



零点起步 系列丛书



零点起步 · 51单片机 轻松入门与典型实例

◎ 宋一兵 董静 王鹤腾 等编著

- ❏ 从零开始，轻松入门
- ❏ 图解案例，清晰直观
- ❏ 图文并茂，操作简单
- ❏ 实例引导，专业经典
- ❏ 学以致用，注重实践



实例源文件、电子
教案和扩展资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

零点起步系列丛书

零点起步——51 单片机轻松 入门与典型实例

宋一兵 董 静 王鹤腾 等编著

机械工业出版社

本书以 51 系列单片机 8051 机型为例,以实际工程中应用最为广泛的 C51 程序设计为基础,从应用角度出发,系统地论述了单片机的基础知识、Keil C51 软件的使用、硬件结构、汇编语言及单片机 C 语言、中断系统、定时/计数器、显示/键盘接口设计、串行口通信、I²C 总线、A/D 和 D/A 转换接口等内容,并在此基础上讨论了单片机应用系统的设计。

本书内容全面、自成体系、结构紧凑、前后呼应、衔接自然,语言通俗且行文流畅。

本书可作为高等院校自动化、应用电子、电气技术、机电一体化等专业的入门教材,也可供从事单片机应用技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

零点起步——51 单片机轻松入门与典型实例/宋一兵 等编著. —北京:机械工业出版社,2011. 6

(零点起步系列丛书)

ISBN 978-7-111-34949-5

I. ① 零… II. ① 宋… III. ① 单片微型计算机 IV. ① TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 105634 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郝建伟 赵东旭

责任印制:乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·24. 25 印张·601 千字

0001-3500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34949-5

ISBN 978-7-89433-036-9(光盘)

定价:56.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

基本内容

随着社会的发展，单片机在工业控制、机电一体化、家电等领域的应用越来越普遍，社会对掌握单片机应用技术的人才的需求也越来越多，相应地，单片机技术的开发应用也逐渐成为广大单片机应用技术人员必须掌握的技术之一。

“单片机”技术的特点是比较抽象，学好这门技术绝非一日之功，其入门是一个循序渐进的过程。本书以广泛使用的 8051 单片机机型为例，以实际工程中应用越来越广泛的 C51 程序设计为基础，从应用角度出发，从部分到整体、由简到繁来剖析单片机的结构和原理。目前，针对单片机技术的书虽然比较多，但大多数还限于原理式的叙述，少有结合工程实践进行具体的讲解。本书作者利用长期从事单片机技术教学的经验，以及在工业控制领域的工程实践经验，结合工程应用，对传统的单片机知识框架重新进行有机梳理，编写了本书。

本书共分 13 章，具体内容如下。

- 第 1 章：介绍了单片机的基础知识，包括如何学习单片机、单片机的学习工具、单片机的基础知识、单片机与嵌入式系统、单片机的基本操作、常用单片机介绍和单片机系统的开发方法等。
- 第 2 章：主要讲解了单片机仿真软件 Keil C51 的使用方法和步骤，包括 Keil 软件界面、创建 μ Vision3 工程、利用 μ Vision3 调试器调试程序和 51 单片机的烧录等。
- 第 3 章：主要讲解了 8051 系列单片机的结构和原理，包括 8051 系列单片机的基本结构、存储空间配置和功能、并行 I/O 端口、时钟电路及 CPU 时序、8051 系列单片机的工作方式、指令系统和汇编语言程序设计等。
- 第 4 章：主要介绍单片机 C 语言的基础知识，包括 C 语言基础、C51 的数据存储类型与 8051 存储器结构、8051 特殊功能寄存器及其 C51 定义、C51 指针、C51 的输入/输出、C51 函数、C51 与汇编语言混合编程和 C51 常用语句等。
- 第 5 章：主要讲解了单片机的中断系统，包括中断的概念、8051 的中断源和中断控制寄存器、中断处理过程、中断响应等待时间、C51 中断服务函数和中断系统的应用等。
- 第 6 章：主要讲解了单片机的定时/计数器，包括 8051 定时/计数器的结构和工作原理、定时/计数器的控制寄存器、定时/计数器的工作方式、定时/计数器用于外部中断扩展、定时/计数器应用、定时器 2 及看门狗等。
- 第 7 章：介绍了单片机系统的扩展，包括单片机系统总线的形成、外部程序存储器的扩展、外部数据存储器的扩展、简单 I/O 端口扩展、8255A 可编程并行输入/输出接口、8155 可编程并行输入/输出接口和 8051 并行接口及其 C51 定义等。



