片机上运行的ROS核心的ip地址，便可与机械臂进行通信。



本机ip地址

```
export ROS_HOSTNAME=192.168.1.189
```

```
export ROS_MASTER_URI=http://192.168.1.123:11311
```

单片机上ROS核心ip地址

ROS基础知识

话题

ROS话题是由发布者发布的，同时由接收者接收，从而实现不同节点间的通信。ROS提供了简单的命令行接口来查看当前整个ROS系统中的话题

```
comoer@comoer-G3-3500:~/Workspace/projects/src/robot_arm_control$ rostopic list
/rosout
/rosout_agg
```

rostopic list # 列出当前所有话题
rostopic info <话题名> # 查看话题信息，包括其发布者和订阅的接收者
rostopic echo <话题名> # 打印话题发布的消息内容

消息

ROS话题发布一定类型的消息。消息一般呈现为一个基本数据类型组合的结构体。
ROS提供了简单的命令行接口来查看消息的组成。

rosmsg show/info <消息名>

```
irmv@irmv:~/workspace/zy/ws_grasp$ rosmsg info sensor_msgs/JointState
std_msgs/Header header
  uint32 seq
  time stamp
  string frame_id
string[] name
float64[] position
float64[] velocity
float64[] effort
```

ROS机械臂控制

机械臂控制

我们可以通过自己编写的脚本来控制机械臂，脚本将通过**发布和接收话题**和单片机上的控制程序交互。

ROS提供了简单的Python接口rospy。在rospy中，一个基本的流程为建立节点，定义该节点的发布者Publisher（发布话题向其他节点传递消息），接收者Subscriber（接收其他节点的消息）。

```python
import rospy
from sensor_msgs.msg import JointState

1 usage
def callback(data:JointState):

    angles = data.position
    print("Angles are ",angles)

if __name__ == '__main__':
    rospy.init_node("Arm3")

    rospy.Subscriber( name: "/dofbot/joint_states", JointState, callback)

    rospy.spin()
```

回调函数，获取机械臂六个关节角度

定义接收者

机械臂关节角度读取

```python
import rospy
from sensor_msgs.msg import JointState


if __name__ == '__main__':
    rospy.init_node("Arm2")

    pub = rospy.Publisher("/dofbot/cmd", JointState, queue_size=10)

    rate=rospy.Rate(10)

    angle = 10


    while not rospy.is_shutdown():

        angles = [90 for _ in range(6)] +[100]

        angles[2] = angle
        angle += 0.1

        msg = JointState()
        msg.header.stamp = rospy.Time.now()
        msg.position = angles
        msg.name = [f"Joint{i}" for i in range(6)]

        pub.publish(msg)

        rate.sleep()
```

