数字图像处理

第一章
数字图像处理概述

CH1 数字图像处理概述

- 图像的形成
- 什么是数字图像
- 什么是数字图像处理
- 数字图像处理与其它学科的联系与区别
- 数字图像处理的历史与应用
- 数字图像处理系统的基本步骤与部件
- 数字图像处理的前沿学术期刊
- 小结

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

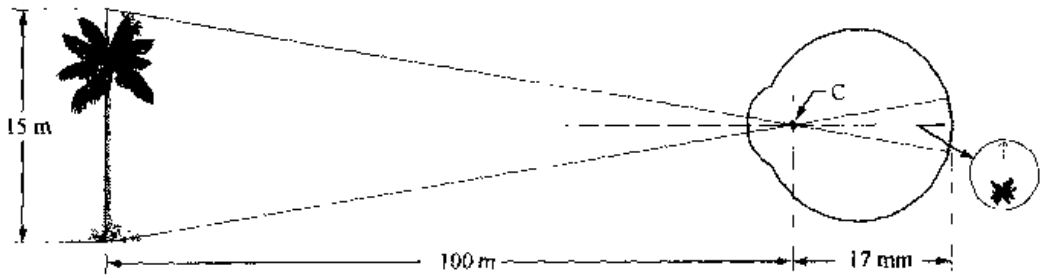
↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

