

高等学校计算机类课程应用型人才培养规划教材

单片微型计算机及接口技术

Single-chip Microcomputer and Interface Technology

谢永宁 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书基于 51 内核, 融合了多种新型的单片机, 结合编者多年的教学和科研经验, 系统全面地介绍了单片机应用系统的基本概念、结构、软硬件设计方法和相关的开发工具。内容更加侧重于接口技术, 读者对接口的应用有了更深入的了解以后, 可以按照不同的应用需求选择不同的接口进行应用开发。通过本书的学习, 可以帮助读者从系统的角度掌握单片机应用系统的基本知识, 掌握单片机应用系统开发的基本方法, 具备开发单片机应用系统的设计技能。

本书适合作为高等学校计算机、电子、电气、通信等与控制相关专业的教材, 也可用于 IT 企业嵌入式工程师作为单片机开发的参考手册。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片微型计算机及接口技术 / 谢永宁编著. — 北京:
中国铁道出版社, 2012.3
高等学校计算机类课程应用型人才培养规划教材 / 何新贵主编
ISBN 978-7-113-14266-7

I. ①单… II. ①谢… III. ①单片微型计算机—高等
学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 024713 号

书 名: 单片微型计算机及接口技术
作 者: 谢永宁 编著

策 划: 严晓舟 焦金生 读者热线: 400-668-0820
责任编辑: 周海燕 彭立辉
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)
网 址: <http://www.51eds.com>
印 刷: 三河市华丰印刷厂
版 次: 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 14.75 字数: 348 千
印 数: 1~3 000 册
书 号: ISBN 978-7-113-14266-7
定 价: 29.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 63549504

编 审 委 员 会

主 任：何新贵 教授、中国工程院院士 （北京大学）

副主任：（按姓氏笔画排列）

刘瑞挺	教授	（南开大学）
罗晓沛	教授	（中国科学院研究生院）
岳丽华	教授	（中国科学技术大学）
周广声	教授	（上海海事大学）
郑人杰	教授	（清华大学）
徐洁磐	教授	（南京大学）
唐世渭	教授	（北京大学）

委 员：（按姓氏笔画排列）

王 浩	教授	（合肥工业大学）
王晓峰	教授	（上海海事大学）
史九林	教授	（南京大学）
白晓颖	教授	（清华大学）
刘 强	副教授	（清华大学）
许 勇	教授	（安徽师范大学）
孙志挥	教授	（东南大学）
杨吉江	教授	（清华大学）
李龙澍	教授	（安徽大学）
李银胜	副教授	（复旦大学）
李盛恩	教授	（山东建筑大学）
李敬兆	教授	（安徽理工大学）
何守才	教授	（上海第二工业大学）
余 粟	副教授	（上海工程技术大学）
张 莉	教授	（北京航空航天大学）
张 瑜	教授	（上海工程技术大学）
张燕平	教授	（安徽大学）
陈世福	教授	（南京大学）
陈涵生	研究员	（上海华东计算技术研究所）
迟洪钦	副教授	（上海师范大学）
林钧海	教授	（南京航空航天大学）
金志权	教授	（南京大学）
周鸣争	教授	（安徽工程大学）
周根林	教授级高级工程师	（中电集团）
胡学钢	教授	（合肥工业大学）
姜同强	教授	（北京工商大学）
徐永森	教授	（南京大学）
殷人昆	教授	（清华大学）
郭学俊	教授	（河海大学）
黄上腾	教授	（上海交通大学）
董继润	教授	（山东大学）
蔡瑞英	教授	（南京工业大学）

当前,世界格局深刻变化,科技进步日新月异,人才竞争日趋激烈。我国经济建设、政治建设、文化建设、社会建设以及生态文明建设全面推进,工业化、信息化、城镇化和国际化深入发展,人口、资源、环境压力日益加大,调整经济结构、转变发展方式的要求更加迫切。国际金融危机进一步凸显了提高国民素质、培养创新人才的重要性和紧迫性。我国未来发展关键靠人才,根本在教育。

