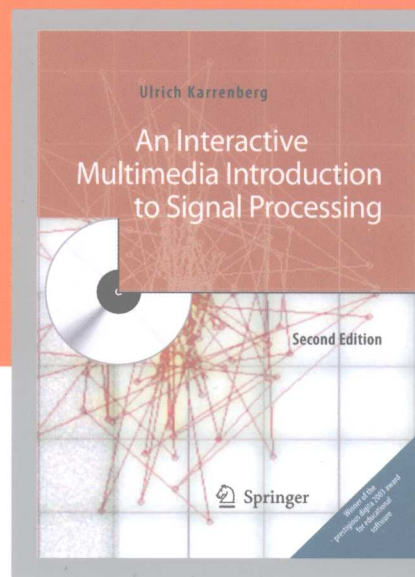


信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing

信号处理的 交互式多媒体教程 (第2版)

Ulrich Karrenberg 著
李秀梅 肖泳 毕国安 译



清华大学出版社



Springer



信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列

An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing

信号处理的 交互式多媒体教程 (第2版)

Ulrich Karrenberg 著
李秀梅 肖泳 毕国安 译



清华大学出版社
北京



Springer

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2007-1431

Translation from the English language edition:

An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing, Second Edition by Ulrich Karrenberg

Copyright © Springer 2007

Springer is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved.

本书中文简体字翻译版由德国施普林格公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

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

信号处理的交互式多媒体教程(第2版)/(德)凯伦博格(Karrenberg, U.)著;李秀梅,肖泳,毕国安译. —北京:清华大学出版社,2008.12

书名原文: An Interactive Multimedia Introduction to Signal Processing

(信息技术和电气工程学科国际知名教材中译本系列)

ISBN 978-7-302-17521-6

I. 信… II. ①凯… ②李… ③肖… ④毕… III. 数字信号—信号处理—教材
IV. TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 063103 号

责任编辑: 王一玲 陈志辉

责任校对: 白 蕾

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 23.5 字 数: 566 千字

附光盘 1 张

版 次: 2008 年 12 月第 1 版

印 次: 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 023101-01

翻译此书,纯属偶然。在本书作者 Karrenberg 教授访问新加坡南洋理工大学时,我们讨论了如何更好地发挥计算机和多媒体技术在信号处理教学中的作用,并一致认为计算机和多媒体技术的根本潜力之一是能够提供动态图形和互动性。从现有技术来讲,完全可以为所教授的课程建立一些以计算机软件为基础的虚拟系统,来帮助读者对某些抽象的理论获得更快和更深的理解。尤其像数字信号处理这类课程,这样的虚拟系统可以允许读者进行有益的虚拟实验,来促使数学基础较弱的读者充分地理解所学习的内容,也可以帮助读者缩小理论学习与实际需要的距离,因而使得读者能够更快地满足工作的需要。

Karrenberg 教授的这本书正是满足了这样的需要。本学习系统提供了多个软件模型来对所讲述的概念进行模拟,并允许读者输入或改变模型所需的参数来控制模拟过程和其输入与输出的图形化表示。在本书的绪论里,Karrenberg 教授已经充分地介绍了这本书的特点。与其他教科书的最大不同,是这本书几乎不用数学公式来描述信号-处理-系统,它的最有用之处是利用免费的软件平台,允许读者以图形化编程方式组建所需的系统模块进行仿真,观测信号-处理-系统所涉及的内容。

这样的中文版教学材料还属少见。我们很荣幸能够将此书介绍给中文读者,并希望大家能够从本书的中文版本获益。

本书几乎不用数学,完全以解释性的语言,并通过从大量的虚拟系统模块获得的动态图形来描述所涉及的内容。当然读者也完全可以修改 CD 上提供的系统模块来建立自己需要的系统模块。由于本书很少使用数学,读者可能需要一些理论依据作为补充。在使用 CD 上的系统模块时,没有英文基础的读者可能会对模型的英文描述感到困惑。为了减少这些障碍,本书的结尾列出了一些经常使用的中英文词汇对照。

