



中國電子學會
Chinese Institute of Electronics

2009年 机械电子学学术会议 ——论·文·集——

[中国电子学会电子机械工程分会]

段宝岩 叶渭川 主编

2009年8月
中国·太原



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中国电子学会电子机械工程分会

2009 年机械电子学学术会议论文集

段宝岩 叶渭川 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

论文集汇集了最新科研成果, 主要包括: 电子机械工程的建模和仿真; 电子机械工程相关的机械结构系统的优化; 与电子机械工程相关的系统设计; 电子机械工程领域内的应用(制造过程/机械制造/精密加工/校准、测量及检验/尺寸非稳定材料处理等); 机电一体化系统中的振动和噪声控制; 电子设备中的电磁兼容设计及热设计; 嵌入式系统; 其他与机电一体化及光机电一体化相关的内容等。

适用于从事雷达、射电望远镜、大型天线、通信设备、机器人设计开发的工程技术人员阅读; 也可供电子机械工程学科和相关专业高等院校的教师和研究生及高年级本科生参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

2009 年机械电子学学术会议论文集/段宝岩, 叶渭川主编. —北京: 电子工业出版社, 2009.8
ISBN 978-7-121-09379-1

I. 2… II. ①段… ②叶… III. 机电一体化—学术会议—文集 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 134449 号

责任编辑: 竺南直

印 刷:

装 订: 北京季蜂印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 42.75 字数: 1094 千字

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 158.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中国电子学会电子机械工程分会 2009 年机械电子学学术会议组织机构名单

大会领导机构

名誉主席：周文盛 叶尚辉 严敦善

大会主席：段宝岩

副主席：罗 群

秘书长：叶渭川

学术委员会

主任：施浒立

副主任：周德俭

委员：季 馨 俞惟铨 黄大贵 程辉明

陈慧宝 李文海 史金飞

组织委员会

主任：叶渭川

副主任：姚 强 黄 进

委员：王兆荣 李秀娟 吴娟娟 喻腊梅 戴林风

中国电子学会电子机械工程分会 第七届委员会全体成员名单

主任委员 段宝岩

名誉主任委员 周文盛 叶尚辉 严敦善

顾问委员 张德骞 龚振邦 朱钟淦 李盛松

副主任委员 施浒立 俞惟铨 季 馨 周德俭 黄大贵

程辉明 陈慧宝 李文海 史金飞

秘 书 长 叶渭川

副秘书长 黄 进

委 员（以姓氏笔划为序）

王 勇	王 璐	王建力	牛秦洲	申戈琍	平丽浩
卢彦庭	司俊珊	刘 亮	任 豫	汪小林	孙百生
任秋成	吕超凡	刘晓平	刘敏捷	孙道恒	李 迎
张 晖	张 钰	李小平	李永林	张明灿	张莉芳
李新年	金大元	周克洪	陈志平	陈洪元	陈维山
赵亚维	段吉安	徐 晓	郭字洲	夏和平	唐治安
徐武彬	贾建援	徐春广	黄美发	曾 伟	曾 强
蒋瑞兴	楼佩煌	谭跃钢	霍治生	戴 勇	

前 言

在电子信息、装备制造、航空航天、能源、交通、环境、材料等领域科技迅猛发展的今天，电子机械工程也得到了较快发展，在继续深入研究机械结构与电磁性能关系的基础上，进而向更广领域拓展，如研究机械结构位移场、电磁场与热场的场耦合理论与方法，场耦合模型的建立及其求解策略与方法。研究机械结构因素（结构参数、制造精度、表面粗糙度）对电性能的影响，发现影响机理。其实质是研究不同学科间的交叉与融合问题，以期通过研究不同物理量或物理场之间的耦合问题来发现提高系统或设备整体性能的途径与方法。

中国电子学会电子机械工程分会是国内电子机械工程领域最权威的学术组织，从 1981 年起每年都组织大型国内外学术交流活动，通过搭建一个真诚交流、潜心探讨、互相学习的平台来更好地推动和促进我国电子机械行业的发展。

