

高等院校信息技术规划教材

单片机接口 C语言开发技术

龚运新 罗惠敏 彭建军 编著

INFORMATION TECHNOLOGY

清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

单片机接口 C语言开发技术

龚运新 罗惠敏 彭建军 编著

1511

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

单片机接口是单片机基础课程的后续课程。它是一门理论性、实践性和综合性都很强的学科,同时也是一门计算机软硬件有机结合的专业课程。以前的教科书主要讲述了并行口芯片,而在实际的应用中大部分用的是串行口芯片。本书将同时讲解并行接口和串行接口,重点讲解串行接口,几乎囊括了所有串行接口知识,每个程序都进行了仿真调试,给出了程序注释,使读者学习起来更加轻松易懂。本书是作者多年理论教学、实验教学及产品研发经验的结晶。

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

单片机接口 C 语言开发技术/龚运新,罗惠敏,彭建军编著. —北京:清华大学出版社, 2009. 2

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-19273-2

I. 单… II. ①龚… ②罗… ③彭… III. ①单片微型计算机—接口—高等学校—教材 ②C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.147 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 006735 号

责任编辑:袁勤勇 李玮琪

责任校对:白 蕾

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.25

字 数:524 千字

版 次:2009 年 2 月第 1 版

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:31.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031696-01

编委会名单

主 任： 朱 敏

副主任： 王正洪 鲁宇红 焦金生

成 员： （按拼音排序）

常晋义	邓 凯	范新南	高佳琴	高玉寰	龚运新
顾建业	顾金海	林 罡	刘训非	马正华	沈孟涛
唐 全	王继水	王 骏	王 晴	王志立	吴访升
肖 玉	杨长春	袁启昌	张旭翔	张 燕	赵明生
郑成增	周凤石				

策划编辑： 袁勤勇

序

preface

在科教兴国方针的指引下,我国高等教育进入了一个新的历史发展时期,招生规模和在校生数量都有了大幅度的增长。我们在进行着世界上规模最大的高等教育。与此同时,对于高等教育的研究和认识也在不断深化。高等学校要明确自己的办学方向和办学特色,这既是不断提高高等教育水平的必然要求,更是高校不断发展和壮大必须首先考虑的问题。

教育部领导明确提出,高等教育应多元化,高等院校应实施分类分层次教学,这是高等教育大众化的必然结果,也是市场对人才需求的客观规律所致。因此要有相当部分的高等院校致力于培养应用型人才。此类院校在计算机教学中如何实现自己的培养目标,如何选择适用的应用型教材,已成为十分重要和迫切的任务。应用型人才的培养不能简单照搬研究型人才的培养模式,要在丰富的实践基础上认真总结,摸索新形势下的教学规律,在此基础上设计相关课程、改进教学方法,同时编写与之相适应的应用型教材。这一工作是非常艰巨的,也是非常有意义的。

在清华大学出版社的大力支持和配合下,应用型教材编委会于2003年成立。编委会汇集了众多高等院校的实践经验,并经过集中讨论和专家评审,遴选了一批优秀教材,希望能够通过这套教材的出版和使用,促进应用型人才培养的实践发展,为建立新的人才培养模式作出贡献。

我们编写应用型教材的主要出发点是:

1. 适应新形势下教育部对高等教育的要求以及市场对应用型人才的需求。
2. 计算机科学技术和信息技术发展迅速,教材内容和教学方式应与之相适应,适时地进行更新和改进。
3. 教育技术的发展对教材建设提出了更高的要求,教材将呈现



出纸介质出版物、电子课件以及网络学习环境等相互配合的立体化形态。

4. 根据不同的专业要求,突出应用,使理论与实践更加紧密结合。

以此为目标,我们将努力编写一套全新的、有实用价值的应用型计算机教材。经过参编教师的努力,第一批教材已经面世。教材将滚动式地不断更新、修正、提高,逐渐树立起自己的品牌。希望使用本系列教材的广大师生能对我们的教材提出宝贵的意见,共同建设具有应用型特色的精品教材。

朱 敏

2006 年 5 月

前言

foreword

目前,大专院校的应用电子专业、数控专业、自动化专业、计算机控制专业、机电一体化专业、智能仪表专业开设了单片机接口课程。这是一门理论性、实践性和综合性都很强的学科,它需要模拟电子技术、数字电子技术、电气控制、电力电子技术等作为知识背景,同时本课程也是一门计算机软硬件有机结合的实用技术。本书是作者多年理论教学、实验教学及产品研发经验的结晶。在教材编写过程中,始终将理论、实验、产品开发三者有机结合,每个接口都讲明原理、使用方法、编程控制方法,给学习者一种系统的、完整的、清晰的学习思路。

