

▶ STC公司大学计划推荐教材

▶ STC杯单片机系统设计大赛参考教材

单片机应用技术项目化教程 ——基于STC单片机

陈 静 李俊涛 滕文隆 等编著 姚永平 主审

- ▶ **案例丰富**：详尽说明单片机测试仪、交通灯控制器、仪表显示器、医院病床呼叫系统控制器、带时间显示的定时开关、手持数显测量仪、多功能智能控制器、四轴飞行器设计制作相关的技术知识
- ▶ **生动讲解**：包含C语言知识、单片机知识、单片机外围电路知识等应用单片机进行各项设计制作的核心技术
- ▶ **关注学习者的感受**：步骤详尽，程序清晰，循序渐进，快学速用



化学工业出版社

STC公司大学计划推荐教材

STC杯单片机系统设计大赛参考教材

单片机应用技术项目化教程 ——基于STC单片机

陈 静 李俊涛 滕文隆 等编著 姚永平 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是学习单片机应用技术的项目化教材，也是 STC 大学推广计划的合作教材、STC 杯单片机系统设计大赛的推荐教材，适合 C 语言零基础的学员，书中通过典型案例——一个单片机 I/O 口测试仪、一台交通灯控制器、一个仪表显示器、医院病床呼叫系统控制器、一个定时开关、一个数显测量仪、一个智能控制器、一个小型飞行器的设计制作，详尽解说了单片机应用的核心技术，程序完整，循序渐进，引导读者入门并快学速用。

本书适合相关高职高专院校师生使用，也非常适用于本科和相关工程技术人员自学单片机时使用。

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术项目化教程：基于 STC 单片机 / 陈静等
编著. —北京：化学工业出版社，2015.9

ISBN 978-7-122-24650-9

I. ①单… II. ①陈… III. ①单片微型计算机-教材
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 161355 号

责任编辑：刘丽宏

文字编辑：孙凤英

责任校对：王素芹

装帧设计：刘丽华

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 装：北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22¼ 字数 577 千字 2015 年 10 月北京第 1 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：39.80 元

版权所有 违者必究



序

21 世纪全球全面进入了计算机智能控制/计算时代，而其中的一个重要方向就是以单片机为代表的嵌入式计算机控制/计算。由于最适合中国工程师/学生入门的 8051 单片机有 30 多年的应用历史，绝大部分工科院校均有此必修课，有几十万名对该单片机十分熟悉的工程师可以相互交流开发/学习心得，有大量的经典程序和电路可以直接套用，从而大幅降低了开发风险，极大地提高了开发效率，这也是 STC 宏晶科技/南通国芯微电子有限公司基于 8051 系列单片机产品的巨大优势。

Intel 8051 技术诞生于 20 世纪 70 年代，不可避免地面临着落伍的危险，如果不对其进行大规模创新，我国的单片机教学与应用就会陷入被动局面。为此，STC 宏晶科技对 8051 单片机进行了全面的技术升级与创新，经历了 STC89/90、STC10/11、STC12、STC15 系列，累计上百种产品：全部采用 Flash 技术（可反复编程 10 万次以上）和 ISP/IAP（在系统可编程/在应用可编程）技术；针对抗干扰进行了专门设计，超强抗干扰；进行了特别加密设计，如 STC15 系列现无法解密；对传统 8051 进行了全面提速，指令速度最快提高了 24 倍；大幅提高了集成度，如集成了 A/D、CCP/PCA/PWM（PWM 还可当 D/A 使用）、高速同步串行通信端口 SPI、高速异步串行通信端口 UART、定时器、看门狗、内部高精度时钟（ $\pm 1\%$ 温飘， $-40\sim +85^{\circ}\text{C}$ 之间，可彻底省掉外部昂贵的晶振）、内部高可靠复位电路（可彻底省掉外部复位电路）、大容量 SRAM、大容量 EEPROM、大容量 Flash 程序存储器等。针对大学教学，现 STC15 系列一个单芯片就是一个仿真器，定时器改造为支持 16 位自动重载（学生只需学一种模式），串行口通信波特率计算改造为[系统时钟/4/(65536-重装数)]，极大地简化了教学，针对实时操作系统 RTOS 推出了不可屏蔽的 16 位自动重载定时器，并且在最新的 STC-ISP 烧录软件中提供了大量的贴心工具，如范例程序、定时器计算器、软件延时计算器、波特率计算器、头文件、指令表、Keil 仿真设置等。封装也从传统的 PDIP40 发展到 DIP8/DIP16/DIP20/SKDIP28，SOP8/SOP16/SOP20/SOP28，TSSOP20/TSSOP28，DFN8/QFN28/QFN32/QFN48/QFN64，LQFP32/LQFP48/LQFP64S/LQFP64L，每个芯片的 I/O 口从 6 个到 62 个不等，价格从 0.89 元到 5.9 元不等，极大地方便了客户选型和设计。