- 第 8 章：介绍了单片机显示接口设计，包括 LED 显示器及其接口和液晶显示器及其接口等。
- 第 9 章：介绍了单片机键盘接口设计，包括按键的状态输入及去抖动、键盘与 CPU 的连接方式、键盘扫描控制方式、独立式按键和矩阵式键盘等。
- 第 10 章：讲解了单片机串行通信的知识，包括 8051 串行口、8051 串行口的应用、串行通信总线标准及其接口、单片机与 PC 通信的接口电路和常用的串行总线接口等。
- 第 11 章：讲解了单片机的 I²C 总线，包括 I²C 总线概述、总线协议、信号的模拟及 I²C 总线器件等。
- 第 12 章：介绍了单片机的数/模和模/数转换接口，包括 A/D 转换接口电路、D/A 转换接口电路和单片机开关量驱动输出接口电路等。
- 第 13 章：通过两个实例——温湿度检测仪和家庭安全报警系统，介绍单片机应用系统设计的方法和步骤。

本书第 13 章软件中固有元器件符号与国标不符的，读者可自行查阅相关资料。

主要特点

本书作者都是长期使用单片机进行教学、科研和实际生产工作的教师和工程师，有着丰富的教学和编著经验。在内容编排上，按照读者学习的一般规律，结合大量实例讲解单片机设计和单片机 C 语言程序设计的方法，旨在使读者快速、真正地掌握单片机使用方法与窍门。

本书具有以下鲜明的特点：

- 从零开始，轻松入门。
- 图解案例，清晰直观。
- 图文并茂，操作简单。
- 实例引导，专业经典。
- 学以致用，注重实践。

读者对象

- 学习单片机设计的初级读者。
- 具有一定单片机基础知识、希望进一步深入掌握单片机设计方法的中级读者。
- 大中专院校自动化、机电一体化、机械相关专业的学生。
- 从事单片机开发和设计的工程技术人员。

本书既可以作为高等院校自动化、机电一体化、机械等相关专业的教材，也可以作为读者自学的教材，同时也非常适合专业技术人员参考。

配套光盘简介

为了方便读者学习，本书配套提供了多媒体教学光盘，其中包含了本书主要实例的源文件，这些文件都被保存在与章节相对应的文件夹中。

注意：由于光盘上的文件都是“只读”的，因此不能直接修改这些文件。读者可以先将这些文件复制到硬盘上，并更改文件的“只读”属性，然后再使用。



本书由宋一兵、董静和王鹤腾等编著，同时得到了哈尔滨商业大学的帮助和支持。其中，宋一兵编写本书第10~13章，董静编写第1~5章，王鹤腾编写第6~9章。参加本书编写工作的还有赵景波、管殿柱、王献红、付本国、王臣业、赵景伟、张洪信、李文秋、初航、王桐、段群杰、谈世哲、张华宇、曹立文等。在本书编写过程中，参考了大量的图书和网络资料以及高等院校单片机精品课程的内容，并引用了其中的一部分，不能一一列举，在此向有关作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。网站地址：www.zerobook.net，联系信箱：gdz_zero@126.com。