本教材最突出之处是主要讲解产品经常应用的串行接口芯片,考虑到以前的产品为并行接口,本书将并行接口和串行接口同时讲解,重点讲解串行接口,并从应用角度出发加强了设计性环节的指导,内容包括软件仿真、硬件仿真、产品设计等。本书所有程序在 Keil C7.0 仿真软件中调试成功,增加了知识的真实性和可读性,便于自学。

本书第1章“概论”详细讲解串口的基本知识及工作模式;第2章“中断接口扩展”主要讲解 8259 芯片;第3章“定时器/计数器扩展”讲解 8253 定时器、计数器扩展芯片;第4章“通信接口扩展”主要讲解可编程通用串行通信接口 8251;第5章“MCS-51 存储器扩展”重点讲解串行(I²C 总线)数据存储器的扩展设计、串行(SPI 总线)数据存储扩展设计;第6章“I/O 接口扩展”详细讲解 8255 可编程并行接口芯片,ZLG7289A、串行接口 LED、数码管及键盘管理器件;第7章“模拟/数字转换器”主要讲解 10 位串行模数转换芯片 AD7810、高精度 24 位 ADS1210/1211、并行 A/D 转换器与 8031 的接口设计;第8章“串行数字/模拟转换器”讲述 10 位电压型 MAX504/515、16 位精密型 DAC714、24 位立体声音频 PCM1728 芯片;第9章“单片机的其他接口”讲解 V/F 与 F/V 转换器 VFC32、实时时钟



DS1305 芯片、液晶显示器(LCD)接口、LED 点阵显示接口、打印机接口电路;第 10 章“IC 卡”讲述 AT24C $\times\times$ 系列存储卡、逻辑加密存储卡 SLE4442、智能卡 SLE44C42S;第 11 章“单线芯片”讲解 DS2405 概述、数字温度计等芯片。

本书由龚运新、罗惠敏和彭建军共同编写,由于水平有限,错误在所难免。

编 者

2009 年 1 月

目录

Contents

第 1 章 概论	1
1.1 接口	1
1.1.1 基本概念	2
1.1.2 接口的 4 大基本功能	3
1.2 串行接口知识	4
1.2.1 通用同步/异步收发器 USART	5
1.2.2 主控同步串行端口 MSSP——SPI 模式	15
1.2.3 主控同步串行端口 MSSP——I ² C 模式	20
1.2.4 串行通信接口 MicroWire/Plus 总线	25
习题与思考题	26
第 2 章 中断接口扩展	27
2.1 中断系统	27
2.1.1 中断请求源和中断请求标志	27
2.1.2 中断控制	29
2.1.3 中断响应	31
2.1.4 外部中断触发方式	32
2.1.5 多个外部中断源系统设计	33
2.1.6 MCS-51 对中断请求的撤除	34
2.1.7 MCS-51 中断系统的初始化	36
2.1.8 应用举例	37
2.2 中断控制器 8259A	38
2.2.1 8259 内部结构	38
2.2.2 8259 引脚功能	40
2.2.3 8259 命令字	41
2.2.4 8259 工作模式	47
2.2.5 8259 级联	53



习题与思考题	54
第 3 章 定时器/计数器扩展	56
3.1 MCS-51 内部定时器/计数器	56
3.1.1 定时器/计数器结构	56
3.1.2 定时器/计数器工作方式	58
3.1.3 定时器/计数器的初始化	59
3.1.4 定时器/计数器应用举例	61
3.2 8253 定时器/计数器扩展芯片	63
3.2.1 8253 的内部结构和工作原理	63
3.2.2 8253 的工作方式	67
3.2.3 MCS-51 与 8253 的接口方法	74
习题与思考题	75
第 4 章 通信接口扩展	77
4.1 串行接口通信	77
4.1.1 串行接口控制寄存器	77
4.1.2 串行接口工作方式	78
4.1.3 波特率	81
4.2 可编程通用串行通信接口 8251	83
4.2.1 8251A 的基本特点	83
4.2.2 8251A 的内部结构和引脚功能	84
4.2.3 8251A 的控制字	87
4.2.4 8251A 的初始化	90
4.2.5 MCS-51 和 8251A 的接口	90
习题与思考题	92
第 5 章 MCS-51 存储器扩展	93
5.1 程序存储器的扩展设计	93
5.1.1 访问外部程序存储器的时序	93
5.1.2 EPROM 接口设计	94
5.1.3 E ² PROM 接口设计	96
5.2 数据存储器的扩展设计	100
5.2.1 MCS-51 访问外部 RAM 的定时波形	101
5.2.2 数据存储器的扩展设计	102
5.2.3 RAM 的掉电保护	103
5.3 串行(I ² C 总线)数据存储器扩展设计	104

