

实验一 机器人系统认知

实验目的：

- 了解机器人系统的基本组成
- 增强动手操作能力
- 熟悉机器人开发环境

1. 实验准备

- 1) 自行组队，两人一组，请自带笔记本。
- 2) 安装并配置 LEGO EV3 控制器的软件开发平台，如 LEGO EV3 Classroom（Scratch 语言）（**推荐**）或者 LEGO MINDSTORMS EV3 Home（图形化编程），熟悉编程和开发环境。

2. 注意事项

- 1) 请妥善保管**锂电池**。请仔细阅读安全须知：

锂电安全注意事项



- 1、禁止在任何情况下拆卸电芯。
- 2、禁止将电池浸入水中或海水中，不能受潮。
- 3、禁止在热源旁，如火、加热器等，或高温下（如强阳光或很热的汽车中），充电、使用或放置电池，否则会引起过热、起火或者功能衰退、寿命减小。
- 4、禁止将电池加热或丢入火中。
- 5、禁止直接焊接电池。
- 6、禁止将电池放入微波炉或高压容器内。
- 7、万一有电解液泄漏而接触到皮肤、眼睛或身体其它部位，应立即用清水冲洗电解液并就医。
- 8、禁止用尖锐部件，如钉子及其它利器，碰撞或刺穿电池
- 9、禁止将电池与金属物，如项链、发夹等一起运输或贮存
- 10、禁止用锤子敲击或踩踏、抛掷电池
- 11、任何时候禁止短路电芯，它会导致电芯严重损坏
- 12、一定要使用锂电池专配的充电器给电池充电

完成实验后，请将锂电池拆下放到**指定区域**充电。锂电池一般在 2 到 5 小时可充满，**绿灯**表示充电中，**红灯**表示充满。充电期间，须有交接给专人看管；充完电之后，取下充电器和锂电池，并妥善保管。

2) 实验时,请先检查各模块连线,确认无误后再按下程序块的电源键;当需要插拔程序块和电脑的数据线、连接传感器、电机等操作时,尽量先关机(程序块)再插拔,不要带电插拔。

3) 当传感器或电机状态异常,请尝试重启程序块,或重启后再重新下载源代码。

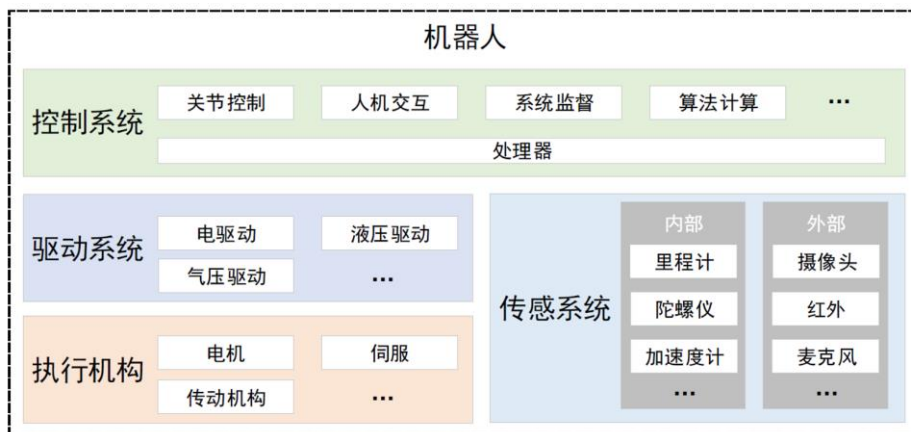
4) 实验过程中,注意保持操作空间,在遇到器材问题时,举手示意老师,禁止私下交换程序块和零配件。

5) 实验完成后,举手示意老师:验收->关机->电池充电->**整理器材**->登记成绩->离开教室。

3. 实验原理

3.1 机器人系统的基本组成

一个完整的机器人系统包括机器人本体、控制器(程序块)、传感器和电机(马达)。机器人系统的基本组成如图所示:



机器人的组成 (控制的角度)

