

普通高等院校信息类CDIO项目驱动型规划教材

丛书主编：刘平



# 机器人通用平台制作与测试详解

(项目教学版)

耿欣 商俊平 主编  
刘寅生 张文静 张可菊 副主编

清华大学出版社

普通高等院校信息类CDIO项目驱动型规划教材

# 机器人通用平台制作与测试详解

## (项目教学版)

耿欣 商俊平 主编  
刘寅生 张文静 张可菊 副主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

机器人技术是一门应用广泛的实用技术,本书系统介绍了机器人通用平台的设计与制作过程。本书由浅入深地介绍了机器人主体结构的组装与调试、机器人驱动电路的组装与调试、机器人传感电路的组装与调试、机器人主控电路的组装与调试、机器人转向电路的组装与调试,构成了机器人完整的系统平台。内容详尽,范例简单实用,使读者能够迅速掌握机器人通用平台的设计和制作方法。

本书可作为应用型本科院校自动化、电气自动化、通信工程、电子信息等本科专业教材或教学参考书,也可供相关专业的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

机器人通用平台制作与测试详解(项目教学版)/耿欣,商俊平主编. —北京:清华大学出版社, 2017

(普通高等院校信息类 CDIO 项目驱动型规划教材)

ISBN 978-7-302-46464-8

I. ①机… II. ①耿… ②商… III. ①机器人—制作 ②机器人—测试 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 083042 号

责任编辑:贾 斌 梅栾芳

封面设计:常雪影

责任校对:胡伟民

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.5 字 数:290千字

版 次:2017年7月第1版 印 次:2017年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.80元

# 前 言

目前大部分院校仍然使用理论性较强的教材,技术应用型人才培养所需的教材却很少。

本教材根据高素质技术技能应用型人才的培养目标,以必需、够用为度,精选必需的内容,其余内容引导学生根据兴趣和需要有目的、有针对性地自学。

本书是电子测量技术基础教材,以机器人通用平台制作为牵引,介绍了机器人主体结构、机器人驱动电路、机器人传感电路、机器人转向电路、机器人主控电路等相关内容,内容简洁,逻辑关系清晰。

基于上述各部分内容,详细讲解了电子测量常用元器件的测量方法、常用电参数的测量方法、常用电子仪器的使用方法,使原本枯燥的测量知识变得生动有趣,充分调动了学生的学习热情。

本书力求从可操作性入手,采用项目化教学,侧重对学生动手能力的培养,真正做到“项目引领教学,应用技能速成”。本书的编写突出了以下特点。

(1) 在结构安排上,将机器人通用平台作为一个整体项目,将相关结构和硬件电路作为各个子项目。

(2) 在内容选取上,突出应用为本、学以致用,首先让同学动手实践,完成相应电路的制作与调试,再进一步讲解相关的知识点。

通过各个子项目的学习,可以提高学生的动手能力及分析问题、解决问题的能力,从课程层面上体现了 CDIO 项目教育的教育理念,CDIO 代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),它以产品研发到产品运行的周期为载体,让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习



工程。

全书共分6大部分,第1部分由沈阳工学院耿欣老师负责编写;第2部分由沈阳理工大学刘寅生副教授、沈阳工学院商俊平老师负责编写;第3部分由耿欣、商俊平、张文静负责编写;第4部分由耿欣、刘寅生、张可菊负责编写;第5部分由商俊平、刘寅生负责编写;第6部分由耿欣、商俊平负责编写。全书由耿欣统稿。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2016年7月

# 目 录

项目导入 你好,机器人	1
一、项目的提出	1
(一) 机器人的发展	1
(二) 机器人组成	2
(三) 机器人竞赛	2
二、项目任务及团队组成	3
(一) 项目目标	3
(二) 项目指标	4
(三) 项目要求	4
(四) 项目团队组成	4
(五) 团队成果评定方法	4
(六) 个人成绩评定方法	4
三、项目的构成	5
四、实施项目的预备知识	5
五、本项目的实施	5
六、后续项目	6
七、阅读材料	6
(一) 机器人的由来	6
(二) 全国大学生机器人大赛	7



