



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

单片机接口与应用

王普斌 编著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

单片机接口与应用

王普斌 编著

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 简 介

本书以 MCS-51 和 STC 增强型单片机为对象,重点介绍了单片机的基础知识和基本接口、单片机的扩展接口和 STC12C5A60S2 增强型单片机的扩展功能,并结合组态软件和工业实时控制技术,介绍了基于 Modbus 协议的单片机网络通信和实时多任务系统在单片机中的应用。全书围绕单片机接口与控制应用展开,面向技术发展,内在联系紧密,应用跨度大。书中含有大量例题和习题,能有效地提升读者的实际动手能力、独立思考能力、创新思维能力和综合实践能力。

本书可作为普通高等院校机械电子工程、机电一体化、电气自动化、电子信息工程、仪器仪表、计算机及相关专业的教材和实验参考书,也可供从事单片机软硬件开发应用的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机接口与应用/王普斌编著. —北京:冶金工业出版社, 2016.4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7203-0

I. ①单… II. ①王… III. ①单片微型计算机—
接口—高等学校—教材 IV. ①TP368.147

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 071144 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.com.cn

责任编辑 王雪涛 宋 良 美术编辑 吕欣童 版式设计 杨 帆

责任校对 郑 娟 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7203-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版, 2016 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 19 印张; 460 千字; 290 页

40.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

单片机知识面广、实践性强，本书是结合经典 MCS-51 单片机、STC 增强型单片机、C51 编程、多任务内核和单片机网络应用悉心写成。

全书分为三个部分：第 1~4 章为基础部分，第 5 章、第 6 章为增强部分，第 7 章、第 8 章为提高部分。

学习单片机，最基本的就是要了解它的基本组成。CPU、RAM、ROM、引脚、工作模式，等等，细节很多，不好入门。本书通过引入具有片内扩展 ROM、RAM 的 STC 单片机，简化了不少内容，减轻了学习负担。基础部分还有一个难点就是编程语言。从接口应用的角度讲，没有必要逐条学习机器指令，因此本书没有讲汇编语言，而是引入简洁高效的 C 语言，即 C51。这既减少了篇幅，降低了难度，又为后续学习打下了基础。

并口、中断、定时器/计数器、串口，这些内容是必须掌握的。本书采用即讲即用的方式，在介绍每一接口后，就辅以应用实例，且顺便介绍一些最基本的器件，利于由浅入深地学习。同时，为了便于理解，本书把接口电路的介绍和 C51 语句结合起来，且对每个 C51 程序都进行详细注释，避免了硬件与软件的生硬堆砌。总之，为使读者快速入门，笔者在原理介绍、硬件电路、程序设计和实际验证方面做了不少工作。但快速入门不是最终目的，本书通过介绍串口 PC 通信和定时器 T2，为学习单片机应用做好准备。

其实，很多人即便是学了单片机，对简单设备的控制，还是会感到茫然。编写第 4 章的初衷，就是要解决这个问题。这一章包括机电设备中常见的单相电动机、电磁阀、继电器、步进电动机、直流电动机和舵机的控制，穿插了 ULN2003、L298N、红外遥控器、光电开关、LCD 等器件的应用，涉及了 51 单片机所有片内资源，C51 的多种编程技巧，其知识面广，综合性强，是单片机电控制的重要基础。读者通过对被控对象、接口电路、C51 程序几个方面的学习，一定能够加深领悟单片机控制的奥妙，逐步形成构思方案的素养，不断增强动手实践的能力。单片机应用中，硬件是躯壳，软件是灵魂，本章的程序都绘有流程图，方便理解。