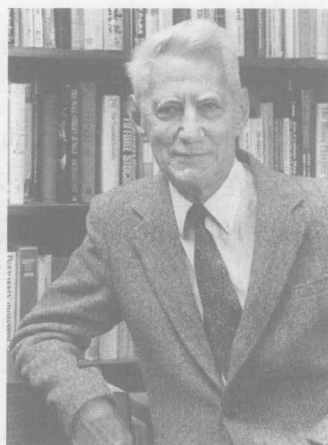
本书的翻译工作安排如下。李秀梅和肖泳各自负责前 7 章和后 6 章的翻译,毕国安负责审阅修改、整合及排版。由于各方面的局限,敬请读者原谅此书中存在的一些错误。

最后我们感谢 Karrenberg 教授允许并帮助本书的翻译工作以及出版社(Springer 和清华大学出版社)对出版本书的积极支持。

2007 年 6 月完稿

本书献给 Claude E. Shannon,他是现代通信技术的先驱,逝于2001年2月25日。他于1948年出版的《通信的数学原理》一书只有55页,但却很少有人能深入理解这本书的基本内容。然而,这并不能削减他的天才和他的发现的独特性。它们比其他任何的发明都更多地改变了我们的世界,因为现在通信在我们的社会 and 生活中都是很关键的。

他的理论一旦融入当代物理之中,进而引导人们进一步理解自然的核心法则,那么他开创的领域才算建成。这还是一项有待完成的任务。



- 如果你想要造一艘船,不要鼓动人们去找木头,不要给他们分配不同的任务和工作,你只需要点燃他们对大海的渴望,这种渴望的力量是无限的! (Antoine de Saint-Exupery)
- 最大的奇迹产生于我们头脑的内部。(Steven Hawking)
- 我们夸大了语言在传递信息上的成功,尤其在学术界。语言不仅是可高度省略的,而且没有什么可以补充我们明确提出的类似事物中第一手经验的不足……第一手知识是智力活动的终极基础……学术界第二手性在于其平庸性。它是平庸的,因为它从没有被现实所吓倒。(Alfred North Whitehead)
- 那些把科学和技术上的奇迹当做理所当然,而不去更好地加以理解的人应该感到羞耻,他们正如一头牛,正在快乐地咀嚼植物,而对植物后面所隐藏的原理不加思索。(Albert Einstein 于1930年柏林 Funkausstellung 电信展)
- 真正的问题忽略了这样的事实:教育被武断地划分成了不同的学科。(U. Karrenberg)
- 计算的目的是为了提高我们的洞察力,而不仅仅是获得数字! (R. W. Hamming)
- 信息和不确定性是不可分割的。(Warren Weaver)

作者简介

本书作者 Ulrich Karrenberg, 于 1960 年在柏林学习电信学, 毕业后做工程师达 7 年之久。之后在 Cologne 大学学习完物理与数学的学位课程, 开始在位于 Duesseldorf 的 Heinrich-Hertz-Berufskolleg (职业学校) 做教师。在 12 年里, 他负责电子工程专业学生的职业培训, 使他们获得大学入学资格。而且, 他还作为职业学校的课程设置组成员长达 16 年。他曾在 Duesseldorf 的 Paedagogisches 研究所负责教师再教育长达 15 年。从 1993 年起, 他在 Studienseminar Duesseldorf 的职业学校中负责电信学与信息技术领域教师的培训

工作。

FOREWORD

第二版前言

本书英文版第二版是在第一版出版后的第四年完成的。同时,第四版的德语版已经出版,本版本即以此版为参照。本学习系统的国际化英语版本已在世界范围内得到很高的评价,被授予 2003 年德国教育软件奖。

多媒体交互学习系统以打印版和电子版的形式出现,也就是说,这些书可以在现实中读,也可以通过研究和实验进行学习,这很符合时代的精神。

与第一版相比,本次修改主要包含以下几点:

- 现在 DASYLab S 被包含到学习系统中。顺便应该提及的是,DASYLab 被授予了 25000 个专利(license),它是世界范围内测量数据的最强可配置的软件。
- 在 S 版本中,与外界进行基本联系以采集和输出实际信号依然是通过声卡(即两个高精度的模拟输入和输出),以及并口和串口来完成的。
- 而且,对很多 DASYLab 实验都进行了扩展、修改和优化。
- 作为学习系统的基本部分,对插图材料也进行了修改和扩展。
- 增加的内容有第 3 章中小波的基本原理以及第 11 章中离散小波变换在模式识别、压缩和消噪处理方面的应用。
- 修改了所有发现的错误。