定义发布者，以发布控制指令

发布指令，前六位为目标机械臂关节角度，最后一位为运行时间

发布消息

机械臂关节控制

ROS机械臂控制

RealEnv类

基于上述基本命令封装了RealEnv类，便于同学们控制实际机械臂。

功能函数：

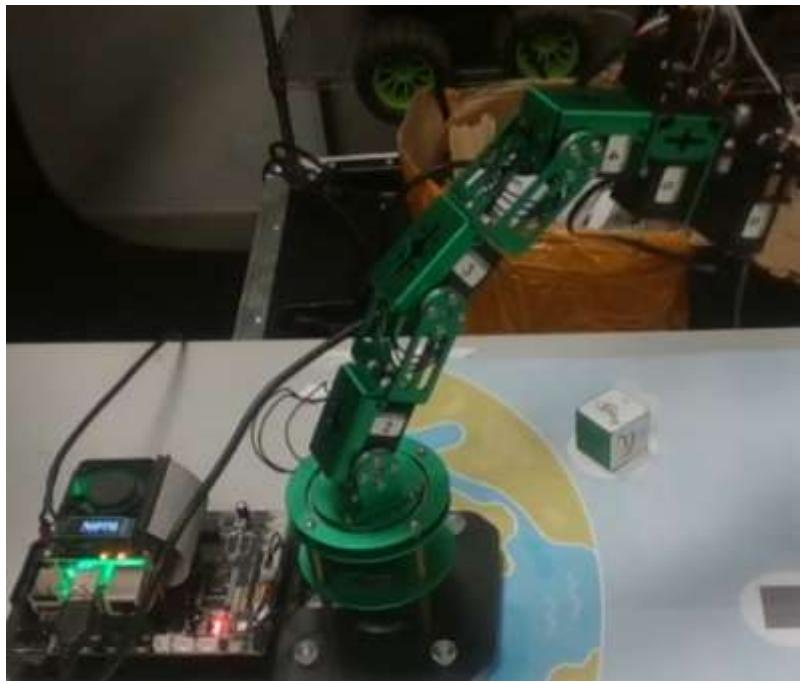
env.reset()：
实现机械臂复位

env.get_state()：（内部调用机械臂关节读取命令）
得到当前机械臂关节角度

env.step(joints, gripper_angle)：
（内部调用机械臂关节控制命令）
当joints和gripper_angle分别非空时，
控制前五关节角度和夹爪。

Ps：夹爪角度不应设置太大，低于140度，
太大会导致夹爪损坏

机械臂复位状态



机械臂运动控制

作业（实机部分）

任务说明：使用Dofbot机械臂完成物块抓取放置任务

已知条件：
（1）物体初始位置和放置位置确定
（2）机械臂参数已知
（3）可通过**示教**获取**初始位置**夹取和最后放置位置的机械臂关节参数
（5）助教提供机械臂端ROS代码和控制端环境接口代码，以及需要补全的控制代码

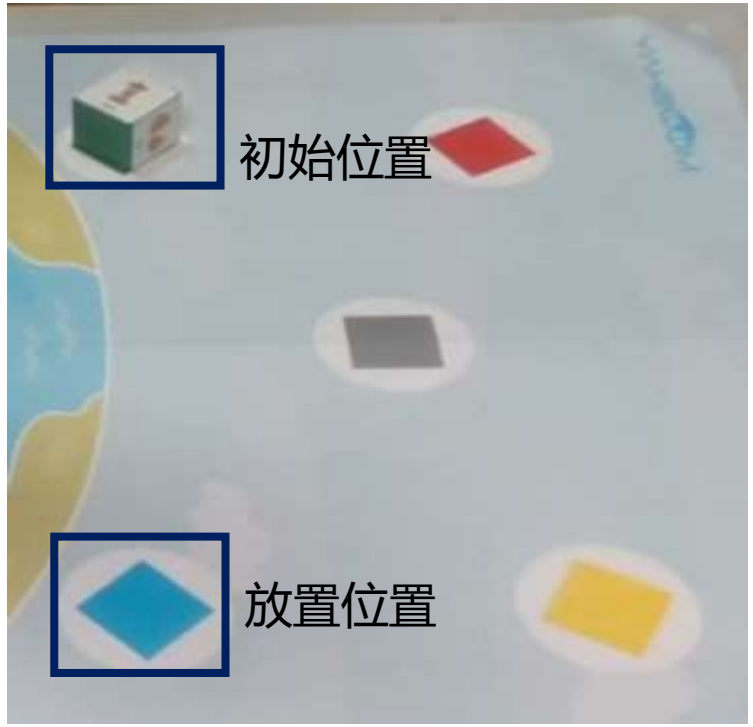
代码环境：
Python， ROS

任务要求：

基于仿真实验和相应的控制代码，结合ROS与Dofbot机械臂进行通信，控制机械臂完成实机抓取放置任务，即机械臂抓取**初始位置**处物块放置到**放置位置**（**不要求精准放置，放置到粗略位置即可**）。