第二部分中，第 5 章首先介绍单片机扩展并行 A/D、D/A 的方法，然后介

绍 I²C 总线及其 A/D、D/A、EEPROM 接口器件, 另外还介绍了单总线及 SPI 总线接口器件。串口器件驱动程序的语句多, 该章整合诸多器件的应用于一例, 有效地缩减了篇幅。第 6 章是基于 STC12C5A60S2 增强型单片机, 讲述其片内扩展的 ADC、串口、PCA、EEPROM、SPI 和 WDT。针对每一功能, 都要设计电路并编写程序进行验证。通过实例验证, 化繁为简, 并直观显示结果, 起到了增进理解、贴近实用、通达实践的目的。通过这部分的学习, 读者能够深入理解和实际感知单片机的片外扩展接口和片内增强功能, 增强单片机应用的实战能力。

机电控制离不开网络。提高部分中的第 7 章首先介绍了 RS-485 串口标准和 Modbus 通信协议, 然后介绍一款小型通用组态软件。在此基础上, 通过单片机开发板、电动执行器、气动机械手三个实例, 结合电路设计、程序设计、上位机组态设计三方面内容, 讲解 PC 机与三台单片机组成的 SCADA 系统。通过这一章, 读者能够初通单片机工控网络的硬件组成和软件设计方法, 能够站在网络通信的平台上提升单片机控制应用的实战能力。

复杂控制需要实时多任务系统。第 8 章首先介绍了 51 单片机的 RTX51 Tiny 多任务内核, 然后介绍了基于温度控制的单片机硬件电路和 PID 控制算法, 最后进行多任务方式下的控制程序设计, 并用 Proteus 软件进行仿真。通过这一章, 读者能够突破传统程序设计的思维定式, 初通多任务系统的程序设计方法, 增进对实时控制系统组成、PID 控制算法的认识, 能够在多任务内核的深度上提升应对复杂控制要求的实战能力。

上述内容, 用 30~40 学时教学明显不足。以 40 学时为例, 各章的参考学时为: 第 1、2、5、7 章为 6 学时, 第 3 章为 16 学时, 第 4、6、8 章为自学参考。我的体会是: 越是想提高, 就越要自学。书中很多内容其实就是为了自学准备的。

本书具有以下特色:

(1) 易于入门, 提升空间大。

结合新技术的发展, 本书不讲述老旧内容, 多数程序都会配有框图, 较多地使用单片机串口与 PC 电脑通信, 使得硬件电路简单, 应用程序简短, 数据处理灵活, 主体内容突出, 不少实例完全可以板书教学。同时, 本书又不乏综合性很强的应用实例, 在方便入门的同时, 给读者以很大的提升空间。

(2) 面向机电控制, 层次多, 跨度大。

从经典机型到增强机型, 从简单应用到综合应用, 从传统编程到实时多任

务设计,从单机系统到工控网络,本书内容涵盖的层次多,跨度大,剪统性强。特别是通过工控网络应用和实时多任务系统的引入,把单片机控制的学习推进到更大的平台和更高的层次上,这就有力地打开了学习的视野,能够有效促进创新思维的形成。

(3) 真实验证,便于自主实践。

本书是以机械电子工程专业单片机课程教学和指导大学生创新实践工作为目标而编写的,其内容编排和应用实例都是从实践中得来的。书中含有许多实例和有相当难度的习题,对于每一个实例,必须设法进行验证。个别的例子,即并行 A/D、D/A 及温度控制,为 Proteus 仿真,其他都可在单片机最小系统加相关 I/O 接口模块上进行真实验证。单片机芯片、STC 单片机自动编程器、各硬件电路模块都可网购,读者可网上自行选购并搭建应用系统,结合书中内容自主实践。

由于水平所限,书中不当之处,敬请读者指正。

感谢辽宁科技大学教务处对本书编写出版工作的大力支持!

