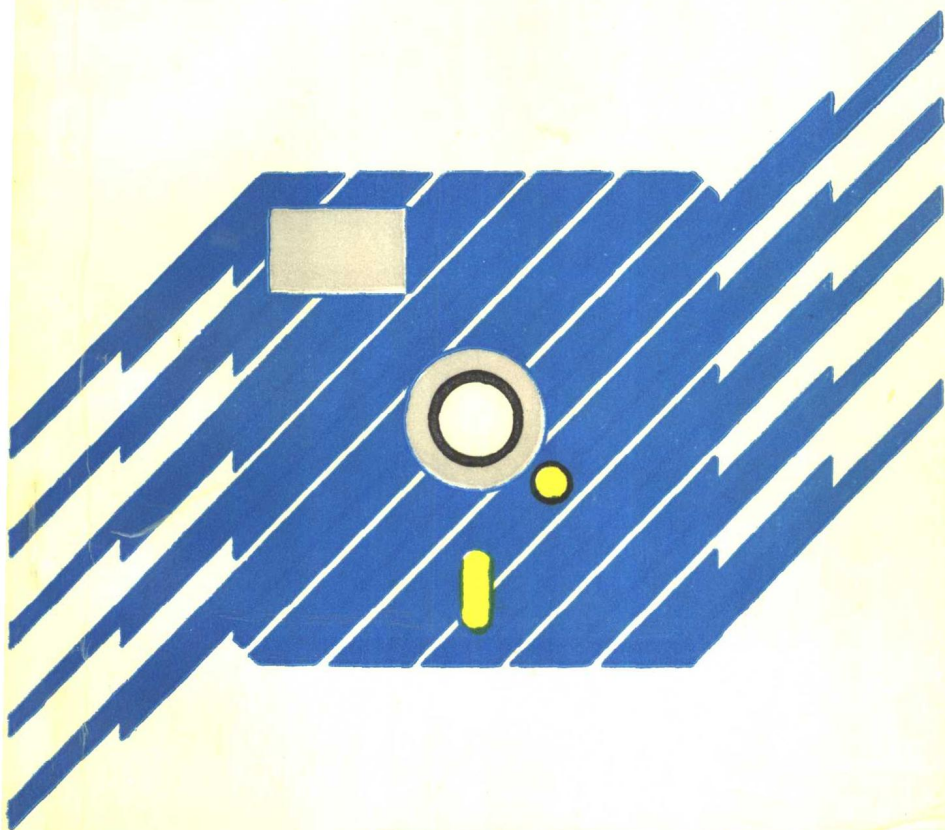


设计原理
软件仿真
在线仿真

单片机开发系统

刘振安 雷捷 艾欣 张培仁 著



中国科学技术大学出版社

77

单片微机开发系统

——设计原理·软件仿真·在线仿真

刘振安 雷捷 艾欣 张培仁 著

中国科学技术大学出版社

1994·合肥

(皖)新登字 08 号

图书在版编目(CIP)数据

单片微机开发系统 / 刘振安等著. —合肥:中国科学技术大学

出版社, 1994年8月

ISBN 7-312-00593-4

I 单片微机开发系统

II 刘振安 雷捷 艾欣 张培仁

III ①开发系统 ②软件仿真 ③在线仿真

IV TP

凡购买中国科大版图书, 如有白页、缺页、倒页者,
由本社发行部负责调换

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 787×1092/32 印张: 8.25 字数: 221千字

1994年8月第1版, 1994年8月第1次印刷

印数: 1--5000册

ISBN 7-312-00593-4/TP·90

定价: 6.00元

内 容 简 介

本书阐述了单片微机开发系统的设计原理、模拟仿真单片微机的原理和实现方法、在线开发系统设计实例及监控程序清单。

本书取材新颖，内容丰富，阐述系统、设计单片微机开发系统的原理和方法可以推广到其它领域，既可供设计单片微机开发系统及应用系统的广大工程技术人员参考，也可为软件开发工作者借鉴。对于从事教学的大专院校教师会有所帮助，而对初学单片微机者，模拟仿真软件则是他们的良师益友。

