

“十三五”普通高等教育实验实训规划教材

# 基于汇编与C语言的 MCS-51单片机实践与学习指导

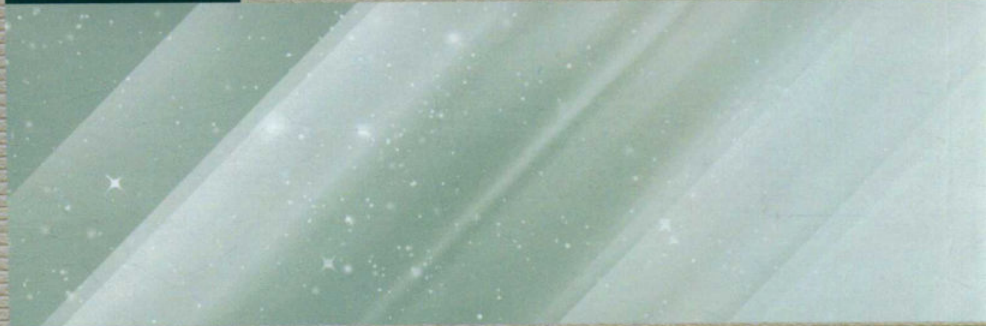
程启明 徐进 黄云峰 杨艳华 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

责任编辑：王菲

E-mail: gdjy@waterpub.com.cn



微信号: Waterpub-Pro



唯一官方微信服务平台



行水云课公众号



ISBN 978-7-5170-7803-6



9 787517 078036 >

销售分类：计算机基础

登录行水云课平台www.xingshuiyun.com或关注行水云课公众号，输入激活码，免费学习数字教材，享受增值服务！

定价：68.00 元

“十三五”普通高等教育实验实训规划教材

# 基于汇编与 C 语言的 MCS-51 单片机实践与学习指导

程启明 徐进 黄云峰 杨艳华 编著

贵州师范学院内部使用



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

本书共分4部分内容,第1部分为基于硬件平台的单片机实验;第2部分为基于Proteus仿真软件的单片机仿真实验;第3部分为单片机的课程设计;第4部分为单片机的学习指导与习题解答。

本书具有3个重要特点:①完整性,本书包括软件实验、硬件平台实验、Proteus硬件仿真实验、课程设计、学习指导、习题解答;②新颖性,本书将Proteus仿真软件引入单片机的硬件实践中;③统一性,本书把实验与课程设计分为两个部分并统一在一起学习。

本书可作为各类高校单片机课程的学习与实践指导教材,也可以作为从事单片机开发的科技人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于汇编与C语言的MCS-51单片机实践与学习指导 /  
程启明等编著. — 北京:中国水利水电出版社,2019.7  
“十三五”普通高等教育实验实训规划教材  
ISBN 978-7-5170-7803-6

I. ①基… II. ①程… III. ①单片微型计算机—C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1  
②TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第134589号

书 名	“十三五”普通高等教育实验实训规划教材 基于汇编与C语言的MCS-51单片机实践与学习指导 JIYU HUIBIAN YU C YUYAN DE MCS-51 DANPIANJI SHIJIAN YU XUEXI ZHIDAO
作 者	程启明 徐 进 黄云峰 杨艳华 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 27.25印张 698千字
版 次	2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	68.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

---

“单片机原理及应用”是各类高校很多专业重要的基础专业课程之一，该课程是一门学习难度大、实践性强的课程，其原理、规则、现象等仅靠学习教科书是无法完全掌握的，必须通过大量的习题与实践才能深刻、直观地理解。本书编写的目的是提高学生学习能力与实践能力，提高汇编及 C 语言的编程能力及对单片机接口硬件的理解分析能力和对单片机系统的综合设计能力，从而学以致用。学生只有通过大量习题练习、软硬件实验和课程设计实践，才能真正掌握本课程的内容及设计应用方法。

