



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



新能源类专业教学资源库建设配套教材

单片机控制技术与应用

● 刘 靖 李云梅 主编
● 戴裕崴 主审

第二版

DANPIANJI
KONGZHI JISHU
YU YINGYONG



扫码看资源



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



新能源类专业教学资源库建设配套教材

单片机控制技术与应用

—— 第二版 ——

刘 靖 李云梅 主编

戴裕崑 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从单片机 51 系列入手,系统介绍了单片机的知识,包括单片机的内部结构、指令系统、中断系统、定时器/计数器、模拟量输入与实时控制输出等,进而介绍了单片机控制技术。本书遵循以工作任务(项目)为导向的教学方法,每个学习情境中都设有若干个具体工作任务,通过这些任务的完成,使学生对单片机知识有一个总体的了解。

本书可作为高职高专院校机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的教材,也可作为中职学校机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机控制技术与应用/刘靖,李云梅主编.—2版.

北京:化学工业出版社,2017.7

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-122-26504-3

I. ①单… II. ①刘…②李… III. ①单片微型计算机-计算机控制-高等职业教育-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 049294 号

责任编辑:刘 哲

装帧设计:韩 飞

责任校对:吴 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:中煤(北京)印务有限公司

装 订:中煤(北京)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 306 千字 2017 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.80 元

版权所有 违者必究



新能源类专业教学资源库建设配套教材

建设委员会成员名单

主任委员：天津轻工职业技术学院

副主任委员：佛山职业技术学院

酒泉职业技术学院

委员（按照姓名汉语拼音排列）

包头职业技术学院

常州轻工职业技术学院

哈尔滨职业技术学院

佛山职业技术学院

湖南电气职业技术学院

酒泉职业技术学院

兰州职业技术学院

乐山职业技术学院

秦皇岛职业技术学院

衢州职业技术学院

天津轻工职业技术学院



新能源类专业教学资源库建设配套教材

编审委员会成员名单

主任委员：戴裕崴

副主任委员：李柏青 薛仰全 李云梅

主审人员：刘靖 章大钧 冯黎成

委员（按照姓名汉语拼音排列）

陈文明	陈晓林	戴裕崴
段春艳	方占萍	李云梅
冯黎成	冯源	韩俊峰
胡昌吉	黄冬梅	李柏青
李良君	李云梅	廖东进
林涛	刘靖	刘秀琼
皮琳琳	王春媚	王冬云
王技德	薛仰全	章大钧
张东	张杰	张振伟
赵元元		

序

单片机控制技术与应用
DANPIANJI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

随着传统能源日益紧缺,新能源的开发与利用得到世界各国的广泛关注,越来越多的国家采取鼓励新能源发展的政策和措施,新能源的生产规模和使用范围正在不断扩大。《京都议定书》签署后,新的温室气体减排机制将进一步促进绿色经济以及可持续发展模式的全面进行,新能源将迎来一个发展的黄金年代。

当前,随着中国的能源与环境问题日趋严重,新能源开发利用受到越来越高的关注。新能源一方面可以作为传统能源的补充,另一方面可以有效降低环境污染。我国新能源开发利用虽然起步较晚,但近年来也以年均超过 25% 的速度增长。自《可再生能源法》正式生效后,政府陆续出台一系列与之配套的行政法规和规章来推动新能源的发展,中国新能源行业进入发展的快车道。

中国在新能源和可再生能源的开发利用方面已经取得显著进展,技术水平已有很大提高,产业化已初具规模。

新能源作为国家加快培育和发展的战略性新兴产业之一,国家已经出台和即将出台的一系列政策措施,将为新能源发展注入动力。随着投资光伏、风电产业的资金、企业不断增多,市场机制不断完善,“十三五”期间光伏、风电企业将加速整合,我国新能源产业发展前景乐观。