王普斌

2016 年 1 月

目 录

1 单片机基本组成	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 单片机的定义	1
1.1.2 51 系列单片机	1
1.1.3 单片机应用	2
1.2 基本组成	2
1.2.1 内部总线	2
1.2.2 中央处理器	3
1.2.3 程序存储器	3
1.2.4 数据存储器	5
1.2.5 I/O 接口	5
1.2.6 串行通信接口	5
1.2.7 定时器/计数器	5
1.2.8 中断控制系统	6
1.2.9 时钟发生器	6
1.3 数制与编码	6
1.3.1 数制	6
1.3.2 数制转换	7
1.3.3 无符号数和有符号数	8
1.3.4 原码、反码和补码	8
1.3.5 逻辑数据的表示	9
1.3.6 BCD 码和 ASCII 码	9
1.4 MCS-51 的 CPU	11
1.4.1 控制器	11
1.4.2 运算器	13
1.5 MCS-51 存储器	13
1.5.1 程序存储器 ROM	13
1.5.2 数据存储器	14
1.5.3 STC 单片机片内扩展 RAM	16
1.6 MCS-51 单片机外部引脚	17
1.7 MCS-51 最小系统	19
1.7.1 单片机最小系统组成	19

1.7.2 单片机的工作模式	21
习题	22
2 C51 程序设计	24
2.1 C51 的基本数据类型及转换	24
2.1.1 基本数据类型	24
2.1.2 指针类型 (*)	27
2.1.3 数据类型转换	27
2.2 C51 数据类型的扩展	27
2.2.1 数组与字符串	27
2.2.2 指针	28
2.2.3 结构	28
2.2.4 联合	29
2.2.5 枚举	29
2.3 常量、变量与绝对地址访问	30
2.3.1 常量	30
2.3.2 变量	30
2.3.3 绝对地址访问	32
2.4 C51 的运算符	32
2.4.1 算术运算符	33
2.4.2 关系运算符与逻辑运算符	33
2.4.3 位操作运算符	33
2.4.4 特殊运算符	34
2.5 C51 的表达式和语句	34
2.5.1 概述	34
2.5.2 流程控制语句	35
2.6 函数	39
2.6.1 程序结构	39
2.6.2 函数定义的形式	39
2.6.3 函数的参数和函数的值	40
2.6.4 函数的编写与调试	40
2.7 编译预处理	44
2.7.1 宏定义	45
2.7.2 文件包含	45
2.7.3 条件编译	46
习题	46
3 单片机片内接口	49
3.1 并行接口	49

3.1.1	P0 口	49
3.1.2	P1 口	51
3.1.3	P2 口	52
3.1.4	P3 口	52
3.1.5	并口应用举例	53
3.2	中断	59
3.2.1	中断源	59
3.2.2	中断优先级	60
3.2.3	中断服务函数	61
3.2.4	中断应用举例	62
3.3	定时器/计数器	67
3.3.1	定时器/计数器的结构	67
3.3.2	定时器/计数器的工作方式	68
3.3.3	T0、T1 应用举例	70
3.4	串行接口	77
3.4.1	串行通信基本概念	77
3.4.2	MCS-51 单片机串口结构及串口寄存器	79
3.4.3	串口工作方式	80
3.4.4	串口接收/发送编程举例	83
3.4.5	单片机与 PC 的串口通信	86
3.4.6	单片机与 PC 串口通信举例	88
3.5	定时器/计数器 T2	92
3.5.1	定时器/计数器 T2 的组成	92
3.5.2	定时器/计数器 T2 的工作方式	93
3.5.3	定时器 T2 应用举例	95
习题		100
4	单片机数字量控制应用	103
4.1	单相电动机正反转控制	103
4.1.1	单相电动机简介	103
4.1.2	硬件电路	104
4.1.3	程序设计	104
4.2	电磁阀的单片机控制	106
4.2.1	电磁阀简介	106
4.2.2	液体搅拌机控制要求	106
4.2.3	硬件电路	107
4.2.4	程序设计	107
4.3	步进电动机转速控制	109
4.3.1	硬件电路	109

