

陶瓷学院科技艺术学院

毕业(论文)设计

中文题目： 遥控机器人控制电路设计

英文题目： THE DESIGN OF REMOTE CONTROL ROBOT
CIRCUIT

院 系： 科技艺术学院

专 业： 自 动 化

姓 名： 陈 志 金

学 号： 201030455108

指导教师： 李 蔓 华

完成时间： 2014-05-23

摘 要

机器人技术的出现和发展,不但使传统的工业生产面貌发生了根本性的变化,而且将对人类的社会生活产生深远的影响。机器人技术融合了传感器、单片机、集成电路、发生器系统工程等多种知识,是一项综合性很强的新技术。本文主要研究的是遥控机器人控制电路的设计,涉及到遥控机器人探测路障的研究、驱动电机的选型、运动控制系统的选择、步进电机控制电路的比较分析及选择、稳压电源和脉冲发生器的设计,遥控机器人能实现前进、后退、左转和右转等运动,此项技术的研究,未来将在工业以及非产业界有广阔的应用前景,是先进制造技术领域不可缺少的自动化设备。

关键词: 遥控机器人 单片机 控制电路

ABSTRACT

The appearance and development of robot technology, not only the traditional industrial production has undergone fundamental changes, but also will have a profound influence on the social life of human. The robot consists of sensors, MCU, integrated circuit, the generator system engineering and other knowledge of the great, is a new technology of comprehensive very strong. This paper mainly researches the design of control circuit to detect robot, robot roadblocks research, drive motor selection, the choice of the motion control system, stepper motor control circuit of comparative analysis and selection, regulated power supply and a pulse generator design. Through this topic design, to improve the response characteristics, robot control circuit reliability, anti-jamming etc..

Keywords: robot micro-controller generator control circuit power supply

目录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 课题的背景分析.....	1
1.2 国内外遥控机器人的发展现状简介.....	2
1.2.1 国外遥控机器人的发展状况.....	2
1.2.2 国内研制的几种遥控移动机器人.....	2
1.3 本课题的意义和主要研究内容.....	3
第 2 章 遥控机器人探测路障的研究.....	4
2.1 遥控机器人控制电路方框图及功能介绍.....	4
2.1.1 遥控机器人控制电路框图.....	4
2.2 各模块功能及作用.....	4
2.3 遥控机器人传感器的选用.....	5
2.3.1 传感器.....	5
2.3.1 超声波式传感器工作原理.....	6
2.1.2 超声波传感器的局限性.....	7
2.2 光电式传感器.....	8
2.2.1 光电传感器的工作原理.....	8
2.3 红外反射式探测器硬件电路.....	9
第 3 章 遥控机器人驱动电机研究设计.....	12
3.1 机器人驱动电机的选型.....	12
3.2 步进电动机的工作原理.....	13
3.3 步进电动机的主要性能及其特征.....	16
3.4 步进电动机的驱动方式.....	16
第 4 章 步进电机驱动电路设计.....	20
4.1 驱动电路研究设计.....	20
4.2 采用 L297 和 L298 集成电路构成的驱动电路.....	20
第 5 章 机器人运动控制系统.....	25
5.1 运动控制系统概述.....	25
5.2 运动控制系统实现方式.....	26
第 6 章 稳压电源和脉冲发生器的设计.....	28
6.1 稳压电源.....	28
6.2 脉冲发生器.....	30
第 7 章 结论.....	32
第 8 章 经济分析报告.....	33
致谢.....	34
附录.....	36

第一章 绪论

1.1 课题的背景分析

机器人学作为一门新兴的学科，已有近半个世纪的发展历史。机器人是近年来快速发展的高新技术密集的机电一体化产品。国际标准化组织对机器人的定义是：机器人是一种自动的、位置可控的、具有自动编程能力的多功能操作机。机器人控制是一项跨几个学科的综合性的技术，涉及到自动控制、计算机、传感器、人工智能、电子技术和机械工程等多种学科的内容。机器人的控制系统是以计算机控制技术为核心的实时控制系统，控制系统的优劣决定了机器人的智能水平，工作柔性以及灵巧性，也决定了机器人使用的方便程度及系统的开放性。目前机器人的发展经历了三个时代：世界上第一台工业机器人是在 20 世纪 60 年代初诞生，工业机器人应用于汽车制造业取得成功，并被广泛运用于其它制造行业。这一时期的机器人被称为顺序控制机器人。为了让机器人有一定的感知能力，人们给机器人装上了许多不同功能的传感器，形成了具有传感器信息反馈的第二代机器人。与第一代机器人相比，第二代机器人更加具有柔性和安全性。然而，由于该类机器人的自身状态和环境状态信息是非数值化的，人们希望机器人能像人类一样自主接受和解释这些非数值信息，由此开始了第三代机器人，即智能机器人的研制。它能感知外界环境与对象，并具有对复杂信息进行准确处理，对自己的行为做出自主决策的能力。

从以上机器人的历史发展情况可以发现它们大部分是针对工业机器人而言的，但现在由于大量其它类型机器人特别是遥控机器人的出现，使机器人这一词语所指的意义已远超出了工业应用的范围。

遥控机器人研究是上世纪 80 年代以后兴起的一个比较新的研究领域。移动机器人是目前一项比较实用的技术，集机械电子、计算机、自动控制和人工智能等多学科的知识和技术于一体。随着机器人应用从制造业向非制造业扩展，遥控机器人在诸如野外作业、深海探测，军事和服务业，以及一些人类本身所不能进入的有毒或高温环境中，有着极其广泛的应用前景，它是 21 世纪自动化技术研究和发展的一个重要方面。遥控机器人狭义上指的是地面可遥控移动机器人，主要包括军事领域和民用服务领域机器人两种。从广义上讲，移动机器人也包括空间机器人（如美国的火星探路者）和水下机器人（如

我国研制的海下 6000m 探测机器人), 它对机器人的控制技术、传感技术和材料等方面提出了更高的要求。

1.2 国内外遥控机器人的发展现状简介

1.2.1 国外遥控机器人的发展状况

目前在日本、欧美等发达国家, 移动机器人已广泛应用于服务领域, 如医疗福利服务、商场超市服务、餐厅旅馆服务、维修清洗服务和家庭服务等。美国 Probotics 公司于 1999 年生产的 Cye 小型家用遥控移动式服务机器人, 可牵引一辆小型拖车在室内运送饮料, 信件等生活用品, 或牵引吸尘器进行室内清扫工作。Cye 采用双轮差动驱动方式, 环境信息的获取采用地图输入方式, 可跟踪声音信号, 任务完成后能自动返回总站待命。美国 Denning 公司与 Windsor 工业公司 90 年代初合作生产的地面吸尘机器人 Robo-Scrub, 采用超声传感检测障碍, 并配有高精度激光导航系统。Robo-Scrub 的导航系统需要光码条来实现机器人定位, 限制了其应用范围。Kent 公司设计了另外一种清扫机器人 RoboKent, 它不需要导引条码或定位路标, 但需要操作者辅助其完成对清扫区域周边的探测, 因而其清扫区域限于简单的矩形区域。另外, Denning 公司还设计了保安机器人 Denning Sentry, HelpMate 公司设计了医用物品运输机器人 HelpMate, 日本 Honda 公司设计了仿人机器人 P2 和 P3。另外还有用于飞机清洗的清洗服务机器人和在加油站为汽车自动加油的加油机器人。

1.2.2 国内研制的几种遥控移动机器人

1. 壁面清洗爬壁机器人

哈尔滨工业大学机器人研究所研制成功壁面清洗爬壁机器人, 主要用于瓷砖壁面及玻璃壁面的清洗作业。目前高层建筑的清洗, 都采用吊凳、吊篮等手工清洗作业方式, 工作环境危险。使用壁面清洗爬壁机器人可以实现清洗作业的自动化。它由爬壁机器人本体、清洗机构、控制柜、遥控盒、安全保护装置等部分组成。爬壁机器人采用负压吸附原理, 利用吸盘吸附于壁面。采用双轮驱动, 可垂直于壁面上下左右移动, 带动清洗机构进行作业。

2. 全方位移动地面清扫机器人

大面积宽阔地面的清扫工作一直是一项繁重的体力劳动, 人工清扫费时、费力且工

作效率低,将机器人用于清扫服务,具有广阔的应用前景。在我国,随着经济建设的不断开展,许多行业尤其是运输业对在人流量大的宽阔地面实现自动清扫的要求越来越强烈,而国内的相关研究至今还未见报导。为实现适合我国国情的宽阔地面自动清扫,清华大学在这一领域做了一些探索,与香港中文大学合作,联合研制开发出一种全方位移动清扫机器人。

3. 太空机器人

中科院沈阳自动化所与中科院自动化所联合研制成功了基于复合机构的非结构环境移动机器人,这种新型特种机器人能够在各种复杂、多变、恶劣的环境下活动自如,大显身手。专家认为,这种机器人将为我国在太空、海洋等未知环境下的探测勘察工作,提供强有力的技术保障。

1.3 本课题的意义和主要研究内容

选择本课题的意义,主要分为两个方面:第一,对于目前自主移动机器人,能使其智能化离不开各种外部传感器的作用,而各种新型传感器的出现,为发展传感器机器人提供了基础,如何提高对传感信息的利用,是改进机器人智能的关键技术之一;第二,机器人的驱动控制方式有以模拟电路硬接线方式、微控制器为核心方式、利用专用芯片实现的运动控制方式等,如何简化控制方式并提高性能,具有深远的意义。

关于机器人控制电路的设计中,本着能够实现自主移动避障机器人控制电路,其主要研究内容有:第一,机器人如何探测路障,获得比较精确的前方路障信息,而探测功能需用传感器来完成,其主要类型有光电式、超声波式和涡流式三种,本课题采用超声波式传感器来实现;第二,机器人驱动电机的选型和运动控制系统的选择,目前在机器人的运动控制中较为常用的电机有直流伺服电机、交流伺服电机和步进电机,本课题采用步进电机来实现遥控机器人驱动电路实现。

