

平凡的探索

【博客藏经阁丛书】

单片机工程师与教师的思考

周 坚 编著



北京航空航天大学出版社

平凡的探索

【博客藏经阁丛书】

单片机工程师与教师的思考

曹坚 编著



 北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书通过一系列单片机项目开发案例的分析,有侧重地展示各个案例,包括作者开发过程中曾走过的弯路,尽可能地启迪读者的思维,教给读者“学习与开发”的方法。

本书共分15章,第1章介绍开发环境,其余各章分别针对一个案例进行介绍。这些案例有一些是专门设计的学习任务,有一些是从实际项目中提取而来。各章的内容除了知识点的介绍外,还尽可能引导读者进行思考,理解诸如“如何开发出符合客户要求的产品”,“如何不断跟踪新知识、新技术”等问题,帮助读者尽快从“学习者”转变为“开发者”。

本书适用于已掌握单片机基本知识的工程师、大学生等人员阅读,也可以作为单片机开发人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

平凡的探索:单片机工程师与教师的思考/周坚编
著.—北京:北京航空航天大学出版社,2010.10
ISBN 978-7-5124-0219-5

I. ①平… II. ①周… III. ①单片微型计算机 IV.
①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 180548 号

版权所有,侵权必究。

平凡的探索

单片机工程师与教师的思考

周 坚 编著

责任编辑 董云凤 张金伟 张 淳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:20 字数:448千字

2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-5124-0219-5 定价:36.00元

前言

很多读者在读完作者所编著的《单片机轻松入门》、《单片机 C 语言轻松入门》等书后,来信与作者探讨这样一个问题:书上的例题都做了,自我感觉也有一定的编程能力了,但就是不能进行独立的开发工作,应该如何进一步深入学习,从而尽快具有独立工作的能力?

这是很多人学习中都会遇到的问题,这个问题单纯依靠“学习”或者“读书”很难解决。但是一本好书仍可以提供一个较好的途径,帮助读者尽快从“学习者”进入“开发者”的行列,本书是作者为解决这一问题而进行的尝试。

本书主要是基于单片机项目开发案例来进行讨论,但作者并非仅仅罗列案例的各种资源,更非简单地列出源程序,而是对所选择的案例进行深入分析,将作者在这一项目开发时所经历的过程(包括曾走过的弯路)有选择地展示出来。这样做的目的是希望能启迪读者的思维,真正教给读者“学习与开发”的方法,而并非仅仅提供给读者一个可以复制的实例。本书所选择的案例难易程度适中,并且各个案例都会有针对性地解决一些中等级别难度的问题,比如小数的运算和显示问题、C 语言多模块编程问题等。

本书包括以下内容:第 1 章是开发环境的介绍,介绍目前较为常见和流行的开发工具,如仿真机、在线编程、JTAG 调试器等,与工程师所用的开发环境保持一致。第 2~5 章通过一个统一的平台学习几个典型的具有独立功能的“小产品”,如电压测量、速度测量、温度测量以及使用 PID 进行温度控制等。每个小产品都提供电路图、源程序,并介绍相关的知识,调试过程中需要注意的问题等。这些小产品花费不大,读者可以自行练习制作。第 6~15 章的内容是从实际的产品中提取出来的功能模块,或者针对读者常见问题而专门设计的学习任务。第 6 章和第 7 章通过单片机控制机械手、机加工平台,学习如何模仿 PLC 中定时器的用法和状态转移法在编程中的应用。第 8 章介绍的是一个通用显示器的开发,重点展示产品不断演化的过程,让读者看到开发者紧跟当前技术发展而不断改进设计的思路。本章结尾提出新的设计方案,读者可在这个产品的基础上进一步地研发。第 9 章是针对很多读者遇到的学习瓶颈问题设计的一个趣味任务,展示一个小项目开发的完整过程,教给读者如何将零散的程序片断“装配”成一个能实现完整功能的程序。本章还给读者提出了“如何才能开发出符合客户要求的产品”这样一个命题,引领读者进行这方面的思考,以便达到能够独立完成项目的目的。第 10 章“红外遥控”给读者所呈现的是作者在遇到未知知识时,如何探索并解决问题的过程。第