本书在内容安排上注重系统性、循序性、逻辑性、科学性、实用性和先进性。全书共分 4 部分、9 章内容：第 1 部分为基于硬件平台的单片机实验，包括单片机系统平台、12 个单片机软件实验、19 个基于硬件平台的单片机硬件实验，每个实验一般包含实验目的、设备、预备知识、内容、原理、步骤、硬件连线、软件流程和思考题等（汇编与 C 语言的程序清单可从网站下载）；第 2 部分为基于 Proteus 仿真软件的单片机仿真实验，包括单片机 Proteus 仿真软件、10 个基于 Keil 和 Proteus 的单片机系统软件仿真实验、19 个基于 Proteus 的单片机系统硬件接口虚拟仿真实验，每个实验一般都包含实验要求、Proteus 电路设计、源程序设计、Proteus 仿真等；第 3 部分为单片机的课程设计，包括单片机系统研制过程及课程设计要求、单片机课程设计的课题及举例，其中课程设计的参考题目包括 148 个不同要求的题目，并对 6 个代表性的课题做详细介绍，主要包含系统功能、方案论证、硬件设计、软件设计、调试性能分析等（汇编与 C 语言的程序清单可从网站下载）；第 4 部分为单片机的学习指导与习题解答，对单片机的基本知识、学习要点、难点进行了概括，对教材《基于汇编与 C 语言的单片机原理及应用》中所有习题都做了详尽解答，每章还有自我测试题，最后给出了 3 套模拟综合测试题。

本书附录中还包括实验要求与实验报告格式规范、标准 ASCII 码字符表、MCS-51 单片机指令表、Keil C51 的一些常用资料、Keil  $\mu$ Vision (Keil C51) 库函数参考、通用 C 语言的 5 类语句、Proteus VSM 仿真的元件库及常用元件说

明等内容。

此外，本书所有实验及课程设计的源程序都经过了测试，并加上了较详尽的注释，这些源程序代码在书中相应位置做成了二维码的形式，供读者下载学习参考。

本书具有3个重要特点：①完整性，本书包括传统的软件实验、传统的硬件平台实验、Proteus硬件仿真实验、课程设计、学习指导与习题解答；②新颖性，本书将最先进的微机仿真软件Proteus引入单片机的硬件实践，使学生通过该软件灵活搭建、自由组合各种复杂的单片机系统，仿真过程“所见即所得”；③统一性，本书把实验内容与课程设计内容分为前、后两个部分，承上启下地连在一起学习，从而提高学生对单片机软、硬件的实践能力。

本书可作为“单片机原理及应用”课程的教学配套用书，用于单片机的学习指导与实践指导，可作为高等院校、高等职业学校、成人高等学校及单片机培训班学生的学习指导书，也可作为各类工程技术人员和自学者的辅导书。

本书由程启明、徐进、黄云峰、杨艳华编写，其中程启明负责编写第1部分、第3部分以及附录、参考文献等内容，并全面负责本书的统稿及出版等工作；徐进负责编写第4部分；黄云峰负责编写第2部分；杨艳华协助修改了第1部分。

在本书的编写过程中，借鉴了许多教材的宝贵经验，在此谨向这些作者表示诚挚的感谢。

本书配有电子教案，读者可到出版社行云水云课平台上免费下载。由于编者水平有限，书中不妥之处难免，敬请广大读者批评指正，以便再版时及时修正。

编者

2019年1月

# 目 录

## 前言

## 第 1 部分 基于硬件平台的单片机实验

<b>第 1 章 单片机系统平台</b> .....	3
1.1 TD-PITE 实验系统+TD-51 开发板+LCD 扩展模块 .....	3
1.2 $\mu$ Vision2 集成开发环境 .....	9
1.3 仿真调试与脱机运行间的切换方法 .....	28
<b>第 2 章 单片机软件实验</b> .....	32
2.1 系统认识实验 .....	32
2.2 清零实验 .....	35
2.3 拆字和拼字实验 .....	36
2.4 数据传送实验 .....	37
2.5 求最大值实验 .....	38
2.6 多分支实验 .....	38
2.7 数码转换实验 .....	39
2.8 运算程序设计实验 .....	40
2.9 查表程序设计实验 .....	42
2.10 数据排序实验 .....	42
2.11 数据查找实验 .....	44
2.12 位操作实验 .....	45
<b>第 3 章 基于硬件平台的单片机硬件实验</b> .....	46
3.1 数字量输入输出实验 .....	46
3.2 中断系统实验 .....	47
3.3 定时器/计数器实验 .....	48
3.4 看门狗实验 .....	50
3.5 低功耗实验 .....	51
3.6 PCA 实验 .....	52
3.7 串口通信实验 .....	56