Ps: 作业最终效果要求可参照实现思路参考的完整demo部分。

报告要求:
姓名，学号，班级
实现思路
代码
图片



作业-实现思路参考（实机部分）

手动示教标定物块抓取关节位置

目标关节角度

基于RealEnv控制关节角度，操控机械臂夹取物块

手动示教标定物块放置关节位置

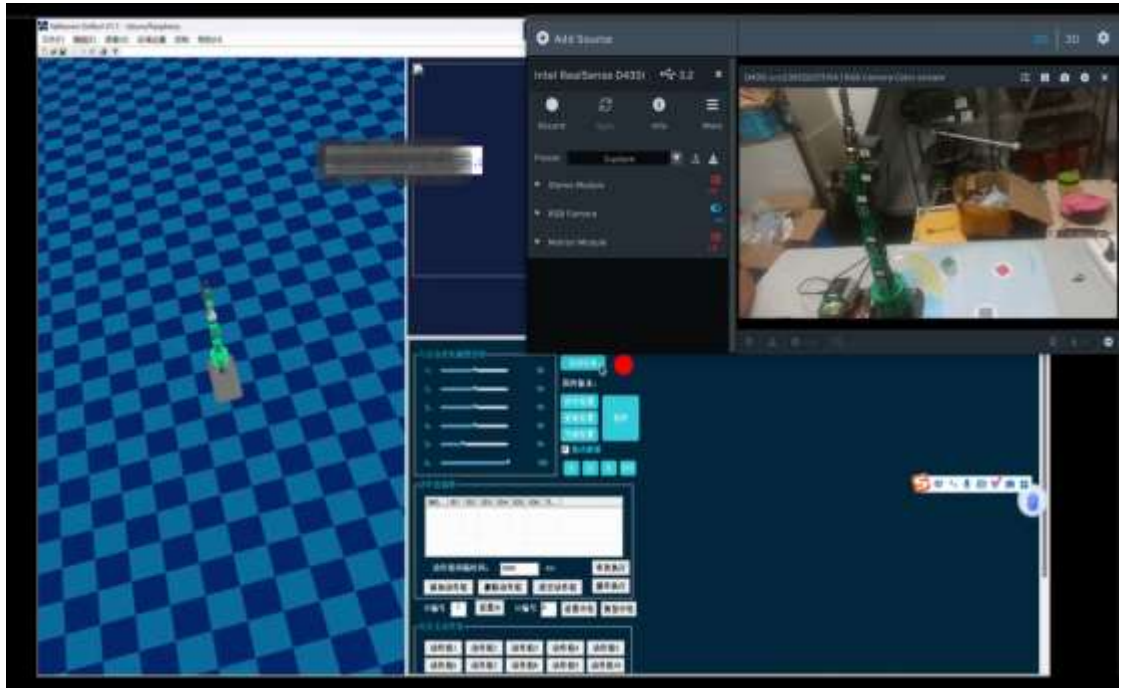
放置关节角度

控制机械臂关节角度至放置位置，放置物体

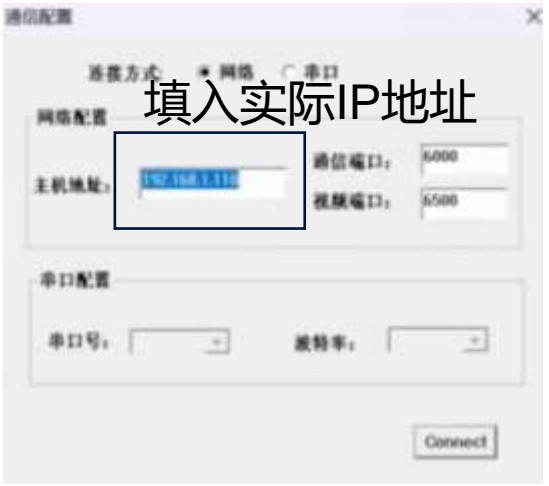
任务pipeline

步骤1：通过示教软件手动示教获得物体抓取位置，记录抓取放置在**绿色区域的方块**时的关节位置

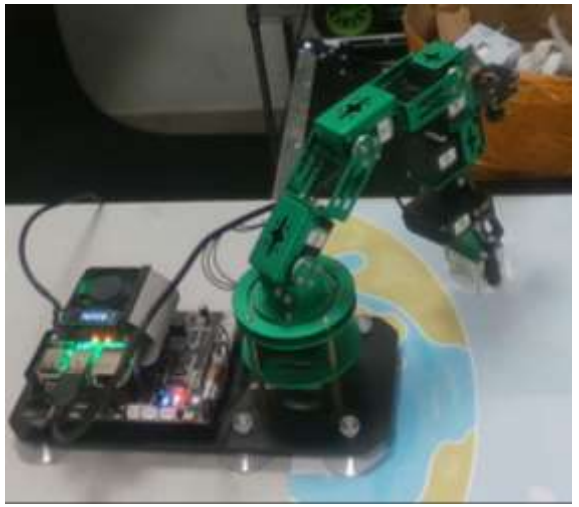
大致角度为（137,51,52,2,90,120）便于同学们调整（最后一位是夹爪，120是夹取角度）



