



电子信息与电气学科规划教材·电子信息科学与工程类专业

数字视频处理与显示

谢剑斌 徐 晖 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子信息与电气学科规划教材·电子信息科学与工程类专业

数字视频处理与显示

谢剑斌 徐 晖 闫 玮

刘 通 李沛秦 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了视频信号的概念、数字视频模型、时空域采样、数字视频压缩等经典内容;精辟地阐述了视频失真模型、数字视频滤波、数字视频分析、运动估计、数字视频变换、平板显示器件、液晶显示系统等前沿技术和新成果;深入地论述了海量视频处理、智能视频分析和高清显示技术。

本书是作者十多年“数字视频处理”、“信息显示系统”、“信息可视化技术”等课程教学体会的归纳,是作者20多年科研实践的总结。本书可作为电子、信息、通信、电气、自动化、计算机等相关专业的高年级本科生和研究生教材,是从事智能视频监控、数字电视系统、高清晰视频显示系统等领域研发工作的科技人员极其重要的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字视频处理与显示 / 谢剑斌等编著. —北京:电子工业出版社, 2010. 7

电子信息与电气学科规划教材. 电子信息科学与工程类专业

ISBN 978-7-121-06465-4

I. ①数… II. ①谢… III. ①视频信号—数字技术—高等学校—教材 IV. ①TN941.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 116524 号

责任编辑:陈晓莉

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:16.25 字数:416 千字

印 次:2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:34.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书是电子、信息、通信、电气、自动化、计算机等相关专业的高年级本科生和研究生教材。全书分为八章。第1章是数字视频信号与表示,主要介绍人眼与视觉感知特性、视频信号的概念与分类,重点阐述计算机视频、摄像机视频、SRGB 视频、YCrCb 视频、TMDS 视频、LVDS 视频等信号的物理特征;第2章是数字视频模型,主要介绍数字视频的数学模型、分析模型和变换模型,重点阐述反射模型、统计模型、线性变换模型和正交变换模型;第3章是视频时空域采样,主要介绍抽样和量化的原理、计算机视频时空域采样方法、摄像机视频时空域采样方法,重点阐述视频采样的空间结构、频谱分析、电路原理、梳状滤波方法、ITU656 规范与 RAW 协议;第4章是数字视频压缩,主要介绍视频压缩基本原理与方法、视频压缩标准与应用、视频压缩新方法与发展趋势,重点阐述视频压缩的必要性与可能性、PCM 与预测编码、无损压缩编码、DCT 与 DWT 变换编码、JPEG 标准、H. 263 与 H. 264 标准、MPEG4 与 MPEG7 标准、AVS 标准;第5章是数字视频滤波,主要介绍数字视频畸变模型与失真分析、数字视频滤波方法、数字视频增强方法,重点阐述数字视频噪声滤波原理与算法、数字视频的块效应和蚊式噪声、数字视频细节增强、数字视频色彩变换与肤色校正、数字视频运动模糊与处理、电子稳像原理与方法;第6章是数字视频分析,主要介绍数字视频的数据组织、数字视频分析理论与算法、数字视频运动估计方法,重点阐述镜头变换检测与表达、关键帧提取、镜头聚类与场景分割、视频内容提取与检索、运动检测与估计;第7章是数字视频变换,主要介绍数字视频格式变换、分辨率变换、数字视频校正、数字视频融合与 OSD 方法,重点阐述色度空间表示与变换方法、扫描变换、帧频变换、视频缩放与旋转方法、几何校正与 Gamma 校正;第8章是数字视频显示,主要介绍视频显示原理与器件、视频显示系统及应用、数字视频显示新技术,重点阐述液晶显示原理与器件、OLED 显示原理与器件、视频显示终端原理与技术、嵌入式视频显示技术。

本书是作者十多年“数字视频处理”、“信息显示系统”、“信息可视化技术”等课程教学体会的归纳;是作者 20 多年科研实践的总结,包括“九五”国防预研课题“灵境技术中实时图形图像生成技术”、921 项目“XX 通用视频显控系统”;“十五”863 项目“XX 可见光场景产生器”、航空基金项目“XX 三维地图与视频图像处理关键算法”、921 项目“XX 仪表系统用彩色液晶显示器部件”、国防型谱课题“液晶显示器件及显示器”、国防型号重点项目“XX 多功能显示器(MFD)”;“十一五”863 重大专项“XX 一体化信息处理系统”、国防预研项目“XX 数字视频处理与格式变换方法”、中国人民银行金融安全重大专项“基于数字视频技术的银行票据防伪鉴别技术”;“十一五”国家数字电视标准项目“地面数字电视传输标准研究”;“十一五”安全攻关课题“基于安全控制的手指静脉视频信息处理算法”、“甚低码率高质量远程视频编解码算法”、“视频图像智能识别与反恐预警系统”、“车载信息综合处理与可视化系统”、“基于视频分析的疲劳检测与安全预警系统”、“车载设备数字视频处理新方法”、“数字视频在智能家居中的应用技术”、“基于安全监视的数字视频录像新方法”、“基于数字视频理解的身份识别与认证新方法”、“基于达芬奇平台的网络摄像机和手机监控”;国防重点工程项目“视频处理与可视化关键技术”、国家直播卫星型号项目“高清晰数字视频处理与可视化关键技术”等。