(三) 全国大学生飞思卡尔杯智能车竞赛 8

<b>子项目 1 机器人主体结构的组装与调试</b>	<b>10</b>
一、项目目标	10
二、项目结构	10
三、项目实施	10
(一) 元器件清单	10
(二) 元器件	11
(三) 操作步骤	13
四、知识拓展	15
(一) 直流稳压电源基本原理	15
(二) 电机的分类及特点	23
(三) 装配工具及使用方法	24
五、实操训练	27
(一) 直流稳压电源面板的介绍	27
(二) 直流稳压电源的使用方法	29
(三) 固定 5V 输出	29
(四) 由主路输出 0~30V 直流电压	29
(五) 由从路输出 0~30V 直流电压	29
(六) 电流输出	30
六、项目总结	30
七、阅读材料	30
(一) 直流稳压电源的发展及应用现状	30
(二) 工业机器人的发展及应用现状	33
八、巩固练习	35
<b>子项目 2 机器人驱动电路的组装与调试</b>	<b>36</b>
一、项目目标	36
二、项目结构	36
三、项目实施	36
(一) 元器件清单	36
(二) 连接图	37
(三) 操作步骤	37

四、知识拓展	39
(一) 常用电机驱动模块	39
(二) 数字电压表的工作原理	39
五、实操训练	40
(一) 万用表前面板介绍	40
(二) 直流电压测量	42
(三) 交流电压测量	42
(四) 直流电流测量	42
(五) 交流电流测量	42
(六) 电阻测量	43
(七) 电容测量	43
(八) 频率测量	43
(九) 三极管电流放大系数测量	44
(十) 二极管测试	44
(十一) 通断测试	44
(十二) 数据保持	44
(十三) 自动断电	44
六、项目总结	45
七、阅读材料	45
(一) 万用表的发展及应用现状	45
(二) 测量及其误差	49
八、巩固练习	55
<b>子项目 3 机器人传感电路的组装与调试</b>	<b>56</b>
一、项目目标	56
二、项目结构	56
三、项目实施	56
(一) 元器件清单	56
(二) 连接图	57
(三) 操作步骤	57
四、知识拓展	58
(一) 传感器的基本原理	58
(二) 常用元件及参数的测量	63





五、实操训练	69
(一) 电路元件参数的测量	69
(二) 电路元件的识别	73
六、项目总结	77
七、阅读材料	77
(一) 传感器的发展及应用现状	77
(二) 红外传感器的原理与应用	84
八、巩固练习	88
子项目 4 机器人主控电路的制作与调试	89
一、项目目标	89
二、项目结构	89
三、项目实施	89
(一) 元器件清单	89
(二) 连接图	90
(三) 操作步骤	90
四、知识拓展	92
(一) 电子示波器	92
(二) 数字存储示波器	97
(三) 示波器测量实例	102
五、实操训练	110
(一) 熟悉示波器的面板及操作界面	110
(二) 示波器三大系统的测量	113
(三) 垂直系统的通道设置	115
(四) 垂直系统的数学运算	120
(五) 设置水平系统	123
(六) 光标测量	126
(七) 简单信号测量	128
(八) 观察正弦波信号通过电路产生的延迟和畸变	129
(九) 捕捉单次信号	130
(十) 减少信号上的随机噪声	130
六、项目总结	131
七、阅读材料	131

(一) 数字示波器的发展及应用现状	131
(二) 单片机的发展及应用现状	134
八、巩固练习	136
<b>子项目 5 机器人转向电路的组装与调试</b>	<b>137</b>
一、项目目标	137
二、项目结构	137
三、项目实施	137
(一) 元器件清单	137
(二) 连接图	138
(三) 操作步骤	138
四、知识拓展	139
(一) 舵机的基本工作原理	139
(二) 信号发生器的基本工作原理	140
五、实操训练	148
(一) CA1645 型合成函数信号源面板的主要部分	148
(二) 产生一定幅度和频率的正弦波	149
(三) 产生一定幅度和频率的方波	149
(四) 产生一定幅度和频率的三角波	150
(五) 产生 TTL 输出	150
(六) 应用举例	150
六、项目总结	151
七、阅读材料	152
(一) 信号发生器	152
(二) 交流电	154
(三) 用电安全	157
八、巩固练习	160
<b>附录 A 电阻器、电容器的标称系列值</b>	<b>161</b>
<b>附录 B 小电流低电压硅整流二极管</b>	<b>163</b>
<b>附录 C 国标半导体集成电路型号命名方法</b>	<b>165</b>