以下我们以 LEGO MINDSTORMS EV3 教育机器人为例,介绍竞赛机器人中常用的控制器、电机和传感器。至于机器人本体,我们将使用乐高积木搭建完成,期待同学们在实验过程中不拘一格,各显神通,创造脑洞大开的机器人作品。

3.2 LEGO EV3 控制器

乐高公司从 1984 年开始与美国麻省理工学院合作,研发出现代科技与传统玩具相结合的教育型机器人套件,通过各种乐高零件和编程开发环境,将计算机与积木结合在一起,可以快速开发出各种机器人和自动化系统。因此,乐高教育机器人不仅出现在 Robot Master 等比赛中,还被许多大专院校列为程序设计及机电一体化的先导课程已被欧美一流高校普遍使用于计算机基础教育、人工智能教育。

LEGO EV3 是由乐高公司、美国麻省理工大学(MIT)和美国国家仪器(NI)共同开发的第

三代 MINDSTORMS 机器人平台，其核心控制器 LEGO EV3 程序块（Lego Bricks）是一个基于 32 位 ARM 9 的主处理器，主频 600MHz，配有 4 个输入端口和 4 个输出端口，用于连接传感器、电机等外设，1 个编程接口，用于传输数据和程序，最高支持 32G miniSD 外接存储器，具有 USB、蓝牙、WiFi 等通信接口，通过菊链还能将最多 4 个 LEGO EV3 主机进行连接协作。

由于乐高机器人平台拥有庞大用户群，丰富的软件开发环境，几乎完美支持所有主流的编程语言，通过设计算法、编写程序使机器人完成较为复杂的任务，能够培养学生应用人工智能的原理分析复杂的控制目标、完成传感器信息采集、识别目标和提高决策能力，快速掌握机器人系统的方案设计和技术开发，将理论知识与实践的结合，以一种有趣的方式展现出来，可以促进青少年的创造力和想象力，既达到了理论作用于实践的目的，也体现出了一定的科普价值，具有可观的市场应用前景。

3.3 电机

机器人需要能量源和力矩源组成一个或多个初级原动力，为执行机构提供驱动。按照能量形式，可以分为电动型、气动型、液压型。气动型的执行机构需要外部提供气压源，使用在需要非常大转矩的情况下，因此极少用于移动机器人；液压型的执行机构大量用于工程机械中，移动机器人也较少见；在竞赛机器人中常见的是电力执行机构，本课程主要介绍电机。

电机指的是把机械能转化成电能，或将电能转换成机械能的装置。电力执行机构，也就是电动机，主要分为交流（AC）和直流（DC）。交流电动机通常用于运行大功率电动机中，如水下机器人和电缆连接的大型遥控车辆（ROV）中。电机有两个时间常数：机电时间常数 T_m 和电气时间常数 T_e 。电气时间常数 T_e 是电机由于电磁惯性延迟响应的时间，定义为定子绕组的电感与电阻的比值；机电时间常数 T_m 指的是电动机从启动到转速达到空载转速的 63.2% 时所经历的时间。电机模型可以看作是两个惯性环节的串联，电机软硬件一旦确定，两种参数也随之确定。

在机器人的应用中，我们需要对速度和位置进行精密的控制。考虑这样的问题：当我们设计一个机器人时，我们希望构建一个尺寸合理的机器人，电机每转一圈所作的功率取决于电机的大小、材质以及能耗，通常配置的电机功率从几毫瓦到几十万之间。定义电机的额定功率是额定工况下所能达到的最大输出功率，等于每转一圈所做的功乘以转速，那么电机的负载越重，需要的转动力矩（扭矩）越大，转速就必须降下来；反之，如果要保持高转速就需要减轻电机的负重。如果一个电机需要同时保持较高的转速和较大的负重，就需要更高的功率，需要注意，当电机的实际功率大于额定功率，电机或被损坏；同样，当电机实际功

率小于额定功率时，电机无法正常运行。

以下介绍竞赛机器人中常用的电机。

伺服电动机 (servo motor): 在直流电机的基础上封装了嵌入式控制器，可以实现固定角度的旋转，实现对速度、位置的精确控制。如在机械臂、抓手中需要实现固定角位移的应用，伺服电机是很好的选择。