本书系统地介绍了视频信号的概念、数字视频模型、时空域采样、数字视频压缩等经典内

容;精辟地阐述了视频失真模型、数字视频滤波、数字视频分析、运动估计、数字视频变换、平板显示器件、液晶显示系统等前沿技术和新成果;深入地论述了海量视频处理、智能视频分析和高清显示技术。本书不仅可作为电子、信息、通信、电气、自动化、计算机等相关专业的高年级本科生和研究生教材,而且是从事智能视频监控、数字电视系统、高清晰视频显示系统等领域研发极其重要的参考资料。

本书由国防科技大学电子科学与工程学院数字视频课题组编著。谢剑斌主编,徐晖等为副主编,第1、3、6、8章由谢剑斌执笔,第2章由谢剑斌、徐晖执笔,第4章由谢剑斌、闫玮执笔,第5章由谢剑斌、刘通执笔,第7章由谢剑斌、李沛秦执笔。在编著过程中得到国防科技大学庄钊文副校长、国防科技大学电子科学与工程学院唐朝京院长的大力支持与具体指导。本书由孙即祥主审。陈尔东、刘继伟、张国庆、任勇、王晖、胡强、强继平、胡俊、程江华等人为本书的编著做了大量的工作,在此表示感谢。另外,特别感谢视听技术研究所论坛的朋友们,我和他们一起对许多技术进行了深入的、热烈的讨论,他们还提供了很多实用资料,为本书的实用价值做出了重要贡献。由于时间有限,有些内容的参考文献可能没有列全,请相关作者来信告知,在再版或者修订版时加入并致谢。

编者

2010年3月于长沙

目 录

第 1 章 数字视频信号	1
1.1 视觉感知特性	1
1.2 模拟视频信号	4
1.2.1 计算机视频信号	4
1.2.2 摄像机视频信号	8
1.3 数字视频信号	13
1.3.1 YCbCr	13
1.3.2 TMDS	14
1.3.3 LVDS	20
第 2 章 数字视频模型	22
2.1 数字视频的数学模型	22
2.1.1 视频图像的定义	22
2.1.2 视频图像的反射模型	22
2.1.3 视频图像的统计模型	23
2.1.4 视频图像的相关矩阵	26
2.2 数字视频的分析模型	29
2.2.1 视频图像的灰度变化检测	30
2.2.2 视频图像的边缘提取	31
2.3 数字视频的线性变换	34
2.3.1 线性变换的表示方法	34
2.3.2 线性变换的实质	37
2.4 数字视频的正交变换	38
2.4.1 离散傅里叶变换(DFT)	38
2.4.2 沃尔什—哈达玛变换	42
2.4.3 小波变换	45
2.4.4 离散小波变换	51
第 3 章 视频时空域采样	55
3.1 视频抽样	55
3.2 视频量化	56
3.3 摄像机视频时空域采样	57
3.3.1 摄像机视频 Decode 原理	57
3.3.2 梳状滤波原理与方法	60
3.3.3 ITU656-601 规范	64
3.3.4 CMOS 的 RAW 规范	66
3.3.5 SAA7113 原理及应用	68
3.4 计算机视频时空域采样	71
3.4.1 计算机视频频谱分析	71

3.4.2 计算机视频 ADC 原理	72
3.4.3 AD9888 原理及应用	73
第 4 章 数字视频压缩	79
4.1 数字视频压缩原理	79
4.1.1 视频压缩的必要性	79
4.1.2 视频压缩的可能性	79
4.1.3 无损压缩原理	80
4.1.4 有损压缩原理	81
4.1.5 数字视频压缩框架	82
4.2 变换编码	82
4.2.1 DCT 变换编码	82
4.2.2 DWT 变换编码	84
4.2.3 整数变换编码	86
4.3 预测编码	87
4.3.1 DPCM 编码	88
4.3.2 帧内预测编码	88
4.3.3 帧间预测编码	90
4.4 视频压缩新方法	92
4.4.1 基于模型的视频编解码	92
4.4.2 子带编解码	93
4.4.3 分形编解码	94
4.4.4 Wyner-Ziv 熵与分布式视频编码	95
4.5 压缩视频质量评价方法	96
4.5.1 主观质量测量	97
4.5.2 客观质量测量	97
4.6 视频压缩标准与应用	98
4.6.1 MJPEG 标准	99
4.6.2 Motion—JPEG2000 标准	100
4.6.3 MPEG—X 标准	100
4.6.4 H. 26X 标准	104
4.6.5 AVS 标准	109
第 5 章 数字视频滤波	111
5.1 数字视频校正	111
5.1.1 数字视频畸变	111
5.1.2 数字视频畸变校正	113
5.2 数字视频降噪	117
5.2.1 视频杂波分析	117
5.2.2 时空域滤波方法	119
5.2.3 变换域滤波方法	121
5.2.4 椒盐噪声滤波方法	124
5.2.5 方块效应及处理方法	127
5.2.6 环效应及处理方法	128
5.3 数字视频增强方法	130