2015 年根据教育部教职成函【2015】10 号文件《关于确定职业教育专业教学资源库 2015 年度立项建设项目的通知》,天津轻工职业技术学院联合佛山职业技术学院和酒泉职业技术学院以及分布在全国的 10 大地区、20 个省市的 30 个职业院校,建设国家级新能源类专业教学资源库,得到了 24 个行业龙头、知名企业的支持,建设了 18 门专业核心课程的教育教学资源。

新能源类专业教育教学资源库开发的 18 门课程,是新能源类专业教学中应用比较广、涵盖专业知识面比较宽的课程。18 本配套教材是资源库海量颗粒化资源应用的一个方面,教材利用资源库平台,采用手机 APP 二维码调用资源库中的视频、微课等内容,充分满足学生、教师、企业人员、社会学习者时时、处处学习的需求,大量的资源库教育教学资源可以通过教材的信息化技术应用到全国新能源相关院校的教学过程,为我国职业教育教学改革做出贡献。

戴裕崴

2017 年 6 月 5 日

前言

单片机控制技术与应用
DANPIANJI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

本教材第一版是全国机械职业教育教学指导委员会新能源装备技术专业指导委员会组织的《新能源系列教材》之一,是2011年全国职业院校技能大赛光伏发电系统安装与调试项目和2012年全国职业院校技能大赛风光互补发电系统安装与调试项目的理论课程配套教材,在国内相关专业产生了较大影响。教材出版后已使用了若干轮,教师和学生提出了一些问题,根据“十二五”职业教育国家规划教材选题修订建议书的要求,保持与行业单片机控制技术同步发展,现对《单片机控制技术与应用》教材进行修订,主要在内容上加入了单片机逆变技术内容,体现单片机控制与新能源技术结合的特性,控制系统的 boost 电路单片机控制是目前应用比较广的控制方案,修订过程中加入了软件、硬件内容。

“单片机控制技术”是新能源相关专业、机电一体化专业、电气自动化专业的专业基础课程,特别是新能源等相关专业的核心课程。本教材从基础的单片机 51 系列入手,与电工基础、电工电子技术、电力电子技术等前序课程紧密结合,系统介绍了单片机控制系统的知识。本教材遵循以工作任务(项目)为导向的教学方法,每个学习情境都设有若干个具体工作任务,通过这些任务的完成,使学生对单片机有总体的了解,也可增强学生的学习兴趣。希望通过本教材的学习,学生能够对单片机技术的应用建立清晰的认知,掌握其实用技术,具备在实践中进一步应用的能力。

“单片机控制技术”是新能源类专业教育教学资源库 18 门核心课程之一,是新能源类专业基础课程中应用比较广、涵盖专业知识面比较宽的课程。本教材采用手机 APP 二维码调用资源库中的视频、微课等内容,充分满足学生、教师、企业人员、社会学习者时时、处处学习的需求。教学课件可从化学工业出版社教学资源网 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本教材借鉴国内外计算机科学与技术学科和计算机基础课程体系的研究成果,努力反映计算机科学技术的最新成果和发展趋势,强调理论与实践紧密结合,注重能力和综合素质的培养,通过实例讲解原理和方法,引导学生掌握理论方法的实际运用。

《单片机控制技术与应用》编写组的全体成员感谢天津市单片机协会给予的大力支持,为本书编写提供了大量的资料和实例,并感谢化学工业出版社的鼎力支持。

本书可以作为职业院校机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的教材及参考书，并对光电子、电气自动化、机电等相关领域有一定的参考价值。

本教材由天津轻工职业技术学院刘靖、李云梅任主编，刘靖负责全书规划及统稿等工作，李娜、刘靖完成学习情境一、二的编写，周树青、刘靖完成学习情境三、四的编写，翟永琚、李云梅完成学习情境五、六的编写，张润华、李云梅完成学习情境七的编写，刘靖、李云梅完成学习情境八、十的编写，刘晓英、李云梅完成学习情境九的编写，王春媚完成学习情境十一的编写并制作了全书的二维码。李云梅、孟秩颖完成部分审校和修改工作。