我们从大学和研究单位对获取使用许可的申请表明,他们对本学习系统的评价是积极正面的,是富有热情的。可以在家用计算机上进行实验,而不需要昂贵的实验配备,这一思路似乎很流行。

我要再一次对 DASYLab 团队表示感谢,他们现在已成为 measX 公司,我也要感谢 Springer 出版公司的团队。我与他们的合作是很愉快的,而且他们总是能满足我的一些特定要求。

这个学习系统是在使用者和作者的交互中成长,开花,结果的。因此,如果您有什么具体的建议,我将非常高兴并会加以仔细的考虑,如果可能的话,也可以把您的建议包含在本书中。我期望能得到您的建议和意见。

Ulrich Karrenberg

2006 年 11 月于 Düsseldorf

ulrich.karrenberg@t-online.de

CONTENTS

目录

绪论	1
0.1 人们可以理解的科学	1
0.2 适用对象	2
0.3 图形化编程	3
0.4 电子文档	3
0.5 Camtasia 视频播放器	9
第1章 概念：方法、内容、主旨	11
1.1 纲举目张	11
1.2 硬件：片上系统	13
1.3 软件就是仪器	13
1.4 最新教育的例子	13
1.5 理论与实践的统一	14
1.6 多媒体和交互式学习	14
1.7 科学和数学	15
1.8 寻找其他的“工具”	17
1.9 作为起点的物理学	20
1.10 目标的阐明	21
1.11 初步结论：这个概念具有更清楚的轮廓	24
习题	25
第2章 时域信号与频域信号	28
2.1 傅里叶原理	28
2.2 周期振动	29
2.3 人类的耳朵就是傅里叶分析仪	30
2.4 傅里叶变换：从时域到频域和从频域到时域的变换	34
2.5 重要的周期振动或信号	37
2.6 时域信号与频域信号的比较	38
2.7 令人感到迷惑的相位频谱	40

2.8	干扰: 虽然一切都存在但我们却无法看见	40
2.9	正弦信号和 δ 冲激信号的相似性	42
2.10	非周期(non-periodic)信号与瞬时(one-off)信号	43
2.11	纯随机信号: 统计噪声	45
2.12	噪声与信息	46
	习题	47
第3章 不确定性原理		51
3.1	频率与时间的特殊关系及其在实践中的作用	51
3.2	正弦信号和 δ 冲激: 不确定性原理的极限情况	54
3.3	为什么不存在理想滤波器	55
3.4	对非周期信号进行频率测量	57
3.5	近周期(near-periodic)信号	62
3.6	音调、语音和音乐	63
3.7	限制的不确定性: 短时傅里叶变换及小波变换	67
	习题	76
第4章 语言——信息的载体		78
4.1	如何产生及感知语音、音调与声音	85
4.2	案例: 语音识别的简单系统	90
4.3	改进与优化	93
4.4	模式识别	96
	习题	98
第5章 对称性原理		99
5.1	对称性导致负频率的存在	99
5.2	从物理意义上证明负频率的存在	99
5.3	周期频谱	105
5.4	傅里叶反变换与高斯平面	107
	习题	117
第6章 系统分析		118
6.1	扫描(sweep)	120
6.2	现代测试信号	124
6.3	δ 冲激(δ -pulse)	125
6.4	作为轨迹曲线的传递函数	127
6.5	阶跃函数(step function)	131
6.6	高斯脉冲	135
6.7	高斯猝发脉冲	137

6.8 猝发脉冲信号(burst signal)	138
6.9 Si 函数与 Si 猝发脉冲	138
6.10 噪声	141
6.11 系统中的过渡状态	144
习题	147
第 7 章 线性与非线性处理	149
7.1 系统分析与系统综合	149
7.2 对过程进行测试来判断系统的线性特征	149
7.3 传输线与空间	149
7.4 内在规律的重要性	150
7.5 镜像与映射	150
7.6 复杂的元件: 晶体管	152
7.7 只有几种线性处理	152
7.8 对信号乘以常数	152
7.9 两个或多个信号相加	153
7.10 延时	155
7.11 微分	155
7.12 积分	161
7.13 非正规函数和信号曲线	168
7.14 滤波器	169
7.15 非线性处理	172
7.16 两个信号相乘	173
7.17 绝对值的产生	176
7.18 量化	178
7.19 加窗	180
习题	180
第 8 章 传统调制方法	182
8.1 传输媒介	182
8.2 使用正弦载波信号进行调制	182
8.3 传统意义上的调制和解调	184
8.4 幅度调制 (AM) 及其解调	184
8.5 能量的浪费: 有载波的双边带幅度调制	190
8.6 没有载波的单边带调制	191
8.7 频率复用	196
8.8 混合	201
8.9 频率调制 (FM)	201
8.10 频率调制信号的解调	210