5.3.1 数字视频细节增强	130
5.3.2 微光视频图像增强	134
5.3.3 数字视频色彩增强	136
5.3.4 运动模糊与恢复	139
5.3.5 电子稳像原理与方法	141
第6章 数字视频分析	144
6.1 数字视频格式	144
6.1.1 本地视频格式	144
6.1.2 网络视频格式	148
6.2 数字视频分析理论与算法	151
6.2.1 MPEG 关键帧提取	151
6.2.2 镜头变换检测与表达	152
6.2.3 镜头聚类与场景分割	154
6.2.4 灰度共生矩阵方法	155
6.2.5 二维熵分割方法	157
6.2.6 OTSU 分割算法	160
6.3 运动估计方法	163
6.3.1 块匹配算法	163
6.3.2 像素法	167
6.3.3 特征法和相位法	169
6.4 运动目标检测	170
6.4.1 时间差分法	170
6.4.2 背景差分法	172
6.4.3 光流计算法	173
附录	176
第7章 数字视频变换	188
7.1 视频格式变换	188
7.1.1 视频格式	188
7.1.2 TMDS 变换	189
7.1.3 LVDS 变换	189
7.2 色度空间变换	191
7.2.1 色度空间表示	191
7.2.2 YUV 与 RGB 变换	192
7.2.3 YIQ 与 RGB 变换	192
7.2.4 YCrCb 与 RGB 变换	192
7.2.5 HSI 与 RGB 变换	194
7.3 扫描变换	195
7.3.1 逐行扫描	195
7.3.2 隔行扫描	195
7.3.3 图像频谱	196
7.3.4 视频频谱	198
7.3.5 去隔行原理	200
7.3.6 去隔行方法	201

7.4 分辨率变换	204
7.4.1 视频图像插值原理	204
7.4.2 视频图像插值方法	205
7.4.3 基于内容分割的数字视频插值	209
7.5 帧频变换	213
7.6 几何校正与 Gamma 校正	215
7.7 数字视频融合与 OSD 方法	218
7.7.1 数字视频融合方法	218
7.7.2 数字视频 OSD 方法	218
7.7.3 基于 FPGA 的 OSD 实现方法	222
7.8 视频图像旋转方法	225
第 8 章 数字视频显示	228
8.1 视频显示器件	228
8.1.1 LCD	228
8.1.2 PDP	233
8.1.3 OLED	233
8.1.4 VFD	234
8.1.5 DLP	235
8.2 视频显示系统	235
8.2.1 LCD 控制模块	235
8.2.2 基于 SOC 的 LCD 显示方法	237
8.2.3 基于 FPGA 的 LCD 显示方法	238
8.2.4 基于 ARM 的 LCD 显示方法	242
8.3 视频显示发展趋势	248
参考文献	251

第1章 数字视频信号

1.1 视觉感知特性

光是具有波形性和微粒性的电磁波,不同波长的光具有不同的特性。随着可见光波长从780nm到380nm递减,光的颜色依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫,比780nm更长的电磁波是红外线,比380nm更短的电磁波是紫外线。光照射到物体表面,反射到人眼形成视频图像。

人眼的生理构造是非常复杂的,人眼的视觉特性主要包括:亮度感觉、对比度、视敏函数、色彩深度、分辨率、观察视角、马赫效应、色彩恒常、视网膜皮层理论、侧抑制网络等。

1. 亮度感觉

亮度(Brightness)是光源或反射面的明暗程度,单位为 cd/m^2 或尼特($1\text{nit} = 1\text{cd}/\text{m}^2$)。人眼的感光范围非常宽广,明视觉的亮度感觉范围为 $1 \sim 10^6 \text{cd}/\text{m}^2$,暗视觉的亮度感觉范围为 $0.003 \sim 3\text{cd}/\text{m}^2$ 。

人眼不能同时感觉到亮度范围的全体,观察图1.1(a)所示 P_1 和 P_2 两个画面, P_1 和 P_2 的亮度可调节,保持 P_1 亮度 B 不变,将 P_2 亮度从 B 缓慢递增至 $B + \Delta B_{\min}$,直到眼睛刚刚觉察到两者亮度有差别为止,表示在亮度 B 下的亮度感觉变化了一级。采用相同方法,可以制成图1.1(b)所示曲线,横坐标代表实际亮度的变化,纵坐标代表主观亮度感觉的级数,该曲线的意义是实际亮度变化所引起的主观亮度感觉变化。要使人眼感觉到 P_1 和 P_2 两个画面有亮度差别,必须使两者的亮度差大于 $\Delta B_{\min}$, $\Delta B_{\min}$ 是有限小量,表明人眼察觉亮度变化的能力是有限的;对于不同的环境亮度 B , $\Delta B_{\min}$ 是不同的,但 $\Delta B_{\min}/B$ 是常数,表明人眼亮度感觉的增量 ΔS 不是正比于亮度增量 ΔB ,而是正比于亮度的相对增量 ΔS (记为 $k\Delta B/B$),经积分后得:

$$S = k \lg B + k_0$$

式中, k, k_0 均为常数,表明主观亮度感觉与客观亮度的对数成线性关系,称为韦伯—费赫涅尔定律(Weber-Fechner)。对于不同的亮度 B ,人眼能觉察的 $\Delta B_{\min}$ 并非定值, $\Delta B_{\min}/B$ 称为韦伯—费赫涅尔系数 Ψ ,通常 Ψ 为 $0.005 \sim 0.02$,在亮度很高或很低时, Ψ 增大至 0.05 。