步进电机 (stepping motor): 将电脉冲转化为角位移的执行机构，持续提供脉冲电机就会旋转，脉冲数目决定了电机转动的角度。通常用于对位置需要精确控制的场合，额定功率较小。

无刷直流电机: 用电子换向器替代了机械换向器，效率高体积小无磨损故障率，但容易形成共振，有噪声，控制要求高、价格高。

3.4 传感器

传感器是机器人的基本元件，机器人通过传感器来获取自身和环境的信息。可以用于机器人于工业自动化的传感器非常多。根据实际情况，我们在机器人设计中还通常使用多种传感器进行组合。

传感器能够测量环境的物理特性，例如光照强度、温度、距离、尺寸等。简单地讲，传感器是一种能够把物理量从一种形式转换成另外一种形式的测量工具。在机器人学中，我们更关心传感器能够将物理量，如光强、位置和姿态等物理量，转换成电信号，以便微处理器/控制器能够处理这些信息。传感器种大量的参数决定了它的特性，同时也显示了传感器的性能以及局限性。

选择合适的传感器，就像选择一把合适的尺子，一些参数列举如下：

量程: 传感器能够测量的最大最小值。如 EV3 颜色传感器，工作在“环境光强度模式”中，该颜色传感器测量从周围环境进入到窗口的光强度，如太阳光或手电筒的光束。该传感器测量范围已经经过了归一化处理，为 0(极暗)到 100 (极亮)。这意味着可以用颜色传感器设定早间闹钟，或在灯灭时停止动作。动态量程是指传感器能读出的最小值和最大值整个范围。

分辨率: 一个传感器的分辨率是指传感器能够可靠监测出的被测量的最小变化。如 EV3 数字陀螺仪，可测量机器人的旋转运动（角度）和方向角的变化（角加速度），可以用来构建 Segway®的平衡车、导航系统、或游戏手柄控制器等。注意，分辨率不代表准确度，一个传感器可能有很高的分辨率，但它可能不准确。如 EV3 数字陀螺仪的“角度模式”，分辨率是 1 度，误差是 ± 3 度。传感器检测微小变化的能力主要受到电噪声的影响。

误差：测量值和实际值之间的差。

准确度/不准确度/不确定度：传感器测出的值与实际值之间的最大差值。

线性度：传感器测量曲线与理想直线直接按的偏离程度。具有线性响应的传感器能简化机器人的设计与编程。

灵敏度：被测量信号增量变化引起的传感器输出变化的度量。

精确度/重复性：传感器的精确度，也叫做可重复性。指的是相同条件下对同一个物理量多次检测得到的不一致程度。在测量系统中，在有系统误差的情况下，传感器可能会有较高的精确度/重复性，但较低的准确度。另一方面，一个高准确度的传感器重复性也不会太低，因为重复性是准确度的必要条件。

响应时间：当输入参数变化时，传感器的输出不会立刻变化。传感器的输出会在一定时间后才开始变化，这就是响应时间。

输出：传感器的输出类型决定了机器人搭建的外围电路类型，一些传感器既可以输出模拟信号，也可以输出数字信号。许多传感器使用了嵌入式电路，不仅能够输出数字信号，还能对信号进行处理，如滤波等。许多传感器可以输出数据总线兼容的信号，与机器人处理器之间的交互非常方便。如 **Type C** 接口的母座上有 24 个信号，其中电源和地占据了 8 个，用于提升电流传输能力，剩下 16 个当中，用于传输 **USB2.0** 的两组信号是交叉相连的，去掉重复的两个，一共是 14 个信号。包括我们所熟悉的 4 组高速差分信号线共 8 根（**RXx** 和 **TXx**）用于传输频率高达 5G 的 **usb3.1** 数据或者高清视频，**USB2.0** 数据信号 **D+**，**D-**，和 **SBU1**，**SBU2**，**CC1**，**CC2**。其中 **SBU1**，**SBU2**，**CC1**，**CC2** 是传统的 **USB** 接口所没有的信号。