高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术与文化、促进现代化建设的重大任务。近年来,我国的高等教育获得了前所未有的发展,大学数量从1950年的220余所已上升到2008年的2200余所。但目前诸如学生适应社会以及就业和创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺等高等教育与社会经济发展不相适应的问题越来越凸显。2010年7月发布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出了高等教育要“建立动态调整机制,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”的要求。因此,新一轮高等教育类型结构调整成为必然,许多高校特别是地方本科院校面临转型和准确定位的问题。这些高校立足于自身发展和社会需要,选择了应用型发展道路。应用型本科教育虽早已存在,但近几年才开始大力发展,并根据社会对人才的需求,扩充了新的教育理念,现已成为我国高等教育的一支重要力量。发展应用型本科教育,也成为中国高等教育改革与发展的重要方向。

应用型本科教育既不同于传统的研究型本科教育,又区别于高职高专教育。研究型本科培养的人才将承担国家基础型、原创型和前瞻型的科学研究,它应培养理论型、学术型和创新型的研究人才。高职高专教育培养的是面向具体行业岗位的高素质、技能型人才,通俗地说,就是高级技术“蓝领”。而应用型本科培养的是面向生产第一线的本科层次的应用型人才。由于长期受“精英”教育理念的支配,脱离实际、盲目攀比,高等教育普遍存在重视理论型和学术型人才培养的偏向,忽视或轻视应用型、实践型人才的培养。在教学内容和教学方法上过多地强调理论教育、学术教育而忽视实践能力的培养,造成我国“学术型”人才相对过剩,而应用型人才严重不足的被动局面。

应用型本科教育不是低层次的高等教育,而是高等教育大众化阶段的一种新型教育层次。计算机应用型本科的培养目标是:面向现代社会,培养掌握计算机学科领域的软硬件专业知识和专业技术,在生产、建设、管理、生活服务等第一线岗位,直接从事计算机应用系统的分析、设计、开发和维护等实际工作,维持生产、生活正常运转的应用型本科人才。计算机应用型本科人才有较强的技术思维能力和技术应用能力,是现代计算机软、硬件技术的应用者、实施者、实现者和组织者。应用型本科教育强调理论知识和实践知识并重,相应地,其教材更强调“用、新、精、适”。所谓“用”,是指教材的“可用性”、“实用性”和“易用性”,即教材内容要反映本学科基本原理、思想、技术和方法在相关现实领域的典型应用,介绍应用的具体环境、条件、方法和效果,培养学生根据现实问题选择合适的科学思想、理论、技术和方法去分析、解决实际问题的能力。所谓“新”,是指教材内容应及时反映本学科的最新发展和最新技术成就,以及这些新知识和新成就在行业、生产、管理、服务等方面的最新应用,从而有效地保证学生“学以致用”。所谓“精”,不是一般意义的“少而精”。事实常常告诉我们“少”与“精”是有矛盾的,数量的减少并不能直接促使质量的提高。而且,“精”又是对“宽与厚”的直接“背叛”。

因此,教材要做到“精”,教材的编写者要在“用”和“新”的基础上对教材的内容进行去伪存真的精练工作,精选学生终身受益的基础知识和基本技能,力求把含金量最高的知识传承给学生。“精”是最难掌握的原则,是对编写者能力和智慧的考验。所谓“适”,是指各部分内容的知识深度、难度和知识量要适合应用型本科的教育层次,适合培养目标的既定方向,适合应用型本科学生的理解程度和接受能力。教材文字叙述应贯彻启发式、深入浅出、理论联系实际、适合教学实践,使学生能够形成对专业知识的整体认识。以上 4 个方面不是孤立的,而是相互依存的,并具有某种优先顺序。“用”是教材建设的唯一目的和出发点,“用”是“新”、“精”、“适”的最后归宿。“精”是“用”和“新”的进一步升华。“适”是教材与计算机应用型本科培养目标符合度的检验,是教材与计算机应用型本科人才培养规格适应度的检验。

中国铁道出版社同《高等学校计算机类课程应用型人才规划教材》编审委员会经过近两年的前期调研,专门为应用型本科计算机专业学生策划出版了理论深入、内容充实、材料新颖、范围较广、叙述简洁、条理清晰的系列教材。本系列教材在以往教材的基础上大胆创新,在内容编排上努力将理论与实践相结合,尽可能反映计算机专业的最新发展;在内容表达上力求由浅入深、通俗易懂;编写的内容主要包括计算机专业基础课和计算机专业课;在内容和形式体例上力求科学、合理、严密和完整,具有较强的系统性和实用性。