2. 对比度

在不同的亮度环境下,人眼对于同一客观亮度所产生的相对亮度感觉是不相同的,如对同一电灯,在白天和黑夜人眼对它产生的相对亮度感觉有很大差异。当人眼适应了某一环境亮度时,所能感觉的亮度范围将变小,如白天环境亮度为 $10\,000$ 尼特时,人眼能分辨的亮度范围为 $200 \sim 20\,000$ 尼特,低于 200 尼特的亮度感觉为黑色;但是黑夜环境亮度为 30 尼特时,可分辨的亮度范围为 $1 \sim 200$ 尼特, 100 尼特的亮度感觉就很高,低于 1 尼特的亮度才引起黑色感觉。在图1.1中,当人眼分别适应了A、B、C点的环境亮度时,人眼感觉黑白的范围如虚线所示,所对应的实际亮度范围比人眼的视觉范围小很多,A点的实际亮度对于适应了B点亮度

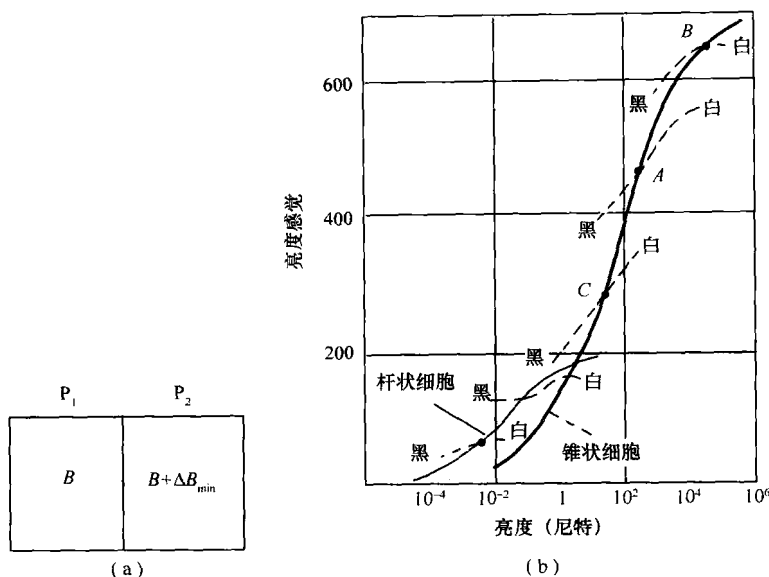


图 1.1 亮度感觉的级数曲线

的眼睛来说感觉很暗,对于适应了C点亮度的眼睛来说感觉很亮。

人眼对亮度变化过程敏感,在比较两个不同亮度时,有较好的判断力。对于不同亮度的背景,人能察觉到的最小亮度差别也不同,人眼分辨亮度的能力与背景亮度 B_ϕ 有关,因此对比度 C 定义为:

$$C = \frac{B_{\max} + B_\phi}{B_{\min} + B_\phi}$$

$B_{\max}$ 和 $B_{\min}$ 是前景图像的最大和最小亮度,亮度和对比度之间不是线性关系。在理想亮度附近的对比度可以达到最大值;当光照亮度太小时,由于最大亮度过小,对比度会降低;当光照亮度过大时,背景亮度 B_ϕ 过大,导致对比度降低。

根据人眼对实际亮度明暗感觉的相对性、察觉实际亮度变化能力的有限性,在设计视频可视化系统中,不必传送原景物的实际亮度,只需保持原景物点的相对亮度不变,通常只要保证景物最大亮度 $B_{\max}$ 和最小亮度 $B_{\min}$ 的比值 C 不变。对于人眼不能察觉的亮度变化,不必精确地重现,只要保证重现图像和原景物有相同的亮度级数。简言之,只要重现图像与原景物对人眼具有相同的对比度和亮度级数,就能给人以真实的感觉。

在视频可视化系统中,亮度与对比度对使用者视觉感受影响最大。主流系统的亮度是 $250\text{cd}/\text{m}^2$ 以上,对比度在 $200:1$ 以上,达到 $400\text{cd}/\text{m}^2$ 以上才算高亮产品,高亮度能够使显示画面更加清晰鲜艳;但是过高的对比度(如 $800:1$ 以上)没有实际意义,人眼已经无法分辨。因此,亮度必须要与对比度相配合,只有都达到最佳状态时,才能使图像的细节表现得层次丰富,文字显示清晰锐利、色彩绚丽。

