安徽省百所高校百万大学生科普

创

意

创

新

大

赛

申

报

书

作品名称： 智能避障—抓取物体小车

参赛分类： 科普作品

参赛子分类： 实物科普作品

1. 作品简介

智能避障狭窄空间搬运物体小车是一款基于单片机技术的小型移动机器人，主要用于在狭窄空间内进行物体搬运。由于狭小空间内的障碍物较多，因此该小车采用了智能避障技术，能够自主识别并避开障碍物，从而顺利到达目标地点。系统组成：主控模块：采用微控制器作为主控芯片，负责控制整个系统的正常运行、传感器模块：采用超声波传感器和红外传感器，用于检测障碍物和判断距离、驱动模块：采用四个直流电机，实现前进、后退、转弯等运动、电源模块：采用锂电池为小车提供动力、机械结构：利用齿轮齿条机构和夹爪机构来实现抓取物体。

1. 选题确定

随着企业对自动化技术需求的不断提升，智能车辆及在此基础上开发的相关产品已成为自动化物流运输、柔性生产组织等系统的关键设备。机械臂抓取载物小车在仓储管理中的应用，特别是在狭窄空间内进行物料搬运，能有效地增大仓储面积，提高空间利用率，研究领域的拓展，例如在考古、医疗器械及足球机器人研究等方面，机械臂抓取载物小车具有重要的应用前景和实际意义，随着科技的发展，特别是物联网、人工智能的广泛应用，推动了机械臂抓取载物小车在各领域的应用探索，军事和民用需求的双重驱动，例如在军事侦察、地震废墟搜救等特殊场合，狭窄空间的机械臂抓取载物小车发挥着不可替代的作用。研究者们致力于开发更加灵活和精准的机械臂，这些机械臂能够在狭窄的空间中进行复杂的操作。例如，采用麦克纳姆轮技术的机器人能够在狭小的空间内实现全方位移动，提高作业效率[1]。针对狭窄空间内的小车导航问题，研究者们在不断探索高效的路径规划和控制算法。这包括避障策略、动态环境下的实时调整以及优化行驶路线。伴随着人工智能技术的迅速发展和国家“智能制造2025”战略的实施，智能自动化设备，如集成了机械臂的小车，正在现代化工业中发挥着越来越重要的作用。基于Arduino的小车机械臂智能搬运研究，展示了如何将智能机械臂与小车结合，用于自动化搬运,此类设备通常配备高精度传感器和先进的控制系统，能够实现精确的货物搬运和放置。

本项目主要包括以下几个方面：

（1）传感器选型与安装：研究合适的传感器类型及其安装位置，以提高障碍物检测的准确性。

（2）主控模块设计：选择合适的微控制器，并设计相应的控制算法，以实现小车的智能避障和运动控制。

（3）驱动模块设计：选择合适的电机和驱动电路，以实现小车的灵活运动。

（4）机械结构设计：设计轻质且坚固的车身结构，提高小车的运动性能。

（5）电源模块设计：选择合适的电池类型和充电方案，确保小车的续航能力。

（6）软件设计：编写小车的控制程序，实现自动避障和物体搬运功能。

（7）测试与优化：在小车实际运动过程中，对各个环节进行测试和优化，以提高小车的性能和稳定性。

4. 预期成果

通过本项目的实施，我们期望获得以下成果：

（1）设计并制作一台智能避障狭窄空间搬运物体小车原型机。

（2）完成小车的避障和物体搬运功能测试，并对结果进行分析。

（3）撰写项目报告，总结设计过程中的经验和不足，提出改进措施。

（4）提高团队成员的设计能力、动手能力和团队协作能力。

1. 科学原理及方法

项目的科学原理主要涉及到以下几个领域：

1. 传感器技术：通过使用超声波传感器和红外传感器，小车可以检测到前方的障碍物，从而实现避障功能。这些传感器基于声波和红外线的传播特性，通过发射和接收信号，计算出障碍物的距离和方位。

2. 机器人运动控制：小车的移动依靠两个直流电机实现，通过调整电机的转速和转动方向，可以使小车实现前进、后退、转弯等运动。这涉及到电机的驱动和控制技术，以及机械结构的设计。

3. 路径规划算法：为了实现智能避障，小车需要根据传感器数据，规划出一条无碰撞的最优路径。这些算法通过计算障碍物周围可行驶区域，寻找最短路径，从而使小车在避开障碍物的同时，尽可能地减少行走距离。

4. 自动化控制：通过主控模块的控制算法，小车可以根据传感器数据、路径规划结果等信息，自动调整行进速度和方向，实现自主避障和物体搬运任务。

5. 电力系统：小车的电源系统一般采用锂电池，通过充电方式提供动力。这涉及到电池的选择、充电管理电路的设计等方面。

总的来说，智能避障狭窄空间搬运物体小车项目涉及到传感器技术、机器人运动控制、路径规划、自动化控制和电力系统等多个领域的科学原理，将这些技术相结合，可以实现小车在狭窄空间的灵活移动和自主避障。

项目的科学方法主要包括以下几个方面：

1. 建模与仿真：在设计小车的过程中，可以通过计算机建模和仿真技术对机械结构、电机驱动和控制系统等进行模拟和优化，从而降低实物制作成本，提高设计效率。

2. 传感器校准与测试：在安装传感器后，需要对其进行校准和测试，以确保其精度和可靠性。这通常涉及到传感器厂家提供的校准方法，以及自编的测试程序。

3. 控制算法开发与调试：主控模块的控制算法是实现小车自主避障和移动的关键。开发者需要通过编写和调试控制程序，实现对小车的精确控制。这通常需要使用到编程语言和开发环境。

4. 路径规划算法研究：为了实现智能避障，需要研究与应用合适的路径规划算法。这涉及到对算法原理的理解，以及将算法应用于实际项目的能力。

5. 实物制作与组装：在完成设计方案后，需要进行小车的实物制作与组装。这涉及到机械结构设计、3D打印、电子元件焊接等技术。

6. 系统测试与优化：在小车制作完成后，需要进行系统测试和优化，以确保小车在各类环境中的稳定性和可靠性。这通常涉及到测试程序的编写，以及对测试结果的分析。

7. 项目管理与团队协作：项目实施过程中，需要通过有效的项目管理和团队协作，确保项目按时完成。这涉及到任务分配、进度管理、团队沟通等方面的能力。

通过以上科学方法，可以实现智能避障狭窄空间搬运物体小车项目的成功实施，并提高项目的效率和效果。

1. 目的和思路

项目的作品目的主要有以下几点：

1. 解决狭窄空间内的搬运难题：通过设计一款能够在狭窄空间内灵活移动和避障的搬运小车，解决现有机器人在狭窄环境中应用受限的问题，提高机器人在智能家居、办公室、实验室等场景的实用性。

2. 技术创新与成果转化：通过该项目的实施，推动机器人领域的技术进步，为未来更智能、更灵活的机器人系统提供参考。同时，将项目成果转化为实际产品，为市场提供更具竞争力的机器人解决方案。