1984年10月

让更多的人了解计算机
让更多的人使用计算机

谷超豪

九二年一月

前 言

八十年代初，单片微机技术在我国还是刚刚起步，它一出现就引起科技界的普遍关注，有关单片微机技术的培训、交流在我国迅速开展起来，有力地推动了单片微机技术的普及和发展。到了八十年代中（仅仅几年时间），单片微机的开发和应用就几乎遍及国民经济的各行各业，其发展速度之快，应用范围之广令人刮目相看。单片微机新的系列一经出现，即被迅速介绍到国内，国内学者则争相学习、交流、开发、应用，单片微机技术还在以惊人的速度向前发展。

高等院校是培养高级科技人材的场所，在高等院校尽早开设单片微机课程和普及单片微机技术是高等院校的职责。1988年以来，我们先后开设了 MCS-51 和 MCS-96 系列单片微机课程，针对教学的要求，先研制了 MCS-51 单片微机模拟仿真软件 DEBUG-51，它能模拟到 MCS-51 的指令级，还研制了不同型号和用途的在线开发系统。后来又研制了不仅能模拟到指令级的 8096 / 8098 单片微机集成开发环境模拟仿真软件，还设计了集开发系统 and 应用系统于一体的开发机，这都为教学和科研带来了很大的方便。为此，我们分别获得安徽省科技成果三等奖、优秀教学成果奖及优秀教材等奖，为了推动单片微机的进一步普及，应《微机发展》编辑部的邀请，曾把我们的科研成果加以整理，以《模拟仿真 CPU 芯片》为题作为连载发表。这次把它加以扩充，专门讨论模拟仿真和在线仿真问题，做为抛砖引玉，以

期把开发系统设计得更好、更实用。

在谷校长的鼓励下，我们先后编著了《MCS-96 系列单片微机原理与实践》及《单片微机应用与实践》，这部书一方面公布了前两部书未公布的资料，另一方面还根据广大读者的要求，增加了一些使用实例，尤其是对集成开发系统软件的使用方法和实例一章作了较大调整，不仅扩充了软件功能，提高了性能，而且充实了实例，更容易理解与使用。

本书共七章。第一章是单片微机开发系统设计基础，简要介绍单片微机开发系统与应用系统的关系、功能分类及涉及设计的基本原理；第二章是基本辅助技术，介绍了把其商品化时，应如何考虑辅助技术的设计；第三章是组合模拟仿真软件设计实例，介绍模拟 MCS-51 的原理和实现方法；第四章是组合开发系统设计实例，介绍在线开发机设计及把它与模拟仿真软件一起组成组合开发环境的方法；第五章是集成仿真开发系统，介绍模拟仿真 8098/8096 集成开发系统设计方法；第六章是集成开发系统软件的使用方法和实例，并给出一些实例与实验；第七章是软、硬件资源统一管理，介绍 8098 在线开发系统设计及把它与模拟仿真集成开发环境统一管理的实现方法，并给出监控程序清单。

本书有如下特点：

1. 重在应用和实践。以通俗的语言和简要的内容，以及完整的实例，阐述了单片微机开发系统的设计原理。
2. 介绍了模拟仿真单片微机的原理和实现方法。模拟仿真软件不仅有助于读者理解和掌握单片微机汇编语言程序的各种操作命令和汇编程序的编制，还提供了方便、有效的开发手段。

3. 本书给出单片微机在线开发系统设计实例和监控清单，给用户设计应用系统提供了方便。
4. 取材新颖，内容丰富，阐述系统。设计单片微机开发系统的原理和方法，可以推广到其它领域。

