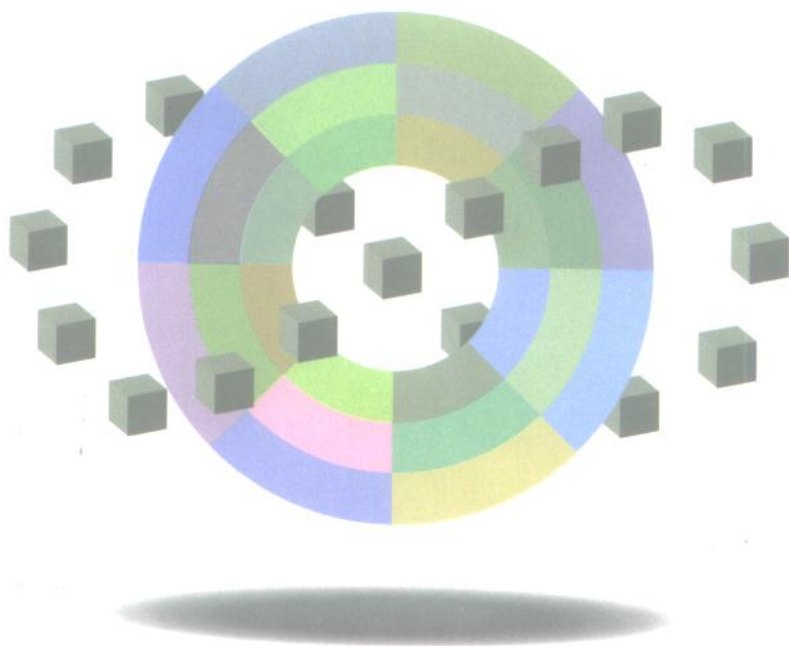


图解机电一体化入门系列

信号处理入门

〔日〕 雨宫好文 主编 佐藤幸男 著

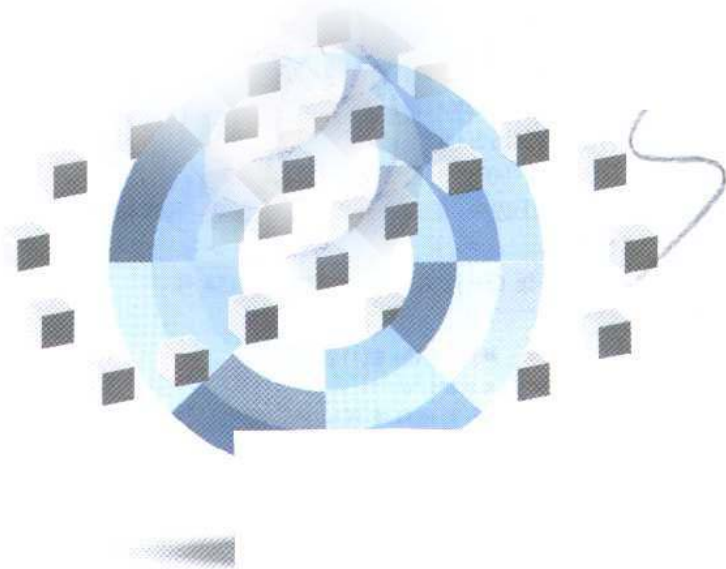


科学出版社 OHM社

图解 机电一体化入门系列

信号处理入门

〔日〕雨宫好文 主编 佐藤幸男 著
宋伟刚 译 于忠升 校



科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 2500 号

Original Japanese edition

Zukai Mekatronikusu Nyuumon Shirizu: Shingo Shori Nyuumon (Kaitei 2-han)

Supervised by Yoshifumi Amemiya

Written by Yukio Sato

Copyright © 1999 by Yukio Sato

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and science press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

圖解メカトロニクス入門シリーズ

信号處理入門(改訂2版)

佐藤幸男 オーム社 1999 改訂2版 第1刷

图书在版编目(CIP)数据

信号处理入门: 第2版/(日) 佐藤幸男著; 宋伟刚译.