前言

11 章“‘星际飞船’控制器”是一个综合性较强的实际项目,通过对这一项目开发过程的研读,读者可以领悟到模块化设计的思想。第 12 章“智能仪器设计”是针对很多网友和读者提出的“小数点运算和显示”问题而专门设计的一个学习任务,通过这一任务详细分析使用 C 语言来处理小数点的方法。第 13 章“便携式无线抢答器”讨论的是无线数据传输、点阵 LCM 显示的问题,并进一步学习 C 语言模块化编程的方法。第 14 章“开放式 PLC 的开发”以一个开放式 PLC 为平台,详细讨论了使用梯形图对单片机进行编程的方法。这是很多读者非常感兴趣的内容,网络上讨论很多。本章内容不仅给出了作者研究的结果,而且讨论了实现方法,提供了 C 语言源程序和上位机所用的 Visual BASIC 源程序。本章最后还提出一些如何改进设计的建议,读者可以根据这些思路去进一步研究。不管读者是否从事工业控制工作,本章所讨论的内容都会对您的研发有所帮助。第 15 章“全数字信号发生器”所讨论的是一个简单仪器的开发过程,除了电气设计以外,还提供了简单的装配安装等机械设计的过程。

本书由“周坚名师工作室”组织编写。周坚编写了第 1、2、15 章,夏爱联编写了第 3、4 章,张庆明编写了第 5、6 章,张映盛编写了第 7、8 章,汤欣编写了第 9、10 章,冷雪锋编写了第 11、12 章,龚益民编写了第 13、14 章,全书由周坚统稿;阮丰、周勇完成了电路的制作和调试工作,许康、陈建荣完成了程序调试工作,陈素娣、周瑾等参与了本书的多媒体制作、插图绘制、文字输入、排版等工作。

如果您是一位成熟的工程师,本书并不适合您。如果您正在学习单片机,入门后苦于无法进一步提高;如果您正在做单片机方面的毕业设计;如果您正准备参加与单片机有关的创新比赛等工作,那么,这本书就比较适合您。本书并不是一本单纯用来“读”的书,书中提出了很多问题,如果读者能够动手做一做实物,或者用软件仿真一下,或者编写一下程序,哪怕仅仅只是作一些思考,也会对自己的成长大有帮助。

周 坚
2010 年 5 月

目 录

第 1 章 单片机的开发环境

1.1 仿真机	1
1.2 编程器	2
1.3 其他开发工具	5
1.3.1 ISP 工具	6
1.3.2 JTAG 工具	7

第 2 章 测速表的制作

2.1 脉冲信号的获得	9
2.1.1 霍尔传感器	9
2.1.2 光电传感器	11
2.1.3 光电编码器	11
2.2 硬件连接	12
2.3 软件编程	13
思考与实践	18

第 3 章 多路输入电压表的制作

3.1 模/数转换简介	19
3.2 TLC1543 特性简介	19
3.3 单片机与 TLC1543 芯片的接口	20
3.4 TLC1543 驱动程序编写	21
3.5 多路输入电压表程序的编写	24

目 录

第 4 章 步进电机驱动

4.1 步进电机常识	29
4.2 永磁式步进电机的控制	30
4.3 步进电机的驱动实例	32
4.3.1 要求分析	32
4.3.2 程序实现	33
4.4 使用步进电机驱动器	40
4.4.1 步进电机驱动器	40
4.4.2 用步进电机驱动器驱动步进电机	42
思考与实践	43