手动示教演示视频



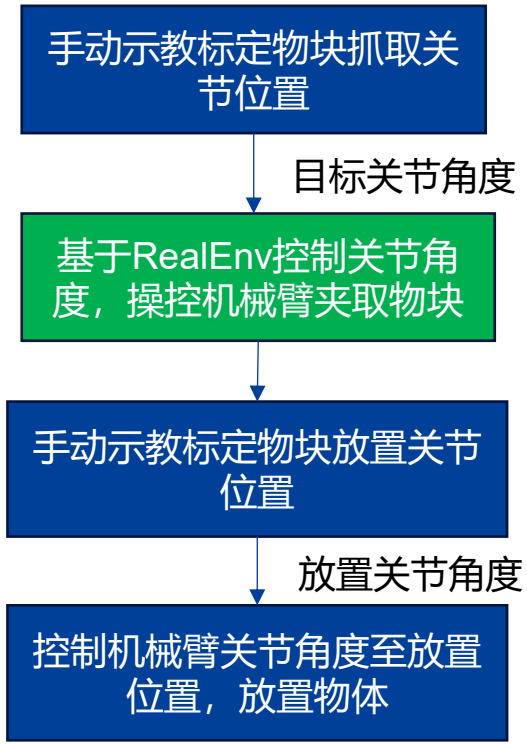
手动示教标定结果



手动示教标定结果

作业-实现思路参考（实机部分）

步骤2：基于RealEnv控制关节角度，操控机械臂夹取物块



任务pipeline

机械臂的IP

```
(dexcap) irmv@irmv:~/dofbot/src/dofbot_ctrl/script$ export ROS_MASTER_URI=http://192.168.1.110:11311
(dexcap) irmv@irmv:~/dofbot/src/dofbot_ctrl/script$ export ROS_HOSTNAME=192.168.1.191
(dexcap) irmv@irmv:~/dofbot/src/dofbot_ctrl/script$ rostopic list
/dofbot/cmd
/dofbot/joint_state
/rosout
/rosout_agg
```

同学们电脑的IP

ROS IP设置，通过rostopic list检查是否连上机械臂

环境初始化

```
# 调用realenv
env = RealEnv()
env.reset()
```

中间路点+状态机示例

```
# 可以实现简单状态机来实现分段控制
# 状态机的中间路点
points = [
    np.asarray([90., 90., 90., 90., 90.]), # 初始位置
    ...
]

for i in range(len(points) - 1):
    # 取出路点并做路径规划得到路径
    path = ...
    for p in path:
        # 执行路径上各点
        # env.step(joint=...)可以控制关节
        # env.step(gripper=...)可以控制夹爪
        # 建议分开控制
        ...
```