3. 培养团队协作与创新能力：通过项目实施，提高团队成员的设计能力、动手能力、创新意识和团队协作精神，为未来更复杂的机器人项目积累经验。

项目的创作思路主要包括：

1. 需求分析：首先分析狭窄空间内的搬运需求，了解实际应用场景中的障碍物类型、空间限制等因素，以便确定小车的尺寸、运动性能和避障能力。

2. 设计方案制定：根据需求分析结果，制定小车的整体设计方案，包括机械结构、传感器选型、驱动和控制系统、电源管理等。确定各部分的关键参数和技术要求。

3. 机械结构设计：设计小车的机械结构，包括车体、车轮、装载平台等部件。选择合适的材料和生产方式，确保小车重量轻、强度高。

4. 传感器选型与安装：根据需求分析结果，选择合适的传感器类型（如超声波传感器、红外传感器等），并确定安装位置。通过传感器的检测范围和精度，为后续路径规划算法提供数据支持。

5. 控制模块设计：选择合适的微控制器，作为小车的控制核心。编写控制程序，实现小车的避障、运动控制和物体搬运功能。

6. 驱动模块设计：根据小车的运动性能要求，选择合适的电机和驱动电路。设计驱动模块，实现对小车的灵活运动控制。

7. 电源模块设计：根据小车的功耗和续航要求，选择合适的电池类型和充电方案。设计电源管理电路，确保电池能量利用率最大化。

8. 整机测试与优化：在完成小车的制作后，进行系统测试和优化，包括传感器性能测试、避障效果测试、运动控制测试等。在测试过程中，发现问题并优化设计方案，提高小车的整体性能。

9. 项目总结与成果展示：撰写项目报告，总结设计过程中的经验教训，提出改进措施。通过成果展示，让更多人了解和认可智能避障狭窄空间搬运物体小车项目的价值和应用前景。

1. 设计方案

5.1 系统方案

该系统由三大部分构成，即移动小车、多自由度机械臂和多种传感器等装置，小车分为主体部分包括四个电机、电源模块超声波、红外避障模块、电机驱动模块蓝牙模块。机械臂部分包括升降机构与抓取机构，步进电机，SG90舵机及控制主板。每个部分都具有特定的功能和设计要点，确保整体系统能够有效操作于狭窄空间中，针对传感器的种类和应用，选择其中的红外传感器[7]。

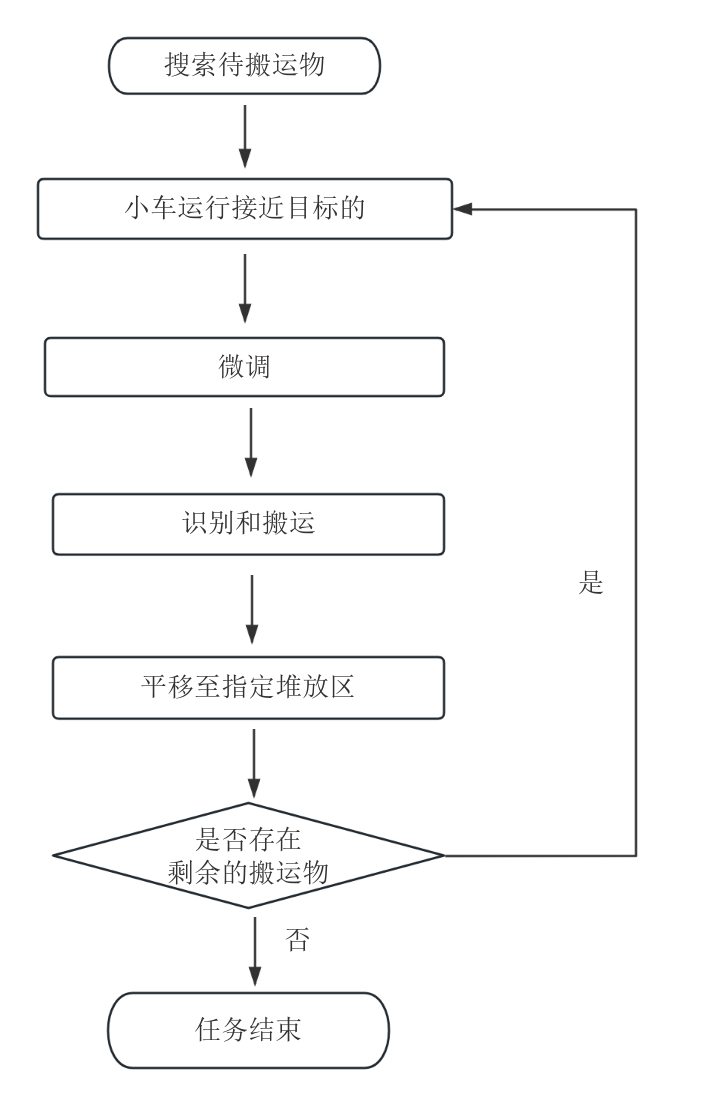


图5-1 流程图

5.2 结构设计

以上机械臂及抓夹共配置了一个步进电机用于机械臂的升降[2]，一个180度的舵机用于抓夹的张开和关闭[3]，这两个驱动系统在控制系统的作用下协调运动共同完成对物品的抓取。为了方便使用者使用，本设计将其机械臂抓夹与小车结合在一起[10]，小车采用了两套驱动电机，他们分别负责小车的直行和转向，两套系统在控制系统的作业下完成转向、直行等任务。此设计可以更方便抓取狭窄空间中不同位置的不同物体。

升降机构：导向系统和控制系统三个主要部分的协同工作，，导向系统确保升降机沿预定轨道稳定运行。作用是确定好机械抓夹的高度，以便后续的抓取工作。

机械抓夹：抓取实物过程分为定位阶段、夹持阶段、搬运阶段及释放阶段。通过这几个阶段完成物体的抓取过程。作用是通过机械装置实现对物体的抓取、搬运和放置，具有高效率和精准度的特点。

小车：主要涉及动力系统、控制系统和运动执行系统三个关键部分的协同工作，它们根据控制系统的指令执行使小车进行具体的移动和操作。作用是确定好机械抓夹抓取的水平位置以及完成抓取后搬运过程。

5.3 传动计算

传动比是机械传动系统中一个至关重要的参数，它描述了两个转动构件角速度或角位移的比值。在齿轮传动、带传动、链传动等传动方式中，传动比决定了输入动力和输出动力之间的关系，对于设备的性能、效率以及稳定性有着直接影响。

传动比的计算

 (5-2)

且



则



5.4 电动机的选择

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应角位移或线位移的电动机。每输入一个脉冲信号，转子就转动一个角度或前进一步，其输出的角位移或线位移与输入的脉冲数成正比，转速与脉冲频率成正比。因此，步进电动机又称脉冲电动机。

