

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

单片机课程 同步实验指导

韩晓东 编著

清华大学出版社

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

单片机课程 同步实验指导

韩晓东 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以实验的形式对目前主流的 MCS-51 单片机教材中的重点及难点进行讲解,达到培养学习兴趣、边学边练和完成教学实验任务的目的。实验基于万用板和网上流行的工具软件,便于初学者自己动手完成和交流学习,以节省课内时间。

本书内容主要包括标准化功能模块板的设计制作、单片机引脚特性测试实验、程序的编写与下载实验、计数定时与数字显示实验、按键输入与数据传输实验、中断与程序控制实验等。模块板制作分散在各实验之中,便于边制作、边学习、边实验。

本书可作为单片机课程的配套教材,也可作为初学者的自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机课程同步实验指导/韩晓东编著. —北京:清华大学出版社,2013.1

高等院校计算机实验与实践系列示范教材

ISBN 978-7-302-29184-8

I. ①单… II. ①韩… III. ①单片微型计算机—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 142889 号

责任编辑:高买花 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14.5

字 数:355 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

产品编号:044617-01

出版说明

当前,重视实验与实践教育是各国高等教育界的发展潮流,我国与国外教学工作的差距也主要表现在实践教学环节上。面对新的形式和新的挑战,完善实验与实践教育体系成为一种必然。为了培养具有高质量、高素质、高实践能力和高创新能力的人才,全国很多高等院校在实验与实践教学方面进行了大力改革,在实验与实践教学内容、教学方法、教学体系、实验室建设等方面积累了大量的宝贵经验,起到了教学示范作用。

实验与实践性教学与理论教学是相辅相成的,具有同等重要的地位。它是在开放教育的基础上,为配合理论教学、培养学生分析问题和解决问题的能力以及加强训练学生专业实践能力而设置的教学环节;对于完成教学计划、落实教学大纲,确保教学质量,培养学生分析问题、解决问题的能力 and 实际操作技能更具有特别重要的意义。同时,实践教学也是培养应用型人才的重要途径,实践教学质量的好坏,实际上也决定了应用型人才培养质量的高低。因此,加强实践教学环节,提高实践教学质量,对培养高质量的应用型人才至关重要。

近年来,教育部把实验与实践教学作为对高等院校教学工作评估的关键性指标。2005年1月,在教育部下发的《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》中明确指出:“高等学校要强化实践育人的意识,区别不同学科对实践教学的要求,合理制定实践教学方案,完善实践教学体系。要切实加强实验、实习、社会实践、毕业设计(论文)等实践教学环节,保障各环节的时间和效果,不得降低要求。”“要不断改革实践教学内容,改进实践教学方法,通过政策引导,吸引高水平教师从事实践环节教学工作。要加强产学研合作教育,充分利用国内外资源,不断拓展校际之间、校企之间、高校与科研院所之间的合作,加强各种形式的实践教学基地和实验室建设。”

为了配合开展实践教学及适应教学改革的需要,我们在全中国各高等院校精心挖掘和遴选了一批在计算机实验与实践教学方面具有潜心研究并取得了富有特色、值得推广的教学成果的作者,把他们多年积累的教学经验编写成教材,为开展实践教学的学校起一个抛砖引玉的示范作用。

为了保证出版质量,本套教材中的每本书都经过编委会委员的精心筛选和

严格评审,坚持宁缺毋滥的原则,力争把每本书都做成精品。同时,为了能够让更多、更好的实践教学成果应用于社会和各高等院校,我们热切期望在这方面有经验和成果的教师能够加入到本套丛书的编写队伍中,为实践教学的发展和取得成效做出贡献;也衷心地期望广大读者对本套教材提出宝贵意见,以便我们更好地为读者服务。