北京: 科学出版社, 2000

ISBN 7-03-007998-1

I. 信… II. ①佐… ②宋… III. 信号处理 - 基本知识

IV. TN911.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 65154 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张: 5 1/8

印数: 1—5 000 字数: 132 000

定 价: 16.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈北燕〉)

主 编 的 话

图解机电一体化入门系列是从 1983 年开始出版的。

当时,机电一体化一词刚刚被社会认可。机械工程技术人员都有一种“不学习电子技术,就会落后于时代……”的危机感。每次举办讲座都是座无虚席。

“对于初学者来说,学习哪些内容能最有效?”,针对这一问题,我们进行了研究。在确定了以此为本套丛书的编写方针后,我们进行了相应的选题。事实证明,我们的预见是正确的。从那时起至今十几年,这套丛书还继续受到读者的喜爱,读者至今已超过 10 万。

这次,我们根据读者提出的各种建议,对本套丛书进行了修订,改版后奉献给大家。这次改版,除了对上版中的内容进行了详细地修订外,为方便读者的学习,还在各章结尾处添加了本章要点和练习题等内容。

在这次改版的过程中,我们还讨论了在本套丛书中应融入多少机电一体化领域最新进展的问题。其结果是我们认为本套丛书还应继续保持“面向初学者”这一有特色的编写方针,将那些属于机电一体化“后续课程”的内容,让位于市面上正在推出的其它参考书。

本次改版的有以下 8 本书,希望能满足您的学习要求。

- | | |
|--------------------|-------------|
| (1) 传感器入门 | (2) 控制用微机入门 |
| (3) 控制用电机入门 | (4) 机器人控制入门 |
| (5) 数字控制入门 | (6) 信号处理入门 |
| (7) CAD/CAM/CAE 入门 | (8) 接口电路入门 |

雨宫好文

前 言

初涉一门新学科,一般都希望首先得到一本“入门书”。但是,虽说是入门书有的也非常难于理解,或者是像杂志的解说和报道那样,虽然可以顺利地阅读,但结果在脑中什么也没有留下,这样的经验大家都曾有过的。特别是在肉眼看不见的“信号”作为研究对象的领域中,常见的书都要求读者必须具备较好的数学基础,并以此展开书中内容。即使是回避复杂的理论,仅罗列能够很快用于实际的技术,但在进步迅速的本领域中,内容也很快就会变得陈旧了。为此,在本书中以学习信号处理所必要的,即以最基本的和最普遍的内容为重点,努力把本书写成易于理解的信号处理入门书。

应该注意到,即使从技术应用上看有所区别,但从深层的角度看,它们的理论基础却有很多共同点。因此,只要我们最初多付出些努力,牢固地掌握基础知识,就可以做到触类旁通,即使对象发生了一些变化,也不会感到束手无策。

由此观点出发,本书集中讨论的问题是进行信号处理所必须掌握的最低限度的知识,采用易于理解的表述方式和思路,说明其关键问题。虽说是入门书,并不进行过于概括的表述,也不追求数学上的严密性。力争使物理上的直感和理论上的系统在头脑中很好地联系起来。

随着计算机的高性能化和普及,在信号处理中数字信号处理越来越重要。即使对将来要学习数字信号处理的读者,首先通读本书,也将有助于更深入理解数字信号处理的内容。

本书是1987年出版的《图解机电一体化入门丛书 信号处理入门》的修订版。与初版最大的不同是在各章后面新增加了“本章要点”和“练习题”,并在书末给出了“练习题答案”。因此,可使

6 前 言

读者比第一版更容易学习和掌握。

在本书的编写过程中，从书的构成到内容的细微部分都受到了主编雨宫好文先生的指教。另外，在修订过程中，千叶工业大学的佐波孝彦博士、名古屋工业大学的盐川茂树博士都提出了很好的建议和帮助。在这里衷心向他们表示感谢。

佐藤幸男

图解 机电一体化入门系列

信号处理入门

〔日〕雨宫好文 主编 佐藤幸男 著
宋伟刚 译 于忠升 校

科学出版社 OHM 社

2000 北京

图字: 01 - 1999 - 2500 号

Original Japanese edition

Zukai Mekatoronikusu Nyuumon Shirizu: Shingo Shori Nyuumon (Kaitei 2-han)

Supervised by Yoshifumi Amemiya

Written by Yukio Sato

Copyright © 1999 by Yukio Sato

published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and science press.

Copyright © 1999

All rights reserved.