全书由刘振安执笔，张培仁和艾欣参加了第四章的写作，雷杰参加了第五章的写作，第六章是在艾欣和雷杰原稿的基础上进行修订，全峰参加了第七章的工作。

在本书的写作过程中，得到我校许多领导的大力支持。科学院院士、我校老校长谷超豪教授给我们以鼓励和鞭策；安徽大学副校长程慧霞教授，北京工业大学副校长、博士生导师沈兰荪教授和我校计算机系主任、博士生导师陈国良教授审阅了书稿；中央侯补委员、我校校长汤洪高教授及计算机课程指导委员会秘书长、西安交通大学刘甘娜教授均给予大力支持。特此表示感谢。

本书模拟仿真部分的内容，是以发表在《微机发展》上的连载《模拟仿真 CPU 芯片》为基础进行改写的，在此，特别要感谢《微机发展》编辑部及林达全编审。感谢他们过去对我们的支持。

因我们才疏学浅，不当之处在所难免，敬请读者和同行批评指正。

刘振安

1994 年于中国科学技术大学

目 录

1	单片机开发系统设计基础	1
1.1	单片机开发系统与应用系统的关系	1
1.2	单片机开发系统的功能	2
1.3	单片机开发系统的分类	6
1.4	在线开发系统设计原理	10
1.5	模拟仿真设计原理	13
1.6	软、硬件资源统一管理的实现方法	30
2	基本辅助技术	31
2.1	概述	31
2.2	模拟开发系统程序设计语言的选择与设计	31
2.3	编辑器	33
2.4	编译器	34
2.5	反汇编	35
2.6	用户界面	36
3	组合模拟仿真软件设计实例	49
3.1	MCS-51 模拟仿真软件设计实例	49
3.2	MCS-51 模拟仿真软件的使用	58
3.3	PE 编辑软件	67
3.5	MCS-51 交叉汇编和伪指令	71
4	组合开发系统设计实例	80
4.1	组合开发系统软、硬件结构	80

4.2	PC 机组合软件包	81
4.3	KDC-Ⅲ型开发机监控设计	84
4.4	KDC-Ⅲ组合型开发环境	91
4.5	在线开发机的硬件原理	98
4.6	调试实例	100
4.7	MCS-51 几条特殊指令的执行问题	107
5	集成模拟仿真开发系统	109
5.1	设计思想	109
5.2	编辑器的实现	111
5.3	宏汇编的设计	122
5.4	调试模块的设计	132
6	模拟仿真系统使用方法和实例	139
6.1	CLOWN SIMULATOR 集成环境	140
6.2	编辑器的使用	143
6.3	调试器的使用	146
6.4	CLOWN 96 宏汇编语言及编译	151
6.5	库函数管理	169
6.6	与其它开发机的目标文件转换程序	170
6.7	保留字和库函数	171
6.8	汇编错误信息	179
6.9	中断实验	180
7	软、硬件资源统一管理	187
7.1	总体设计思想	187
7.2	在线开发系统设计原理	188
7.3	PC 机软件设计	191
7.4	监控程序设计	197
7.5	软、硬件资源统一管理的实现方法	203

7.6	中断	205
7.7	用户界面与实用程序	206
7.8	KD98 使用说明	207
7.9	实例	212
7.10	键盘显示板	216
7.11	KD-98 开发机监控程序清单	222
附录 1	仿真软件保留字	246
附录 2	寄存器定义单元 DESFR	247
参考文献	249

1 单片机开发系统设计基础

1.1 单片机开发系统与应用系统的关系

要使用单片机，首先需要了解单片机开发系统（见 1.2 节）。一提到应用，一般都会认为，为了学会设计应用系统，最好是先研究一些应用实例。其实，单片机的应用实例很多，但并不一定能帮助用户设计自己的系统。原因是：

- (1) 这些实例往往只给出简单的电路框图；
- (2) 很多只是给出详细的性能指标；
- (3) 只给出简单的设计思想，而没有实现方法；
- (4) 只给出局部的东西，而没有完整的整体概念；
- (5) 一般都不给出关键的程序清单。