步进电机的工作原理是基于电磁学原理，将电能转换为机械能[8]。它是一种开环控制电机，通过控制施加在电机线圈上的电脉冲顺序、频率和数量，可以实现对步进电机的转向、速度和旋转角度的控制[9]。步进电机的旋转是以固定的角度（称为“步距角”）一步一步运行的，其特点是没有积累误差（精度为100%），因此广泛应用于各种开环控制中。



图5-2 步进电动机实物图

表5-3 步进电机参数

|  |  |
| --- | --- |
| 电压 | 5V/12V两种可选 |
| 轴径 | 5mm |
| 螺丝孔距 | 35mm |
| 螺丝孔径 | 2mm |
| 步进角度 | 5.625x1/64 |
| 减速比 | 1/64 |
| 尺寸 | 直径28mm |
| 5线4相可以用普通u1n2003芯片驱动也可以接成2相使用 | |

步进电机的主要应用领域包括：

* 机械领域。在机械加工行业，步进电机主要应用于数控机床、筛分设备和自动化生产线上，实现准确的步进运动和精度高的定位控制。
* 电子领域。步进电机在电子行业中的应用也非常广泛，主要用于精密测量仪器、智能家居、医疗设备等领域。
* 汽车领域。在汽车行业中，步进电机主要作为控制或驱动某些汽车部件的动力源，如汽车车窗升降系统、汽车空调温度控制器、车内娱乐系统等。

此外，步进电机还具有结构简单、可靠性高和成本低的特点，因此在生产实践中被广泛应用。尽管步进电机具有这些优点，但在某些应用中，如需要高速度或高效率的场合，可能会选择其他类型的电机。

## 5.5 舵机的选择

舵机的主要作用是在需要角度不断变化并可以保持的控制系统中提供驱动。

SG90舵机的控制信号为周期是20ms的脉宽调制(PWM)信号，其中脉冲宽度从0.5ms-2.5ms,相对应舵盘的位置为0-180度，呈线性变化。也就是说，给它提供一定的脉宽，它的输出轴就会保持在一个相对应的角度上，无论外界转矩怎样改变，直到给它提供一个另外宽度的脉冲信号，它才会改变输出角度到新的对应的位置上。舵机内部有一个基准电路，产生周期20ms,宽度1.5ms的基准信号，有一个比较器，将外加信号与基准信号相比较，判断出方向和大小从而产生电机的转动信号。工作原理:控制电路板接受来自信号线的控制信号，具体信号待会再讲)，控制电机转动，电机带动一系列齿轮组，减速后传动至输出舵盘:舵机的输出轴和位置反馈电位计是相连的，前益转动的同时，带动位置反馈电位计，电位计将输出一个电压信号到控制电路板，进行反馈，后控制电路板根据所在位置决定电机的转动方向和速度，从而达到目标停止。

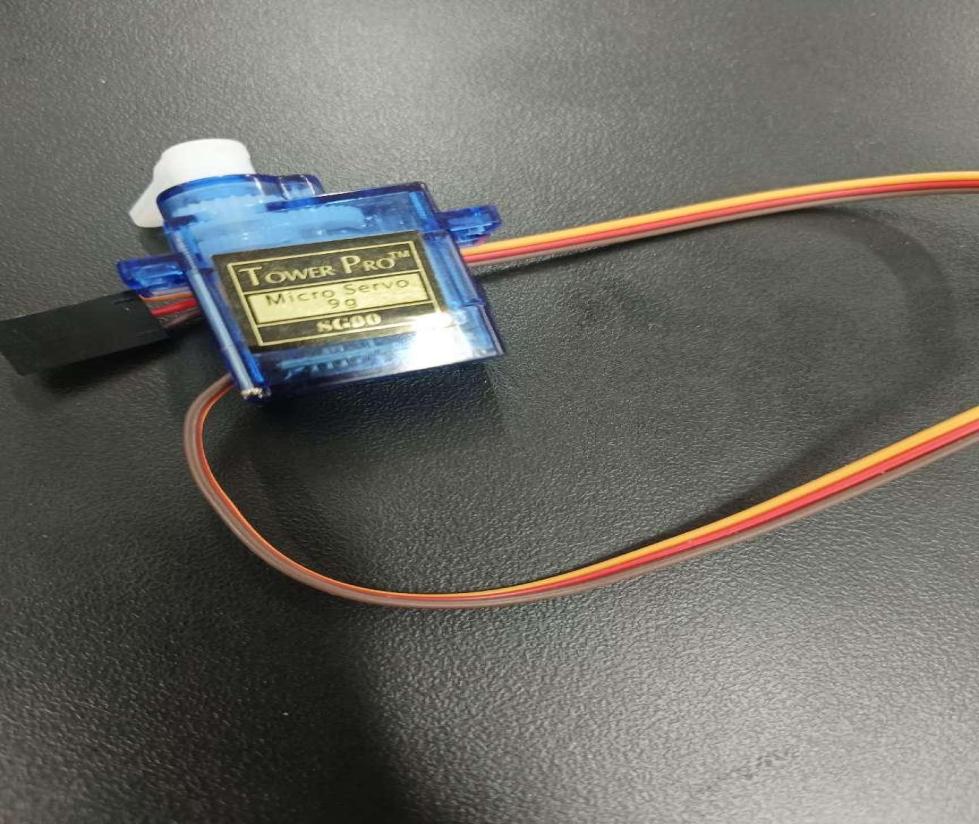


图5-4 舵机实物图

表5-5 舵机参数

|  |  |
| --- | --- |
| 产品型号 | SG90 |
| 产品重量 | 9G |
| 工作扭矩 | 1.6KG/CM |
| 反应转速 | 0.12-0.13秒/600 |
| 使用温度 | -300C~+600C |
| 死区设定 | 5微秒 |
| 插头类型 | JR,FUTABA通用 |
| 转动角度 | 180度（左90，右90）/360度 |
| 舵机类型 | 数码舵机 |
| 使用电压 | 3-7.2V |
| 结构材质 | 塑料齿 |
| 线 长 | 约25CM |
| 适用范围 | 固定翼，直升机，小型机械人，机械手等模型 |

5.6 AD原理图绘制

Altium Designer是一款功能强大的电子设计自动化(EDA)软件，用于设计和开发Printed Circuit Board(PCB)和FPGA电路。它提供了全面的电子设计解决方案，包括原理图设计、PCB布局设计、信号完整性分析、组装设计、仿真和设计数据管理等功能。Altium Designer的特点和功能包括：

* 原理图设计：提供直观的原理图设计界面，并支持多种元件库，方便快速构建电路图。
* PCB布局设计：集成先进的三维布局和路由功能，提供自动布线和丰富的规则检查，帮助设计人员优化布局和布线，并确保电路板的性能和可靠性。
* 信号完整性分析：通过信号完整性分析工具，帮助检测和解决信号完整性问题，如时钟偏移、串扰等，提升电路板的性能和可靠性。
* 仿真和验证：提供电路仿真工具，可以对电路进行性能评估、时序分析等，确保电路设计符合预期要求。
* 组装设计：支持BOM(Bill of Materials)生成、器件布局、焊盘生成等功能，为电路板组装提供方便和准确性。
* 设计数据管理：提供设计数据管理系统，方便团队协作和设计版本控制。