本论文集收录的 108 篇论文，是审稿专家从 164 篇投稿论文中精心选取的，涉及电子机械工程的各主要领域，其学术水平和技术参考价值亦有一定提高。它反映出在电子机械工程分会的组织与推动下，各成员单位的学术气氛进一步浓郁、研究的深度不断加强、广度不断拓展、优秀研究成果不断涌现。相信在各成员单位的共同努力下，在广大科研人员的积极参与下，本领域的研究必定会对我国电子机械行业的发展和技术进步起到越来越大的推动作用。

为了进一步拓展本领域的学术交流，论文集采用公开刊号出版。借本次学术会议论文集编印发表之际，向积极组稿、撰稿和支持分会学术活动的委员们和单位致以诚挚的谢意！向为本论文集组稿和编辑等工作付出辛勤劳动的电子工业出版社编辑们及分会秘书处的同志们表示由衷的感谢！

预祝本届学术会议圆满成功！

中国电子学会电子机械工程分会
二〇〇九年八月

目 录

第 1 部分 系统与结构设计

一种新型超小型水下机器人的控制器设计	翟宇毅 刘 亮 张瑞勇 罗焕新 (3)
海杂波测试 2.4 米天线系统的结构设计	王建宅 (8)
末级齿轮自调位系统的动力学研究	刘 亮 翟宇毅 廉 珂 (14)
DAM 温控单元设计	夏 勇 尤 路 关宏山 (19)
波束波导系统中反射镜精密调整机构的设计与分析	徐德红 李小平 (24)
面向制造的设计方法研究	王庆东 甄立冬 (29)
某型雷达天线伺服系统齿轮减速机构的优化设计	齐瑞骞 沈爱强 (34)
可移动平面近场扫描架的总体结构设计	姜 洋 顾吉丰 袁新江 (40)
旋转密封综合试验装置的研制	宋克双 顾吉丰 许栋梁 周 健 (45)
优化结构设计, 降低制造成本	平铁君 (50)
基于 Top-down 模式实现某雷达的三维协同设计	赵 静 (56)
地面雷达车辆应用与设计研究	陶卫国 胡长明 彭延辉 李 华 (63)
方舱在地面雷达中的应用	白 海 (72)
飞机运输装载方式要点探讨	马保宁 (81)
航空管制雷达结构可靠性设计	黄高文 (87)
基于装配的典型构件快速设计研究	赵希芳 (95)
雷达显控台造型、结构设计与发展	陈春飞 杨宁芳 (99)
一键式自动调平及虚支撑解决策略	(106)
机载指控系统设备结构设计	顾彦博 (112)
生活垃圾破碎机刀具破损机理分析及安装结构改进	李祖裕 黄美发 黄江泰 匡 兵 唐少让 (117)
生活垃圾搅拌烘干机的烘干温度模糊控制器设计	李少龙 黄美发 匡 兵 (124)
某无人机载电子设备安装支架优化设计	吕 强 胡唐生 金大元 (131)
小型机动指挥控制系统的装车集成设计	阚剑平 戴成岗 毛勤俭 (135)
某大型可折叠桁架式天线结构设计	茆 浩 (141)
空间薄膜结构张拉系统优化设计	魏玉卿 尚仰宏 (147)

基于虚拟样机的雷达倒竖机构分析 陈玉振 魏忠良 (154)

某大型高转速机动雷达天线座设计 孙 颖 (159)

小型移动式气象雷达天线座结构设计 李 可 娄华威 袁海平 (164)

星载盘式滑环设计 李 超 (171)

第 2 部分 先进制造技术

某天线阵面的精密装配技术 金锡钢 杨 丽 (177)

军事电子数字化制造技术发展现状与重点 杨 滨 (182)

天线框架碳纤维构件 RTM 数值模拟及模具设计 蒋立正 张 苗 (187)

微孔砂轮射流冲击内外冷却技术在钛合金磨削 中的应用研究
..... 陈晓梅 张德明 靖崇龙 许建伟 周久兵 窦智宇 李志春 (194)

电子器件键合互连技术及其发展 周德俭 (202)

聚酰亚胺薄膜粘接性能研究 张 京 (210)

小螺纹孔的数控加工技术实践研究 刘建养 张爱平 申戈琍 (214)

电子封装用 Si₃N₄/Al 复合材料的研究应用进展 朱小军 禹胜林 严 伟 (220)