编 者

目 录

前言

第 1 章 单片机入门	1
1.1 如何学习单片机	1
1.2 单片机的学习工具	2
1.3 单片机的基础知识	4
1.3.1 概述	4
1.3.2 单片机的发展趋势	5
1.3.3 8051 系列单片机	6
1.3.4 单片机中的数制与码制	8
1.4 单片机与嵌入式系统	12
1.4.1 嵌入式系统简介	12
1.4.2 单片机为控制核心的嵌入式系统	14
1.4.3 单片机为控制核心的嵌入式系统的结构	14
1.4.4 单片机为控制核心的嵌入式系统的应用领域	16
1.5 单片机的基本操作	16
1.6 常用单片机介绍	20
1.7 单片机系统的开发方法	22
1.8 上机实验：利用单片机控制 LED	23
1.8.1 应用环境	23
1.8.2 实现过程	23
1.9 思考与练习	25
第 2 章 Keil C51 软件的使用	26
2.1 概述	26
2.2 Keil 软件界面	27
2.2.1 Keil μ Vision3 IDE 的工作界面	27
2.2.2 Keil μ Vision3 IDE 的菜单	27
2.3 创建 Keil μ Vision3 工程	33
2.4 利用 Keil μ Vision3 调试器调试程序	38
2.5 51 单片机的烧录	40
2.6 上机实验：Keil C51 软件的使用	44
2.6.1 实验概述	44



2.6.2 应用环境	45
2.6.3 实现过程	45
2.7 思考与练习	52
第3章 8051 系列单片机硬件结构及汇编语言	53
3.1 8051 系列单片机的基本结构	53
3.1.1 内部结构框图	53
3.1.2 外部引脚功能	54
3.2 8051 系列单片机存储空间配置和功能	56
3.2.1 存储器的基本概念	56
3.2.2 8051 的程序存储器 (ROM)	58
3.2.3 8051 的数据存储器 (RAM)	59
3.3 并行 I/O 端口	63
3.3.1 P0 口	64
3.3.2 P1 口	65
3.3.3 P2 口	66
3.3.4 P3 口	66
3.4 时钟电路及 CPU 时序	67
3.4.1 时钟电路	67
3.4.2 CPU 时序	68
3.5 8051 系列单片机的工作方式	70
3.5.1 复位方式	71
3.5.2 低功耗方式	72
3.6 8051 系列单片机指令系统	73
3.6.1 指令系统概述	73
3.6.2 寻址方式	75
3.6.3 8051 系列单片机指令	79
3.7 汇编语言程序设计	89
3.7.1 汇编语言概述	89
3.7.2 顺序结构程序设计	92
3.7.3 分支结构程序设计	93
3.7.4 循环结构程序设计	93
3.8 上机实验: 输入/输出信号控制	95
3.8.1 应用环境	95
3.8.2 实现过程	95
3.9 思考与练习	98
第4章 单片机 C 语言	100
4.1 C 语言与 MCS-51	100



4.2	C 语言基础	102
4.2.1	C 语言与 ANSI C 的区别	102
4.2.2	C51 扩展的关键字	103
4.2.3	编译器	103
4.2.4	数据类型	105
4.3	C51 的数据存储类型与 8051 存储器结构	110
4.3.1	C51 数据的存储	110
4.3.2	C51 变量的定义	111
4.3.3	C51 变量的存储类型	111
4.3.4	C51 变量的存储区	112
4.3.5	C51 变量的存储模式	113
4.3.6	C51 变量的绝对定位	113
4.4	8051 特殊功能寄存器及其 C51 定义	115
4.4.1	位变量定义	115
4.4.2	C51 特殊功能寄存器的定义	117
4.5	C51 指针	118
4.5.1	通用指针	118
4.5.2	存储器专用指针	119
4.5.3	指针变换	120
4.5.4	C51 指针应用	120
4.6	C51 的输入/输出	122
4.6.1	基本输入/输出函数	122
4.6.2	格式输出函数 printf	123
4.6.3	格式输入函数 scanf	124
4.7	C51 函数	125
4.7.1	内部函数	126
4.7.2	C51 函数的定义	126
4.8	C51 与汇编语言混合编程	127
4.8.1	在 C51 程序中嵌入汇编程序	127
4.8.2	C51 程序与汇编程序混合编程	128
4.9	C51 常用语句	132
4.9.1	条件语句	132
4.9.2	循环语句	135
4.10	上机实验：交通信号灯模拟控制系统	137
4.10.1	应用环境	137
4.10.2	实现过程	137
4.11	思考与练习	139



