

机器人技术入门综合实践教程

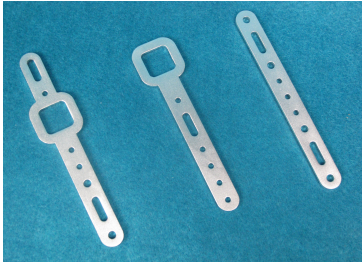
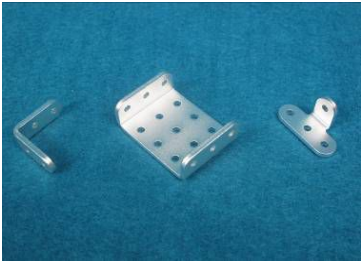



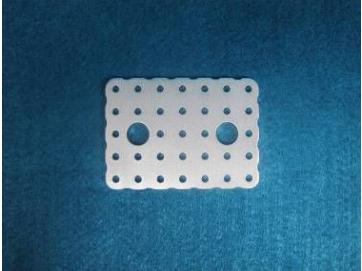
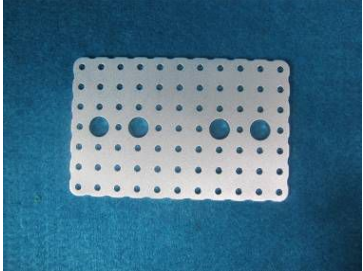


目录

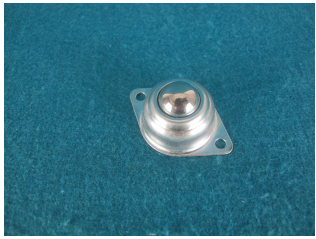

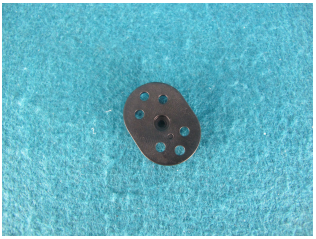
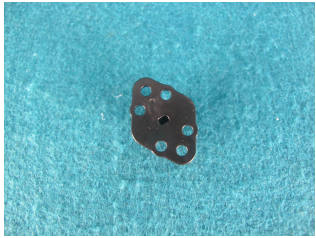
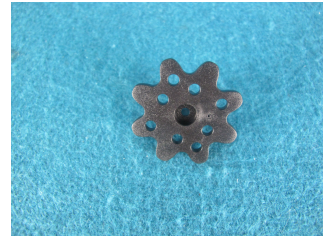



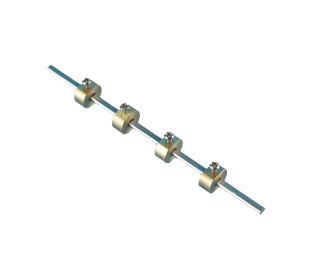



机械零件简介.....	1
组装工具的使用.....	4
机构图示.....	5
实验 1. 驱动轮模块.....	6
实验 2. 双轮万向车.....	10
电子模块简介.....	12
实验 3. 触碰开关启动机器人.....	13
实验 4. 红外开关启动机器人.....	16
实验 5. 机器人简单循迹.....	17
实验 6. 机器人循迹功能的扩展.....	20
实验 7. 机器人躲避悬崖.....	21
实验 8. 机器人悬崖巡检.....	22
实验 9. 带传动模块.....	23
实验 10. 履带机器人.....	25
实验 11. 关节模块.....	27
实验 12. 机械手爪模块.....	31
实验 13. 3 自由度机械臂.....	33
实验 14. 3 自由度机械臂按颜色分拣.....	34
实验 15. 偏心摇杆行走模块.....	35
实验 16. 简易四足机器人.....	37
实验 17. 简易六足机器人.....	40





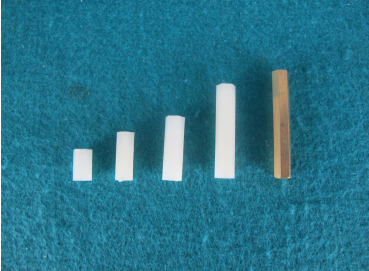
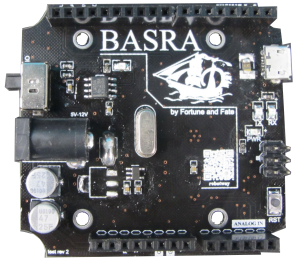
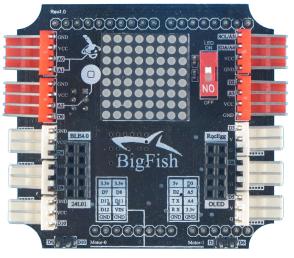

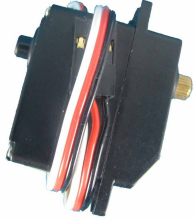

实验 18. 仿生昆虫触须避障.....	41
实验 19. 仿生昆虫红外避障.....	42
实验 20. 仿生昆虫红外跟随.....	42
实验 21. 转向轮模块.....	43
实验 22. 齿轮-轴传动模块.....	44
实验 23. 三轮车机器人.....	45
实验 24. 三轮车机器人循迹.....	46
实验 25. 齿轮式四足机器人.....	47
实验 26. 齿轮式机器恐龙.....	48
实验 27. 前轮转向汽车底盘.....	49
实验 28. 智能行驶.....	50
实验 29 1 自由度排爆机器人.....	52
实验 30 1 自由度排爆机器人排爆实验.....	54
实验 31 2 自由度排爆机器人.....	55
实验 32 2 自由度排爆机器人排爆实验.....	57
附加课程.....	58
实验 33 3 自由度排爆机器人.....	58
实验 34 机器人识别灰度场地.....	60
实验 35 机器人追踪红外光源.....	61
实验 36 机器人擂台赛.....	62

机械零件简介

(下表仅包含常见零件, 不同产品所配零件不同, 请以配置清单为准)

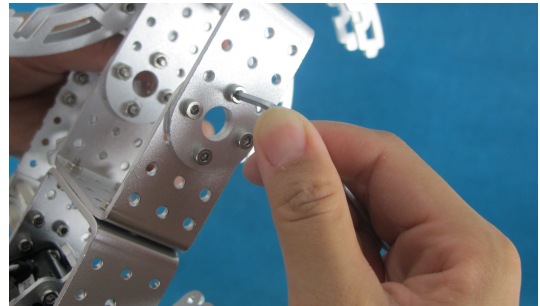
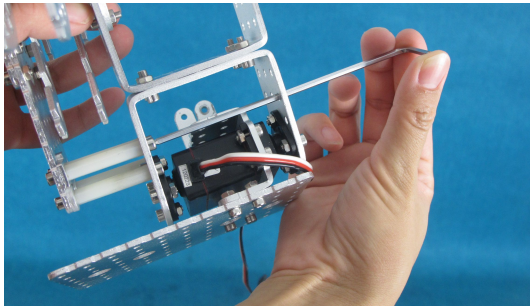
		
双足腿、四足连杆、双足支杆	90度支架、3×5折弯、输出支架	机械手 20mm、机械手 40mm、机械手 40mm 驱动
曲柄滑块机构的主要零件, 可用于搭建机器人行走机构。	三种折弯件, 可搭建机构支架, 连接不同平面	三种长短不同的连杆, 可搭建四连杆结构, 伸缩机械手等
		
机械手指、双足连杆	垫片 10、垫片 20、轮支架、10mm 滑轨	5×7 孔平板
两种带角度的连杆, 可搭建机械手爪, 腿部结构等。	四种小金属件, 主要起调节机构层次的作用	长边 7 个孔, 短边 5 个孔, 可用作小型搭载平台
		
7×11 孔平板	小轮	舵机双折弯
长边 11 个孔, 短边 7 个孔, 可用作大型搭载平台	可用作履带、滚筒的骨架	可用作机器人关节摆动部件

		
牛眼万向轮	马达支架	输出头
国际标准零件	小型舵机使用, 连接小型舵机 与其他零件	
		
马达后盖输出头	直流马达输出头	履带片
		
三种球形件	直流马达支架	传动轴
可用于翅膀、腿、轮足等 仿生机构的搭建	直流马达的支架, 连接直流电 机与其他零件	不锈钢传动部件, 可 连接齿轮等, 两端是扁的
		
双足脚	两种偏心轮	30 齿齿轮
可作为脚使用, 也可用于其它 功能	可组装偏心轮机构, 代替凸轮, 代替曲柄等	

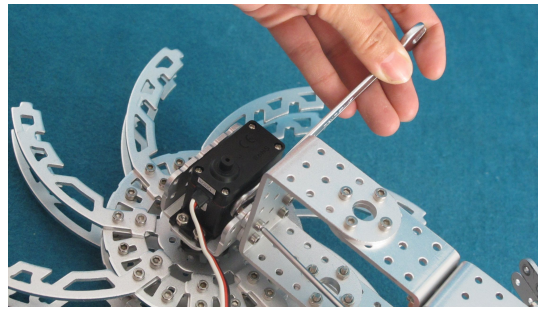
		
随动齿轮	联轴器、1:10 模型轮胎	国际标准 M3 不锈钢螺丝、螺母
		
不锈钢轴套 轴套 2.7、轴套 5.4、轴套 10.4、 轴套 15.4	国际标准尼龙螺柱 螺柱 10、螺柱 15、螺柱 20、螺柱 30 ; 35mm 金属螺柱	
机械运动也需要用到主控板、扩展板、电池和电机		
		
Basra 主控板	Bigfish 扩展板	锂电池
采用 AVR ATmega328 芯片， Arduino Uno 开源架构	预设端口功能，可直接使用，与主 控板堆叠安装，方便学习	1100mAh , 7.4V
		
标准舵机	直流电机	
左右摆动各 90 度	减速比 1 : 87 , 圆周转动	

组装工具的使用

1、内六角扳手



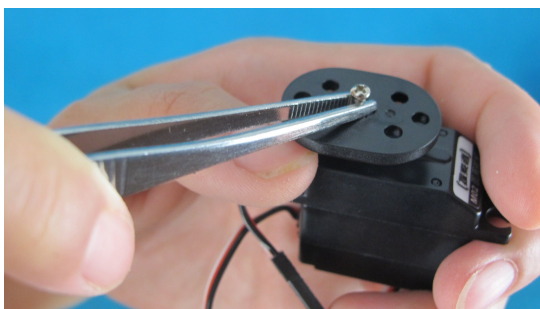
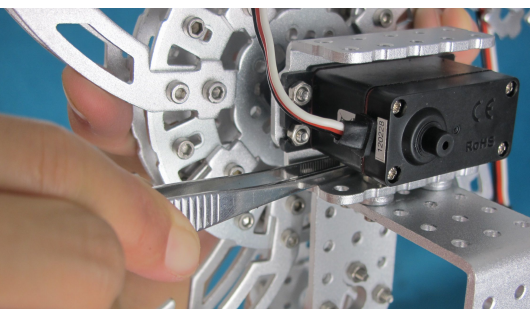
2、双开口扳手