图像的形成

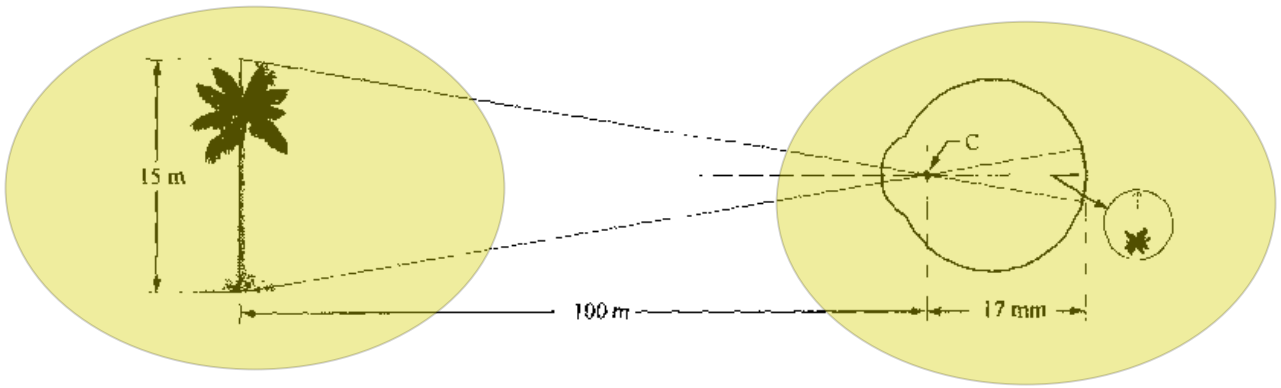
- 例子：眼睛中图像的形成
- 基本原理



- 几个要素
  - 光源
  - 晶状体
  - 视网膜（成像）

例子：眼睛成像

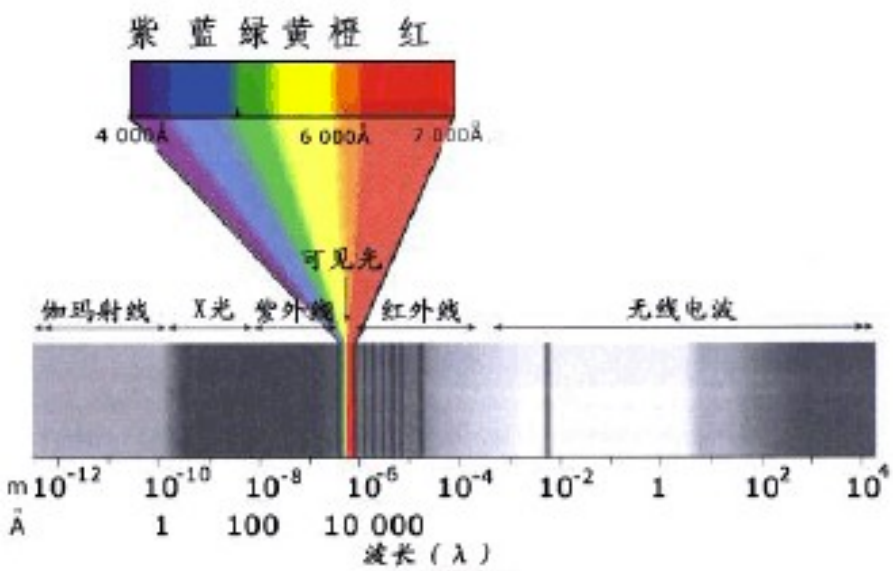
- 基本原理



信号　　成像接收设备

电磁波成像

- 电磁波是一种广泛存在的物理信号。可见光是其中的一个频段



- 如果可以开发出成像接收设备，能够接受电磁波发射的能量，那就可以对电磁波进行成像

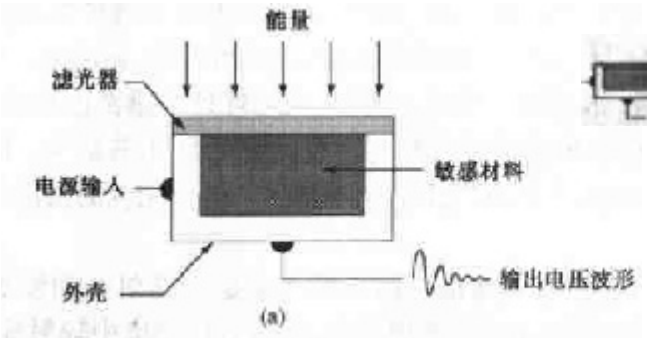
成像接收设备

- 随着科技不断进步，成像接收设备已经可以很成熟接收电磁波信号，如
  - 单传感器成像
  - 带状传感器成像
  - 传感器阵列成像
  - …

基本原理是检测到电磁波信号，然后转化为电压信号，然后用于成像

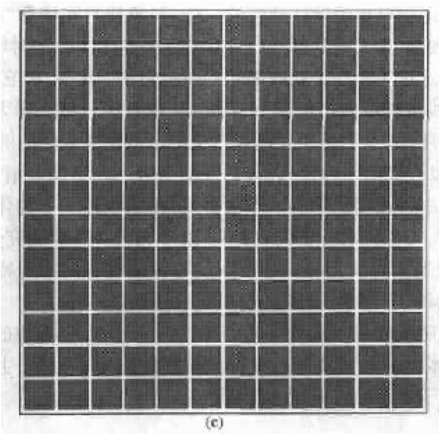
对传感器成像的细节感兴趣的同学，可以参见教材2.3节

单传感器



带状传感器

阵列传感器



成像例子

- 伽马射线成像

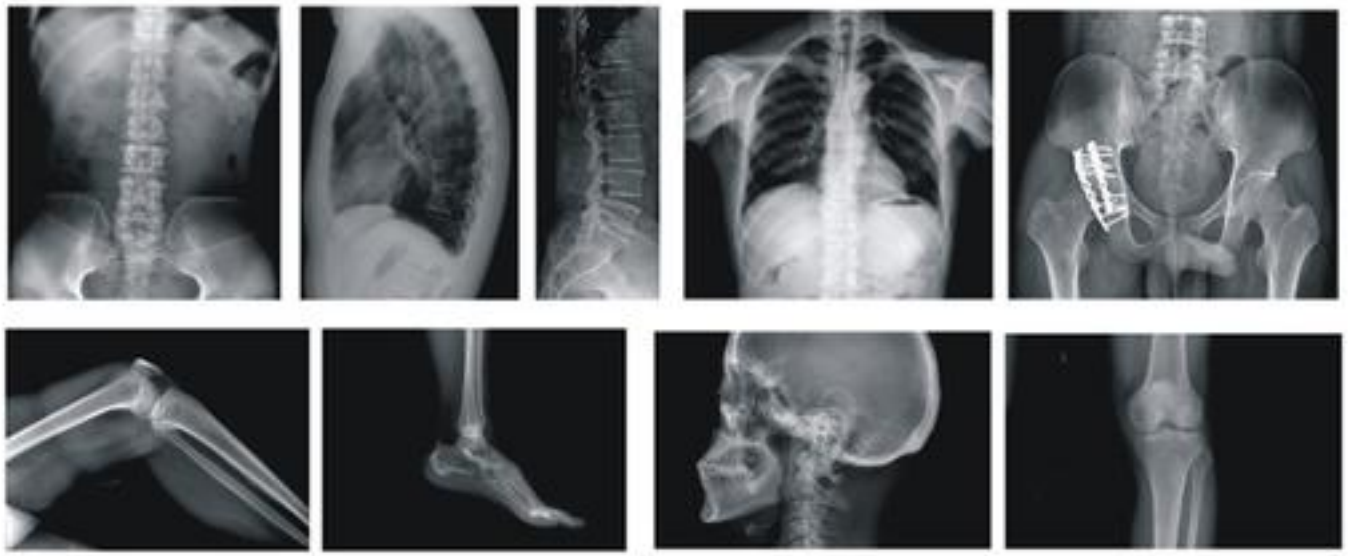
据美国《科学日报》报道，2008年3月19日从地球上拍摄到的名为“GRB 080319B”爆发是宇宙最明亮的一次爆炸，科学家认为这是超大质量恒星死亡演化为黑洞的精彩场面。因此，这成了迄今为止全球首次拍摄到的黑洞诞生的视频画面。

这是由智利拉斯坎帕纳斯天文台的“天空圆周率(Pi of the Sky)”广角摄像机拍摄到…每10秒拍摄一次…持续拍摄了4分钟…形成断断续续的视频画面…20秒时间里…爆炸如此明亮以至于人们肉眼就能看到…之后逐渐变暗…4分钟拍摄结束时比先前暗淡了100倍…之后的观察由大型望远镜完成

“天空圆周率”摄像机的观测数据结合“雨燕”人造卫星的伽马射线数据，首次证实了10秒内的光发射与伽马射线同时暴发的太空场景。在爆发的第一秒内所获得的光学观察信息将是了解如此巨大能量释放机理和黑洞诞生的关键之处。

成像例子

- X射线成像



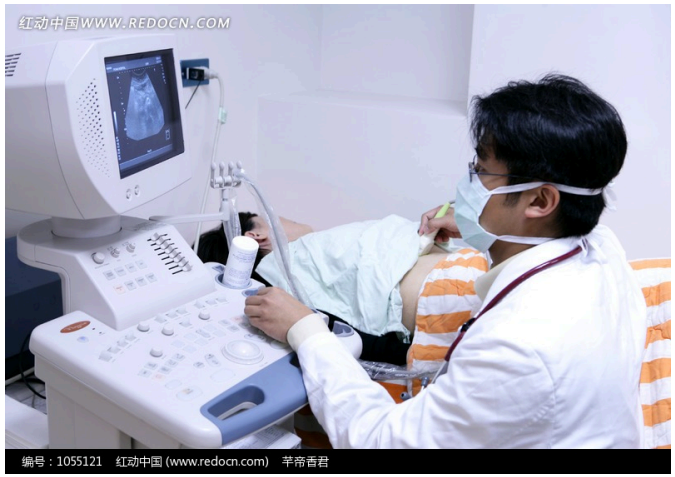
成像接收设备

- 随着科技不断进步，成像接收设备已经可以很成熟接收电磁波信号，如
  - 单传感器成像
  - 带状传感器成像
  - 传感器阵列成像
  - …

基本原理是检测到电磁波信号，然后转化为电压信号，然后用于成像

对传感器成像的细节感兴趣的同学，可以参见教材2.3节

- 除了电磁波外，其它信号（例如超声波信号）目前也已有设备可以成像



成像接收设备

- 随着科技不断进步，成像接收设备已经可以很成熟接收电磁波信号，如
  - 单传感器成像
  - 带状传感器成像
  - 传感器阵列成像
  - …

基本原理是检测到电磁波信号，然后转化为电压信号，然后用于成像

对传感器成像的细节感兴趣的同学，可以参见教材2.3节

- 除了电磁波外，其它信号（例如超声波信号）目前也已有设备可以成像
- 值得注意的是：由于设备通常是数字化设备，这里的“成像”是对物理世界一个数字化近似。因此 “成像”的输出通常不是完美的物理图像，而是近似的数字图像