清华大学出版社

联系人:索梅 suom@tup.tsinghua.edu.cn

子曰：“学而时习之，不亦说乎？”对单片机这种技术性很强的课程，这个“习”，不仅是作业，更应该是实验。

其实，实验的重要性大家都很清楚，但实行起来却很难。首先是要有设备的投入，其次要有宽松的时间。

在大学里，一门课的学时很少，像单片机这样的课，学时数最多是 64 学时，有些甚至只有 48 学时，根本腾不出更多的时间用于实验。

为解决以上问题，作者提出学生在课下自做实验、老师在课内组织实验考核的模式。老师在课堂教学中，布置实验代替原有的作业，学生通过课外时间完成实验内容。在实验课上，学生展示自己的实验成果，也可按老师的要求在原来实验的基础上完成新的实验内容，由老师进行检查和指导。但随之带来的问题是，学生有条件自做实验吗？还好，制作单片机实验板所需要的元器件价格并不高，可以让学生自己动手做。从零开始自己制作实验板，对学生是一个极好的学习锻炼机会，如果做得好，将一生受益。同时，这里需要一本指导教材，本书就是为此而编写，它将从减少学生负担和保持学习积极性出发，把一块大的实验板分成小块，以方便学生自己制作。学生既可以自己逐步做出全部各块，也可以跟其他同学合作各做一块，拼接起来完成实验内容。

本书共 6 章。第 1 章实验准备，介绍实验基板和标准化万用板的设计与制作，为后面各章的功能模块板制作和实验做准备。标准化万用板在本书中被称为模块万用板，它使各功能板标准化并易于连接。第 2~6 章依课程的主要内容展开实验讨论分析，补充理论教学中的不足。每节安排有扩展练习，给同学自由发挥的空间；每章安排有课堂实验，以便老师集中检查和指导。书中“课堂实验”的内容，只是推荐内容，老师也可以选取“扩展练习”的实验内容作为替代。为了教书育人，每章末都有一些借题发挥式的总结体会，旨在启发读者：我们不仅是在学习知识，更是在汲取智慧。

本书的出版得到了清华大学出版社的长期关怀和学校领导的鼓励，在此表

示感谢。正是在他们敬业精神的感召下,作者一字一句地完成了本书的创作。书中的部分实验板插图来自于昆明理工大学一些已毕业学生的实验作品,在此,也对他们表示谢意,祝事业有成。

虽然本书的内容来自于教学实践,但把这些内容编辑成书,仍是一个重新创作的过程。书中有许多不成熟的地方,恳请广大读者批评指正。

作 者

2012 年 12 月于昆明理工大学

第 1 章 实验准备——模块万用板及基板的制作	1
1.1 实验条件	1
1.1.1 计算机	1
1.1.2 工具	2
1.1.3 万用板	2
1.1.4 导线	2
1.2 实验手段	3
1.2.1 用工具软件进行模拟仿真实验	3
1.2.2 购买实验板或实验仪进行实验	3
1.2.3 自己制作实验板进行实验	4
1.2.4 建议采取的方案	4
1.3 制作实验板所需解决的问题	5
1.3.1 化整为零	5
1.3.2 标准化	5
1.3.3 化零为整	5
1.4 实验板的设计	6
1.4.1 启发	6
1.4.2 实验板的构成	7
1.4.3 插接件的选取	7
1.4.4 模块万用板的设计	8
1.4.5 基板的设计	8
1.5 模块万用板和基板的制作	9
1.5.1 模块万用板的制作	10
1.5.2 基板的制作	12
1.6 测试	15
1.6.1 相同脚的测试	15
1.6.2 电源测试	15
1.6.3 附加练习	15
总结体会	15

第2章 单片机最小系统与引脚特性测试

——CPU板的制作与 Proteus 的应用	17
2.1 单片机引脚及功能	17
2.2 单片机的最小工作条件	18
2.3 CPU板的设计	19
2.3.1 最小系统原理图	19
2.3.2 元器件布局和连线设计	21
2.4 CPU板的制作	22
2.4.1 元件清单	22
2.4.2 元件符号及实物图对照	22
2.4.3 模块板的制作	24
2.5 CPU板的通电检测	25
2.5.1 关键点电压测试	25
2.5.2 运行程序的测试	26
2.5.3 故障分析	26
2.6 单片机初始状态的测试实验	26
2.6.1 Proteus 仿真	26
2.6.2 利用 CPU 板进行实验	31
2.6.3 扩展练习	32
2.7 单片机工作状态的测试实验	33
2.7.1 Proteus 实验	33
2.7.2 实物实验	36
2.7.3 扩展练习	37
2.8 单片机引脚特性测试实验	37
2.8.1 P 口 I/O 脚的驱动能力和 LED 的特性	37
2.8.2 Proteus 实验	38
2.8.3 实物实验	39
2.8.4 扩展练习	42
2.9 课堂实验——认识单片机	43
总结体会	44