第 5 章 温度的测量与控制

5.1 使用 DS18B20 制作温度计	44
5.1.1 1-Wire 总线介绍	44
5.1.2 DS18B20 器件	44
5.1.3 用单片机控制 DS18B20 制作温度计	49
5.2 使用数字 PID 控制温度	54
5.2.1 数字 PID 的原理	54
5.2.2 使用数字 PID 控制加热器	57
思考与实践	66

第 6 章 使用单片机控制机械手

6.1 外形与结构	67
6.2 动作过程描述	68
6.3 单片机控制电路	69
6.4 程序编写	73
6.4.1 控制板与控制对象的关系	73
6.4.2 工作状态细分	74
6.4.3 控制程序分析	76
思考与实践	88

第 7 章 使用单片机控制加工站

7.1 加工过程描述	89
------------	----

7.2 硬件电路	90
7.3 控制对象分析	91
7.3.1 控制板与控制对象的关系	91
7.3.2 工作状态细分	92
7.4 控制程序	93

第 8 章 通用显示器的开发

8.1 硬件电路	100
8.2 软件部分	102
8.3 显示器的使用	108
8.4 设计改进	110
8.4.1 硬件设计的改进	110
8.4.2 软件设计的改进	112

第 9 章 电子萤火虫

9.1 萤火虫发光与 PWM 技术	115
9.1.1 PWM 技术	115
9.1.2 STC12C56S2 的 PWM 发生器模块	116
9.1.3 用单片机生成 PWM 波形	120
9.2 用按键改变占空比	121
9.3 将占空比显示出来	124
9.3.1 字符型液晶显示屏	124
9.3.2 字符型液晶显示器的驱动程序	126
9.3.3 液晶显示程序与现有程序的组合	130
9.4 电子萤火虫的制作	132
9.4.1 基本功能的实现	132
9.4.2 真实萤火虫发光的模拟	133

第 10 章 红外遥控

10.1 红外遥控知识	136
10.2 红外遥控信号检测	138
10.2.1 STC12C5A56S2 的串行通信	138
10.2.2 测试程序	143
10.3 遥控器的制作	150

目 录

第 11 章 “星际飞船”控制器

11.1 “星际飞船”状态与功能	154
11.1.1 运行状态描述	154
11.1.2 功能描述	155
11.1.3 设置状态描述	156
11.2 硬件设计	157
11.3 模块化编程	159
11.4 程序分析	162

第 12 章 智能仪器设计

12.1 设计任务分析	195
12.2 浮点数	195
12.2.1 浮点数的基本知识	196
12.2.2 C51 中的浮点数	196
12.2.3 浮点数转化为整数型数	201
12.3 智能仪器设计的实现	202

第 13 章 便携式无线抢答器

13.1 便携无线抢答器方案选择	217
13.2 点阵型液晶屏简介	218
13.2.1 FM12864I 及其控制芯片 HD61202	218
13.2.2 HD61202 及其兼容控制驱动器的特点	220
13.2.3 HD61202 及其兼容控制驱动器的指令系统	221
13.2.4 字模的产生	222
13.2.5 LCM 驱动程序	227
13.3 无线模块	233
13.4 手持式终端的软件设计	235
思考与实践	252

第 14 章 开放式 PLC 的开发

14.1 PLC 简介	255
14.2 梯形图转换方法分析	256
14.2.1 LD 类指令	257

14.2.2	AND 和 ANI 类指令	258
14.2.3	OR 和 ORI 类指令	258
14.2.4	ANB、ORB、MPS、MRD、MPP、INV 指令	259
14.2.5	MC 指令与 MCR 指令	259
14.2.6	OUT 类指令	259
14.2.7	SET 与 RST 类指令	260
14.2.8	LDP 和 LDF 指令	261
14.2.9	NOP 和 END 指令	261
14.3	使用单片机处理 PLC 程序	262
14.3.1	整体流程	262
14.3.2	输入采样	265
14.3.3	PLC 指令的分解	266
14.3.4	系统变量设计	267
14.3.5	计数器类指令	269
14.3.6	定时器类指令	270
14.3.7	输出处理	273
14.4	较高代码效率的程序	274
14.4.1	指令代码分析	274
14.4.2	区分指令类别	276
14.4.3	内存单元分配	277
14.4.4	对各软元件进行操作	278
14.4.5	锁存类指令处理	279
14.4.6	沿跳变指令处理	280
14.4.7	拓展与思考	283
14.5	上位机软件编写	284
14.5.1	Visual Basic 2008 Express 简介	284
14.5.2	上位机程序的实现	285