4.3.2	程序设计	110
4.4	直流电动机控制	113
4.4.1	直流电动机 PWM 调速	113
4.4.2	硬件电路	113
4.4.3	程序设计	115
4.5	红外遥控应用	116
4.5.1	红外遥控简介	116
4.5.2	单片机红外遥控解码的硬件电路	118
4.5.3	程序设计	119
4.5.4	红外遥控器按键测试	122
4.6	LCD 显示光电开关脉冲计数值	124
4.6.1	LCD1602 简介	124
4.6.2	LCD 显示光电开关脉冲计数值的硬件电路	125
4.6.3	单片机程序设计	125
4.7	H 桥驱动直流电动机测速	128
4.7.1	直流电动机 H 桥驱动电路	128
4.7.2	L298N 芯片简介	129
4.7.3	硬件电路	129
4.7.4	程序设计	130
4.7.5	程序调试	134
4.8	八路舵机控制	134
4.8.1	舵机简介	134
4.8.2	八路舵机控制方法	136
4.8.3	控制程序设计	136
4.8.4	程序调试	139
	习题	140
5	单片机扩展接口	142
5.1	单片机与模拟量	142
5.2	D/A 转换与 A/D 转换	143
5.2.1	D/A 转换器的基本原理	143
5.2.2	D/A 转换器的主要性能指标	143
5.2.3	逐次逼近式 A/D 转换器的原理	144
5.2.4	A/D 转换器的主要性能指标	144
5.3	并行 D/A、A/D 转换器件	145
5.3.1	8 位 D/A 转换器 DAC0832	145
5.3.2	8 位 A/D 转换器 ADC0809	148
5.4	I ² C 总线及其单片机模拟	151
5.4.1	I ² C 总线的特点	151

5.4.2 I ² C 总线的基本结构	151
5.4.3 单片机对 I ² C 典型信号的模拟	152
5.5 I ² C 串行 ADC/DAC 芯片 PCF8591	155
5.5.1 PCF8591 引脚	155
5.5.2 PCF8591 器件地址及片内可编程功能	156
5.5.3 主机读 PCF8591 单通道 A/D 转换数据操作	157
5.5.4 主机向 PCF8591 的 DAC 写数据操作	157
5.6 I ² C 总线 EEPROM 芯片 AT24C02	158
5.6.1 AT24C02 简介	158
5.6.2 AT24C02 写入过程	159
5.6.3 AT24C02 读出过程	160
5.7 光敏电阻和热敏电阻	160
5.7.1 光敏电阻	160
5.7.2 热敏电阻	161
5.7.3 DS18B20 单总线数字温度传感器	162
5.8 SPI 总线与 DS1302 时钟芯片	164
5.8.1 SPI 总线简介	164
5.8.2 实时时钟芯片 DS1302 简介	164
5.9 串行接口器件综合应用	165
5.9.1 串口器件应用电路组成	166
5.9.2 串口器件应用 C51 程序设计	166
5.9.3 程序调试	178
习题	180
6 单片机片内增强功能	181
6.1 STC12C5A60S2 简介	181
6.2 STC12C5A60S2 单片机的 A/D 转换器	182
6.2.1 ADC 组成	182
6.2.2 与 ADC 有关的特殊功能寄存器	182
6.2.3 STC12C5A60S2 单片机 ADC 应用举例	183
6.3 STC12C5A60S2 的串口 2	186
6.3.1 串口 2 的相关寄存器	186
6.3.2 串口 2 应用举例	187
6.4 可编程计数器阵列模块 PCA/PWM	188
6.4.1 PCA 模块的结构	189
6.4.2 PCA/PWM 模块的特殊功能寄存器	189
6.4.3 PCA/PWM 模块的工作模式	191
6.5 STC12C5A60S2 单片机的 EEPROM	200
6.5.1 ISP/IAP 的特殊功能寄存器	201