本系列教材是针对应用型本科层次的计算机专业编写的,是作者在教学层次上采纳了众多教学理论和实践的经验及总结,不但适合计算机等专业本科生使用,也可供从事 IT 行业或有关科学研究工作的人员参考,适合对该新领域感兴趣的读者阅读。

本系列教材出版过程中得到了计算机界很多院士和专家的支持和指导,中国铁道出版社多位编辑为本系列教材的出版做出了很大贡献,在此表示感谢。本系列教材的完成不但依靠了全体作者的共同努力,同时也参考了许多中外有关研究者的文献和著作,在此一并致谢。

应用型本科是一个日新月异的领域,许多问题尚在发展和探讨之中,观点的不同、体系的差异在所难免,本系列教材如有不当之处,恳请专家及读者批评指正。

《高等学校计算机类课程应用型人才规划教材》编审委员会
2011 年 1 月

“微型计算机及接口技术”是一门应用性较强的计算机专业课程，是设计与开发各种计算机应用系统的基础。从硬件的角度看，微型计算机、单片机、嵌入式系统的开发与应用，很大程度上就是接口电路的开发与应用。掌握常用接口的工作原理和编程控制技术，对学生自主设计计算机应用系统解决实际问题具有重要的意义。

传统的“微型计算机及接口技术”都是基于 8086 CPU 来讲述的，而 8086 CPU 早已淘汰，因此必须进行教材改革。改革的方向一般有 2 个：一是基于目前广泛使用的 32 位 PC，改为介绍“32 位微机接口技术”；二是基于目前广泛使用的 8 位单片机，介绍“单片微型计算机及接口技术”。

本书的编写，不是仅仅基于传统的 MCS51 单片机或 89C(S)51 单片机，而是基于 51 内核的单片机。内容融合了多种新型的基于 51 内核的单片机，这些新型单片机的在片资源更加丰富，功能更加强大，应用更加广泛。在内容编排上，更加侧重于接口技术，读者对接口的应用有了更深入的了解后，可以按照不同的应用需求选择不同的接口进行应用开发。

本书的编写原则

以工程应用为主，强调实际的工程应用能力，选材上力求实用、新颖；叙述上力求简洁、易懂；为读者提供完整的单片机应用系统开发的思路和设计方法，使之具有应用系统开发设计的综合能力。

本书的适用对象

本书适合作为高等学校计算机、电子、电气、通信等与控制相关专业的教材，也可用于 IT 企业嵌入式工程师作为单片机开发的参考手册。

本书的结构

本书共 9 章，各章的内容如下：

第 1 章 介绍单片机与接口技术的一些基础知识。通过本章的学习，读者可以了解单片机与接口技术的一些基本概念和数据传送的方式，掌握认识接口的基本方法，为进一步学习奠定基础。

第 2 章 主要介绍 51 内核的单片机，并且对一些新型的采用 51 内核的单片机作了简单的介绍。通过本章的学习，读者可以初步了解 51 内核单片机的组成结构、在片资源。

第 3 章 对软件开发环境的基本要求和几种目前流行的 51 单片机的软件开发环境作了简单介绍，重点介绍了 Keil μ Vision 4 集成开发环境的使用。通过本章的学习，读者可以基本掌握 Keil μ Vision 4 集成开发环境的使用方法，在 Keil μ Vision 4 集成开发环境下进行软件的开发。

第 4 章 介绍 51 系列单片机的指令系统，详细介绍了 51 系列单片机有哪些类型的操作指令，分别用什么缩写字；有哪些寻址方式，各种寻址方式的含义，以及各种寻址方式所采用的助记符；各种类型的指令分别使用哪些寻址方式，以及允许的寻址方式的组合形式。通过本章的学习，读者可以较全面地掌握 51 系列单片机的指令系统，为采用汇编语言编写应用程序奠定基础。

第 5 章 介绍 C51 程序设计语言，详细介绍了 C51 的标识符、关键字、运算符、数据的基本类型；函数、数组、指针、结构、联合、枚举以及 C51 语言程序设计的基本格式。通过本章的