第 15 章 全数字信号发生器

15.1	仪器性能分析	293
15.2	初步设计	293
15.2.1	显示部分	293
15.2.2	键盘部分	294
15.2.3	工作过程总体描述	294

15.3 硬件电路的设计.....	294
15.3.1 整体电路设计.....	295
15.3.2 原理图设计.....	296
15.3.3 面板与印刷线路板设计.....	299
15.3.4 仪器装配.....	300
15.4 软件设计.....	301
15.4.1 键盘程序.....	301
15.4.2 小数点处理.....	303
15.4.3 AT24C01A 的读/写	304
15.4.4 信号产生.....	304
参考文献.....	307

第 1 章

单片机的开发环境

随着单片机技术的不断发展,单片机开发环境也在不断发生着变化。从命令行方式下的编译方式到目前各种功能强大的集成开发环境(IDE);从简易仿真机到当前各种功能强大的仿真机、JTAG 仿真机;从普通的编程器到多功能的通用编程器、智能编程器、ISP 下载线;从几乎清一色国外知识产权的产品到国人自主研发的各型产品;可谓百花齐放,用户可选择的范围非常之广泛。以下对一些常用的单片机开发设备进行简要介绍。

1.1 仿真机

随着开发设备的不断更新和开发理念的不断变换,仿真机在当前单片机开发工作中的地位有些下降。但是,在实际开发工作中,有一台仿真机仍会给调试工作带来很大的方便。因此,在条件允许的情况下,配置一台仿真机较为合适。

仿真机由仿真主机、仿真头、电源及仿真软件等部分组成,其中仿真机的主机由负责与上位机(一般就是指 PC 机)的通信部分、仿真头驱动部分等组成。图 1-1 是 TKS-52S 仿真机的主机部分外形图,图 1-2 为仿真头外形图。

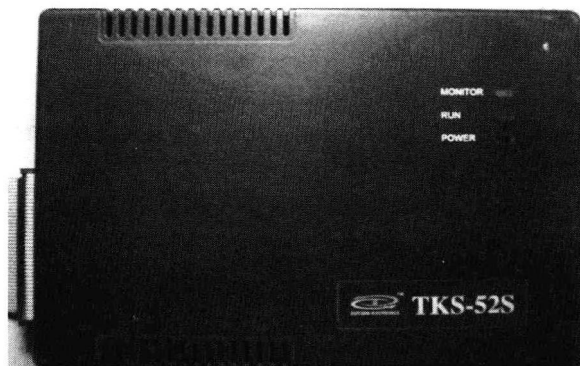


图 1-1 TKS-52S 仿真机的主机部分

第1章 单片机的开发环境

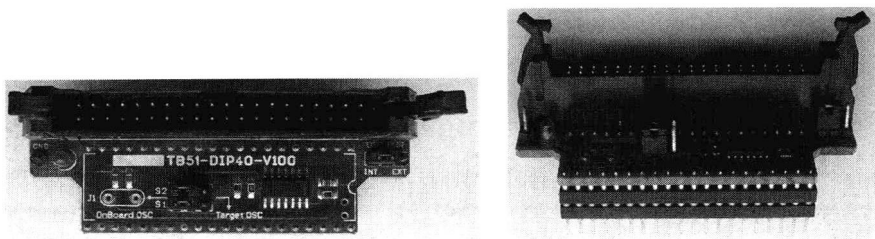


图 1-2 仿真头外形图

在进行调试工作时,仿真机的主机通过串行口或者 USB 接口与上位机连接,仿真头与主机连接,将目标电路板上的 MCU 从插座上取下来,把仿真头插入这个插座中,如图 1-3 所示。这时,整个仿真机所起的作用,就如同那块目标电路板上的 MCU 一样。不过,花了这么大的代价用仿真头来替代这个 MCU,并非仅仅就是要让其如同 MCU 那样运行。