第3章 单片机程序的编写与下载——Keil 的应用和通信板的制作

46

3.1 单片机的“语言”	46
3.1.1 二进制机器语言及十六进制表达	46
3.1.2 指令的物理实在	46
3.1.3 助记符和汇编	47
3.1.4 修改机器码的实验	47
3.1.5 扩展练习	49

3.2	Keil 编程实验	49
3.2.1	建立 Keil 工程项目文件	49
3.2.2	新建源程序文件并把它加入项目	52
3.2.3	P 口输出编程实验	54
3.2.4	在 Keil 中配置学习资源和下载工具	58
3.2.5	扩展练习	60
3.3	下载程序所涉及的问题	60
3.3.1	单片机的串口	60
3.3.2	计算机的外部串行接口	60
3.3.3	USB 口转 RS-232 串口	61
3.3.4	电平转换及连接	62
3.4	串口通信板的制作	64
3.4.1	元件清单	64
3.4.2	电路原理图	64
3.4.3	电路板制作	65
3.4.4	加电测试	67
3.5	下载程序实验	67
3.5.1	硬件连接	67
3.5.2	下载操作	68
3.5.3	验证	69
3.5.4	扩展练习	69
3.6	程序运行时间测量与 PWM 原理实验	69
3.6.1	用 Keil 测试指令执行时间	70
3.6.2	用 Keil 观察脉冲波	71
3.6.3	PWM 原理实验	74
3.6.4	扩展练习	76
3.7	延时程序的编写与闪烁灯实验	76
3.7.1	延时程序的编写与测试	77
3.7.2	闪烁灯程序的编写与测试	79
3.7.3	控制灯闪烁次数的程序编写与实验	80
3.7.4	扩展练习	83
3.8	课堂实验——红绿灯的控制	83
	总结体会	85

第4章 计数定时与数字显示——定时/计数器实验及显示板的制作 86

4.1	显示板的制作与实验	86
4.1.1	元件清单	86
4.1.2	电路原理图	87
4.1.3	元件布局	88

4.1.4	布线	88
4.1.5	电路板的焊接	89
4.1.6	测试	90
4.1.7	扩展练习	92
4.2	数码管字形码显示实验	92
4.2.1	数码管的字形码	92
4.2.2	字形码显示实验	93
4.2.3	扩展练习	93
4.3	计数器计数实验	93
4.3.1	计数器的设定和中断请求	94
4.3.2	计数器 T0 的中断服务程序	97
4.3.3	主程序入口	97
4.3.4	利用 Keil 进行程序调试实验	98
4.3.5	在实验板上进行实验	99
4.3.6	扩展练习	99
4.4	定时器定时实验	100
4.4.1	定时 10ms 的编程	100
4.4.2	定时 1s 的编程及 Keil 调试	101
4.4.3	精确定时方法	102
4.4.4	产生秒脉冲	103
4.4.5	扩展练习	106
4.5	机器数的显示实验	106
4.5.1	二进制数的显示实验	107
4.5.2	十六进制数的显示实验	108
4.5.3	十进制数的显示实验	111
4.5.4	扩展练习	112
4.6	LED 亮点视觉暂留实验	112
4.6.1	LED 刷新频率测定实验	112
4.6.2	8 只 LED 动态点亮实验	115
4.6.3	扩展练习	118
4.7	数码管的动态显示	119
4.7.1	显示 8051	119
4.7.2	双位十六进制数的显示	123
4.7.3	多位十进制数的显示	126
4.7.4	扩展练习	129
4.8	课堂实验——分计时器	129
	总结体会	131

