

2005机器视觉培训系列教程

基础入门培训

2005年9月22日~25日 北京

版权所有@北京美视博文网络信息技术有限公司



第二讲

机器视觉中的图像采集技术 硬件基础知识

梁学军



讲师自我介绍:





第二讲 大纲

上

- ④ 镜头基本概念
- ④ 镜头分类
- ④ 镜头的成像原理及各参数间关系



第二讲 大纲 中

- ④ 相机基本概念
- ④ 相机基本结构
- ④ 相机基本成象原理
- ④ 相机分类
- ④ 相机发展趋势



第二讲 大纲

下

- ④ 板卡硬件基本概念
- ④ 板卡基本工作原理
- ④ 视觉系统成象原理
- ④ 板卡发展趋势



一、镜头基本概念：





一、镜头基本概念：

- **视野 (FOV):**
图像采集设备所能够覆盖的范围，它可以是在监视器上可以见到的范围，也可以使设备所输出的数字图像所能覆盖的最大范围。
- **最大最小工作距离 (Work Distance) :**
从物镜到被检测物体的距离的范围，小于最小工作距离大于最大工作距离系统均不能正确成像。
- **景深 (Depth Of Field) :**
在某个调焦位置上，景深内的物体都可以清晰成像。



一、镜头基本概念：

- 畸变

几何畸变指的是由于镜头方面的原因导致的图像范围内不同位置上的放大率存在的差异。几何畸变主要包括径向畸变和切向畸变。如枕形或桶形失真

- 镜头接口：

- **C-MOUNT**

镜头的标准接口之一，镜头的接口螺纹参数：公称直径：1inch；螺距：32牙

- **CS-Mount**是**C-Mount**的一个变种，区别仅仅在于镜头定位面到图像传感器光敏面的距离的不同，**C-Mount**是17.5mm，**CS-Mount**是12.5mm。