附录 D 各部分电路原理图 166

附录 E 常用学习网址 169

附录 F 部分习题参考答案 170

参考文献 173

# 项目导入

# 你好，机器人

## 一、项目的提出

### (一) 机器人的发展

随着科技的进步,科幻影片拍摄得越来越引人入胜,许多影片都令同学们百看不厌,如《变形金刚》《铁甲钢拳》《我,机器人》等。这些影片不仅有着精彩的情节,强烈、震撼的视听效果,更重要的是,在这些影片当中,都带有一个共同的机械装置,那就是“机器人”。变形金刚的效果图如图 0.1 所示。

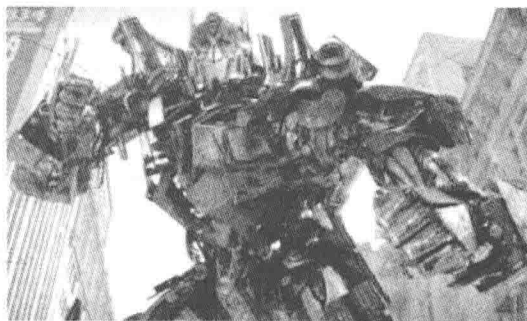
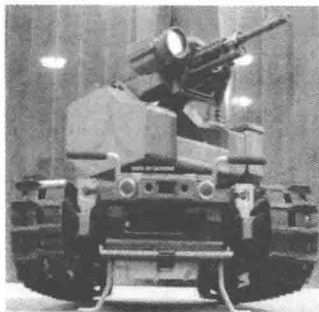


图 0.1 变形金刚

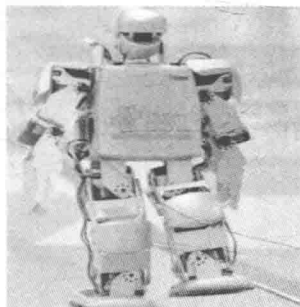
电影固然精彩,但终究不是现实。那么,现实中的机器人到底发展到什么程度呢?今天,就让我们一起走进奇妙的机器人世界。

## (二) 机器人组成

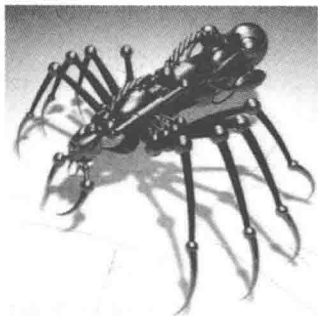
图 0.2(a)~图 0.2(d)分别显示了车型机器人、人形机器人、蜘蛛形机器人和小狗形机器人。



(a) 车型机器人



(b) 人形机器人



(c) 蜘蛛形机器人



(d) 小狗形机器人

图 0.2 各种外形机器人外观图

尽管以上图片中的机器人外形各不相同,甚至可以说有很大差异,但是从机器人的组成和结构角度出发,都可以看成由 3 个部分、6 个子系统构成。3 个部分分别是机械装置、控制装置和传感装置。6 个子系统分别为驱动系统、机械系统、人机交互系统、感知系统、机器人环境交互系统和控制系统。

从庞大的工业机器人,到微观的纳米机器人,从代表尖端技术的类人机器人,到老少皆宜的宠物机器人,机器人正在逐渐走进我们的生活,成为了人类亲密的伙伴。

## (三) 机器人竞赛

为了促进机器人技术的发展,涌现出各种各样的机器人竞赛。机器人竞赛是以体育竞赛为载体的高科技竞赛,是培养自动化人才的重要手段,是科技成果转化的重要途径,因此这种竞赛有很大的现实意义。

机器人足球比有两大世界杯：第一个是 FIRA(国际机器人联盟)机器人足球比赛,该比赛由韩国金钟汉教授提出；第二个是 RoboCup 机器人足球赛,该比赛由日本学者于 1993 年创立。