3.8 静态存储器扩展实验 .....	57
3.9 Flash 存储器扩展实验 .....	58
3.10 A/D 转换实验 .....	60
3.11 D/A 转换实验 .....	62
3.12 键盘扫描及数码管显示设计实验 .....	64
3.13 电子发声设计实验 .....	66
3.14 点阵 LED 显示设计实验 .....	68
3.15 图形 LCD 显示设计实验 .....	70
3.16 步进电机实验 .....	74
3.17 直流电机 PWM 调速实验 .....	75
3.18 红外通信实验 .....	76
3.19 温度闭环控制实验 .....	80

## 第 2 部分 基于 Proteus 仿真软件的单片机仿真实验

<b>第 4 章 单片机 Proteus 仿真软件</b> .....	85
4.1 Proteus 基础操作 .....	85
4.2 Keil C 与 Proteus 的联合调试 .....	94
4.3 程序设计与仿真开发实例 .....	97
4.4 虚拟信号源 .....	98
4.5 虚拟仪器 .....	103
4.6 图表仿真 .....	111
<b>第 5 章 基于 Keil 和 Proteus 的单片机系统软件仿真实验</b> .....	114
5.1 清零和置数实验 .....	114
5.2 拼字实验 .....	122
5.3 拆字实验 .....	125
5.4 数据块传送实验 .....	128
5.5 数据排序实验 .....	129
5.6 数据转换实验 .....	131
5.7 求最大值实验 .....	132
5.8 查平方表实验 .....	133
5.9 多字节加法实验 .....	134
5.10 双字节乘法实验 .....	135
<b>第 6 章 基于 Proteus 的单片机系统硬件接口虚拟仿真实验</b> .....	137
6.1 开关检测实验 .....	137
6.2 流水灯实验 .....	142
6.3 开关状态检测实验 .....	144
6.4 外部中断实验 .....	146
6.5 中断优先级实验 .....	148

6.6	方波发生器实验	150
6.7	脉冲分频器实验	151
6.8	60s 正计时实验	153
6.9	LED 模拟交通灯实验	154
6.10	双机串行通信实验	156
6.11	82C55 产生 500Hz 方波实验	157
6.12	4×4 矩阵键盘的按键识别实验	158
6.13	简易电子琴实验	160
6.14	字符型 LCD 显示实验	162
6.15	ADC0809 两路数据采集实验	163
6.16	DAC0832 波形发生器实验	165
6.17	步进电机的控制实验	167
6.18	直流电机的控制实验	168
6.19	红外遥控系统实验	170

### 第 3 部分 单片机的课程设计

<b>第 7 章</b>	<b>单片机系统研制过程及课程设计要求</b>	175
7.1	单片机应用系统的研制过程	175
7.2	单片机课程设计的要求	191
<b>第 8 章</b>	<b>单片机课程设计的课题及举例</b>	198
8.1	单片机课程设计的课题	198
8.2	单片机课程设计的举例	243

### 第 4 部分 单片机的学习指导与习题解答

<b>第 9 章</b>	<b>学习指导与习题解答</b>	265
9.1	单片机的基础知识	265
9.2	MCS-51 系列单片机的硬件结构	274
9.3	MCS-51 单片机指令和汇编语言程序设计	287
9.4	Keil C51 程序设计	310
9.5	I/O 接口传输方式及其中断技术	331
9.6	MCS-51 系列单片机的内部功能模块及其应用	347
9.7	MCS-51 单片机的外部扩展技术 (一)	366
9.8	MCS-51 单片机的外部扩展技术 (二)	381
9.9	单片机应用系统的研制过程及设计实例	396
9.10	模拟综合测试题	404
<b>附录</b>		410
附录 A	实验要求与实验报告格式规范	410