2014 年 4 月，STC 宏晶科技重磅推出了 STC15W4K32S4 系列单片机，宽电压工作范围，不需任何转换芯片，STC15W4K32S4 系列单片机可直接通过电脑 USB 接口进行 ISP 下载编程，集成了更多的 SRAM（4K 字节）、定时器 7 个（5 个普通定时器+CCP 定时器 2）、串口（4 个），集成了更多的高功能部件（如比较器、带死区控制的 6 路 15 位专用 PWM 等）；开发了功能强大的 STC-ISP 在线编程软件，包含了项目发布、脱机下载、RS-485 下载、程序加密后传输下载等功能，并已申请专利。IAP15W4K58S4 一个芯片就是一个仿真器(OCD, ICE)，

人民币 5.6 元，是全球第一个实现一个芯片就可以仿真的，再也不需要 J-Link/D-Link 了。

在中国民间草根企业掌握了 Intel 8051 单片机技术，以“初生牛犊不怕虎”的精神，击溃了欧美竞争对手之后，站在 8051 单片机的前沿，也正在向 32 位前进的途中。当然，这有您，有他，有大家的关心、鼓励与支持！

STC 感恩社会，回馈社会，全力支持我国的单片机/嵌入式系统教育事业，STC 大学推广计划正如火如荼地进行中，免费向一本、二本大学赠送可仿真的 STC15 系列实验箱（仿真芯片 IAP15W4K58S4），共建 STC 高性能单片机联合实验室，本教材为 STC 大学推广计划的合作教材，也是 STC 杯单片机系统设计大赛的推荐教材。

感谢 Intel 公司发明了经久不衰的 8051 体系结构，感谢陈静老师的新书，保证了中国 30 年来的单片机教学与世界同步，采用本书作为教材的院校将优先免费获得我们可仿真的 STC15 系列实验箱的支持（主控芯片 IAP15W4K58S4）。

明知山有虎，偏向虎山行！

STC MCU Limited: Andy.姚

www.STCMCU.com www.GXWMCU.com



前 言

本书是吉林电子信息职业技术学院陈静老师和她的教学团队，在总结了前一版的教学改革经验基础上，和宏晶科技有限公司合作而成。本书是一本基于工作过程系统化的教材，书中主要项目有：设计制作一个单片机测试仪、设计制作一台交通灯控制器、设计制作一个仪表显示器、设计制作医院病床呼叫系统控制器、设计制作一个带时间显示的定时开关、设计制作一个手持数显测量仪、设计制作一个多功能智能控制器、大型综合实训项目样例——四轴飞行器共八个项目。

本书主要特点如下：

1. 本书编排思想上，按照工作过程系统化的教学法思想编著，内容呈现方式上按 OPAE 五步训练法，再加一个拓展单元的教学原则呈现。即包含：目标（object）、任务（task）、准备（prepare）、实施或行动（action）、评估（evaluate）、拓展（expand）六步。这样做不但给读者提供了一个实实在在地掌握单片机应用技术的方法，还给读者提供了工作过程实践的训练内容和步骤，做到学习就是学习如何工作。

2. 本书内容编排上，包含了 C 语言知识、单片机知识、单片机外围电路知识，并把三者进行了有机融合。能够使初学者、本科/高职的学生、以及社会上的单片机爱好者从零基础开始学习单片机，还能掌握单片机控制系统设计的精髓，最终达到熟练使用 STC 单片机完成较高复杂程度的控制系统的水平。

总之，本书集成了笔者多年的教学经验，希望把它打造成一个新教师上手快，新学生学得快，满足职业教育发展需求，适应新形势的学习单片机应用技术的精品教材。

本书由吉林电子信息职业技术学院陈静、李俊涛、滕文隆等编著。具体编写任务分工如下：吉林电子信息职业技术学院陈静编写项目一、五、六，吉林电子信息职业技术学院李楠编写项目二，吉林电子信息职业技术学院郑宇平编写项目三，吉林电子信息职业技术学院李俊涛编写项目四，吉林电子信息职业技术学院于秀娜、梁玉文编写项目七，吉林电子信息职业技术学院滕文隆编写项目八，吉林电子信息职业技术学院陈西林编写附录 A、B、C。参与本书编写工作的还有吉林电子信息职业技术学院周莹、张立娟、高艳春、马莹莹、梁亮等。全书由姚永平主审。在此对所有关心和热情帮助本书出版的同志致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处难免，诚请广大读者提出宝贵意见（chen2004jing@126.com）。