第5章 中断系统	140
5.1 中断的概念	140
5.2 8051 的中断源和中断控制寄存器	142
5.3 中断处理过程	145
5.4 中断响应等待时间	148
5.5 C51 中断服务函数	148
5.6 中断系统的应用	151
5.7 上机实验：键控彩灯	155
5.7.1 应用环境	155
5.7.2 实现过程	156
5.8 思考与练习	158
第6章 定时/计数器	160
6.1 8051 定时/计数器的结构和工作原理	160
6.2 定时/计数器的控制寄存器	161
6.3 定时/计数器的工作方式	163
6.4 定时/计数器用于外部中断扩展	166
6.5 定时/计数器应用	167
6.6 定时器 2	169
6.7 看门狗	173
6.8 上机实验：简易频率计的设计	173
6.8.1 应用环境	174
6.8.2 实现过程	174
6.9 思考与练习	176
第7章 单片机系统的扩展	178
7.1 单片机系统总线的形成	178
7.2 外部数据存储器的扩展	180
7.2.1 全译码	180
7.2.2 部分译码	182
7.2.3 线选法	183
7.3 外部程序存储器的扩展	184
7.3.1 EPROM 扩展	184
7.3.2 E ² PROM 扩展	186
7.4 简单 I/O 端口扩展	188
7.5 8255A 可编程并行输入/输出接口	190
7.5.1 8255A 的结构和引脚功能	190
7.5.2 8255A 与 8051 型单片机典型连接电路	192



7.5.3	8255A 的控制字	193
7.5.4	8255A 的工作方式	194
7.6	8155 可编程并行输入/输出接口	200
7.6.1	8155 的引脚及结构	200
7.6.2	8155 与 8051 单片机的连接电路	202
7.6.3	8155 工作方式控制字和状态字	202
7.6.4	8155 工作方式	203
7.6.5	8155 定时/计数器	204
7.7	8051 并行接口及其 C51 定义	206
7.8	上机实践: 存储器扩展	207
7.8.1	应用环境	207
7.8.2	实现过程	207
7.9	思考与练习	208
第 8 章	显示接口设计	209
8.1	LED 显示器及其接口	209
8.1.1	静态显示方式	211
8.1.2	动态显示方式	212
8.2	液晶显示器 (LCD) 概述	214
8.2.1	LCD 显示器的特性	214
8.2.2	LCD 结构原理与种类	215
8.2.3	LCD 显示器的主要参数	215
8.3	段式液晶显示器	215
8.4	字符型液晶显示器	216
8.4.1	字符型 LCD 的结构和引脚	216
8.4.2	显示板控制器的指令系统	218
8.4.3	LCD 显示板与单片机的接口	219
8.5	ZY12864D 图形点阵液晶显示器	225
8.6	上机实验: LED 显示器的使用	228
8.6.1	应用环境	228
8.6.2	LED 数码管的静态控制显示方式	229
8.6.3	LED 数码管的动态控制显示方式	229
8.7	思考与练习	232
第 9 章	键盘接口设计	233
9.1	按键的状态输入及去抖动	233
9.2	键盘与 CPU 的连接方式	236
9.3	键盘扫描控制方式	236
9.4	独立式按键	237