竞赛机器人常用的传感器有两类，一类用于获取机器人的自身信息，如速度、方向（本体感知），另一类用于获取环境信息，如与障碍物的距离（外部感知）。

表 1 竞赛机器人中的传感器分类

传感器	应用	类型	输出
触动开关、红外传感器	检测物理量的接触度和紧密度	触觉传感器	二进制、模拟量
光学与磁性编码器、电位计	旋转、电机速度、位置	车轮、电机传感器	数字量
罗盘、陀螺仪、加速度计、水平仪、倾角计等	检测机器人的倾角、加速度和方向	航向传感器	模拟量、数字量
相机、色彩传感器、线性传感器阵列	目标识别与控制、分析机器人周边的环境信息	基于视觉的传感器	模拟量、数字量
高度计、深度计、气压计、GPS	飞行器、水下机器人等移动机器人	位置与导航传感器	模拟量、数字量

4. 实验内容

- 1) 安装并配置 LEGO EV3 控制器的软件开发平台，熟悉编程和开发环境。
- 2) 了解熟悉电机的运行原理，熟悉电机和传动装置的控制原理，了解如何选择合适的系统为机器人提供驱动力等相关问题。
- 3) 了解传感器：熟悉几种常见传感器的工作原理和使用场景，如触动传感器、超声波传感器、颜色传感器等，了解传感器的功能和主要参数，通过实验学习如何通过传感器采集外界信息。
- 4) 参考实验资料，设计一个机器人并完成演示，**包括但不限于**以下功能：
 - 1) 感知机器人状态或环境信息；
 - 2) 转动或移动；每项功能点记1点，满分5分。

5. 实验步骤

通过组队结成学习小组，以实际问题为研究对象，学会查找、阅读科技文档、设计图纸等技术文件，通过查找文献、技术文档、分析测试等方法对复杂的控制系统工程问题进行分析，结合机器人感知-决策系统设计，自行设计一个完整的机器人控制系统，结合我国发展远景及需要，培养创新精神、工匠精神和服务意识。