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

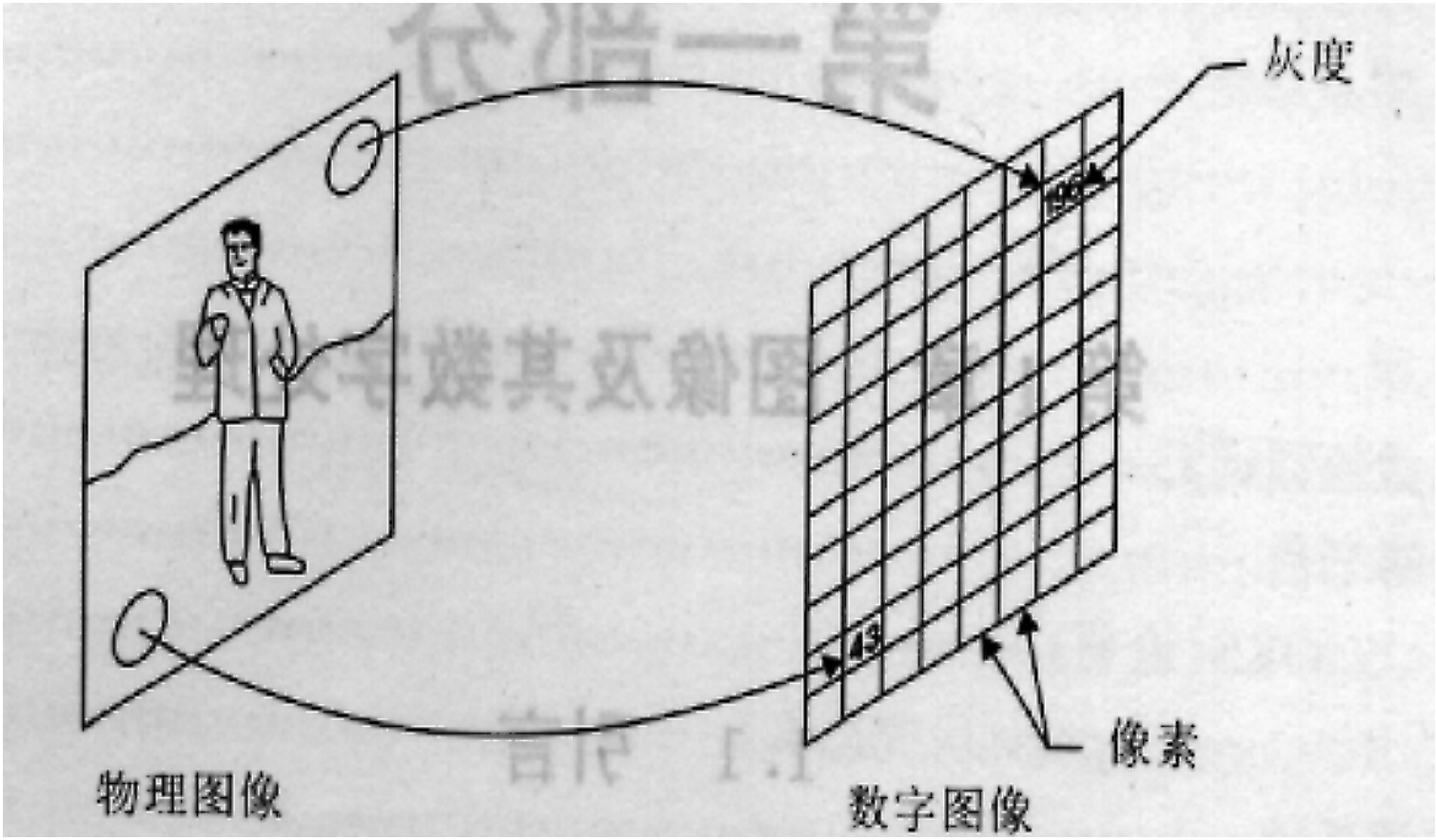
↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

什么是数字图像

- 物理图像及对应的数字图像



什么是数字图像

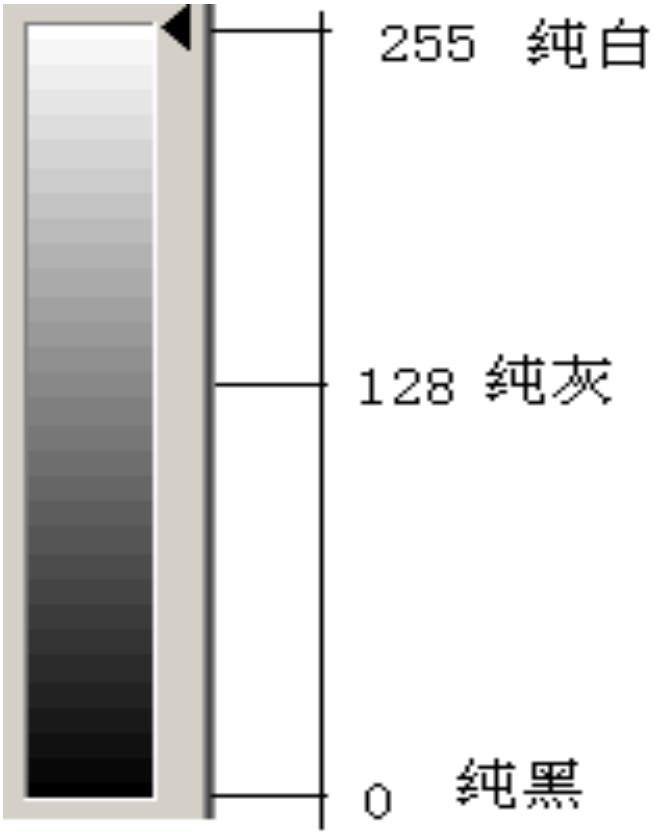
- 数字图像是指由被称作像素的小块区域组成的二维矩阵
- 将物理图像行列划分后，每个小块区域称为像素（pixel）（也称为图像元素、画面元素等）
  - 每个像素包括两个属性：位置和亮度（也称为强度、灰度、幅值等）
- 严格数学定义：一幅数字图像是个二维函数

亮度或强度 $\longrightarrow f(x, y)$

像素坐标位置

什么是数字图像

- 灰度级：每个像素的亮度用一个数值来表示，通常数值范围在0到255之间，即可用一个字节来表示
- 0表示全黑、255表示全白



什么是数字图像

- 例子：灰度图像及其对应的数值矩阵

125, 153, 158, 157, 127, ┐
70, 103, 120, 129, 144, 144, 150, 150, 147, 150, 160, 165, 160, 164, 165, 167
, 175, 175, 166, 133, ┌60,
133, 154, 158, 100, 116, 120, ┌97, ┌74, ┌54, ┐
74, 118, 146, 148, 150, 145, 157, 164, 157, 158, 162, 165, 171, 155, 115, ┐
88, ┌49,
155, 163, ┌95, 112, 123, 101, 137, 108, ┌81, ┌71, ┌63, ┐
81, 137, 142, 146, 152, 159, 161, 159, 154, 138, ┌81, ┌78, ┌84, 114, ┌95,