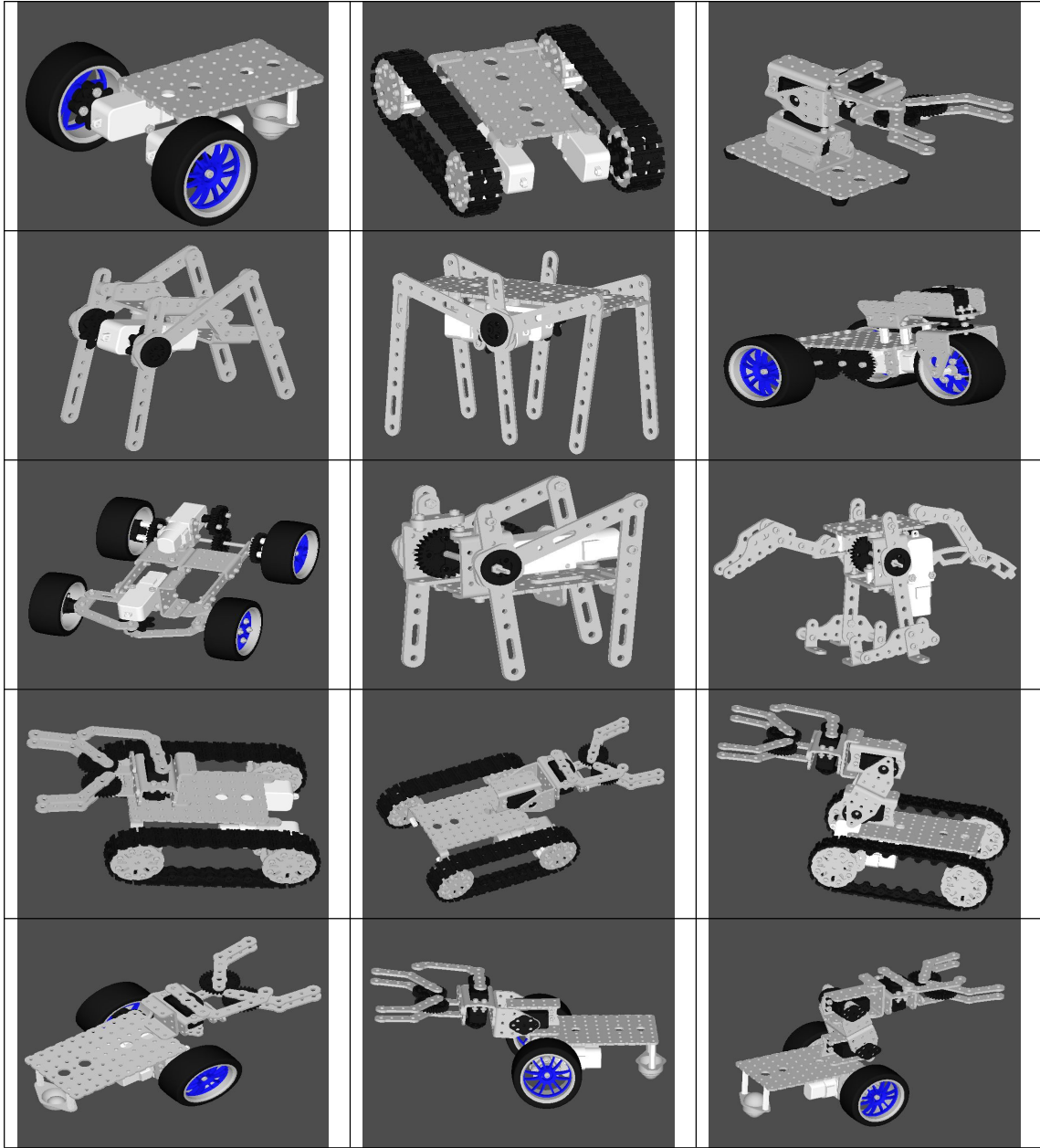
3、十字螺丝刀



4、镊子



机构图示



实验 1. 驱动轮模块

实验目的：1. 通过组装驱动轮模块，熟悉部分“探索者”零部件，掌握“驱动轮”的基本组装技法、组装工具使用方法，以及 STPViewer 三维浏览软件的使用方法；2. 通过搭建控制电路，掌握“探索者”基本电路的连接方法；3. 通过控制驱动轮模块，掌握 Arduino 软件的基本使用方法，尝试图形化编程，C 语言编程；4. 认识 digitalWrite 函数，analogWrite 函数；5. 熟悉驱动轮模块 module003 的运动性能。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：请参考**光盘**中的 STP 装配文件，000_module003_dw.stp，以及光盘**课件**“基础零件组装”部分相关 PPT，尤其是“**直流电机的安装**”和“**橡胶轮胎与联轴器的安装**”，以及“软件的安装与使用”部分的“**STPViewer 三维浏览软件的使用**”。你需要用到直流电机、直流电机支架、直流电机输出头、联轴器、1:10 模型轮胎、螺丝螺母，以及组装工具等。

你还需要用到光盘中的“**探索者**”**软件套装**文件夹中的软件。请参考课件中“基础电路连接”部分的“**Bigfish 连接直流电机**”、“软件的安装与使用”部分的“**Basra 在 Windows 环境下配置与烧录**”，连好部件，设置好软件。

光盘中的 PPT 资料给出了非常详细的基础操作说明，请大家在课下预览，上课时方便查阅，在以后的实验项目中，我们只给出简单的参考资料提示，不再详细展开。

实验步骤：

1. 组装一个驱动轮模块（编号：000_module003_dw）；

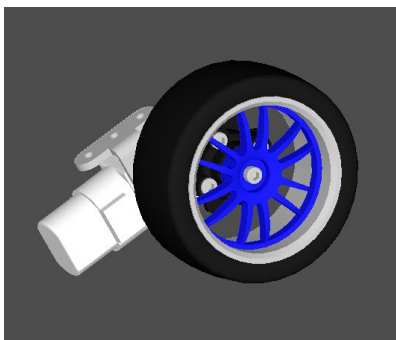


图 1.1 驱动轮模块 module003

结构说明：这种驱动轮模块原理非常简单，就是将 1:10 模型轮胎通过联轴器安装在 1:87 直流减速电机的输出头上，初次组装有一定难度。

运动特性：输出转矩，轮子转动的角速度、转动方向与电机一致，线速度一般，力量一般，摩擦力较好。

2. 将 Basra 主控板、Bigfish 扩展板、锂电池和驱动轮模块连接成电路；
3. 在图形化编程界面 Ardublock 中编写以下程序并烧录（编号：pro1_1）；



图 1.2 驱动轮供电转动写法 1

当直流电机连在 D9/D10 针脚（Bigfish 下方左侧的直流接口）时，可以通过把 D9 或 D10 置高来供电。

此时，图 1.2 程序的写法和图 1.3 程序的写法是等价的（编号：pro1_2）。



图 1.3 驱动轮供电转动写法 2

你还会发现，按过“上载到 Arduino”按钮之后，C 语言界面上自动生成了 C 语言代码。程序 pro1_1 和程序 pro1_2 对应生成的 C 语言代码分别为：

```
void setup()
{
  pinMode( 9 , OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite( 9 , HIGH );
}
```

和

```
void setup()
{
  pinMode( 9 , OUTPUT);
  pinMode( 10 , OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite( 9 , HIGH );
  digitalWrite( 10 , LOW );
}
```

digitalWrite 有两个参数，很容易掌握，请对应图形程序观察、学习。

4. 请分别更改供电端口号为 10、5、6，观察驱动轮模块转动的情况，以顺时针或逆时针来记录；

5. 在图形化编程界面 Ardublock 中编写以下程序并烧录（编号：pro1_3）；



图 1.4 驱动轮转速的控制

生成的 C 语言代码为：

```
void setup()
{
  pinMode( 9, OUTPUT);
}

void loop()
{
  analogWrite(9 , 255);
}
```

在这种写法下，可以利用 analogWrite 函数，通过改变 PWM 占空比来改变电机的转动速度。analogWrite 函数通过 PWM 的方式在引脚上输出一个模拟量，较多的应用在 LED 亮度控制、电机转速控制等方面。analogWrite 有两个参数 pin 和 value，参数 pin 表示所要设置的引脚，只能选择函数支持的引脚；参数 value 表示 PWM 输出的占空比，范围在 0~255 的区间，对应的占空比为 0%~100%。

请大家修改 value，观察模块运动的变化情况。在实际中，由于有负载，当 value 低于某值时，就已经带不动电机了，不需要 value 取 0。

实验 2. 双轮万向车

实验目的：1. 组装通过组装双轮万向车，熟悉轮型底盘的一些基础制作方法；2. 通过控制机器人运动，了解差速运动的特性和程序书写方法。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：023_Omni-directional wheel_2m.stp；实验 1。

实验步骤：

1. 组装一个 023 机构；

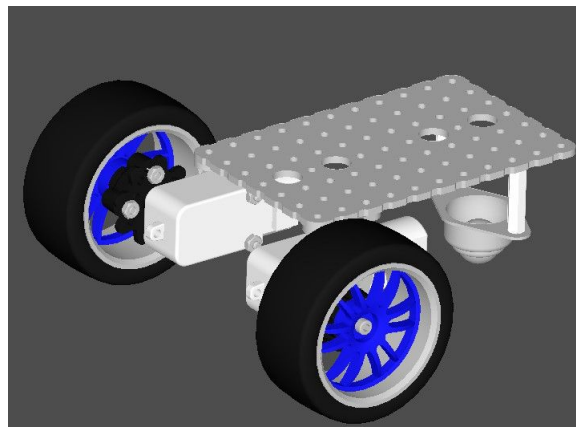


图 2.1 023 号机构——双轮万向底盘

结构说明：023 号机构底盘支点部分使用了牛眼万向轮，运动性能更好，基本是个成熟的底盘方案。

运动特性：能完成前进、后退、左转、右转、原地旋转等动作，比较稳定，转动时采用的是差速转动。所谓“差速转动”，指主要依靠“两个轮子转动的**方向**和**速度**的各种搭配”完成各种动作。关系如下图所示：

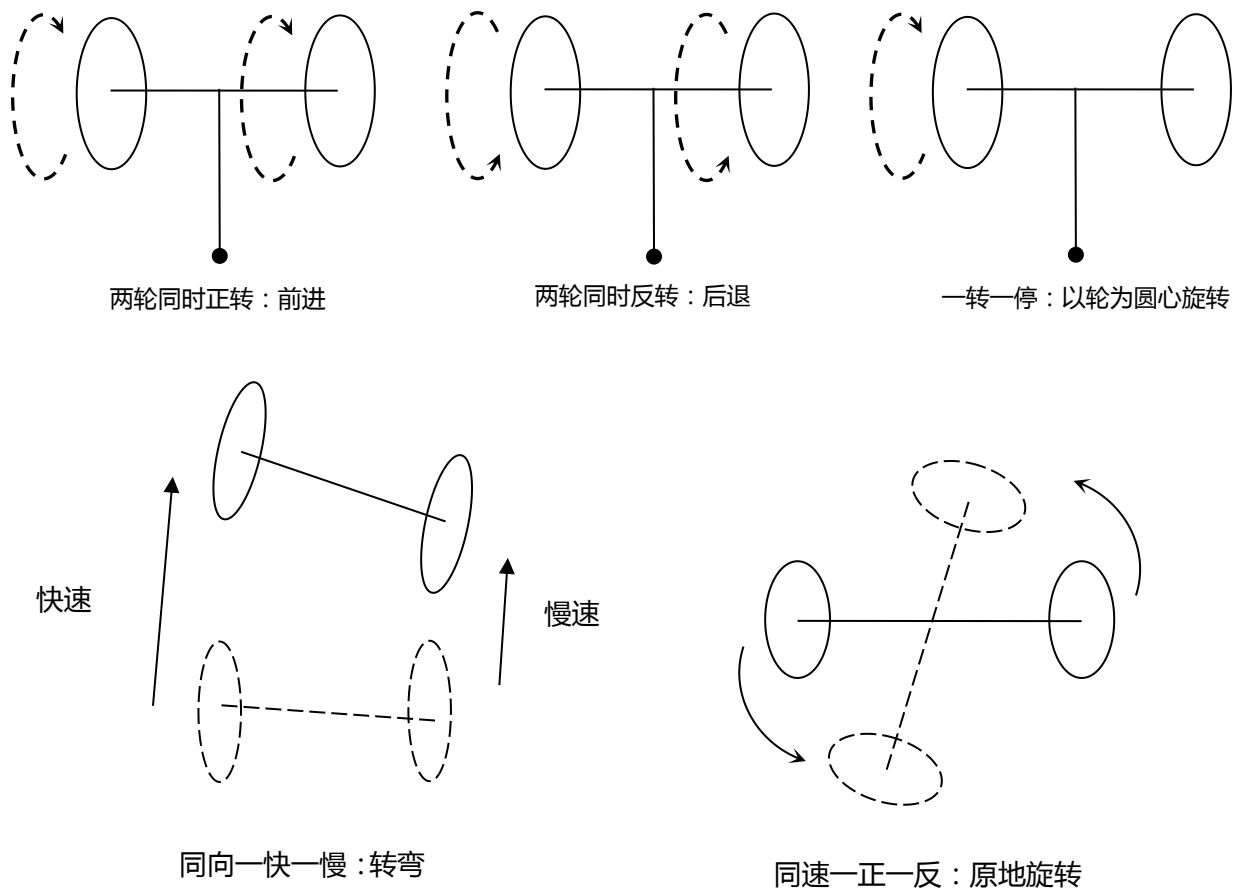


图 2.2 差速运动图解 2

1. 编程，实现机器人前进动作；
2. 编程，实现机器人后退动作；
3. 编程，实现机器人左转和右转动作；
4. 更换一部分车身零件，或改变现有零件的组装方式，使机器人在同样的结构原理下达到不同的外观效果。