3. 视敏函数

明视觉过程主要由锥状细胞完成,既产生明感觉,又产生彩色感觉。图 1.2 中的粗曲线为明视觉视敏函数,表示在白天正常光照下人眼对各种不同波长光的敏感程度。

暗视觉过程主要由杆状细胞完成,在弱光条件下,杆状细胞只有明暗感觉,没有彩色感觉;

图 1.2 中的细曲线为暗视觉视敏函数,表示在弱光条件下人眼对各种不同波长光的敏感程度,杆状细胞对波长短的光敏感度有所增大,即曲线向左移。

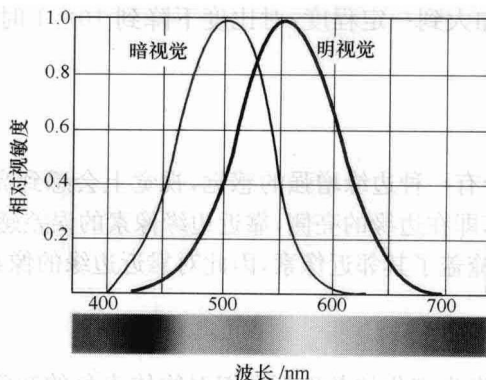


图 1.2 视敏函数曲线

4. 色彩深度

色彩深度也称为色彩模式或色彩分辨率,表示灰度细腻程度或彩色等级,单位是 bit(位),用多少位来表示一个像素,如 1bit 只能表示黑白像素,8bit 可以表示 $256(2^8)$ 个灰度级,代表从黑到白的不同灰度等级,表示灰度图像的亮度层次范围,表明从纯黑到纯白之间平滑过渡的能力;灰度级越大,层次越丰富,效果越好。24bit 可以表示 $16,777,216(2^{24})$ 种色彩,其中红(R)绿(G)蓝(B)各通道分别占用 8bit,各有 $256(2^8)$ 个等级,一般称 24bit 以上的色彩为真彩色,如 30bit、36bit 和 42bit,色彩位数越多,颜色就越逼真。

5. 分辨率

分辨率是人眼分辨景物细节的有限能力,如空间平面上两个黑点相互靠拢到一定程度时,离开黑点一定距离的观察者就无法区分它们。当照度太强、太弱或当背景亮度太强时,人眼分辨率降低;当目标运动速度加快时,人眼分辨率降低;人眼对彩色细节的分辨率比对亮度细节的分辨率要差,如果黑白分辨率为 1,则黑红为 0.4,绿蓝为 0.19。

在视频处理系统中,分辨率(Resolution)是视频图像的密度,指每行或每列有多少像素点,以 640×480 的分辨率来说,即每行有 640 个像素点且共有 480 行,分辨率越高,视频图像越精细。

在视频可视化系统中,场频(Vertical Scan Frequency)是垂直扫描频率,即每秒钟屏幕刷新的次数;与图像内容的变化没有关系,即使屏幕上显示的是静止图像,扫描线也照常更新,垂直扫描频率越高,闪烁情况越不明显,眼睛越不容易疲劳。行频(Horizontal Scan Frequency)是每秒扫描的水平线数量,等于“行数 $\times$ 场频”,行频是一个综合分辨率和场频的参数,值越大,显示器可以提供的分辨率越高,稳定性越好,以 800×600 的分辨率、85Hz 的场频为例,显示器的行频至少应为 51kHz(即 600×85)。

6. 观察视角

在视频可视化系统中,视角包括水平可视角度和垂直可视角度。以屏幕的垂直法线为基准,在垂直于法线左方或右方一定角度的位置上仍然能够正常看见显示图像,这个角度范

围就是水平可视角度；如果以水平法线为基准，上下的可视角度就称为垂直可视角度。一般地，可视角度以对比度变化为参照标准，当观察角度加大时，该位置看到的显示图像的对比度会下降，当观察角度加大到一定程度，对比度下降到 10 : 1 时，所对应的角度就是最大可视角。

7. 马赫效应

当亮度发生跃变时，会有一种边缘增强的感觉，视觉上会感到亮侧更亮，暗侧更暗。马赫效应会导致局部阈值效应，即在边缘的亮侧，靠近边缘像素的误差感知阈值比远离边缘的阈值高 3~4 倍，可以认为边缘掩盖了其邻近像素，因此对靠近边缘的像素处理误差可以大一些。

8. 色彩恒常

色彩恒常是指在照度发生变化的条件下人们对物体表色的知觉趋于稳定的心理倾向，同一表面在不同照度下会产生不同反射谱，人眼的颜色机制能分辨这种由照度变化导致的表面反射谱变化，对该表面颜色的认知在一定范围内保持恒定。有三种主流理论解释视觉系统的色彩恒常，赫尔姆霍茨(Helmholtz)认为这是一种“建立在无意识感觉上的理智判断”；黑林(Hering)提出“颜色记忆”的概念；卡茨(Katz)把颜色常性问题引入心理实验室，集中研究照明变化对于常性知觉的影响。