本机器人控制电路能够实现自主移动避障功能,其控制电路分为以下功能模块:红外反射式探测器、步进电机驱动电路、稳压电源和脉冲发生器。

第 2 章 遥控机器人探测路障的研究

2.1 遥控机器人控制电路方框图及功能介绍

2.1 .1 遥控机器人控制电路框图

机器人控制电路能够实现自主移动避障功能，其控制电路分为以下功能模块：红外反射式探测器、步进电机驱动电路、稳压电源和脉冲发生器。机器人控制电路框图：

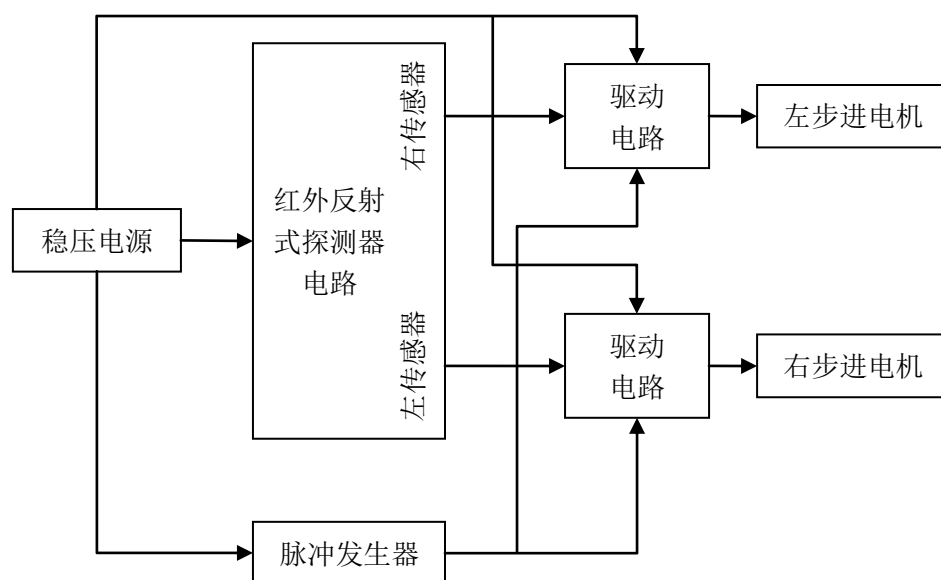


图 1-1 遥控机器人控制电路框图

2.2 各模块功能及作用

(1) 红外反射式探测器模块

机器人如何探测路障，获得比较精确的前方路障信息，而探测功能需用传感器来完成，其主要类型有光电式、超声波式和涡流式三种，利用何种传感器来完成探测路障成为探讨的问题利用红外传感器进行机器遥控操作，通过单片机控制轮式机器人启动、停止、速度调节、转向，

(2) 步进电机驱动电路模块

机器人驱动电机的选型和运动控制系统的选择，目前在机器人的运动控制中较为常用的电机有直流伺服电机、交流伺服电机和步进电机，选用哪种电机性能最佳，而对

于运动控制系统, 需比较分析哪种控制系统可靠性好、响应快等优点。

(3) 稳压电源和脉冲发生器模块

步进电机控制电路的设计, 主要有集成电路构成的控制电路等, 选择何种方案使控制电路简单可靠, 实现自主移动避障机器人功能, 接近觉传感器是机器人用以探测自身与周围物体之间相对位置和距离的传感器。接近觉原本不是人的专门感觉, 故没有专司其职的接近觉器官。人是依靠自己各种感觉器官的综合感觉能力来感觉自己和周围物体之间的相对位置和距离的大致感觉的。因此, 在仿照人的功能来使机器人具有接近觉, 其复杂程度可想而知, 而利用一些特定的物理现象来研制专门的传感器, 相对而言就显得简单易行了。

2.3 遥控机器人传感器的选用

2.3.1 传感器

遥控机器人安装接近觉传感器主要目的有以下三个: 其一, 在接触对象物体之前, 获得必要的信息, 为下一步运动做好准备工作; 其二, 探测机器人手和足的运动空间中无障碍物。如发现有障碍, 则及时采取一定措施, 避免发生碰撞; 其三, 为获取对象物体表面形状的大致信息。

目前使用的接近觉传感器主要有光电式、超声波式和涡流式三种。

1. 光电式接近觉传感器是一种比较简单有效的传感器, 把它装在机器人手(或足)上, 能够检测机器人手臂(或腿)运动路线上的各种物体。它是利用红外发光二极管作为发送体, 向物体发射一束红外光, 红外光通过透镜照射于物体上; 物体反射红外光, 然后, 通过接收电路进行接收和处理。一般其作用距离比较小, 检测距离为几厘米。

2. 超声波是人耳不能听见的一种机械波。人耳能听到的声音, 振动频率范围只是 20Hz~20000Hz。超声波因其波长较短、绕射小, 而能成为超声波射线并定向传播, 机器人采用超声传感器的目的是用来探测周围物体的存在与测量物体的距离。一般用来探测周围环境中较大的物体, 不能测量距离小于 30mm 的物体。

3. 电涡流传感器主要用于检测由金属材料制成的对象物体。它是利用一个导体在非均匀磁场中移动或处在交变磁场内, 导体内就会出现感应电流这一基本电学原理工作的。这种感应电流称为电涡流。通过电涡流的大小可以检测物体的有无和距离, 电涡流传感器的尺寸小, 检测精度高, 能检测到 0.02mm, 工作可靠, 价格便宜。缺点是作用距

离小，一般不能超过 13mm。

2.3.1 超声波式传感器工作原理

超声波是指频率在 20000Hz 以上，不能引起正常人听觉反应的机械振动波。其波长很短，可以集成狭小的发射线束，呈束状直线传播，传播具有一定的方向性。同时超声波作为一种非接触的检测方式，和红外、激光及无线电测距相比，不受光线、被测对象的颜色等的影响，在恶劣的环境中（如含粉尘时）具有一定的适应能力，比激光测距更容易获得近距离信息，并且具有结构简单、成本低等优点。

压电式超声波发生器实际上是利用压电晶体的谐振来工作的。超声波发生器内部结构如图 2-1 所示，它有两个压电晶片和一个共振板。当它的两极外加脉冲信号，其频率等于压电晶片的固有振荡频率时，压电晶片将会发生共振，并带动共振板振动，便产生超声波。反之，如果两电极间未外加电压，当共振板接收到超声波时，将压迫压电晶片作振动，将机械能转换为电信号，这时它就成为超声波接收器了。

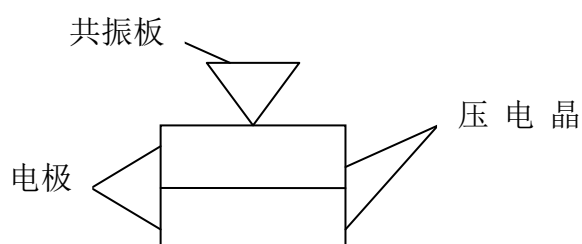


图 2-1 超声波传感器结构原理图

超声波测距原理很简单，一般采用渡越时间法（Time of Flight, TOF），即检测超声波往返距离的时间，由于所用的时间与超声波通过距离成正比，当超声波发射极发出一个短暂的脉冲时，计时开始；当超声波接收器接收到第一个返回脉冲后，计时立即停止。此时，记录得到的值为 $D=CT/2$ ，其中 D 为机器人与被测物之间的距离， C 为声波在介质中的传播速度（ $C = 331.4 \times \sqrt{1+t/273} \text{ m/s}$ ， t 为摄氏温度）， T 为超声波从发射到返回的时间间隔。超声波在空气中的传播速度为 340 m/s ，但其中传播速度随介质温度的上升而加快，气温增高 10°C ，速度加快 0.6 m/s 。图 2-2 给出了超声波传感器的构成原理图。

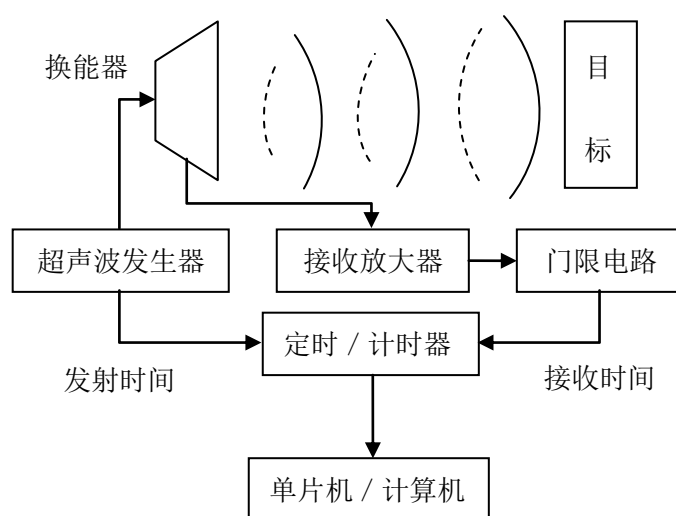


图 2-2 超声波传感器系统结构原理方框图

2.1.2 超声波传感器的局限性

一般而言，由于超声波传感器存在固有的局限性，探测的精度不会很高，此外，超声波探测精度还受环境温度、发射角辐射范围和障碍物表面特性等因素的影响。因此，在移动机器人实时避障系统中存在一定的局限性，主要表现在四个方面：

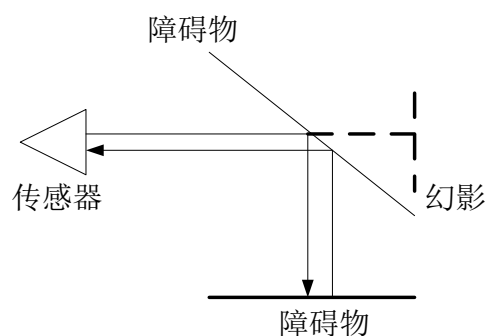
一是因为超声波的波长相对长一些，对于稍大的扁平的障碍物可以发生镜面反射，传感器由于接收不到反射信号，使此障碍物不能被检测到。

二是盲区较大，因为每个超声换能器既作超声发射器又作超声接收器，因此不能同时发射超声波和接收超声波。在发射超声波后必须经过一段时间才能处理返回的声波。如果障碍物距离太近（< 30cm 左右），则传感器收不到返回的声波，所以该类传感器存在测量盲区。

三是表现在探测波束角过大，方向性差。往往只能获得目标的距离信息，不能准确地提供目标的边界信息，而且单一传感器的稳定性不理想。在实际应用中，往往采用其它传感器来补偿，或采用多传感器融合技术提高检测精度等。

四是由于超声波受环境温度、湿度等条件的影响，以及超声波固有的宽波束角，超声波传感器在测距时，所测量值与实际值的误差较大。

五是当超声波传感器和障碍物形成一定的角度时，会发生镜面反射产生幻影。在图 2-3 中传感器发出的超声波发生了镜面反射，虽然障碍物和机器人很近，但是由于幻影的产生，机器人误认为障碍物很远，机器人就会和障碍物发生碰撞。



2-3 超声波原理图

2.2 光电式传感器

2.2.1 光电传感器的工作原理

反射式光电传感器的光源有多种,常用的有红外发光二极管,普通发光二极管,以及激光二极管,前两种光源容易受到外界光源的干扰,而激光二极管发出的光的频率较集中,传感器只接收很窄的频率范围信号,不容易被干扰但价格较贵。理论上光电传感器只要位于被测区域,反射表面可受到光源照射同时又能被接收管接收到的范围就能进行检测,然而这是一种理想的结果。因为光的反射受到多种因素的影响,如反射表面的形状、颜色、光洁度、日光、日光灯照射等不确定因素。如果直接用发射和接收管进行测量将因为干扰产生错误信号,采用对反射光强进行测量的方法可以提高系统的可靠性和准确性。红外反射光强法的测量原理是将发射信号经调制后由红外发光二极管发射,再由光敏管接收调制的红外信号,原理如图 2-4 所示。