Altium Designer在电子设计行业中被广泛使用，适用于各种规模的设计项目，包括从小型电子产品到复杂的高速电路设计。它具有友好的用户界面、强大的功能和丰富的技术支持，被认为是一款优秀的EDA工具。

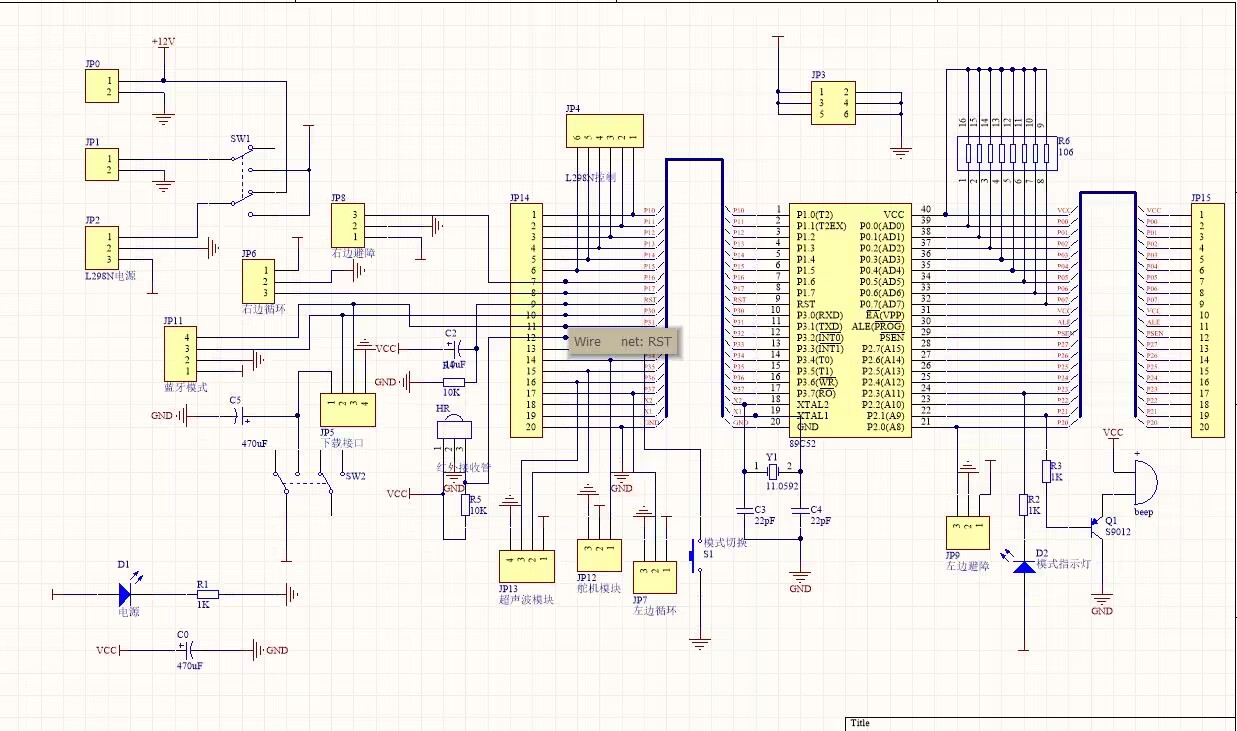


图 5-6 小车原理图

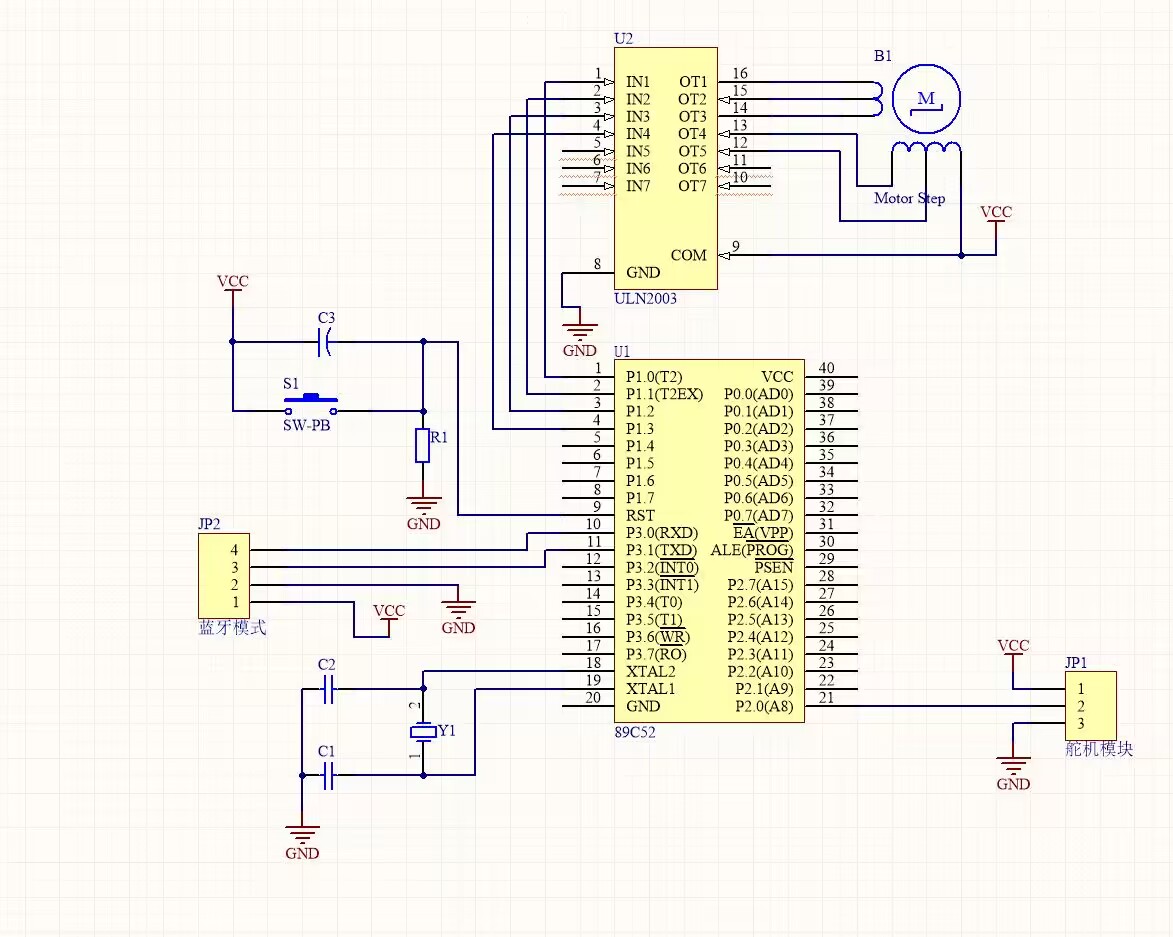


图5-7 机械臂抓夹原理图

5.7程序设计

