



“做学教一体化” 课程改革系列规划教材 >>>>

亚龙集团校企合作项目成果系列教材

# 单片机应用与调试 项目教程 (汇编语言版)

DANPIANJI YINGYONG YU TIAOSHI XIANGMU JIAOCHENG



何文平 主编

- ★ 事情怎样做就怎样教！事情怎样做就怎样学！做、学、教合一；
- ★ 突破学科体系的框架，按职业岗位对知识和技能的要求，设计工作项目、整合学习内容；
- ★ 提供整体教学解决方案，确保工作项目的完整实施、职业能力的综合培养；
- ★ 本书配有电子教案。

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



STC

“做学教一体化”课程改革系列规划教材  
亚龙集团校企合作项目成果系列教材

# 单片机应用与调试项目教程

## (汇编语言版)

主编 何文平  
参编 张 炜 龙建飞 王贤辰 李 波  
主审 杨少光



机械工业出版社

本书是“做学教一体化”课程改革系列规划教材之一，是根据职业教育的培养目标，机电类岗位对单片机技术应用的要求，以及职业院校技能大赛单片机项目的内容及相关知识点编写而成的。采用项目式、任务引领的编写模式。通过有代表性的、实用的项目任务，介绍了单片机及其应用技术。打破了以往枯燥的单片机学习形式，让学生从实践中理解和应用单片机应用技术的相关知识。

本书以浙江亚龙教育装备股份有限公司生产的YL—236型单片机实训考核台为实际操作平台，设计了9个项目，包含单片机在显示、按键、传感器、电动机、继电器、温度、扩展、A/D与D/A转换、机械臂等方面的控制技术，全部任务的完成均需要应用实训台所提供的电路模块。

本书可作为大中专院校机电类、电气类、电子信息类专业单片机课程的教材。也可作为职业院校技能大赛单片机项目的辅导用书，还可用做电子设计爱好者研发单片机的参考书。

本书配有电子教案、电子课件、实训录像及源程序代码，凡选用本书作为教材的学校，可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)，注册并下载。

## 图书在版编目（CIP）数据

单片机应用与调试项目教程：汇编语言版/何文平主编. —北京：机械工业出版社，2011.8

“做学教一体化”课程改革系列规划教材

ISBN 978-7-111-34527-5

I. ①单… II. ①何… III. ①单片微型计算机-中等专业学校-教材  
②汇编语言-程序设计-中等专业学校-教材 IV. ①TP368.1②TP313

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第152680号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：高倩 责任编辑：高倩 赵东旭 版式设计：霍永明

责任校对：姜婷 封面设计：王伟光 责任印制：杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·1插页·384千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-34527-5

定价：39.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 序

在落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》新时期职业教育的发展方向、目标任务和政策措施的时候，教育部制定了《中等职业教育改革创新行动计划（2010—2012）》（以下简称《计划》）。《计划》中指出，以教产合作、校企一体和工学结合为改革方向，以提升服务国家发展和改善民生的各项能力为根本要求，全面推动中等职业教育随着经济增长方式转变“动”，跟着产业结构调整升级“走”，围绕企业人才需要“转”，适应社会 and 市场需求“变”。

中等职业教育的改革，着力解决教育与产业、学校与企业、专业设置与职业岗位、课程教材与职业标准不对接，职业教育针对性不强和吸引力不足等各界共识的突出问题。紧贴国家经济社会发展需求，结合产业发展实际，加强专业建设，规范专业设置管理，探索课程改革，创新教材建设，实现职业教育人才培养与产业，特别是区域产业的紧密对接。

《计划》中关于推进中等职业学校教材创新的计划是：围绕国家产业振兴规划、对接职业岗位和企业用人需求，创新中等职业学校教材管理制度，逐步建立符合我国国情、具有时代特征和职业教育特色的教材管理体系。开发建设覆盖现代农业、先进制造业、现代服务业、战略性新兴产业和地方特色产业，苦脏累险行业，民族传统技艺等相关专业领域的创新示范教材，引领全国中等职业教育教材建设的改革创新。2011—2012年，制订创新示范教材指导建设方案，启动并完成创新示范教材开发建设工作。

在落实该《计划》的背景下，中国·亚龙科技集团与机械工业出版社共同组织中中等职业学校教学第一线的骨干教师，为先进制造业、现代服务业和新兴产业类的电气技术应用、电气运行与控制、机电技术应用、电子技术应用、汽车运用与维修等专业的主干课程、方向性课程编写“做学教一体化”系列教材，探索创新示范教材的开发，引领中等职业教育教材建设的改革创新。