电子模块简介

		
<p>触碰传感器</p>	<p>近红外传感器</p>	<p>灰度传感器</p>
<p>TTL 电平信号</p>	<p>一种红外传感器，可检测能反射红外线的物体，TTL 电平信号</p>	<p>一种红外光电传感器，可检测颜色的灰阶值，TTL 电平信号</p>
		
<p>闪动传感器</p>	<p>声控传感器</p>	<p>火焰传感器</p>
<p>一种光敏传感器，可检测光线的闪烁变化，TTL 电平信号</p>	<p>可检测声音信号</p>	<p>一种光敏传感器，可检测到火焰，TTL 电平信号</p>
		
<p>触须传感器</p>	<p>超声测距传感器</p>	
<p>一种外观像昆虫触须的接触式传感器，TTL 电平信号。</p>	<p>发射与接收超声波，可检测能反射超声波的物体，并测量与其的距离</p>	

实验 3. 触碰开关启动机器人

实验目的：1. 使用一个触碰传感器实现开关功能，熟悉“探索者” Basra 主控板、Bigfish 扩展板，掌握触碰传感器的特性和使用方法；2. 通过搭建检测电路，掌握“探索者”基本检测电路的连接方法；3. 通过编写触碰开关程序，掌握 Arduino 软件的基本使用方法，尝试图形化编程，C 语言编程；4. 了解 pinMode、digitalRead、digitalWrite、delay 等函数的功能；5. 学会使用“如果/否则”逻辑。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：请参考**光盘**中的“电子元件资料”，Basra 控制板、BigFish 扩展板，以及**光盘课件**“基础电路连接”部分相关 PPT，如“**Basra 基础连接**”和“**Bigfish 连接常规传感器**”，以及“软件的安装与使用”部分的“**Basra 在 Windows 环境下配置与烧录**”。

实验步骤：

1. 你需要挑选一个机器人作为执行机构。比如 023_Omni-directional wheel_2m，（以下简称“023 号机构”）

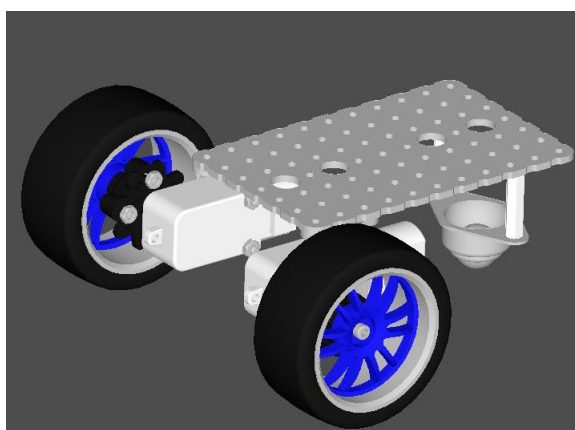


图 3.1 023_Omni-directional wheel_2m

这是一个适用性比较广泛的机构，基本所有需要底盘搭载的实验都可以用这个机构去执

行。所以这个实验，包括后面的实验，都将优先选择这个机构。当然，您也可以选择其他任何您觉得合适的机构。

如果想要更简单一些，也可以不用完整的机器人，一个小模块，甚至一个电机，一个LED也可以。如：

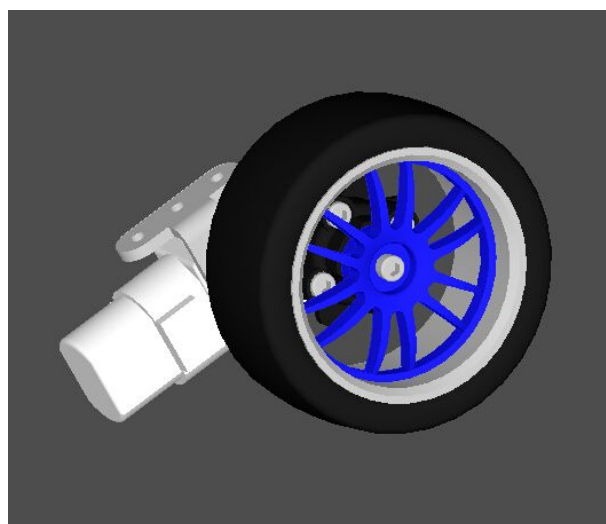


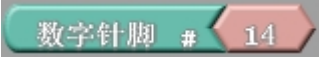

图 3.2 驱动轮模块 module003

2. 取一个触碰传感器，安装在机构上，将 Basra 主控板、Bigfish 扩展板、触碰传感器、电机等连好电路。

3. 在图形化编程界面 Ardublock 中编写以下程序并烧录（编号：exp01_1）：



图 3.4 触碰开关启动双轮小车

TTL 传感器的触发条件是“低电平”，而  语句意思是“14号数字引脚获得高电平”，因此要在前面加一个逻辑运算符 

生成的 C 语言代码为：

```
void setup()
{
  pinMode( 14, INPUT);
  pinMode( 9 , OUTPUT);
  pinMode( 5 , OUTPUT);
}

void loop()
{
  if (!( digitalRead(14) ))
  {
    digitalWrite( 9 , HIGH );
    digitalWrite( 5 , HIGH );
    delay( 3000 );
  }
  else
  {
    digitalWrite( 9 , LOW );
    digitalWrite( 5 , LOW );
  }
}
```

4. 改变延时参数，重新烧录，观察对运行效果的影响，尤其是当延时参数小到一定程度后的运行效果。然后去掉延时语句，对比观察，并思考为什么。

实验 4. 红外开关启动机器人

实验目的：1. 使用一个其他类别 TTL 传感器实现开关功能，掌握近红外传感器的特性和使用方法；2. 通过搭建检测电路，掌握“探索者”基本检测电路的连接方法；3. 了解近红外传感器安装时需要注意的事项。4. 了解传感器的使用环境以及干扰因素。5. 进一步熟练图形化编程及 C 语言编程的方法。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：请参考**光盘**中的“电子元件资料”，Basra 控制板、BigFish 扩展板，以及光盘**课件**“基础电路连接”部分相关 PPT，如“Basra 基础连接”和“Bigfish 连接常规传感器”，以及“软件的安装与使用”部分的“Basra 在 Windows 环境下配置与烧录”。

实验步骤：

1. 挑选一个机构，分别为其安装近红外开关，注意观察传感器的触发条件，保证安装后可以正常使用。
2. 将实验 3 的图形程序或代码移植过来使用。
3. 分别在无光照条件下，正午阳光条件下，日光灯条件下使用近红外传感器，观察传感器的工作效果。
4. 用手机摄像头观察近红外传感器在工作状态和非工作状态的区别。

选作：

5. 用声控传感器实现声音开关功能。

实验 5. 机器人简单循迹

实验目的：1. 了解一种循迹功能的实现方式；2. 了解灰度传感器的工作特性及安装注意事项。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：请参考 Bigfish 连接常规传感器.ppt；视频：后轮随动黑标小车.mpg

主要器材：灰度传感器×2

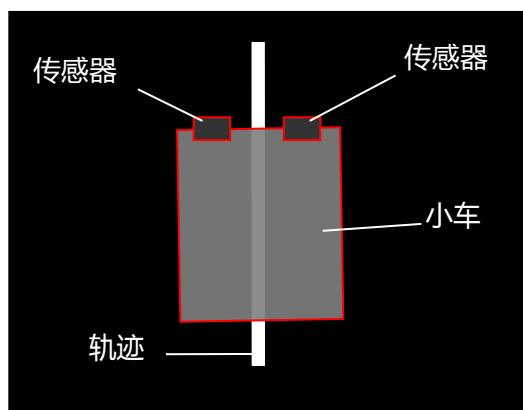
实验步骤：

1. 将两个灰度传感器安装在 023 号机构的底部前端，具体位置请自己尝试，连好电路；
2. 在白色场地上用黑色绝缘胶带（任何宽度都可以）铺设一条轨迹，直线、弧线、圆均可；

这种循迹方案的运动原理：要想识别地面上的黑线或者白线，可以使用灰度传感器，而且至少要有 2 个灰度传感器。当只安装一个传感器时，一旦小车偏离轨迹就没办法了，所以还要想办法在小车快要离开轨迹的时候把它拉回来，这样就需要另外一个传感器。

所以我们最少要用到两个灰度传感器，一个安装在车头左侧，一个安装在车头右侧，如果左侧传感器检测到轨迹，就向右行驶来纠正；同理，如果右侧传感器检测到轨迹，就向左行驶来纠正。这样就保证轨迹始终在两个传感器之间。

如下图所示：



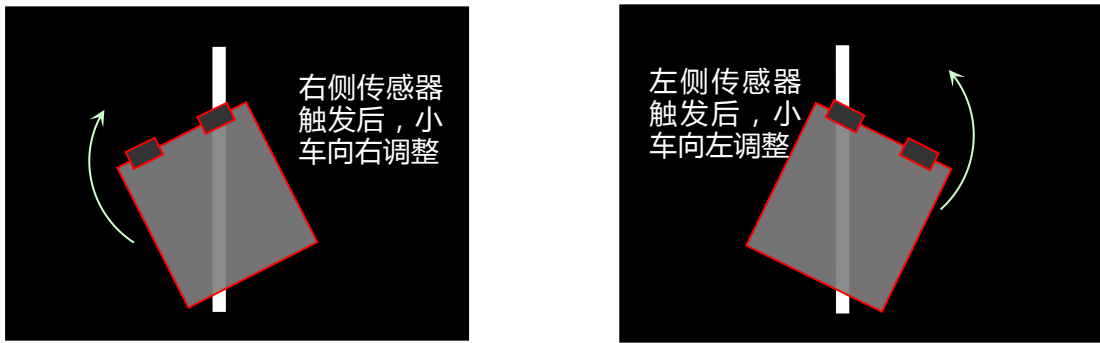


图 5.1 检测原理及程序设计设想

3. 阅读、编写并烧录下面的程序（编号：exp11_1），它将实现这样一个功能：把小车放置在黑线上，小车能够自动沿着黑线行驶。



图 5.2 沿白线行驶程序

生成 C 语言代码为：

```

void setup()
{
  pinMode( 18, INPUT);
  pinMode( 14, INPUT);
  pinMode( 5 , OUTPUT);
  pinMode( 9 , OUTPUT);
}

void loop()
{
  if (!( digitalRead(14) ))
  {
    digitalWrite( 5 , HIGH );
  }
  if (!( digitalRead(18) ))
  {
    digitalWrite( 9 , HIGH );
  }
}

```

4. 选作：

在黑色场地上用白色绝缘胶带（任何宽度都可以）铺设一条轨迹，直线、弧线、圆均可；

阅读、编写并烧录下面的程序（编号 exp11_2），它将实现这样一个功能：把小车放在白线上，小车能够自动沿着白线行驶。



图 5.3 沿黑线行驶程序

生成的 C 语言代码为：

```
void setup()
{
  pinMode( 18, INPUT);
  pinMode( 14, INPUT);
  pinMode( 5 , OUTPUT);
  pinMode( 9 , OUTPUT);
}

void loop()
{
  if (digitalRead(14))
  {
    digitalWrite( 5 , HIGH );
  }
  if (digitalRead(17))
  {
    digitalWrite( 9 , HIGH );
  }
}
```

实验 6. 机器人循迹功能的扩展

实验目的：1. 了解一种循迹功能的实现方式；2. 了解灰度传感器的工作特性及安装注意事项。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：请参考 Bigfish 连接常规传感器.ppt，实验 5；

主要器材：灰度传感器×3

实验步骤：

1. 将 3 个灰度传感器安装于 023 机构的底部前端，连接好电路；
2. 编写程序，使机器人具有更好的巡线功能。
3. 选作：

参考光盘中的“探索者”编程框架.ppt，尝试利用 switch 语句编写循迹程序。

实验 7. 机器人躲避悬崖

实验目的：了解一种机器人躲避悬崖的功能实现方式。

实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：实验 6；

主要器材：灰度传感器×3

实验步骤：

1. 在 O23 机构上安装 3 个灰度传感器；
2. 灰度传感器发射红外线，并接收反射回来的红外线，可以检测出反射回来的红外线的强度数据，目标颜色越深则红外线被吸收的越多，因此可以反映目标颜色的灰阶。如果遇上“悬崖”，则也会产生反射回来的红外线减少甚至消失的情况。因此可以用于识别“悬崖”。
2. 编写一段躲避悬崖的程序，使机器人在桌面上移动时不会掉下去。