1.2 模拟视频信号

视频信号分为模拟视频信号和数字视频信号两大类，模拟视频信号包括计算机模拟视频信号、摄像机模拟视频信号。计算机模拟视频信号又分为 X86 计算机输出的 DSUB 视频信号和专用 CPU 产生的特殊格式视频信号；摄像机模拟视频信号包括 PAL、NTSC 和 SECAM 制式视频信号。

1.2.1 计算机视频信号

1. 计算机视频信号接口

计算机视频信号的标准接口是 DSUB，也称为 VGA，为 RGBHV 形式，采用 D15 连接器，其外形如图 1-3 所示，引脚定义如表 1-1 所示。

表 1-1 计算机模拟视频信号接口的引脚定义

序号	意义	说明
1	R	红分量信号
2	G	绿分量信号
3	B	蓝分量信号
4	ID2 Monitor ID	地址码 ID
5	GND	自测试 Ground
6	RGND	Red Ground

(续表)

序号	意义	说明
7	GGND	Green Ground
8	BGND	Blue Ground
9	Key (No pin)	保留
10	Sync Ground	数字地
11	ID0 Monitor ID	地址码 ID
12	SDA	I ² C 的数据线
13	HS/CS	行同步/复合同步信号
14	VS	场同步信号
15	SCL	I ² C 的时钟线

在 XGA、SXGA、UXGA 等高分辨率的计算机模拟视频信号显示时,视频信号频带宽,不宜用 D15 连接器进行较长距离(3m 以上)传输。对于 RGBHV(独立同步)、RGBS(复合同步)或 RG_SB(绿同步)方式的计算机视频信号,分别采用五根同轴线、四根同轴线或三根同轴线传输,接口常采用 BNC 连接器。

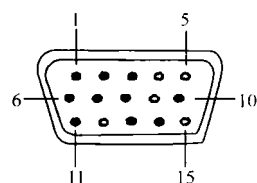


图 1.3 视频信号接口

2. 计算机视频信号标准

随着计算机 CPU 性能的不断提高,计算机模拟视频信号显示系统也不断推出新标准,以 IBM PC 为例,经历了 4 个主要发展阶段。

(1) 第一代标准 MDA 和 CGA

1981 年,IBM 公司推出适用于 PC 的显示标准 MDA 和 CGA。MDA (Monochrome Display Adapter) 单色显示适配器只能用于字符显示,字符显示质量高,字符显示为 7×9 点阵,字符与字符之间为 2 个像素间隔,行间隔为 5 个像素,满屏幕显示为 80×25 字符,分辨率为 720×350 点阵。CGA (Color Graphics Adapter) 彩色图形适配器能显示字符和图形,字符窗口为 8×8 点阵,字符点阵为 7×7 或 7×5 ,显示分辨率为 640×200 、 320×200 和 160×200 。

(2) 第二代标准 EGA

1984 年,IBM 公司研制成功 PC/AT,相应的显示系统 EGA (Enhanced Graphics Array) 增强型彩色图形板也应运而生。EGA 标准分辨率为 640×350 点阵,字符窗口为 8×14 点阵,16 种颜色。在水平方向,EGA 吸收了 CGA 640 个点的分辨率,而在垂直方向采用 MDA 350 行的分辨率。可以兼容 CGA 和 MDA 两种显示方式,并扩充 $640 \times 350/16$ 图形方式。

(3) 第三代标准 VGA

1987 年,IBM 公司推出 VGA 显示标准,VGA (Video Graphics Array) 与 EGA 兼容,增加 640×480 点阵/16 种颜色以及 320×200 点阵/256 种颜色的图形方式,字符方式采用 9×16 点阵的字符窗口,显示 80×25 字符。VGA 的主要特点是采用 256K 种颜色的调色板和模拟量输出,使显示颜色更加逼真。

(4) 第四代标准 XGA

1990 年,IBM 公司宣布 XGA (eXtended Graphics Array) 高性能视频系统。XGA 支持每行 132 个字符,每个字符水平方向可由 8 个像素组成。XGA 引进每个像素 16 位字长彩色(5

位红色、6 位绿色、5 位蓝色)的工作方式,不需要彩色查找表。XGA 具有扩展图形功能,能够通过图形协处理器快速执行画线、填充区域、像素块传送、剪裁等功能。

图 1.4 说明了显示模式相关参数的计算方法:

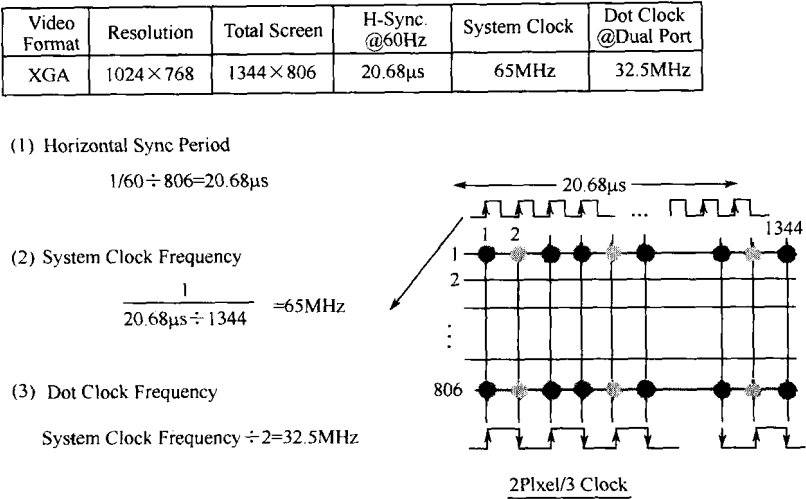


图 1.4 显示模式相关参数的计算方法

3. 计算机视频信号处理

计算机视频信号的带宽是很宽的,其低频成分接近直流分量,而高频成分随着计算机显示分辨率的不同而有很大的差异。如表 1-2 所示,计算机视频信号的带宽随着显示分辨率的变化而变化。

表 1-2 计算机模拟视频信号显示模式的典型参数

视频格式	分辨率	屏幕像素	行同步 @60Hz	像素时钟	常见尺寸
QVGA	320×240	336×244	68.3μs	5.0MHz	2.8",3.5"
VGA	640×480	800×525	31.8μs	25.175MHz	5.7",6.4"
SVGA	800×600	1056×628	26.54μs	40MHz	10.4",12.1"
XGA	1024×768	1344×806	20.68μs	65MHz	12.1",13.3" 14.1",15.1"
XGA+	1280×960	1728×1000	16.67μs	104MHz	13.3",14.1"
SXGA	1280×1024	1696×1066	15.64μs	108MHz	14.1",15"
SXGA+	1400×1050	1890×1096	15.21μs	124MHz	17",18.1"
UXGA	1600×1200	2112×1250	13.34μs	158MHz	20.1",23"
QXGA	2048×1536	2800×1592	10.47μs	267MHz	30"以上

(1) 宽频带视频信号缓冲

宽频带视频信号的缓冲一般采用射极跟随器,即射随器。射随器和前级电路之间多采用交流耦合,以利于射随器工作点的调整。

从物理意义上讲,设备两端由于匹配良好可把反射的能量全部吸收,或者说对反射的能量损耗很大。因此,反射损耗越大越好。任何一个网络在终端匹配的情况下,都能够得到最大的

能量传输;否则,必有部分能量以反射波形式出现。这里所指的“损耗”并非电缆损耗,而是指终接匹配的程度,“损耗”越大说明匹配越好。在实际应用中,两种“损耗”均有,需区别对待。当视频设备的接口有阻抗失配现象时,会产生反射。反射情况较轻的,会引起波形失真,严重时因电缆两端不匹配,在输入端会产生二次反射,它沿着与主信号相同的方向前进。延时量较长的回波会引起非常显著的轮廓效应或多个重影。

对于视频通道所需的终接阻抗数值,国标规定电视设备或视频通道作为一个单元在相互连接的输入、输出点上对地不平衡阻抗的标称值应为 75Ω 。

宽频带视频信号的输入接口匹配电路如图 1.5 所示,两个二极管起到过压保护的作用,当接头由于插拔产生瞬时高压脉冲或其他原因产生高压脉冲时,通过二极管可将其泄放到电源子系统中去,以防损坏内部电路。

输出接口匹配电路与输入接口匹配电路相似,只需将并联 75Ω 电阻改为串联 75Ω 电阻。

(2) 宽频带视频信号放大

宽频带视频信号的放大是十分重要的,而且也是非常困难的。要做到对宽频带视频信号无失真地放大,就必须对放大电路的形式、静态工作点、反馈量的大小、与前后电路的匹配和低频分量的提升等诸多因素进行综合考虑。譬如宽频带视频信号的分配包括输入缓冲、信号放大和输出缓冲三大部分,其中输入缓冲和输出缓冲部分可采用射极跟随器;信号放大部分可采用宽频带的共射共基放大电路,信号放大部分的基本要求是频带宽、无失真,必须对以下细节进行仔细考虑。

共射放大电路的放大倍数可以很高,而且性能较稳定;但是输出信号与输入信号的相位是相反的,所以要有两级共射放大才能得到同相输出信号。共基放大电路的放大倍数也可以较高,输出信号与输入信号的相位是相同的,但是共基放大电路容易自激,其性能受元器件参数和外围电路元件数值变化的影响很大,综合考虑可采用宽频带的共射共基放大电路。

静态工作点选择得过高或过低,都会使放大电路工作在线性区,输出信号会产生失真。一般在电源为 $+5V$ 时,选择静态工作电流为 $4\sim 6mA$,基极电压为 $2.4V$ 左右。

对于反馈量大小的考虑,首先,在交流耦合时,级与级之间应采用两种电容并联, $22\mu F$ 左右的电解电容和约 $0.01\mu F$ 的无极电容,这样可以保证高频信号和低频信号很好地通过。其次,在放大电路的射极部分,要求射极电阻不能太小,也不能太大;射极电阻两端需并联一个电容,使交流负反馈减小,以实现高频提升。射极电阻太小则反馈量太小,得到的放大曲线不平坦,将会使输出信号在亮度上产生失真,射极电阻太大则放大系数将会受到影响,而且会提高三极管和电源的功率要求,降低放大电路的稳定可靠性,根据实践经验,射极电阻取为 $200\sim 400\Omega$ 效果较好。