多年来，中等职业学校第一线的教师对教学改革的研究和探索，得到了一个共同的结论：要提升服务国家发展和改善民生的各项能力，就应该采用理实一体的教学模式和教学方法。以项目为载体，工作任务引领，完成工作任务的行动导向；让学生在完成工作任务的过程中学习专业知识和技能，掌握获取资讯、决策、计划、实施、检查、评价等工作过程的知识，在完成工作任务的实践中形成和提升服务国家发展和改善民生的各项能力。一本体现课程内容与职业资格标准、教学过程与生产过程对接，符合中等职业学校学生认知规律和职业能力形成规律，形式新颖、职业教育特色鲜明的教材；一本解决“做什么、学什么、教什么？怎样做、怎样学、怎样教？做得怎样、学得怎样、教得怎样？”问题的教材，是中等职业学校广大教师热切期盼的。

承载职业教育教学理念，解决“做什么、学什么、教什么？怎样做、怎样学、怎样教？做得怎样、学得怎样、教得怎样？”问题的教学实训设备，同样是中等职业学校

广大教师热切期盼的。中国·亚龙科技集团秉承服务职业教育的宗旨，潜心研究职业教育。在源于企业、源于实际、源于职业岗位的基础上，开发“既有真实的生产性功能，又整合学习功能”的教学实训设备；同时，又集设备研发与生产、实训场所建设、教材开发、师资队伍建设等于一体的整体服务方案。

广大教学第一线教师的期盼与中国·亚龙科技集团的理念、热情和真诚，激发了编写“做学教一体化”系列教材的积极性。在中国·亚龙科技集团、机械工业出版社和全体编者的共同努力和配合下，“做学教一体化”系列教材以全新的面貌、独特的形式出现在中等职业学校广大师生的面前。

“做学教一体化”系列教材是校企合作编写的教材，是把学习目标与完成工作任务、学习内容与工作内容、学习过程与工作过程、学习评价与工作评价有机结合在一起的教材。呈现在大家面前的“做学教一体化”系列教材，有以下特色：

##### 一、教学内容与职业岗位的工作内容对接，解决做什么、学什么和教什么的问题

真实的生产性功能、整合的学习功能，是中国·亚龙科技集团研发、生产的教学实训设备的特色。根据教学设备，按中等职业学校的教学要求和职业岗位的实际工作内容设计工作项目和任务，整合学习内容，实现教学内容与职业岗位、职业资格的对接，解决中等职业学校在教学中“做什么、学什么、教什么”的问题，是“做学教一体化”系列教材的特色。

职业岗位做什么，学生在课堂上就做什么，把职业岗位要做的事情规划成工作项目或设计成工作任务；把完成工作任务涉及的理论知识和操作技能，整合在设计的工作任务中。拿职业岗位要做的事，必需、够用的知识教学生；拿职业岗位要做的事来做，拿职业岗位要做的事来学。做、学、教围绕职业岗位，做、学、教有机结合、融为一体，“做学教一体化”系列教材就这样解决做什么、学什么、教什么的问题。

##### 二、教学过程与工作过程对接，解决怎样做、怎样学和怎样教的问题

不同的职业岗位，工作的内容不同，但包括资讯、决策、计划、实施、检查、评价等在内的工作过程却是相同的。

“做学教一体化”系列教材中工作任务的描述、相关知识的介绍、完成工作任务的引导、各工艺过程的检查内容与技术规范和标准等，为学生完成工作任务的决策、计划、实施、检查和评价并在其过程中学习专业知识与技能提供了足够的信息。把学习过程与工作过程、学习计划与工作计划结合起来，实现教学过程与生产过程的对接，“做学教一体化”系列教材就这样解决怎样做、怎样学、怎样教的问题。

##### 三、理实一体的评价，解决评价做得怎样、学得怎样、教得怎样的问题

企业不是用理论知识的试卷和实际操作考题来评价员工的能力与业绩，而是根据工作任务的完成情况评价员工的工作能力和业绩。“做学教一体化”系列教材根据理实一体的原则，参照企业的评价方式，设计了完成工作任务情况的评价表。评价的内容为该工作任务中各工艺环节的知识与技能要点、工作中的职业素养和意识；评价标准为相关的技术规范和标准，评价方式为定性与定量结合，自评、小组与老师评价相结合。

全面评价学生在本次工作中的表现，激发学生的学习兴趣，促进学生职业能力的形成和提升，促进学生职业意识的养成，“做学教一体化”系列教材就这样解决做得怎

样、学得怎样、教得怎样的问题。

#### 四、图文并茂，通俗易懂

“做学教一体化”系列教材考虑到中等职业学校学生的阅读能力和阅读习惯，在介绍专业知识时，把握知识、概念、定理的精神和实质，将严谨的语言通俗化；在指导学生实际操作时，用图片配以文字说明，将抽象的描述形象化。