机械臂控制

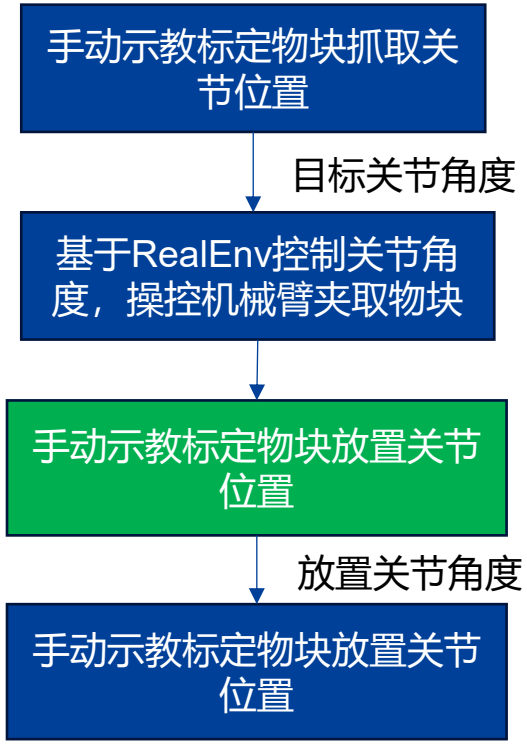
Tips:中间路点对于任务成功非常重要，通过线性插值得到中间路点

助教提供不完整示例代码

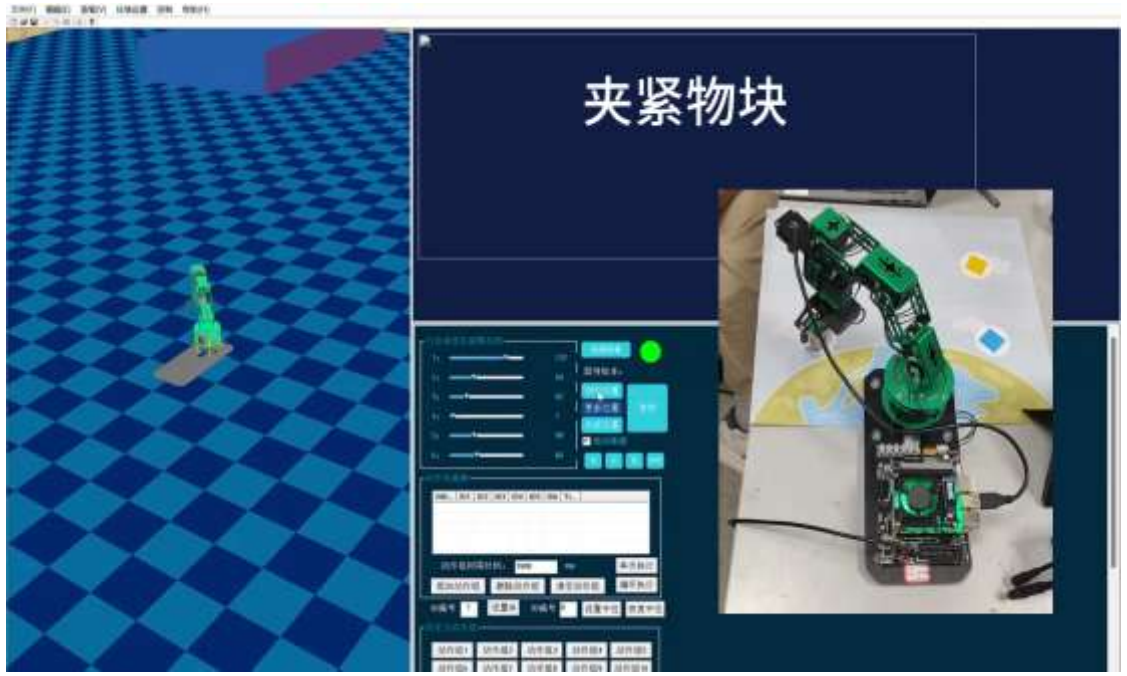
作业-实现思路参考（实机部分）

步骤3：通过示教软件手动示教获得物体放置位置，记录机械臂将物块放置在**蓝色区域**时的关节位置

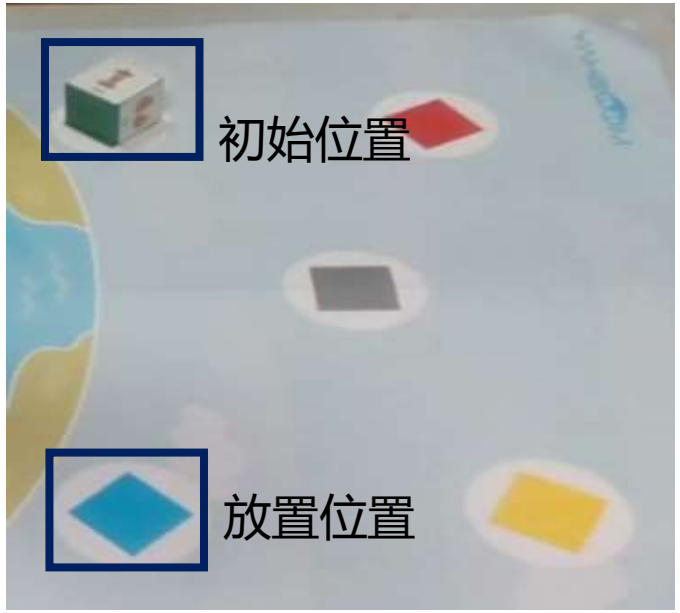
大致角度为（40,61,42,7,90,94）便于同学们调整（最后一位是夹爪，94是放开角度）



