

21 世纪电子电气工程师系列

# 图像电子学

双色

〔日〕 正田英介 主编  
常深信彦 编

ART 21  
电子电气工程师

科学出版社

OHM 社

73.1.14  
612

21 世纪电子电气工程师系列

# 图像电子学

〔日〕正田英介 主编 常深信彦 编  
薛培鼎 徐国鼎 译



科学出版社 OHM 社

2002 北京

**图字:01-2000-3680 号**

Original Japanese edition

Arute 21 Gazou Electronics

by Nobuhiko Tsunefuka et al.

Copyright © 1998 by Nobuhiko Tsunefuka

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press

Copyright © 2001

All rights reserved

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

アルテ21

**画像エレクトロニクス**

常深信彦 オーム社 1998

**图书在版编目(CIP)数据**

图像电子学/[日]常深信彦编;薛培鼎,徐国鼎译.-北京:科学出版社,2001

(21世纪电子电气工程师系列/[日]正田英介主编)

ISBN 7-03-009828-5

I. 图… II. ①常… ②薛… ③徐… III. 电子学 IV. TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 070312 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

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

**科学出版社 OHM 社 出版**

北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2002年1月第一版 开本:A5(890×1240)

2002年1月第一次印刷 印张:5 3/4

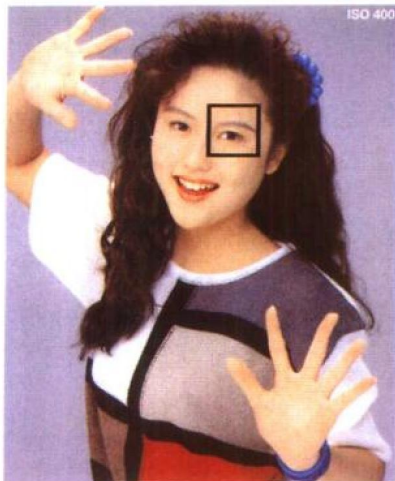
印数:1—5 000

字数:171 000

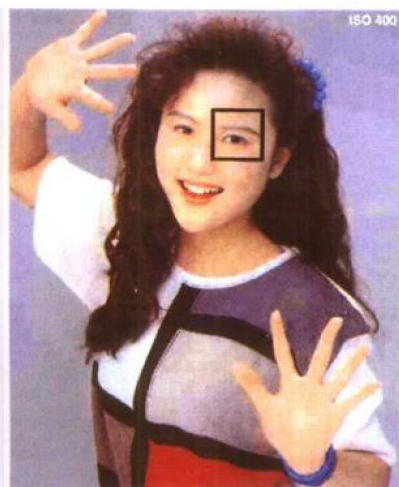
**定 价:16.50 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

原图像 (RGB 各  
8bit,  $512 \times 640$  像  
素) 和眼睛部分的  
放大图 ( $64 \times 64$   
像素)

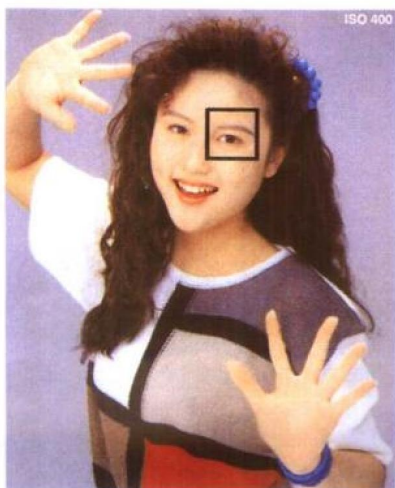


JPEG 编码图像



JPEG 编码图像  
(0.5bit/像素, 压  
缩率为47.7) 和眼  
睛部分的放大图  
( $64 \times 64$  像素)

JPEG 编码图像  
(0.98bit/ 像素,  
压缩率为24.4) 和  
眼睛部分的放大  
图 ( $64 \times 64$  像素)