用中等职业学校学生的语言介绍专业知识，图文并茂的形式说明操作方法，便于学生理解知识、掌握技能，提高阅读效率。对中等职业学校的学生来说，“做学教一体化”系列教材是非常实用的教材。

#### 五、遵循规律，循序渐进

“做学教一体化”系列教材设计的工作任务，有操作简单的单一项目，也有操作复杂的综合项目。由简单到复杂，由单一向综合，采用循序渐进的原则呈现教学内容、规划教学进程，符合中等职业学校学生认知和技能学习的规律。

“做学教一体化”系列教材是校企合作的产物，是职业院校教师辛勤劳动的结晶。“做学教一体化”系列教材需要人们的呵护、关爱、支持和帮助，才能健康发展，才能有生命力。

中国·亚龙科技集团 陈继权

2011年6月 浙江温州

# 前言

本书是根据全国职业院校技能大赛中电工电子组单片机控制装置安装与调试项目的内容及相关知识点,按照工作过程系统化课程的开发理念编写而成的。作为中职学生学习单片机知识的教材,本着“做学教一体化”的理念,即工作任务与学习任务相结合、工作过程与学习过程相结合、工作内容与学习内容相结合,以理论实践一体化的“做学教合一”思想为宗旨,抛弃了以往教材从理论到实践的编排格式,将单片机及应用技术知识渗透到解决任务(问题)的过程中。在充分调动学生参与学习的积极性的同时,使其在学习过程中不断获取解决实际问题的经验,从而很好地掌握单片机知识。

全书分为绪论及9个项目,共24个任务。其中,绪论对单片机的种类、应用和AT89C51单片机做了简要的概述,并介绍了本书的工作平台——“浙江亚龙教育装备股份有限公司生产的YL—236型单片机实训考核台”的结构及所用的万利ME—52HU型仿真器和开发软件MedWinV3。项目1介绍了单片机对发光二极管(LED)的控制技术,包括对AT89C51单片机的内部结构、基本指令系统和本书所用的编程语言(汇编语言)等做了介绍。项目2和项目3以简单的定时器、计数器到复杂的24h可调时钟为例,介绍了单片机控制数码管的静态、动态显示技术,包括单片机的中断、堆栈的概念和数码管的应用知识。项目4介绍了单片机对交流/直流电动机、步进电动机的控制技术,简单介绍了传感器的概念、电感式传感器的应用、光耦合器的应用和步进电动机相关的知识。项目5介绍了单片机对模拟量(温度)的处理与控制技术,包括模/数转换器AD0809、温度传感器LM35和DS18B20的相关知识,及其在单片机控制系统中的应用技术。项目6介绍了单片机控制数/模转换器DAC0832产生锯齿波电压的技术,包括对数/模转换器DAC0832的功能、特点和使用做了相应的介绍。项目7介绍了单片机控制LED点阵显示器和LCD液晶显示器的技术,包括32\*16点阵显示器、RT1602C和TG12864B液晶显示器的性能与应用知识等。项目8介绍了对AT89C51单片机的I/O口进行扩展的技术。项目9介绍了以单片机为控制核心的智能物料搬运系统。

书中内容按任务描述、做与学、多学一点、练习、任务完成情况评价等环节展开,以一系列实训项目的实施为主线,采用边做边学的方式展开学习,强调理论服务于实践,以“用多少(理论知识)学多少”的原则,取代传统的先理论后实操及过分强调学科知识完整的教学模式。通过彼此相关、由简到繁、由易到难的任务练习与项目设计,循序渐进地学习,逐步达到能够运用单片机解决各种实际控制问题的教学要求。

本书提供的各项任务突出了实用性,涉及面广,是很有价值的典型案例,能起到举一反三的作用。内容难度适宜,而且分析透彻。本书可作为大中专院校机电类、电气类、电子信息类专业学生实践类教学课程的教材(或参考书),也适合需要对单片机进行研发的电子爱好者阅读。

参与本书编写的人员都是多年从事单片机课程教学及在全国职业院校技能大赛单片

机项目中指导学生获得金奖的一线教师，具有丰富的教学经验。本书由何文平任主编。陈洁慧编写了绪论，张炜编写了项目一、二、三，龙建飞编写了项目四、五、六，王贤辰编写了项目七、八、九，何文平修改和确定了全稿。本书由全国职业院校技能大赛中职组电工电子项目总裁判杨少光老师审稿。限于编写水平，书中可能存在诸多疏漏，敬请读者指正。