学习,读者可以较全面地掌握 C51 程序设计语言,为采用 C 语言编写 51 系列单片机的应用程序奠定基础。

第 6 章 介绍 51 内核单片机的基本应用接口的设计方法,详细介绍了存储器接口、通用 I/O 接口、键盘接口、显示器接口,以及 A/D 转换接口、D/A 转换接口的设计原理和设计方法。通过本章的学习,可使读者对应用接口有更深入的了解,可以按照不同的应用需求选择不同的接口进行应用程序开发。

第 7 章 介绍基于 51 单片机的通信接口的基本设计方法,详细介绍了 UART 接口、IIC 接口、SPI 接口、USB 接口以及常用的网络接口的设计原理和设计方法。通过本章的学习,可使读者对通信接口有更深入的了解,可以按照不同的应用需求选择不同的接口进行应用程序开发。

第 8 章 简单介绍实时操作系统的基本概念,详细介绍了适合 51 单片机系统的 RTX51 及 $\mu\text{C}/\text{OS}$ 等实时操作系统。通过本章的学习,读者可以初步建立对实时操作系统的全面认识,学会自行选配 RTOS 开发平台。

第 9 章 通过系统设计实例,详细地介绍了一个单片机应用系统的开发过程,从系统选题、需求分析、系统的软硬件设计及调试等方面都作了详细的介绍。希望本章内容能为读者在今后学习、工作过程中的系统开发有一定的帮助。

本课程的教学建议

由于不同的专业,先期学习的课程不同,对本课程的要求也可能不同,所以在教学安排上,可以有选择地学习相关内容,这里给出两种建议:

(1) 课时安排比较充足的,可以教学全部内容

建议学时为 80 学时,其中教学 60 学时、实验 20 学时。教学学时具体安排如下:

第 1 章 概述	2 学时
第 2 章 51 内核的单片机	2 学时
第 3 章 单片机的软件开发环境	2 学时
第 4 章 51 汇编语言程序设计	6 学时
第 5 章 C51 程序设计语言	10 学时
第 6 章 51 内核单片机的基本应用接口设计	16 学时
第 7 章 51 内核单片机的通信接口设计	10 学时
第 8 章 51 实时操作系统	6 学时
第 9 章 单片机应用系统的开发实例	6 学时

(2) 课时较少且先期已开设“C 语言程序设计”课程的可酌减教学学时

建议学时为 64 学时,其中教学 44 学时、实验 20 学时,第 5 章安排学生自行复习,第 8 章安排学生自学。

致谢

本书在编写过程中得到了相关教师的热心帮助,中国铁道出版社为本书的尽快出版做了大量的工作,特别是编审专家提出了很多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。本书写作时参考了大量文献资料,在此也向这些文献资料的作者深表谢意。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不当和欠妥之处,敬请各位专家、读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

笔 记 栏

[illegible]

第 1 章 概述.....	1
1.1 单片机与微控制器	1
1.2 单片机系统	2
1.3 关于接口的一些基本概念	3
1.4 数据传送方式	3
1.5 认识接口的基本方法	5
小结	7
习题	7
第 2 章 51 内核的单片机	8
2.1 传统的 MCS51 系列单片机	8
2.2 ATME1 公司的 89 系列单片机	11
2.3 基于 51 内核的新型单片机的发展	13
小结	15
习题	15
第 3 章 单片机的软件开发环境	16
3.1 软件开发环境的基本要求	16
3.2 几种流行的 51 单片机的软件开发环境	17
3.3 Keil μ Vision4 集成开发环境	18
3.3.1 安装与启动	18
3.3.2 工程项目的管理	19
3.3.3 工程项目的配置	22
3.3.4 编译	23
3.3.5 仿真调试	23
小结	25
习题	25
第 4 章 51 汇编语言程序设计	26
4.1 51 系列单片机指令系统的特点	26
4.2 51 指令的助记符	27
4.3 寻址方式	28
4.4 指令系统	31
4.5 伪指令	44
4.6 51 汇编语言源程序	46
小结	47
习题	48