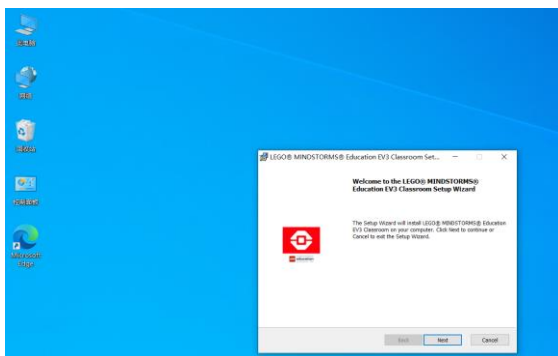
任务一：安装并配置LEGO EV3控制器的软件开发平台，熟悉编程和开发环境。

- 1、下载 lego 图形化编程环境：lego classroom

<https://legoeducation.cn/zh-cn/downloads/mindstorms-ev3/software>



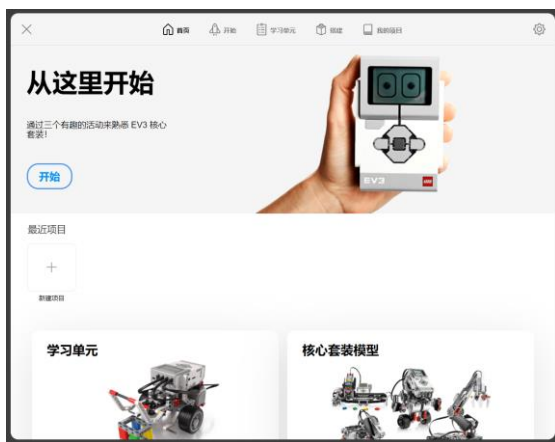
2、适配自己电脑的版本，按照步骤进行下一步。



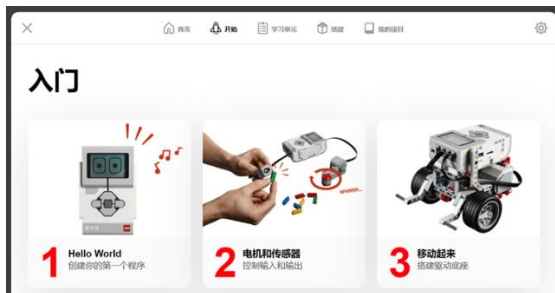
3-安装好后，根据提示进行下一步



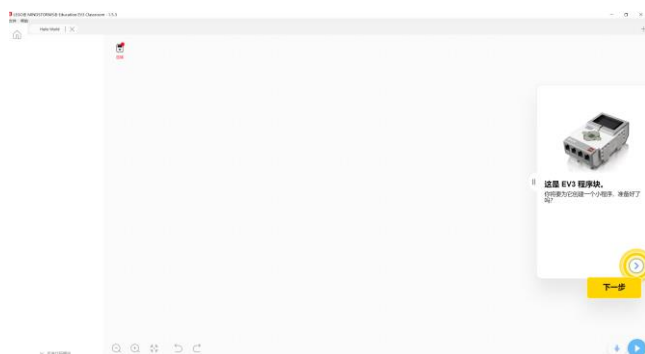
4、学习单元



5、开始学习传感器



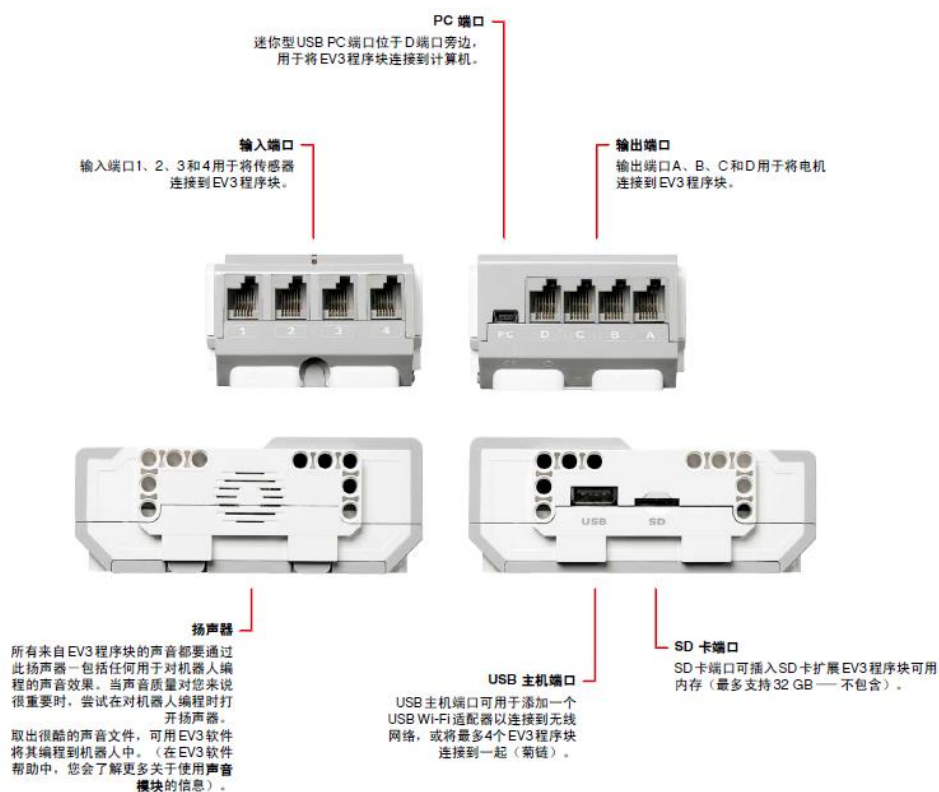
6、点击“下一步”测试程序块，注意闪动的黄色圆形提示键，现在拿起程序块。



7、到这一步先不要急，请对照说明仔细观察程序块。

非常重要：那些是输入端口，那些是输出端口？传感器应该接输入端口还是输出端口？那电机呢？输入端口和输出端口不能搞混，否则可能会对程序块、电机和传感器造成损害！

EV3 程序块

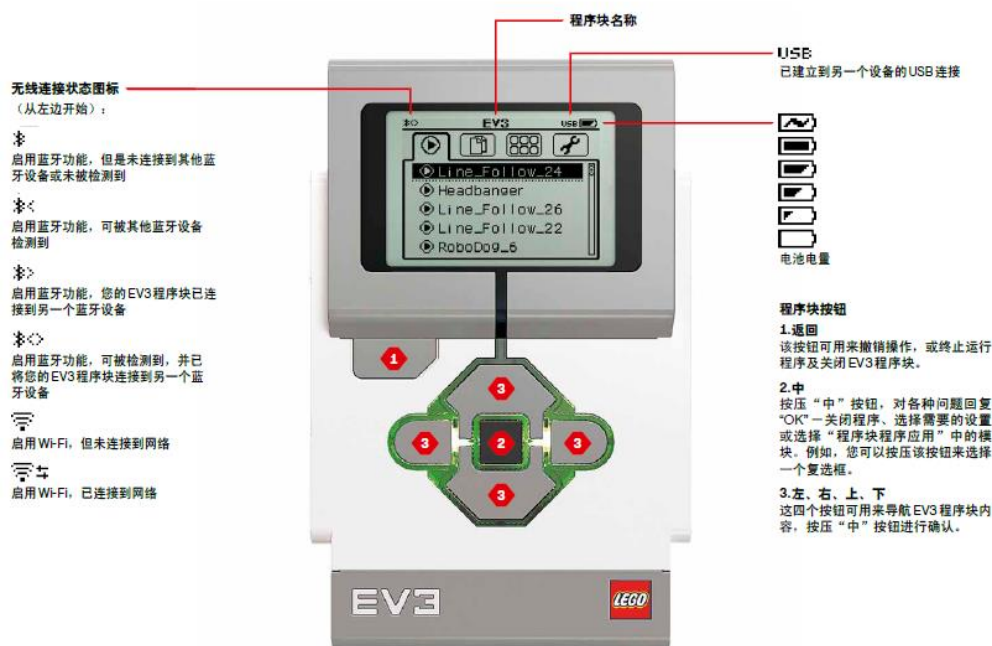


8、按照缺口方向，将电池按进去，听到清脆丝滑的“咔哒”声，就完成啦。