可见，这些实例只能使用户了解有关信息和大概的性能指标，它虽然给研究人员提供了一些信息，但很难给初学者提供一个设计应用系统的借鉴机会。

其实，对单片机来讲，它们有一些特殊的性质。例如：

- (1) 它们的基本组成大都一样，而这些电路的组成与开发系统也是一样的；
- (2) 应用系统很多电路的管理方法也与开发系统的管理方法一样，例如显示与键盘管理；
- (3) 最小用户系统就是开发系统的简化；

(4) 目前提倡的硬件软化，就是在相同的硬件结构上，通过编制不同的软件以达到不同的功能。单片微机恰好能适合这种要求。

正是这些原因，开发系统的生产厂家一直不肯公布监控资料。换句话说，开发系统的许多设计资料，对用户来说，都是很重要的。为了推动单片微机的普及，单片微机学会一直动员各个生产单位公布资料，使开发系统对用户透明。由此可见，掌握应用系统设计方法的捷径，就是弄懂一种开发系统的设计方法。开发系统的监控程序，可以直接借鉴到应用系统中。

我们设计模拟仿真软件的设计思想和方法，对很多软件设计，也是很有帮助的。例如我们设计的模拟终端，也使用类似的方法。而宏汇编、用户界面设计及菜单设计原则，都是软件设计中的公共问题。

总之，根据我们的经验，掌握单片微机开发系统软、硬件设计原理，是通晓应用系统设计方法的捷径。虽然我们从理论和实践，特殊和一般等不同角度，讨论单片微机开发系统的设计理论，模拟仿真的方法，在线开发机的设计及如何实现统一的软、硬件集成开发环境，但本意却是为了向读者展示软件设计的基本方法。也就是说，本书所介绍的理论及设计方法，可以推而广之。

1.2 单片微机开发系统的功能

单片微机应用系统一般具有比较紧凑小巧，电源单一，功耗低，功能强，价格低，布线短，速度快，抗干扰能力强

等优点，但是在自行设计组装时，必然会碰到一系列的问题。例如我们应该如何把调试好的应用程序固化到程序存储器 EPROM 之中？编写的程序对不对？有没有错误？有了错误怎么办？如何进行修改？如何运行用户的应用程序？假如出了错误，它们是软件错误还是硬件错误？这些问题仅仅依靠单片微机本身是无法解决的。那么我们如何解决这些问题呢？

众所周知，我们利用晶体管、电阻和电容等电子器件，能把它们设计成收音机、电视机、仪器仪表等各种各样的电子产品，但设计的电路是否能达到预期的效果，还需要进行调试。最基本的调试工具如万用表、示波器等仪表。单片微机本身可以组成作用不同的电子系统，它也同其它电子电路一样，需要有能对它进行调试的仪表，这就是用来开发它的专用工具单片微机开发系统。只有通过相应的开发工具，才能设计出所需要的应用系统。开发系统正如一个工作母机，可以根据用户的需要，加工出不同的零件，装配出不同的机器。那么，开发单片微机的工具应具有什么样的功能呢？简单说来，应该具有如下基本功能：

1. 编程能力

单片微机实际上就是一台没有编程的微型计算机。单片微机开发工具首先要解决如何编程的问题。单片微机缺乏自身编程的能力，需借助于开发工具来进行编程。开发工具可以用机器语言、汇编语言和高级语言三种方式编程。

用机器语言编程是最简单的编程方式，通过类似于在单板机上手工输入十六进制数的方式进行开发。这种开发工具开销最省，但使用很不方便，效率也低。

汇编语言编程又可分为自汇编和交叉汇编两种形式。自

汇编是指开发装置常驻的行汇编，一般无标号处理，如 Intel 公司的 SDK-51 单片微机。交叉汇编借助于计算机系统（如 IBM-PC 或 Apple-II 微机）来对单片微机编程。例如编辑好的 MCS-51 汇编程序经过交叉汇编变成 MCS-51 的机器语言。这种方法能充分利用现有资源，不仅功能较强，使用也很方便。