SCID (ISO12640, JIS X 9201) 原彩色图像



SCID 原黑白图像



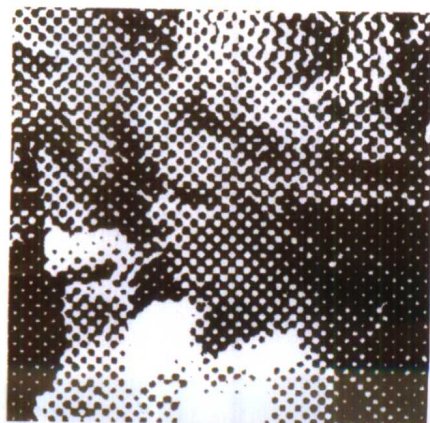
随机栅彩色图像



随机栅黑白图像



网点彩色图像



网点黑白图像

半基调图像的网点构造 (参看第1章的图1·3)

## 主编的话

当今,电子设备已广泛应用于国民经济的各个领域。为了用好这些电子设备,科技人员必须掌握电子技术方面的有关知识。目前,电子技术的应用领域也在迅速扩展,人才需求量很大的状况一直没有改变。因此对电子工程专业的毕业生有必要从应用的角度进行二次培训,也有必要为非电专业的技术工作者学习电气电子技术的基础知识创造更多的机会。

为了适应这一形势的需要,组织编写了“21世纪电子电气工程师系列”丛书,目的是要编写一套全面系统介绍电子电气专业基础知识,既适用于企业技术人员培训,也适于非电专业技术人员阅读的新型教科书。丛书编委都是在日本有名的电子电气企业中长期从事职工教育培训的专家,丛书结构及各册内容均由编委会讨论决定。

本套丛书的特点首先表现在教材内容紧密联系实际。通过产品和技术模型说明基础知识与产品、系统的关系,通过具体产品的结构和系统中所发生的现象说明其工作原理或理论。另外,本丛书的所有执笔者都是在相应企业中长期从事实际技术工作或从事职工教育工作的专家,具有丰富的实际经验,书中的举例和例题都是他们多年工作经验的结晶。

此外,在电子技术的专业教学中,由于所涉及内容非常广泛,所以以往在对教学内容细化的同时常常忽略了对基础内容的充分消化。本丛书充分注意到了这一问题,从现象入手说明原理,从而保证了基础知识易学易懂,教材内容紧密联系实际。本丛书还适用于大专院校的专业课教学。

由于受产业全球化和社会环境的影响,21世纪的工程学科必将会发生巨大的变化。读者通过对本套丛书的学习,可以对新时代的电子技术知识有较系统的了解,并在各种领域的产品和系统的革新中充分发挥自己的聪明才智。

东京理科大学教授,工学博士

正田英介

1007/07

2021036

# 21 世纪电子电气工程师系列

## 编辑委员会

**主 编** 正田英介 (东京理科大学 前东京大学)

**编 委** 楠本一幸 (株式会社东芝)  
岛田 弥 (三菱电机株式会社)  
高木正藏 (东芝综合人材开发株式会社)  
常深信彦 (株式会社日立制作所 日立京滨工业专科学院)  
丹羽信昭 (东京电力株式会社 综合研修中心)  
春木 弘 (前富士电机株式会社)  
吉冈芳夫 (金泽工业大学 前株式会社日立制作所)  
吉永 淳 (福井工业大学 前三菱电机株式会社)

**执 笔** 梶 光雄 (东京工艺大学)  
旗手喜男 (株式会社东芝)  
武长 宽 (株式会社日立制作所)  
濑政孝义 (三菱电机株式会社)  
岸田吉弘 (大日本 Screen 制造株式会社)  
大塚 进 (株式会社日立制作所)  
斋藤雅行 (三菱电机株式会社)  
原善一郎 (三菱电机株式会社)  
久野琢磨 (Brother 工业株式会社)  
清瀬 尚 (日立电子株式会社)  
福田和彦 (富士电机株式会社)  
古屋 进 (株式会社日立医疗仪器)  
田边浩二 (株式会社日立医疗仪器)