- **C/CS**能够匹配的最大的图像传感器的尺寸不超过1“。

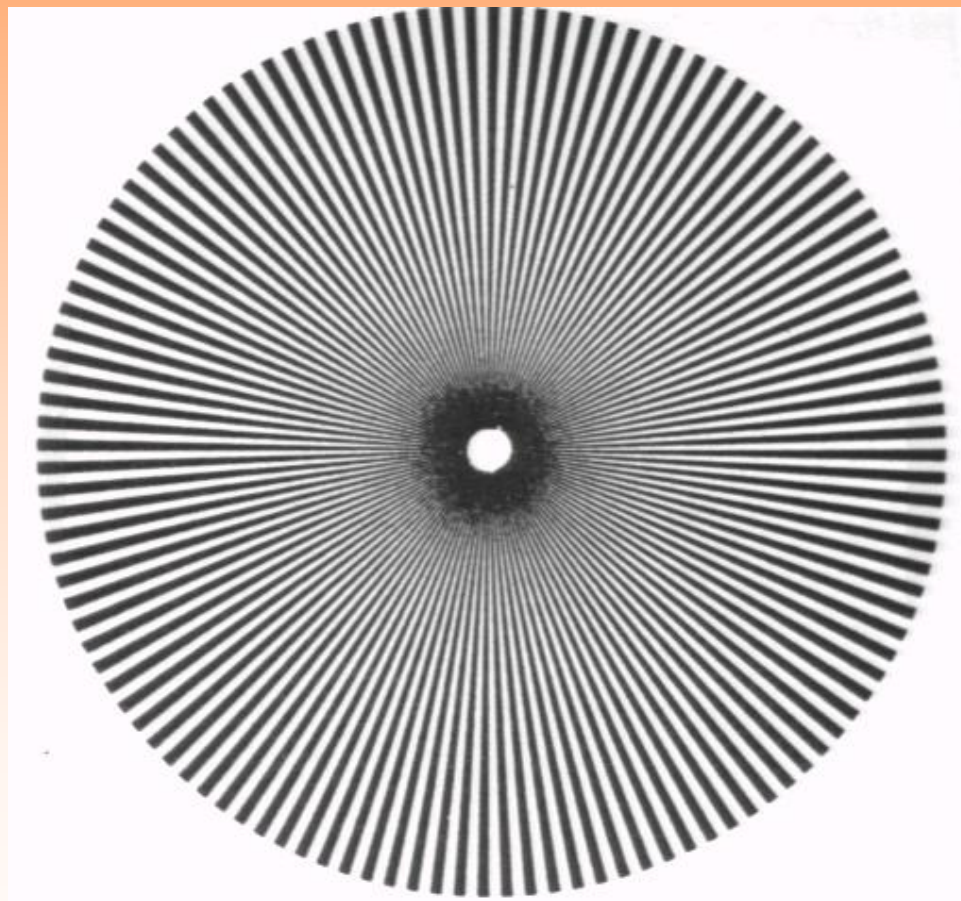


一、镜头基本概念：

- 成像面：
镜头将外部真实世界清晰地成象平面。
- 光圈与**F**值：
光圈是一个用来控制光线透过镜头，进入机身内感光面的光量的装置，它通常是在镜头内。表达光圈大小我们是用**f**值：**f1, f1.4, f2, f2.8, f4, f5.6, f8, f11, f16, f22, f32, f44, f64**
- 物方焦距调节：
调节成象清晰度的装置
- 像方焦距：
像方焦距是像方主面到像方焦点的距离。如：**50MM, 35MM, 16MM**等。

一、镜头基本概念：

- 镜头分辨率：
一毫米内镜头成像中所能
分辨出的线的数目。如：
100线/MM





二、镜头的分类：

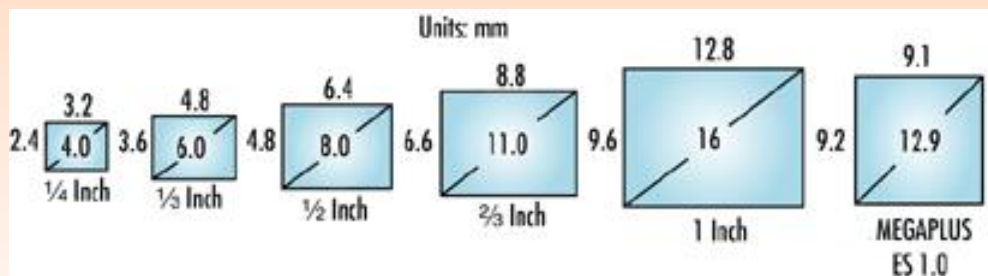
- 广角镜头
 - 像方焦距比标准焦距（50MM）短的镜头。如16MM镜头
 - 景深大、最小工作距离短、同样工作距离下视野大。
- 远距镜头
 - 像方焦距比标准焦距（50MM）长的镜头。如75MM镜头
 - 景深小、最小工作距离长、同样工作距离下视野小。
- 变焦镜头
 - 像方焦距可变的镜头。如35~70MM镜头
- 显微镜头
 - 物体成像与物体物理大小相对比率。如1：1、1：2镜头。
- 远心镜头
 - 无畸变镜头

三、镜头的成像原理及各参数间关系：



四、相机的基本概念：

- 传感器的尺寸：图像传感器感光区域的面积大小。这个尺寸直接决定了整个系统的物理放大率。如：1/3 “、1/2” 等。绝大多数模拟相机的传感器的长宽比例是4:3 (H:V)，数字相机的长宽比例则包括多种：1:1, 16:9, 3:2 etc.