2 单片微型计算机及接口技术

第 5 章 C51 程序设计语言	50
5.1 C51 的标识符与关键字	51
5.2 C51 的数据类型	52
5.3 C51 的运算符	55
5.4 函数	58
5.5 数组	62
5.6 指针	64
5.7 结构	66
5.8 联合	67
5.9 枚举	68
5.10 类型定义	69
5.11 C51 的可执行语句	70
5.12 C51 的程序结构	75
5.13 汇编语言的嵌入	75
小结	76
习题	76
第 6 章 51 内核单片机的基本应用接口设计	77
6.1 51 单片机系统核心的硬件设计	78
6.1.1 处理器芯片的选择	78
6.1.2 时钟与电源管理	78
6.1.3 中断系统	79
6.2 存储器接口	85
6.2.1 51 单片机的存储器组织	85
6.2.2 程序存储器的扩展	92
6.2.3 数据存储器的扩展	92
6.2.4 非易失性数据存储器	94
6.3 通用 I/O 接口	95
6.3.1 51 单片机的通用 I/O 接口	95
6.3.2 通用 I/O 接口的基本应用电路	95
6.3.3 通用 I/O 接口的应用实例 (组合逻辑控制)	97
6.3.4 51 单片机 I/O 接口的扩展方法	100
6.4 定时计数器	102
6.4.1 基本结构	102
6.4.2 两个特殊功能寄存器	103
6.4.3 工作方式	104
6.4.4 定时/计数器的初始化	106
6.4.5 定时/计数器的应用实例	107
6.5 键盘接口	108
6.5.1 独立式键盘接口	109
6.5.2 矩阵式键盘接口	109

6.6	显示器接口	113
6.6.1	LED 数码管显示接口	113
6.6.2	LCD 显示接口	116
6.7	A/D 转换接口	121
6.7.1	A/D 转换的基本原理	121
6.7.2	扩展的集成 A/D 转换接口	123
6.7.3	C8051F021 的内置 ADC 接口	125
6.8	D/A 转换接口	129
6.8.1	D/A 转换的基本原理	129
6.8.2	扩展的 D/A 转换接口	130
6.8.3	C8051F021 的内置 DAC 接口	133
小结		134
习题		135
第 7 章	51 内核单片机的通信接口设计	137
7.1	UART 接口	137
7.1.1	UART 通信数据格式	138
7.1.2	51 单片机的 UART 接口	138
7.1.3	UART 接口相关的寄存器	139
7.1.4	UART 接口设计	141
7.1.5	UART 接口驱动程序	142
7.2	IIC 接口	143
7.2.1	IIC 通信数据格式	143
7.2.2	模拟 IIC 接口	144
7.2.3	W79E82X 的内置 IIC 接口	151
7.3	SPI 接口	155
7.3.1	SPI 接口简介	155
7.3.2	模拟 SPI 接口	156
7.3.3	C8051F021 的内置 SPI 接口	158
7.4	USB 接口	160
7.4.1	USB 接口简介	160
7.4.2	扩展的 USB 接口	162
7.4.3	内置 USB 接口的 51 单片机	164
7.5	常用网络接口	166
7.5.1	以太网技术协议	166
7.5.2	扩展的以太网接口	166
7.5.3	内置网络接口的 DS80C400	171
小结		173
习题		173
第 8 章	51 实时操作系统	174
8.1	实时操作系统概述	174

4 单片微型计算机及接口技术

8.2 RTX51 实时操作系统	175
8.3 μ C/OS-II 实时操作系统	190
小结	203
习题	203
第 9 章 单片机应用系统的开发实例	205
9.1 应用系统开发的基本步骤	205
9.1.1 方案论证	205
9.1.2 硬件系统的设计	206
9.1.3 应用软件的设计	207
9.1.4 软硬件调试	207
9.1.5 程序的下载	207
9.2 工业顺序控制器（开发实例）	208
9.2.1 方案论证	208
9.2.2 硬件系统的设计	209
9.2.3 应用软件的设计	211
小结	217
习题	217
附录 A 51 单片机指令速查表	218
附录 B 51 单片机指令操作码速查表	222
参考文献	223

第1章 概 述

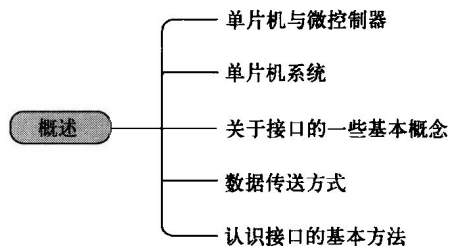
本章导读

本章重点介绍单片机与接口技术的一些基本知识。

本章内容要点：

- 单片机与微控制器的概念；
- 单片机系统的基本组成；
- 关于接口的一些基本概念；
- 数据传送方式；
- 认识接口的基本方法。

内容结构



学习目标

本章内容一般只要求作认识性了解，通过学习，学生应该能够：

- 初步建立对单片机系统的全面认识；
- 了解关于接口的一些基本概念和数据传送方式；
- 掌握认识接口的基本方法；
- 为今后的深入学习和研究打下基础。

1.1 单片机与微控制器

按照冯·诺依曼体系结构，一台计算机的硬件系统由五大部分（运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备）组成。