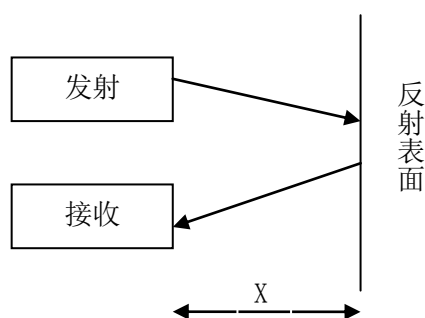


图 2-4 红外发射接收原理图

反射光强度的输出信号电压 V_{out} 是反射面与传感器之间距离 X 的函数,设反射面物质为同种物质时, X 与 V_{out} 的响应曲线是非线性的。设定输出电压达到某一阈值时作为目标,不同的目标距离阈值电压是不同的。

综上所述,对超声波式和光电式两种传感器进行比较分析可知,超声波探测器可以快速精确的得到深度信息,但是它的方位角不能准确测得,这就使得探测障碍时无法很快判断障碍物的形状和宽度,进而给避障决策带来麻烦。然而红外反射式探测器由于探测响应快,精确度高,比较适用于小型机器人探测路障,因此,本机器人控制电路选择的是红外反射式探测器。红外反射式探测器在自主式导航及避障机器人上应用广泛,用红外反射式传感器作为机器人的近距离感觉传感器是可行的。当距离小于 10mm 时,有较好的可靠性和抗干扰能力,而传感器的探头尺寸仅为几个毫米,特别适合小型化,在相应的智能控制系统中可进行有意义的尝试。红外传感器的显著特点是非接触、不受电的干扰、灵敏度高、时间分辨率和空间分辨率高,可进行全方位的测试。当然,单一传感器获得的信息非常有限,而且传感器受到自身性能的影响带有不确定性。随着传感器种类的增多,一个强大的智能系统应该是一个多传感器系统,也是信息感知的新的研究方向。

2.3 红外反射式探测器硬件电路

如图 2-5,电路包含两个检测器(IC3 和 IC4)、两个 LED 检测指示灯(LED1 和 LED2)、两个红外线发射器(LED3 和 LED4)和一个 38kHz 信号发生器。

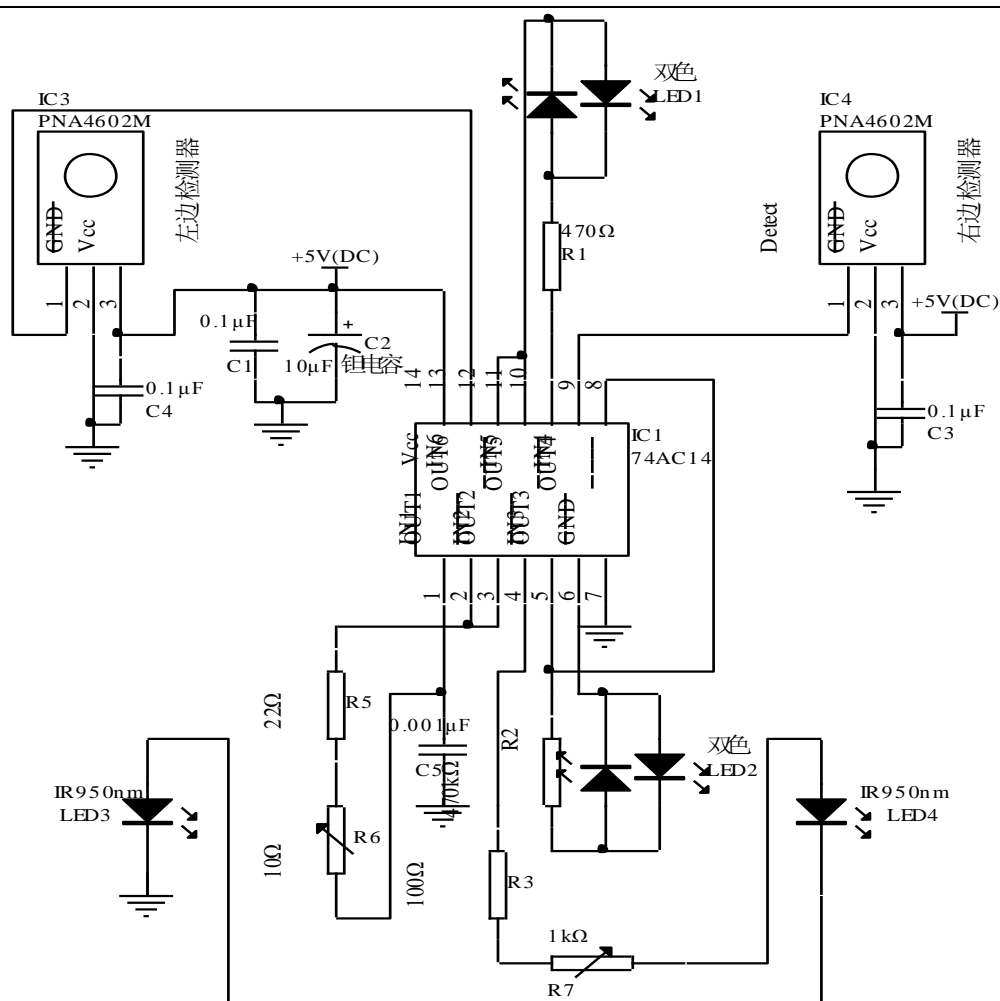


图 2-5 红外反射式探测器电路原理图

R5、R6、C5 和 IC1 的引脚 1、2 构成了一个压控振荡器（VCO）。这部分电路的作用就是产生频率为 38kHz 的方波。

R5 和 R6 就是一个 22Ω 的固定电阻串接一个 10Ω 的可变电阻（电位器）。当 R6 拨到 0Ω 时，它们就相当于一个 22Ω 的电阻；当 R6 拨到 10Ω 时，它们就相当于一个 32Ω 的电阻。R6 可以是 $0\sim 10\Omega$ 之间任何一个阻值。这样以来，R5 和 R6 就相当于一个 $22\sim 32\Omega$ 之间的一个电阻。

C5 是一个 $0.001\mu\text{F}$ 的电容。当 IC1 的引脚 2 输出 5V 的电压时，通过电阻器 R5 和 R6 的电流就会给 C5 充电；当 IC1 的引脚 2 输出 0V 的电压时，电流就会从 C5 流经 R5 和 R6。电容 C5 充放电的时间取决于电位器 R6 的设置。低一点的阻值会让充放电过程快一些。C5 总是与 IC1 的输入端相联。输入端引脚 1 控制着输出端引脚 2（与引脚 1 相反）。当 C5 充电完全时，输入引脚 1 显示高电平，引脚 2 电压降到 0V，C5 即开始放电；当 C5 放电完全时，输入端引脚 1 显示低电平，引脚 2 升高到 5V。这一充放电的过程就

这样反复进行。

在图 2-5 中 IC1 的输出引脚 2 与输入引脚 3 是相连的。输入引脚 3 控制着输出引脚 4。因此，当引脚 2 由 5V 变为 0V 或由 0V 变为 5V 时，输出引脚 4 也会相应发生变化。由于这是一个反相器芯片，所以输出引脚 4 总是与输出引脚 2 反相，但这无关紧要。重要的一点是：输出引脚 4 来回变动的频率跟输出引脚 2 一样，这样就复制了一个 38kHz 的信号。

与输出引脚 4 连在一起的是一个固定电阻（R3）和一个可变电阻（R7）。R3 和 R7 构成了一个组合电阻，其阻值可以从 100Ω 变到 1100Ω 。红外线发光二极管（LED3 和 LED4）与电阻 R7 相连。通过调整 R7 的阻值，可以控制发光二极管的亮度。固定电阻 R3 的作用是保障安全，即使把可变电阻的阻值调到 0Ω ，R3 仍可限制通过发光二极管的电流。

第 3 章 遥控机器人驱动电机研究设计

3.1 机器人驱动电机的选型

在电动执行机构中,有直流电机、交流电机、步进电机和直接驱动电机等实现旋转运动的电动机,以及实现直线运动的直线电机。目前在机器人的运动控制中较为常用的电机有直流伺服电机、交流伺服电机和步进电机,它们的特性、工作原理与控制方式如表 3-1 所示。

表 3-1 不同电机的特性、工作原理与控制方式

电机类型	主要特点	构造与工作原理	控制方式
直流伺服电机	接通直流电即可工作,控制简单;启动转矩大、体积小、重量轻、转速和转矩容易控制、效率高;需要定时维护和更换电刷,使用寿命短、噪声大。	由永磁体定子、线圈转子、电刷和换向器构成。通过电刷和换向器使电流方向随转子的转动角度而变化,实现连续转动。	转速控制采用电压控制方式,两者成正比。转矩控制采用电流控制方式,两者也成正比。
交流伺服电机	没有电刷和换向器,无需维护;驱动电路复杂,价格高。	按结构分为同步和异步电机。无刷直流电机结构与同步电机相同,特性与直流电机相同。	分为电压控制与频率控制两种方式。异步电机通常采用电压控制。
步进电机	直接用数字信号控制,与计算机接口简单,没有电刷,维护方便,寿命长。缺点是能量转换效率低,易失步,过载能力弱。	按产生转矩的方式可以分为:永磁式,反应式和混合式。混合式能产生较大转矩,应用广泛。	永磁式是单相励磁,精度高,但易失步;反应式是双相励磁,输出转矩大,转子过冲小,但效率低;混合式是单一双相励磁,分辨率高,运转平稳。

步进电机作为一种新型的自动控制系统的执行机构,得到越来越广泛的应用,进入了一些高、精、尖的控制领域。步进电机虽然有一些不足,如启动频率过高或负载过大时易出现失步或堵转,停止时转速过高易出现过冲,且一般无过载能力,往往需要选取有较大转矩的电机来克服惯性力矩。但步进电机点位控制性能好,没有累积误差,易于实现开环控制,能够在负载力矩适当的情况下,以较小的成本与复杂度来实现电机的同步控制。综合考虑控制要求、成本等多方面因素,本系统选用步进电机作为驱动电机。

3.2 步进电动机的工作原理

3.2.1 概述

步进电动机是用电脉冲信号进行控制,将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的微电机,广泛用于打印机等办公自动化设备以及各种控制装置。它与一般的电动机不同,只接电源时不能转动,每加一次脉冲信号后仅转动一定的角度。它可以精确地控制转动角度,其控制精度比较高。