编者



# 目 录

序

前言

绪论	1
一、单片机简介	1
二、单片机的种类	1
三、AT89C51 单片机的主要性能和结构	1
四、YL—236 型单片机实训考核台	2
五、仿真器的连接和开发软件的使用	7
项目一 单片机控制发光二极管	15
任务一 控制单只发光二极管的亮与灭	15
任务二 控制单只发光二极管的闪烁	21
任务三 控制多只发光二极管的闪烁	26
任务四 控制 8 只发光二极管轮流点亮与熄灭	32
任务五 控制流水灯	38
项目二 制作 10s 定时器	44
任务一 控制单只数码管静态显示	44
任务二 控制数码管的动态显示	51
任务三 制作 0 ~ 99 外部中断计数器	58
任务四 制作 0 ~ 10s 定时器	69
项目三 单片机对键盘的控制	79
任务一 独立按键控制数码管显示	79
任务二 4 × 4 矩阵键盘控制数码管	87
任务三 制作 24h 可调时钟	97
项目四 单片机控制电动机	111
任务一 控制交/直流电动机的正/反转	112
任务二 控制步进电动机的正/反转	119
项目五 制作单片机温度控制系统	128
任务一 制作单片机控制的电压采集系统	129
任务二 制作基于温度传感器 LM35 的温度控制系统	140
任务三 制作基于温度传感器 DS1820 的温度控制系统	149
项目六 单片机控制数/模转换器 DAC0832 产生锯齿波电压	162
项目七 单片机控制显示器	169
任务一 控制 32 × 16LED 点阵	169

---

任务二 控制 RT1602C 液晶显示器 .....	178
任务三 控制 128 × 64 液晶显示器 .....	187
项目八 应用单片机扩展口 .....	200
项目九 制作智能物料搬运系统 .....	214
任务一 控制智能物料搬运系统 .....	214
任务二 显示搬运物料的数量 .....	228
附录 .....	236
附录 A MCS-51 单片机汇编指令表 .....	236
附录 B 各项目涉及实物接线图 .....	241
参考文献 .....	255

# 绪论

## 一、单片机简介

单片机又称单片微控制器 (Micro Control Unit, MCU)。它是一种集成电路芯片, 采用超大规模集成电路技术, 把具有数据处理能力的中央处理器 (CPU)、随机存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计时器等, 集成在一块半导体芯片上, 构成的一个小而完善的计算机系统。单片机在工业控制、家用电器产品、智能化仪器仪表、计算机外部设备、机电一体化产品中都有广泛的应用。

## 二、单片机的种类

单片机根据应用范围的不同, 分为专用型和通用型两种。

专用型单片机是针对某种产品或某种控制应用而专门设计的, 设计时已经对系统结构进行最简化处理, 使硬、软件资源利用最优化, 同时在可靠性等方面也做了最佳的考虑。其特点是应用在特定的场合, 范围专一。

通用型单片机是一种基本芯片, 它的内部资源比较丰富, 性能全面且实用性强, 能满足多种应用需要, 用户可以根据需要设计成各种不同应用的控制系统。其特点是通用性强, 应用范围广泛。

本书使用的 AT89C51 单片机就是通用型单片机。

## 三、AT89C51 单片机的主要性能和结构

AT89C51 是美国 ATMEL 公司生产的低电压、高性能 CMOS 8 位单片机, 芯片带有 4KB 的可反复擦写只读存储器和 128B 的随机存储器。

该器件与工业标准的 MCS-51 指令集和输出引脚相兼容, 包含了微型计算机所必需的基本功能。其主要性能如下:

- 1) 4KB 可重复擦写闪存存储器 (EPROM), 外部可扩展至 64KB。
- 2) 擦写周期: 1000 写/擦。
- 3) 128 \* 8 位内部数据存储器 (RAM), 外部可扩展至 64KB。
- 4) 32 个可编程 I/O 线。
- 5) 两个 16bit 定时器/计数器。

- 6) 5 个中断源。
- 7) 可编程串行通道。
- 8) 低功耗的闲置和掉电模式。
- 9) 片内振荡器和时钟电路。

AT89C51 单片机主要的部件有字长为 8bit 的中央处理器（CPU）、程序存储器（PEROM）、数据存储器（RAM）、定时器/计数器、I/O 接口、串行接口和中断系统。它们的内部结构框图如图 0-1 所示。