纳米二氧化硅改性硬质聚氨酯泡沫塑料制作天线罩 卢 斌 封 颖 雷 文 (226)

某雷达跟踪支座焊接与加工工艺控制 刘都乾 陈斌琦 (233)

雷达关键零件铣削参数优化及其数据库建设的关键技术
..... 徐 锋 朱建军 臧小俊 吴 欣 左敦稳 (238)

65Mn 钢磨削淬硬层特征的研究 刘菊东 庄杰真 侯达盘 许志龙 (245)

雷达制造执行系统 (R-MES) 的集成与应用 王 健 张振伟 (251)

钛合金零件高速铣削刀具磨损的试验研究 吴 欣 张 柳 徐 锋 (258)

无人机垂尾模具的曲面数控加工精度研究 吴以新 郭勤海 (268)

降低 IMC 层时效厚度的 SMT 制造工艺 王泽锡 程文法 (274)

某机载信标单元三防故障研究 丁红杰 李俊英 李广艳 (280)

无铅焊锡在电子产品中的应用研究 董景宇 王泽锡 张 超 (285)

刀具半径对波导滤波器性能影响 张遵鸥 (291)

尼龙材质零件双螺旋线车削加工 魏 星 刘中耀 (295)

基于 Pro/Cabling 的指控系统方舱三维布线工艺研究 孙亚振 陈鸣瑶 张敏芬 (301)

LT-3 铝合金真空钎焊工艺浅析 黄梦彬 (307)

某带法兰阶梯型轴的加工工艺 刘旭辉 (310)

第3部分 环境适应性设计

通讯设备户外机柜静音散热设计	谭 迅 陈洁茹 何朝来 骆 军 (317)
PWM 系统电磁兼容性分析及设计	段 丽 (327)
大型精密测量设备的微振研究	袁新江 姜 洋 汪磊磊 顾吉丰 费庆国 (332)
高效冷却技术应用于雷达的构想	梅启元 (339)
某机载雷达发射机热设计	肖 竑 (344)
舰载电子设备环境控制研究	周世新 (350)
电子机箱抗恶劣环境热设计方法	段生记 张敏强 (356)
散热翅片的优化设计在某半导体致冷器的应用	付 娟 (363)
变加速度环境下高热流芯片微槽热沉传热特性	席有民 余建祖 高红霞 谢永奇 谢汉兴 (369)
某舰载多波束天线系统的热设计	何亚东 (375)
雷达天线太阳辐射热效应数值分析与试验	胡家渝 吕 倩 (382)
船舶推进轴系纵向振动模拟装置的振动测试与分析	王家盛 刘耀宗 (390)
基于 CPCI 总线设备的电磁兼容性设计	叶发亮 (395)
接触热阻实验研究	谢天宇 (402)
蒸发腔冷板的应用	徐伟杰 (406)
电子设备振动试验方法的等效性分析	陈志刚 刘 捷 (410)
机载雷达波导器件疲劳特性研究	刘 捷 边 飞 (417)
有源相控阵雷达 T/R 组件的热设计	吕慎刚 (422)
ANSYS 集成于 Pro/E 环境下 机载机箱随机振动分析研究	肖克齐 (427)
车载雷达户外液冷机箱设计与研究	薛 梅 (432)
信号处理机柜的强迫风冷设计	袁 玲 (437)
内置风扇电子设备噪声预估及控制	殷 立 (443)
微小通道冷板的快速仿真设计方法	钱吉裕 束 瑛 (448)
大型有源相控阵雷达天线阵面风冷优化设计	束 瑛 (453)

第4部分 测试、建模仿真与其他

亮场光学透过率检测方法的研究	苏成志 宫洪磊 胡 静 徐洪吉 (461)
滚珠丝杠激光动态测量系统设计与实现	程 丹 冯虎田 殷爱华 (468)
CA6136 车床床身的动态特性分析	陈松平 张 涛 (475)

一种单边网络控制系统的 Smith 补偿切换控制 周德俭 刘电霆 (482)

短圆弧测量的误差分析及替代解决方法 殷燕东 (488)

雷达天线座机电联合仿真研究 段勇军 史峻冬 平丽浩 杨国来 (495)