编著者



目 录

项目一 设计制作一个单片机 I/O 口测试仪	1
进阶一 通过与计算机比较, 初步认识单片机	3
一、单片机的定义及单片机应用系统的组成	4
二、单片机的硬件和软件	5
三、单片机的应用和发展趋势	8
四、STC 单片机简介	9
五、IAP15W4K58S4 单片机介绍	10
六、单片机的学习方法	13
进阶二 单片机正常工作时的状态	14
一、IAP15W4K58S4 单片机典型应用电路介绍	16
二、51 单片机程序的运行机制	17
三、IAP15W4K58S4 单片机 I/O 口	19
进阶三 用单片机点亮 LED 指示灯	21
一、LED 基础知识	22
二、点亮一个 LED 信号灯电路	22
三、点亮一个 LED 信号灯的程序	23
四、Keil C51 软件和 STC Monitor51 仿真器使用方法	24
五、C 语言知识学习(一)——C 语言的基本语句	40
项目二 设计制作一台交通灯控制器	44
进阶一 设计一个 LED 闪烁信号灯控制系统	45
一、一个 LED 信号灯的闪烁电路	47
二、任务分析	48
三、IAP15W4K58S4 单片机控制一个 LED 信号灯闪烁的程序	49
四、C 语言知识学习(二)——while 语句	50
五、单片机程序结构	53
进阶二 简单的城市路口交通灯控制系统实例	58
一、程序流程图的基本结构	59
二、模拟城市路口交通灯控制系统举例	61
三、C 语言知识学习(三)——for 语句	63

项目三 设计制作一个仪表显示器	66
进阶一 用单片机控制一位数码管显示数字	66
一、数码管工作原理	67
二、一位数码管与单片机的连接电路	69
三、用单片机控制数码管显示“6”程序	69
四、C语言知识学习(四)——预处理命令和变量	70
进阶二 用单片机控制多位数码管显示不同的数字	73
一、8位数码管与单片机的连接电路	74
二、多联数码管与动态显示技术	74
三、74HC595简介与按时序图编程	75
四、8位数码管显示不同数字流程图	77
五、编程实现多位数码管显示不同的数字	78
六、C语言知识学习(五)——数组知识	80
进阶三 设计一个仪表的数码管数值显示器	82
一、C语言知识学习(六)——常用运算符	83
二、程序示例	86
进阶四 用字符液晶12864做显示器,显示汉字和数字	89
一、12864显示器介绍	90
二、12864使用说明	91
三、电路	94
四、12864显示的程序	94
项目四 设计制作医院病床呼叫系统控制器	100
进阶一 按钮控制电动机的启停	101
一、如何把电动机接到单片机上——功率驱动	101
二、交流电动机的驱动电路	103
三、按钮控制电动机的启停流程图	103
四、按钮控制交流电动机的启停程序	103
五、C语言知识学习(七)——if语句用法	105
进阶二 设计一台简易抢答器	108
一、简易抢答器中按钮的电路	108
二、简易抢答器流程图	108
三、简易抢答器程序	109
四、C语言知识学习(八)——switch、break、continue语句用法	111
进阶三 用一位数码管记录按钮按下的次数	112
一、按钮去抖动的方法	114
二、用8位数码管的第1位记录按钮按下的次数程序	114
进阶四 用4个组合按钮修改仪表上显示的数据	116
一、组合按钮电路	117
二、程序	117
进阶五 矩阵式键盘用法	121
一、矩阵式键盘	121