实验 8. 机器人悬崖巡检

实验目的：了解一种有趣的悬崖巡检功能的实现方式。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：实验 4；实验 7；视频：实现悬崖探测的机器人.mpg；

主要器材：近红外传感器×1，灰度传感器×1

实验步骤：

1. 在 O23 机构上安装一个检测装置，它可以由 1 个近红外传感器，1 灰度传感器和一系列机械零件组成；安装位置请自己思考尝试。
2. 近红外传感器可以识别桌面，灰度传感器可以识别“悬崖”。请编写程序，让机器人沿着“悬崖”巡逻，既不远离，也不掉下去。



图 8.1 悬崖巡检机构一种思路

实验 9. 带传动模块

实验目的：1. 熟悉可拆装式履带的结构特点和组装规律；2. 学会组装带轮和履带。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：000_module005_cb.stp；026a_Tracked vehicle_2m.stp；026b_Tracked vehicle_2m；履带的组装与拆卸.ppt

实验步骤：

1. 组装履带模块

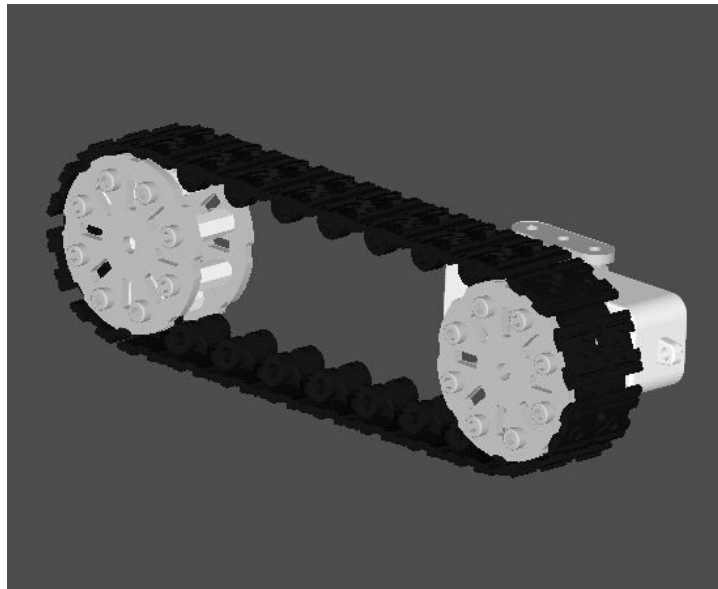


图 9.1 履带模块 module005

结构说明：履带可以传送转矩到随动轮，从而让前后两组轮子都能驱动。运动能力更强，爬坡、翻越障碍的能力更强。可拆卸的履带片方便使用者调整设计方案，从而构造不同长度和造型的履带。图中履带更像是传送带，对于模型底盘、小型工程机械已经够用了，但是在实际工程中，往往需要增加更多的带轮、负重轮或者张紧轮，或者更换履带材质。

运动特性：转动灵活，摩擦力好，地形适应能力强。

2. 将履带模块安装于一个自制的架子上，通过增加或减少履带片，改变履带的长度，或调

节履带的松紧度。记录松紧度最佳时的履带片数量和带轮的圆心孔距。

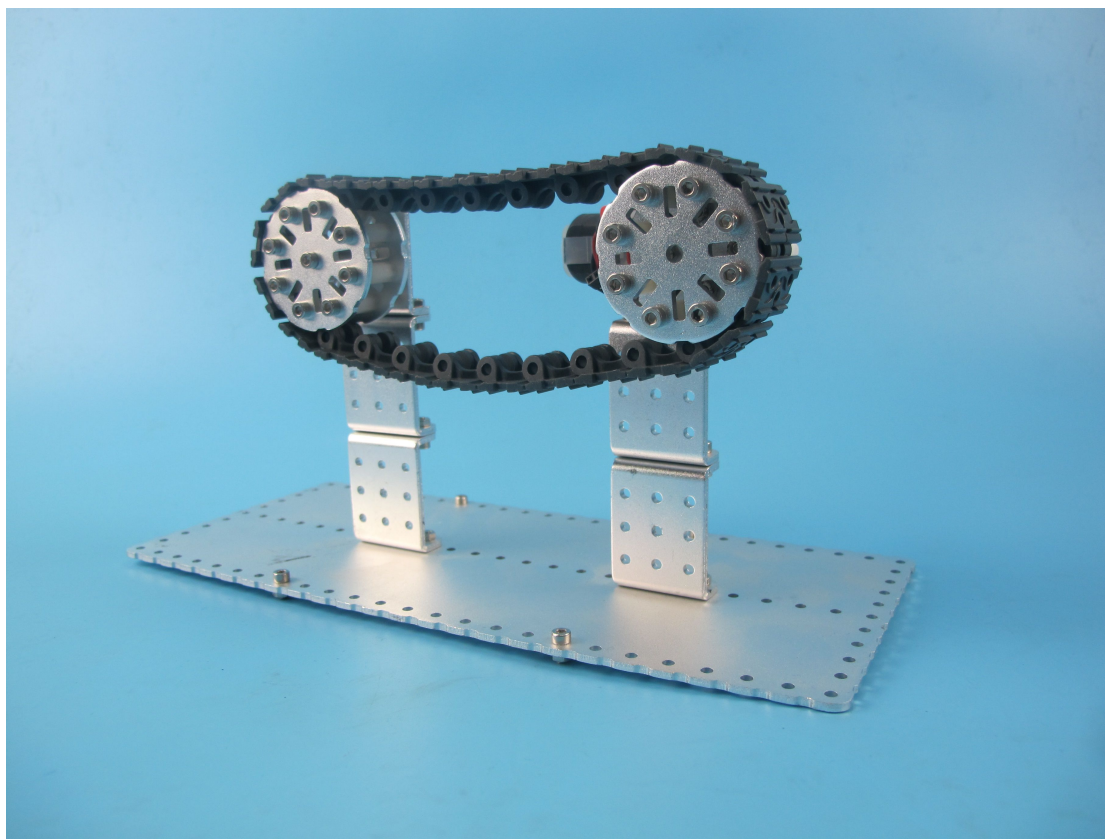


图 9.2 带传动机构

实验 10. 履带机器人

实验目的：1. 熟悉履带模块在底盘机构中的应用。

实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：000_module005_cb.stp ; 026a_Tracked vehicle_2m.stp ; 026b_Tracked vehicle_2m ; 履带的组装与拆卸.ppt

实验步骤：

1. 组装履带机器人

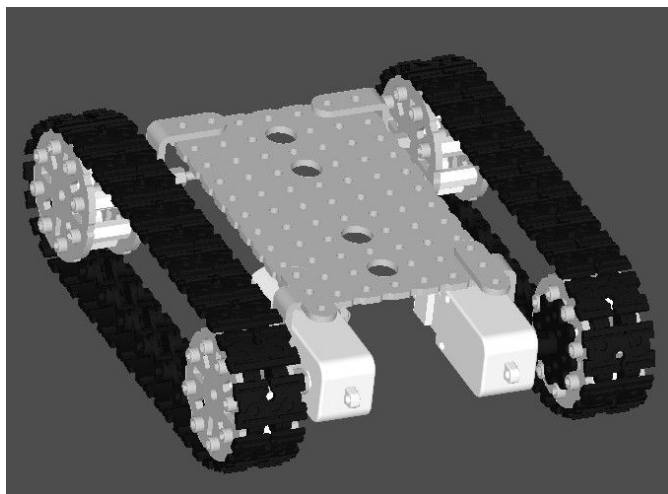


图 10.1 履带车 026a

结构说明：履带可以传送转矩到随动轮，从而让前后两组轮子都能驱动。运动能力更强，爬坡、翻越障碍的能力更强。可拆卸的履带片方便使用者调整设计方案，从而构造不同长度和造型的履带。图中履带更像是传送带，对于模型底盘、小型工程机械已经够用了，但是在实际工程中，往往需要增加更多的带轮、负重轮或者张紧轮，或者更换履带材质。

运动特性：转动灵活，摩擦力好，地形适应能力强。

2. 尝试控制它运动，控制方式和控制一个双轮车是一样的。
3. 调整履带长度，组装一个迷你履带车，并尝试控制它运动

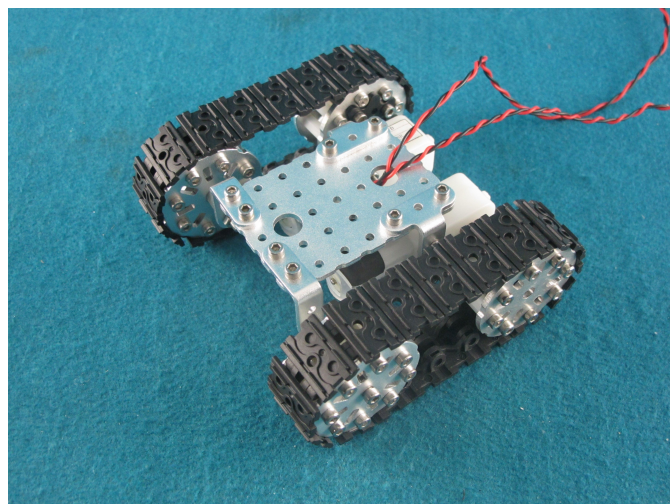


图 10.2 迷你履带车 026b

实验 11. 关节模块

实验目的：1. 熟悉机器人关节模块的结构特点和组装规律；2. 学会利用小型标准伺服电机组装关节模块；3. 熟悉关节模块在机器人结构设计中的应用；4. 熟悉标准舵机对应的函数，学会控制标准伺服电机。

实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：000_module002_joint.stp；标准舵机的安装.ppt；Bigfish 连接伺服电机.ppt；

实验步骤：

1. 组装一个关节模块

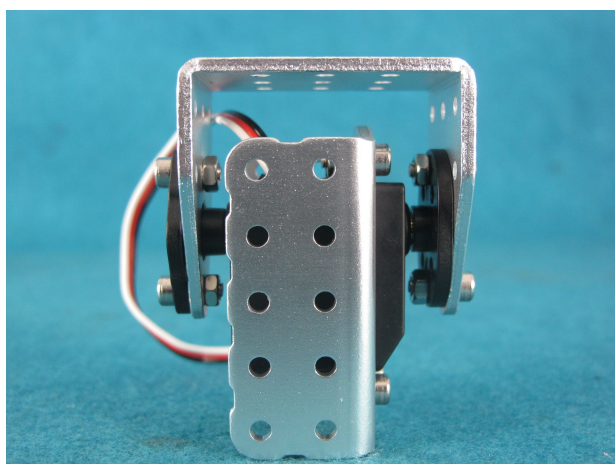


图 11.1 关节模块 module002

结构说明：这种关节模块在机器人的结构设计中非常常用，思路也非常简单，就是将多个关节模块串联累加，构建成多自由度的机器人，每一个关节为一个自由度，从而实现机械臂、人形、多足仿生等机器人结构。

运动特性：能较好地模仿生物的运动形态，只要自由度足够多，几乎什么动作都能做到，常见于人形机器人舞蹈表演，或者学习机器人运动学规划等。但是结构缺少优化，缺少传动，能耗较大，做简单运动时冗余的自由度较多。在小尺度上用途非常广泛，常见于玩具、模型、

教具等，但是无法承担一定级别以上的尺寸和重量，所以工程中和工业中用途较少。

2. 将 Basra 主控板、Bigfish 扩展板、锂电池和关节模块连接成电路；在图形化编程界面 Ardublock 中编写以下程序并烧录（编号：pro11_1）；



图 11.2 关节模块摆动程序的写法

这个程序意味着连在 4 号端口的舵机转到 150°的位置并始终保持。

C 语言版本为：

```
#include <Servo.h>

Servo servo_pin_4;

void setup()
{
    servo_pin_4.attach(4);
}

void loop()
{
    servo_pin_4.write( 150 );
}
```

定义针脚的函数为 `servo_pin_4.attach(4)`；

定义角度位置的参数为 `servo_pin_4.write(150)`；

3. 如果我们想让舵机来回摆动，那么就要再增加一个位置。于是把程序改成如下图所示（编号：pro11_2）：



图 11.3 关节模块摆动程序的写法

意思是先摆动到 150°的位置，保持 1000ms，再摆动到 30°的位置，保持 1000ms，然后不断循环。

C 语言代码为：

```

#include <Servo.h>

Servo servo_pin_4;

void setup()
{
    servo_pin_4.attach(4);
}

void loop()
{
    servo_pin_4.write( 30 );
    delay( 1000 );
    servo_pin_4.write( 150 );
    delay( 1000 );
}