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

圖解メカトロニクス入門シリーズ

信号處理入門(改訂2版)

佐藤幸男 オーム社 1999 改訂2版 第1刷

图书在版编目(CIP)数据

信号处理入门: 第2版/(日) 佐藤幸男著; 宋伟刚译.

北京: 科学出版社, 2000

ISBN 7-03-007998-1

I. 信… II. ①佐… ②宋… III. 信号处理 - 基本知识

IV. TN911.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 65154 号

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

2000 年 1 月第 一 版 开本: 889 × 1194 1/32

2000 年 1 月第一次印刷 印张: 5 1/8

印数: 1—5 000

字数: 132 000

定价: 16.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈北燕〉)

主 编 的 话

图解机电一体化入门系列是从1983年开始出版的。

当时,机电一体化一词刚刚被社会认可。机械工程技术人员都有一种“不学习电子技术,就会落后于时代……”的危机感。每次举办讲座都是座无虚席。

“对于初学者来说,学习哪些内容能最有效?”,针对这一问题,我们进行了研究。在确定了以此为本套丛书的编写方针后,我们进行了相应的选题。事实证明,我们的预见是正确的。从那时起至今十几年,这套丛书还继续受到读者的喜爱,读者至今已超过10万。

这次,我们根据读者提出的各种建议,对本套丛书进行了修订,改版后奉献给大家。这次改版,除了对上版中的内容进行了详细地修订外,为方便读者的学习,还在各章结尾处添加了本章要点和练习题等内容。

在这次改版的过程中,我们还讨论了在本套丛书中应融入多少机电一体化领域最新进展的问题。其结果是我们认为本套丛书还应继续保持“面向初学者”这一有特色的编写方针,将那些属于机电一体化“后续课程”的内容,让位于市面上正在推出的其它参考书。

本次改版的有以下8本书,希望能满足您的学习要求。

- | | |
|------------------|------------|
| (1)传感器入门 | (2)控制用微机入门 |
| (3)控制用电机入门 | (4)机器人控制入门 |
| (5)数字控制入门 | (6)信号处理入门 |
| (7)CAD/CAM/CAE入门 | (8)接口电路入门 |

雨宫好文



前 言

初涉一门新学科,一般都希望首先得到一本“入门书”。但是,虽说是入门书有的也非常难于理解,或者是像杂志的解说和报道那样,虽然可以顺利地阅读,但结果在脑中什么也没有留下,这样的经验大家都曾有过。特别是在肉眼看不见的“信号”作为研究对象的领域中,常见的书都要求读者必须具备较好的数学基础,并以此展开书中内容。即使是回避复杂的理论,仅罗列能够很快用于实际的技术,但在进步迅速的本领域中,内容也很快就会变得陈旧了。为此,在本书中以学习信号处理所必要的,即以最基本的和最普遍的内容为重点,努力把本书写成易于理解的信号处理入门书。

应该注意到,即使从技术应用上看有所区别,但从深层的角度看,它们的理论基础却有很多共同点。因此,只要我们最初多付出些努力,牢固地掌握基础知识,就可以做到触类旁通,即使对象发生了一些变化,也不会感到束手无策。

由此观点出发,本书集中讨论的问题是进行信号处理所必须掌握的最低限度的知识,采用易于理解的表述方式和思路,说明其关键问题。虽说是入门书,并不进行过于概括的表述,也不追求数学上的严密性。力争使物理上的直感和理论上的系统在头脑中很好地联系起来。

随着计算机的高性能化和普及,在信号处理中数字信号处理越来越重要。即使对将来要学习数字信号处理的读者,首先通读本书,也将有助于更深入理解数字信号处理的内容。

本书是1987年出版的《图解机电一体化入门丛书 信号处理入门》的修订版。与初版最大的不同是在各章后面新增加了“本章要点”和“练习题”,并在书末给出了“练习题答案”。因此,可使

6 前 言

读者比第一版更容易学习和掌握。

在本书的编写过程中,从书的构成到内容的细微部分都受到了主编雨宫好文先生的指教。另外,在修订过程中,千叶工业大学的佐波孝彦博士、名古屋工业大学的盐川茂树博士都提出了很好的建议和帮助。在这里衷心向他们表示感谢。

佐藤幸男

目 录

第 1 章 信号处理

1.1 什么时候需要信号处理	11
1.2 信号的种类	12
1.2.1 随机信号	12
1.2.2 各种确定信号	15
1.3 模拟信号和数字信号	17
1.4 采样问题	20
本章要点	25
练习题	26