机动雷达天线车机械系统的动力优化与测试 黄高文 胡长明 李 华 (502)

典型雷达天线座结构系统模态分析及动力修改 王飞朝 方伟奇 (510)

相控阵天线辐射单元误差对电性能的影响分析 王从思 平丽浩 保 宏 (517)

D162 洗涤壶的密封性测试 华晓青 吴惠兴 廖翊诚 (524)

模糊控制在雷达伺服系统中的应用研究 王 宏 (530)

汽轮机叶片的动态应力分析与实验研究 魏 莉 宋能松 王艳南 (537)

电压-转角机电伺服控制系统仿真研究 王乔义 匡 兵 黄美发 赵美静 (543)

平面要素规范表面模型生成方法 李向前 黄美发 匡 兵 鲍家定 王乔义 (550)

某航电设备 PCB 组件的动态特性分析 任建峰 严志坚 何 敏 (557)

基于高压脉冲放电的城市污泥脱水机理的研究 吴朝阳 陈荷娟 芮延年 (564)

雷达天线转台闭环扇扫控制方法分析 曹正才 (568)

某雷达转台方舱刚强度的有限元分析 周远远 赵亚维 (574)

Socket 在地球站数据管理系统中的应用 ... 胡 超 裴 军 施浒立 马利华 崔君霞 (580)

SIGSO 卫星运行轨迹特点及地球站天线调整方法研究
..... 崔君霞 施浒立 裴 军 胡 超 (586)

基于 APDL 的相控阵雷达天线结构分析 陶晓瑛 马利华 (592)

无线数字式倾角测量系统设计 王志辉 康绍峥 李 宁 张兴唐 (598)

无线通信系统中的 OFDM 技术..... 胡正群 施浒立 裴 军 杜晓辉 (603)

不同定向管材料的发射系统动态特性研究 刘 博 (609)

一种基于特征的 CAE 模型简化方法 江 波 (615)

瞬态分析方法在垃圾车设计中的应用研究 刘汉昕 (620)

伺服系统分析的多学科联合仿真技术 仝勛峰 黄 进 张官亮 (627)

大型星载可展开天线优化研究 李 彬 曹鸿钧 (634)

机电耦合研究中测试因素耦合度计算方法 马洪波 陈光达 (641)

一种欠约束六自由度丝牵引并联 机构工作空间的求解方法 ... 桑 建 陈志平 张巨勇 (650)

小型聚光和光谱分束系统的光学设计与仿真 姜琰飞 陈志平 张巨勇 (657)

起重机专用检测仪数据处理系统开发 黄超亮 陈志平 张巨勇 田金金 (664)

第1部分

系统与结构设计

一种新型超小型水下机器人的控制器设计*

翟宇毅 刘 亮 张瑞勇 罗焕新

(上海大学 机械工程及自动化学院, 上海 200072)

摘 要: 本文研究的对象是一种新型超小型水下机器人, 研究的重点是其推进系统的控制器设计。文章采用模块化思想分析了控制系统的控制电路, 并基于 PWM 波调速的原理设计出水下机器人推进控制体系的结构框架。文中对控制系统中各个模块功能的进行了划分和详细介绍。最后, 将所设计的控制系统进行水箱试验, 取得了较好的控制效果, 证明系统的合理性和可行性。

关键词: 水下机器人, 推进系统, 控制电路, AVR 单片机

Design of the controller of a New Used in Sub-mini UUV

Zhai Yuyi Liu Liang Zhang Riuyong Luo Huanxin

(College of Mechatronics Engineering and Automation, Shanghai University, 200072, China)

Abstract: In this thesis, the author studied the new sub-mini underwater vehicle. The control of Propelling system is mainly studied. The control system of propelling system is analysed by the method of modularization. And the architecture of control system is designed on the basic of PWM(Pulse-Width Modulation). The function of each module is defined and introduced amply. Finally, simulation experiment is carried out on simulation platform. Simulation results show that the control system presented in the dissertation has strong adaptability and high control precision.