8.11 锁相环(PLL)	213
8.12 相位调制	217
8.13 调制过程的抗干扰性	218
8.14 实用的信息理论	221
习题	221
第9章 数字化	224
9.1 数字技术的定义	224
9.2 模拟信号的数字处理	224
9.3 跨入数字世界的大门:模/数转换器	225
9.4 数/模转换器的原理	227
9.5 模拟脉冲调制过程	229
9.6 DASYLab 软件和数字信号处理	231
9.7 在时域和频域的数字信号	233
9.8 数字信号的周期	234
9.9 数字信号的周期频谱	241
9.10 抽样原理	242
9.11 模拟信号的恢复	248
9.12 非同步性	249
9.13 使用窗函数进行信号处理所导致的信号失真	251
9.14 需要考虑的参数列表	253
习题	254
第10章 数字滤波器	256
10.1 硬件和软件	256
10.2 模拟滤波器的工作原理	256
10.3 快速傅里叶变换滤波器	259
10.4 时域数字滤波	263
10.5 卷积	267
10.6 案例研究:数字滤波器的设计和应用	269
10.7 避免带通区间中的纹波成分	272
习题	276
第11章 数字传输技术 I: 信源编码	278
11.1 数字信号和数据的编码/解码	279
11.2 压缩	281
11.3 低损压缩和有损压缩	282
11.4 游程长度编码 RLE	282
11.5 霍夫曼编码	283
11.6 LZW 编码	284

11.7	音频信号的信源编码	286
11.8	增量编码或增量调制	286
11.9	总和增量调制或编码(Σ - Δ M)	289
11.10	噪声信号的修正以及数字抽选滤波器	292
11.11	子频带编码和多分辨率	293
11.12	正交镜像滤波器(QMF)	297
11.13	离散小波变换和多尺度分析(MSA)	301
11.14	利用心理声学的效果进行压缩(MPEG 编码)	308
11.15	编码过程和物理学	312
	习题	313
第 12 章	数字传输技术 II : 信道编码	315
12.1	减少误码率的差错控制编码	315
12.2	距离	316
12.3	汉明码和汉明距离	316
12.4	卷积码	319
12.5	维特比(Viterbi)解码	322
12.6	硬判决和软判决	323
12.7	信道容量	325
	习题	326
第 13 章	数字传输技术 III : 调制	327
13.1	离散状态的转换	330
13.2	幅移键控(2-ASK)	330
13.3	相移键控(2-PSK)	330
13.4	频移键控(2-FSK)	330
13.5	信号空间	334
13.6	正交相移键控(QPSK)	335
13.7	数字正交幅度调制(QAM)	338
13.8	多址	342
13.9	离散多频	345
13.10	正交频分复用(OFDM)	348
13.11	编码正交频分复用(COFDM)和数字音频广播(DAB)	352
13.12	全球移动通信系统(GSM)	354
13.13	非对称数字用户线路(ADSL)	356
13.14	扩频	357
	习题	360
参考文献		362

绪 论

目前,在微电子学、计算机及通信技术领域中,教育、再教育和培训成为大众所关注的热点。这些领域具有很好的市场潜力,因此也非常需要高素质的专业人士。然而,在大学、其他学校、家庭教育中,几乎没有能面向未来的教育。

0.1 人们可以理解的科学

当学生选课时,通常他们会避开那些需要信号-处理-系统领域的理论和相关技术背景的课程。这些课程的名声很坏,因为人们认为它们很难,要学好这些学位课程需要跨越很多的障碍。

虽然上面所提到的领域与最重要的高营业额的服务行业紧密联系,但到目前为止,大学和工业界还没有着手来消除这些障碍。

作者是一位培训教师的讲师,令我感到很震惊的是,很显然在全世界范围内的微电子学、计算机、通信和自动技术领域,对于那些准备学习这些课程或已经参加了大学课程的人居然都没有令人信服的教材。我自问为何大学的课程过分强调理论方面,而工作培训却是以实践为基础的。我得到这样的结论,即理论和实践必须融为一体,尤其是在上面提到的领域。