9、【危险危险危险】先将 mini Usb 连接在程序块对应的接口处，熟悉按键，再开机。

注意，长按屏幕下方的电源键开机，如果再次长按，用方向键按照屏幕提示即可关机。



这里，程序块和电脑的连接也可以通过蓝牙完成。如果你的电脑有蓝牙，请先确认**电脑名称和程序的名字**，并打开电脑的蓝牙，以便它们能够互相识别。由于教室里程序块很多，如果不确认电脑和程序块的名字，可能会搜到隔壁组的程序块，无法顺利连接。

首先，启用程序块的蓝牙功能，使用方向键“上”“下”选择单词“Bluetooth”，然后按“中”按钮确定。蓝牙框中将会出现一个选中标记，注意观察程序块上的蓝牙图标将会出现在显示屏的左上方。注意密码不要设计得过分简单或过分复杂。



启用蓝牙

最爱列表

设备列表

连接选项允许你发现 and 选择其他可用蓝牙设备（如 ipad）。单击“Connections”，将跳转至“Favorites”屏幕，该屏幕会显示你信任的设备并以选中标记指示。访问你信任的设备不需要密钥，你可以使用这些单击复选框，管理您的设备，将其设置为“Favorites”。如果你再单击“Search”，EV3 程序块会扫描该区域内所有可检测的蓝牙设备——包括其他程序块。你最爱的设备将显示为带有一个星号“*”符号。

使用“上”和“下”按钮选择列表上您想要连接的设备，按压“中”按钮确定。如果您选择连接到一个尚未标记为“Favorites”的设备，将提示你输入密钥来建立连接。一旦其他设备验证了该密钥，你将自动连接到该设备。