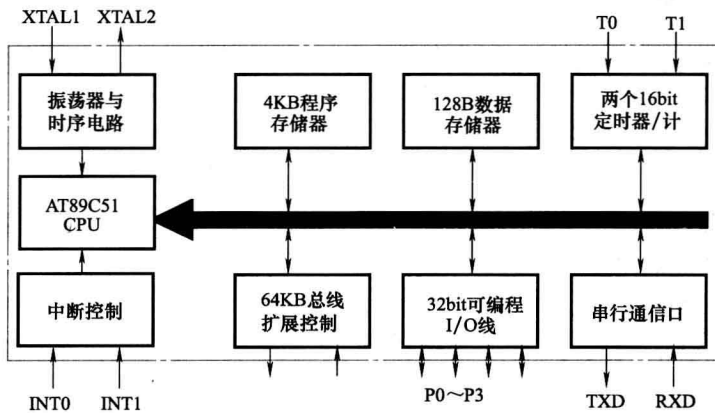


图 0-1 AT89C51 单片机内部结构框图

#### 四、YL—236 型单片机实训考核台

本书使用的实训设备是浙江亚龙教育装备股份有限公司生产的 YL—236 型单片机实训考核台，如图 0-2 所示。该实训台是按照职业岗位的工作内容研发的实训设备，它能够完成 I/O 传输、A/D 转换、D/A 转换、LED/LCD 点阵模块和电机控制等涉及单片机应用技术的主要实训项目。能够满足高、中职院校电子信息类专业从基础到应用的教学实训要求。

YL—236 型单片机实训台（后面简称为“实训台”）共有 12 个不同的模块电路，可组合连接成从简单到复杂的单片机控制电路，模块之间连接灵活。下面分别介绍该实训台的各模块电路及功能。

##### 1. 主机模块 MCU01

主机模块 MCU01 是整个实训台的核心电路模块，它包括单片机的全部 I/O 连接电路，即 I/O 接口；通信电路 RS-232；下载电路 ISP 和蜂鸣器控制电路。模块前面板如图 0-3 所示。

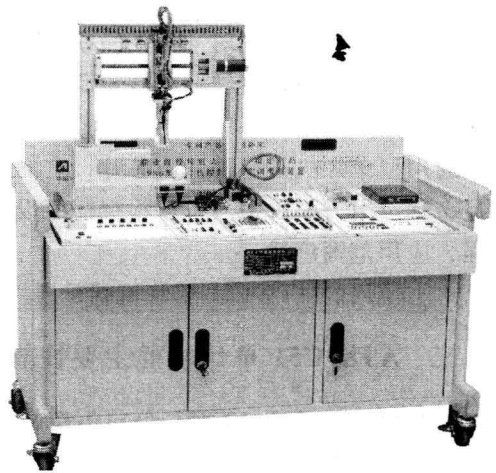


图 0-2 YL—236 型单片机实训考核台

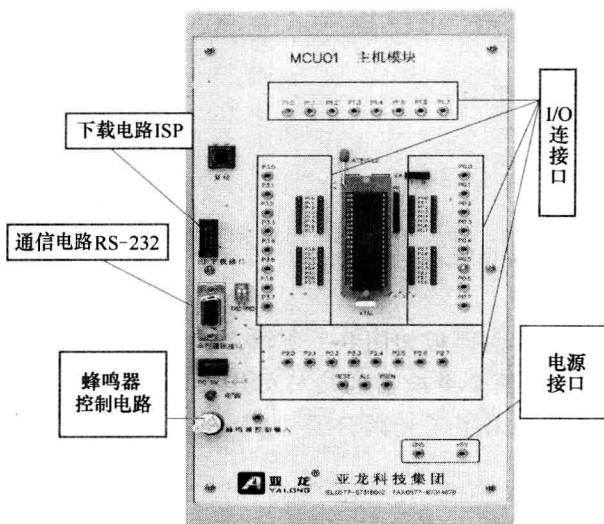


图 0-3 主机模块 MCU01

## 2. 电源模块 MCU02

电源模块 MCU02 能为整个实训台提供持续稳定的电压。模块中安装了单相漏电保护开关, 以避免因接线错误发生短路、漏电等事故, 同时各个单独的直流电路中也连接了熔丝以保护各电压源。模块中包含的几组电压源如图 0-4 所示。