```


4. 请大家把延时语句去掉，或者把延时缩短，观察运行的效果，并思考为什么会是这样。

(编号：pro11_3)



图 11.4 去掉延时后的语句

大家会观察到，舵机并没有运行到指定的位置，而是在某个小角度范围内来回抖动。这是因为程序执行的速度很快，但是电机的转速是有极限的，电机还没来得及转到 150° ，就接到了转到 30° 的指令，必须给它足够的延时，它才能转到指定位置。

实验 12. 机械手爪模块

实验目的 :1. 熟悉一种机械手模块的结构特点和组装规律 ;2. 学会利用小型标准伺服电机、齿轮组等组装机械手爪模块 ;3. 熟悉机械手爪模块在机器人结构设计中的应用。

实验性质 :验证型实验

实验课时 : 2 课时

参考资料 :000_module006a_rh1s.jpg ;标准舵机的安装.ppt ;Bigfish 连接伺服电机.ppt ;

实验 11。

实验步骤 :

1. 组装一个机械手



图 12.1 机械手模块 module006a

结构说明 :机械手模块 module006a , 由 1 个标准伺服电机驱动 , 通过连杆结构和齿轮组传动来达到夹取效果 , 机械手的设计方案有很多种 , 这只是其中一种。

运动特性 :开合角度比较大 , 夹具顶端的运动轨迹简单稳定 , 夹具顶端非平行开合 , 比较适合于“握”住曲面物体或者柔软的物体。夹具顶点可以再安装一对带铰接的小平板零件 , 从而适合夹取立方体形状的物体。

2. 将 Basra 主控板、Bigfish 扩展板、锂电池和关节模块连接成电路 ; 由于也是标准舵机 , 因此可以参考实验 11 , 在图形化编程界面 Ardublock 中编写以下程序并烧录 :

(编号 : pro16_1)



图 12.2 机械手往复运动程序的另一种写法

意思是先摆动到 150°的位置（张开），保持 1000ms，再摆动到 30°的位置（闭合），保持 1000ms，然后不断循环。

C 语言代码为：

```
#include <Servo.h>

Servo servo_pin_4;

void setup()
{
  servo_pin_4.attach(4);
}

void loop()
{
  servo_pin_4.write( 30 );
  delay( 1000 );
  servo_pin_4.write( 150 );
  delay( 1000 );
}
```

3. 编写一个新程序，让机械手爪达到一个不同的运动效果。

实验 13.3 自由度机械臂

实验目的：1. 熟悉 3 自由度机械臂的结构特点和组装规律；2. 学会利用关节模块、机械手爪模块组装串联工业机器人；3. 熟悉标准舵机对应的函数，尝试运动规划。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：230_3df robot_3s.stp；实验 12;实验 16；

实验步骤：

1. 组装一个 230 号结构

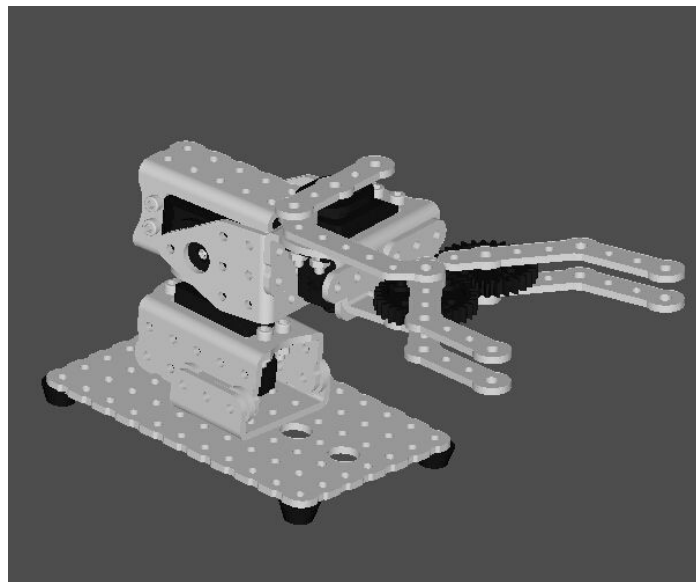


图 14.1 三自由度机械手

2. 参考关节模块和机械手爪的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。
3. 尝试改造该机构的关节串联方向，形成一个新机构，并控制。

实验 14.3 自由度机械臂按颜色分拣

实验目的：1. 熟悉 3 自由度机械臂的结构特点和组装规律；2. 学会利用灰度传感器区分黑色和白色；3. 熟悉标准舵机对应的函数，尝试运动规划。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：230_3df robot_3s.stp；实验 5;实验 13；

实验步骤：

1. 组装一个 230 号结构

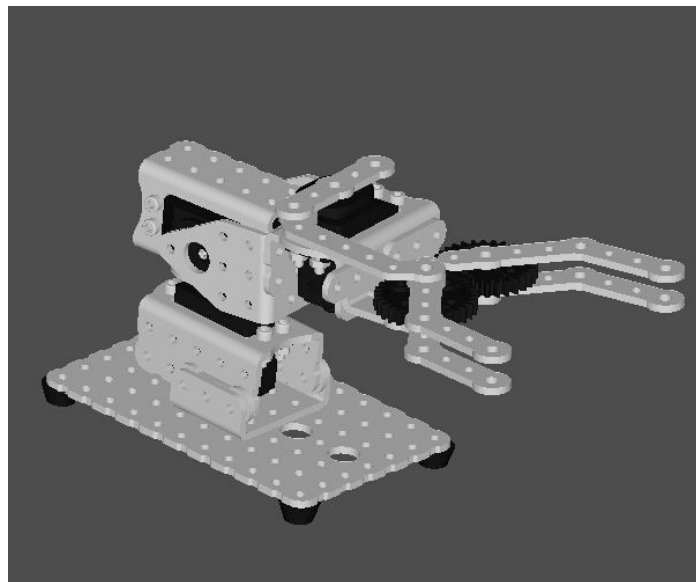


图 14.1 三自由度机械手

4. 实现以下功能：在机械臂底部左边和右边分别安装两个灰度传感器，一个用于识别黑色物体，另一个用于识别白色物体，当正确的物体放在传感器面前时，机械臂启动，将物体抓起。

实验 15. 偏心摇杆行走模块

实验目的：1. 熟悉偏心摇杆行走模块的结构特点和组装规律；2. 学会用直流电机、偏心轮等组装偏心摇杆行走模块；3. 了解偏心摇杆行走模块在仿生机器人设计中的应用。

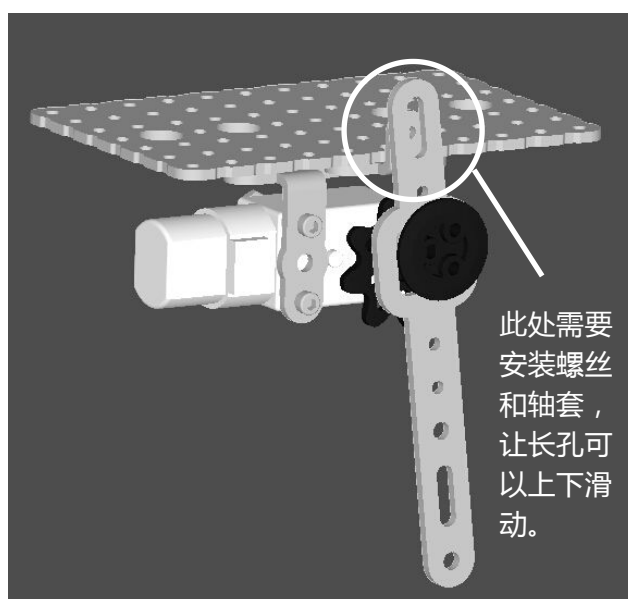
实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：000_module009_leg.stp；

实验步骤：

1. 组装一个偏心摇杆行走模块



结构说明：这种行走模块在仿生机器人的结构设计中非常常用，主要借住了一种前面实验里没有接触过的零件——偏心轮。偏心轮摇杆可以把圆周运动转化为摆动，于是摆动的连杆就可以作为生物的腿来使用。

运动特性：能较好地模仿生物的走动形态，结构简单稳定，便于复制，制作出各种多足机器人。控制非常简单，与控制小车区别不大。

2. 想办法将其固定在一个架子上，控制直流电机转动，观察机构运动效果。



实验 16. 简易四足机器人

实验目的：1. 学会用偏心摇杆行走模块制作简易四足机器人；2.学会使用 Arduino 自带的 C 语言 Fading 例程。

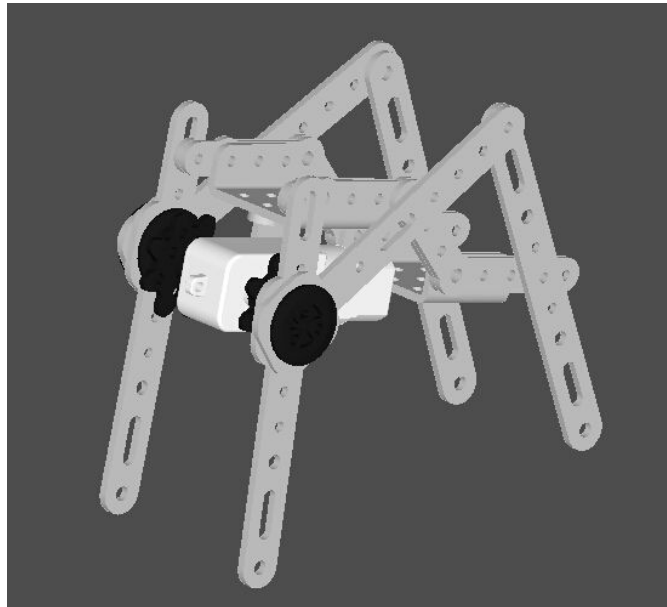
实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：025c_eccenter Quadruped_1m.stp；实验 15。

实验步骤：

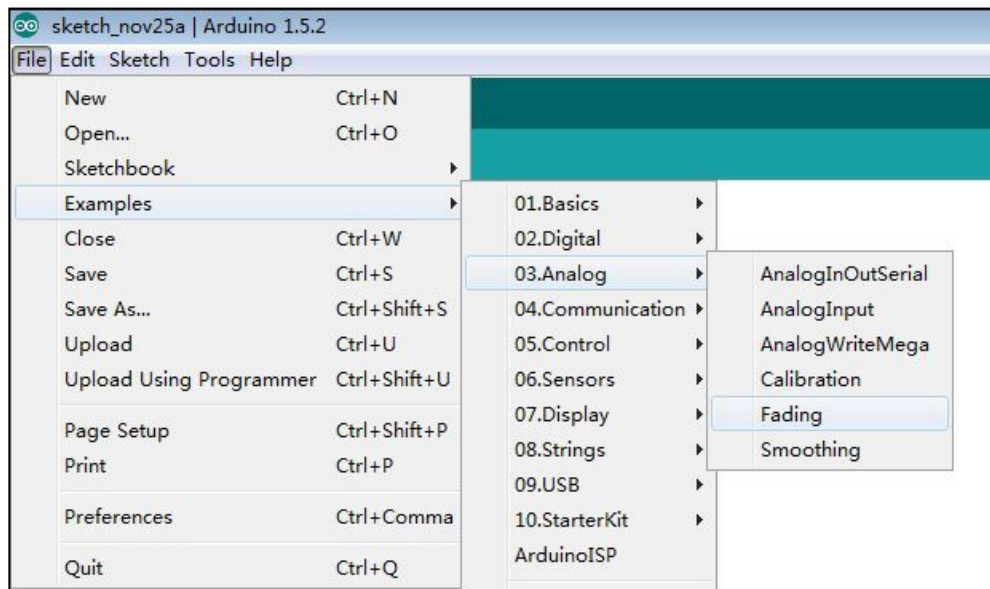
1. 组装一个 025c 机构



结构说明：偏心摇杆模块的一个非常简单地应用，利用直流电机的副轴驱动另外半边机构。

运动特性：只能前进和后退，运动方式较少，但是作为一个简单机构，非常容易被复制，从而连接出运动能力更强的结构。

2. 按下图步骤打开例程 Fading 并烧录；



打开 Arduino 自带例程

主程序为：

```
int ledPin = 9;    // LED connected to digital pin 9

void setup() {
  // nothing happens in setup
}

void loop() {
  // fade in from min to max in increments of 5 points:
  for(int fadeValue = 0 ; fadeValue <= 255; fadeValue +=5) {
    // sets the value (range from 0 to 255):
    analogWrite(ledPin, fadeValue);
    // wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
    delay(30);
  }

  // fade out from max to min in increments of 5 points:
  for(int fadeValue = 255 ; fadeValue >= 0; fadeValue -=5) {
    // sets the value (range from 0 to 255):
    analogWrite(ledPin, fadeValue);
  }
}
```

```
// wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
delay(30);
}
}
```