附录 B 标准 ASCII 码字符表 .....	411
附录 C MCS-51 单片机指令表 .....	412
附录 D Keil C51 的一些常用资料 .....	416
附录 E Keil $\mu$ Vision (Keil C51) 库函数参考 .....	418
附录 F 通用 C 语言的 5 类语句 .....	422
附录 G Proteus VSM 仿真的元件库及常用元件说明 .....	423
<b>参考文献</b> .....	426

## 第 1 部分

---

# 基于硬件平台的单片机实验

贵州师范学院内部使用



# 第1章 单片机系统平台

## 1.1 TD-PITE 实验系统+TD-51 开发板+LCD 扩展模块

图 1.1 所示为 TD-PITE 实验系统+TD-51 开发板+LCD 扩展模块的系统总体结构。由图可见,该系统由 TD-PITE 实验系统、TD-51 单片机板、LCD 显示模块 3 个部分组成,其中 TD-PITE 实验系统由系统板和 80X86 CPU 模块两部分组成。另外,图中的 CPU 选择开关分为 51 和 386 两个挡位,当开关打到 386 挡时,表明板上的 80X86 CPU 模块与设备箱体上的通信串口(或 USB 口)相连,可与 PC 机通信,这时可做 80X86 CPU 实验;而当开关打到 51 挡时,表明选配的 TD-51 单片机开发板与设备箱体上的通信串口(或 USB 口)相连,可与 PC 机通信,这时可做 51 单片机实验。

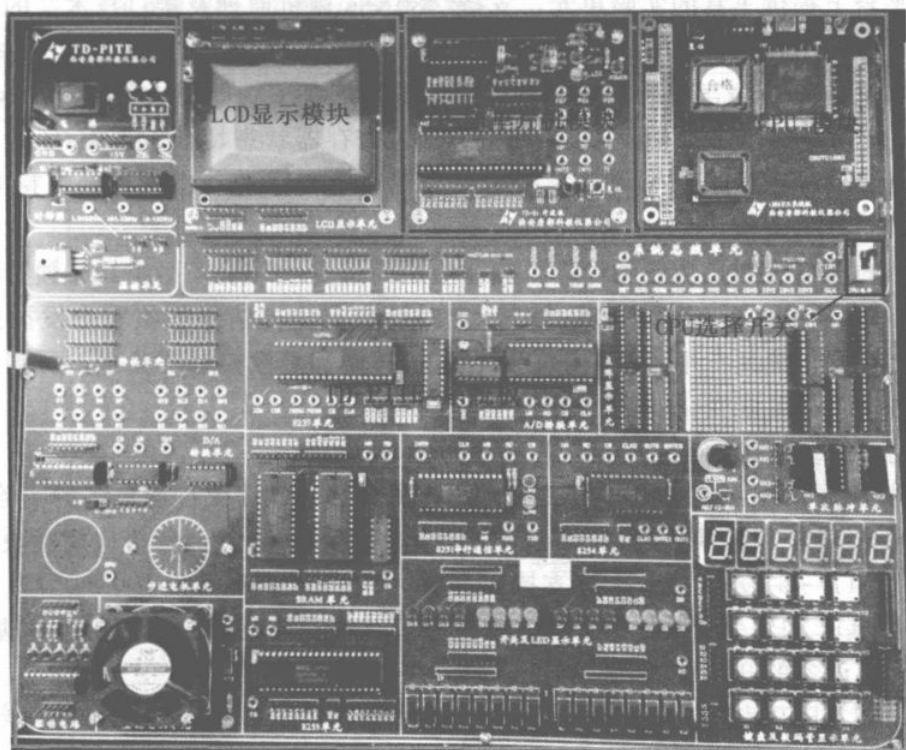


图 1.1 TD-PITE 实验系统+TD-51 开发板+LCD 扩展模块的系统总体结构

### 1.1.1 TD-PITE 实验系统

TD-PITE 是由西安唐都科教仪器公司生产的 32 位微机教学实验系统。它采用了 Intel i386EX 单板机作为系统核心,全面支持“80X86 微机原理及接口技术”实验教学。