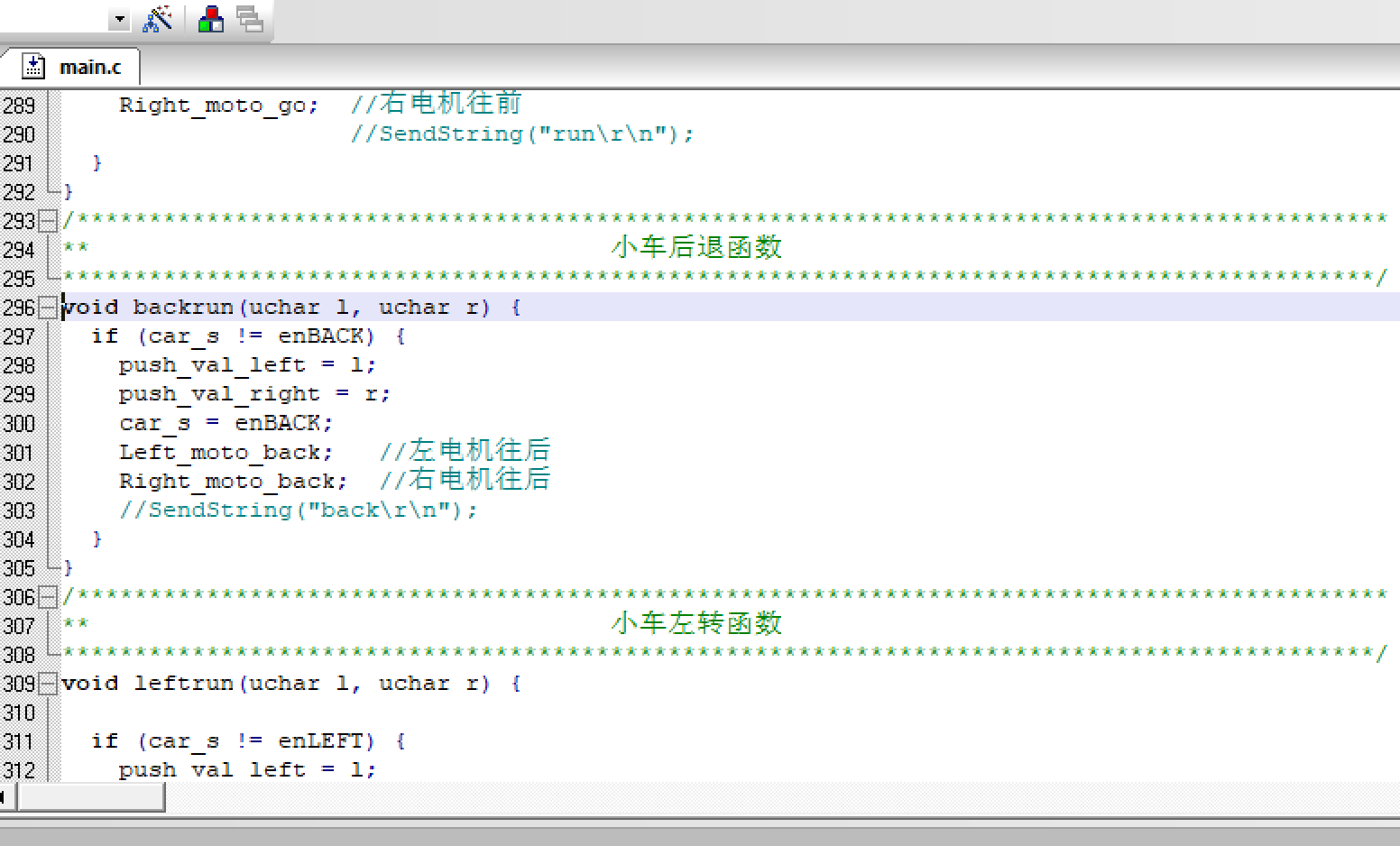


图 5-8 控制小车运动方向



图 5-9小车避障

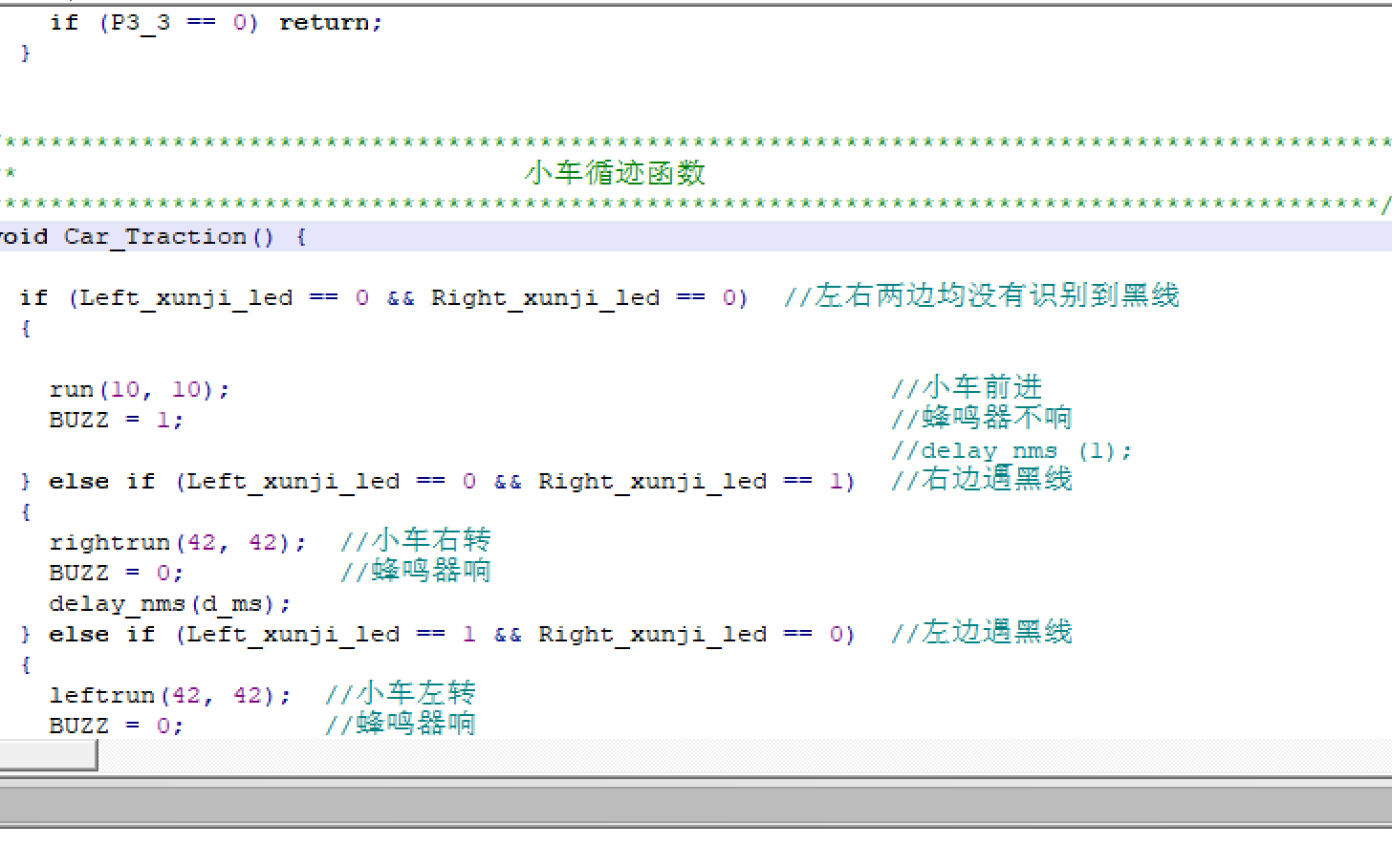


图 5-10 小车循迹与蜂鸣器

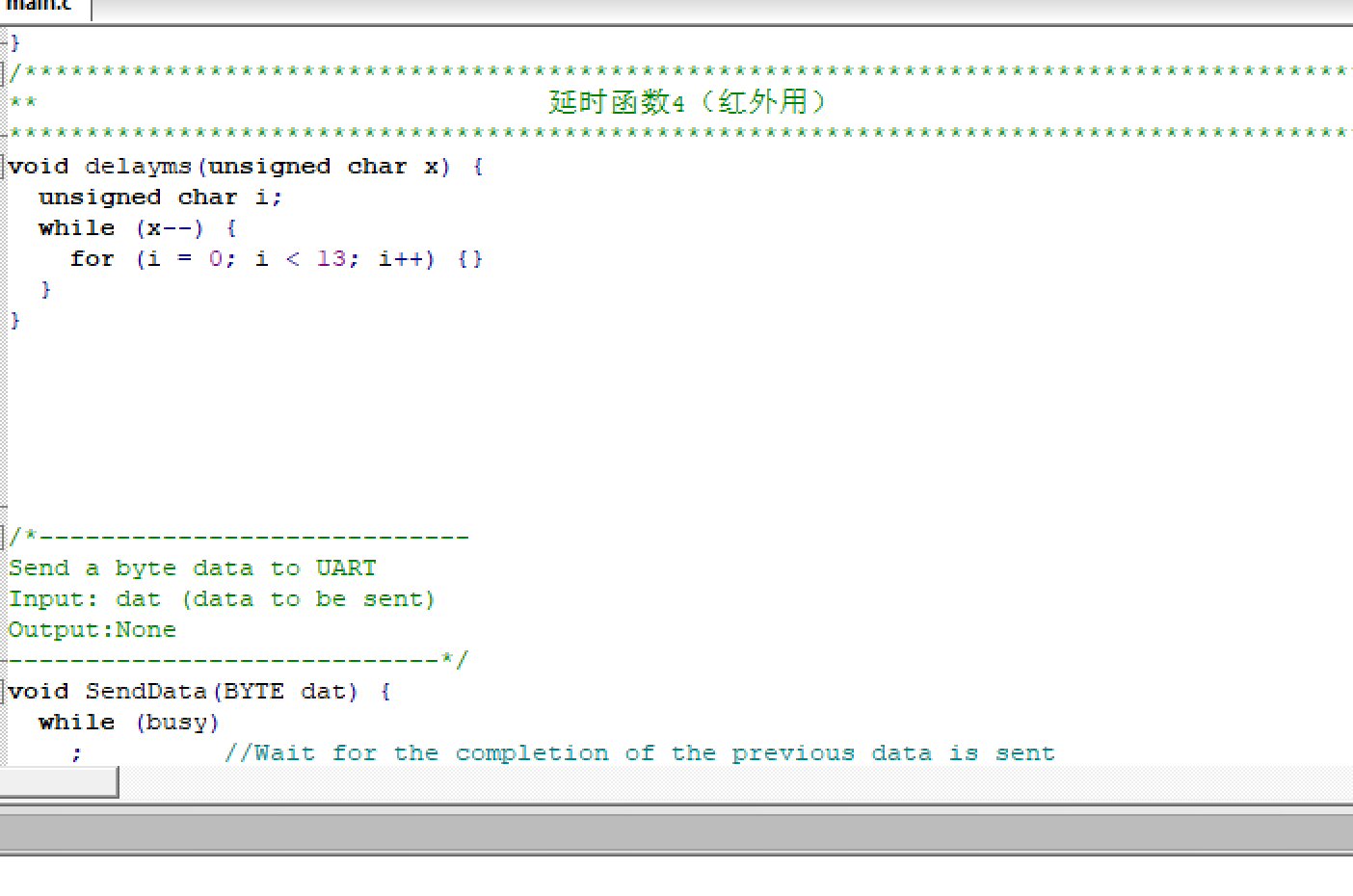


图 5-11 红外用传感器

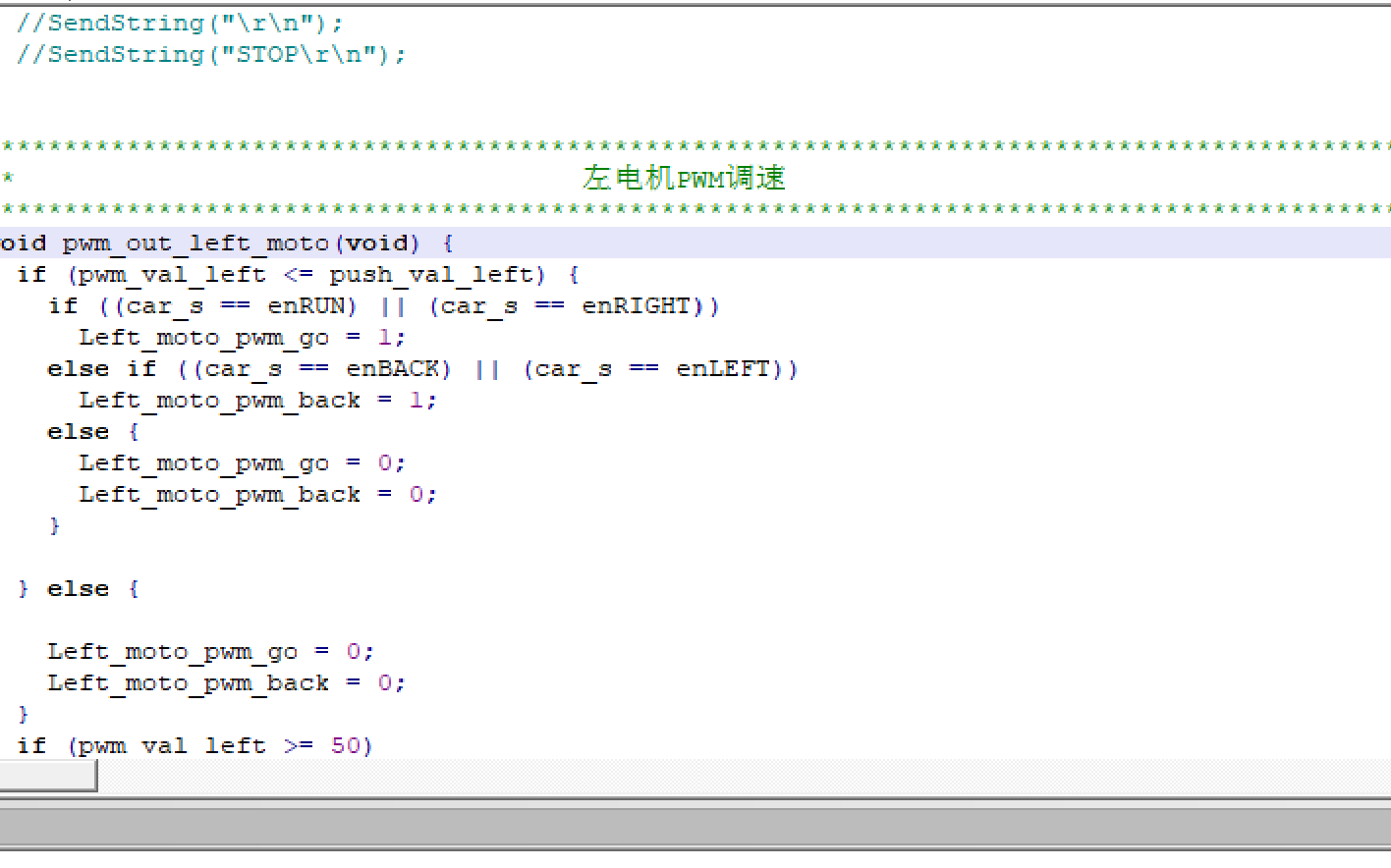


图 5-12 左电机调速