步进电动机的角位移量 θ 或线位移量 s 与脉冲数 k 成正比,它的转速 n ,或线速度 v 与脉冲频率 f 成正比,在负载能力范围内这些关系不因电源电压、负载大小、环境条件的波动而变化。因而可适用于开环系统中作执行元件,进行开环控制,使控制系统大为简化。步进电动机可以在很宽的范围内通过改变脉冲频率来调速;能够快速启动、反转和制动。它不需要变换能直接将数字脉冲信号转换为角位移,很适合采用微型计算机控制。

步进电动机的种类繁多,按其电磁转矩的产生原理,可分为三大类:

- (1) 反应式(又称磁阻式)步进电动机;
- (2) 永磁式步进电动机;
- (3) 混合式(又称永磁感应子式)步进电动机。

步进电动机的励磁绕组可以制成各种相数,最常见的有单相、三相、四相、五相等多种。应用最广泛的是三相反应式和单相永磁式步进电动机两种。

3.2.2 单相永磁式步进电动机的工作原理

图 4-1 为永磁步进电动机的原理图。其转子是由永磁体制成的圆柱体形两极永磁转子,定子内圆与转子外圆有一定的偏心,因而气隙是不均匀的,在 AA' 处气隙最小,即磁阻最小。定子衔铁中套有一集中绕组,绕组两端有专用电源加入电脉冲信号。

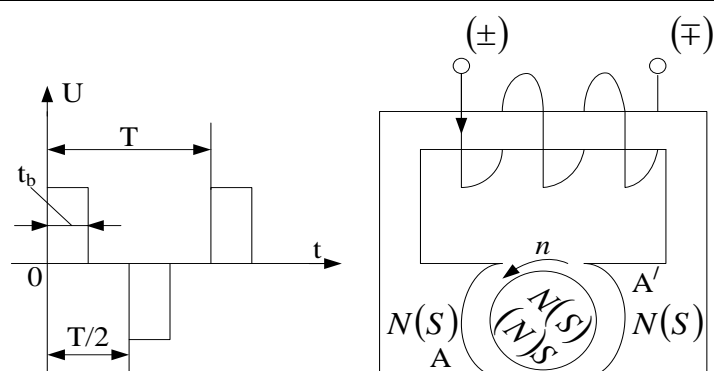


图 3-1 永磁步进电动机原理图

定子绕组未通电时，电动机磁路中有永磁转子产生的磁通，此磁通将使转子磁极的轴线趋向于磁路中磁阻最小的位置，即转子稳定在图 4-1 所示位置。

当电源给电动机绕组加入一正脉冲时，绕组中的电流方向如图 4-1 中箭头所示，使定子两个凸极形成图 4-1 中所示的 N、S 磁极。此时，定子两磁极的极性与转子两磁极的极性正好是同极性相对，由于同极相斥，异极相吸的原理，转子就以箭头 n 的方向逆时针转过约 180° ，直到定子磁极与转子磁极的异性磁极相对为止。

在时间 $t=T/2$ ，即经过半个脉冲周期时，电源给定子绕组加入一个方向相反的负脉冲，电流方向与前相反，于是形成两个极性与前述相反的定子磁极，如图 4-1 中定子上的 (N) 和 (S)。此时，定子磁极和转子磁极正好又是同极性相对，于是转子又向相同方向再向前转过约 180° 。

再经过半个脉冲周期，即 $t=T$ 时，电源又提供一个正脉冲，与前相同，转子又向前走一步。如此反复，电动机的转子在每加入一个脉冲时，走过一步。只要电源能提供持续不断的电脉冲，转子就可以连续步进。如果要使转子转过规定的转数，则可由此算出与之对应的步数，然后控制电源发出的脉冲数，就可以达到要求。

转子对应于一个脉冲所转过的角度，称为步进电动机的步距角，用 θ_b 表示。电源在一个通电循环内，绕组通电状态改变的次数用 N 表示。在图 5-1 所示情况下，电动机极

对数 $P=1$ ， $N=2$ ，所以，步距角 θ_b 为 $\theta_b = \frac{360^\circ}{PN} = \frac{360^\circ}{1 \times 2} = 180^\circ$

即图 3-1 所示步进电动机的步距角为 180° 。

3.2.3 三相反应式步进电动机的工作原理

图 3-2 是三相反应式步进电动机原理图。它的定子、转子都用硅钢片或其他导磁材

料制成，定子上嵌有星形连接的三相绕组，每相绕组形成一对磁极，所以，定子共有 6 个磁极。转子上没有绕组，但有对应的凸极（实际上为转子齿），图 3-2（b）中为两个极。

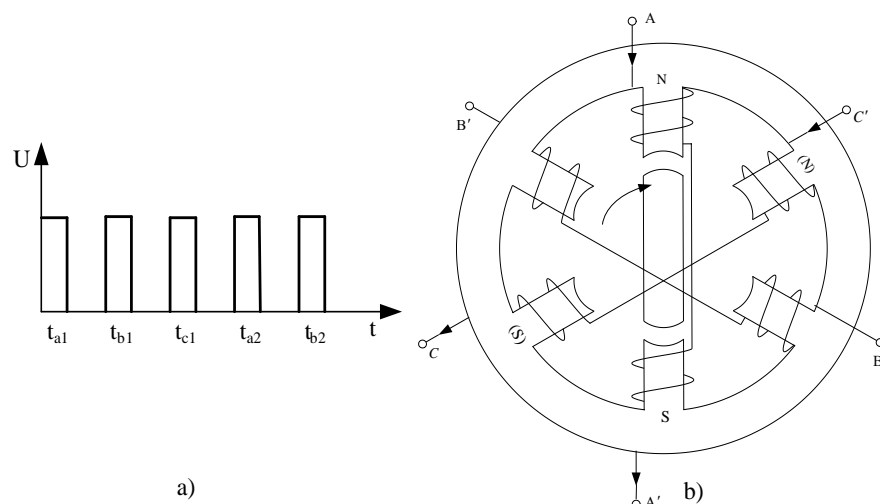


图 3-2 反应式步进电动机原理图

a) 脉冲电压；b) 电动机结构图

在晶体管开关电路的控制下，使定子三相绕组按一定的顺序依次通断。例如，在 $t = t_{a1}$ 时，加入第一个脉冲，使 A 相绕组通电，而 B 相和 C 相绕组不通电。此时，绕有 A 相绕组的一对磁极被磁化，呈现如图 4-2 所示的 N 和 S 极，并在电动机磁路中建立磁通。此磁通要将转子两个极拉到与 A 相磁极相对齐的位置，使磁路中的磁阻最小，即转子转动到如图 5-2 所示的位置，并处于稳定状态。接着，在时间 $t = t_{b1}$ 时，电源加入第二个脉冲，此脉冲仅使 B 相绕组通电，而 A 相和 C 相绕组则不通电。此时，电动机中只有绕有 B 相绕组的 B 相磁极磁化，形成磁极，并在电动机磁路中建立磁通。在此磁通的牵引下，转子就从原来的 A 相绕组极下转动一个角度，直到与 B 相磁极对齐。同理，在 $t = t_{c1}$ 时，C 相绕组通电，A 相和 B 相绕组不通电，转子又向前转动一步，到达与 C 相磁极对齐的位置。然后，在 $t = t_{a2}$ 时，A 相绕组又一次通电，转子又转过一步。如此反复，只要三相绕组按一定的顺序依次通电，转子就可以对应于脉冲个数一步步地向前步进。

反应式步进电动机的步距角 θ_b 取决于转子齿数（即转子极数） Z_R 和绕组通电状态改变的次数 N 。在图 5-2 所示情况下， $Z_R = 2$ ， $N = 3$ ， θ_b 为 $\theta_b = \frac{360^\circ}{NZ_R} = \frac{360^\circ}{3 \times 2} = 60^\circ$

3.3 步进电动机的主要性能及其特征

步进电动机的主要性能除了上述的步距角以外，还有最大静转矩，这是当电动机不转时，供给控制绕组直流电所能产生的最大转矩，绕组电流越大，最大静转矩也越大，还与同时通电的相数有关。起动频率是指转子在静止情况不失步时起动的最大脉冲频率，要求起动频率越高越好。运行频率越高，转速越快，其影响因数与起动频率相同。

步进电动机的特征如下：

- (1) 可以用数字信号直接进行开环控制，整个控制系统较简单。
- (2) 转速与脉冲信号的频率成比例，因此，转速控制范围较宽。
- (3) 步进电动机的起动、停转、正反转、变速等比较容易实现，响应特性也比较好。
- (4) 步进电动机的转角与输入脉冲数完全成比例关系。
- (5) 角度误差小，没有累积误差。
- (6) 停转时，能高度保持转矩以确保其位置，即有自锁能力。
- (7) 超低转速时，能以高转矩运行。
- (8) 无电刷等，电动机本身的部件较少，因此，可靠性高。
- (9) 需使用步进电动机专用驱动电源。
- (10) 价格较低廉。

3.4 步进电动机的驱动方式

步进电动机驱动系统框图如图 3-3 所示，它由需要控制电动机旋转方向与转速等的控制装置、将来自控制装置的信号转换为脉冲的脉冲发生器以及对各绕组顺序分配脉冲电流的驱动电路等组成。

驱动电路可按步进电动机的种类（二相、四相等）、励磁方式（二相励磁，一、二相励磁等）、驱动方式（单极性/双极性、恒压/恒流等方式）、输出功率（1.2A/相、2A/相）等进行分类。

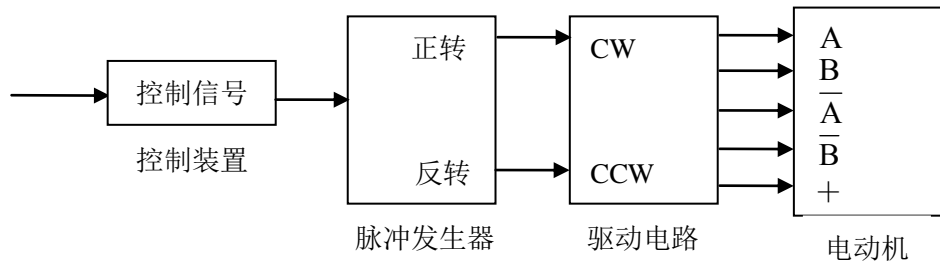


图 3-3 步进电动机驱动系统框图

(一) 励磁方式

励磁方式随步距角、步进电动机特性的不同而异，因此，各种励磁方式要适合不同的用途。

1. 二相步进电动机

(1) 一相励磁。通电的绕组只有一相，依次切换相电流产生旋转，步距角 1.8° 。对于这种励磁方式，每个脉冲到来时旋转角的响应有振动，若频率增高，有时会产生失步现象。这种励磁方式的通电顺序如图 3-4 所示。