彩色图像

- 彩色图像可用红、绿、蓝三元组的二维矩阵表示
  - 通常，三元组的每个数值也是在0到255之间，0表示相应的基色在该像素中没有，而255则代表相应的基色在该像素中取得最大值，这种情况下每个像素可用三个字节来表示
- 例子

(207, 137, 130)	(220, 179, 163)	(215, 169, 161)	(210, 179, 172)	(210, 179, 172)
(207, 154, 146)	(217, 124, 121)	(226, 144, 133)	(226, 144, 133)	(224, 137, 124)
(227, 151, 136)	(227, 151, 136)	(226, 159, 142)	(227, 151, 136)	(230, 170, 154)
(231, 178, 163)	(231, 178, 163)	(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(236, 187, 171)
(239, 195, 176)	(239, 195, 176)	(240, 205, 187)	(239, 195, 176)	(231, 138, 123)
(217, 124, 121)	(215, 169, 161)	(216, 179, 170)	(216, 179, 170)	(207, 137, 120)
(159, 51, 71)	(189, 89, 101)	(216, 111, 110)	(217, 124, 121)	(227, 151, 136)
(227, 151, 136)	(226, 159, 142)	(226, 159, 142)	(237, 159, 135)	(237, 159, 135)
(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(236, 187, 171)
(236, 187, 171)	(239, 195, 176)	(239, 195, 176)	(236, 187, 171)	(227, 133, 118)
(213, 142, 135)	(216, 179, 170)	(221, 184, 170)	(190, 89, 89)	(204, 109, 113)
(204, 115, 118)	(189, 85, 97)	(159, 60, 78)	(136, 38, 65)	(160, 56, 75)

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

什么是数字图像处理

数字图像处理包括两部分处理：既包括输入和输出均是图像的处理，也包括从图像中提取特征及识别特定物体的处理

数字图像处理是多学科交叉领域，有不少定义；这里采用教材的定义：

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

数字图像处理与其它学科的关系

- 数字图像处理与数字图像分析
  - 数字图像分析：是指将一幅图像转换为一种非图像的表示、如天气预报，视频统计等。
  - 联系：
    - 从定义上看，数字图像处理包括数字图像分析部分的内容
  - 区别：
    - 数字图像分析侧重于对具体应用领域内的图像进行有针对性分析，数字图像处理则侧重于一般化的图像特征抽取

数字图像处理与其它学科的关系

- 数字图像处理与计算机图形学
  - 计算机图形学：用计算机将由概念或数学描述所表示的物体图像（非实物）进行处理和显示的过程。如机械图、建筑图、素描图等。
  - 联系：
    - 跟图像处理有关
  - 区别：
    - 计算机图形学的输入是概念或描述，输出是图像
    - 数字图像处理输入是图像，输出可以是概念或描述，也可以是另一幅图像

数字图像处理与其它学科的关系

- 数字图像处理与计算机视觉
  - 计算机视觉：用计算机技术模拟人的视觉，使之可以处理与理解自然场景，如图像及视频理解、三维场景重建、机器人足球等
  - 联系：
    - 实际应用中，计算机视觉通常利用数字图像处理技术进行预处理和特征抽取
  - 区别：
    - 计算机视觉侧重于图像识别、理解等系统层计算机应用
    - 数字图像处理侧重于图像基础计算机处理

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

历史

- 最早应用之一：报纸业（1920年代）
  - 将图像通过电缆从伦敦传到纽约
  - 通过对图像进行编码，利用电缆传输编码，然后利用接收端特殊打印设备重构图像

图 1.1　1921 年由电报打印机采用特殊字符在编码纸带中产生的数字图像

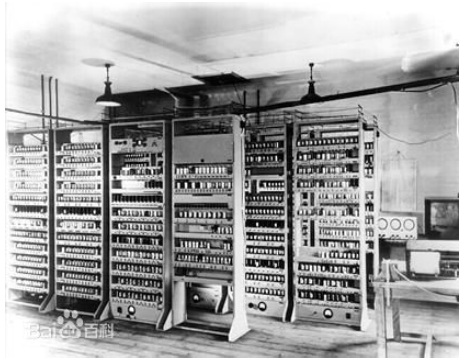
  - 之后不断提出技术对效果进行改进。那个时候还没有真正的计算机，因此这些技术没有涉及到计算机

计算机的发展

- 随着计算机的发展尤其是计算机存储与显示系统的发展，促进数字图像处理得到快速发展

ENAIC计算机

1946



电子管数字计算机

1958

个人PC

1973

超级计算机
天河一号

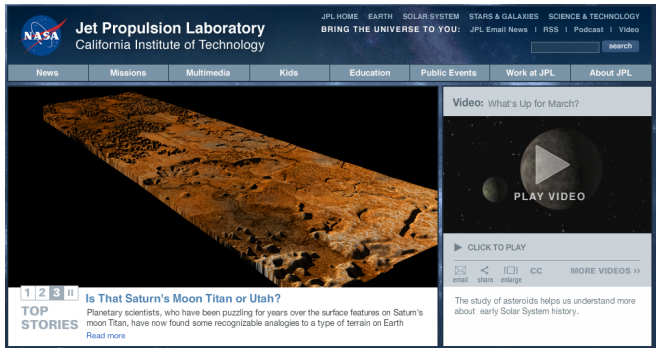
2010

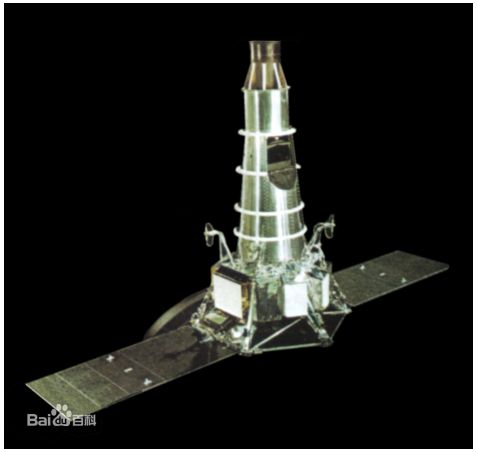
数字图像处理快速发展

- 第一台执行有意义的图像处理任务的大型计算机（1960年代）
- 利用计算机改善空间探测器发回的图像（1964年）
- 1960-1980年进一步将数字图像处理技术用于医学图像、地球遥感、天文等领域，发展处一系列数字图像处理技术
- 目前数字图像处理技术已被用于自然科学、人类生活的方方面面