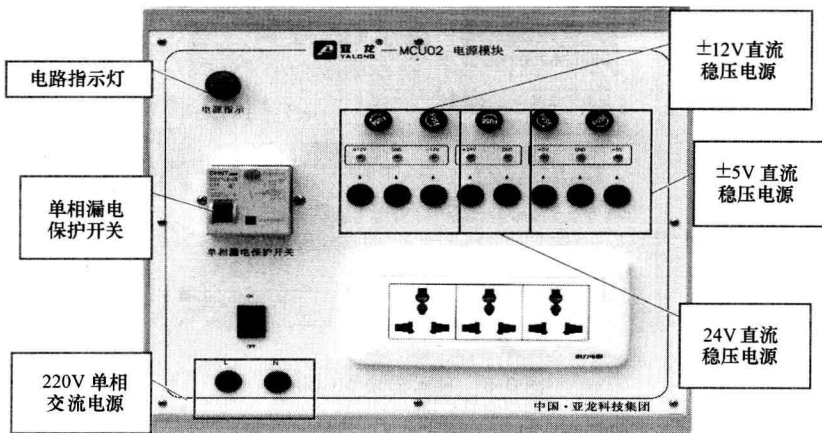


图 0-4 电源模块 MCU02

## 3. 仿真器模块 MCU03

仿真器模块 MCU03 利用万利公司的仿真软件来模拟单片机的实际运行, 可实现程序的实时在线的单步运行, 方便编写和调试程序, 其模块前面板如图 0-5 所示。

## 4. 显示模块 MCU04

显示模块 MCU04 包括一些常见的显示器, 可以利用该模块学习各种显示器的控制

原理和编程方法，MCU04 模块包括以下几种显示器：

- 1) 8 位 LED 灯。
- 2) 8 位 LED 数码管显示器。
- 3) 32 \* 16 点阵显示屏。
- 4) 1602 液晶显示屏。
- 5) 12864 液晶显示屏。

显示模块前面板如图 0-6 所示。

### 5. 继电器模块 MCU05

继电器模块 MCU05 的前面板如图 0-7 所示，其中包括 6 个独立的继电器，前两个继电器的接口可连接单相 220V 交流电。模块电路中采用了光耦合器对 5V 电压和 12V 电压进行了隔离。

### 6. 指令模块 MCU06

指令模块 MCU06 由 4 种不同类型的按键构成，可以利用各自按键的特点编写不同的任务，更好地实现人机交互。这 4 种按键包括 8 位钮子开关、8 位独立按键、4 \* 4 矩阵键盘、PS2 键盘接口，模块前面板如图 0-8 所示。

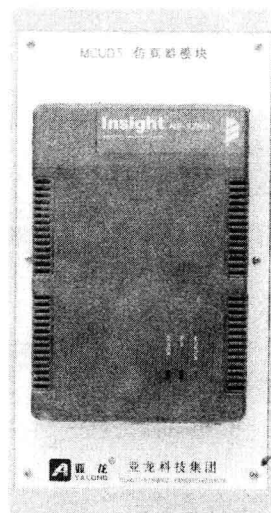


图 0-5 仿真器模块 MCU03

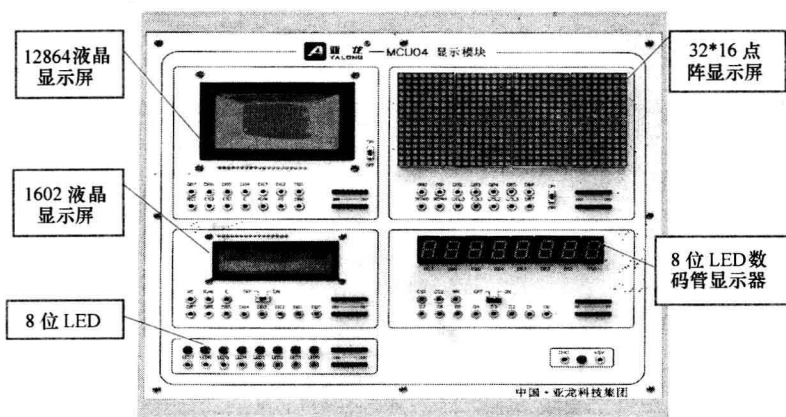


图 0-6 显示模块 MCU04

### 7. ADC/DAC 模块 MCU07

ADC/DAC 模块 MCU07 如图 0-9 所示。模块中带有 A/D 转换器 ADC0809 和 D/A 转换器 DAC0832 两种集成芯片插口。另外，模块上还提供了可调电位器和模拟电压指示灯，供使用者学习单片机控制系统中的数/模转换和模/数转换之用。

### 8. 交、直流电动机控制模块 MCU08

交、直流电动机控制模块 MCU08 如图 0-10 所示。它包括交、直流电动机各一个，在每个电动机的硬件电路中都增加了控制继电器，可方便地控制电动机的起动与停止。同时，为了减少电动机对单片机信号的干扰，增加了光耦合器用于隔离。