Keywords: Underwater robot Propelling system control system AVR mega8535

1 引言

从当代超小型水下机器人系统的发展特点来看, 并不是完全追求全自治系统, 而是致力于操作者与机器人的人机交互控制, 即遥控加局部自主系统构成完整的监测遥控操作系统, 实现实时操控和信息实时处理。超小型水下机器人技术的发展, 将致力于提高观察能力和顶流作业能力, 加大数据处理容量, 提高操作控制水平和操纵性能, 完善人机交互界面, 使其更加实用可靠。

* 基金项目: 本文受教育部高等学校重点学科建设项目、上海市重点学科建设项目资助(0102、BB67)。

2 控制系统的总体组成

控制系统是水下机器人的核心部分,它由相应的软件和硬件组成^[1]。本超小型水下机器人的控制系统采用分布式或多板嵌入式控制,系统主要由水面监控系统即上位机和水下交换机即下位机组成。根据系统所要实现的具体功能,核心模块采用 AT Mega 8535 作为微处理器控制系统,水面监控系统通过串口以多机通讯的方式分别控制和监测沉浮系统和推进系统^[2]。整个水下机器人的控制系统如图 1 所示。

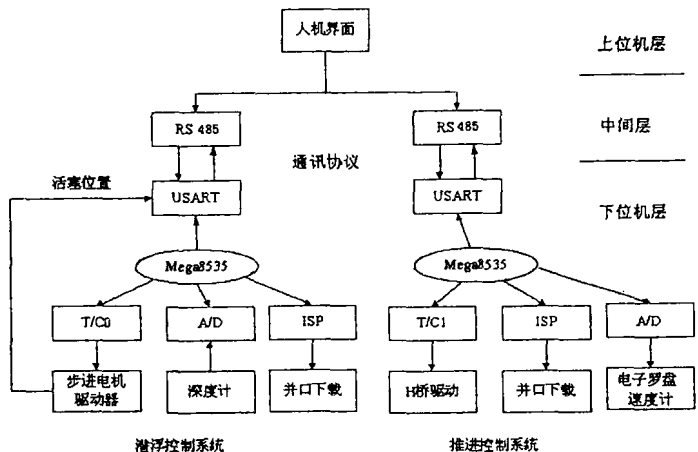


图 1 控制系统总结构图

该超小型水下机器人采用了两块 AT Mega 8535 控制器,所以可对推进系统直流电机和沉浮系统步进电机分别进行控制。作为控制电路板的核心,AVR 系列单片机是 ATMEL 公司继 51 系列单片机后推出的新一代微处理芯片,各方面性能上都优于原来的 51 系列单片机^[3],而且可通过 ISP 下载线随时烧录程序进行调试。

推进系统直流电机的控制采用 PWM 控制,通过自制的驱动电路板可实现两个电机的差动控制、调速控制等。潜浮系统的步进电机采用高性能驱动器不仅提供了精确的控制,而且具有高细分能力,使步进电机运行更平稳,低频区的振荡降低。

整套控制系统通过两个串行通讯口与水面 PC 上位机进行通讯。目前主要的通讯信号为上位机的控制信号,以及深度传感器的压力反馈信号和声纳的定位信号。

3 控制系统电路设计

完成后的推进系统的控制器电路,如图 2 所示;潜浮系统的控制器电路,如图 3 所示。推进系统主控电路板包括 MCU 模块、RESET 模块、ISP 模块、电源模块、串口通讯模块、PWM 直流电机控制模块。主控板的两路 PWM 输出口控制 H 桥电路最后驱动电机。ISP 下载口的主要功能则是通过 PC 机上的并口下载程序到单片机中。