# 前 言

随着数字摄像机的普及,把图像输进 PC 机随意进行放大缩小、整形修饰等加工已经是很普通的事。适合于记录和重放大容量图像数据的 DVD-ROM、RAM 也即将普及。今后,与图像打交道的技术人员,不掌握图像电子学基本知识是不行的。真正的多媒体时代即将来临,图像电子学发挥作用的领域将越来越广阔。

图像电子学在从电视机、摄像机等家电设备到产业、医疗,乃至宇宙、深海等特殊领域都有着广泛应用。图像中可以包含色彩、形状、远近,乃至温度等各种信息。图像电子学中的技术既有不必对所摄图像作特殊加工而直接以视频信号形式传送、显示、记录、打印等的视频技术,又有需对图像进行编码、压缩、扩展、特征抽取、识别、理解等图像处理技术,内容既广又深。

图像电子学之所以能如此活跃在所有领域,软件方面归功于数字信号处理快速算法的确定和编码规格的国际标准化,硬件方面归功于实际执行快速处理的 DSP 和专用 LSI 的商品化。此外,也在很大程度上得益于 CCD 和 MOS 固体摄像器件的高度集成化、高性能化和廉价化。

本书是一本介绍图像电子学技术基础知识的入门书。因而,对技术轮廓的通俗讲解优先于严密的技术分析。更详细的技术内容请读者参看相关专著和参考文献。

本书的第 1、2 章由梶光雄,第 3、4 章由簇手喜男,第 5 章由武长宽,第 6 章由濑政孝义,第 7 章由岸田吉弘、大塚进、原善一郎、斋藤雅行、久野琢磨、清濑尚、福田和彦、古屋进、田边浩二分别执笔编写。东京工业大学梶光雄教授除编写第 1、2 章外,还审阅了全书并提出了宝贵意见,在此特致谢意。同时也向以主编、东京理科大学正田英介教授为首的“21 世纪电子电气工程系列”编委会的各位编委及欧姆社出版部有关人士表示感谢。

常深信彦



## 图像电子学

### 内 容 简 介

“21世纪电子电气工程师系列”是企业技术/管理干部知识更新用新型教科书。丛书特点是重视理论联系实际，用现象说明原理。反映该专业领域最新进展，通过产品与技术模型揭示学科基础知识。丛书各册执笔者均是在国际知名企业中长期从事技术、教育工作的专家。书中举例及例题均源于他们多年的工作实践。

本书主要介绍了图像电子学基础知识，电子图像系统，图像输入、输出基础，图像编码，实际图像设备等。

本书可作为企业工程技术人员培训专用教科书，也可供高等学校相关专业及高、中等职业学校相关专业师生学习参考。

## 著者简介

### 正田英介

1965年 东京大学研究生院数理系博士  
毕业  
1965年 获工学博士  
现在 东京大学名誉教授  
东京理科大学理工学部教授

### 常深信彦

1968年 大阪大学基础工学部控制专业  
毕业  
现在 株式会社日立制作所  
日立京滨工业专科学院电子工  
程专业主任教授

## 译者简介

### 薛培鼎

1966年 西安交通大学无线电技术专业  
毕业  
1988~1989年  
日本庆应大学访问学者  
现在 西安交通大学电子与信息工程  
学院教授

### 徐国鼎

1964年 电子科技大学电视设备设计与  
制造系毕业  
1987~1989年  
日本庆应大学理工学部电子工  
程专业进修  
现在 电子科技大学教授



北京东方科龙图文制作有限公司 制作  
[www.okbook.com.cn](http://www.okbook.com.cn)