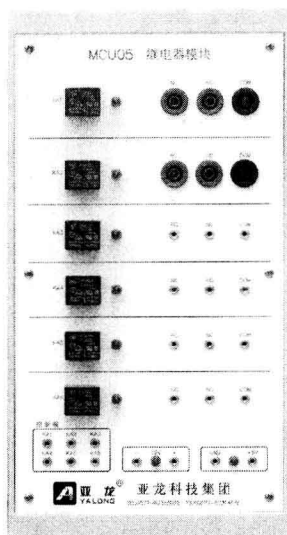


图 0-7 继电器模块 MCU05

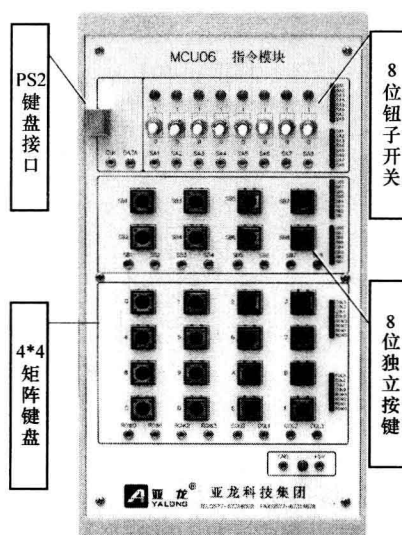


图 0-8 指令模块 MCU06

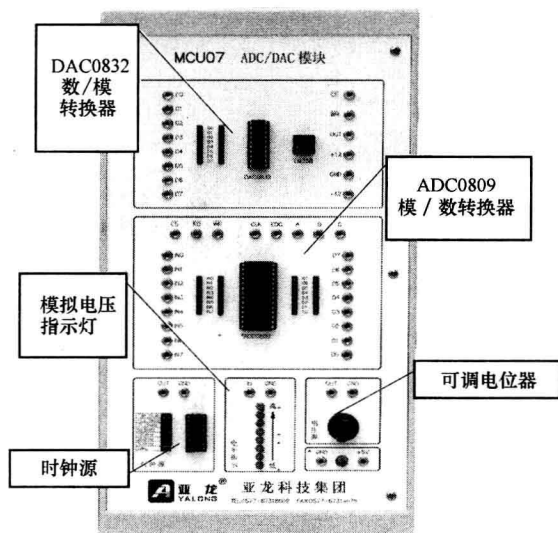


图 0-9 ADC/DAC 模块 MCU07

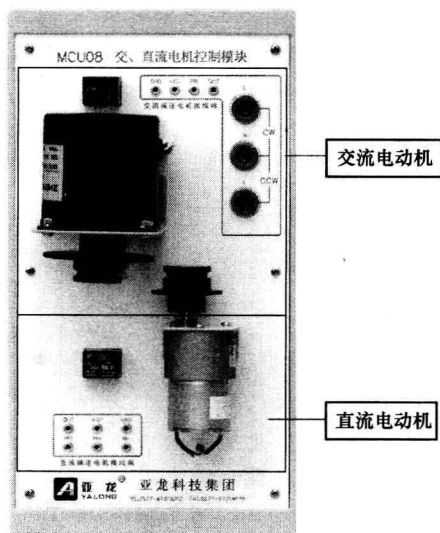


图 0-10 交、直流电动机控制模块 MCU08

### 9. 步进电动机控制模块 MCU09

步进电动机控制模块 MCU09 如图 0-11 所示。模块中除配套了一只步进电动机及其驱动器外，还配置了刻度尺和可调电位器，这给进行一些复杂任务的设计提供了方便。

### 10. 传感器配接模块 MCU10

传感器配接模块 MCU10 中设有 16 组光耦合器和 4 组传感器接口，以满足学习单片机自动控制系统的应用技术。传感器配接模块前面板如图 0-12 所示。

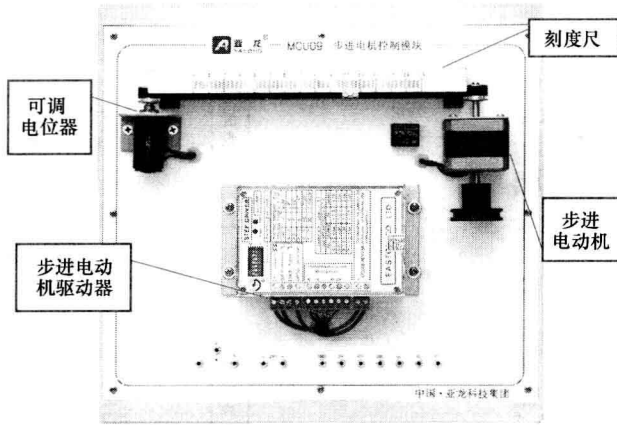


图 0-11 步进电动机控制模块 MCU09

### 11. 扩展模块 MCU12

扩展模块 MCU12 是利用了 82C55 扩展芯片对单片机进行 I/O 接口的扩展，同时模块中增加了 74LS245 电路使单片机能够更好地控制各个器件。扩展模块前面板如图 0-13 所示。