二、扫描程序	122
项目五 设计制作一个带时间显示的定时开关	125
进阶一 认识单片机的特殊功能寄存器	126
一、IAP15W4K58S4 单片机内部结构原理	126
二、单片机内部存储器结构与数据存放方法	127
三、特殊功能寄存器	128
四、STC15Fxxx.h 头文件	130
进阶二 设计一个故障报警器	136
一、中断知识	137
二、IAP15W4K58S4 单片机外中断的用法	146
三、单片机响应中断的过程	146
四、故障报警器电路	147
五、故障报警器程序	147
进阶三 设计一位秒表	148
一、定时器/计数器功能介绍	149
二、电路	158
三、程序	158
进阶四 使用串口实现两台单片机间的通信功能	162
一、串行接口通信简介	162
二、电路	172
三、程序	172
项目六 设计制作一个手持数显测量仪	176
进阶一 IAP15W4K58S4 单片机 I/O 口使用	177
一、IAP15W4K58S4 单片机 I/O 口的使用	177
二、主时钟分频、分频寄存器、主时钟对外输出	181
三、IAP15W4K58S4 单片机复位	182
四、IAP15W4K58S4 单片机的省电模式	186
五、IAP15W4K58S4 单片机的 EEPROM	187
进阶二 用 PCA 软件定时器功能实现 LED 灯 1s 闪烁一次	189
一、IAP15W4K58S4 系列单片机 CCP/PWM/PCA 模块简介	189
二、16 位软件定时器模式	193
三、程序	194
进阶三 用 PCA 模块的捕捉(捕获)功能测量脉冲宽度	196
一、PCA 模块的捕捉工作模式	196
二、高速输出模式	198
三、程序	199
进阶四 用 PCA 模块的 PWM 功能完成 LED 灯亮度调节	201
一、PCA 模块的脉宽调节模式	202
二、PWM 应用于 D/A 输出	204
三、PCA 模块的应用总结	204
四、程序	208

进阶五 用片内 A/D 模块实现一个简易的电压表	210
一、A/D 转换器介绍	210
二、ADC 模块的使用编程要点	214
三、程序	214
进阶六 用 SPI 通信模块完成两台单片机间的通信	217
一、IAP15W4K58S4 单片机的 SPI 接口	218
二、SPI 相关的特殊功能寄存器	218
三、SPI 接口的编程要点	220
四、电路	220
五、程序	220
项目七 设计制作一个多功能智能控制器	223
进阶一 用 DS18B20 测量教室内的温度	224
一、单总线介绍	224
二、DS18B20 简介	226
三、电路	228
四、程序	228
进阶二 设计一个日历时钟	235
一、I ² C 总线的基础知识	235
二、PCF8563 芯片硬件介绍	237
三、电路	239
四、程序	239
进阶三 自动窗帘	249
一、步进电动机简介	249
二、ULN2003 驱动芯片介绍	251
三、光敏电阻	252
四、电动机驱动模块 L298N 电路	254
五、电路	255
六、程序	256
进阶四 用 8×8 点阵轮流显示数字 0~9	258
一、8×8 点阵模块	258
二、电路	259
三、程序	259
进阶五 单片机解码红外线遥控	261
一、红外线遥控编码基础知识	262
二、电路	264
三、程序	265
项目八 使用 IAP15W4K58S4 控制的小型四轴飞行器设计	270
进阶一 使用 RTX51 进行单片机程序的开发	271
一、RTX51 Tiny 操作系统简介	271
二、单任务、多任务和基于 RTX51 Tiny 程序的比较	272
三、使用操作系统编写一个流水灯程序	275

四、RTX51 操作系统中任务的调度和参数的传递方法	277
五、在 RTX51 下编写遥控器摇杆程序	281
进阶二 使用无线模块 NRF24L01 收发数据	285
一、NRF24L01 收发模块介绍	285
二、使用 NRF24L01 设计小型四通道遥控器	292
三、使用 NRF24L01 设计小型四通道遥控器示例程序	293
进阶三 小型四轴飞行器中常见传感器用法与编程	304
一、四轴飞行器的传感器	306
二、六轴传感器 MPU-6050	306
三、六轴传感器 MPU-6050 程序示例	308
进阶四 小型电动机 PID 控制方法与编程	316
一、无刷直流电动机	317
二、直流电动机的调速	318
三、PID 控制	319
四、飞行器控制程序示例	319
附录	327
附录 A C51 库函数	327
A.1 寄存器头文件	327
A.2 字符函数	327
A.3 一般 I/O 函数	328
A.4 标准函数	329
A.5 数学函数	330
A.6 内部函数	331
A.7 字符串函数	331
A.8 绝对地址访问函数	333
附录 B Keil C 菜单项	334
附录 C 单片机中数据的表示与运算	336
C.1 二进制与十六进制数	337
C.2 BCD 码、ASCII 码与汉字编码	339
C.3 二进制数的加法和减法运算	341
C.4 二进制数的逻辑运算	341
C.5 带符号数的表示法	342
思考与练习	344
参考文献	345