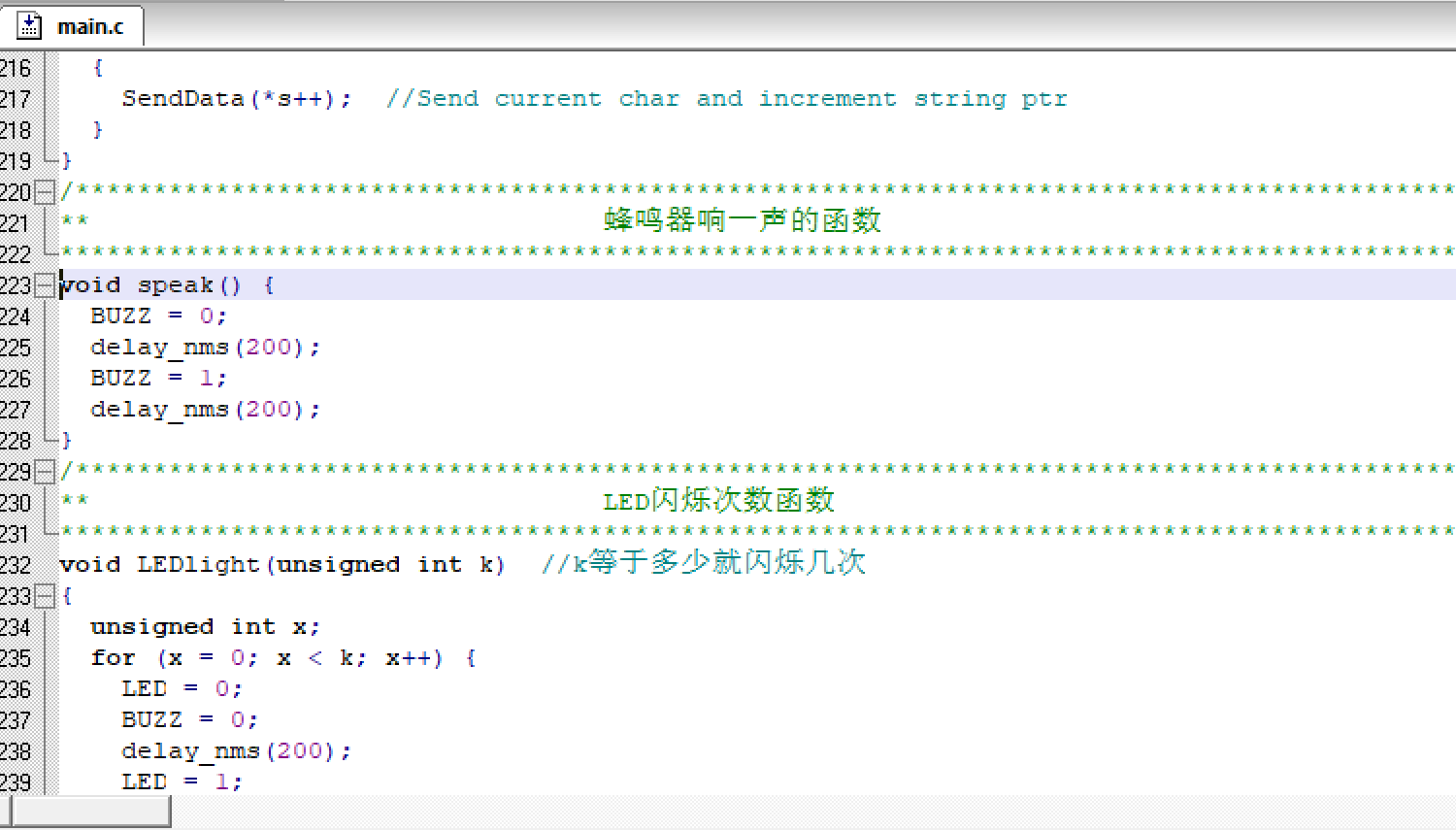


图 5-13 蜂鸣器

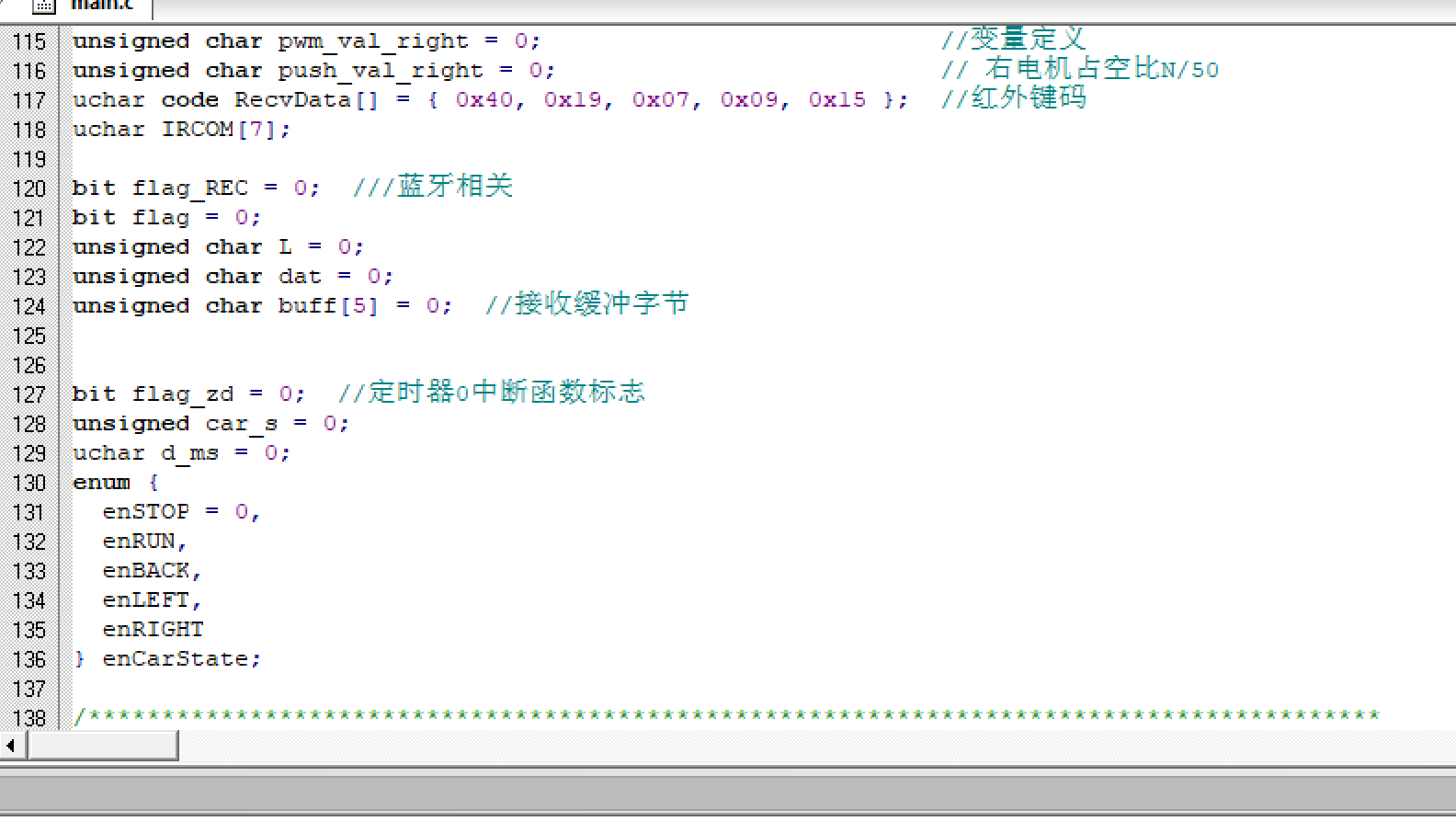


图 5-14 小车蓝牙控制模块

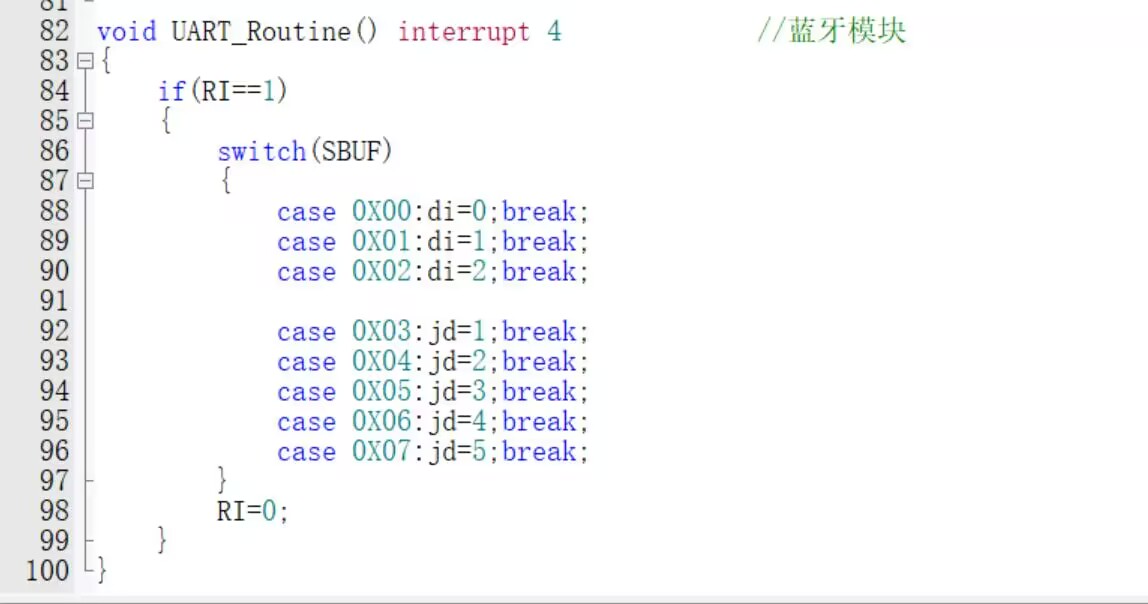


图 5-15 机械臂蓝牙控制模块

**参考文献**

1. 王霄琳. 麦克纳姆轮智能小车机械手臂设计[J].设备管理与维修, 2023, (06):105-106.
2. 朱治欣. 步进电机细分驱动系统软件设计研究[J].今日制造与升级, 2024,(03):109-111+139.
3. 孙铭鸿, 黎英. 电动舵机内部扰动分析及建模[J].控制工程, 2024,31(06):1052-1059.
4. 王佳伟, 孙妍. 基于AT89C51单片机的简易时钟设计[J].计算机产品与流通, 2019,(03):61.
5. 石进水. 基于单电动机驱动的微流控芯片及其控制系统的设计[J].机械工程师, 2023,(12):97-99+102.
6. 蔡华祥, 吴兴校, 蒋昕, 等. 基于单片机的伺服舵机跟踪控制技术研究[J].现机械, 2024,(02):93-97.
7. 邵小军. 基于有源红外传感器的掘进机定位系统的开发[J].机械管理开发, 2021,36(09):239-240+243.
8. 肖丽佳. AT89C52单片机控制的步进电机驱动设计[J].福建电脑, 2024,40 (07):96-99.
9. 杨曦禾. 步进电机驱动电路的研究与设计[D].电子科技大学, 2023.
10. 沈凤翔. 基于关节力位反馈的机械臂自适应阻抗控制研究[D].北方工业大学, 2024.