6.5.2	EEPROM 应用举例	202
6.6	STC12C5A60S2 单片机的 SPI 接口	204
6.6.1	SPI 接口的结构	205
6.6.2	SPI 接口信号	205
6.6.3	SPI 接口的数据通信方式	206
6.6.4	SPI 功能测试	207
6.7	STC12C5A60S2 单片机的复位、电源和时钟	210
6.7.1	STC12C5A60S2 的复位方式	210
6.7.2	STC12C5A60S2 的电源检测	213
6.7.3	STC12C5A60S2 的省电方式	213
	习题	214
7	单片机网络通信与组态监控	215
7.1	网络通信基础	215
7.1.1	计算机网络的分类	215
7.1.2	工业测控网络	216
7.1.3	串行通信接口标准	217
7.2	Modbus 通信协议	219
7.2.1	Modbus 协议概述	219
7.2.2	Modbus 的传输模式	220
7.2.3	Modbus 的功能码	221
7.3	组态软件简介	225
7.3.1	概述	225
7.3.2	快控通用组态软件简介	226
7.4	用组态软件监控单片机 I/O 接点	227
7.4.1	单片机电路	227
7.4.2	单片机程序设计	228
7.4.3	工程组态	233
7.5	电动执行器单片机控制及组态监控	239
7.5.1	电动执行器简介	239
7.5.2	单片机控制电路	240
7.5.3	单片机程序设计	241
7.5.4	上位机组态	243
7.5.5	运行监控	244
7.6	混合型气动机械手单片机控制及组态监控	244
7.6.1	气动机械手简介	244
7.6.2	单片机控制电路	245
7.6.3	控制程序设计	248
7.6.4	上位机组态	252

7.6.5 运行监控	254
7.7 PC 机与三台单片机联机	254
习题	255
8 单片机实时多任务系统	258
8.1 单任务与多任务系统	258
8.1.1 单任务系统	258
8.1.2 多任务系统	259
8.2 RTX51 Tiny 多任务操作系统	259
8.2.1 RTX51 Tiny 的时钟和任务	259
8.2.2 事件	260
8.2.3 时间轮转任务切换	261
8.2.4 协作式任务切换	263
8.3 RTX51 Tiny 系统函数	264
8.4 RTX51 Tiny 性能与设置	265
8.4.1 运行环境	265
8.4.2 RTX51 Tiny 的存储模式和中断	265
8.4.3 RTX51 Tiny 的性能参数	266
8.4.4 头文件及配置文件	266
8.5 单片机炉温控制系统电路设计	267
8.5.1 系统组成	267
8.5.2 K 型热电偶与 MAX6675 芯片	268
8.5.3 固态继电器 SSR	269
8.5.4 温度控制系统电路原理图	270
8.6 PID 控制	271
8.6.1 PID 闭环控制系统的组成	271
8.6.2 PID 控制器的数字化	272
8.6.3 带死区的 PID	273
8.6.4 输入量的转换及标准化	273
8.6.5 输出量转换为工程实际值	273
8.7 基于 RTX51 Tiny 的单片机炉温控制程序设计	274
8.7.1 软件组成	274
8.7.2 任务调度	275
8.7.3 单片机温度控制 C51 程序	276
8.7.4 程序编译	284
8.7.5 温度控制系统的 Proteus 仿真	284
习题	289
参考文献	290

单片机是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种大规模数字集成电路芯片，是集 CPU、ROM、RAM、I/O 接口和中断系统等于一体的器件。单片机能够通过运行程序检测外部输入并输出控制信号对外界产生作用，广泛应用于各行各业。目前，MCS-51 单片机已成为我国最具代表性的主流机型，它拥有的用户最多，应用最广，功能最完善。本章介绍单片机的基本概念，单片机应用所涉及的数制码值，MCS-51 单片机的组成及其最小系统。

1.1 基本概念

1.1.1 单片机的定义

微处理器是由一片大规模集成电路组成的中央处理器，一般也称为 CPU (Center Process Unit)。微型计算机 (简称微机或微型机) 是以微处理器为核心，配上存储器、输入输出接口电路和系统总线构成的裸机。微型计算机系统是指以微型计算机为主体，再配以相应的外围设备、电源、辅助电路和所需要的软件而构成的计算机系统。