5.4 串行(SPI 总线)数据存储器扩展设计	112
5.5 串行(MicroWire/Plus 总线)数据存储器扩展设计	118
习题与思考题	125
第 6 章 I/O 接口扩展	127
6.1 概述	127
6.2 显示器接口扩展设计	133
6.3 键盘接口设计	136
6.3.1 键盘的工作原理	136
6.3.2 键盘接口设计	137
6.4 ZLG7289A、串行接口 LED、数码管及键盘管理器件	141
6.4.1 概述	142
6.4.2 控制指令	143
6.4.3 SPI 串行接口	148
6.4.4 接口程序	150
习题与思考题	157
第 7 章 模拟/数字转换器	159
7.1 概述	159
7.1.1 算术 A/D 转换	160
7.1.2 技术参数	161
7.1.3 接口信号	162
7.1.4 基本引脚	163
7.2 10 位串行模数转换芯片 AD7810	163
7.2.1 AD7810 引脚功能	164
7.2.2 AD7810 的工作模式	164
7.2.3 AD7810 的典型应用	165
7.3 高精度 24 位 ADS1210/1211	166
7.3.1 $\Sigma\Delta$ 调制器 A/D 原理简介	166
7.3.2 ADS1210/1211 内部结构	168
7.3.3 内部寄存器	171
7.3.4 校准	176
7.3.5 主/从模式的串行接口设计	177
7.3.6 与 8XC51 接口	180
7.4 应用设计实例	182
7.4.1 A/D 设计的一般考虑	182
7.4.2 设计实例	183



7.5 并行 A/D 转换器与 8031 的接口设计	184
习题与思考题	188
第 8 章 串行数字/模拟转换器	189
8.1 D/A 的技术特性	189
8.2 8 位满幅型 MAX517/518/519	191
8.2.1 概述	191
8.2.2 通信约定	193
8.2.3 DAC 模块	194
8.3 10 位电压型 MAX504/515	195
8.3.1 操作原理	195
8.3.2 应用设计	197
8.4 16 位精密型 DAC714	198
8.4.1 概述	199
8.4.2 应用设计	200
8.5 24 位立体声音频 PCM1728	203
8.5.1 概述	203
8.5.2 系统时钟	205
8.5.3 数据接口格式与复位	205
8.5.4 工作原理	207
8.5.5 应用设计考虑	208
8.6 应用设计实例	210
8.7 并行数/模(D/A)转换器电路接口设计	211
习题与思考题	215
第 9 章 单片机的其他接口	216
9.1 V/F 与 F/V 转换器	216
9.1.1 VFC32	216
9.1.2 VFC320	220
9.2 实时时钟	223
9.2.1 DS1305 的特性综述	223
9.2.2 内部寄存器	225
9.2.3 串行通信接口	228
9.3 液晶显示器(LCD)接口	232
9.3.1 接口信号说明	233
9.3.2 控制器说明(KS108B 及兼容芯片)	234
9.3.3 编程方法	236

9.4	LED 点阵显示接口	241
9.4.1	LED 分类	243
9.4.2	LED 点阵显示实验	245
9.5	打印机接口电路	249
9.5.1	TP μ P 系列微型打印机简介	249
9.5.2	TP μ P-16B 微型打印机应用实例	251
	习题与思考题	255
第 10 章	IC 卡	256
10.1	概述	256
10.1.1	IC 卡的定义与分类	256
10.1.2	IC 卡的主要应用及国际标准	258
10.2	AT24C $\times\times$ 系列存储卡	259
10.2.1	概述	259
10.2.2	工作原理	260
10.3	逻辑加密存储卡 SLE4442	263
10.3.1	概述	264
10.3.2	芯片功能	264
10.3.3	传送协议	266
10.3.4	芯片的操作命令	268
10.3.5	芯片的复位方式	270
10.3.6	SLE4442 与 8031 的接口方法	271
10.4	智能卡 SLE44C42S	278
10.4.1	智能卡结构	278
10.4.2	SLE44C42S 芯片总体特性	279
10.4.3	各部分详细说明	281
10.5	智能卡操作系统	282
10.5.1	概述	283
10.5.2	COS 功能划分	284
10.5.3	文件系统	287
10.5.4	安全体系	290
10.5.5	安全机制的实现	291
	习题与思考题	296
第 11 章	单线芯片	297
11.1	概述	297
11.1.1	芯片硬件结构	297