高级语言编程是在 IBM-PC 机上用高级语言对单片微机编程，也有用 C 语言和汇编语言混合编程的。目前国内主要还是用汇编语言编程。

2. 排错功能

只有编程能力的开发机，还不是一个完善的开发机，开发工具必须具有排错的功能。就是比较简单的程序，也常常不会一次就完全编好，而经常需要排错并修改程序。排错时首先要知道错在什么地方，开发工具必须提供以下排错手段。

- (1) 单步 用户可以一次只执行一条指令，执行一条指令后即返回监控程序。
- (2) 运行 用户程序可以从任何一条地址处启动，然后全速运行。
- (3) 断点运行 用户可以设置断点，当程序执行到断点时，控制返回到监控程序。
- (4) 检查或改变存储器内容 调试程序必备的功能。
- (5) 符号化调试 能按汇编程序中的符号进行调试（避免用机器码调试）。
- (6) 跟踪 它能跟踪单片微机运行时每一指令周期中的地址、数据、I/O 端口和控制总线上的信息。

3. 仿真功能

开发工具的第三个功能是仿真功能。仿真就是开发系统通过仿真器的硬件和软件真实地模拟被开发应用系统的运行。开发机不但要仿真单片微机的 CPU，还能仿真存储器和 I/O 端口，也要仿真单片微机的中断系统的运行，还应使用户能最大限度地利用单片微机的资源。在调试用户应用系统时，监控程序和用户程序都要使用单片微机中的资源，从而完成相应任务。这时，就有一个控制权相互转移的问题，常常是监控程序启动用户程序，又在某种条件下（如碰到断点）从应用程序返回到监控程序。当然，是可以实现开发工具对单片微机的任何资源都不占用的，但要花费很大的代价。我们认为开发工具应尽可能少占用资源，但也不必完全不占用。设计开发工具选择一个软、硬件兼顾，功能和价格兼顾的设计方案是很重要的。

4. 程序固化功能

开发工具的第四个功能是程序固化功能。它完成把调试好的程序固化到用户的程序存储器中。

5. 人机信息交互功能

开发工具的第五个功能是人机信息交互功能。它包括如下功能：

- (1) 运行结果显示；
- (2) 对运行的干预；
- (3) 人机对话；
- (4) 反汇编。

在一些简易型开发系统中，没有反汇编功能。因为汇编指令是快速调试的前题，所以要想具有好的调试功能，就必须设计反汇编功能。

1.3 单片微机开发系统的分类

从功能设计上看，目前国内外单片微机开发系统有如下几种方式。

1.3.1 在线开发系统

在线仿真器的英文名为 In Circuit Emulator (简称 ICE。ICE 是由一系列硬件构成的设备，用来仿真大规模集成电路微处理器 (MP) 或微控制器 (MC)，使得 MP (或 MC) 的内部结构能向用户开放。使用时，只要把用户系统的 MP (或 MC) 拔下，换上 ICE 的插头，ICE 就替代了用户系统的 MP (或 MC)。原来应由 MP (或 MC) 执行的用户目标码程序，现由 ICE 来执行，从而实现对用户目标码程序的跟踪调试，而人机界面由终端 (或主机) 提供。

按仿真的复杂程度，它们又可分为如下三类：

1. 普及式开发系统

这种开发系统最简单，硬件成本也最低。该开发系统往往用机器语言 (或汇编语言) 来编程，占用单片微机一些资源，虽然也可借助 PC 机或苹果机进行编辑，但并不形成联机调试系统。这种类型的开发装置一般都不配 CRT 等外部设备，只配简单键盘和 LED 显示器，有的甚至直接利用 TP801 单板机改造而成。它借助自身配备的监控作软、硬件的调试，可以设置断点或进行单步追踪，可以检查修改程序 (机器语言)，最终可将调试好的程序写入到 EPROM 中。国内比较流行的有早期的 DSG-51，启东计算机厂的 DVCC-II 型，中国科技大学的 KDC-II 型机等。