下面的这个故事会让我们看到理论和实际之间的尴尬选择:14个实习老师参加了电信技术信息学方面的一个研讨会。他们都是具有大学文凭的工程师,有些还有实际的工作经验。其中一人在职业学校讲授一系列控制工程方面的课程时遇到了问题。结果研讨会的议题就变为“如何减少说教与加强基础教育”。作为获得学位的部分要求,所有参加的实习老师都曾经参加过控制工程方面的课程、研讨会和实际应用。但是当培训者问他们是否还记得控制工程中的基本术语或概念时,他们都很犹豫,最后想到了拉普拉斯变换。当向他们问起这个术语的基本情况时,他们只得很胆怯地承认,他们可以用相关的公式进行计算,但的确不知道它的基本背景。

不可否认,我们大多数人把大学中讲授的一些知识当事实来接受,然后不加思考也没有对它进行更深的理解就付诸于应用。但是有另外一种教育方法可以提高学习的效率并节约所需时间。

简言之,这里提供的学习系统使用了很多不同的方法,旨在:

- 提供了解信号-处理-系统原理的途径,甚至也适用于那些在学术领域没有相关经验的人们。
- 为学习学位课程提供理论与实践的结合。
- 为毕业生们做好从大学到工作的过渡,从而避免“实践冲击(Practice-shock)”。

本书涉及交叉学科的知识,包含与通信相关的科学,从最广义上讲,它们都是为实现我们目的的参考教材。

教与学是交互现象。本书借鉴了近期对人脑研究的一些发现,如可视学习、意识培养(和外界的互动)以及心理学等。本学习系统的核心由近 300 幅高质量的图和程序设计组成,从而更清晰地反映出模拟和实验的过程。

我们把主要问题都用图来表示,并以物理现象为主要参考依据。电磁振荡,波和量子是信息载体;在发送端和接收端之间有物理交换。我们把所包含的技术都很简单地定义为可观察到的自然法则的具体应用,因为对技术而言,包括信号-处理-系统领域,只有当它和这些法则相一致时才能工作。

有很多各种语言的专业文献,它们使用了数学模型来解释信号系统中的现象。这种方法在大学授课中也很普遍。但是本书并不是基于这种方法的另一本出版物,本书中最重要的方法论就是避免使用数学模型。这种方法论的目的在于为学习者消除障碍,从而引导他们更容易地进入这个迷人的领域。

因此,本学习系统是对大学教师所用材料的一个理想补充。而且它也照顾到了很多想进入相关领域而有困难的人。

0.2 适用对象

上面的说明已经让大家了解了本书的适用对象是:

• 大学老师

① 希望在授课和研讨会上对信号处理使用高质量的可视化材料、交互式模拟和图形化解释的老师;

② 当在授课中谈到数学模型时,希望可以将信号系统中数学所起的作用可视化的老师;

③ 希望几乎不用任何花费就可以设计和操作实验室里的实验,或者希望学生用他们的 PC 来完成实验的老师。

- 在技校和大学中工程科学,如微电子学,技术信息学,控制、测量和自动化技术,信息与通信技术等方面,已经在与“数学的搏斗”中对系统理论方面课程的基本内容迷失了方向的学生。
- 想使用计算机对测试数据(信号)进行处理、分析和表示,但是想避开数学和编程之间障碍的其他学科的学生。
- 在上述学科中,需要把主要在数学上形成的信号-处理-系统理论转换为可以利用儿童想象潜力进行语言表示的老师(与教育方式相一致,用基本手段进行简化和表示)。
- 职业学校和学院的上述学科中,想要寻找新的方式和教学材料用在他们教学中的老师。
- 在很久前接受过大学教育,但由于数学和信息科学方面的欠缺,还不能理解计算机