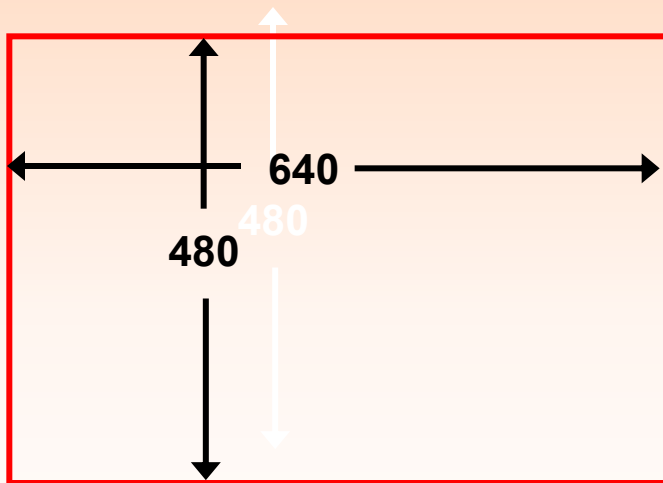
四、相机的基本概念：

- 物理放大率：传感器感光面积于视野的比值，整个参数基本取决于镜头。
- 系统放大率：最后显示环节上目标的尺寸于实际目标尺寸的比值。系统放大率取决于物理放大率和显示系统的阐述。对于自动测量和检测系统而言，物理放大率具有关键的意义。系统放大率仅仅对于需要人机交互进行检测的系统有意义
- 像素（Pixel）：传感器感光面上最小感光单位。

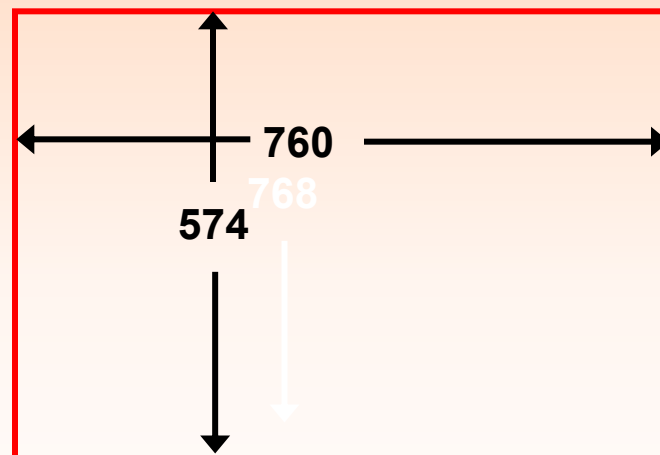
四、相机的基本概念：

- 分辨率(Resolution)：传感器感光面指的片点阵行与列的像素数量。相机的分辨率会直接影响到整个系统的测量精度。另外，一个相机的分辨率与它的价格是呈正比的。 如：
640*480

美制 RS - 170 Norm



欧制 CCIR - Norm





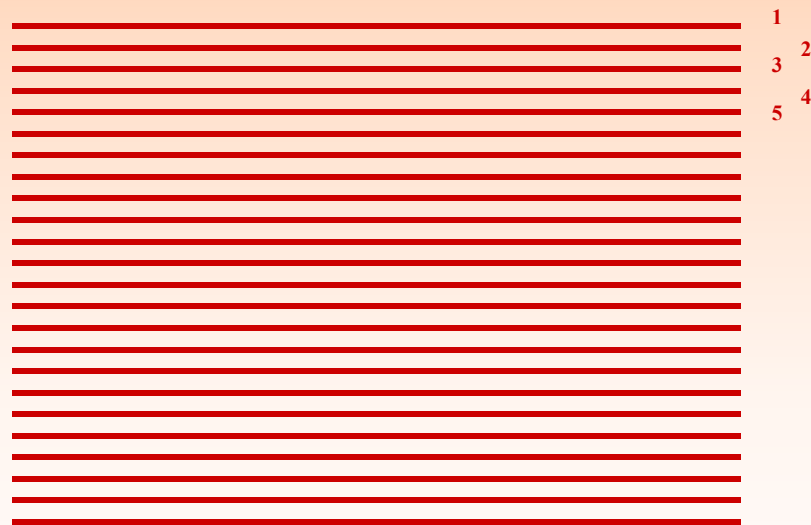
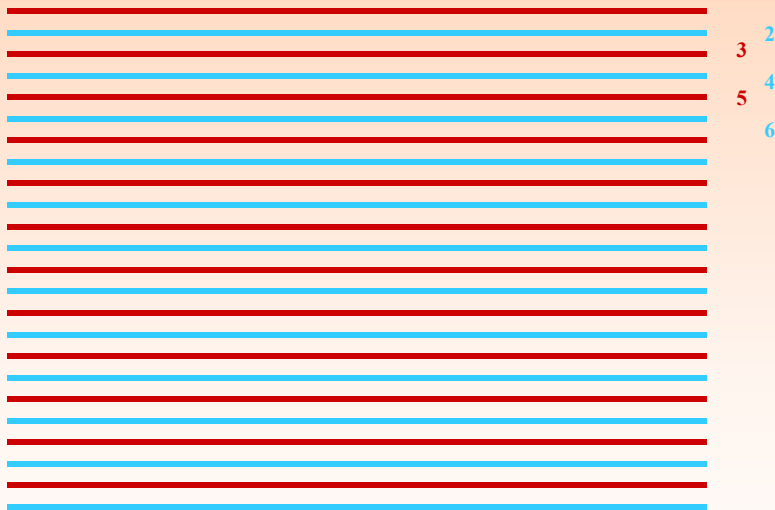
四、相机的基本概念：