# 目 录

## 第 1 章 图像电子学基础知识

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1.1 图像电子学所研究的图像信息 ..... | 1  |
| 1.2 图像的构成要素 .....       | 1  |
| 1.2.1 对比度模型 .....       | 2  |
| 1.2.2 图像的黑白浓淡分布 .....   | 4  |
| 1.2.3 彩色的表示 .....       | 11 |
| 1.2.4 结构布局 .....        | 20 |
| 练 习 题 .....             | 21 |

## 第 2 章 电子图像系统

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.1 电子图像系统的构成 .....     | 23 |
| 2.2 电子图像系统中的色空间处理 ..... | 24 |
| 2.2.1 彩色处理 .....        | 24 |
| 2.2.2 输入装置的色重现 .....    | 25 |
| 2.2.3 色域匹配 .....        | 27 |
| 2.2.4 输出处理 .....        | 29 |
| 练 习 题 .....             | 34 |

## 第 3 章 图像输入基础

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 3.1 图像输入 .....            | 35 |
| 3.2 文件扫描装置中的光电变换和扫描 ..... | 36 |
| 3.2.1 机械式扫描 .....         | 37 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 3.2.2 电子式扫描 .....      | 38 |
| 3.3 视频图像光电变换 .....     | 47 |
| 3.3.1 摄像管 .....        | 48 |
| 3.3.2 固体摄像器件 .....     | 48 |
| 3.3.3 数字式静止图像照相机 ..... | 51 |
| 练 习 题 .....            | 52 |

## 第 4 章 图像输出基础

|                      |    |
|----------------------|----|
| 4.1 硬拷贝技术 .....      | 55 |
| 4.1.1 热敏记录方式 .....   | 56 |
| 4.1.2 电子照相记录方式 ..... | 59 |
| 4.1.3 喷墨方式 .....     | 66 |
| 4.2 软拷贝 .....        | 67 |
| 4.2.1 CRT .....      | 68 |
| 4.2.2 液晶显示 .....     | 70 |
| 4.2.3 等离子显示 .....    | 72 |
| 4.2.4 立体显示 .....     | 73 |
| 练 习 题 .....          | 75 |

## 第 5 章 图像处理基础

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1 图像处理简述 .....     | 77 |
| 5.1.1 数字图像 .....     | 77 |
| 5.1.2 图像处理算法 .....   | 78 |
| 5.1.3 图像处理运算方式 ..... | 79 |
| 5.2 图像预处理 .....      | 81 |
| 5.2.1 灰度直方图处理 .....  | 81 |
| 5.2.2 图像增强处理 .....   | 82 |
| 5.2.3 坐标变换处理 .....   | 85 |
| 5.2.4 噪声消除 .....     | 86 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 5.2.5 二值化处理 .....  | 88  |
| 5.3 特征提取处理 .....   | 90  |
| 5.3.1 边缘抽取 .....   | 90  |
| 5.3.2 几何形状变换 ..... | 94  |
| 5.3.3 形状特征提取 ..... | 98  |
| 5.4 图像识别 .....     | 100 |
| 5.4.1 模型匹配 .....   | 100 |
| 5.4.2 模型分类 .....   | 101 |
| 练习题 .....          | 104 |