11.1.2	64 位 ROM	298
11.1.3	CRC 值生成器	299
11.1.4	寄生电源	300
11.2	单线芯片的传输过程	301
11.2.1	初始化	301
11.2.2	读写时序	302
11.2.3	ROM 功能命令	303
11.2.4	ROM 搜索举例	304
11.3	可寻址开关	306
11.3.1	DS2405 概述	306
11.3.2	DS2405 ROM 功能命令	308
11.3.3	DS2406/DS2407	309
11.4	数字温度计	309
11.4.1	概述	309
11.4.2	温度测量	311
11.4.3	其他功能原理	312
11.5	A/D 转换器	319
11.5.1	概述	320
11.5.2	存储器结构	321
11.5.3	存储器功能命令	323
11.5.4	DS2450 ROM 功能命令	325
11.5.5	操作实例	326
11.6	存储器与计数器	329
11.6.1	概述	329
11.6.2	存储器操作	331
11.6.3	操作实例	334
11.7	单线芯片总览	337
11.8	iButton 系列	338
	练习与思考题	340

概 论

单片微型计算机是在一块芯片上集成了中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)、定时器/计数器和各种输入输出(I/O)接口(如并行 I/O 口、串行 I/O 口和 A/D 转换器)的机器。由于单片机通常是实时控制应用而设计制造的,因此,又称为微控制器(MCU)。

最初的单片机内只包含并行输入输出接口、定时器/计数器,它们的功能较弱,实际应用中往往需要通过特殊的接口扩展功能,从而也增加了应用系统结构的复杂性。

近年来,新型单片机内的接口,无论从类型和数量上都有很大的发展。这不仅大大改善了单片机的功能,而且使系统的总体结构也大大简化了。例如,有些单片机的并行 I/O 口,能直接输出大电流和高电压,可直接用于驱动荧光显示管(VFD)、液晶显示器(LCD)和数码显示管(LED)等,应用系统中就不再需要外部驱动电路。再如有些单片机,片内含有 A/D 转换器,在一些实时控制系统中可省掉外部 A/D 转换器。目前,在单片机中已出现的各类型新型接口有数十种,如 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、CRT 控制器、LCD 驱动器、LED 驱动器、VFD 驱动器、正弦波发生器、声音发生器、字符发生器、波特率发生器、锁相环、频率合成器、脉宽调制器等。虽然一个单片机内含有若干种接口,但在开发设计产品时,产品功能要求多种多样,往往选一块芯片不能满足要求。要进行一些功能扩展,在扩展时要求尽量少占用口线,这就为串行接口提供了广阔的空间。并行接口芯片在单片机功能扩展中有逐步淘汰的趋势,但考虑到并行接口产品还在广泛使用,因此在编写本书时对串口、并口都进行了介绍,重点在串口。

1.1 接 口

计算机系统中有两类数据传送操作:一类是 CPU 和存储器之间的数据读写操作;另一类则是 CPU 和外部设备(简称外设)之间的数据输入输出(I/O)操作,如图 1-1(a)所示。

存储器和 CPU 都是半导体电路,具有相同的电路形式,数据信号也是相同的(电平信号),能相互兼容并直接使用,因此存储器与 CPU 之间采用同步定时的工作方式。它们之间只要在时序关系上能相互满足就可以正常工作。正因为如此,存储器与 CPU 之间

的连接相当简单,除地址线、数据线之外,就是读写选通信号,实现起来非常方便。

1.1.1 基本概念

计算机的 I/O 操作,即 CPU 和外设之间的数据传送十分复杂。其复杂性主要表现在以下几个方面。

1. 外设工作速度差异

外部设备的工作速度快慢差异很大。慢速设备如开关、继电器、机械传感器等,每秒钟提供数据较少;而高速设备如磁盘、CRT 显示器等,每秒钟可传送成千上万的数据。面对速度差异如此之大的各类外部设备,CPU 无法按固定的时序与它们以同步的方式协调工作。

2. 外设种类繁多

外部设备种类繁多,既有机械式的,又有机电式的,还有电子式的。不同种类的外部设备之间性能各异,对数据传送的要求也各不相同,无法按统一格式进行。

3. 外设的信号多种多样

外部设备的数据信号是多种多样的。既有电压信号,也有电流信号;既有高电平,也有低电平;既有数字形式,也有模拟形式。

4. 外设距离不同

外设的数据传送有近距离的,也有远距离的,因此有的使用并行数据传送,而有的则需要使用串行传送方式。

5. 多台外设的识别问题

通常 CPU 要面对很多外设,如何寻找所需的那一台?