虽经过修订，但是限于编者水平所限，书中定有不少疏漏，恳请广大读者不吝赐教。

《单片机控制技术与应用》编写组

2017 年 4 月

第一版前言

单片机控制技术与应用
DANPIANJI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

“单片机控制技术”是机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的专业基础课程。本书从基础的单片机 51 系列入手，与电工基础、电工电子技术、电力电子技术等前序课程紧密结合，系统地介绍了单片机控制系统的知识。本书遵循以工作任务（项目）为导向的教学方法，每个学习情境都设有若干个具体工作任务，通过这些任务的完成，使学生对单片机知识有总体的了解，也使学生增强了学习兴趣。通过本教材的学习，能够对单片机技术的应用建立清晰的认知，掌握其实用技术，具备在实践中进一步应用的能力。

本书借鉴国内外计算机科学与技术学科和计算机基础课程体系的研究成果，努力反映计算机科学技术的最新成果和发展趋势，强调理论与实践紧密结合，注重能力和综合素质的培养，通过实例讲解原理和方法，引导学生掌握理论方法的实际运用。

《单片机控制技术与应用》编写组的全体成员感谢天津市单片机协会给予的大力支持，为本书编写提供了大量的资料和实例，并感谢化学工业出版社的鼎力支持。

本书可以作为高职高专院校机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的教材及参考书，也可作为中职学校机电一体化、电气自动化、新能源等相关专业的教材及参考书，并对光电子、电气自动化、机电等相关领域的工程技术人员有一定的参考价值。

本书由刘靖、李云梅任主编，刘靖负责全书规划及统稿等工作，李娜完成情境一、二的编写，周树青、刘靖完成情境三、四的编写，翟永琨完成情境五、六的编写，张润华完成情境七的编写，刘靖完成情境八、十的编写，刘晓英完成情境九的编写，李云梅、孟秩颖完成部分审校和修改工作。

由于编者水平所限，书中定有不少疏漏和不当，恳请广大读者不吝赐教。

《单片机控制技术与应用》编写组

2012 年 6 月

目 录

单片机控制技术与应用
DANPIANJI KONGZHI JISHU YU YINGYONG

学习情境一 单片机的发展和应用领域 1

1.1 初识单片机	1
1.1.1 什么是单片机	1
1.1.2 单片机发展历史与高速 SOC 单片机 C8051F	2
1.1.3 Cygnal C8051F 系列单片机特点	2
1.1.4 有关 C8051 系列 CPU	3
1.2 单片机介绍	4
1.2.1 MCS-51 单片机基本功能介绍	5
1.2.2 CIP-51 单片机基本功能介绍	5
1.3 单片机学习相关知识	7
1.3.1 数制和编码	7
1.3.2 逻辑运算	9
1.3.3 真值与机器数	9
1.3.4 原码、反码、补码	9
1.3.5 BCD 码	10
1.3.6 常用逻辑元件及功率输出元件	11
思考题	15

学习情境二 单片机内部结构 16

2.1 MCS-51 单片机基本组成及引脚功能	16
2.1.1 单片机的基本组成	16
2.1.2 单片机的引脚及其功能	17
2.1.3 MCS-51 单片机的存储器	19
2.2 CIP-51 单片机基本功能介绍	26
2.3 单片机复位	27
2.3.1 通电复位	28
2.3.2 断电复位	28
2.3.3 外部复位	29

2.3.4 软件强制复位·····	29
2.3.5 时钟丢失检测器复位·····	29
2.3.6 比较器0复位·····	29
2.3.7 外部 CNVSTR 引脚复位·····	30
2.3.8 看门狗定时器复位·····	30
思考题·····	31