辅助信号处理中的现代方面的某些职业工程师。

- 在上述学科和职业方面,想通过自学来进行充电的技工和技术人员。
- 想要利用复杂的信号-处理-系统中的例子,如在“振荡和波动”课程中,说明他们的课程对理解现代技术的重要性的中学物理老师。
- 在职业学校、职业学院和工程工艺学校接受过信息技术或微电子学、计算机技术以及通信技术方面培训的学生。
- 对科学前沿比较感兴趣,从而想对这个高度专业化领域获得总体看法的人。
- 在大学中还没有确定专业,想要了解这个学科却由于数学的障碍而一直无法入手的
- 在测量、控制和自动化技术领域工作,并对室内教学和再教育感兴趣的公司。

0.3 图形化编程

这个学习系统的中心思想是利用专业的开发环境,对信号处理系统进行图形化编程。由此,我们可以把信号处理与算法、编程语言之间的障碍除去,从而可以把注意力放在信号处理本身。

在幕后 DASYLab 可以进行实际的信号处理和模拟。该软件通过所有可能的“设备”和测试仪器提供了几乎是理想和完整的实验室。DASYLab 是由 NI 公司爱尔兰资源有限公司(National Instruments Ireland Resources Limited,位于得克萨斯州奥斯汀的 NI 公司的一个子公司)在全球范围内发行的,它在很多国家的多语种版本取得了相当大的成功,已用于测量和自动控制技术领域。虽然每个工业许可证都是很昂贵的,但对于培训或教育来说,这个教育系统的学习版本(study version)具有相同的性能,而且不需要付费。它易于操作,并且涵盖了开发、修改、优化、重新设计自己的系统和应用。

0.4 电子文档

CD 中包含了完整的多媒体交互电子文档,包含了所有的程序、视频和使用手册等。学习系统 SiProSys.pdf 与本书内容一致。

0.4.1 如何安装系统

启动计算机,在进入 Windows 系统后将 CD 放入光驱。片刻后就可以在屏幕上看到如图 1 所示的界面。

理论上,不需要在 PC 上安装任何程序,只需要把 DASYLab 文件夹中的任一个 *.dsb 和该程序相关联就可以了。最后单击 EDUCATION 按钮,其他所需的东西就会直接在 CD 上运行。

然而,本书还是推荐把整个系统都安装在硬盘上,这样速度就会快很多,而且也不用每次启动 CD-ROM。

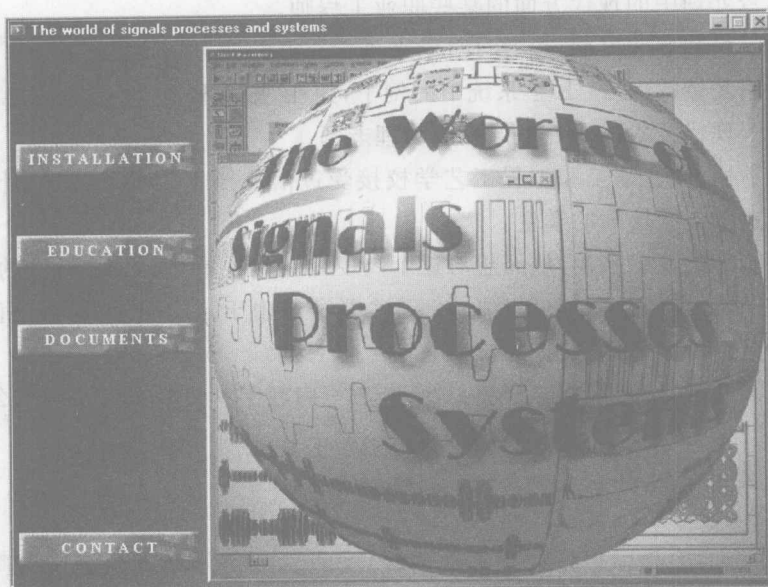


图 1 CD 运行后的显示界面

0.4.2 安装 DASYLab

单击 INSTALLATION 按钮并选择 DASYLab, 安装开始。

0.4.3 安装 Acrobat Reader

光盘带有一个早期版本(5.0)的 Acrobat Reader, 具有扩展搜索功能, 它可以与老版本的操作系统如 Windows 98 SE 兼容。如果你已经安装了新版本的 Acrobat Reader, 那么也是可以的, 照样完成安装。