## 第 6 章 图像编码

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 6.1 编码压缩的思路 .....                   | 105 |
| 6.1.1 编码的两个步骤——信息抽取与熵编码 .....       | 105 |
| 6.1.2 可逆编码与非可逆编码——以高效压缩为目标 .....    | 106 |
| 6.1.3 图像编码算法 .....                  | 106 |
| 6.2 二值图像的编码 .....                   | 108 |
| 6.2.1 熵 .....                       | 109 |
| 6.2.2 代码与编码——Huffman 码 .....        | 109 |
| 6.2.3 算术码 .....                     | 113 |
| 6.2.4 G3 传真机的编码——MH、MR、MMR 编码 ..... | 114 |
| 6.2.5 新编码方式——JBIG .....             | 117 |
| 6.3 静止图像编码 .....                    | 118 |
| 6.3.1 变换编码的原理 .....                 | 118 |
| 6.3.2 图像编码中所用的变换方式 .....            | 119 |
| 6.3.3 彩色静止图像编码的国际标准方式 .....         | 119 |
| 6.4 活动图像编码 .....                    | 123 |
| 6.4.1 预测编码的原理 .....                 | 123 |
| 6.4.2 可视电话和电视会议中所用的编码 .....         | 125 |
| 6.4.3 用于存储媒体的活动图像编码——MPEG1 .....    | 127 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 6.4.4 用于多媒体的活动图像编码——MPEG2 ..... | 130 |
| 练 习 题 .....                     | 130 |

## 第 7 章 实际图像设备

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 7.1 图像输入设备 .....         | 131 |
| 7.1.1 平台式扫描仪 .....       | 131 |
| 7.1.2 MPEG 摄像机 .....     | 134 |
| 7.2 图像输出设备 .....         | 136 |
| 7.2.1 彩色打印机 .....        | 136 |
| 7.2.2 室外大型显示装置 .....     | 139 |
| 7.3 视频设备 .....           | 142 |
| 7.3.1 视频点播器 .....        | 142 |
| 7.3.2 视频监视系统 .....       | 145 |
| 7.4 产业用图像设备 .....        | 147 |
| 7.4.1 产业用图像设备的特点 .....   | 147 |
| 7.4.2 产业用图像设备的基本构成 ..... | 148 |
| 7.4.3 产业用图像处理系统实例 .....  | 150 |
| 7.5 医疗用图像设备 .....        | 152 |
| 7.5.1 MRI 设备 .....       | 152 |
| 7.5.2 超声波诊断设备 .....      | 155 |
| 练 习 题 .....              | 158 |

|             |     |
|-------------|-----|
| 练习题解答 ..... | 159 |
| 参考文献 .....  | 167 |

# 第 1 章 图像电子学基础知识

人通过视觉来获取大量的图像信息。图像的基本构成要素是：①对比度边界线形状，②灰度分布，③色彩，④结构布局。一页文稿、一幅画面，就是由这些要素组合构成的。

本章将对这些构成要素的特征、测量、表示方法等进行说明。

## 1.1 图像电子学所研究的图像信息

每天，我们都在报纸、杂志、书籍、电视、各种小册子等大量图像的包围中度过。这些图像包括文字、照片、图表、插图等，它使我们获得知识和信息，感受到安适和生活情趣。然而，若要问图像信息的定义是什么，则不是一两句话能回答清楚的。

信息本身并不是看得见、摸得着的有形物，它只能通过媒体属性的改变来显示，所显示的状态称之为“像”(image)。表达信息的媒体各种各样，有光、电流、电压、声、热、机械力等等。

这里所说的“图像电子学所研究的图像信息”是指电子媒体的属性改变时，作为图像基本要素的形状、灰度分布、色彩、布局搭配等所表现的状态。

下一节我们将叙述图像基本构成要素的基本性质。

## 1.2 图像的构成要素

如果从制作图像的角度来分类，构成图像的基本要素有以下 4 种：

① **对比度边界线形状** 边界线图形的状态能表现文字、线条画、图形等。

② 灰度分布 黑白照片就是用灰阶分布来表达信息的。

③ 色彩 包括色调、亮度和饱和度。用于表现色彩的信息。

④ 结构布局 文字能通过其顺序搭配来表达一定的意思,一般文稿由其结构布局来表示信息的重要程度(价值)。

一篇文章或一幅图画就是由这些要素组合起来构成的。关于图像的构成要素,下面再稍作详细说明。

## 1.2.1 对比度模型

### 1 灰度的定义

从两个地方到达眼睛(或传感器)的光量不相等时,称其为存在着光学灰度差(或简称灰度差)。灰度及灰度差一词,在照相和印刷界则常称为密度及密度差。相邻两点间的灰度差(density deference)称为对比度(contrast)。

