

Part2 传感系统（视觉）——Hand-Eye Calibration手眼标定

相关理论:

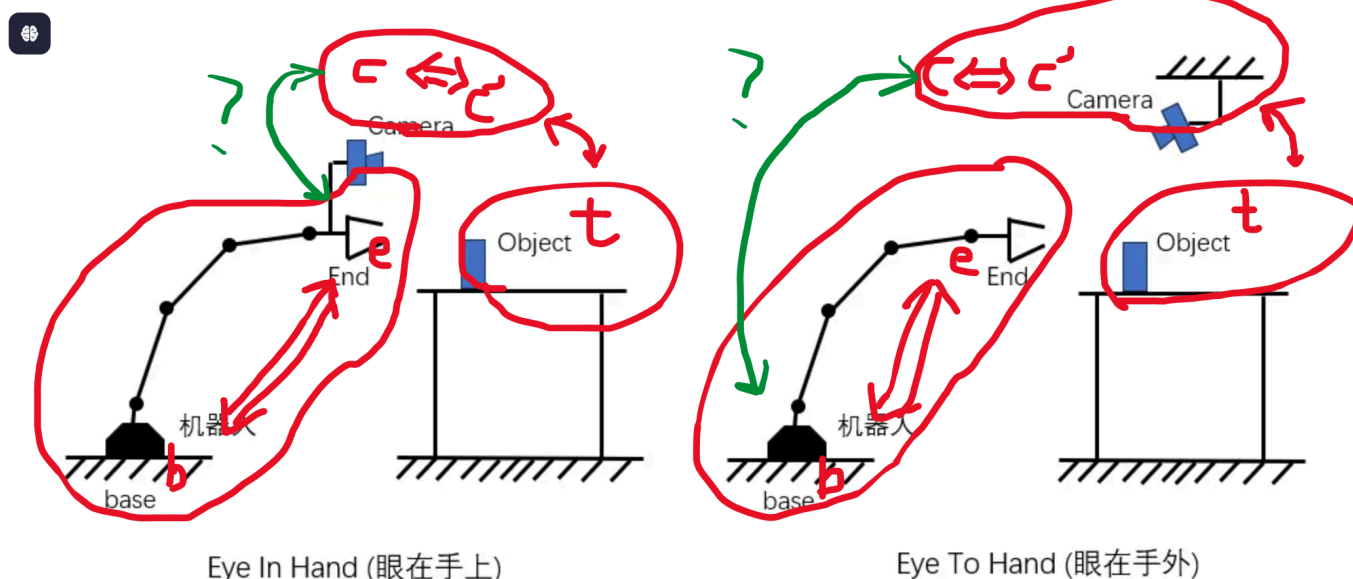
A. 坐标系表示&转化矩阵

- PS&理论补充(Part2) > A1. 坐标系表示:
- PS&理论补充(Part2) > A2. 坐标系转化——齐次变换矩阵 T_i^j :
- PS&理论补充(Part2) > A3. relationship:

功能:

- 局限性/假设: 仅适合静态刚性的系统, 即必须机器人基座位置固定或相机位置固定
- Step1. (标定板位置固定通过多次测量) 高精度校准、得到相机看到的-机器人坐标系的固定转换关系 (感知系统: target坐标系——>机器人系统: 机器人末端/基座坐标系), 即把“相机看到什么”转化为“机器人知道在哪”
 - 相机视觉 (相机视角里target的位置: 即target坐标系——图像坐标系: 像素 (u, v)): 传感器看到的, 已知
 - 相机内参 (图像坐标系: 像素 (u, v) ——相机坐标系: 3D坐标 (X, Y, Z) , 原点在相机光心): 镜头焦距、畸变等, 一般相机出厂时内参已标定完成, 保存在相机内部; 已知
 - 相机外参 (相机坐标系: 3D坐标 (X, Y, Z) , 原点在相机光心——机器人末端/基座坐标系): Hand-Eye Calibration, 待标定
- Step2. (target位置任意) 通过相机看到的-机器人坐标系的转换关系, 得到target在机器人系统中的位置
- 机器人感知模块 (Perception) 下的 几何标定 (Geometric Calibration) 子模块; 已知机器人系统中target位置后, 控制模块再根据 $Pose_in_robot$ 去规划运动

Step2: target在机器人系统中位置的确定



如图, 有3个部分:

- 机器人系统 (End-base转换关系可以通过机器人系统直接获得, 故可视为一个部分)
- 相机 (镜头焦距、畸变等相机内参, 一般相机出厂时内参已标定完成, 故可视为一个部分)
- 待测target位置