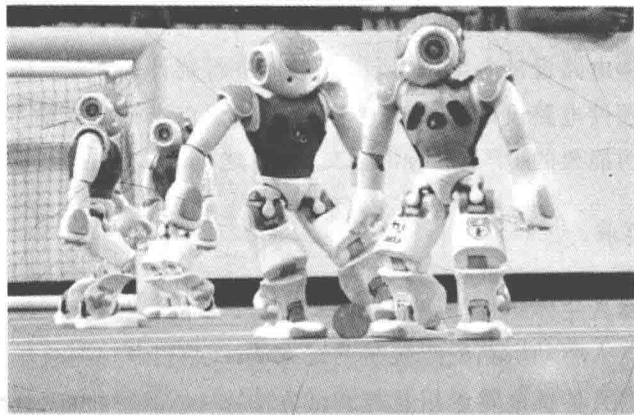


图 0.3 机器人足球比赛

国际机器人灭火竞赛,是由美国三一学院杰克尔门得尔森教授于 1994 年始创的。该比赛在一套模拟四室一厅的房间中进行,要求机器人在最短的时间内熄灭放在任意房间内的蜡烛。在场地上可以设置斜坡和家具障碍,在控制方式上可以使用声控或遥控,最后根据模式难易程度、完成任务情况、完成时间评分确定冠军。

机器人综合竞赛有国际机器人奥林匹克竞赛、FLL 机器人世锦赛和亚洲广播电视联盟亚太地区机器人大赛。

国际机器人奥林匹克竞赛是由国际机器人奥林匹克委员会发起的,该委员会于 1998 年成立,总部设在韩国,它是一项集科技和教育于一体的亚太地区比赛,目的是培养更多青少年探索机器人这一领域,展示他们的能力和才华。

FLL 机器人世锦赛是 1998 年由 FIRT 机构和乐高集团发起的。

亚洲广播电视联盟亚太地区机器人大赛是由中国、日本、新加坡、泰国和印度尼西亚组成理事会的亚洲太平洋广播联盟(简称亚广联)举办的竞赛,参赛队员为亚广联成员且为工科院校的学生。

通过对机器人比赛的介绍,相信大家也都跃跃欲试,想亲手制作一个机器人并且参加某项比赛,这就要求大家具备一定的理论知识,熟悉并掌握机器人的组成与结构。

## 二、项目任务及团队组成

### (一) 项目目标

机器人通用硬件平台的制作。



## (二) 项目指标

- (1) 明确项目目标,搜集完成项目所需要的相关资料;
- (2) 分析项目任务,查找完成项目所需要的相关电路;
- (3) 确定总体电路设计方案,对所需元器件进行统计;
- (4) 在完成硬件电路设计的基础上,对相关知识点进行深入学习和思考;
- (5) 制作简明扼要的 PPT 进行汇报交流,自述 5min 左右,提问 2min 左右。

## (三) 项目要求

- (1) 掌握机器人主体结构的组装与调试方法;
- (2) 掌握机器人驱动电路的组装与调试方法;
- (3) 掌握机器人传感电路的组装与调试方法;
- (4) 掌握机器人主控电路的组装与调试方法;
- (5) 掌握机器人转向电路的组装与调试方法。

## (四) 项目团队组成

(1) 每 3~4 人组成一个团队,每个团队设负责人 1 名,负责整个团队的管理,并负责组织协调团队成员完成整个项目。其余队员分工建议如下:1 人负责资料的搜集和整理,完成电路的设计;1 人负责硬件电路的组装与调试。

(2) 团队组成由项目导师根据实际情况掌握,可由导师随机分组,也可由学生自由组合。团队内角色分工由各团队自行协商产生,报给项目导师备案。

## (五) 团队成果评定方法

(1) 流程形式占 60%,考察对知识的理解和运用,主要体现的是学习态度,决定的是成绩能否通过。

(2) 内容水平占 40%,考察对知识的创造性运用,主要体现的是能力水平,决定的是成绩高低。

## (六) 个人成绩评定方法

个人成绩可依据以下三个方面综合给出。

- (1) 项目团队成绩,决定团队平均成绩以及项目负责人的成绩。
- (2) 团队内排名,由负责人根据团队成员的参与程度和对团队的贡献给出。
- (3) 个人在项目教学实施过程中的表现,如出勤情况、回答问题、项目交流。