2 单片微型计算机及接口技术

一般的计算机,是采用按逻辑功能划分的各种微电路芯片(如:CPU 芯片、存储器芯片、I/O 芯片等)组装而成的,即所谓“多片结构的计算机”。

单片机则是将 CPU、存储器、I/O 接口等集成在一块芯片上,因此称为 Single-Chip Microcomputer。

单片机主要是针对工业控制以及与控制有关的数据处理而设计的。

目前,单片机的发展已有 40 年的历史,它是硬件和软件交替发展的,可以分为 4 个阶段。

第一阶段(1971—1974 年):1971 年 11 月,Intel 推出 MCS-4 微型计算机系统(包括 4001 ROM 芯片、4002 RAM 芯片、4003 移位寄存器芯片和 4004 微处理器)。这个时期的单片机还不是真正意义上的单片机,但却拉开了单片机研制的序幕。

第二阶段(1974—1978 年):初级单片机阶段。这个时期的代表产品是 Intel 公司的 8048,它出现在 1976 年。8048 片内包含了微型计算机的基本单元(CPU、存储器、并行 I/O、定时计数器等),形成了实际的单片机。

第三阶段(1978—1983 年):高性能单片机阶段。这个时期的代表产品是 Intel 公司的 8051,它出现在 1980 年。由于其面向控制的独特功能,使其在工业控制领域引起了轰动。在此基础上发展的 51 系列单片机,迅速成为应用最广泛的单片机系列。

由于 Intel 公司彻底开放了 8051 单片机技术,使得世界上很多 IT 厂商加入到开发与改造 8051 单片机的行列中,开发出各种基于 51 内核的新型单片机产品。

第四阶段(1983 年至今):高档单片机和专用单片机阶段。

随着单片机技术的不断发展,新型的单片机内部不断扩展了各种控制功能。例如,增加了 A/D 转换器、D/A 转换器、脉宽调制器(PWM)、计数器捕获/比较逻辑(PCA)、高速 I/O 接口等,使得它已突破了 Microcomputer 的传统内容,而朝着 Microcontroller 的内涵发展。因此,国外已将单片机统一称为 Microcontroller(微控制器)。国内,仍按习惯称为“单片机”,但其实质应该是“微控制器”或“单片微控制器”。

1.2 单片机系统

同计算机系统一样,单片机系统也是由硬件系统和软件系统构成的。

单片机的硬件系统分为单片机、单片机系统和单片机应用系统 3 个层次。详述如下:

① 单片机:将 CPU 和计算机的外围功能单元(如:存储器、I/O 接口、定时计数器、中断系统等)集成在一起的芯片。

② 单片机系统:当单片机内部的计算机外围功能单元不能满足对象要求时,通过系统扩展,在外部并行总线上扩展相应的计算机外围功能单元所构成的系统。构成单片机系统的手段是“系统扩展”。

③ 单片机应用系统:通过系统配置,给单片机系统按控制对象的环境要求配置相应的外部接口电路(如:数据采集系统的传感器接口、控制系统的伺服驱动接口单元以及人机界面等),以构成满足对象全部要求的单片机硬件环境。构成单片机应用系统的手段是“系统配置”。

单片机的软件一般可以分层为系统软件和应用软件。系统软件处于底层硬件和高层应用软件之间,但是单片机的资源有限,设计者必须在系统软件的功能与构成系统软件的软硬件开销之间,仔细地寻求平衡。

单片机的系统软件构成有两种模式：

① 监控程序：用非常紧凑的代码，编写系统的底层软件。这些软件实现的功能，往往主要是实现系统硬件的管理及驱动，并内嵌一个用于系统的开机初始化、程序代码下载及辅助调试等功能的引导（BOOT）模块。