第 5 章 按键输入与数据传输——按键板的制作及串行通信	132
5.1 按键板的制作	132
5.1.1 输入键盘的设计	132
5.1.2 元件清单	132
5.1.3 元件在模块万用板上的布局和连线	133
5.1.4 按键板的制作	133
5.1.5 测试	134
5.1.6 扩展练习	136
5.2 按键抖动影响的测试与防止	136
5.2.1 抖动测试	136
5.2.2 抖动影响的防止	138
5.2.3 扩展练习	140
5.3 按键识别	141
5.3.1 按键动作检测	141
5.3.2 按键识别	143
5.3.3 求键值	145
5.3.4 按键显示实验	146
5.3.5 扩展练习	149
5.4 串行通信	150
5.4.1 单片机串口的设置	150
5.4.2 串行数据传送实验	152
5.4.3 扩展练习	155
5.5 按键数据记录	155
5.5.1 单片机与计算机的串口通信	155
5.5.2 按键抖动数据记录及分析	155
5.5.3 按键键码记录与新码表的建立	158
5.5.4 扩展练习	160
5.6 按键选择数据的发送实验	160
5.6.1 独立按键选择发送	160
5.6.2 矩阵键盘选择发送	162
5.6.3 计算机键盘选择数据发送	166
5.6.4 扩展练习	169
5.7 多位数的输入与发送	169
5.7.1 按键多位数输入	170
5.7.2 多位数的发送	172
5.7.3 多位数的接收	172
5.7.4 扩展练习	174
5.8 课堂实验——电子号码锁的初级设计	174
总结体会	176

第 6 章 中断与程序控制——中断系统及其综合实验	178
6.1 中断测试	178
6.1.1 程序中中断与堆栈	178
6.1.2 CALL 与 RET 失配实验	179
6.1.3 单片机的中断系统	181
6.1.4 优先级测试	182
6.1.5 中断返回测试	185
6.1.6 扩展练习	185
6.2 利用中断控制程序运行	186
6.2.1 节能显示	186
6.2.2 调用键盘程序	188
6.2.3 实验板上程序的单步执行	191
6.2.4 扩展练习	194
6.3 单片机低功耗运行实验	194
6.3.1 掉电及唤醒	195
6.3.2 待机及唤醒	198
6.3.3 掉电与待机唤醒时程序运行测试	201
6.3.4 冷热启动	202
6.3.5 扩展练习	204
6.4 控制从机	204
6.4.1 串口中断唤醒测试	204
6.4.2 呼叫实验	206
6.4.3 控制从机工作	211
6.4.4 扩展练习	213
6.5 课堂实验——简易人体反应测试器	214
总结体会	215
附录 MCS-51 系列单片机指令表(按指令的字母顺序排列)	217

——模块万用板及基板的制作

我们知道,单片机是机器中的“主板”,它把早期的计算机主板集成在一块芯片内,其工作原理和主板类似,只不过它比较简单,不能运行大的程序,只能运行短小精干、效率高的程序。要编出这样的程序,就必须充分了解它的硬件特性和资源。另外,由于它只相当于一块低级的计算机主板,没有如键盘之类的计算机标准外围设备。在应用中,要根据控制机器的需要,添加一些非标准的外围电路以满足要求。电路不同,支撑它工作的程序也不一样。所以,我们不可能只懂软件,不懂硬件地编单片机的程序,这就是本书建议大家自己动手做实验板的原因。在制作实验板之前,我们需要知道做单片机实验所需的条件,以便与之配接。

1.1 实验条件

1.1.1 计算机

在大学里,计算机已经成为同学们的学习工具,学单片机也需要它。只不过,学单片机并不需要高级的计算机,而只需要带有九针脚的串行接口的计算机,这个接口在计算机上叫 COM 口(串行通信端口),它和接显示器的 VGA 接口大小相近,请意识识别。如果读者的计算机没有这种串口,可以买一个 USB 转 RS-232 串口转换器,在电脑上安装其驱动程序后,就可把 USB 口转换成所需要的串口来使用。这种转换器在电子元器件商店有售,驱动程序提供免费下载。