9.5	矩阵式键盘	238
9.6	上机实验：电子密码锁设计	241
9.6.1	应用环境	242
9.6.2	电路图	242
9.6.3	实验内容	242
9.7	思考与练习	247
第 10 章	串行口通信	248
10.1	串行通信概述	248
10.1.1	异步通信	248
10.1.2	同步通信	249
10.1.3	串行通信的制式	249
10.1.4	串行通信的传送速率	250
10.2	8051 串行口	250
10.2.1	8051 串行口的结构	250
10.2.2	串行口的工作原理	251
10.2.3	串行口的控制寄存器	252
10.2.4	串行口的工作方式	253
10.2.5	波特率的设定	254
10.3	8051 串行口的应用	255
10.3.1	利用串行口扩展并行口	256
10.3.2	8051 串行口的通信	257
10.4	串行通信总线标准及其接口	260
10.4.1	RS-232C 串行接口标准	260
10.4.2	RS-422 与 RS-485 串行接口标准	264
10.5	单片机与 PC 通信的接口电路	267
10.6	常用的串行总线接口	270
10.7	上机实验：单片机与单片机之间的串行通信	271
10.7.1	应用环境	272
10.7.2	串行口数据接收	272
10.7.3	串行口数据发送	273
10.8	思考与练习	274
第 11 章	I²C 总线	275
11.1	I ² C 总线概述	275
11.1.1	I ² C 总线的特性	276
11.1.2	I ² C 总线的工作原理	276
11.1.3	I ² C 总线硬件结构图	278
11.2	I ² C 总线协议	278



11.3	I ² C 总线信号的模拟	280
11.4	24C02 器件	286
11.5	上机实验：I ² C 总线使用	293
11.5.1	I ² C 总线应用概述	293
11.5.2	24C02 的读/写	293
11.6	思考与练习	295
第 12 章	A/D 和 D/A 转换接口	296
12.1	A/D 转换接口电路	297
12.1.1	A/D 转换器的主要性能指标	297
12.1.2	A/D 转换器工作原理	297
12.1.3	A/D 转换器 ADC0809 的接口	300
12.1.4	ADC0809 与单片机的接口电路编程	303
12.2	D/A 转换接口电路	305
12.2.1	D/A 转换器工作原理	305
12.2.2	D/A 转换器的技术性能指标	309
12.2.3	典型 D/A 转换器芯片 DAC0832	309
12.3	单片机开关量驱动输出接口电路	315
12.3.1	发光二极管	315
12.3.2	蜂鸣器	316
12.3.3	单片机与继电器接口电路	317
12.3.4	光隔离接口	319
12.4	上机实验 1：简易波形发生器	320
12.4.1	设计过程分析	320
12.4.2	输出指定电压	321
12.4.3	简易波形发生器	322
12.5	上机实验 2：简易数字电压表	326
12.5.1	设计过程分析	326
12.5.2	程序设计分析	326
12.6	思考与练习	331
第 13 章	单片机应用系统设计	332
13.1	单片机应用系统开发设计	332
13.2	单片机应用系统的开发工具	334
13.3	单片机应用系统的设计方法	335
13.3.1	系统基本结构组成	336
13.3.2	单片机应用系统硬、软件的设计原则	337
13.3.3	硬件设计	338
13.3.4	软件设计	339



13.3.5 资源分配	339
13.4 单片机应用系统调试	340
13.4.1 单片机应用系统调试工具	340
13.4.2 单片机应用系统的一般调试方法	341
13.5 单片机系统的抗干扰技术	344
13.6 基于 51 单片机的温湿度检测仪	350
13.6.1 方案的设计	351
13.6.2 硬件电路的设计	351
13.6.3 软件设计	362
13.7 家庭安全报警系统	364
13.7.1 系统硬件选择	364
13.7.2 硬件电路设计	369
13.7.3 系统软件设计	372
13.8 思考与练习	373
参考文献	374