学习情境三 单片机指令系统 32

3.1 指令·····	32
3.2 程序设计语言·····	32
3.3 Cygnal (80C51) 单片机指令·····	33
3.4 汇编语言的特点·····	37
3.5 汇编指令的格式·····	37
3.6 指令系统符号的意义·····	38
3.7 寻址方式·····	38
3.8 Cygnal 系列单片机指令·····	39
3.8.1 数据传送和交换类指令·····	39
3.8.2 算术操作类指令 (24)·····	42
3.8.3 逻辑运算指令·····	45
3.8.4 控制转移类指令·····	46
3.8.5 位操作指令·····	48
思考题·····	49

学习情境四 实现交通灯自动控制 52

4.1 汇编语言程序设计概述·····	53
4.2 伪指令·····	54
4.3 单片机汇编语言程序的基本结构形式·····	54
4.4 Cygnal 单片机汇编语言程序设计举例·····	60
思考题·····	67

学习情境五 在电机控制中应用中断 68

5.1 中断系统的概述·····	68
5.1.1 中断原理介绍·····	68
5.1.2 使用中断的好处·····	69
5.2 单片机中断系统结构·····	70
5.2.1 中断源·····	70
5.2.2 中断控制系统中的特殊功能寄存器 (SFR)·····	71
5.3 中断响应·····	74

5.3.1 中断响应条件·····	74
5.3.2 中断响应过程·····	74
5.3.3 中断响应时间·····	74
5.4 外部中断方式的选择·····	75
5.4.1 电平触发方式·····	75
5.4.2 脉冲触发方式·····	75
5.5 中断程序设计·····	75
5.5.1 中断初始化程序·····	75
5.5.2 中断服务程序·····	76
思考题·····	77

学习情境六 电机转速控制与定时器/计数器 79

6.1 定时器/计数器工作原理及结构·····	79
6.1.1 定时器/计数器结构·····	80
6.1.2 定时器/计数器控制寄存器·····	81
6.2 定时器/计数器工作方式·····	82
6.2.1 方式0: 13位定时器/计数器·····	82
6.2.2 方式1: 16位定时器/计数器·····	83
6.2.3 方式2: 8位自动重载的定时器/计数器·····	83
6.2.4 方式3: 两个8位定时器/计数器(仅定时器0)·····	84
6.2.5 定时器/计数器的定时/计数范围·····	85
6.3 单片机定时器/计数器的应用·····	85
6.3.1 定时器/计数器的编程和使用方法·····	85
6.3.2 定时器/计数器的应用实例·····	86
6.4 门控位的应用·····	90
思考题·····	92

学习情境七 模拟量输入与实时控制输出 94

7.1 模拟量与数字量概述·····	94
7.2 A/D转换原理·····	95
7.3 A/D转换器及参数指标·····	96
7.4 典型A/D转换器芯片ADC0809·····	99
7.4.1 ADC0809的内部结构及工作原理·····	99
7.4.2 ADC0809典型应用·····	101
7.4.3 应用举例·····	103
7.5 D/A转换接口电路·····	106
7.5.1 D/A转换器的技术性能指标·····	106
7.5.2 典型D/A转换器芯片DAC0832·····	107

学习情境八 PWM波输出 109

8.1 PWM 波的产生原理	110
8.2 PWM 波变频控制原理	111
8.2.1 PWM 脉宽调制基本知识	111
8.2.2 软件产生 PWM 波的调速原理	112
8.2.3 实现任务的软件方式之一	112
8.3 Cygnal 可编程计数器阵列	115
8.4 Cygnal 的 PCA 计数器/定时器	115
8.5 Cygnal 的捕捉/比较模块	117
8.5.1 边沿触发的捕捉方式	118
8.5.2 软件定时器（比较）方式	118
8.5.3 高速输出方式	119
8.5.4 频率输出方式	120
8.5.5 8 位脉宽调制器方式	121
8.5.6 16 位脉宽调制器方式	121
8.6 PCA0 寄存器说明	122
思考题	125