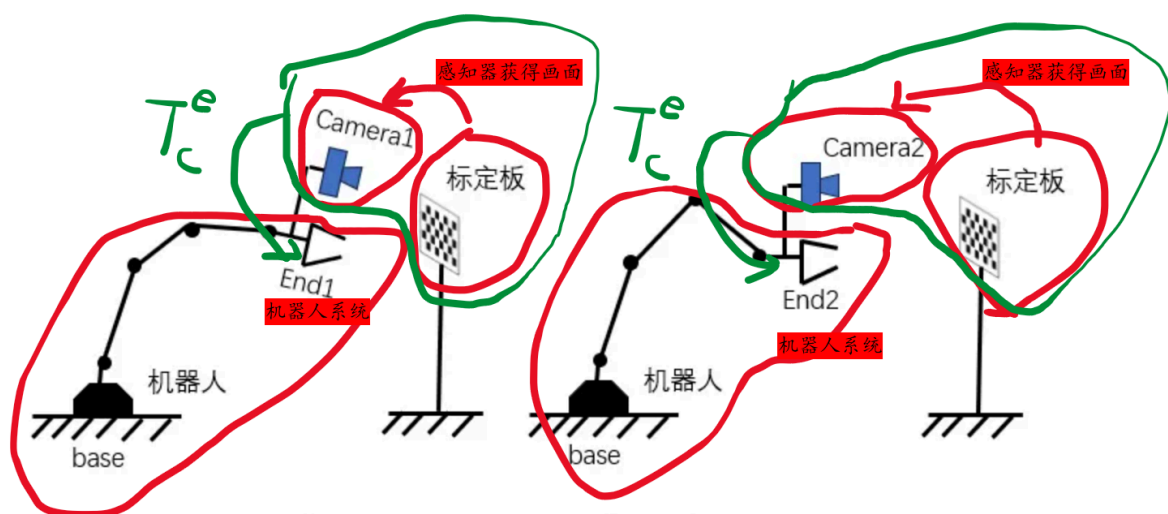
而 $c \leftarrow t$ 就是视觉传感器直接测出来的

即已知相机到target的转换关系, 只需求相机到机器人坐标系的固定转换关系 T_c^e (Eye In Hand) 或 T_c^b (Eye to Hand) 即可

Step1: (标定板固定) 求解校准 T_c^e (Eye In Hand) 或 T_c^b (Eye to Hand)

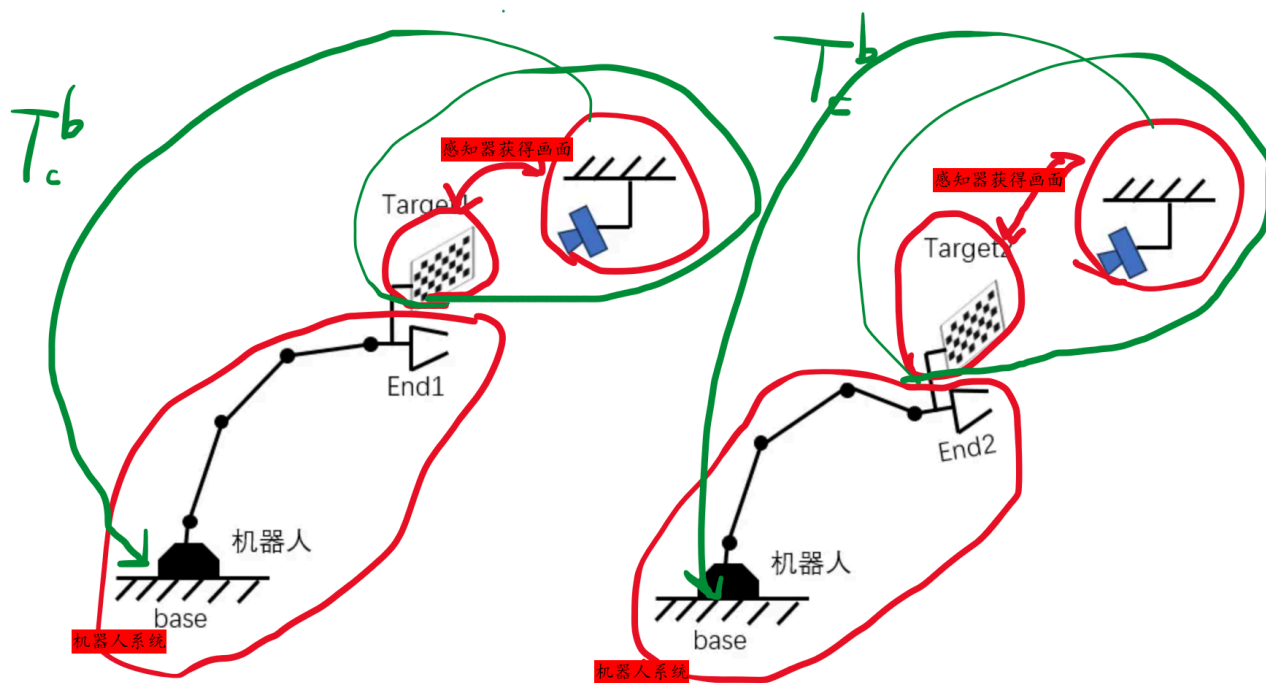
需要注意的是: 只有固定值才能通过多次测量 (多个方程) 求解校准, 故我们需要找到**固定的**转换关系—— T_c^e (Eye In Hand) 或 T_c^b (Eye to Hand)

T_c^e (Eye In Hand): 相机**固定**在机械臂末端, 标定板位置**固定**



采集机械臂不同姿态下标定板数据 (Eye In Hand)

T_c^b (Eye to Hand): 相机固定, 标定板固定在机械臂末端



采集机械臂不同姿态下标定板数据 (Eye To Hand)