单片机入门

随着集成电路技术的进一步发展，具有智能化应用特征的单片机技术在当今工业控制、仪器仪表、通信终端及各种数码产品中得到了广泛应用，并逐步成为测控技术现代化必不可少的重要工具。单片机是智能化产品的开发者和使用者所必须掌握的知识。本章将介绍单片机的基础知识。

本章要点：

- 单片机的概念。
- 8051 系列单片机的内部配置。
- 二进制、十进制和十六进制数的转换。
- 计算机中带符号数的表示方法。
- 单片机与嵌入式系统。
- 单片机系统的开发方法。

1.1 如何学习单片机

当前的单片机种类繁多，由于 51 系列是最基础的单片机，因此单片机的学习最好是从 51 系列开始，其不仅容易上手，而且相当实用。学习单片机最重要的是练，这里所说的“学习”与课堂上的单片机学习不同，教材讲的是单片机的工作原理和内部结构，这些东西对于初学者暂时不需要，等以后再进行深入的学习。现在要掌握的是如何能用单片机编写一些简单的小程序，从实用性的角度出发，这种方法称之为先实践后理论的学习方法。对单片机的硬件结构还是应该有一个基本的了解，最基础的知识如各引脚的功能、区别，能自己动手搭建一个单片机的最小系统，然后从程序入手（最好应用 C 语言编程），从简单的跑马灯做起，逐渐深入，陆续可以编写一些数码管、液晶等电子元器件的应用程序，再深入就可以结合一些具体实例扩展一些中断、串行口通信等功能。还有一点要声明的是，单片机里用到的 C 语言其实很有限，课堂上学习 C++ 的很大一部分内容在初期单片机编程中都用不到，因此不要因为觉得自己的 C 语言基础不是很好而对单片机的学习望而生畏。

具体学习单片机时还需要注意以下几点。

1. 理论与实践并重

对一个初学单片机的人来说，如果按教科书式的学法，开始就是一大堆指令、名词，学了很久还仍然搞不清这些指令起什么作用，没过多久就会觉得学习过程枯燥乏味以致半途而



废。所以学习与实践结合是一个好方法，边学习、边演练，循序渐进，这样就能将所用到的指令理解、吃透、扎根于脑海，甚至“根深蒂固”。也就是说，学习了几条指令后（数量不求多，只求懂），接下来就该做实验了，通过实验可以观察刚才的指令产生的控制效果，眼睛看得见（灯光）、耳朵听得到（声音），更能深刻理解指令是怎样转化成信号去实现控制的，通过实验可以培养学习单片机的兴趣。因此边学边练的学习方法，效果特别好。

2. 持之以恒

学习单片机不能“三天打鱼、两天晒网”，要有持之以恒的毅力与决心。学习几条指令后，就应及时做实验，融会贯通。学习单片机很重要的一点就是持之以恒。

3. 遇到问题耐心检查

单片机有软硬件两方面的内容，有时一个程序怎么调都不出效果，然而从理论分析却又是正确的，这是就要仔细找原因了。学习单片机经常碰到很多问题，有时一两天都不能解决，这就需要耐心，从底层出发，相信每当找出一个错误都会有新的收获，切不可轻言放弃。

4. 经常总结和复习

如果只短暂学过一遍的知识，充其量只比浮光掠影稍好。因此，较好的方法是过一段时间后（1~2个月）再重新学一遍，学过的知识要经常总结和复习，这样反复循环几次就能彻底弄懂消化，做到牢记。

5. 要进行适当投资购买实验器材及书籍资料

单片机技术含金量高，学会后，带来的效益当然也高，无论是应聘求职还是自起开厂办公司，其前景都光明无限。因此，在学习时要适当投资购买必要的学习、实验器材。另外，还要经常去科技书店购买一些适合自己学习、提高的书籍。一本好的书籍真的很重要，可以随时翻阅，补充不懂或遗忘的知识。