第 2 章 信号处理的例子

2.1 波形的平滑	27
2.2 噪声的降低	30
本章要点	33
练习题	33

第 3 章 数学基础知识的准备

3.1 为学习信号处理	35
3.2 信号的表达	35
3.3 2 维向量的距离和内积	38
3.4 标准正交基底	43
3.5 从多维向量空间到函数空间	46
3.6 标准正交函数系	50

8 目 录

本章要点	55
练习题	56

第 4 章 相关函数

4.1 计算函数的类似性	57
4.2 互相关函数	60
4.3 自相关函数	64
本章要点	66
练习题	67

第 5 章 傅里叶级数展开

5.1 何谓傅里叶级数展开	69
5.2 偶函数和奇函数	76
5.3 周期不是 2π 的情况	78
5.4 复傅里叶级数展开	79
5.4.1 复数的运算	80
5.4.2 推导复傅里叶级数的展开	84
5.4.3 复傅里叶级数展开的例子	89
5.5 帕斯瓦尔定理	91
5.6 傅里叶级数展开的实例	92
5.7 傅里叶级数展开的重要性质	95
5.7.1 近似的误差	95
5.7.2 间断点	98
5.7.3 信号大小变化	99
5.7.4 两个信号的相加	100
5.7.5 信号的移动	100
本章要点	102
练习题	103

第 6 章 DFT 和 FFT

6.1 数字信号的傅里叶分析	105
6.2 离散傅里叶变换(DFT)	106
6.3 DFT 的性质	110
6.3.1 频谱的周期性	110
6.3.2 频谱的对称性	110
6.4 快速傅里叶变换(FFT)	112
6.4.1 DFT 的分析	113
6.4.2 4 个数据的 FFT 算法	116
6.4.3 FFT 算法的一般化	120
6.4.4 位变换和混合技术	123
本章要点	126
练习题	127

第 7 章 傅里叶变换

7.1 从傅里叶级数展开到傅里叶变换	129
7.2 傅里叶变换的性质	132
7.2.1 线性性质	132
7.2.2 波形的移动	132
7.2.3 相似性质	133
7.2.4 帕斯瓦尔定理	134
7.3 δ 函数和白噪声	135
本章要点	138
练习题	139

第 8 章 线性系统的分析

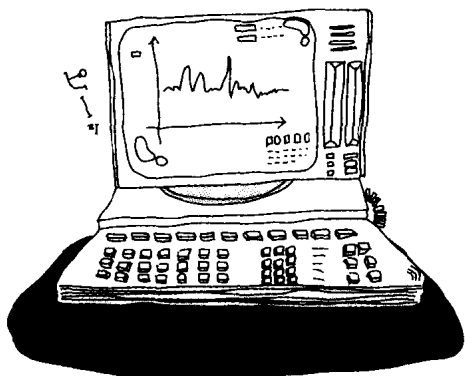
8.1 线性系统分析的探讨	141
8.2 输入和输出信号的关系	143
8.3 脉冲响应	147
8.4 频率域上的系统表达	148

10 目 录

本章要点	152
练习题	152
练习题答案	155

第 1 章

信号处理



1.1 什么时候需要信号处理

每天使用的机械的声调有点不正常,发出了奇怪的声音。如果你是一个熟练的技术人员,此时,从这异常的声音也许你能够发现机械的不正常所在。若是呜呜的低音,可能是轴承的振动,或螺栓松动所引起的。若是咯吱咯吱的高音,也许是没有油了,或者是旋转处的磨擦所致。如果在声音的信号中包含反映机械状态的信息,计算机也许能像熟练技术人员那样诊断出机械的故障。实际上,目前已经提出使用信号处理技术,根据车床切削时的声音信号,用计算机自动判断切削工具的更换时刻。使用信号判断对象的状态——此时就要用到信号处理技术。

在现实中经常会出现一些困扰,如:传送声音信号时,由于较大的杂音使想听到的声音不能很好地收听,传真的图像不清晰等。尽量抑制多余的噪声,提取出需要的信号,或者使信号变得更清楚——此时要用到信号处理技术。

信号是包含信息的物理量,它也许是声音、振动或者是温度和光的强度等。这些物理量都必须是能够观测的,一般是由相应