数字图像处理应用_航天航空

- 徘徊者7号探测器, 1964
  - 美国宇航局喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory）
  - 根据几千张月球表面照片使用数字图像处理技术，包括几何校正、灰度变换、去噪等方法，绘制月球表面地图
  - 这为人类登月创举奠定了相应的基础
  - 这也在一定意义上推动了数字图像处理这门学科的诞生





http://www.jpl.nasa.gov

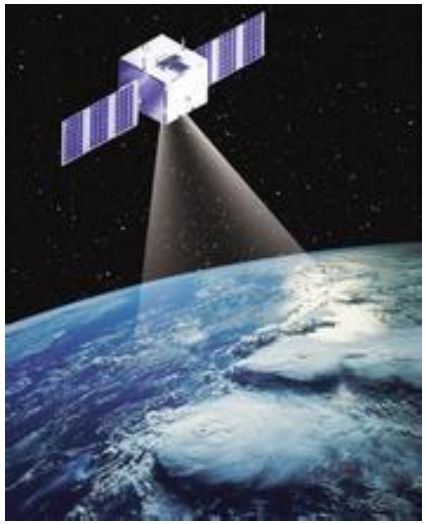
徘徊者7号

月球表面照片

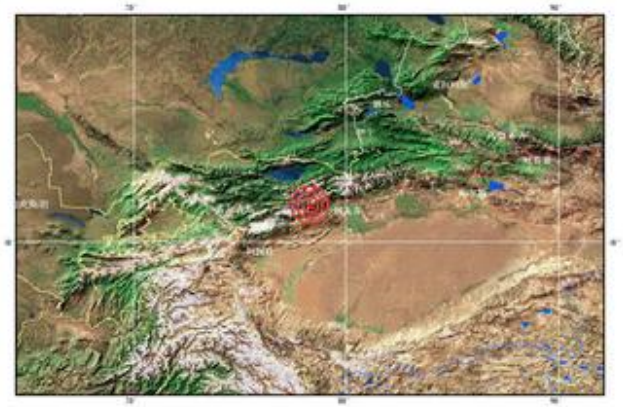
数字图像处理应用_航天航空

- 近代进展
  - 火星、土星表面探测
  - 飞机遥感、卫星遥感
  - 可用于灾难预测，资源勘察

飞机遥感



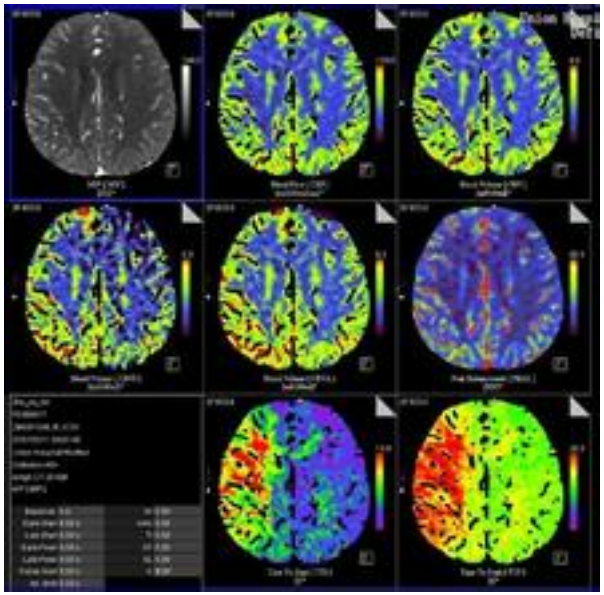
卫星遥感



卫星遥感图

数字图像处理应用_生物医学

- 计算机断层成像(Computed Tomography,又称为“电脑断层扫描”，简称CT)，1973
  - 利用到了X射线成像技术
  - 重建人体断层图像，辅助医疗的诊断