单片机属于微型计算机的一种。是把 CPU、存储器、定时器/计数器、中断系统和多种 I/O 接口电路与总线控制电路制作在一块芯片上的超大规模集成电路，即集成在一块芯片上的计算机，简称为单片机 (Single Chip Microcomputer, SCM)。单片机使用时，通常是处于测控系统的核心地位并嵌入其中，所以国际上通常把单片机称为嵌入式控制器 (Embedded Microcontroller Unit, EMCU)，或微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)。我国习惯于使用“单片机”这一名称。

1.1.2 51 系列单片机

出现较早也是最成熟的单片机为 Intel 公司的 MCS-51 系列，如 Intel8031、Intel8051、Intel8751 等型号，该系列单片机字长为 8 位，具有完善的结构和优越的性能、较高的性价比和要求较低的开发环境。因此，后来很多厂商或公司沿用或参考了 Intel 公司的 MCS-51 内核，相继开发出了自己的单片机产品，如 PHILIPS、Dallas、ATMEL 等公司，并增加和扩展了单片机的很多功能，这些采用 MCS-51 内核的单片机通常简称为 51 单片机。目前市场流行的 51 单片机有 ATMEL 公司的 AT89 系列、国内品牌 STC 系列等。

STC 系列单片机为宏晶科技公司生产的增强型 51 单片机，具有多种型号。STC 单片机支持串口在线下载 (ISP)、内部看门狗和内部 EEPROM 在应用编程 (IAP)，个别型号内部设计有 A/D 转换器。由于 STC 单片机功能强且价格低，市场容易购置，实验和研发成本较低，具有较强竞争力。本书在介绍经典 MCS-51 单片机的同时，也介绍了 STC90C516RD+ (相当于增强型的 MCS-52) 和 STC12C5A60S2 (单时钟/机器周期单片机)。

1.1.3 单片机应用

单片机是一种芯片级计算机系统,具有数据运算和处理的能力,它可以嵌入到很多电子设备的电路系统中,实现智能化检测和控制。单片机应用领域非常广泛,主要表现在以下几个方面:

(1) 智能仪器仪表。单片机结合不同类型的传感器,可实现电信号、湿度、温度、流量、压力、速度和位移等物理量的测量。以单片机为核心的智能仪器仪表,可以提高机器测量精度,扩展测量范围,且具备联网能力,完成复杂的测控任务。现在,单片机已经广泛应用于各种仪器仪表中,使仪器仪表数字化、智能化、微型化。

(2) 机电一体化产品。机电一体化产品是指集机械技术、控制仪表、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。如在汽车、自动机床、机器人、智能医疗仪器中,单片机作为其中的控制器,能充分发挥体积小、可靠性高、功能灵活的优点,提高机器的智能化程度。

(3) 实时控制。单片机具有较强的实时数据处理能力和控制能力,被广泛地应用于各种实时控制系统中。例如,工业测控、野外远程控制、航空航天、尖端武器等。

(4) 分布式控制系统。在比较复杂的系统中,常采用分布式控制结构。分布式系统由多个节点组成,每个节点采用一个单片机作为控制器,各自完成特定的任务,如对现场信息进行实时采集和控制等。单片机与上位机之间通过串行通信接口连接,采用一定的协议进行通信,实现整个系统的功能。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以工作于恶劣环境的前端。

(5) 家居生活。单片机在家用电器方面也有着广泛应用。单片机系统能够完成电子系统的输入和自动操作,非常适合于对家用电器的智能控制。嵌入单片机的家用电器实现了智能化,是传统型家用电器的更新换代,现已广泛应用于洗衣机、空调、电视机、电冰箱、微波炉等各种智能家电以及各种视听设备中。

1.2 基本组成

单片机是把 CPU、存储器、I/O 接口、定时器/计数器、串行接口、中断控制等电路集成在一块集成电路芯片上的微处理器,图 1-1 为 MCS-51 单片机内部基本组成框图。