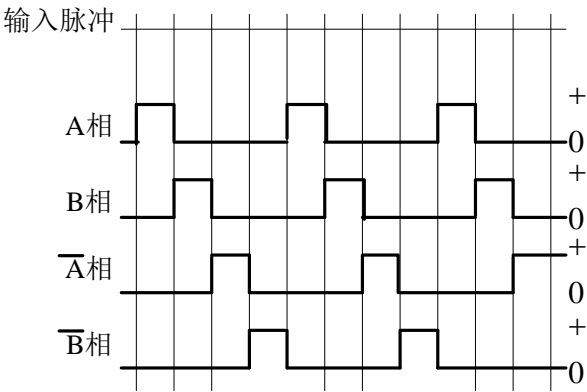


图 3-4 一相励磁方式的通电顺序

(2) 二相励磁。二相同时流通电流，也采用依次切换相电流的方法。二相励磁的步距角也是 1.8° 。二相励磁的总电流增大 2 倍，则最高自起动频率增大，能获得高转速。另外，过渡特性也好，是通常采用的方式。

2. 四相步进电动机

(1) 四相励磁方式。这是每四相进行的励磁方式，其步距角一般为 0.9° 。阻尼效果比二相步进电动机好，转矩变动也小，因此，旋转特性更稳定。

(2) 三、四相励磁方式。这是三相与四相交互进行的励磁方式，步距角为 4.5° 。由

于分辨率高，振动小，因此，用于高精度要求的设备。

(二) 驱动方式

1. 单极性驱动方式

这是一个绕组中流经电流的方向不变的驱动方式，它适用于绕组由中心抽头的步进电动机。图 3-5 是单极性驱动方式的基本电路，输出电路简单而且成本低，因此，获得了最广泛的应用。与双极性驱动方式相比，单极性驱动方式低速时转矩特性差，而高速特性非常好。

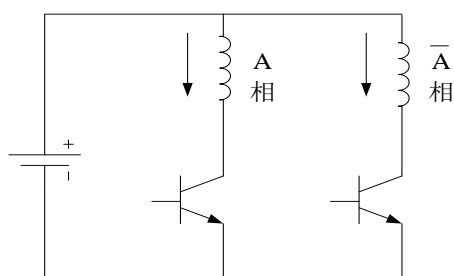


图 3-5 单极性驱动方式的基本电路

2. 双极性驱动方式

这是一个绕组中流经电流的方向改变的驱动方式，其输出电路复杂而且成本高。但与单极性驱动方式相比，双极性驱动方式控制精度高，低速时可获得较大的转矩。双极性驱动的基本电路有单电源的全桥方式和双电源的半桥方式两种。

3. 恒压驱动方式

恒压驱动是最常用的方式，超过电动机的额定电压时，要接入限制额定电流的电阻。恒压驱动时有很多优点，例如，由于外接限流电阻，这样就降低了时间常数，绕组中电流上升快，可以进行高速驱动。采用外接电阻 R_0 和绕组直流电阻 R_m 构成的常数 $n = 1 + (R_0/R_m)$ ，也称为 $L/(nR)$ 驱动。

外接电阻值越大，电源电压越高，高速时转矩越大，但电阻的功率增大，总效率下降，一般采用 $L/(5R)$ 以下的驱动方式。

4. 电压切换驱动方式

这是采用两种电源，根据步进电动机的运行情况进行电压切换，从而充分发挥步进电动机特性的有效方式。电压切换驱动方式有两种方式：双电源方式和单电源方式，对于任何方式都要注意步进电动机的温升问题。双电源切换有两种方式，一是停转或低速时与高速时进行切换，一般称为过电压驱动方式；另一种是输入脉冲后仅一定时间进行

高电压驱动，一般称为双电源驱动，可得到接近恒流驱动的特性。

5. 恒流驱动方式

恒流驱动方式就是使步进电动机的电流保持恒定，若采用斩波电路，则这是一种电路构成简单、高速特性好、效率高的电路。对于斩波驱动，按决定开关晶体管通/断周期的方式分为自励和他励两种。对于自励方式，电压比较器决定步进电动机绕组电流的上下限，根据其电流值的大小决定晶体管的通/断周期，开关频率随步进电动机的负载转矩、转速等不同而改变。一般调节电压比较器使晶体管的开关频率为 $5\sim 20\text{kHz}$ ，其电路构成简单，因此得到了广泛的应用。若步进电动机的使用条件改变时，开关频率也随之改变，因此，适用于使用在状态不变的办公设备中。开关频率太高时，开关损耗大，有可能损坏晶体管，因此，要注意基准电压的设定。

对于他励方式，要增设 20kHz 左右的基准振荡器，在其周期内改变晶体管的导通时间进行控制，他励斩波一般称为 PWM 方式，由于专用集成电路价格便宜，因此，这种方式得到了广泛的应用。

恒流驱动时，要注意步进电动机的温升情况。这是由于步进电动机高速运行时，加在绕组上的电压升高，励磁切换频率也增高的缘故。

第 4 章 步进电机驱动电路设计

4.1 驱动电路研究设计

随着集成电路的发展,出现了功率驱动模块化、前级控制电路集成化的各种电动机驱动电路。本来,设计并制造步进电动机驱动电路是一件比较复杂的工作,但是如果用集成模块式驱动芯片则变得非常方便。

国外已做成小功率步进电动机用的专用集成电路驱动片,广泛应用于小型仪器仪表、计算机外围设备、机器人等领域。作为步进电动机的驱动元件,它使机器的体积减小,可靠性提高。特别是这种电路易于与微处理机结合,对步进电动机作细分控制,使步进电动机的分辨率大大提高,动态运行性能显著改善,并易于实现步进电动机的闭环控制。在自制机器人的时候,选择一个合适的驱动电路也是非常重要的。最初,通常选用的驱动电路是由晶体管控制继电器来改变电机的转向和进退,这种方法目前仍然适用于大功率电机的驱动,但是对于中小功率的电机则极不经济,因为每个继电器要消耗 20~100mA 的电力。当然,我们也可以使用组合三极管的方法,但是这种方法制作起来比较麻烦,电路比较复杂,因此,我认为采用集成电路构成的驱动电路是比较好的,结构简单,易于控制,本机器人控制电路中选择的即是集成电路驱动控制方式。

下面介绍几种集成电路构成的驱动电路:

关于驱动电路,有很多种方式,例如:采用 NJM3717D2 的双相步进电动机驱动电路;采用 STK672-050 的步进电动机驱动电路;采用 L297 和 L298 集成电路构成的驱动电路;采用 PBL3770A 的双极性驱动电路;采用 TD62803P 集成芯片构成的驱动电路等等。现在就其中的两种驱动电路进行介绍。

4.2 采用 L297 和 L298 集成电路构成的驱动电路

L297 是步进电机控制器,适用于双极性两相步进电机或单极性四相步进电机的控制,可有半步、整步和波状三种驱动模式。片内 PWM 斩波电路允许开关式控制绕组电流。该器件的一个显著特点是仅需时钟、方向和模式输入信号。步进电机所需相位由电路内部产生,大大减轻了 CPU 的负担。

L298 是内含两个 H 桥的高电压大电流双全桥式驱动器,接收标准 TTL 逻辑电平信号,

可驱电压 46V、每相 2.5A 及以下的步进电机。每个桥都具有一个使能输入端，在不受输入信号影响的情况下允许或禁止器件工作，每个桥的两个桥臂低端三极管的发射极接在一起并引出，用以外接检测电阻。它设置了一附加电源输入端使逻辑部分在低电压下工作。

使用 L297+L298 可以做成两相双极性的步进电机驱动电路，它是采用定电流方式驱动，每相电流峰值可达 2A，L297 是步进电机控制器，用来产生两相双极性驱动信号(A, B, C, D)与电机电流设定，L298 是用来驱动步进电机的电力输出，是双全桥接方式驱动，由于采用双极性驱动，因此电机线圈完全利用，使步进电机可以达到最佳的驱动。

当采用两片 L297 通过 L298 分别驱动步进电机的两绕组，且通过两个 D/A 转换器改变每绕组对应的 V_{ref} 时，即组成了步进电机细分驱动电路。L297+L298 驱动接线原理如图 4-1 所示。P0~P4 口分别接到 L297 的相应控制端，通过软件的合理编排，达到

图 4-1 所示。P0~P4 口分别接到 L297 的相应控制端，通过软件的合理编排，达到

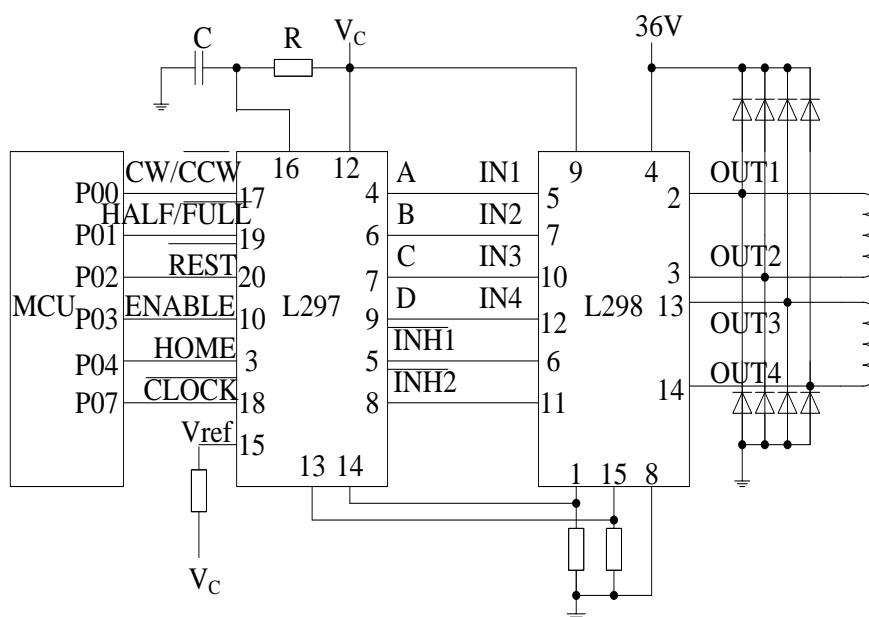


图 4-1 L297+L298 驱动接线原理图

控制电机按预期方向转动的目的。

另外，L297 的 1 端为同步端，它可以连到另一组 L297 及 L298 驱动电路的 1 端，用以使两组驱动器同步，达到同时驱动多台电机的效果。

随着集成电路事业的发展和器件的出现，采用专用的脉冲分配器集成电路 TD62803P 具有电路简单，性能稳定，容易控制等特点，是步进电机驱动控制核心。管脚功能如表 4-2 所示。TD62803P 是专门用于步进电机控制的脉冲分配器芯片，它是具有步