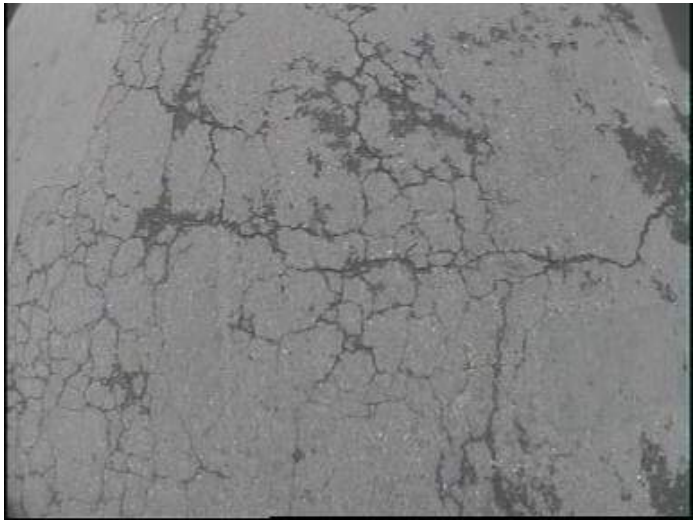


数字图像处理应用_生物医学

- 医疗诊断：
  - 例子：癌细胞识别
  - 利用显微镜成像技术将细胞成像，加以分析处理辅助诊断

数字图像处理应用_工业检测

- 工业检测与测量：
  - 例子：公路路面破损图像识别
  - 利用边缘检测技术，得到路面的纹理加以分析判断

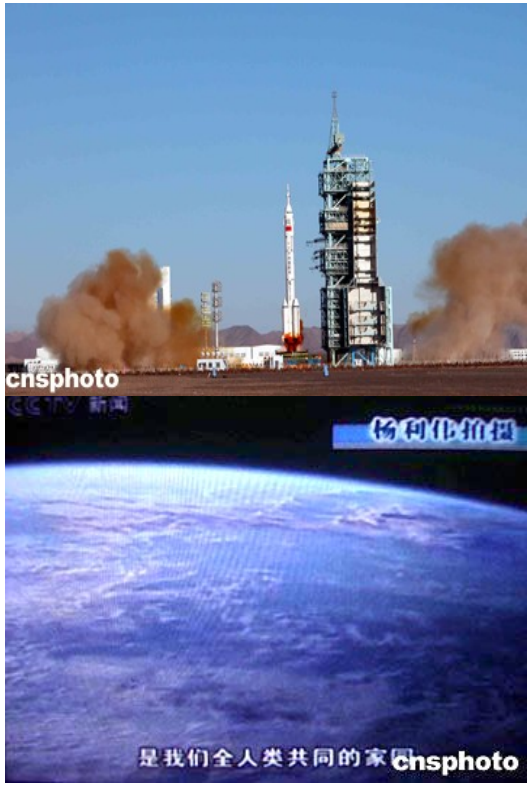


网 裂

龟 裂

数字图像处理应用_军事

- 辅助军事侦察、高精度制导



中国驻南斯拉夫大使馆

间谍卫星和标准导弹

数字图像处理应用_视觉监控

- 视频监视系统：
  - 如实现防盗功能

数字图像处理应用

- 其它
  - 影视制作（如3D特效、广告制作等）
  - 基于内容图像检索等

CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

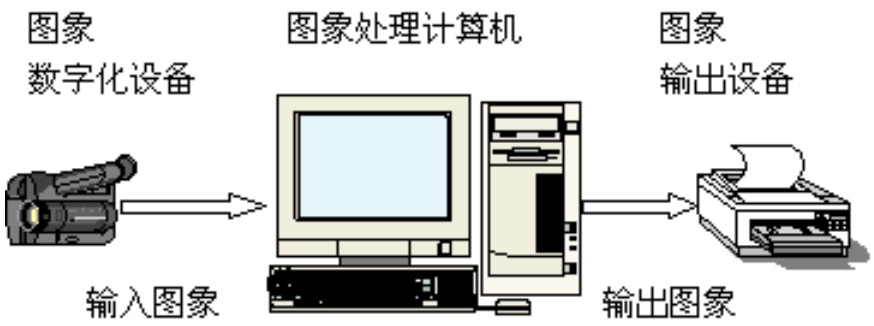
基本步骤和部件

- 硬件部件
- 软件部件（基本步骤）
- 系统

硬件部件 ＋ 软件部件 ＝ 系统

硬件部件

- 数字图像处理系统由图像数字化设备、图像处理计算机和图像输出设备组成。



- 图像数字化设备：扫描仪、数码相机、摄像机与图像采集卡等
- 图像处理计算机：PC、工作站等（通常将存储设备也包括在内）
- 图像输出设备：打印机、绘图仪等

软件部件（基本步骤）

- 示意图

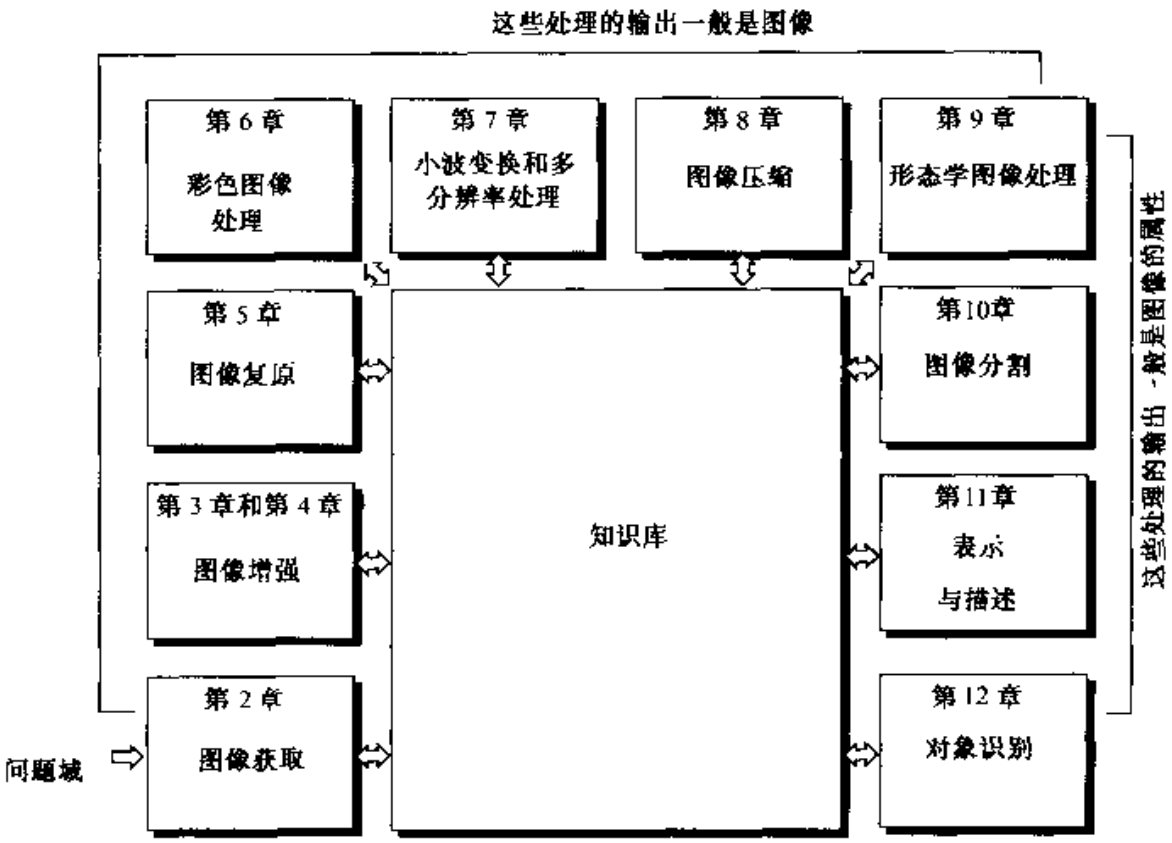
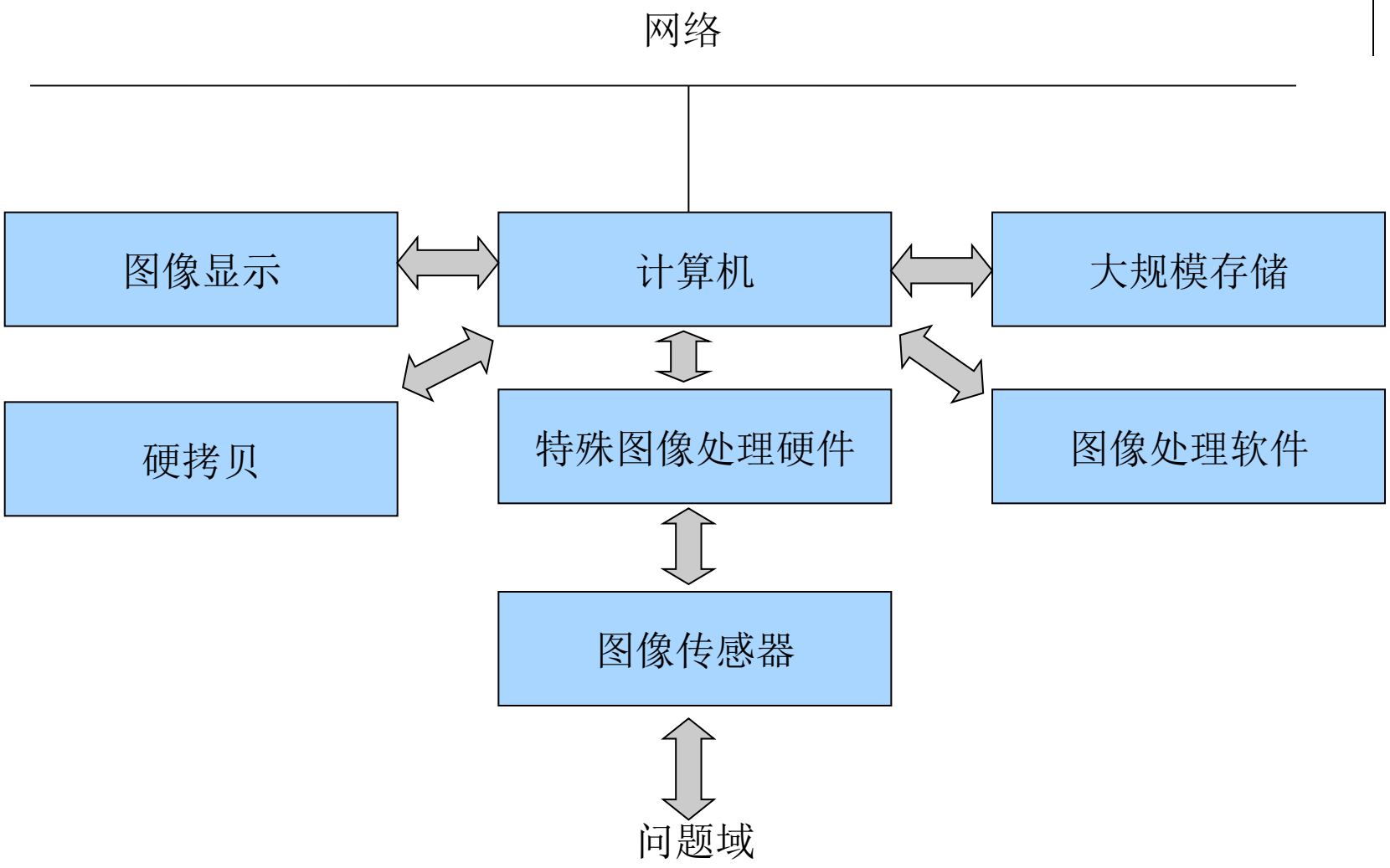