#### 1. TD-PITE 实验系统的功能及特点

- (1) 灵活的系统构建能力,可满足不同层次的教学和开发需要。系统是通过 PC-104

总线接口插座，将 i386EX 单板机组合插接到开放的接口实验平台上，构成了高性能的 32 位微机教学实验系统，全面支持 80X86 实模式和保护模式微机原理及接口技术的实验教学，而这种单板机和实验平台相组合的结构具有以下优点：

1) 体现了实验系统的开放性，单板机和实验平台都可以分离后单独使用，可满足用户二次开发的需要。

2) 单板机采用 PC-104 总线作为应用扩展接口，在满足教学的同时，也可以独立使用，以核心板+应用板方式支持实际测控产品的开发。

3) 实验系统升级容易。用户仅需采用更为先进的单板机来替代 i386EX 单板机，就可以最小的代价来实现实验系统的升级换代。

(2) 采用工业标准总线技术，满足实际应用开发的需要。该系统采用开放的 PC-104 工业总线作为应用扩展的接口，在满足实验教学的同时，也可以将它方便地嵌入具有 PC-104 总线接口的系统中，实现系统调试或脱机运行，具有实际开发应用价值。

(3) 完善的微机接口实验平台。系统提供了开放的 80X86 系统扩展总线，具有 16 位数据总线 DB、20 位地址总线 AB 和 3 个中断请求、DMA 控制 HOLD/HLDA、存储器读写控制、I/O 读写控制、高位字节使能 BHE/BLE 等控制总线 CB，总线所有引线都开放给用户使用。实验平台上提供丰富的实验单元，支持“80X86 微机原理及接口技术”的实验及应用开发。

(4) 具有汇编和 C 语言源语言级调试环境。系统配备了功能强大的 Windows 环境的汇编语言和 C 语言源程序调试界面，具有 16 位/32 位寄存器状态切换、汇编/C 语言选择、单步/跳过/断点/连续/变量跟踪等调试手段，可实现实验程序的动态调试，支持 80X86 实模式和保护模式的教学实验。

(5) 独特的示波器测量功能和计算机控制应用测量显示环境。系统具有独特的示波器测量功能，在 D/A 输出波形、串口输出信号、定时计数器输出信号等实验中发挥独特的测量作用。另外，计算机控制专用测量显示界面在电机控制和温度控制实验中，可测量并用连续波形显示电机运转和温度变化的情况。

(6) 优越的系统扩展性能。

1) 系统提供了两组集成电路扩展插座，用户可根据教学需要扩展更多的实验项目。

2) 可选配各种扩展模块，包括 LCD、CAN 总线通信、红外通信等应用模块。

3) 可选配 TD-51 开发板，全面支持 51 单片机应用实验和开发。

4) 可选配基于 FPGA/CPLD 的 PCI 总线设备开发套件，使用户学习并掌握基于 IA-32 微机系统的 PCI 设备的开发方法。

5) 可选配 USB 开发板，使用户学习、掌握 USB 设备开发所涉及的固件程序设计、驱动程序设计和应用程序设计的全部设计过程及方法，开发出基于 USB 总线的数据采集设备。

(7) 系统的保护设计提高了系统的安全性。对用户开放的 80X86 系统扩展总线，采用了良好的电路隔离及电路保护设计，实验的操作过程对于 80X86 单板机是安全的，保证了单板机系统不受损坏。而且接口芯片也采用了保护电路设计，最大限度地避免实验中可能造成的损坏。此外，系统采用了具有抗短路、过电流的高性能稳压开关电源，进一步提高了系统的安全性。

(8) 高效率的接线方式。实验平台上提供了排线和单线相结合的电路连接方式，数据线

和地址线采用排线连接,控制线采用单线连接,提高了构造复杂电路的能力和连接电路的高效率。

## 2. TD-PITE 实验系统的构成和实验板布局图

TD-PITE 是一套 80X86 微机原理及接口技术实验教学系统,其主要系统构成见表 1.1。TD-PITE 实验系统由 i386EX 系统板和接口实验平台两部分组合而成,出厂时已将两部分连接好,主要系统配置情况见表 1.2。