进电动机控制器的多种功能的集成电路，各相最大输出电流为 400mA，可直接驱动小型步进电动机，对应于三相、四相电动机，可设定一相励磁、二相励磁和一、二相励磁。

表 4-2 TD62803P 引脚功能

引脚	符 号	功 能
1	CW/CCW	正转/反转输入控制端
2	E _A	激磁方式控制
3	E _B	激磁方式控制
4	3/4	3 相/4 相输入切换
5	$\overline{\text{MO}}$	初始状态检出，初始状态时为低电平
6	Φ_1	驱动器脉冲输出相 1
7	Φ_2	驱动器脉冲输出相 2
8	GND	地线
9	Φ_3	驱动器脉冲输出相 3
10	Φ_4	驱动器脉冲输出相 4
11	E	输出允许，E=1 允许输出
12	CKOUT	时钟输出，它可以对步进脉冲进行记数
13	CK ₁	时钟输入
14	CK ₂	时钟输入
15	$\overline{\text{R}}$	复位输入，低电平时复位
16	V _{CC}	+5V 电源

从 TD62803P 的引脚定义可以看到，它是一个可控的多功能脉冲分配器。在相应引脚上加不同控制电平，即可得到不同的控制功能。有关控制功能如表 4-2 和表 4-3 所示。

表 4-3 TD62803P 真值表（一）

CK ₁	CK ₂	CW/CCW	功 能
脉冲前沿	高电平	低电平	正转
脉冲	低电平	低电平	禁止
高电平	脉冲前沿	低电平	反转
低电平	脉冲	低电平	禁止
脉冲前沿	高电平	高电平	反转
脉冲	低电平	高电平	禁止
高电平	脉冲前沿	高电平	正转
低电平	脉冲	高电平	禁止

表 4-3 TD62803P 真值表（二）

Ea	Eb	3/4	功 能
低电平	低电平	低电平	四相一相励磁驱动
高电平	低电平	低电平	四相二相励磁驱动
低电平	高电平	低电平	四相一、二相励磁驱动
高电平	高电平	低电平	测试方式所有输出导通
低电平	低电平	高电平	三相一相励磁驱动
高电平	低电平	高电平	三相二相励磁驱动
低电平	高电平	高电平	三相一、二相励磁驱动
高电平	高电平	高电平	测试方式所有输出导通

表 4-2 中提出了以下几种控制步进电机正反转法：

一是 CK1 输入步进脉冲 CK2=1 用 CW/CCW 控制 0/1—正/反；

一是 CK2 输入步进脉冲 CK1=1 用 CW/CCW 控制 0/1—反/正；

一是 CK1 或 CK2=0 禁止输出。

由 TD62803P 集成芯片构成的驱动电路如图 4-4 所示。对于图中 TD62803P 集成芯片，它的工作原理是当 CK2 输入的一直是高电平，CK1 输入的脉冲将控制步进电机产生步距角，当 CW/CCW 引脚输入高电平或低电平时，将控制步进电机正反转。由于图中 Ea, Eb, 3/4 引脚输入的全部是低电平，由表 4-3 知，步进电机采用的是四相一相励磁驱动，即是四相单四拍通电运行方式(A-B-C-D-A 顺序不断使各相绕组轮流通电和断电)。对 TD62803P 与 L297+L298 构成的步进电机驱动电路进行比较分析可知，TD62803P 集成度高，可靠性好，响应快等优点，故本机器人控制电路采用 TD62803P 芯片构成的步进电动机驱动电路。

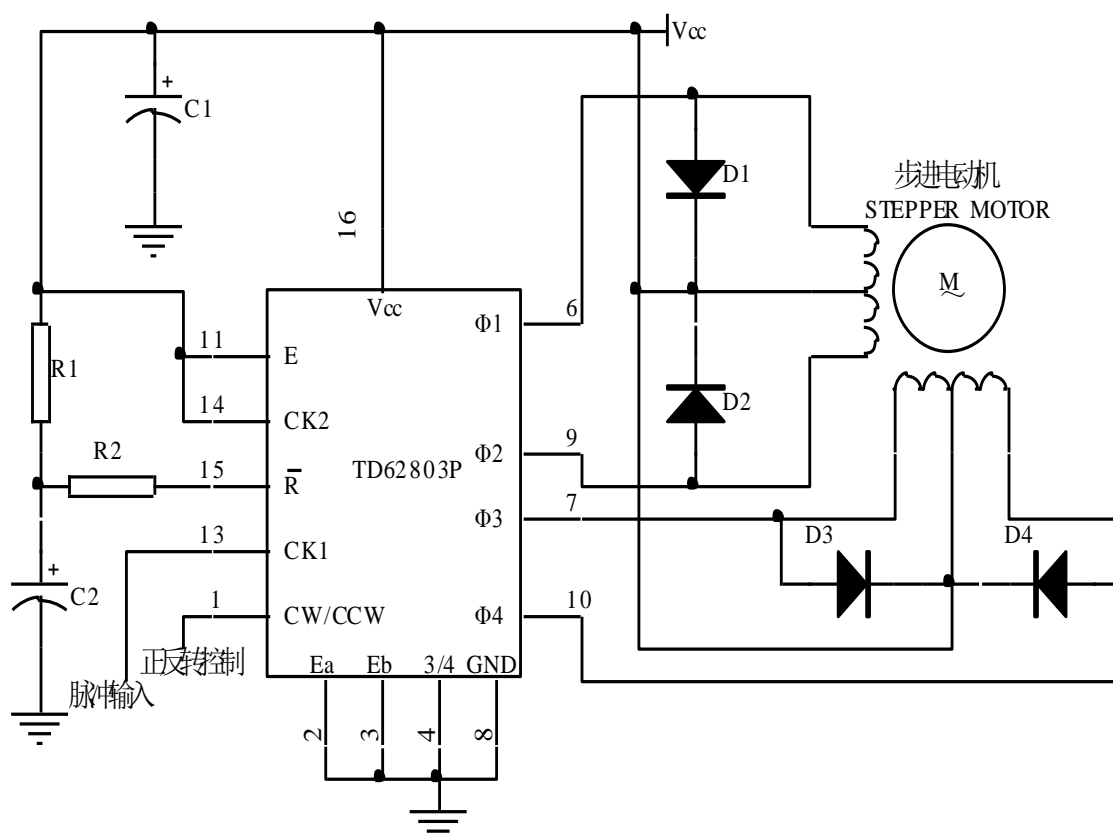


图 5-4 TD62803P 集成芯片构成的驱动电路

第 5 章 机器人运动控制系统

5.1 运动控制系统概述

动力和运动是可以相互转换的,从这个意义上来讲,电动机是最常用的运动源。运动控制的最有效方式就是对运动源的控制。因此,一般通过对电机的控制来实现系统的运动控制。在运动控制系统或电机控制系统中,对电机的控制可分为两类:

(1)简单控制,是指对电机进行启动、制动、正反转控制和顺序控制。这类控制可通过继电器、可编程控制器和开关元件来实现。

(2)复杂控制,是指对电机的转速、转角、转矩、电压、电流和功率等进行控制,这种控制的精度要求非常高。

过去,对电机的简单控制应用比较多,但随着电子技术和自动化水平的提高,人们对电机的复杂控制逐渐成为主要的控制方式,应用领域不断扩大。例如:军事和宇航方面的雷达天线、火炮瞄准、惯性导航、卫星姿态的控制,工业方面的各种加工机械、数控机床、工业机器人的控制,计算机和办公设备中的磁盘驱动器、光盘驱动器、绘图仪、打印机、复印机的控制,音像和家用电器中数码相机、洗衣机、空调器的控制等。

电机控制技术的发展得力于微电子技术、电力电子技术、传感器技术、自动控制技术和微机应用技术的最新发展成就,采用微处理器、FPGA/CPLD、通用计算机、DSP 控制器等现代控制手段构成的数字控制系统已成为主流控制方法。随着时代的发展,各种电机的控制技术和微电子技术、电力电子技术的结合正使其发展成为一门新的技术,即运动控制技术。由于有微处理器和传感器作为新一代运动控制系统的组成部分,所以这种运动控制系统又称为智能运动控制系统。应用先进的控制算法,开发全数字化的智能运动控制系统将成为新一代运动控制系统设计的发展趋势。

遥控机器人的控制系统是机器人系统的执行机构,对系统平稳运行起着重要作用,有时也可作为一个简单的控制器。构成机器人运动控制系统的要素有:计算机硬件系统及控制软件、输入/输出设备、驱动器、传感器系统,它们之间的关系如图 3-1 所示。

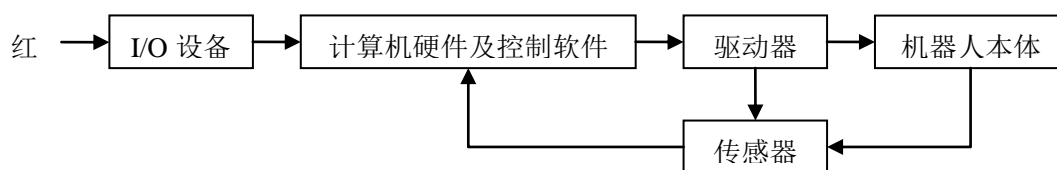


图 5-1 机器人控制系统流程原理方框图

5.2 运动控制系统实现方式

目前，一个运动控制系统或电机控制系统的实现方法主要有以下几种：

(1) 以模拟电路硬接线方式建立的运动控制系统。早期的运动控制系统一般是采用运算放大器等分立元件以硬接线方式组成的模拟控制系统，其优点在于：通过对输入信号的实时处理，可实现系统的高速控制。

然而，与数字系统相比，其缺点也是很明显的：器件老化和环境温度变化对构成系统的元器件的参数影响很大；构成模拟系统所需的元器件较多，增加了系统的复杂性，也使系统的可靠性降低；由于系统采用硬接线，其升级和功能修改几乎是不可能的；受系统规模的限制，很难实现运算量大、精度高、性能更先进的复杂控制算法。这些缺陷使它很难应用于一些功能要求比较高的场合。

(2) 以微控制器为核心的运动控制系统。利用微控制器所构成的系统与模拟电路相比具有以下优点：绝大多数控制逻辑由软件实现，电路变得简单；微控制器具有更强的逻辑功能，运算速度快、精度高、具有大容量的存储器，因此有能力实现较为复杂的算法；微控制器的控制方式主要由软件实现，因此修改控制规律时，仅需对软件进行修改；无零点漂移，控制精度高；可提供人机界面，实现多机联网工作。

然而，由于微控制器一般采用 Von-Neumann 总线结构，处理速度和能力有限，软件编程难度较大，且一般芯片集成度较低，不具备运动控制系统的专用外设。因此，基于微控制器构成的系统仍需较多的元器件，这增加了系统电路的复杂性，降低了可靠性，也难以满足运算量较大的实时信号处理的需要，难以实现控制算法。