由于以上原因,我们很难甚至无法要求 CPU 独立肩负起解决上述所有问题的重任,而是将这些必须解决的关键任务交给 I/O 接口来完成。于是,各种各样的、功能各异的接口电路芯片应运而生。它们如同 CPU 和外设之间的“纽带”和“桥梁”,使得 CPU 与外设之间的交流通畅自如。一个接口电路中可能包括多个端口,如图 1-1(b)所示。例如保

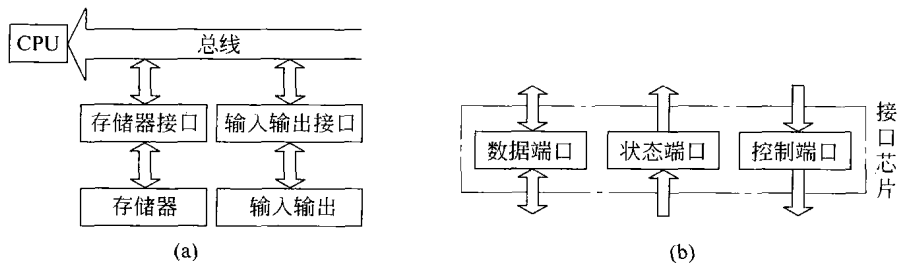


图 1-1 接口关系

存数据的数据端口、保存状态的状态端口和保存控制信号的控制端口等。

在本课程中,教学的重点是接口芯片的使用方法、与 CPU 的接口、编程方法。

1.1.2 接口的 4 大基本功能

1. CPU 与外设传递信息的缓冲站

(1) 锁存器高速 CPU 的高速性体现在其向外界提供的数据在 DB 上只保留很短的时间(μs 、 ns 级别)。而慢速的 I/O 设备根本无法可靠地“抓”住信号并较长时间地保持信号。为此在接口电路中设置了锁存器,将瞬时出现的信号锁存起来,可靠地提供给 I/O 设备,如图 1-2 所示。

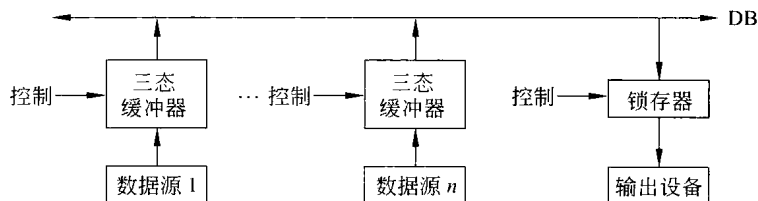


图 1-2 接口的数据缓冲功能

(2) 三态缓冲器。在计算机系统中,常常是多个数据源“挂”在同一 DB 上,CPU 在某一瞬间只能读某一数据源的数据,而其他“源”都不允许向 DB 提供数据。这就要求所有未被访问的数据源必须与 DB“脱钩”,用术语来说,叫“隔离”或“准连接状态”。

三态缓冲器的高阻态,正好用来隔离数据源和 DB。需要某个数据源时,加上对应的控制信号打开三态门,把数据放在 DB 上,CPU 快速“抓取”,然后关门;其他某个三态门打开,新的数据放在 DB 上……如图 1-2 所示。

(3) 接口的数据转换功能。CPU 只能以并行的方式输入输出电压数字信号,而 I/O 设备提供或需要的可能是其他种类的信号,这就要求接口芯片能具备 A/D、D/A、串/并、并/串以及电平转换等功能,如图 1-3 所示。

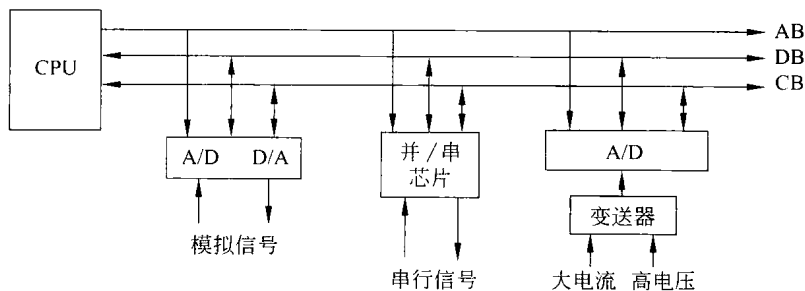


图 1-3 接口的数据转换功能

2. 多台外设的寻址

也就是多台外设的识别问题。微机系统一般带有多种外设,同一种外设也可能配备