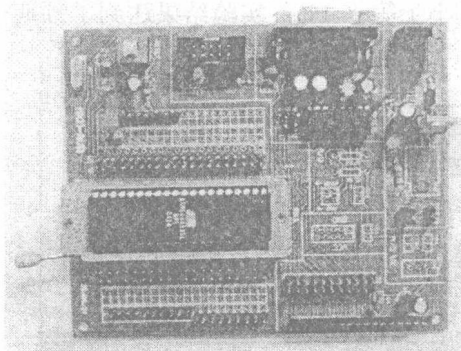


图 2 推进控制电路板

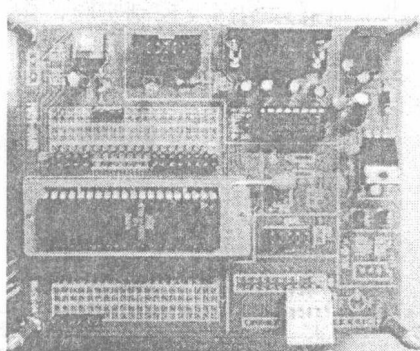


图 3 潜浮控制电路板

整个水下机器人的硬件结构如图 1 所示, PC 通过 RS-485 以多机通讯的方式分别与控制潜浮和控制推进的单片机通讯。控制推进系统的单片机, 以 PWM (Pulse Width Modulation, 简称 PWM) 输出的方式来控制直流电机的转向和速度。同时通过串口通信电路实现单片机程序的载入^[4,5,6,7]。

绘制控制电路所用的软件是 Protel DXP 2004, 设计过程中用起共绘制了两种类型的电路图, 分别是原理图和 PCB 图。整个原理图可以被清楚地分成五个部分: 1) 微处理器模块; 2) 电源模块; 3) 电机驱动模块; 4) 串口通信模块; 5) Resert 模块。

4 软件设计与系统调试

一个完整的控制系统是由硬件和软件两部分组成的, 软件的编制即是程序的编写。AVR 单片机的控制程序可以有多种语言进行编写, 本文选用的是 C 语言。程序的编写采用的是软件 WinAVR, 程序的调试则是采用软件 AVRStudio。整个电路系统的调试则是在软件 Proteus 上进行。

Proteus 软件是 Labcenter Electronics 公司的一款电路设计与仿真软件, 它包括 ISIS、ARES 等软件模块, ARES 模块主要用来完成 PCB 的设计, 而 ISIS 模块用来完成电路原理图的布图与仿真。Proteus 的软件仿真基于 VSM 技术, 它与其他软件最大的不同也是最大的优势就在于它能仿真大量的单片机芯片, 通过 Proteus 软件的使用我们能够轻易地获得一个功能齐全、实用方便的单片机实验室。该软件的特点: ① 满足论文提出的单片机软件仿真系统的标准, 并在同类产品中具有明显的优势。② 具有模拟电路仿真、数字电路仿真、单片机及其外围电路组成的系统的仿真、IC 调试器、SPI 调试器、键盘和 LCD 系统仿真的功能; 有各种虚拟仪器, 如示波器、逻辑分析仪、信号发生器等。③ 支持多种单片机类型及外围芯片。

图 4 所示即为用 Proteus 软件对本次所设计的电路进行调试时的工作页面。在操作中, 可以看见一旦改变 PWM 的脉宽 (脉宽的改变可在图中跟着操作随时可见), 电机速度亦会主动及时出现变化。通过软件的调试即可确定该电路控制推进电机的目的已得以实现, 电路的可行性得到了确定。

最后进行了推进试验, 如图 5 和图 6 所示是在水箱试验中测定的超小型水下机器人前进、后退的速度变化曲线。在水箱中因为尺寸有限, 故以达到匀速前进为控制目标。从试验结果看, 测试的基本性能参数达到了原设计的要求, 能在很短的时间内达到预期的速度。另外重