因为前后级之间采用交流耦合,所以各级之间的直流工作点互不影响。所需考虑的只是放大级和输出级之间的功率匹配问题,要作到这两级之间很好地进行功率匹配,就必须认真地选择放大部分和输出部分的三极管。放大管的选择主要考虑以下三方面的要求:一是三极管的电流放大系数要适中,一般为几十;二是三极管的频率特性要好,三极管的截止频率 F_c 要大于 $1000MHz$ 、小于 $3000MHz$,从而保证放大部分要求的带宽($250MHz$ 以上),也保证放大部分不容易产生自激;三是三极管的额定功率要满足要求,也就是所能承受的额定电流要大于静态工作电流的 $2\sim 4$ 倍,从而可以保证放大电路部分能稳定安全地工作,在实际应用中放大管

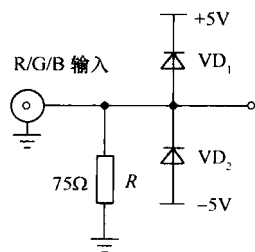


图 1.5 输入接口匹配电路

常选用三极管 2SC1674 或 2SC1215 等。

输出管的选择也主要考虑以下三方面的要求:一是三极管的电流放大系数要适中,在 30 左右,这样才能保证较好的功率放大;二是三极管的频率特性要好,三极管的截止频率 F_c 要大于 2000MHz,从而保证输出部分要求的带宽在 250MHz 以上;三是三极管的额定功率要满足要求,也就是要求能驱动 75Ω 负载,从而保证输出电路部分能可靠工作,如选用三极管 3DG122C 等。宽频带视频信号的高频分量较丰富,在布板时要注意阻抗匹配,尽量走短线,使板上的布线阻抗均匀,并在必要的地方添加匹配电阻。

宽频带视频信号放大可以选用高性能的集成宽带运算放大器,如 MAX496、AD813、AD848、KA2500、OPA355、OPA356、OPA357、TSH340、TSH341。

(3) 宽频带视频信号切换

宽频带视频信号的切换是宽带视频信号管理与控制的关键,首先正确选用模拟开关器件,以保证视频通道的带宽和抗串扰隔离度;然后与输入缓冲和输出放大综合设计,保证视频通道的线性指标;最后计算机视频的 R、G、B 信号是独立的,需要考虑三者的延时一致,并与同步信号保持良好的相位关系。

宽频带视频信号的切换依次包括输入缓冲、信号切换、信号放大和输出缓冲四大部分。信号切换部分的基本要求是频带宽、无失真、无串扰。要做到这一点,就必须考虑以下几个方面。对于切换电路形式的选择,一种方法是采用集成电路芯片实现,如 DG884、MAX44X 等高速芯片,这种方法体积小、功耗低、切换速度快、使用方便,带宽可达 120MHz 以上,但是多级级联输出时带宽下降到几十兆赫兹;对于 100MHz 以上的信号,隔离度下降到 30dB 以下。另一种方法是采用小型宽带继电器来实现,这种方法虽然体积和功耗较大,但是它的带宽可以达到 300MHz,串扰小。用来切换峰-峰值为 1V、几十毫安级的视频信号,寿命可达 10^7 次以上。因此采用继电器做开关器件的性能价格比高,可靠性也很好,在矩阵容量不太大的情况下,不失为一种良好的设计方法。

(4) 宽频带视频信号传输

当采用同轴电缆作为传输线时,由于同轴电缆本身的特性,它将对传输信号产生高频幅度衰减。实验测试结果表明,当 100MHz 的视频信号传送 100m 时,在终端阻抗匹配的条件下,3dB 带宽只有 25MHz,在 100MHz 处信号衰减达 10dB。因此,要在传输线末端得到无失真的视频信号,必须加上长线传输模块,对信号进行均衡,提升信号的高频部分,使经过 100m 传送后的视频信号带宽仍在 100MHz 以上。

通常,输入信号是一种电压源模式,由于其输出端直接通过电缆的衰减电阻,连到 75Ω 的匹配电阻上,当电缆的衰减电阻由于频率升高而急剧增大时,匹配电阻上的电压也将迅速下降;要将 100MHz 处的信号提升 10dB,这将是相当困难的。于是,先将电压源变成电流源再进行传输,由于传输线末端电阻恒为 75Ω ,在此电阻上产生恒定的电压,不随电缆衰减电阻的变化而变化;当然,由于电缆的衰减电阻在高频时变得很大,电流源将很难成为需要的恒流源,因此,仍要增加高频提升网络,不过此时要提升的幅度将大大降低,高频提升的实现变得较为容易。

1.2.2 摄像机视频信号

摄像机视频信号又分为复合视频(Video 或 CVBS)和分量视频(S-Video 或 Y/C)两种。