表 1.1 TD-PITE 实验系统构成

电路名称	系统构成
CPU	Intel i386EX
存储器	系统程序存储器:Flash ROM(128KB) 数据存储器:SRAM(128KB)
信号源	单次脉冲;消抖动脉冲 2 组
逻辑电平开关与显示	16 组电平开关,16 组电平显示 LED 灯(正逻辑)
接口实验单元	8259、8237、8254、8255、8251、DAC0832、ADC0809、SRAM、键盘扫描及数码管显示、开关输入及发光管显示、电子发声、点阵 LED、液晶 LCD(可选)、步进电机(可选)、直流电机、温度控制、RS-232 串口/USB 转换等
实验扩展单元	2 组 40 线通用集成电路扩展单元、扩展模块总线单元
系统电源	+5V/2A,±12V/0.2A

表 1.2 TD-PITE 实验系统的主要配置

项 目	内 容	数 量	项 目	内 容	数 量
最小系统	i386EX 系统板	1	数码显示	共阴极数码管	6
基本接口芯片	8254	1	电子音响	扬声器	1
	8255	1	单次脉冲	微动开关	2
	8237	1	逻辑开关	拨动开关	16
	8251	1	显示灯	LED	16
	DAC0832	1	驱动接口	ULN2803	1
	ADC0809	1	步进电机	35BYJ46 型	1
	74LS245	6	直流电机	DC12V,1.1W	1
	74LS573	1	通信接口	USB 座(或 DB9 座)	1
实验扩展存储器	62256SRAM	2	机内电源	5V,±12V	1
点阵	16×16LED 点阵	1	通信电缆	USB(或 RS-232)	1
液晶(可选)	图形液晶	1	箱体		1
51 系统板(可选)		1	实验用连线		
键盘	4×4 键阵	1			

TD-PITE 实验系统硬件结构如图 1.2 所示,TD-PITE 实验板布局如图 1.3 所示。

## 3. TD-PITE 实验系统的主要实验内容

(1) 80X86 实模式微机原理及接口技术。

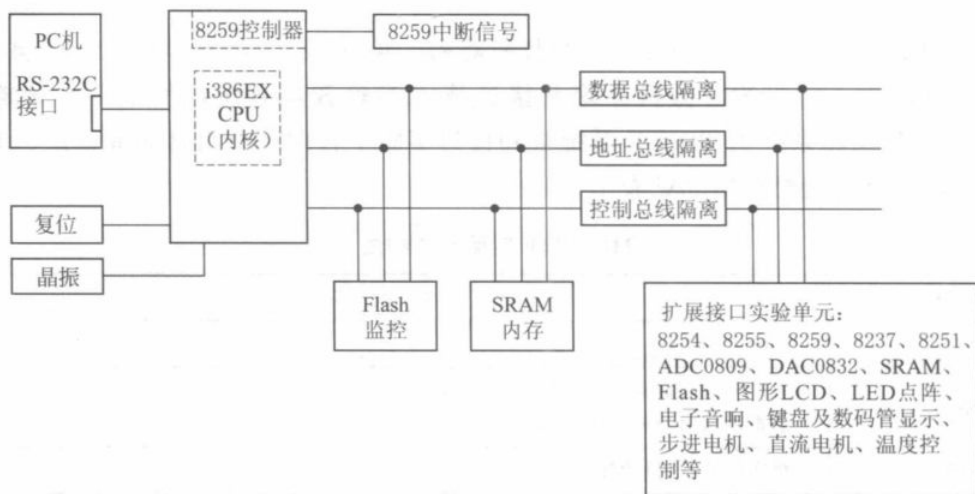


图 1.2 TD-PITE 实验系统硬件结构

电源	扩展实验区			386CPU
时钟源				
温控单元	系统总线单元			
转换单元	8237单元	A/D转换单元		
D/A转换单元	SRAM单元	8251 串行通信单元	8254单元	单次脉冲单元
SPK步进电机单元		开关及LED显示单元		键盘及数码管显示单元
驱动单元	直流电机单元			