项目一 设计制作一个单片机 I/O 口测试仪

项目目标

1. 认识单片机在改善日常生活水平和提高工业技术水平中的作用，理解单片机学习的重要性，激发学生的学习兴趣，初步了解本门课的学习方法；
2. 认识 IAP15W4K58S4 单片机所有的引脚，能够快速查找到相应的引脚，理解单片机的时钟、复位的作用，知道正常工作中电源、高电平、低电平的电压；
3. 知道每一个 I/O 口允许通过的电压、电流范围，能够正确地把一个发光二极管接到指定的 I/O 口上；
4. 理解软件和硬件的关系；
5. 会使用 Keil C51 软件和相应 STC 单片机的下载软件；
6. 能说出“点亮一个 LED 信号灯”程序中每一个语句的作用；
7. 能够判断 IAP15W4K58S4 单片机的好坏，知道判断单片机好坏的具体要点。

项目任务

单片机是微型计算机应用技术的一个重要分支，以其体积小、功能强、可靠性好、性能价格比高等特点，已成为实现工业生产技术进步、开发机电一体化和智能化测控产品的重要手段。它在工业智能仪器仪表、自动检测、信息处理、家电、低成本的控制系统中有着广泛的应用。

判断单片机芯片 I/O 口好坏，是每个使用单片机的设计人员不能回避的问题，因此第一个项目就来自己做一个单片机测试仪。

在实际工作中，测试单片机 I/O 口好坏，一种情况是在单片机入厂后，由专门的仪器设备完成；另外一种情况是，设计人员在设计调试单片机系统的过程中，为了判断是不是单片机 I/O 口故障而自行设计完成。

今天，假定红光自动化设备公司技术室小王去仓库领了 2 片好的 IAP15W4K58S4 单片机，在整理的过程中，不小心混入了一片内部 I/O 口损坏的同型号芯片。对于这个坏片，不能根据外形判断找出来，只能采取技术手段才能检查出来，请设计一个简单的单片机测试仪，把它找出来。