这个例程本身是控制 LED 的，我们也可以用它来控制直流电机。烧录后观察机器人运动的情况。

3. 改写这段代码中的参数，生成一段新的程序，烧录并观察机器人的运动变化。

实验 17. 简易六足机器人

实验目的：学会用偏心摇杆行走模块制作简易六足机器人。

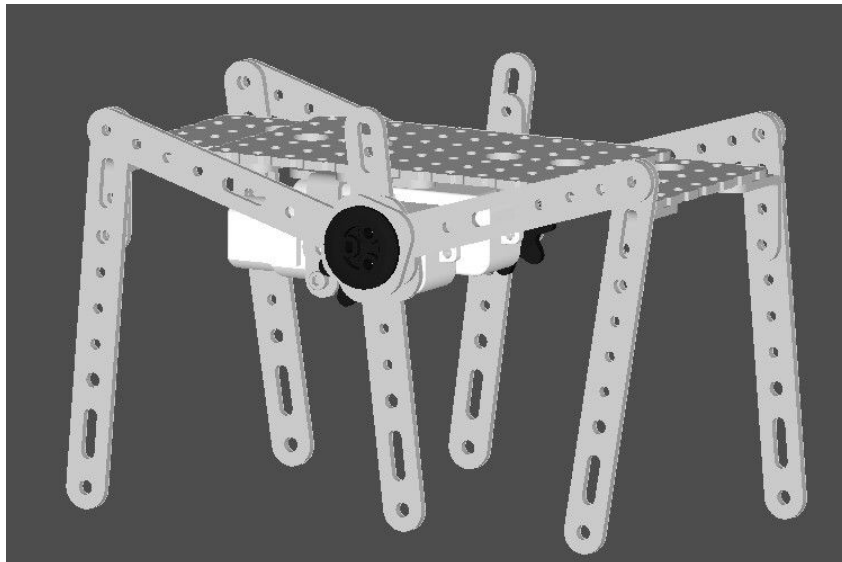
实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：017a_eccenter Hexapod_2m.stp；实验 15。

实验步骤：

1. 组装一个 017a 机构



结构说明：偏心摇杆模块又一个非常简单地应用，两个直流电机驱动，可以实现差速运动。

运动特性：可以实现如实验 2 小车的所有差速运动方式。

2. 编写程序，实现其所有运动方式：前进、后退、大半径左转、大半径右转、原地左转、原地右转。

实验 18. 仿生昆虫触须避障

实验目的：1. 熟悉触须传感器的特性和触发方式；2. 了解触须传感器的安装特点。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：017a_eccenter Hexapod_2m.stp；实验 17。

实验步骤：

1. 在 017a 机构上安装两个触须传感器，使其看起来像是昆虫触须一样，安装时请注意要倾斜一定角度安装，才更容易正确触发。



2. 为机器昆虫编写一段避障程序，使其触须探测到障碍时：左侧触须触发时，后退、右转弯、朝右前方前进；右侧触须触发时，后退、左转弯、朝左前方前进。同时触发时，后退，掉头前进。

实验 19. 仿生昆虫红外避障

实验目的：1. 熟悉近红外传感器的特性和触发方式。

实验性质：设计型实验

实验课时：1 课时

参考资料：017a_eccenter Hexapod_2m.stp；实验 18。

实验步骤：

1. 在 017a 机构前后安装两个近红外传感器。
2. 为机器昆虫编写一段避障程序，使其红外传感器探测到障碍时：前方触发时，转一定角度，后退；后方触发时，转一定角度，前进。同时触发时，转约 90 度，前进。

实验 20. 仿生昆虫红外跟随

实验目的：1. 熟悉近红外传感器的特性和触发方式。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：017a_eccenter Hexapod_2m.stp；实验 18。

实验步骤：

1. 在 017a 机构前方安装两个近红外传感器。
2. 为机器昆虫编写一段避障程序，使其红外传感器探测到障碍时：左侧触发时，向左前方行进；右侧触发时，向右前方前进；同时触发，前进；同时不触发，停止。

实验 21. 转向轮模块

实验目的：1. 熟悉转向轮模块的结构特点和组装规律；2. 学会用伺服电机、模型轮胎、轴套等组装转向轮；3. 了解转向轮模块在机器人底盘设计中的应用。

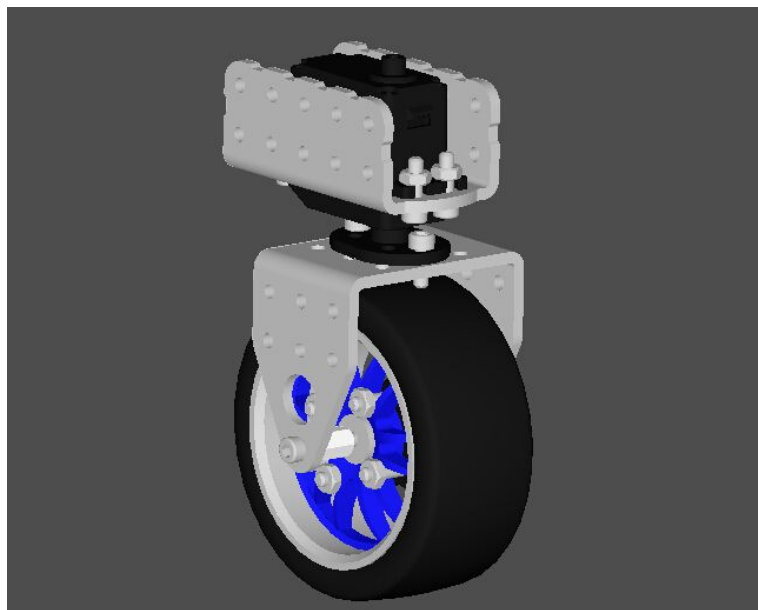
实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：000_module016_sw.stp；实验 11。

实验步骤：

1. 组装一个转向轮模块



结构说明：这种模块在机器人底盘的结构设计中会用到，当不希望底盘再使用差速转动时，那么就需要一个转向机构。现实生活中，转向机构的使用非常广泛，不管是汽车还是三轮车，甚至自行车都使用了转向轮。

运动特性：可以设定比较精确的转向角度，但是轮子没有驱动力，只作为从动。

2. 利用控制伺服电机的方法，控制转向轮模块分别转向 30 度、60 度、120 度和 150 度。

实验 22. 齿轮-轴传动模块

实验目的：1. 熟悉齿轮-轴传动模块的结构特点和组装规律；2. 学会用 30 齿齿轮、传动轴等组装这种传动模块；3. 了解该模块在机器人设计中的应用。

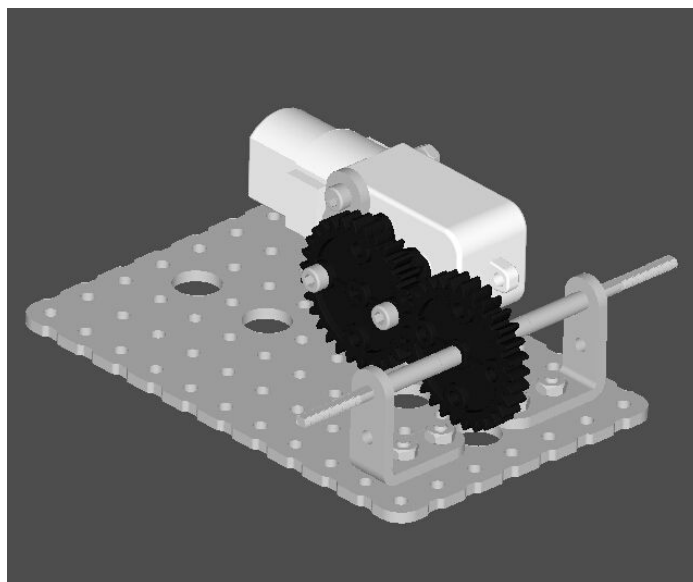
实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：000_module007_gear01.stp；

实验步骤：

1. 组装一个齿轮-轴传动模块



结构说明：这是一种典型的传动结构，通过齿轮可以把电机的运动向其他位置延伸，而传动轴则可以把一个位置的运动传向左右两侧，从而通过一个动力源带动多个运动部件。

运动特性：可正转、反转，节约能源，同时也节约主控板端口，从而省出端口做别的事情。

2. 利用控制直流电机的方法控制齿轮-轴传动模块。

实验 23. 三轮车机器人

实验目的：学会用转向轮模块、齿轮-轴传动模块制作三轮车机器人。

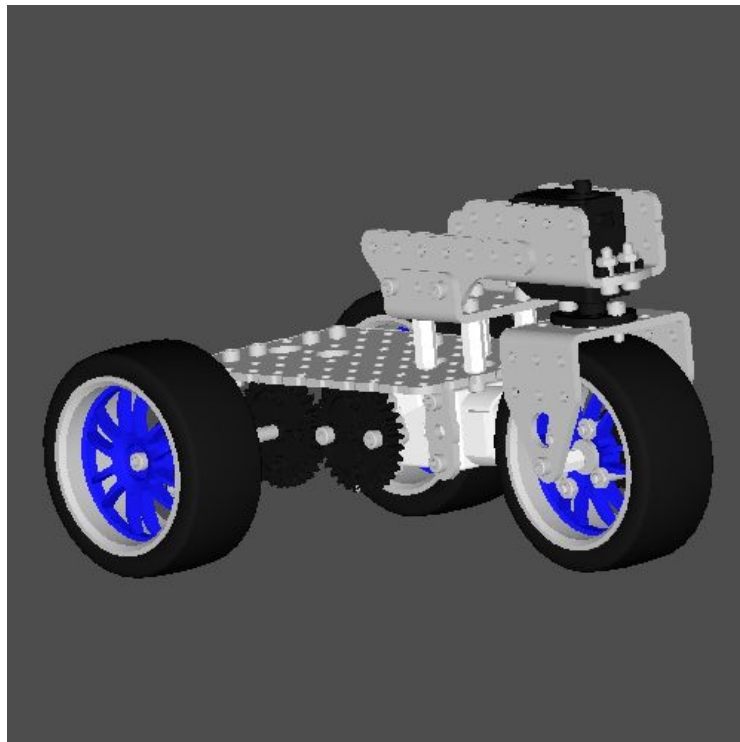
实验性质：验证型实验

实验课时：2 课时

参考资料：014b_tricycle_1m1s.stp；实验 20；实验 21。

实验步骤：

1. 组装一个 014b 机构



结构说明：前轮为转向轮只负责转向，两个后轮只负责提供前进或后退的动力。

运动特性：比差速运动底盘更容易控制，机构运转更稳定，可以设定比较精确的转向角度。

但是不能原地旋转。

2. 编写程序，实现其所有运动方式：前进、后退、左转、右转。

实验 24. 三轮车机器人循迹

- 实验目的：**1. 为三轮车加装传感器，并根据三轮车的运动规律，编写程序，实现循迹功能；
2. 掌握伺服电机与直流电机同时控制的方法，以及在 Bigfish 学习板的接线方式。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：实验 22，实验 5。

实验步骤：

1. 组装一个 014b 机构；
2. 再其前轮两侧加装两个灰度传感器；
3. 编写程序，使其实现循迹功能。

实验 25. 齿轮式四足机器人

实验目的：掌握齿轮-传动轴设计仿生机器人的思路；。

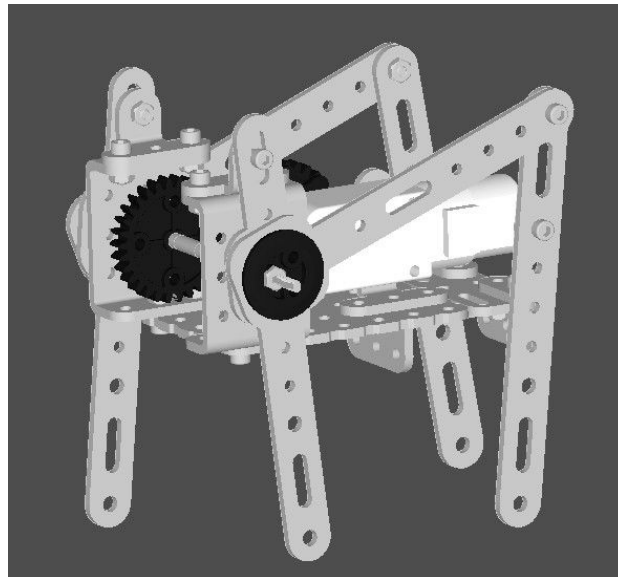
实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：025_eccenter Quadruped_1m.stp。