(3) 利用专用芯片实现的运动控制。为简化电机模拟控制系统电路，同时保持系统的快速响应能力，一些公司推出了专用电机控制芯片，如 TI 公司的 UCC3626，UCC2626 等。利用专用电机控制芯片构成的运动控制系统保持了模拟系统和以微控制器为核心的运动控制系统两种实现方式的长处，具有速度快、系统集成度高、使用元器件少、可靠

性好等优点；同时，专用电机控制芯片的价格便宜，进一步降低了系统成本，因此这种实现方式广泛应用于精度较低和成本敏感的场所。

然而，受专用电机控制芯片本身的限制，其缺点主要包括：软件算法固化在芯片内部，虽然可以保证较高的响应速度，但降低了系统灵活性，扩展性较差；受芯片制造工艺限制，其算法较为简单，控制精度也较低；用户不能对芯片编程，不便对系统升级。

综上所述，对以上三种运动控制系统进行比较分析可知，由于本文设计的机器人是趋于微型化，因此需控制系统集成度高，响应快，可靠性好。因此选专用芯片实现的运动控制。

第 6 章 稳压电源和脉冲发生器的设计

6.1 稳压电源

1. 稳压器

稳压是一种改变电池电压波动的方法，稳压使得电流、功率和其它的电路计算更加容易，因为用户可以在计算方程式中使用稳定的电压。稳压器的输出称作稳压电源，为了防止逻辑错误或传感器读数时抖动，稳压电源常用于芯片、传感器和其它负载或精密的电路中。稳压器有两种类型：线性和开关型。

2. 线性稳压电源

线性稳压电源要求未经调节的电压值比期望的稳压电压值高。线性稳压器将多余的电量以热能的形式消耗掉。因此，一个输入 9V 的 5V 稳压器以热能的形式消耗掉了 4V（乘以电流）的电量。显然，那样的应用效率并不高。在本电路中，稳压器的效率只有 55%，即 5V 除以 9V，几乎一半的电池电量被浪费掉了。但线性稳压器相对便宜，只需要很少的附加元件，而且几乎不产生电路噪音。完整的电路很容易搭建，占据空间很小。

线性稳压器适用于如下场合：

- (1) 高速、小规模、简单电路；
- (2) 低成本、大批量的产品，如廉价的消费电子产品；
- (3) 消耗小电流（100 mA 或更小）的电路；
- (4) 稳压的电压值仅比变换之前的电压值稍微小一点。

3. 线性稳压器

图 6-1 所示为基于 7805 的 5V 电源的一般电路。正如图中所示，电路中没有太多的元件。输入 7~20V 电压，输出近似 5V 的电压。R1 和 LED1 是用来作电源的指示。VR1 是 7805 芯片。未经调节的正电压输入引脚 1（最左边的引脚），正 5V 的稳定电压从引脚 3 输出（最右边的引脚）。引脚 2（中间的引脚）简单的接地。

(1) 电池和稳压器的辅助元件

C1 和 C2 是电容。它们的作用是存储和释放电量，消除电压噪音、波动和漂移。

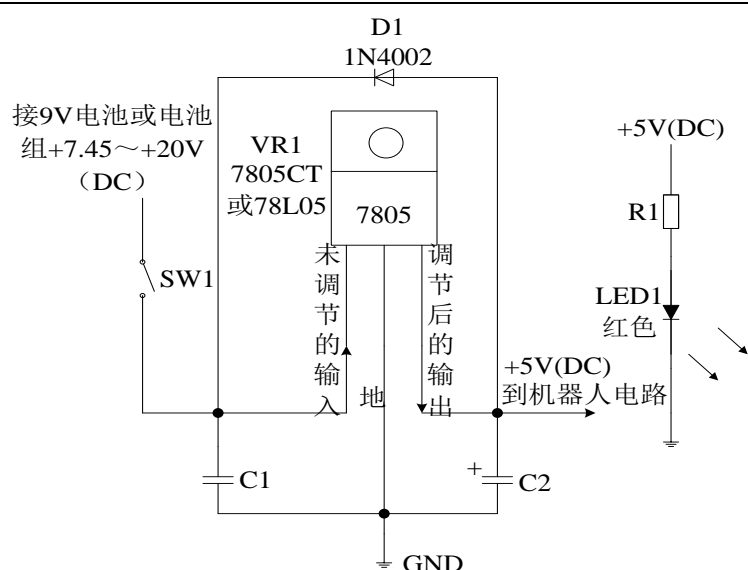


图 6-1 简单的基于 7805 的稳压电源原理图

电容的反应速度比电池快得多。它们适合于非常快的存储和释放少量的电量。电容相对比较小，因此它们可以布置在它们所要连接的芯片或元件的周围。它就像一个快速、短期、独立的可充电电池。C2 与 C1 功能类似，只是 C2 连接到稳压器的输出端。当电源开关接通后，C2 利用稳压电源提供的 5V 电压充电到 5V。当机器人电路暂时需要超过稳压器所能提供的电量时，稳压器的电压会暂时略低于 5V，也就是比 C2 的电压略低一点，此时 C2 放电补充短期的电路需求。

C1 和 C2 的电容值相对比较小。正因为此，它们不能长期地供电。它们适合与吸收尖峰信号（充电）和克服电压的波动（放电补充电源）。由于它们的电量太小，当电源开关断开或未接电池是不能为电路长时间供电。

(2) 保护稳压器避免电流反流

如图 6-2，D1 是一个可选的、用于安全保护的元件。如果在操作中，断电电源连接而使电源开关始终接通，然后将未经调节的电压输入端接地，则稳压器未经调节的电压输入端（引脚 1）电压降为 0V。不接 D1 的话，存储在电容 C2（和机器人电路中所有其它电容）中的电量将试图使其从引脚 3 流入引脚 1。

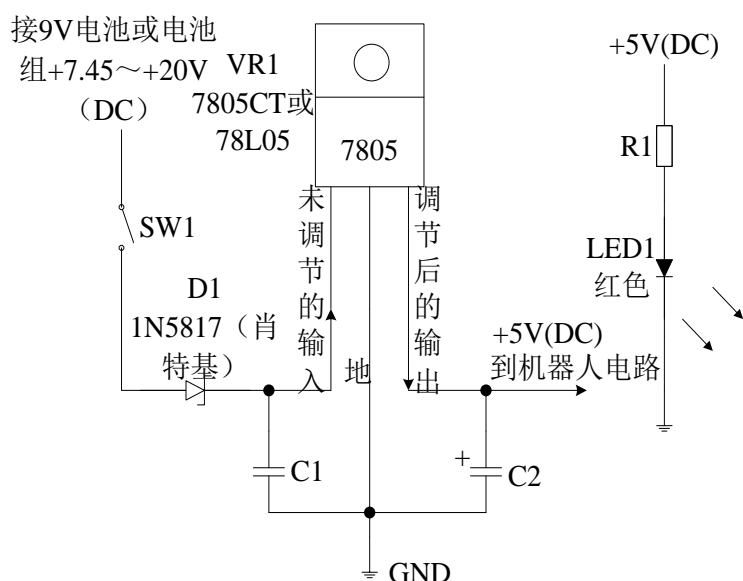


图 6-2 7805 的电源修正原理图

上述接法的一个缺点是：当电池接反时，D1 提供了一个很好的通路使得电流无限制地流过电路。这也是元件生产者的一种自我保护策略。电路的其余部分可能被烧毁，但是稳压器完好无损！

为了改善电路，在图 5-2 中，D1 可以提供电池反接保护（由于受到二极管 D1 方向的限制，反接的电池不能提供电流输出）和电源短路保护（同样由于受到二极管 D1 方向的限制，稳压端的电容不能提供电流输出）。此电路的一个不利方面是当电路正常工作时，二极管两端存在 0.3~0.45V 的压降损失。在图 5-1 中的 D1 的元件是 1N4002 二极管，图 5-2 中的 D1 元件是 1N5817 二极管。两个二极管的不同之处是 1N4002 比较便宜，反接时有少量的电流流过（10mA，而 1N5817 最坏情况下反接电流大小为 0.5mA）。然而，1N5817 二极管两端压降比 1N4002 低的多（0.45V 而 1N4002 最坏情况下压降为 1.1V）。在图 5-1 中，二极管压降影响不大，因为正常操作时电流并不流经二极管。但是在图 5-2 中，因为正常使用时二极管中经常通有电流，压降对整个电路就有影响了。

6.2 脉冲发生器

555 定时器是一种多用途的单片大规模集成电路。该电路使用灵活、方便，只需外接少量的阻容元件就可以构成单稳、多谐和施密特触发器。因而在波形的产生与变换、测量与控制、家用电器和电子玩具等许多领域中得到了广泛的应用。

目前生产的定时器有双极型和 CMOS 两种类型，其型号分别有 NE555（或 5G555）和 C7555 等多种。通常，双极型产品型号最后的三位数码都是 555，CMOS 产品型号的最后四位数码都是 7555，它们的结构、工作原理以及外部引脚排列基本相同。

一般双极型定时器具有较大的驱动能力，而 CMOS 定时电路具有低功耗、输入阻抗高等优点。555 定时器工作的电源电压很宽，并可承受较大的负载电流。双极型定时器电源电压范围为 5~16V，最大负载电流可达 200mA；

在某些控制电路中需要使用占空比和频率均可改变的方波脉冲，且两者的改变互不影响，如采用在 555 多谐振荡器的充放电回路中加入两只二极管，以分别调节互不影响的要求，且调节范围有限。

如果采用两片 555 时基电路，则可以很容易地实现二者大范围内的调节，且互不影响，电路如图 6-3 所示，IC1 构成多谐振荡器，其频率可变，通过调节 RP1 来实现。IC2 构成单稳态电路，其占空比通过调节 RP2 来改变。由于单稳态电路要求输入脉冲宽度小