项目实施条件

1. 仪器：普通万用表一台，STC 单片机实验箱一台。STC 单片机实验箱外形如图 1-1 所示；实

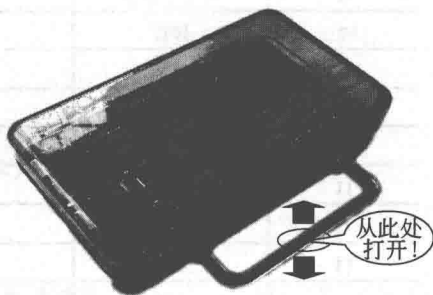


图 1-1 STC 单片机实验箱外形

验板布局如图 1-2 所示。

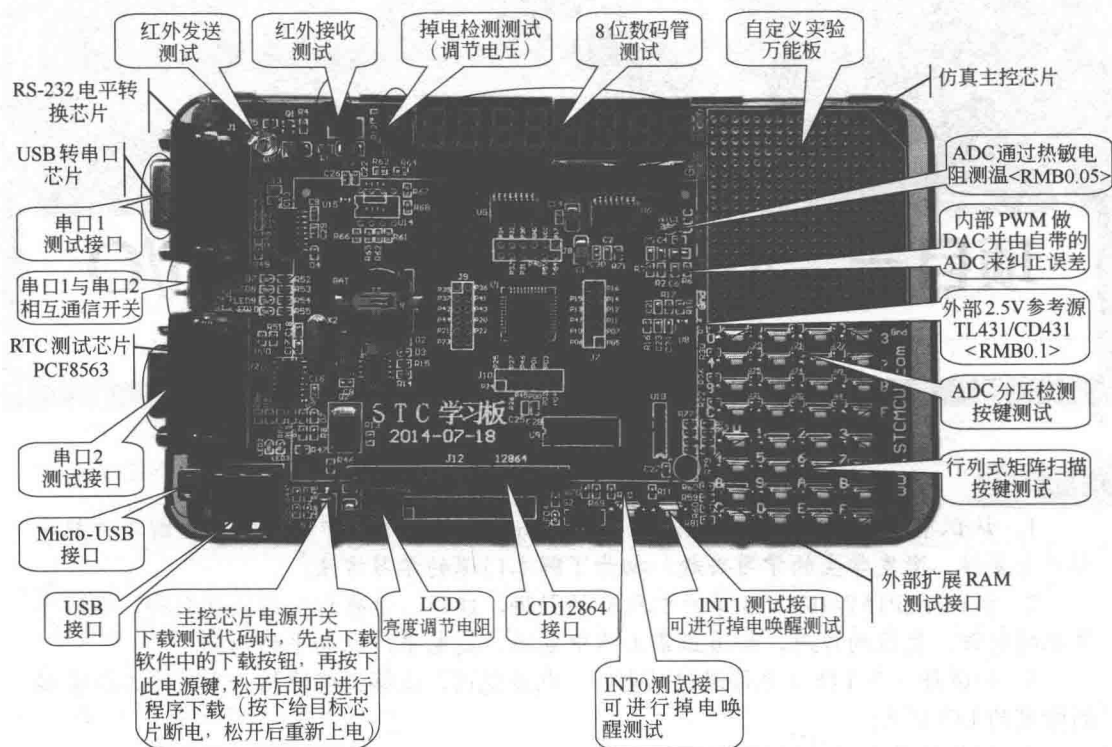


图 1-2 STC 单片机实验板布局

2. 软件: Keil 软件和 STC 单片机下载软件。
 3. 如果完全自制还需工具: 电烙铁、螺钉旋具、斜口钳、尖嘴钳、剥线钳等。
- 元器件及材料: 按表 1-1 配置元件。

表 1-1 自制单片机 I/O 口测试仪元器件清单

序号	元器件及名称	型号及规格	数量
1	单片机	IAP15W4K58S4 DIP40 封装	3
2	通用电路板	150mm×10mm	1
3	电阻	1kΩ/1/8W	12 个左右
4	发光二极管	红色	4 个左右
5	发光二极管	黄色	4 个左右
6	发光二极管	绿色	4 个左右
7	排针	2.54mil	50 个
8	焊锡	φ1.0mm	若干
9	杜邦线	2.54mil	40 根
10	导线	单股 φ0.5mm	若干
11	USB 接口		1 对 (一公一母)
12	USB 电脑连接线		1 根 (和接头相配)
13	稳压二极管	3.3V	2 个
14	电阻	22Ω	2 个

进阶一 通过与计算机比较，初步认识单片机

王××是×学院的学生。某天，她想去学校附近的×超市买些作业本和水果。她来到超市，发现超市的很多货物上都有条形码，卖水果的电子秤能自动称出水果的重量和打出条形码，收银台能按条形码收取的顾客的钱。

经过查资料，王××知道，能够读条形码、制作条形码、计算金额的核心技术是单片机技术。原来，单片机就在自己身边，这令王××很惊讶。

经过进一步查资料，她还发现单片机不但在超市中使用，还在家用电器、数控机床、自动化生产线上用，单片机的应用真广泛呀。

那么就一起来认识一下单片机吧！

【目标】

通过本进阶内容学习和训练，能够体会到单片机的广泛应用，了解单片机系统组成，知道单片机软硬件的作用，了解 STC 单片机的性能，了解应该如何学习单片机课程。

【任务】

初步了解单片机，主要内容包括：

1. 哪些仪器设备中使用了单片机，单片机给人们的生活和工作带来了哪些便利？
2. 了解单片机的定义及单片机应用系统的组成。
3. 理解单片机的硬件和软件的关系。
4. 了解单片机的应用和发展趋势。
5. 了解学习单片机的方法。

【行动】

一、猜一猜

猜一下下面的设备中，哪些用到了单片机？根据是什么？

1. 全自动血压计
2. 全自动洗衣机
3. 电梯
4. 上下课自动打铃器
5. 机器人
6. 液晶电视机
7. 手机
8. 数控机床

二、议一议

单片机给人们的生活带来了哪些便利？如果没有单片机会怎样？

三、学一学

1. 什么是单片机？什么是单片机应用系统？
2. 单片机是由哪两部分组成的？这两个部分是什么关系？
3. 单片机硬件的基本性能有哪几个方面？

4. IAP15W4K58S4 单片机内部资源都有哪些? IAP15W4K58S4 型号的意义是什么?

【知识内容】

一、单片机的定义及单片机应用系统的组成

单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer) 简称单片机, 是指集成在一块芯片上的计算机。它具有结构简单、控制功能强、可靠性高、体积小、价格低等优点, 在许多行业都得到了广泛的应用。从航天航空、地质石油、冶金采矿、机械电子、轻工纺织到机电一体化设备、邮电通信、日用设备和器械等, 单片机都发挥了巨大的作用。

1. 微型计算机系统

微型计算机系统由硬件系统 (Hardware) 和软件系统 (Software) 两大部分组成。

① 硬件系统是指构成微机系统的实体和装置, 通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。其中, 运算器和控制器, 统称中央处理单元 (Central Processing Unit, 简称 CPU), 是微机的核心部件, 配上存放程序和数据存储器、输入/输出 (Input/Output, 简称 I/O) 接口电路及外部设备即构成微机的硬件系统。