对没有计算机的同学,这却是一件好事。新买计算机时挑选带有这种串口的型号,或者在二手市场买一台老式计算机即可。早期的计算机,九针串口是其标准配置。

学单片机,为什么要用到这种带串口的计算机呢?编译单片机程序并将其下载到单片机里要用到它,做通信实验也要用到它。其实,现代的某些设备(如一些游戏柄)跟计算机相连,表面上连接的是 USB 口,内部却是通过虚拟串口(COM 口)来进行数据交换的。可见这种接口并没过时,只是用的地方不同而已。关于程序下载和通信的问题,后面将作详细介绍。

1.1.2 工具

除了电脑外,还需要万用电表、电烙铁等一些测量和焊接工具。大部分学生都具备这些工具,它们应该是理工科大学生的随身物品。不过,用来焊单片机实验板的电烙铁最好选尖头电烙铁,焊锡丝应该细一点,如图 1-1 所示。



图 1-1 万用电表、电烙铁、焊锡

除此之外,还应准备尖头小刀、镊子、剪刀、小钢锯之类的辅助工具,这些工具在生活中也经常用到。

1.1.3 万用板

万用板也叫万能板,俗称洞洞板(perfboard),它是带有等矩焊孔的印制电路板,如图 1-2 所示。之所以叫它为万用板,是因为可以用它来做任何电路。网上和实体电子元器件商店都有大大小小的万用板出售。

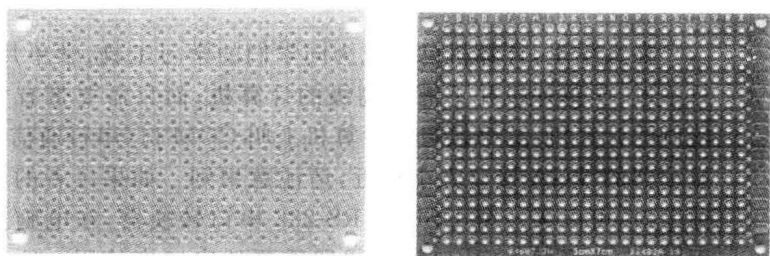


图 1-2 万用板

用万用板制作实验板,不是简单、胡乱地用它,不能今天用它焊一块板子,明天焊另一块时就把前面的板子丢弃。要使自己的劳动成果和其他人的劳动成果进行累积,能够共享,本书就要告诉读者其实现的方法。

1.1.4 导线

导线不必单独去买,买一段网线,剥开皮就可得到多股不同色的电线,用于制作电路板即可。

以上实验条件,丰富了同学们的工具种类,也没有过多地额外增加同学们的负担。当然,读者也可以利用学校里开放实验室和大学生科协里的条件来完成实验。

1.2 实验手段

怎样进行单片机实验呢?有多种手段。

1.2.1 用工具软件进行模拟仿真实验

进行程序调试和不加外围电路的模拟仿真实验可用 Keil μ Vision 软件(以下简称 Keil),加外围电路,则可用 Proteus 软件,这两款工具软件在网上很流行。用工具软件进行仿真实验的好处是,没有硬件支出,不怕烧元器件,能观察或调节元器件内部参数,可轻易地改变电路(如图 1-3 所示)。坏处是,它毕竟是“假”的,最终的结果还是要靠“真”的来检验。