MCU 的工作是不断地从 ROM 中取出一条一条的指令,然后根据指令的要求进行相应的操作。指令的执行是一刻也不会停的,因此,当程序代码写入芯片以后,只能观察到运行的结果是否与设计相符。如果运行结果与设计不相符,问题出在哪里却无法确切知道。也许是程序中某个变量赋了不当的初值,也许运算的算式写错了一个符号,也许是某个应该送出的高/低电平信号没有送出,也许是某一串送出的序列信号不正确。但究竟是什么原因,凭猜测是不够的。这时,就要借助于仿真机强大的调试能力了。

仿真机之所以能够查找错误,是因为它有这样一些功能:单步执行、过程单步执行、观察代码执行的历史、设定断点等。通过这些功能,能够将动态变化的信号变成静态的信号,便于开发者观察信号变化过程中出现的种种问题。

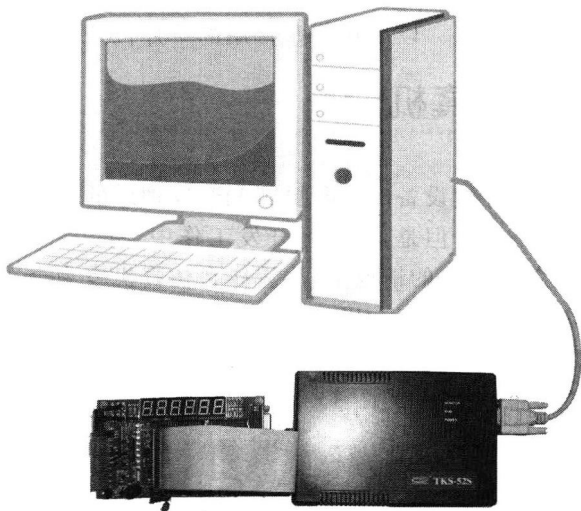


图 1-3 仿真机与电路板和上位机的连接示意图

1.2 编程器

编程器又称“烧写器”,是将目标代码或其他数据写入 MCU 或者其他可编程芯片的一种

工具。

在程序代码编写并调试完成以后,就形成功能完整的目标代码。这时,必须将仿真机从目标电路板上取下来,将已写好代码的 MCU 芯片插入电路板,得到可以交付用户的电路板。将目标代码写入 MCU 的过程称为“编程”或者“烧写”,用来进行编程或者烧写的工具称为“编程器”或者“烧写器”。如图 1-4 所示是市场上常见的一些编程器,既有成千上万元的生产型编程器,也有仅几百元的业余爱好者使用的编程器。