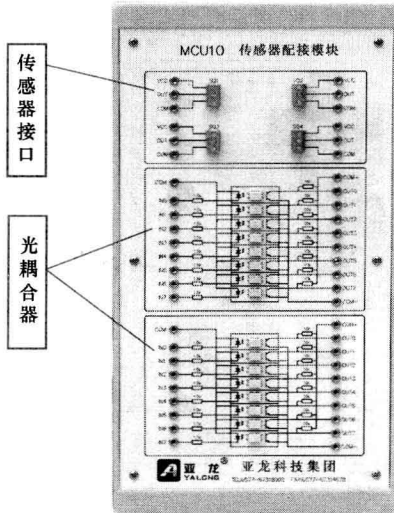


图 0-12 传感器配接模块 MCU10

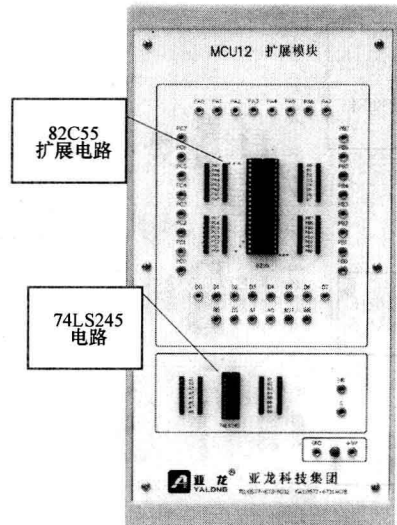


图 0-13 扩展模块 MCU12

### 12. 温度传感器模块 MCU13

温度传感器模块 MCU13 中包含常用的两种不同的采集量去检测温度，分别是模拟量采集温度传感器 LM35 和数字量采集温度传感器 DS18B20。在两个传感器外都增加了加热电阻和温度隔离罩，从而模拟现实应用中的加热器和环境温度。该模块前面板如图 0-14 所示。

### 13. 智能物料搬运装置

智能物料搬运装置是模拟物料搬运系统，通过气爪抓取位置 1、2 的物料，并将抓取的物料放入位置 3；回到初始位置再次抓取物料放入位置 3。智能物料搬运装置外形



如图0-15所示。图中各编号的配件名称和功能如下：

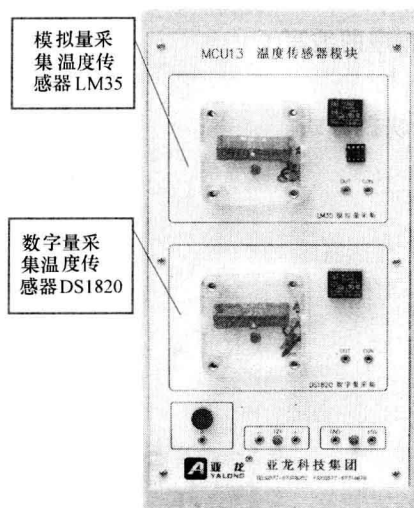


图 0-14 温度传感器模块 MCU13

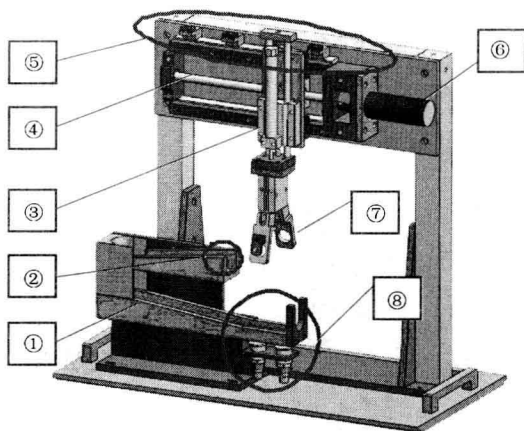


图 0-15 智能物料搬运装置

① 是物料槽，用于放置物料。

② 是工位 3 的位置。

③ 是气缸，负责机械手的上下移动；在气缸的上部和下部各安装有磁性开关，用于检测气缸是否运动到指定位置。

④ 是机械手的传动装置丝杆。

⑤ 是 5 个微动开关，从左至右分别为左限位开关、工位 3 位置开关、工位 2 位置开关、工位 1 位置开关和右限位开关。

⑥ 是 24V 直流电动机，负责机械手的左右移动。

⑦ 是气爪，负责夹持物料；在气爪的前部安装有光电开关，用于检测气爪中是否有物品；同时在气爪的中间安装有磁性开关，用于检测气爪是否抓牢。

⑧ 左边的是工位 2 的位置，右边的是工位 1 的位置；在工位 1、2 的下方有两个光电开关，用于检测各工位上是否有物品。

注：YL-236 型单片机实训考核台内无模块 MCU11，故没有介绍，智能物料搬运装置的硬件电路图和各元件的用途请参见相关项目。

## 五、仿真器的连接和开发软件的使用

### 1. 仿真器的连接

在亚龙 YL-236 型单片机实训台中使用了万利 ME-52HU 仿真器，用户可自行更换仿真芯片，支持仿真 Philips 8XC51X2 ~ 8XC58X2, 89C60 等以及 AT89、Winbond W78 系列 MCU，并且提供 4 种不同类型断点，即任意地址断点、源程序行断点、单步或运行到光标断点以及分组断点。所有断点都有独立的 64KB 断点空间，可以高效灵活地调试程序。