下面把组成计算机的五个基本部件作简单说明。

a. 运算器, 又称为算术逻辑单元 (Arithmetic Logic Unit, ALU)。操作时, 控制器从存储器取出数据, 运算器进行算术运算或逻辑运算, 并把处理后的结果送回存储器。

b. 控制器, 是计算机的指挥控制部件, 用于自动协调计算机内各部分正常有序地工作。执行程序时, 控制器从程序存储器中取出相应的指令数据, 然后向其他功能部件发出指令所需的控制信号, 完成相应的操作, 再从程序存储器中取出下一条指令执行, 如此循环, 直到程序完成。

c. 存储器, 是计算机的记忆部件, 存储器既能够接收和保存数据, 又能够向其他部件提供数据。存储器分为程序存储器和数据存储器两大类。

d. 输入设备, 用于将程序或数据输入到计算机中, 如键盘、传感器接口电路等。

e. 输出设备, 用于把计算机计算或加工的数据结果, 以用户需要的形式显示、保存或输出, 如显示器、打印机等。

② 软件系统是指微机系统所使用的各种程序的总体。软件的主体驻留在程序存储器中, 人们通过它对微机的硬件系统进行控制并与外部的输入设备、输出设备进行信息交换, 使微机的硬件系统按照人的意图完成预定的任务。

软件系统与硬件系统共同构成实用的微机系统, 两者相辅相成, 缺一不可。

2. 单片机

单片机是指集成在一个芯片上的微型计算机, 也就是把组成微型计算机的各种功能部件, 包括 CPU、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read-only Memory)、并行输入/输出 (Input/Output) 接口电路、串行输入/输出 (Input/Output) 接口电路、定时器/计数器、中断系统等部件制作在一块集成芯片上, 构成一个完整的微型计算机, 从而实现微型计算机的基本功能。单片机内部结构示意图如图 1-3 所示。

单片机实质上是一个芯片, 在实际应用中, 通常很难直接和被控对象进行电气连接, 必须外加各种扩展接口电路、输入/输出设备等硬件, 才能构成一个单片机硬件系统电路。这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。

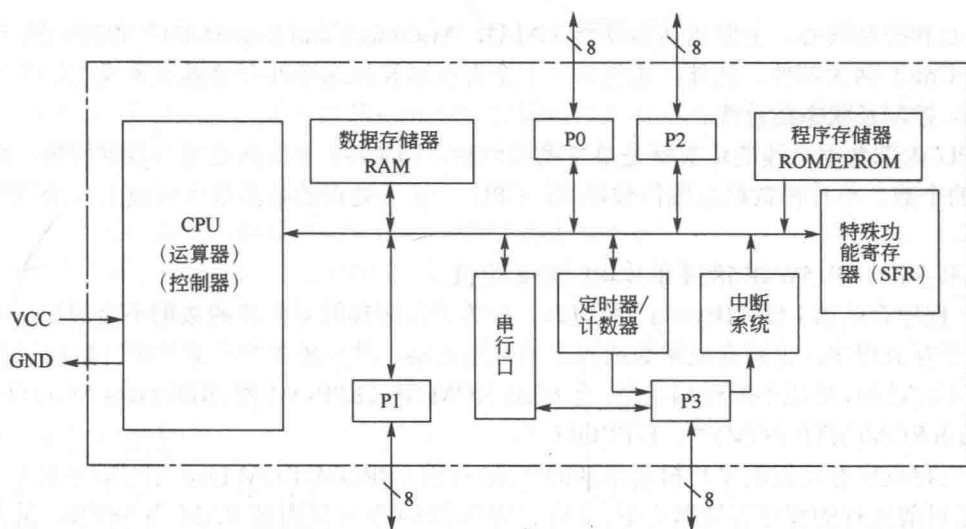


图 1-3 单片机内部结构示意图

3. 单片机应用系统及组成

单片机应用系统是以单片机为核心，配以输入、输出、显示、控制等外围电路和软件，能实现一种或多种功能的实用系统。单片机应用系统由硬件和软件组成，硬件是应用系统的基础，软件是在硬件的基础上对其资源进行合理调配和使用，从而完成应用系统所要求的任务，二者相互依赖，缺一不可，单片机应用系统的组成如图 1-4 所示。