0.4.4 激活 *.dsb 文件

在 dasylab 文件夹中大约有 200 个以 .dsb 结尾的文件。这些文件包含了需要在 EDUCATION 中使用的互动式信号系统。

必须“告诉”PC 打开这个文件类型需要打开什么程序。双击任意的 *.dsb 文件, 然后就会出现如图 2 所示的菜单(这里选择了 abb013.DSB)。

0.4.5 在硬盘上安装学习系统

在 C 盘(或其他盘)创建一个新的文件夹, 可以命名为 SiProSys。如图 3 所示, 按住 Ctrl 键然后单击鼠标, 选中文件夹和文件, 在 CD 中选择 dasylab、Documents、index 和 video 四

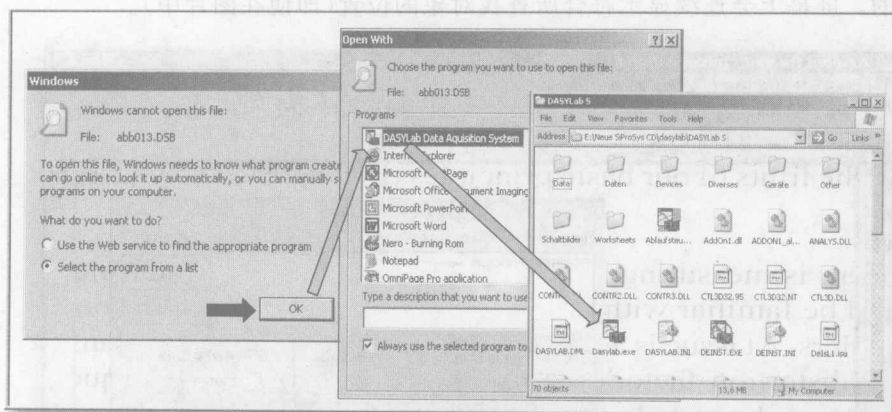


图 2 将 *.dsb 文件与 DasyLab.exe 连接

我们不能在窗口中马上发现 DasyLab.exe 文件。因此选中 Select the program from a list, 单击 OK 按钮, 通过 Programs 和 dasyLab 文件夹在浏览器中找到 DasyLab.exe 文件。单击后, 在窗口中单击 OK 按钮。然后 DASYLab 就会启动并下载这个文件。

个文件夹以及 SiProSys.pdf 和 index.pdx 两个文件。使用 Ctrl+C 组合键复制文件夹和文件。现在, 打开空文件夹 SiProSys, 使用 Ctrl+V 组合键将所有的文件夹和文件都粘贴过来。

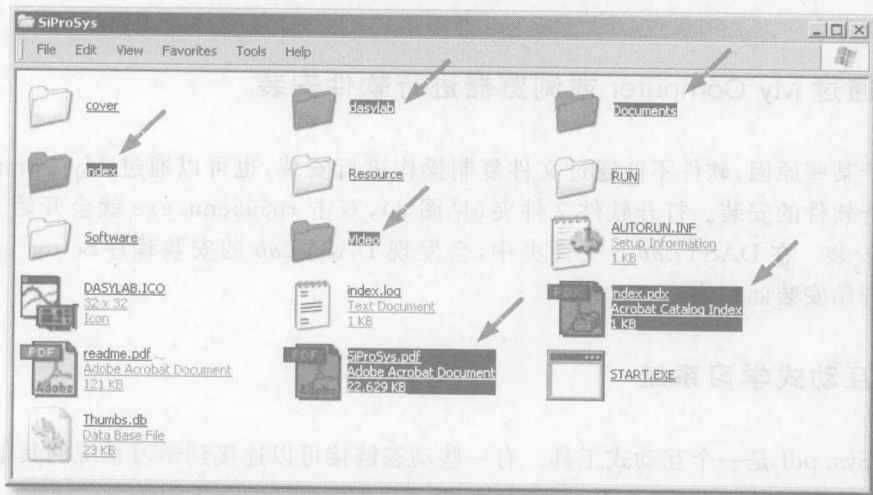


图 3 在硬盘上安装“学习系统”

安装完 DASYLab 和 Acrobat Reader 之后, 应该把这两个文件和四个文件夹复制到硬盘分区上新的文件夹 SiProSys 中。这样“学习系统”会运行得快一些。

为了比较容易地启动学习系统, 可以在桌面上创建 SiProSys.pdf 的快捷方式。这样就可以通过双击直接从桌面上启动学习系统。

0.4.6 关键字搜索

利用所安装的 Acrobat Reader, 可以很方便地对电子书籍进行搜索。图 4 说明了它是