1.2.1 内部总线

总线(Bus)是传输信息的公共导线。在单片机内部使用的总线称为内部总线或片内总线,在单片机外部使用的总线称为外部总线或系统总线。根据总线传输信息作用的不同,通常把总线分为地址总线、数据总线和控制总线。

地址总线(Address Bus, AB)用于传输地址信息,以便于 CPU 对存储器中的存储单元或 I/O 接口芯片中的寄存器单元(即 I/O 端口)进行选择。地址总线的传输是单向的,即只能由 CPU 向外发出地址信息。只有在发出了地址信号后, CPU 和选中的器件之间才可能在数据总线上进行数据传输。地址总线的根数决定着 CPU 可以直接访问的存储单元的

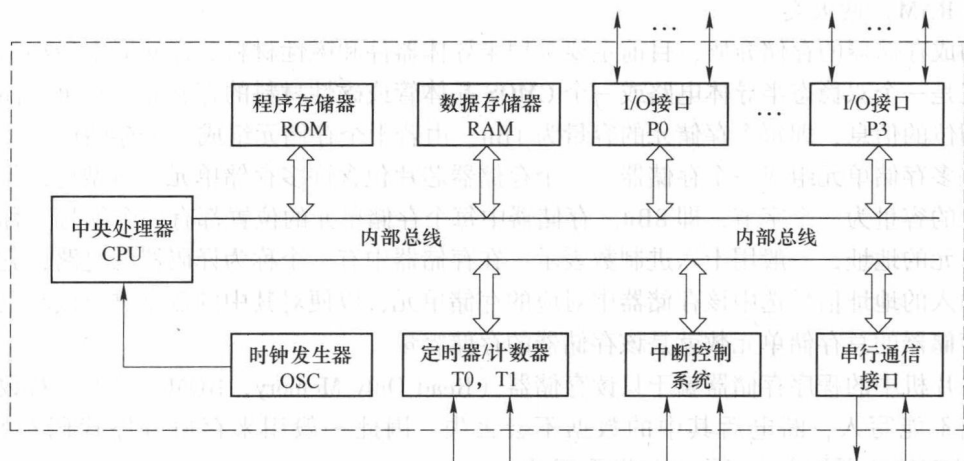


图 1-1 MCS-51 单片机内部组成框图

数目，例如由 16 根地址线组成的地址总线，可以允许 CPU 访问 $2^{16} = 65536 = 64\text{K}$ 个存储单元。

数据总线（Data Bus，DB）是用于 CPU 与存储器之间或 CPU 与 I/O 接口之间进行数据传送的一组信号线。数据总线的根数与单片机的字长（CPU 一次能并行处理的二进制位数）是一致的。MCS-51 是 8 位字长的单片机，数据总线为 8 根。数据总线是双向的，CPU 既可以通过它向外部（如 ROM、RAM、I/O 接口）输出数据，也可以通过它读取由外部传来的数据。

控制总线（Control Bus，CB）是一组控制命令信号线，是 CPU 决定对外部器件做什么操作的命令线。控制总线中的很多控制信号，如读/写信号、片选信号，是由 CPU 向外部器件发出的，但外部器件向 CPU 发送的中断请求、状态就绪等信号也归入控制总线。

按照传输数据的方式划分，上面介绍的属于并行总线，其特征是：使用多根导线同时传输多位二进制数据。在单片机系统中，还经常使用串行总线。串行总线使用一根数据线逐位传输数据。常见的串行总线有 RS232、I²C、SPI、CAN 等。

1.2.2 中央处理器

中央处理器是单片机的核心，简称 CPU，其作用是读入和分析每条指令，根据每条指令的功能要求，完成运算和控制操作。

单片机应用程序经编译器编译，将生成可执行代码。把 PC 和单片机系统连接好后，运行程序下载软件，例如 STC 单片机的 STC_ISP 软件，就能够把程序代码下载到单片机片内 ROM 中。单片机在复位后，CPU 自动从 ROM 中逐条取出程序代码并执行。