学习情境九 串行外设通信SPI0与UART 126

9.1 串行通信基础知识	126
9.2 MCS-51 单片机串行口结构及工作方式	128
9.3 串行口的应用	132
9.4 串行外设接口总线（SPI0）	138
9.4.1 信号说明	138
9.4.2 SPI0 操作	139
9.4.3 串行时钟时序	141
9.4.4 SPI 特殊功能寄存器	141
9.5 UART0	144
9.5.1 UART0 工作方式	144
9.5.2 多机通信	148
9.5.3 帧错误和传输错误检测	149
9.5.4 UART0 特殊功能寄存器	150
思考题	151

学习情境十 集成开发环境 153

10.1 系列单片机下载使用	153
10.1.1 ByteBlaster 下载线电路	153

10.1.2	AT89S 系列的 ISP 方法	153
10.2	AVR 系列的 ISP 方法	155
10.3	工具箱	156
10.4	硬件连接	156
10.5	软件安装	156
10.6	Silabs 集成开发环境	157
10.6.1	系统要求	157
10.6.2	汇编程序和连接程序	157
10.6.3	评估版 C51 C 编译器	157
10.6.4	在 Silabs IDE 上使用 Keil 8051 软件工具	157
10.6.5	源程序实例	158
10.6.6	寄存器定义文件 (头文件)	158
10.7	目标板	158
10.7.1	系统时钟源	158
10.7.2	按键和发光二极管	159
10.7.3	串口 J5	159
10.7.4	模拟输入输出 J11 和 J20	159
10.7.5	外扩 I/O 连接器 (J24)	160
10.7.6	电源检测器禁止跳线器 J23	161
10.7.7	目标板 JTAG 接口 J4	161
10.7.8	I/O 接口连接器 (J12~J19)	161
10.7.9	VREF 连接器 (J22)	162
10.8	串行适配器	162
10.9	U-EC5 操作指南	162
10.9.1	U-EC5 调试适配器操作说明	163
10.9.2	应用专用软件 (U-EC5 中文编程软件) 快速烧录 C8051FMCU 操作说明	167
10.10	在 5V 系统中应用 3.3V Cygnal 单片机解决方案	171
10.10.1	电源选择	171
10.10.2	用 5V 输出驱动 3V 输入	172
10.10.3	用 3V 输出驱动 5V 输入	172

学习情境十一 单片机知识扩展 174

11.1	嵌入式系统	174
11.2	ARM 开发基础知识	174
11.2.1	ARM 简介	174
11.2.2	ARM 微处理器特点	175
11.2.3	ARM 应用领域	175

11.2.4	ARM 内核	175
11.2.5	开发工具.....	176
11.2.6	开发流程.....	178
11.3	DSP 基础知识	179
11.3.1	DSP 芯片	179
11.3.2	DSP 系统的运算量	180
11.3.3	DSP 系统的特点	181
11.3.4	DSP 芯片的应用	181
参考文献.....		182

单片机的发展和应用领域



项目描述

通过调研单片机市场情况，区分各种类型单片机的特点并写出调研报告，了解第一代单片机在实际应用中受到一定限制以及第二代单片机逐渐成为工业应用领域中主要使用的控制器之一的原因，了解哪些单片机逐渐成为主流芯片，学习单片机应用领域情况及其内外部基本结构。



项目分析

了解 SOC (System On Chip) 系列单片机的特点和 Cygnal 系列单片机的组成；学习单片机的相关基础知识。



知识点

- ① 单片机的定义。
- ② 单片机的发展过程及应用领域。
- ③ Cygnal 系列单片机的特点及组成。
- ④ 二进制、十进制、十六进制之间的关系及相关知识。

1.1 初识单片机

1.1.1 什么是单片机

随着电子技术的飞速发展，计算机已融入到人们生活的各个方面，影响着整个社会的发展过程，改变着人类的生活方式。

根据规模大小，计算机可分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。微型计算机向着两个不同方向发展：一是向着高速度、大容量、高性能的高档 PC 方向发展；二是向着稳定可靠、体积小、成本低廉的单片机方向发展。