灰度有透射灰度  $D_t$  (transparent density) 和反射灰度  $D_r$  (reflection density) 之分,其定义分别如下:

$$\left. \begin{aligned} D_t &= -\lg T_t(\text{透射率}) = \lg \frac{I_i(\text{入射光量})}{I_t(\text{透射光量})} \\ D_r &= -\lg T_r(\text{反射率}) = \lg \frac{I_i(\text{入射光量})}{I_r(\text{反射光量})} \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

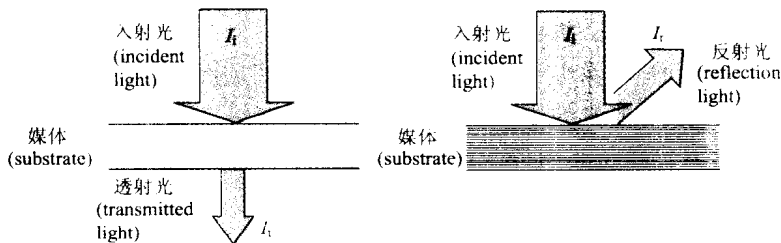


图 1.1 灰度的示意

两点间的对比度  $C$  由下式表示:

$$C(\text{对比度}) = \frac{2 \text{ 点间反射率(透射率)之差}}{2 \text{ 点间反射率(透射率)之和}} \quad (1.2)$$

灰度通常用灰度计来测量,但并不是用任何测量仪器都能得到相同的灰度值,应该有不同仪器将得出不同测量值的思想准备。

光源的种类、入射光是漫射光还是会聚光、入射光与反射光的几何关系、传感器聚光部分的形状等差别都会使测量值产生误差,这是因为被测物的光学性质很复杂,每个被测物都有其不同光学性质的缘故。

一般情况下,测量灰度时都采用 A 光源。关于反射灰度和透射灰度的测量方法,国际标准对所用光源、光学系统构成、视场、最小孔径、背景(反射灰度情况下被测物下面的衬垫)等条件都有明确规定。灰度没有单位。不同材料载体上的图像各有其适当的灰度值,印刷品的灰度值为 0~1.8,胶卷图像为 0~4.0,报纸的最大灰度值在 1.2 左右。

## 2 字 库

字(character)是用对比度边界线形状表达信息的典型代表。笔画的形状、粗细、倾斜方向等与基本字形设计有关的属性称为**字体**。尺寸和字体相同的一整套字称为**字库(font)**。通常,文稿中用同一字体的字来记述信息,用不同字体的字来标明重点。日文报纸上所出现日文汉字的 98%都落在日本文部省所颁布的第一批当用汉字 JIS 第一水准所规定的大约 2000 个字内。除去一些特殊的字,JIS 第二水准规定的大约 8000 个字已完全够用了。据说中文中使用频率较高的汉字是 7000~8000 个。

设计和制作字形合理的字库是需要经验和经费的,但当前尚无关于字库的著作权的法律条文。

下面说明与字库有关的基本词汇。

① **母字** 作为原型而设计的字称为母字。

② **数字化字库** 在计算机上写文章时,需要把字库作为数字数据存储起来。已实用化的文字数据化表示方式有位图式和轮廓线式两种,二者合在一起称为数字化字库。

③ **字框** 日本文字中,同一字库的字设计成同一尺寸。相当于铅字截面的形状称为字框。

④ **字面** 字框范围内,容纳笔划的区域称为字面。为了在写文章时不致产生上下左右文字互相黏在一起的现象,数字化字库的字面规定为距字框内侧 1 位(bit)的区域。

⑤ **可变字距与压缩字距** 欧洲文字没有字框的概念,是按标准放入叫