点作了水下机器人的深度控制实验，定深误差率小于等于 1%，实验结果达到了预期目标。

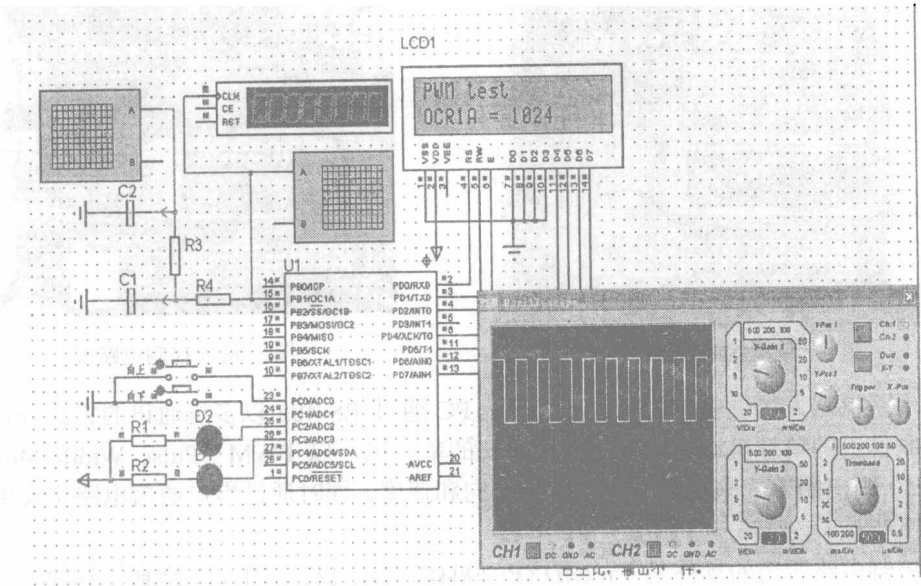


图 4

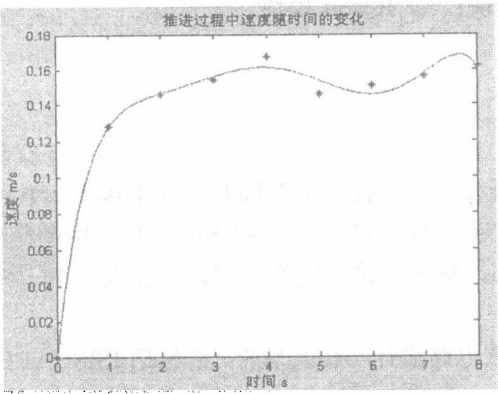


图 5 水箱里前进控制中速度的变化

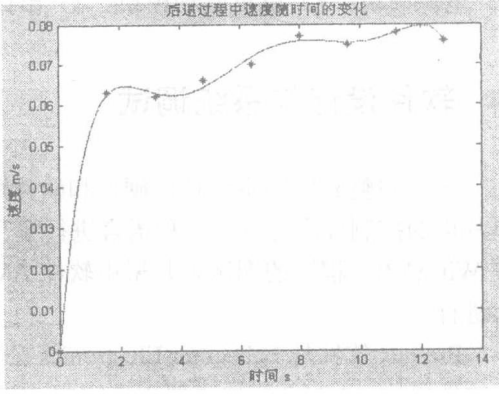


图 6 水箱里后退控制过程中速度的变化

5 结论

本文设计的将活塞机构应用于超小型水下机器人，在国内外的研究中尚未见到，本文对其的研究也还处在试探阶段。文章针通过控制电路的模拟试验，验证了该机器人的推进控制系统的性能。通过软件的调试即可确定该电路控制推进电机的功能已得以实现，虽然，由于条件限制，测出的数据精确度有待提高，但测得的数据较好地反应了控制过程，验证了控制系统工作正常。

参 考 文 献

- [1] 侯巍, 王树新, 温秉权, 何漫丽, 刘卫京. 小型自治水下机器人控制系统研究开发 [J]. 机器人. 2005; Vol27(4):1-4.
- [2] 陈为华. 超小型潜水器 ROV 的推进系统和整机控制研究[D]. 上海大学硕士论文, 2006.2:27-30.
- [3] 耿德根, 宋建国, 马潮, 叶勇建. AVR 高速嵌入式单片机原理与应用 (修订版) [M]. 北京航空航天大学出版社, 2002.11:119-235.
- [4] 缪晓中. 一种基于 Intel8253 与 L298N 的电机 PWM 调速方法[J]. 国外电子元件. 2005, Vol4(12):122-125
- [5] 赵庆松, 苏敏. 基于 ARM 的直流电机调速系统的设计与实现[J]. ARM 开发与应用. 2007, Vol20(1):173-176.
- [6] 常文君 刘建成等. 水下机器人运动控制与仿真的数学模型[J]. 船舶工程, 2002(3): 58-60.
- [7] 甘永, 王丽荣, 刘建成, 徐玉如. 水下机器人嵌入式基础运动控制系统[J]. 机器人, 2003, 26(3): 246-249.

翟宇毅: 女, 上海大学副教授, 博士. 联系地址: 上海市延长路 149 号, 上海大学 108 信箱, 邮编: 200072, 电话: 021-56334316, E-mail: yyzhai@mail.shu.edu.cn