图 1.3 TD-PITE 实验板布局

- 1) 16 位微机原理及其程序设计实验。
- 2) 32 位指令及其程序设计实验。
- 3) 80X86 微机接口技术及其应用实验。
- (2) 80X86 保护模式微机原理及虚拟存储管理技术。
  - 1) 保护模式微机原理及其程序设计实验。
  - 2) 保护模式下的存储器扩展及其应用实验。
- (3) 单片机及其应用实验（需选配 TD-51 开发板）。
- (4) PCI 总线设备应用开发（需选配 PCI 开发板套件）。
- (5) USB 总线设备应用开发（需选配 TD-USB2.0 开发板）。

### 1.1.2 TD-51 开发板

TD-51 开发板是西安唐都科教仪器公司为 TD 系列微机接口教学平台配套生产的扩展件,使用 TD-51 配合接口教学实验平台(如 TD-PITE)可以完成 MCS-51 系列单片机原理及应用的实验。图 1.4 所示为 TD-51 开发板的结构。

#### 1. TD-51 开发板的构成及特点

(1) 系统构成。TD-51 开发板为开放的最小单片机系统,采用具有在系统可编程(ISP)和在应用可编程(IAP)技术的增强型 51 单片机,单片机内置仿真程序,可以实现调试、仿真功能,配合 TD 系列微机接口教学实验平台可开展单片机原理及应用的实验教学。TD-51 开发板的构成见表 1.3。

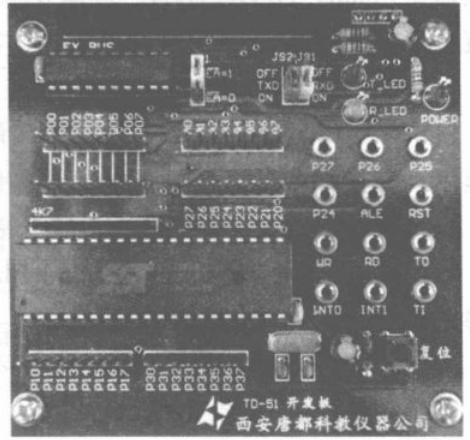


图 1.4 TD-51 开发板的结构

表 1.3

TD-51 开发板的构成

电路名称	系统构成
单片机电路	SST89E554RC 单片机 1 片 74HC573 1 片 单片机复位电路 RS-232 串口或 USB 接口电路等
连接电缆	RS-232 或 USB 通信电缆 1 根

在 TD-51 开发板上提供了 3 个短路块:一个用于 EA 的设置,另外两个用于串行接口的设置。将短路块连接到 EA=0 表示单片机的 EA 引脚与 GND 相连,EA=1 表示单片机的 EA 引脚与 VCC 相连(默认 EA=1 处);标号为 JS1、JS2 的两个短路块用来设置是否将单片机的串行接口与 PC 机的串行接口连接,ON、OFF 分别表示连接、不连接(默认在 ON 处)。

#### (2) 系统功能特点。

1) 取代硬件仿真器的增强型单片机。系统采用具有在系统可编程和在应用可编程技术的增强型 51 单片机 SST89E554RC,这种单片机内置仿真程序,完全取代传统的硬件仿真器和编程器。这种先进的单片机将仿真系统和应用系统合二为一,降低了应用开发成本,提高了研发效率。

2) 先进的集成开发调试环境。系统使用 Keil C51 集成开发环境作为实验设计、调试的工具。Keil C51 提供了强大的调试功能,可单步、断点、全速运行程序,可观察寄存器区、ROM 变量区、RAM 变量区等的内容,支持汇编语言和 C 语言的源语言调试。

3) 灵活的组合方式。采用开放的系统板结构,可以灵活地配合各型号接口实验平台(如 TD-PITE)开展单片机的应用教学。

4) 丰富的实验内容。系统提供了丰富的原理及接口应用实验。配合接口实验平台可完成数字量输入/输出、中断、定时器/计数器、看门狗、低功耗、PCA、串口通信、静态存