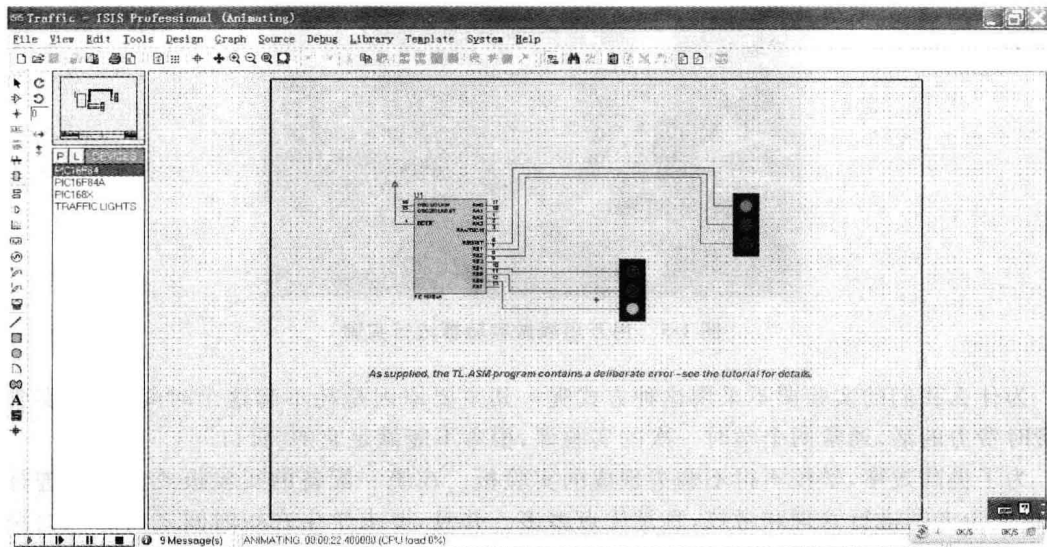


图 1-3 用 Proteus 工具软件进行模拟仿真实验

1.2.2 购买实验板或实验仪进行实验

购买已做好的实验板进行实验,如图 1-4 所示,这是目前做单片机实验普遍采用的方法,网上及实体电子元器件商店也有许多这方面的实验板出售。这种方法实际上就是在已经设计好的电路上,编写软件进行实验,虽快速省事,但对硬件的训练少。有些实验板为了克服这一缺点,设计时留有一些可由用户支配和改变的接口线,但都不如自己制作实验板来得彻底。

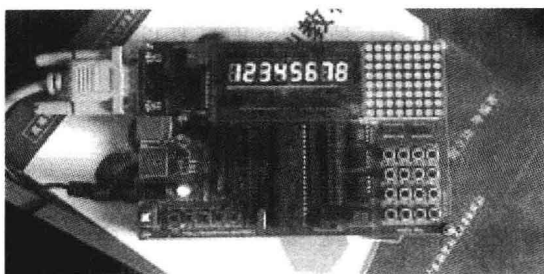


图 1-4 购买实验板进行实验

(图片来自 <http://bbs.eeworld.com.cn/>)

1.2.3 自己制作实验板进行实验

从买元件开始,自己制作实验板做实验,如图 1-5 所示,是学习课程和培养同学动手能力的最佳实践方式。

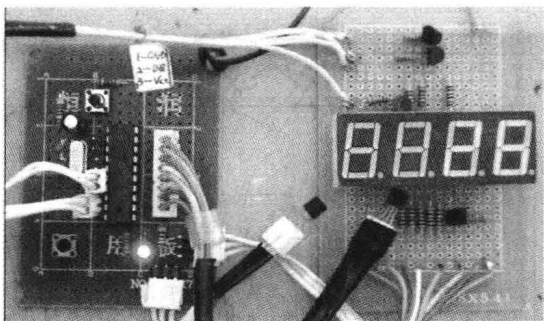


图 1-5 用万用板做实验板进行实验

为什么我们的实验课不采用这种方式呢?其主要原因是耗不起这个时间,制作实验板是费时费力的活,通常两个学时一次的实验课,根本不能满足它的“胃口”。

为了提高效率,学校不得不购买现成的实验板。在统一配备的实验板或实验仪进行实验,也便于老师进行管理和考核,真是优点多多。并且,要求学生在短时间之内焊一大块实验板,实在是不易,如果遇到挫折,产生不悦的体验,有些同学就会像得了“厌食症”,一辈子不想焊板子,反而弄巧成拙。

但是,我们也不能因噎废食,可以想办法把大块实验板分解成小块实验板进行制作,采取最简单的设计方案,降低难度,并安排在课外进行。相信通过这样的实践之后,同学们的动手能力会得到大大的提高。回到家里,能为左邻右舍解决电器小问题。现代的家用电器大部分是微电脑(单片机)控制,读者学到的东西不管在哪里都有用武之地(作者期望读者能成为别人眼中的“活雷锋”)。

1.2.4 建议采取的方案

以上的实验手段各有优点,也各有缺点,不能单独使用,要综合利用。作者建议的方法是,先做模拟仿真,然后再用自己制作的实验板进行实验,并且和课堂教学配合,采取制作一