图 1.23　数字图像处理的基本步骤

通用图像处理系统组成



CH1 数字图像处理概述

图像的形成 → 什么是数字图像

↓

什么是数字图像处理 → 与其它学科的关系

↙ 前沿学术期刊

↓ 基本步骤与部件

↘ 历史与现实应用

前沿学术期刊

- TPAMI《IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence》
- TIP《IEEE Transactions on Image Processing》
- CVIU《Computer Vision and Image Understanding》
- TSMCB《IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics》
- …

前沿学术会议

- CVPR (IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition)
- ICCV (International Conference on Computer Vision)
- ECCV (European Conference on Computer Vision)
- …

小结

- 介绍图像的形成
- 什么是数字图像
- 什么是数字图像处理
- 数字图像处理与数字图像分析、计算机图像学、计算机视觉学科等异同
- 数字图像处理的历史与相关应用
- 数字图像处理的基本步骤和部件
- 前沿学术期刊和会议

课堂小作业

- 判断题
  - 图像是由光产生的，没有光就没有图像
  - 数字图像处理是计算机视觉的预处理
  - 没有计算机的发展，就没有数字图像处理
  - TIP是数字图像处理的前沿学术期刊
- 简答题
  - [应用与学科的关系] 数字图像处理得以发展一个重要因素是应用。为什么应用对一个学科那么重要？结合你的知识，分析目前那个计算机技术或学科比较火热，它正在取得哪些的应用？

数字图像处理

图像获取、显示和表示

图像获取、显示和表示

- 一、图像获取
- 二、图像显示
- 三、图像表示
- 四、小结

1 图像获取

- 图像获取子硬件：
  - 采样孔，扫描机构，光传感器，量化器和输出存储体
  - 制作工艺是关键
- 图像获取设备：
  - 设备 = 子硬件的集成
  - 普通设备：黑白摄像机、彩色摄像机、扫描仪、数码相机等；
  - 专用设备：显微摄像、红外摄像机、高速摄像机、胶片扫描器、遥感卫星、激光雷达等

1 图像获取

- 图像获取设备的一些性能指标
  - 像素大小：能够收集到的像素多少
  - 图像大小：允许输出的图像大小
  - 线性度：收集到的图像与原始图像是否保持线性关系（如比例关系）的一种度量
  - 噪声大小：收集时引入的噪声大小
  - 其他局部特征

量

质

1 图像获取

- 图像获取子硬件：
  - 采样孔，扫描机构，光传感器，量化器和输出存储体
  - 制作工艺是关键
- 图像获取设备：
  - 设备 = 子硬件的集成
  - 普通设备：黑白摄像机、彩色摄像机、扫描仪、数码相机等；
  - 专用设备：显微摄像、红外摄像机、高速摄像机、胶片扫描器、遥感卫星、激光雷达等
- 关键技术
  - 采样；量化