② 操作系统：经过多年的努力，目前已有许多种适合于 8~32 位单片机的操作系统进入实用阶段，在操作系统的支持下，单片机系统会具有更好的技术性能。例如，程序的多进程结构、与硬件无关的设计特性、系统的高可靠性、软件开发的高效率等。

1.3 关于接口的一些基本概念

1. 接口与端口

(1) 接口的概念

计算机在工作过程中，CPU 要不断地与其他部件交换信息。CPU 不是直接与外围设备（简称外设）交换信息的，而是经过一个中间电路，这个电路就称为“接口电路”，简称“接口”。所谓接口就是主机与外围设备连接的桥梁，由它来完成 CPU 与外围设备之间信息的传递。

一般将外围设备与接口合称为“I/O 系统”。接口又称为“设备控制器”或“适配器”。

(2) 端口的概念

这里所说的端口，是指接口电路内可由程序员通过选择进行读/写的那些寄存器的地址。

通常，一个外围设备可用一个接口与计算机总线相连。但由于工作需要，一个接口中往往有几个端口。除了数据口外，还有命令口（或控制口）和状态口，分别用于对数据、命令和状态进行锁存。

2. 接口的基本形式

I/O 接口通常是数据传送的中转站，其动作受控制信号的控制。因此，I/O 接口一方面与数据总线相连，同时还必须与控制总线相连。为了保证通信的双方都得到数据，它至少应包含一个具有数据锁存能力的锁存器，锁存器和缓冲器一起用以实现对输入/输出数据的锁存与缓冲。此外，对锁存器还必须有选择机构和读/写控制，使 CPU 能有选择地对 I/O 端口进行读/写。

3. 接口电路的基本组成

接口是 CPU 与外围设备连接的桥梁，一定存在两个方向的连接界面，一方面是与 CPU 的连接，另一方面是与外围设备的连接，由它来完成 CPU 与外围设备之间的信息传递。

接口电路主要由若干个端口和相应的控制逻辑组成。

例如，要完成端口的选择，要有地址译码部件；要完成中断控制，要有中断控制逻辑；要完成差错检测，要有差错检测逻辑等。

1.4 数据传送方式

1. I/O 接口与外围设备之间的数据传送方式

I/O 接口与外围设备的数据传送方式是由所用外围设备决定的。根据外围设备的特点，有以下 3 种数据传送方式：

(1) 无条件传送方式

4 单片微型计算机及接口技术

无条件传送方式认为外围设备始终是准备好的，能随时接收或提供数据。

无条件传送方式的接口要求比较简单，只需具有选址和缓冲功能即可。

(2) 同步传送方式

同步传送方式是指接口以某一确定的时钟速率和外设交换数据。例如，对磁盘信息的读/写，计算机外部的同步通信都采用这种传送方式。这是一种速度较高的数据传送方式。它适用于中等以上数据传送速率和按规则间隔工作的外围设备。同步传送方式的关键是确定数据传送的起始与停止，通常采用的是使用专门信息或作出某些规定。

同步传送的原则较简单，但接口需要额外的硬件支持。

(3) 应答方式

应答方式又称握手 (Hand Shake) 方式。应答方式要安排一对握手线。一根由接口送信号到外设，一根由外设送信号到接口。它们可以是一位控制信号或状态信号。

2. CPU 与 I/O 接口之间的数据传送方式

CPU 与 I/O 接口的数据传送方式通常称为输入/输出的控制方式。采用何种方式和接口与外设之间的数据传送方式有很大关系。常见的方式有以下几种：

(1) 无条件传送方式

无条件传送方式 (或称简单的 I/O 方式) 对应于接口与外设间的无条件传送方式。适用于那些随时都能读、写数据的设备。

无条件传送方式在读、写操作之前对目标设备的状态不作任何检测，其条件是外设状态已知，即输入时，外设肯定已准备好了有效数据；输出时，外设肯定已准备好了接收数据。

(2) 查询传送方式

很多外围设备，其状态不是已知的。例如，有些与 CPU 异步工作的设备，其工作状态总在变化，在这种情况下，利用无条件传送方式进行数据传送就很难保证数据的可靠性，因此必须在数据传送之前，对目标设备的状态进行查询，确知外设已做好了传送数据的准备时再进行数据传送。否则，CPU 等待并持续不断地查询，一旦外设准备好，则立即进行读/写操作，这种传送方式称为查询传送方式。