如果选择“Visibility”设置，其他蓝牙设备（包括其他程序块），就可以发现并连接到你的 EV3 程序块。如果取消选择“Visibility”，EV3 程序块就不会响应其他蓝牙设备的搜索命令。

10、熟悉编程界面，根据提示完成程序设计。



9、点击“下载并运行”。注意：在自己编程时，首先应为程序命名。请思考：程序代码的命名规则，这非常重要。



程序块状态灯—红色

程序块状态灯—橙色

程序块状态灯—绿色

程序块状态灯环绕着程序块按钮，可指示 EV3 程序块当前状态。状态灯可显示绿色、橙色或红色并闪烁。程序块状态灯代码如下：

- + 红灯=启动、升级中、关闭
- + 红灯闪烁=忙碌
- + 橙色灯=警告、就绪
- + 橙色灯闪烁=警告、运行
- + 绿灯=就绪
- + 绿灯闪烁=运行程序

你也可以对程序块状态灯编程，使其在不同状态下显示不同颜色并闪烁。

10、下载程序观察并记录程序块发生的现象，与你的预期一致么？

任务 2：掌握颜色传感器、触动传感器、超声波传感器的功能和用途。

注意：输入接传感器，输出端口接电机，不要接错。

1、EV3 颜色传感器



颜色传感器是一种数字传感器，它可以检测到进入传感器表面小窗口的颜色或光强度。该传感器可用于三种模式：颜色模式、反射光强度模式和环境光强度模式。

在**颜色模式**中，颜色传感器可识别七种颜色—黑色、蓝色、绿色、黄色、白色和棕色，加上无颜色。传感器区别不同颜色的能力意味着您可对机器人编程来分类彩色球或模块，说出各种检测到的颜色，或见到红色即停止动作。



颜色模式

在**反射光强度模式**中，颜色传感器测量从红灯（即发光灯）反射回来的光强度。该传感器测量范围为0(极暗)到100(极亮)。这意味着你可对机器人编程，使其在一个白色表面上来回移动，直到检测到一条黑线或解释颜色编码识别卡。



反射光强度模式

在**环境光强度模式**中，该颜色传感器测量从周围环境进入到窗口的光强度，如太阳光或手电筒的光束。该传感器测量范围为0(极暗)到100(极亮)。



环境光强度模式

当处于“颜色模式”或“反射光强度模式”时，为求最精确，传感器必须角度正确、靠近但不接触到正在检测的物体表面。

2、EV3 触动传感器

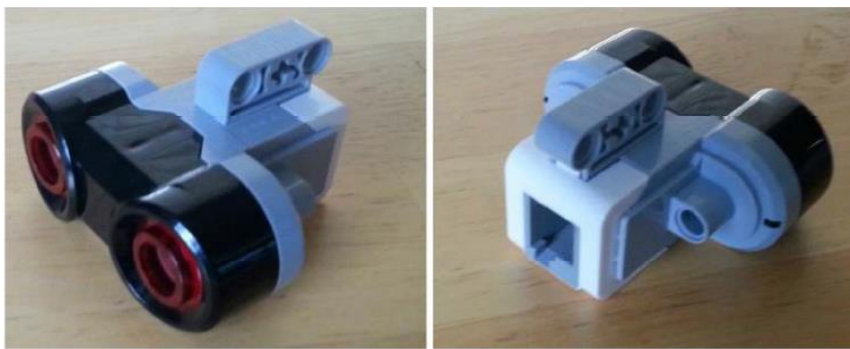


触动传感器是一种模拟传感器，可以检测传感器的红色按钮何时被按压何时被松开。这意味着可以对触动传感器编程，使其对以下三种情况下作出反应—按压、松开或碰撞（按压再松开）。