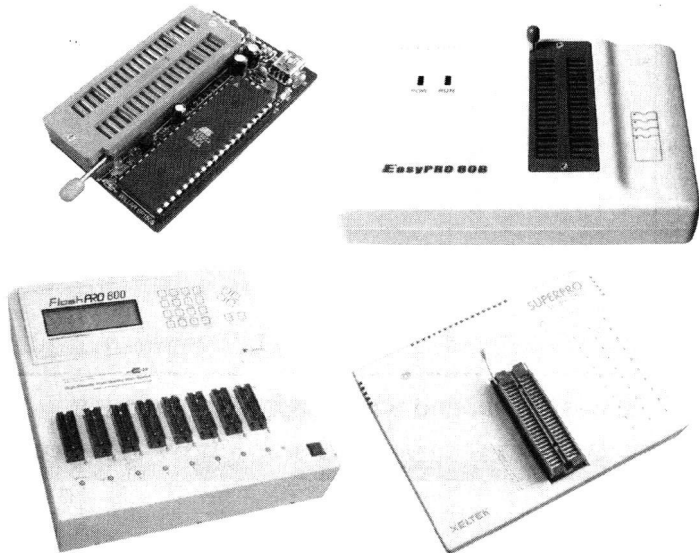


图 1-4 市场上常见的几种单片机编程器

这里以西尔特公司的 SUPERPRO 系列编程器为例进行介绍。SUPERPRO 是一种性价比高、可靠、快速的通用编程器系列,适用于 Intel 586 或基于奔腾处理器的 IBM 兼容台式机或笔记本电脑,工作时直接与计算机并行口或 USB 端口(依型号而定)通信。

与单片机仿真机相同,单片机编程器也是一个软、硬件一体的工具。除了需要硬件外,还需要有配套的软件。如图 1-5 所示是 SUPERPRO 系列编程器配套软件的工作主界面,通过 USB 接口与计算机相连的是 SUPERPRO 280U 型编程器。

从图 1-5 中可以看到,软件已识别到主机,并控制主机处于准备好状态。通过软件可以选择器件、打开待写入芯片的代码文件、设定器件的配置字、设定编程参数等。如图 1-6 所示是选择器件的对话框,从图中可以看到,该编程器支持的芯片种类很多,包括各种 EEPROM、PLD、MCU 等。通过查询其网站说明,可以看到 SUPROPRO 280U 编程器支持的芯片可达 20 000 多种。