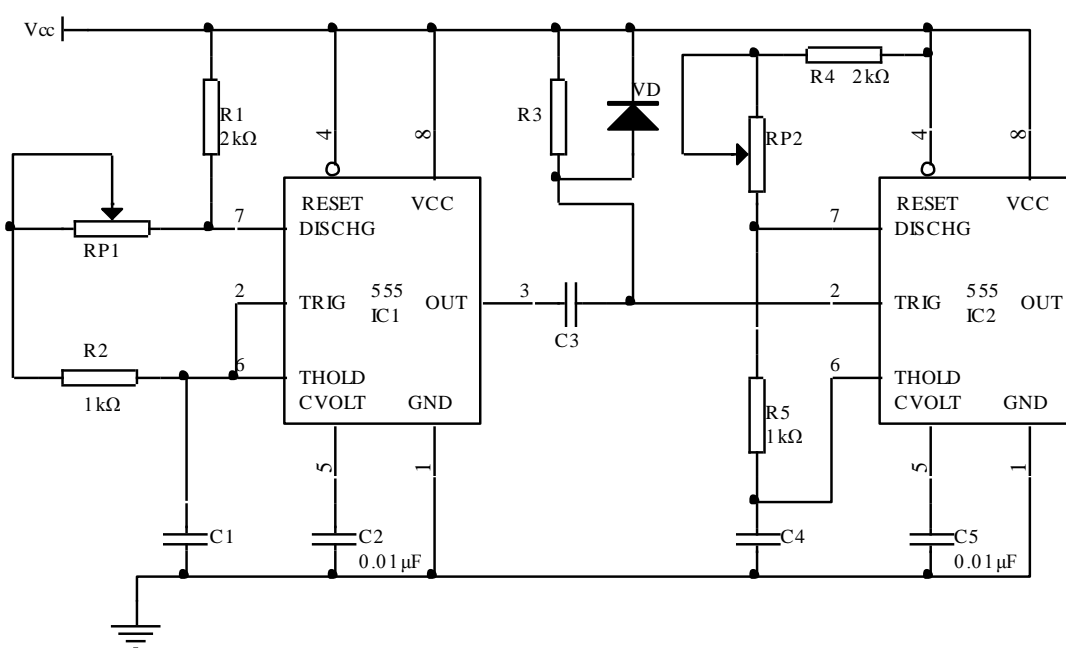


图 6-3 脉冲发生器原理图

于输出脉冲宽度，故必须将 IC1 的输出脉冲宽度变窄以后再输入 IC2，这由 R3、C3 组成的微分电路来实现。图中 VD 的作用是滤去微分电路产生的正尖峰脉冲。电阻 R1、R2、R4、R5 用来限制流入 555 中 7 管脚的电流，当电源的电压比较低(<12V)或脉冲频率不太高时，可省去电阻 R2、R5。RP1、C1 和 RP2、C4 分别根据脉冲频率和占空比的调节范围来选择；R3、C3 则根据输出脉冲的最小宽度来选择。本机器人控制电路采用的就是图 6-3 所示的脉冲发生器。

第 7 章 结论

本系统以 TD62803P 为核心, 设计了机器人运动控制系统的整体结构及主要硬件电路。通过对传感器的分析, 利用红外反射式传感器有着精度高, 响应快等优点, 用其进行路障探测, 可以很方便的实现微型机器人的避障功能。根据移动机器人的控制要求、可靠性和成本因素, 采用了基于高速高性能的集成芯片控制电路的解决方案, 利用其高度集成的外设与高速的运算速度, 使运动控制电路具有简单、可靠的优点。

本文从移动机器人运动控制电路的设计要求出发, 介绍了运动控制器的整体设计及主要的电路结构。运动控制电路的硬件设计有很多的考虑要素, 并且要确定一个最优的电路结构面临众多的限制, 也需要参考大量的实际经验, 因此在电路结构方面仍有待改进, 使之更适应高速、复杂的控制策略。在运动控制功能扩展上, 以后可增加避碰装置, 以提高机器人运动的安全性。

当前所进行仿真的避障运动躲避的都是静止的障碍物, 如何能够引导机器人面对移动的障碍物进行避障成为未来对机器人进行避障的一个重要研究方向。本文所讨论的机器人只能实现在二维平面的避障运动, 因此如何改进机器人的设计和控制, 实现其三维空间的运动, 还须进一步研究。

第 8 章 经济分析报告

机器人控制电路能够实现自主移动避障功能，其控制电路分为 红外反射式探测器、步进电机驱动电路、稳压电源和脉冲发生器。所用器材如下所示

1 目标成本：单位目标成本=预测价格（1-税率-目标利润率）

表 8-1 遥控机器人控制系统采用的主要元器件及价格表

序号	名称规格型号	价格(元)	数量(个)	总价格(元)
1	步进电机	9	2	18
2	TD62803P	8	2	16
3	74AC14	1.6	1	1.6
4	555 定时器	9	2	18
5	PNA4067M 传感器	4.5	2	9
6	极性电容	0.4	6	2.4
7	电阻	0.3	13	3.9
8	电容	0.3	10	3
9	1.5V 电池	6	1	6
10	二极管	0.2	9	1.8
11	发光二极管	0.5	6	3
12	稳压管	0.4	1	0.4
13	开关	0.5	1	0.5
14	滑动变阻器	1.5	4	6
15	细线	2	4	8
	合计			97.6

2 初步成本预算

计算原则根据本产品在生产过程中所需的原材料（97.6 元）、工人劳务费（30 元）、和其他不可预见费用（50 元）。初步预算成本大概需要 180 元。

3 目标利润：单位产品目标利润=单位产品售价-成本-税金

计算原则根据本产品在生产过程中所需成本（180 元）、税金（25 元）、售价（260 元），计算得单位产品目标利润为 55 元。

4 产品前景预测：

本设计从预测的成本来看，预测成本与目标成本利润基本一致，预算经济指标达到的设计要求，在经济和技术上是可行的。纵观当前形势，该产品市场前景非常广阔。

致谢

在本文结束之际，我要感谢我的导师李老师。我的学习、研究和论文的写作是在李老师的直接关怀和悉心指导下完成的。特别是李老师严谨的治学态度和严于律己的风格使我受益匪浅，永远是学生学习的目标。

同时我也得到了吴老师和邵老师等热心指导和帮助，圆满完成了课题及论文的撰写，在此向各位老师致以诚挚的谢意。

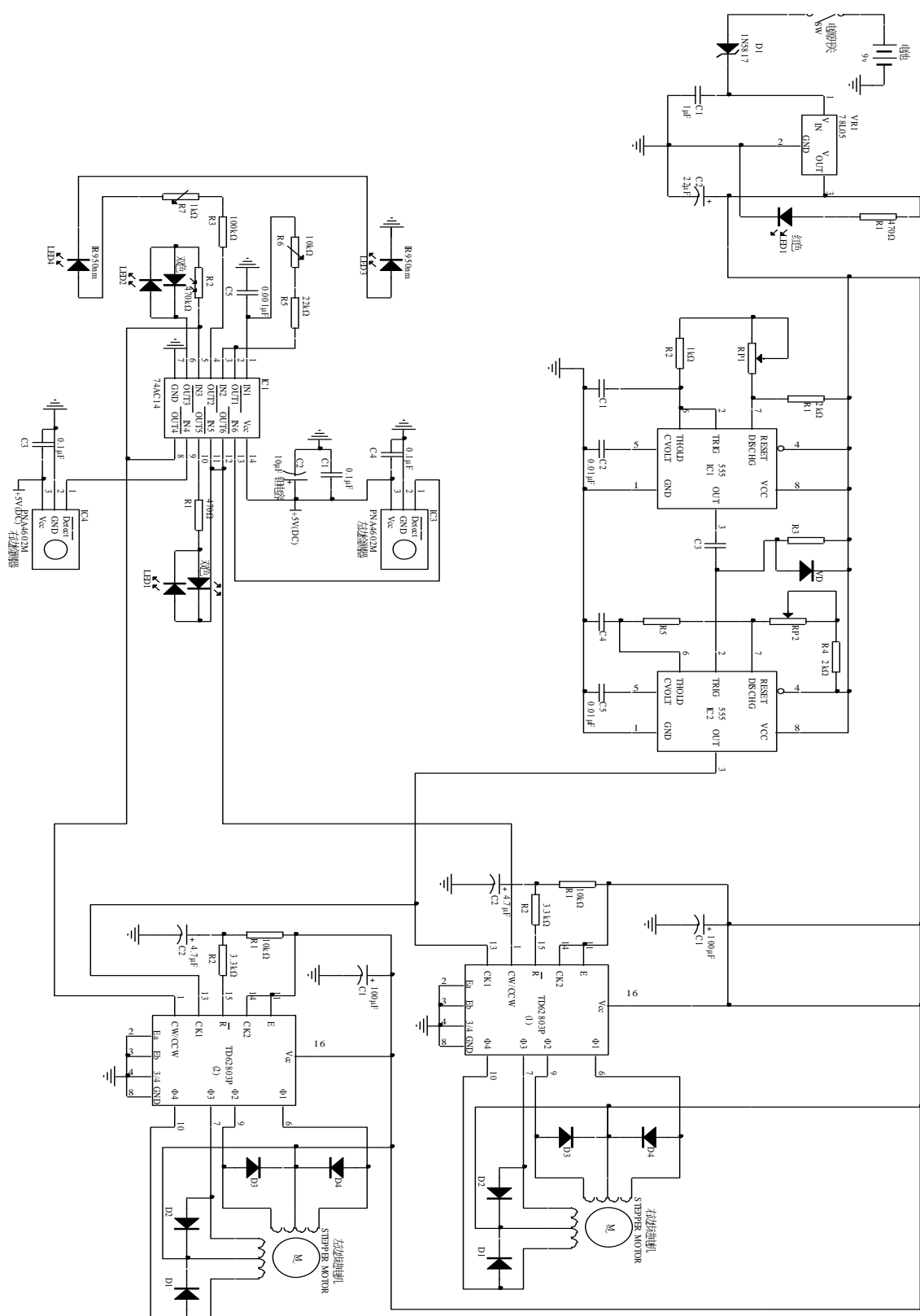
在共同的学习、研究中，我的同学营造了良好的学习氛围和研究环境，给了很多的支持和帮助，也学到了很多東西，使我愉快的度过了四年的学习时光，给我留下了美好的印象。

最后，感谢家人多年来对我的关怀和支持！

参考文献

- [1] (美)丹尼斯. 克拉克, 迈克尔. 欧文斯著; 宗光华, 张慧慧译. 机器人设计与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 方建军, 何广平编著. 智能机器人[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003. 12.
- [3] 王耀南. 机器人智能控制工程[M]. 科学出版社, 2004.
- [4] 孙迪生, 王炎编著. 机器人控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [5] 刘宝延等著. 步进电动机及其驱动控制系统[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1997.
- [6] 何希才. 传感器技术及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [7] 何希才, 姜余祥编著. 电动机控制电路应用实例[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [8] 何勇, 王生泽编著. 光电传感器及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 4.
- [9] (美)库克(Cook, D.)著; 毕树生等译. 机器人制作提高篇[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005. 7.
- [10] (美)迈克普瑞得克著; 宗光华, 李大寨译. 机器人控制器与程序设计[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 宗光华等编著. 机器人的创意设计与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004. 2.
- [12] 柳洪义等编著. 机器人技术基础[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 11.
- [13] (美)杰哈(Jha, A. R.)著; 张孝霖等译. 红外技术应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 8.
- [14] 陈隆昌等编著. 控制电机第3版[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000. 5.
- [15] 林瑞光主编. 电机与拖动基础[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002. 8.
- [16] 谢志萍主编. 传感器与检测技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004. 8.
- [17] (美)墨菲(Murphy, R. R.)著; 杜军平等译. 人工智能机器人学导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004. 10.

附录



遥控机器人控制电路