在系统地学习完本书之后，应该对单片机已经有了一个系统的认识，对单片机软硬件有了初步的把握。“万事开头难”，既然前面最难的部分已经攻克，后面的知识学起来则容易得多。在后面的学习过程中仍要不断地练习如何去编写程序；要充分利用实验板去练习，多花些时间坐在电脑前学习调试程序，只有这样才能不断地积累经验。

总的来说，不论是学习单片机还是做其他事情，只要能坚持到底，有不成功不放弃的念头和意志，就已经成功了一半。

1.2 单片机的学习工具

对于初学者来讲，必须要多动手，所以一套功能齐全的工具是必不可少的。下面介绍单片机所使用的实验板及一些相应的工具。

常用的 51 系列的单片机实验板及伟福仿真器如图 1-1、图 1-2 所示。

1. 伟福 V5 系列 MCS51 通用仿真器硬件特点

(1) 多种仿真技术

综合采用多种最新的仿真技术，从而可以仿真各种 8 位 MCS51 内核的 MCU。

(2) 通用仿真器

配置不同的 MCS51 仿真头，可以仿真多种单片机，功能强大、性能可靠，为将来发展留有空间。

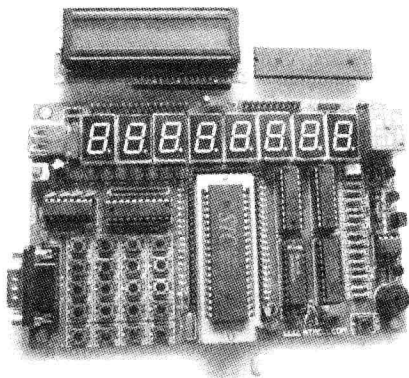


图 1-1 51 系列的单片机实验板

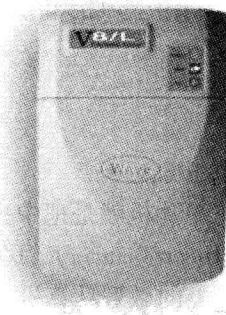


图 1-2 伟福仿真器

(3) 仿真频率极高

全新仿真头设计结构，最高仿真频率达 50 MHz。

(4) 程控时钟

用户可以自由地在调试软件中设置自己需要仿真的频率，可选频率范围为 20 kHz ~ 100 MHz，精度达 1 Hz。

(5) 计时器

统计程序执行的时间。

(6) 逻辑分析仪

64 通道、64 K/通道、100 M 采样频率。与时间触发器配合，可以捕捉到电路上出现的非常复杂的情况，能帮助设计人员迅速、准确地查找设计中的错误。

(7) 跟踪器

64 K 深度，最高跟踪速度高达 10 ns。配合事件触发器，可以进行条件跟踪，以捕捉制定条件下程序执行的轨迹，了解程序动态执行的过程。仪器码、反汇编、源程序显示。

(8) 多功能逻辑笔

可以观察 8 路逻辑信号（支持低电压），并且含频率计、计数器（64 位）及电压计功能。

2. 伟福 V5 系列仿真器软件特点

- Wave/Keil 双平台，中/英文可选。
- 真正的集成调试环境，集成了编辑器、编译器、调试器。
- 在线直接修改、编译、调试源程序，错误指令定位。
- 所有类型的单片机集成在一个调试环境下，支持汇编、C、PL/M 源程序混合调试。
- 支持软件模拟。
- 支持项目管理。
- 支持点屏功能，直接点击屏幕就可以观察变量的值，方便快捷。
- 功能强大的观察窗口，支持所有的数据类型。以树状结构显示，一目了然。
- 众多强大软硬件调试手段，包括逻辑分析仪、跟踪器、逻辑笔、波形发生器、影子存储器、计时器、程序时效分析、数据时效分析、硬件测试仪、事件触发器（硬件调试手段需要软件配合硬件支持）。