实验步骤：

1. 组装一个 025 机构；



结构说明：将齿轮-轴传动模块与偏心摇杆模块结合在一起的一种应用，利用传动轴同时驱动两边的机构，属于模块之间综合使用的创新。

运动特性：只能前进和后退，运动方式较少，但是作为一个简单机构，非常容易被复制，从而连接出运动能力更强的结构。

2. 控制其实现前进、后退

实验 26. 齿轮式机器恐龙

实验目的：1. 掌握齿轮-传动轴设计仿生机器人的思路；2. 掌握工形脚双足机器人。

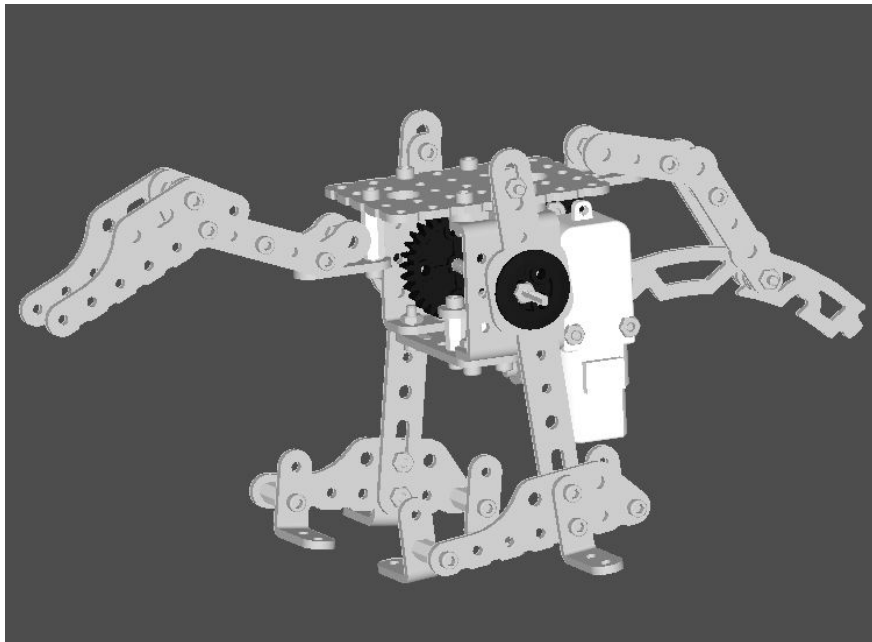
实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：062b_eccenter Tyrannosaurus_1m.stp。

实验步骤：

2. 组装一个 062b 机构；



结构说明：将齿轮-轴传动模块与偏心摇杆模块结合在一起的一种应用，利用传动轴同时驱动两边的机构，属于模块之间综合使用的创新。工形脚又称“交叉足印”是双足机器人脚部的一种常见设计，当机器人没有调节重心的能力时，工形脚能够很好的帮机器人支撑重心，稳定身体。

运动特性：只能前进和后退，运动方式较少，但是作为简单的双足结构，很好的解决双足机器人的平衡问题。

2. 控制其实现前进。

实验 27. 前轮转向汽车底盘

实验目的：1. 掌握齿轮-传动轴设计汽车底盘的思路；2. 掌握连杆组设计汽车转向机构的思路。

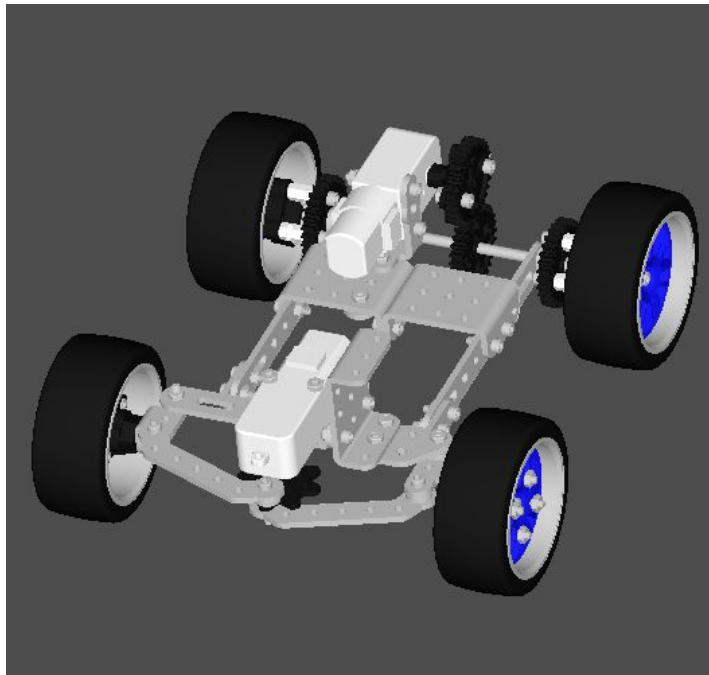
实验性质：验证型实验

实验课时：1 课时

参考资料：054a_Front wheel steering chassis_2m.stp。

实验步骤：

3. 组装一个 054a 机构；



结构说明：只用了两个电机，便能够实现汽车的正常运动功能，机构设计非常优化。

运动特性：能前进和后退，转弯，但是不能原地旋转。运动形态看起来和普通汽车非常接近。

2. 控制其实现前进和后退，转弯。

实验 28. 智能行驶

实验目的：为 023 和 054a 机构增加超声测距传感器，使其实现一定的智能行驶功能。

实验性质：设计型实验

实验课时：1 课时

参考资料：请参考光盘中的“电子元件资料”中的“HC-SR04 超声波测距模块”资料；Bigfish

连接常规传感器.ppt

实验步骤：

1. 制作一个双轮万向车，为其加装超声测距传感器。
2. 阅读以下代码，并烧录进主控板，它将实现这样一个功能：小车持续前进，距离障碍 10cm

即后退并转向另一个方向行驶，以躲避障碍。

```
#define ECHOPIN A3 //使用宏定义对超声波模块连接的引脚进行定义
#define TRIGPIN 2
void setup()
{
  pinMode(ECHOPIN, INPUT);
  pinMode(TRIGPIN, OUTPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(10, OUTPUT);
}

void loop()
{
  if(Distance() < 10){ //距离小于 10cm 就执行下面的动作
    //执行相应的动作
    Back();
    delay(3000);
    Left();
    delay(500);
  }
  else //距离不小于 10cm 就执行这个动作
  {
    Forwards();
  }
}

int Distance() //超声波距离测量函数，返回测量的距离
{
  digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
  delayMicroseconds(2);
```

```

    digitalWrite(TRIGPIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIGPIN, LOW);
    int distance = pulseIn(ECHOPIN, HIGH);
    distance= distance/58;
    return distance;
}

void Left() //左转函数
{
    digitalWrite(5, 1);
    digitalWrite(6, 0);
    digitalWrite(9, 0);
    digitalWrite(10, 1);
}

void Right() //右转函数
{
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(9, 1);
    digitalWrite(10, 0);
}

void Forwards() //前进函数
{
    digitalWrite(5, 1);
    digitalWrite(6, 0);
    digitalWrite(9, 1);
    digitalWrite(10, 0);
}

void Back() //后退函数
{
    digitalWrite(5, 0);
    digitalWrite(6, 1);
    digitalWrite(9, 0);
    digitalWrite(10, 1);
}
}

```

3. 学习并理解这段代码，将其移植到 054a 机构上，实现汽车智能行驶。

实验 29 1 自由度排爆机器人

实验目的：1. 熟悉常见排爆机器人的结构特点和组装规律；2. 学会利用关节模块、机械手爪模块、底盘组装排爆机器人；3. 尝试编程控制排爆机器人运动。

实验性质：设计型实验

实验课时：4 课时

参考资料：211d_EOD robot_1s2m.stp；211a_EOD robot_1s2m.stp；实验 2;实验 10；

实验 11；实验 12；实验 13

实验步骤：

1. 组装一个 211d 机构

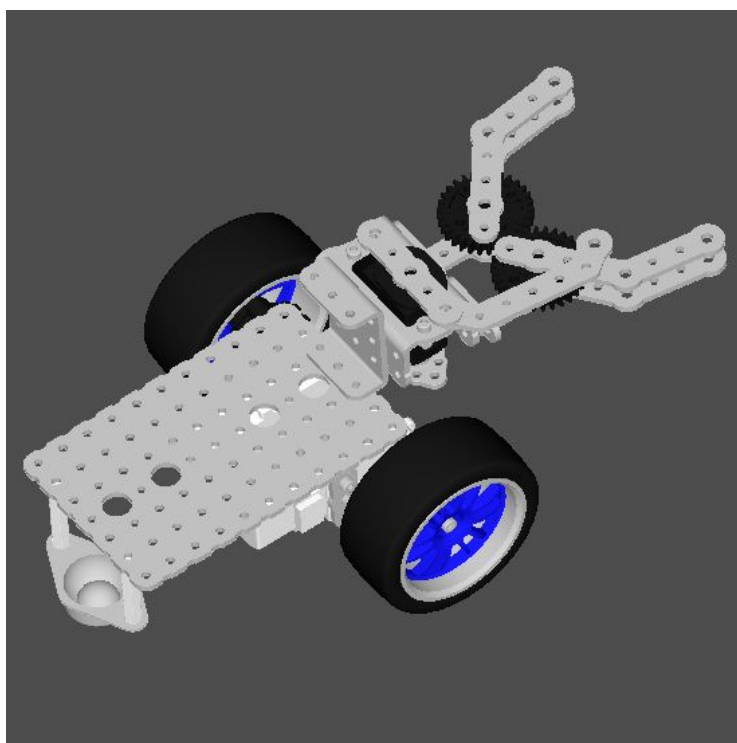


图 29.1 双轮一自由度排爆机器人

2. 参考 023 双轮万向车和机械手爪的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。

3. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

4. 组装一个 211a 机构

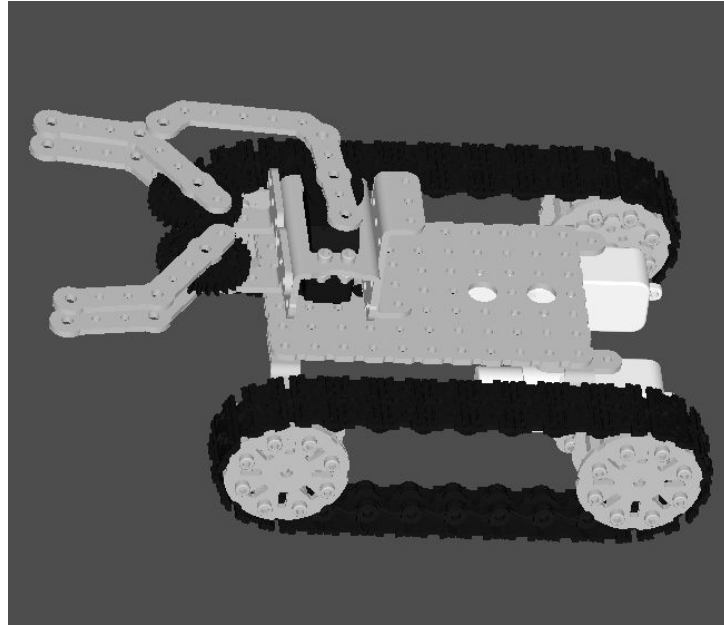


图 29.2 履带一自由度排爆机器人

5. 参考 026a 履带底盘和机械手爪的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。
6. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

实验 30 1 自由度排爆机器人排爆实验

实验目的：增加传感器，使机器人遇到“爆炸物”可以将其移除。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：实验 29；

实验步骤：

1. 组装一个 211a 或 211d;
2. 自己选择合适的传感器，安装在机器人的合适位置；
3. 编写程序，使机器人在行走中，走到某位置后，自动开始排爆。在这个题目中你可以为机器人功能的正常实现，在环境中设计各种辅助元素，如用黑线在地面上设置检测标志、横线、大面积黑色等，也可以利用物体本身反射红外线或超声波的特性来实现，也可以设计障碍物以碰撞触碰或触须传感器等。