第 1 章 单片机的开发环境

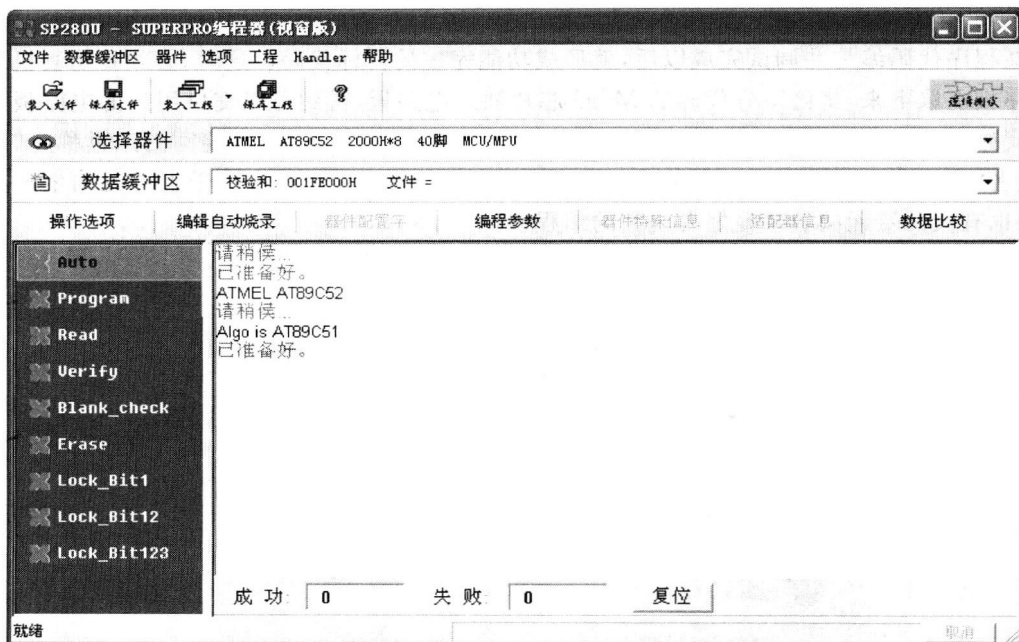


图 1-5 SUPROPRO 系列编程器配套软件工作主界面

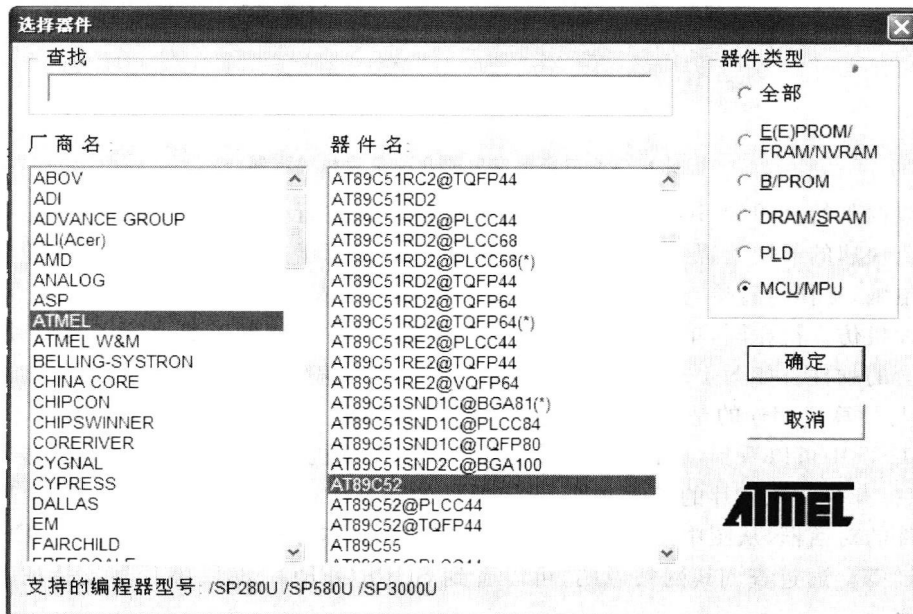


图 1-6 选择器件

选择好器件以后,即可以通过如图 1-5 所示左侧边的工具按钮进行操作。选择不同的芯片时,这个工具按钮也不相同。以选择 AT89C52 芯片为例,各种操作为:Program(将目标代码写入空白的芯片中);Read(读出未加密的芯片中的内容);Verify(校验);Blank_Check(空片检查);Erase(擦除芯片中的内容及保密位);Lock Bit(写锁定位)。对于一块新的芯片,可以直接进行 Program 操作,否则一般需要先进行 Erase 和 Blank_Check 操作,才能进行 Program 操作。而在 Program 之后,一般要进行 Verify 和 Lock Bit 操作。

为了方便操作,可以选择“编辑自动烧录方式”,如图 1-7 所示。根据编程的需要选择各种功能依次加入到右侧的列表框中,然后单击“确定”按钮,即可编辑完成自动烧录方式。在编辑好自动烧录方式后,将芯片插入编程器的插座,单击 Auto,即可依次完成预设的各种操作。如按图 1-7 所示,将依次完成对芯片的操作、空片检测、编程、检验、写 3 个锁定位的操作。