### 三、项目的构成

机器人系统由机械装置、控制装置、传感装置构成，如图 0.4 所示。

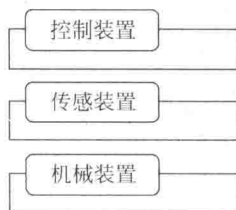


图 0.4 机器人系统三大部分组成框图

机器人通用平台的制作以驱动装置、控制装置和传感装置为主要研究内容，以机械装置和转向装置为辅助研究内容，这三部分内容也是后续开展的各子项目要完成的内容。

### 四、实施项目的预备知识

实施项目的预备知识包括电路知识、模拟电子技术知识、数字电子技术知识。

预备知识的重点内容

- 欧姆定律；
- 基尔霍夫电流定律；
- 基尔霍夫电压定律；
- 集成运算放大电路。

**关键术语**

关键术语包括机器人传感器电路、机器人主控电路、机器人驱动电路、机器人转向电路。

### 五、本项目的实施

在项目导师的引导下，各项目团队按项目实施计划逐个完成各个子项目，并最终完成整个项目。

项目的总结和交流是项目升华的部分，好的项目总结和交流可以使项目参与者获得最大的收益。完成机器人项目的过程是复杂的，同时也是充满乐趣的。只有善于总结与思考，才能获得最大的收获与提高。项目进程如表 0.1 所示。





表 0.1 项目进程表

时间	项目内容	要求
1周	项目导入: 接受项目任务	了解项目的价值, 清楚项目的构成
2周	子项目 1: 机器人主体结构的组装与调试	掌握通常用工具的使用方法及电机的测试方法
2周	子项目 2: 机器人驱动电路的组装与调试	掌握电机及其驱动电路的选择和使用方法
2周	子项目 3: 机器人传感电路的组装与调试	掌握利用传感器检测障碍物的方法
2周	子项目 4: 机器人主控电路的组装与调试	掌握主控电路的制作与调试方法
3周	子项目 5: 机器人转向电路的组装与调试	掌握舵机及其驱动信号的产生方法

## 六、后续项目

该项目主要完成机器人硬件通用平台的制作, 用于验证硬件电路是否连接正确, 重点是各部分硬件系统的制作与测试及相关仪器仪表的使用方法。在硬件系统基础上, 结合后续的单片机构造设计, 可以开展智能机器人设计项目, 开发不同软件程序, 实现特定的功能要求, 真正实现机器人的自主运行。

## 七、阅读材料

### (一) 机器人的由来

“机器人”一词最早出现在 1920 年捷克作家卡雷尔·凯培克的幻想情节剧《罗萨姆的万能机器人》中, 该小说在 1924 年传到日本, 1927 年传到法国, “机器人”一词就这样蔓延开了。

1950 年, 美国著名科幻小说家阿西莫夫在他的小说中提出了机器人三守则:

- 机器人必须不危害人类, 也不允许它眼看人类受伤而袖手旁观;
- 机器人必须服从人类, 除非这种服从有害于人类;
- 机器人必须保护人类不受伤害, 或者是人类命令它做出牺牲。

我们在研制机器人的时候, 必须遵循这三守则, 因此, 阿西莫夫也被称为机器人之父。科学界一般对于每一个定义都是准确的, 从机器人诞生之日起, 人们就不断尝试给机器人一个完整的定义, 但随着科技发展日新月异, 机器人涵盖的内容也越来越广。

美国是机器人的诞生地, 1954 年, 美国人乔治·德沃尔设计了第一台电子可编程的工业机器人, 1961 年申请了该机器人的专利; 1962 年, 第一台工业机器人投入通用公司使用, 这标志着第一台机器人诞生了。下面介绍各个组织对机器人所下的定义。

- 美国机器人协会的定义: 机器人是一种用于移动各种材料、零件工具或者专业装置的能够通过编程执行种种任务的多功能机械手。
- 美国国家标准局的定义: 机器人是一种能够进行编程的、在自动控制下执行