1 图像获取

- **把物理世界表示到计算机中来**是数字图像获取的关键

基本问题：如何将现实物理信号离散化、数字化

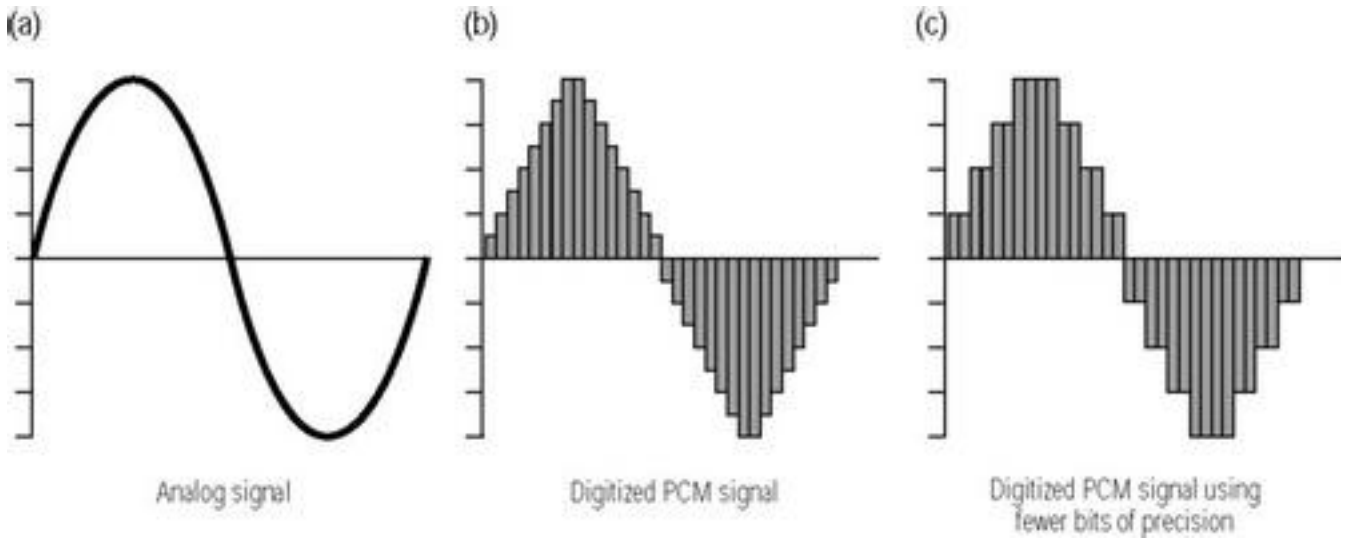
采样：用有限的样本数目去近似无限的现实物理信号；或简而言之，有限近似无限

量化：用离散计算机表示去近似连续的现实物理信号；或简而言之，离散近似连续

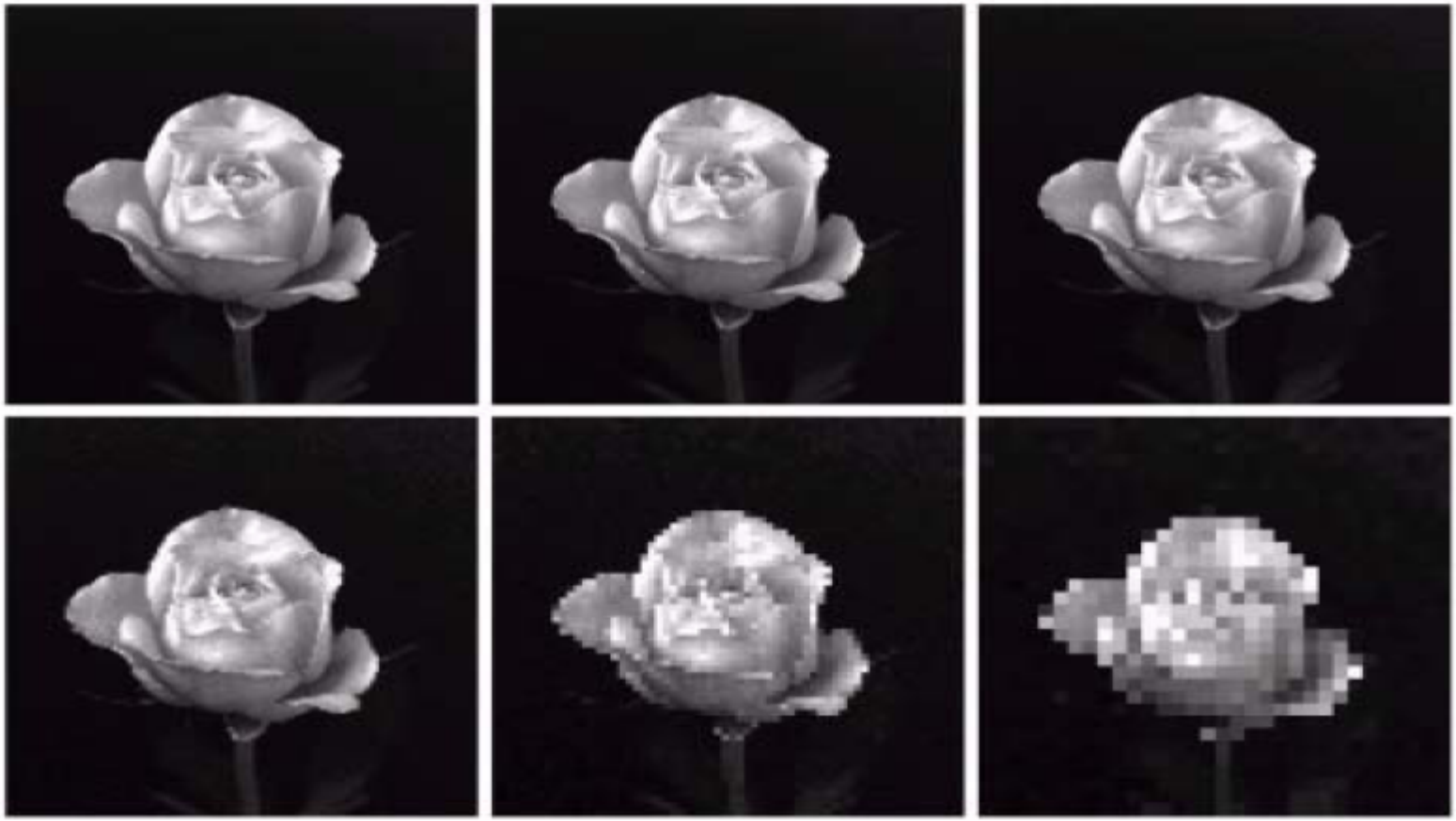
1 图像获取

- **把物理世界表示到计算机中来**是数字图像获取的关键

基本问题：如何将现实物理信号离散化、数字化



采样数量对图像的影响



1024 ×1024 → 512 × 512 → 256 × 256 → 128 × 128 → 64 × 64

量化级别对图像的影响

256灰度级

16灰度级

8灰度级

4灰度级

1 图像获取

- **图像采样量化**

观察：图像有M*N个像素，每个像素有Q个灰度级别。

<u>取值规则</u>：M、N和Q通常总是取为2的整数次幂。$Q=2^b$，若Q=256，则b=8，称为图像的8bit量化，或称256级灰度。

<u>取值范围</u>：由于存在量化误差，原则上b越大重建图像失真越小。

对于人眼应用b取5-8；

对于卫星图片等分析应用b取8-12；

1 图像获取

取样点数和量化级数的选取

实际情况例子：

1）当图像中有大面积灰度变化缓慢的平滑区域（如脸、天空），则b加大， M*N可变小。否则会出现假轮廓。

2）当复杂的图像时（如人群），则b减小， M*N可加大。否则会丢失图像细节。

进一步阅读：Gonzalez, p48.

要点

- 采样与量化