实验 31 2 自由度排爆机器人

实验目的：1. 熟悉常见排爆机器人的结构特点和组装规律；2. 学会利用关节模块、机械手爪模块、底盘组装排爆机器人；3. 尝试编程控制排爆机器人运动。

实验性质：设计型实验

实验课时：4 课时

参考资料：211b_EOD robot_1s2m.stp；211e_EOD robot_1s2m.stp；实验 2;实验 10；实验 11；实验 12；实验 13；实验 29。

实验步骤：

1. 组装一个 211e 机构

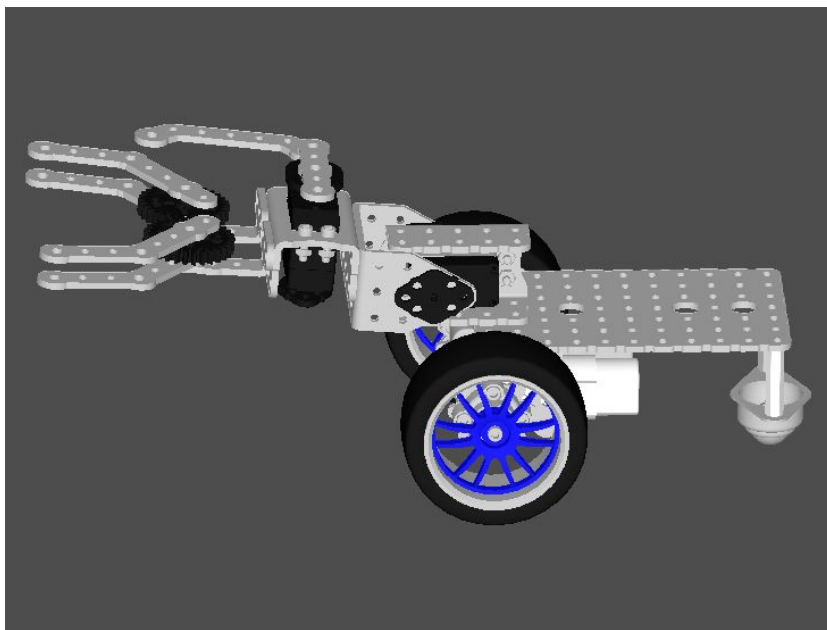


图 31.1 双轮二自由度排爆机器人

2. 参考 023 双轮万向车和 3 自由度机械手的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。

3. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

4. 组装一个 211b 机构

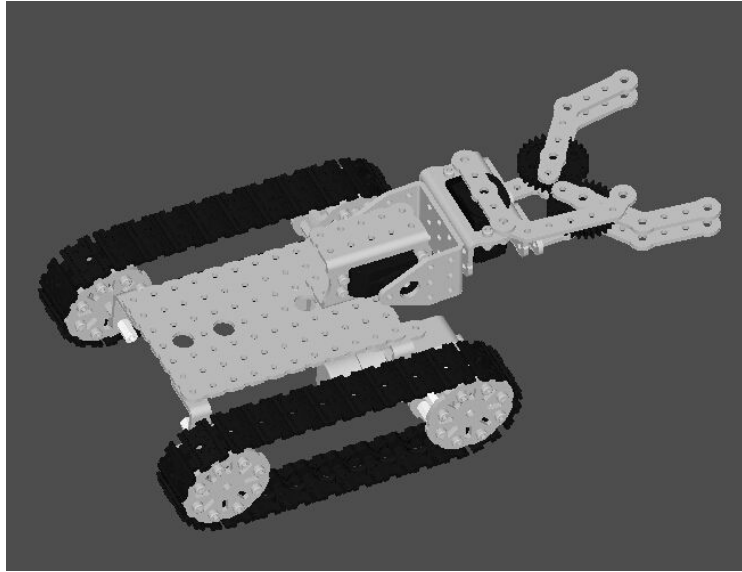


图 31.21 履带二自由度排爆机器

5. 参考 026a 履带底盘和 3 自由度机械臂的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。
6. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

实验 32 2 自由度排爆机器人排爆实验

实验目的：增加传感器，使机器人遇到“爆炸物”可以将其移除。

实验性质：设计型实验

实验课时：2 课时

参考资料：实验 30；

实验步骤：

4. 组装一个 211b 或 211e;
5. 自己选择合适的传感器，安装在机器人的合适位置；
6. 编写程序，使机器人在行走中，走到某位置后，自动开始排爆。在这个题目中你可以为机器人功能的正常实现，在环境中设计各种辅助元素，如用黑线在地面上设置检测标志、横线、大面积黑色等，也可以利用物体本身反射红外线或超声波的特性来实现，也可以设计障碍物以碰撞触碰或触须传感器等。

附加课程

以下课程难度较大，有主控板的二次开发内容，请老师们根据学生能力进行安排。

实验 33 3 自由度排爆机器人

实验目的：1. 熟悉常见排爆机器人的结构特点和组装规律；2. 学会利用关节模块、机械手爪模块、底盘组装排爆机器人；3. 尝试编程控制排爆机器人运动。4. 掌握通过传感器口控制舵机的方法。

实验性质：二次开发实验

实验课时：4 课时

参考资料：211c_EOD robot_1s2m.stp；211f_EOD robot_1s2m.stp；实验 12;实验 16；实验 17；实验 18；用传感器口接舵机.ppt

实验步骤：

1. 组装一个 211f 机构

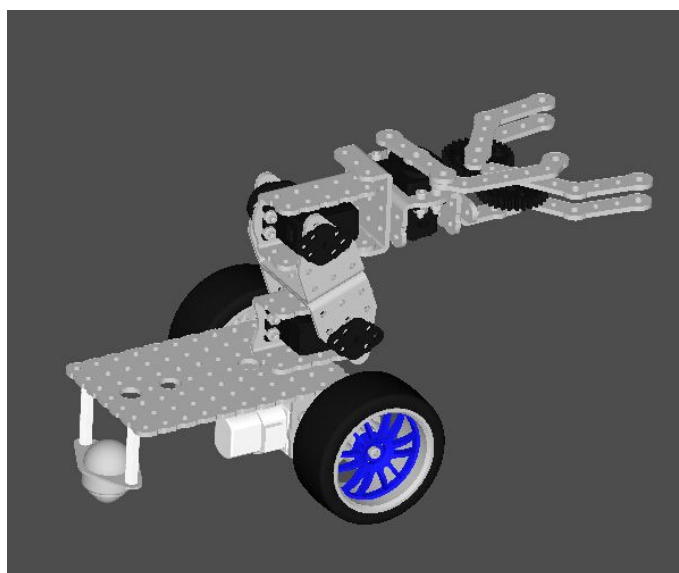


图 33.1 双轮三自由度排爆机器人

2. 参考 023 双轮万向车和 3 自由度机械手的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工

作运动。

3. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

4. 组装一个 211c 机构

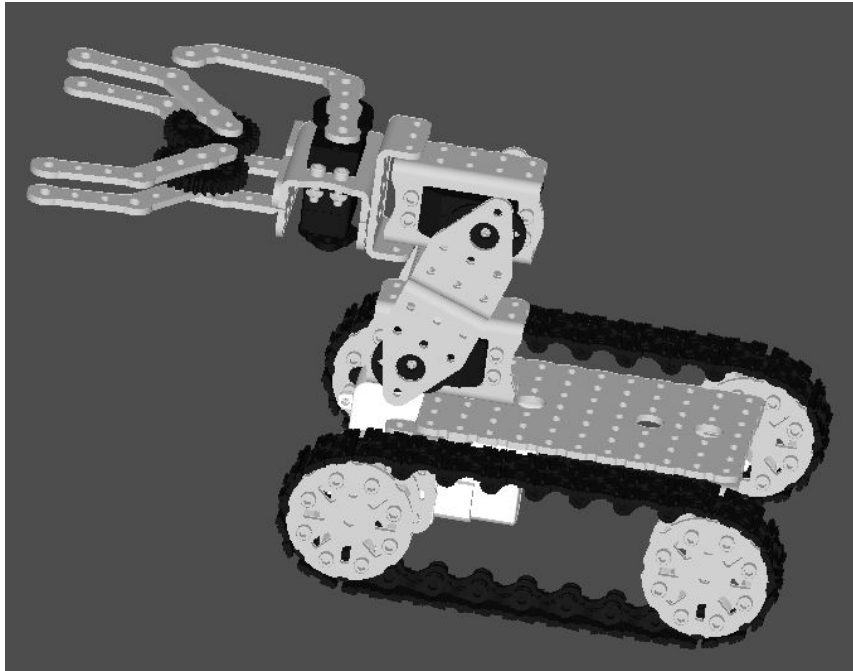


图 33.2 履带三自由度排爆机器人

5. 参考 026a 履带底盘和 3 自由度机械臂的控制方法，编写一段程序，控制机械臂模拟工作运动。

6. 尝试改造该机构，形成一个新机构，并控制。

实验 34 机器人识别灰度场地

实验目的：1. 掌握灰度传感器的数据采集功能；2. 掌握利用灰度传感器识别地面灰度，从而辅助行动的方法。

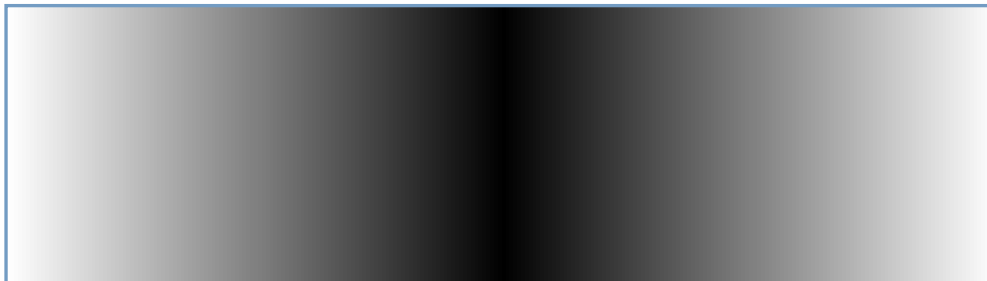
实验性质：二次开发实验

实验课时：2 课时

参考资料：023_Omni-directional wheel_2m.stp；灰度传感器资料

实验步骤：

1. 组装一个只能前进与后退的机构；
2. 在机构前后安装灰度传感器；
3. 完成以下功能：在下图所示的场地中，将机器人放置在任意位置，机器人都会自动走向深色位置，直至场地中央。



实验 35 机器人追踪红外光源

实验目的：掌握红外光源发射器的制作方法

实验性质：二次开发实验

实验课时：2 课时

参考资料：近红外传感器资料

实验步骤：

这个实验需要两个小组配合完成。

1. 组装一个 023 机构或 026a 机构，在前端安装 3 个近红外传感器；
2. 组装一个近似于立方体的结构，将三个近红外传感器安装在“前、左、右”3 个面上，将近红外传感器的接收头用胶带遮挡，只留发射头，连接主控板，使近红外始终工作。从而形成一个发射源。
3. 完成以下功能：将发射源放置在机器人附近，机器人都能够将其找到。



实验 36 机器人擂台赛

实验目的：综合运用机器人创新知识和技能，在实战中一决高下。

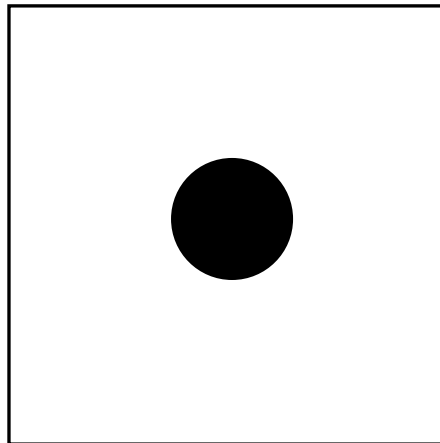
实验性质：二次开发实验

实验课时：2 课时

实验步骤：

这个实验可全班参与，1V1，混战均可。

1. 场地：制作一个类似于下面的场地，背景为白色，中心有一个黑色圆形。



2. 规则：

参与对抗的机器人从四个角出发，倒计时 2 分钟，2 分钟结束时，离中心最近者获胜。



机器时代（北京）科技有限公司

ROBOTTIME BEIJING TECHNOLOGY, LTD

电话：010-60705356

Email：web@robottime.cn

<http://www.robottime.cn>