任务pipeline



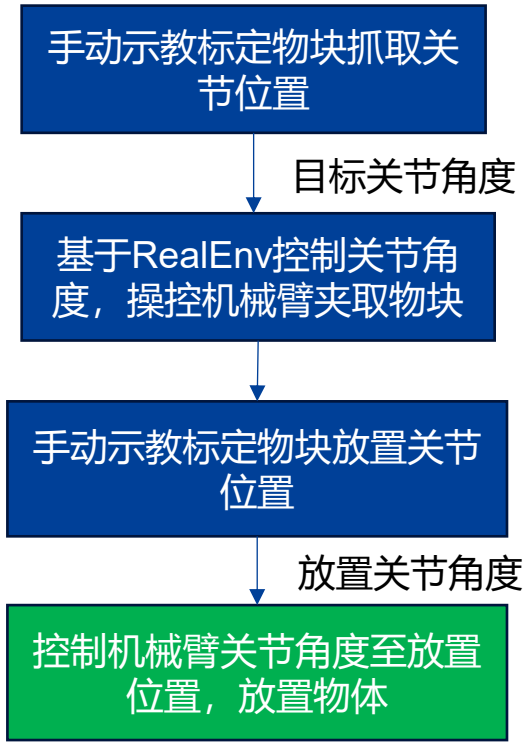
手动示教放置位置演示视频



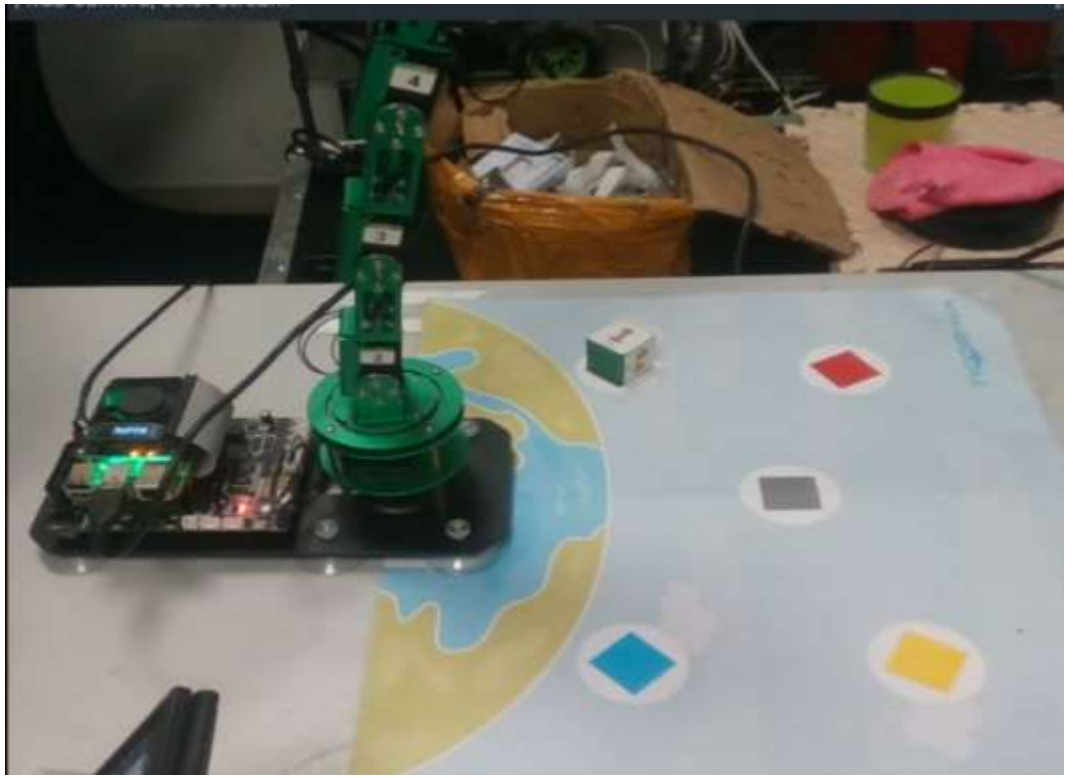
放置位置示意

作业-实现思路参考（实机部分）

步骤4：控制机械臂关节角度至步骤3得到的放置位置，放置物体



任务pipeline



完整抓取放置demo效果

作业（实机部分）

小组划分与时间选择：

小组划分：

自由组队：3~6人/组

实机操作时间段选择**（日期待定）**：

周六：9:00—10:00，10:30—11:30，12:00—13:00
13:30—14:30，15:00—16:00，16:30—17:30
18:00—19:00，19:30—20:30，21:00—22:00

周日：9:00—10:00，10:30—11:30，12:00—13:00
13:30—14:30，15:00—16:00，16:30—17:30
18:00—19:00，19:30—20:30，21:00—22:00

补实验：自行找助教补预约

谢谢！