1.2.3 程序存储器

存储器（Memory）是计算机系统中的记忆设备，用来存放程序和数据。存储器能够根据 CPU 指定的位置存入和取出信息，即对信息进行读/写操作。存储器中存储的信息也称为数据，对数据进行读/写操作也称为访问。存储器分为只读存储器（ROM）和随机存

储器 (RAM) 两大类。

构成存储器的存储介质, 目前主要采用半导体器件和磁性材料。存储器中最小的存储单位就是一个双稳态半导体电路或一个 CMOS 晶体管或磁性材料的存储元, 它可存储一个二进制位的信息, 即每个存储元的容量为 1Bit。由若干个存储元组成一个存储单元, 然后再由许多存储单元组成一个存储器。一个存储器芯片包含许多存储单元, 典型地, 每个存储单元的容量为一个字节, 即 8Bit。存储器中每个存储单元的位置都有一个编号, 称为该存储单元的地址, 一般用十六进制数表示。在存储器中有一个称为译码器的电路, 它能够根据输入的地址信号选中该存储器中对应的存储单元, 以便对其中的数据读/写操作。一个存储器的总存储单元数就是该存储器的存储容量。

单片机中的程序存储器属于只读存储器 (Read Only Memory, ROM)。ROM 对数据只能读出不能写入, 断电后其中的数据不会丢失, 因此一般用来存放程序代码和常数。ROM 按存储数据的方法又可分为以下五种:

(1) 掩膜 ROM (固定 ROM)。掩膜 ROM 由芯片制造公司把用户编好的程序代码写入 ROM, 代码写入后便不能更改。这类 ROM 芯片成本最低, 适于大批量定制。

(2) 可编程只读存储器 PROM。PROM 由用户一次性写入程序和数据, 数据一旦写入, 只能读出, 不能再进行更改。这类存储器也称为 OTP-ROM (One Time Programmable ROM), 芯片成本也较低。

(3) 可擦除只读存储器 EPROM。EPROM (Erasable Programmable ROM) 的内容可以通过紫外线照射而彻底擦除, 擦除后又可重复使用。

(4) 电擦除只读存储器 EEPROM。EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM) 可通过加电写入或清除其内容, 编程电压和清除电压均为 +5V, 使用方便。数据不会因掉电而丢失。EEPROM 保存的数据至少可达 10 年以上, 每块芯片可擦写 10 万次以上。

(5) Flash Memory。全名为 Flash EEPROM Memory, 又名闪存, 是一种长寿命的非易失性的存储器。闪存数据删除不是以单个的字节为单位而是以固定的区块为单位, 区块大小一般为 256KB 到 20MB。闪存是 EEPROM 的变种。EEPROM 与闪存不同的是, 它能在字节水平上进行删除和重写而不是按区块擦写, 这样闪存就比 EEPROM 的更新速度快。由于其断电时仍能保存数据, 闪存通常被用来保存设置信息、数据和资料。但是, 闪存不像 RAM 那样能够以字节为单位改写数据, 因此不能取代 RAM。

在单片机芯片内部, 通常集成有一定容量的程序存储器和数据存储器。根据片内程序存储器类型的不同, 单片机又可有下列分类。

ROM 型单片机: 内部具有工厂掩膜制成的只读程序存储器。这种单片机是定制的, 用户将调试好的程序代码交给厂商, 厂商在制作单片机时把程序固化到 ROM 内, 而用户是不能修改 ROM 中代码的。这种单片机价格最低, 但生产周期较长, 适用于大批量生产。

EPROM 型单片机: 内部具有 EPROM 型程序存储器, 对于有玻璃窗口的 EPROM 型单片机, 可以通过紫外线擦除器擦除 EPROM 中的程序, 用编程工具把新的程序代码写入 EPROM, 且可以反复擦除和写入, 使用方便, 但价格贵, 适合于研制样机。对于无窗口的 EPROM 型单片机, 只能写一次, 称为 OTP 型单片机。OTP 型单片机价格比较低, 既