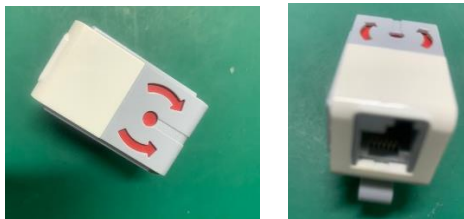
使用来自触动传感器输入的信息，可以对机器人编程，使其像个盲人那样观察世界，伸出一只手触到（按压）物体作出反应。你也可以通过将触动传感器紧贴在表面下方来拼砌机器人，然后当它要离开桌子边缘时（传感器被松开）作出反应（停止！）。你可以对战斗机器人编程持续向前攻击挑战者直到其撤退。这一对动作—按压，然后松开—可以构成碰撞。

其他的传感器，如超声波传感器、陀螺仪我们在后面的环节里，将使用这些传感器进行更多的实验，先留给大家自行探索。

超声波传感器：

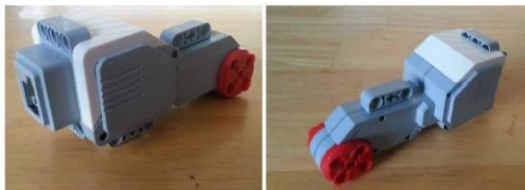


陀螺仪：



任务 3：熟悉中电机和大电机的性能和用途；

大电机



大电机内置了转速传感器，分辨率为 1 度，可实现精确控制。大型电机经过优化成为机器人的基础驱动力，每组配备 2 个。

中电机

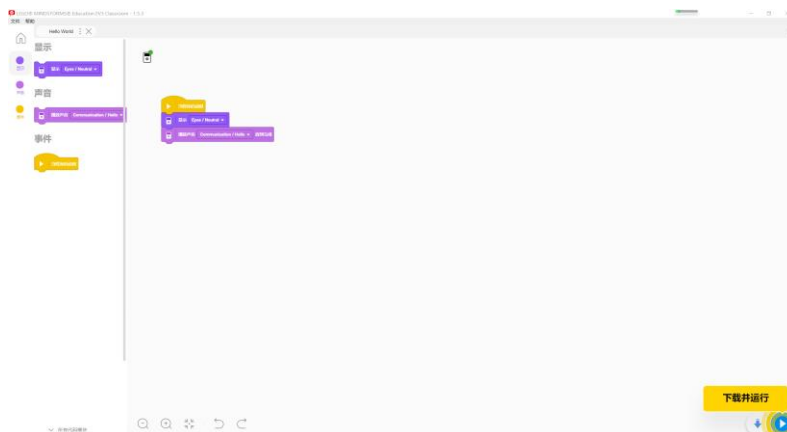


中型电机也包含一个内置转速传感器，分辨率为 1 度，但是它比大型电机更小更轻，比大型电机反应更迅速。中型电机可以被编程为开启或关闭，控制功率等级或运行特定时间或进行指定数量的旋转。

两种电机的比较：

- 1、大型电机每分钟转速为 160-170 转，旋转扭矩为 $20 \text{ N} \cdot \text{cm}$ ，失速扭矩为 $40 \text{ N} \cdot \text{cm}$ （更低但更强劲）。
- 2、中型电机每分钟转速为 240-250 转，旋转扭矩为 $8 \text{ N} \cdot \text{cm}$ ，失速扭矩为 $12 \text{ N} \cdot \text{cm}$ （更快但弱一些）。
- 3、两种电机都支持自动识别。

任务 4：熟悉 LEGO EV3 程序块的编程开发环境，搭建小推车模型，测试功能并演示。



验收内容**包括但不限于**以下项目：

- 1、启动、停止功能；
- 2、传动功能设计；
- 3、测距，与实际值进行比较，记录误差；
- 4、其他避障、巡线等。

以上，每项功能记1点，满分5分。

思考题：设计一辆跑车

任务一：若感应到距离自己约20厘米处有引导物（手），则跑车以一定速度直行；当引导物距离不是20厘米时，跑车停止。

任务二：跑车启动后，在运行过程中，当距离障碍物约60厘米时，它将速度减到一半；距离40厘米时，它会暂停；当距离20厘米时，会慢慢后退；当距离只有10厘米时，它会快速后退。