所谓单片机，通俗来讲，就是把中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、存储器 (Memory)、定时器、I/O (Input/Output) 接口电路等一些计算机的主要功能部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。单片机又称为“微控制器 MCU”。中文“单片机”这一称呼是由英文名称“Single Chip Microcomputer”直接翻译而来的。



(1) 单片机的主要分类

① 按应用领域可分为家电类、工控类、通信类、个人信息终端类等单片机。

② 按通用性可分为通用型单片机和专用型单片机。

通用型单片机的主要特点是：内部资源比较丰富，性能全面，而且通用性强，可满足多种应用要求。所谓资源丰富是指功能强。性能全面、通用性强是指可以应用于非常广泛的领域。通用型单片机的用途很广泛，使用不同的接口电路及编制不同的应用程序可完成不同的功能，小到家用电器仪器仪表，大到机器设备和整套生产线，都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机的主要特点是：针对某一种产品或某一种控制应用专门设计，设计时已使结构最简，软硬件应用最优，可靠性及应用成本最佳。专用型单片机用途比较专一，出厂时程序已经一次性固化好，不能再修改。例如电子表里的单片机就是其中的一种，其生产成本很低。

③ 按总线结构可分为总线型单片机和非总线型单片机。

(2) 应用领域

单片机可应用于工业、消费、汽车、医疗等领域。

1.1.2 单片机发展历史与高速 SOC 单片机 C8051F

1971 年 INTEL 公司研制出世界上第一个 4 位的微处理器；1973 年 INTEL 公司研制出 8 位的微处理器 8080；1976 年 INTEL 公司研制出 MCS-48 系列 8 位的单片机，这也是首个单片机问世。20 世纪 80 年代初，INTEL 公司在 MCS-48 单片机基础上，推出了 MCS-51 单片机。

基于半导体集成技术突飞猛进的发展，各种类型的单片机正日新月异地涌向市场，为单片机技术的应用人员供了极大的方便。Cygnal C8051F 系列单片机是集成的混合信号片上系统 SOC (system on chip)，具有与 MCS-51 内核及指令集完全兼容的微控制器。除了具有标准 8051 的数字外设部件之外，片内还集成了数据采集和控制系统中常用的模拟部件和其他数字外设及功能部件。

Cygnal C8051F 系列单片机的功能部件包括模拟多路选择器可编程增益放大器 ADC/DAC、电压比较器、电压基准、温度传感器、SMBus/I²C、UART、SPI、可编程计数/定时器阵列 (PCA)、定时器、数字 I/O 端口、电源监视器等。所有器件都有内置的 Flash 存储器和 256B 的 RAM，有些器件还可以访问外部数据存储器 RAM，即 XRAM。

Cygnal C8051F 系列单片机是真正能独立工作的片上系统 SOC。CPU 有效地管理模拟和数字外设，可以关闭单个或全部外设以节省功耗。Flash 存储器还具有在线重新编程的能力，既可用作程序存储器，又可用作非易失性数据存储。应用程序可以使用 MOV_C 和 MOV_X 指令对 Flash 进行读或改写。

从 MCS-51 单片机到 Cygnal C8051F 系列单片机，代表了微处理器发展的基本过程，在此基础上，出现了 ARM 高端嵌入式处理器，还出现了 DSP 数字信号处理器等具有专门用途的控制器。

我国目前最常用的单片机有如下产品：Intel—MCS51 系列，MCS96 系列；Atmel—AT89 系列，MCS51 内核；Microchip—PIC 系列；Motorola—68HCXX 系列；Zilog—Z86 系列；Philips—87，80 系列，MCS51 内核；Siemens—SAB80 系列，MCS51 内核；NEC—78 系列；Epson 系列。

1.1.3 Cygnal C8051F 系列单片机特点

(1) 片内资源

① 8~12 位多通道 ADC。