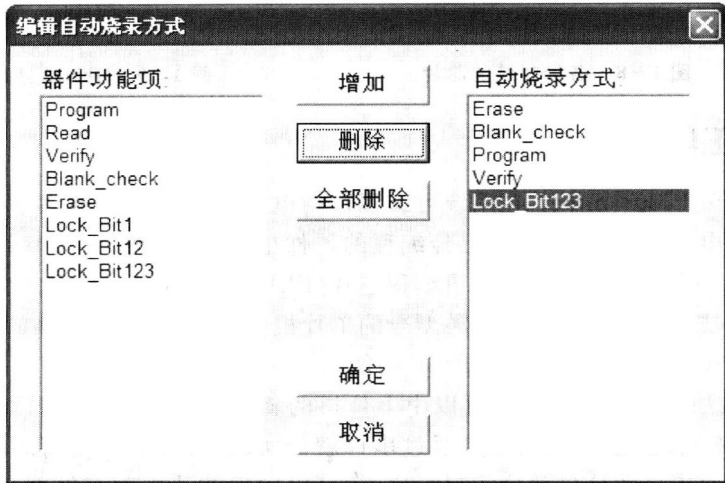


图 1-7 编辑自动烧录方式

1.3 其他开发工具

随着技术的不断发展,新型的单片机层出不穷,新的技术也在不断应用。近年来,有代表性的、被普遍应用的技术有 ISP、JTAG 等技术。

当使用仿真机进行开发时,要求将仿真头插入到芯片插座中,这就要求目标电路板采用双列直插封装的芯片,或者采用 PLCC 封装的芯片。但是目前芯片的发展趋势是使用越来越轻、薄、小的封装形式,如 SOP、TQFP 等,如图 1-8 所示。

在生产中这些芯片大都是被直接焊接在目标电路板上,这就无法使用仿真机来进行调试。为解决这一问题,有一些折衷方案,例如,可以专门做一块用于开发的电路板,这块电路板使用

第1章 单片机的开发环境

双列直插的芯片。使用这块开发板进行调试,最终生产时,使用相同型号的其他封装类芯片。但这样做有很多不方便,不仅要另外制作印刷线路板,而且还要使用专用的编程器附件来写芯片,如图1-9所示。有时,对于时序、EMC等要求严格的产品,重新设计印刷线路板将付出重大的代价。随着技术的不断发展,这一问题在不断地得到解决。

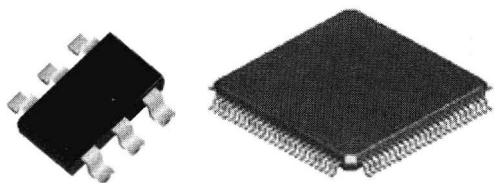


图 1-8 各种封装的芯片

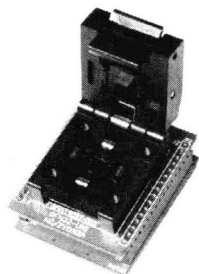


图 1-9 QFN32 适配器

1.3.1 ISP 工具

ISP(In System Programmer,在系统可编程),指电路板上的空白器件可以编程写入目标代码,而不需要从电路板上取下器件,已经编程的器件也可以用ISP方式擦除或再编程。ISP技术最早由Lattice公司提出,最初用于可编程芯片(PLD)。随着这一技术的应用,人们发现其便利性,于是这一技术被不断移植到各种型号的单片机中。目前,越来越多的单片机芯片具有ISP功能,常用的AT89S52芯片即具有ISP功能。

ISP的通用做法是内部的存储器可以由上位机的软件来改写,这种改写可能必须通过使用一个专用工具来实现,也可能只需要通过串口就能实现。因此,即使将芯片焊接在电路板上,只要留出与专用工具的接口部分或串行口,就可以实现芯片内部存储器的改写,而无须再取下芯片。

ISP技术的优势是不需要编程器就可以进行单片机的实验和开发,单片机芯片可以直接焊接到电路板上,调试结束即为成品,避免了调试时由于频繁地插入、取出芯片而对芯片和电路板带来的不便。

如图1-10所示是一个ISP编程器与单片机应用电路板连接的例子。图的下方是一个具有ISP编程功能的编程器,它通过10芯扁平电缆与目标电路板连接。

目标电路板预留了一个10芯的电缆接口,该

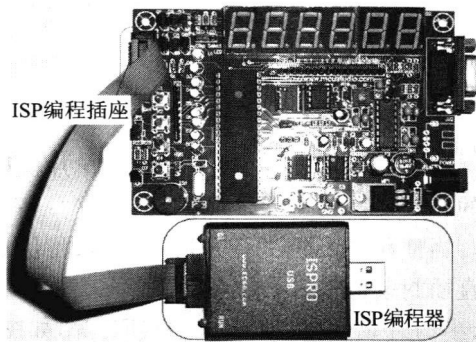


图 1-10 使用ISP编程器对目标电路板编程