查询方式的不足之处：

从查询传送方式的工作过程可以看出，查询传送方式实际上是程序循环等待方式，即利用程序循环检测外设状态，直到外设准备好时才能进行数据传送的操作。在这种方式下，CPU 只能循环执行查询程序而不能进行其他工作，因此其工作效率显然是很低的。另外，用查询方式工作时，如果一个系统中有多个外设，那么 CPU 只能轮流对每个外设进行查询，而这些外设的速度往往并不相同，这时 CPU 显然不能很好地满足各个外设随机地对 CPU 提出输入/输出服务的要求，所以此方式不具备实时性。

(3) 中断方式

为了提高系统效率和实时性，可以采用中断传送方式。

在中断传送方式下，外设具有申请 CPU 服务的主动权，当输入设备已将数据准备好或者输出设备可以接收数据时，便可以向 CPU 发出中断请求。如果 CPU 允许中断响应，则 CPU 暂时停下目前的工作而和外设进行一次数据传输。等传输操作完成后，CPU 继续进行原来的工作。

可见，中断传送方式就是外围设备中断 CPU 的工作，使 CPU 停止执行当前程序，而去执行一个为外围设备的数据输入/输出服务程序，该服务程序称为中断处理子程序或中断服务子程

序。中断子程序执行完后，CPU 返回原来的程序继续执行。被外界中断时，程序中下一条指令所在处称为断点，从中断服务程序返回时，从断点处继续执行被中断的程序。

在中断传送时，CPU 和外设处在并行工作的状态下。CPU 不必在两个输入/输出过程之间对接口进行状态测试和等待，而可以去作别的处理。因为每当外围设备准备就绪时，会主动向 CPU 发中断请求，由此而进入一个传输过程。此过程完成后，CPU 又可以执行别的任务，而不是处在等待状态，这样就大大提高了 CPU 的效率。

中断方式的不足之处：

比起无条件方式和查询方式，利用中断方式进行数据传送可以大大提高 CPU 的工作效率。但在中断方式下，仍然是通过 CPU 执行程序来实现数据传送的，每进行一次传送，CPU 都必须执行一遍中断处理程序。而且每次中断，CPU 都要保护断点和现场（相关寄存器的内容），中断返回时，还要恢复断点和现场，这些都要使 CPU 花费不少时间。因此，中断方式下的传输效率仍然不是很理想。

如果 I/O 设备的数据传输率较高，那么 CPU 和这样的外围设备进行数据传输时，即使尽量压缩程序查询方式和中断方式中的非数据传输时间，也仍然不能满足要求。这是因为在这两种方式下，还存在另外一个影响传输速度的原因，即它们都是按字节或字进行传输的，为了解决这个问题就需要改变传输方式，这就是数据块传输方式，即 DMA 方式。

(4) 直接存储器存取 (DMA) 方式

在 DMA 方式下，外围设备利用专门的接口电路直接和存储器进行高速数据传送，并不经过 CPU。这样，进行传输就不必进行保护现场之类的一系列额外操作，数据传输的速度基本上决定于外设和存储器的速度。

在利用 DMA 方式进行数据传输时，当然要利用系统总线。但系统总线是由 CPU 或者总线控制器管理的，因此，在用 DMA 方式进行数据传输时，接口电路要向 CPU 发出请求，使 CPU 让出总线，即把总线控制权交给控制 DMA 传输的接口电路。这种接口电路就是 DMA 控制器。

1.5 认识接口的基本方法

为了实现接口的基本功能，一方面需要有物理基础——硬件的支持；另一方面还要有相应的程序——软件驱动。所以，一个能够实际运行的接口，应由硬件和软件两部分组成。

要掌握接口的应用，必须从硬件与软件两方面来认识它。

1. 接口的外特性（硬件）

接口的外特性，就是接口的应用特性，一般包括以下几个方面：

(1) 接口的逻辑组成

通过接口的连接框图了解接口的逻辑组成。

(2) 接口的引脚信号

对于扩展的接口电路，可以采用两侧分析法来认识接口的引脚信号。

其一是与 CPU 连接的一侧，了解它提供的数据线的宽度、地址线的宽度、控制线的逻辑定义（高电平有效、低电平有效、脉冲跳变）以及时序关系。