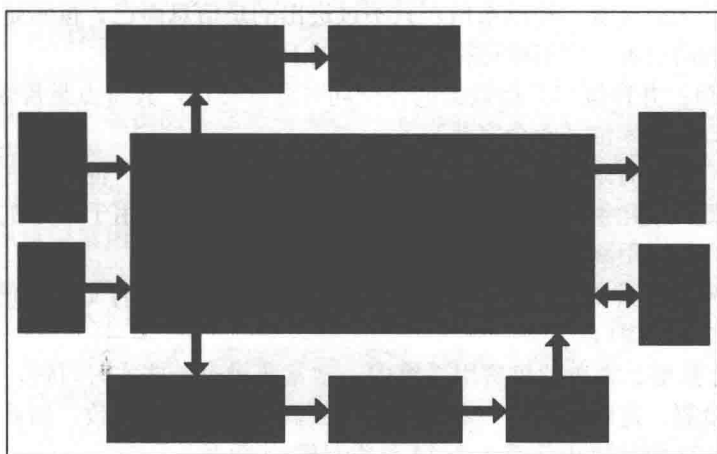


图 1-4 单片机应用系统的组成举例

由此可见，单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机，并能够将二者有机结合起来，才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

二、单片机的硬件和软件

1. 单片机硬件基本性能

① CPU，即中央处理器。中央处理器（CPU，Central Processing Unit）是一台单片机的

运算核心和控制核心，主要包括运算器（ALU, Arithmetic and Logic Unit）和控制器（CU, Control Unit）两大部件。此外，还包括若干个寄存器和高速缓冲存储器及实现它们之间联系的数据、控制及状态的总线。

CPU 内部数据总线的位数就是单片机的位数，即 CPU 一次能处理的数据位数，而不是 I/O 口的个数。单片机数据总线位数越高，CPU 一次能处理的数据量也就越大，处理速度也就越快。

本书主讲 IAP15W4K58S4 单片机，是 8 位机。

② 程序存储器 ROM (Bytes)。掉电时，存放于程序存储器内部的数据不会消失，因此其主要用于存放程序，也可存放常数或固定的数据表格。单片机生产厂家按单片机内部程序存储器的不同结构，形成不同结构类型，有 Mask ROM 型、EPROM 型、ROM less 型、OTP ROM 型、Flash ROM(MTP ROM)型、E²PROM 型。

前三种程序存储器的单片机是早期的产品，目前 EPROM、ROM Less 型已较少使用，Flash ROM 是目前流行的程序存储器类型。IAP15W4K58S4 单片机内部 RAM 为 58KB，属于最新的 E²PROM 型，能够在线更改程序。

③ 数据存储器 RAM(Bytes)。主要用于存放程序执行过程中产生的中间数据。掉电时，数据自动丢失，好比打字没存盘。IAP15W4K58S4 单片机内部 RAM 为 4KB，是目前市场上单片机的 RAM 中比较大的。

④ 时钟频率(MHz)。一般情况下时钟频率越高，单片机的执行速度越快，IAP15W4K58S4 时钟频率可达 24MHz 以上。

⑤ I/O 口 (Input/Output)的多少。单片机 I/O 口有两种：串行通信口和并行通信口。它们是单片机和外界交换信息的通道。如果把单片机看成一个负责信息处理的“水库”，I/O 口就好比是“水库”上的进水口和出水口，只不过进出的是信息而已。按钮是一种输入设备，而打印机是一种输出设备，它们就连接在单片机的 I/O 口上。

a. 并行 I/O 口：并行接口是指数据的各位同时进行传送，其特点是传输速率快。8 位的单片机中一个并口就是 8 位（一个字节）。

b. 串行 I/O 口：串行通信是指数据一位一位地依次传输，每一位数据占据一个固定的时间长度，因此只要少数几条线就可以在系统间交换信息，特别适用于单片机与单片机、单片机与外部设备之间的远距离通信。

IAP15W4K58S4 单片机除了电源引脚，其他脚都可以作为并行 I/O 口使用，同时具有 4 个普通串口和 1 个 SPI 串口。

⑥ 定时器/计数器。在单片机应用系统中，常常要求有一些实时时钟，以实现定时或延时控制，如定时检测、定时扫描等；还要求有计数器对外部事件计数，如对外来脉冲的计数等。IAP15W4K58S4 单片机内部有 5 个 16 位定时器/计数器。

除此以外，单片机硬件的其他性能还有中断、A/D 转换通道、加密锁、空闲和掉电模式等。

知识小问答

① 什么是位 (bit) ?

计算机所能表示的最小的数字单位，即二进制数的位。通常每位只有 2 种状态：0、1。

② 什么是字节 (Byte) ?

8 位 (bit) 为 1 个字节，是内存的基本单位，常用 B 表示。

③ 什么是字 (Word) ?