- 像素孔径比 (Pixel Aperture)：指像素长与宽的比值。对于正方形的像素来说，其像素孔径比为1: 1。此参数，对于系统的标定有影响。
- 放大率 (Gain)：调节相机的放大率，可以加强CCD芯片中输出的信号。在光源强度不够的情况下，可以对成像作出一定程度上的改善。如：1: 10或1: 20。
- 快门速度 (Shutter Speed)：CCD相机都是采用电子快门装置。



四、相机的基本概念：

- 相机扫描方式：
 - 隔行扫描（ Interlace ）
 - 逐行扫描（ **Non Interlace / Progressive scan** ）





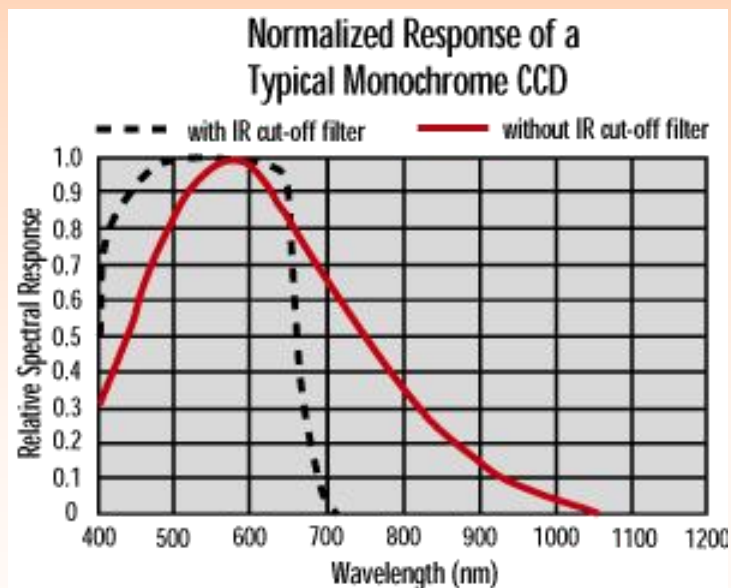
四、相机的基本概念：

- 异步触发（Reset&Restart）：通常情况下相机是不间断地拍照的——无的放矢。当CCD相机处于异步触发方式时，相机并不是以固定时钟连续扫描和输出连续信号。而是在收到一个触发信号后，再开始扫描输出新的一帧信号。
- 最低照度：也称灵敏度，是CCD对环境光线的敏感程度，或者说是CCD正常成像时所需要的最暗光线。照度的单位是勒克斯（LUX），数值越小，表示需要的光线越少，摄像头也越灵敏。
如普通型CCD： 正常工作所需照度1~3LUX 。
- 部分取像：指相机在取像时只读取整个感光面的一部分图象。



四、相机的基本概念：

- CCD传感器的灵敏度：
上面是一个典型的CCD图像传感器对于不同光谱的响应曲线。





四、相机的基本概念：

- 信号格式

模拟图像信号的格式包括：复合视频信号，Y/C分离信号，RGB分量信号。绝大多数周边设备都能够兼容这些信号格式。通常情况下对于彩色视频信号，Y/C分离传输的方式优于复合视频传输的方式，RGB分量传输的方式又优于Y/C分离传输方式。

数字相机的信号传输格式更为复杂，目前普遍应用的包括：

*LVDS

*IEEE-1394(Fire Wire)

*USB2.0

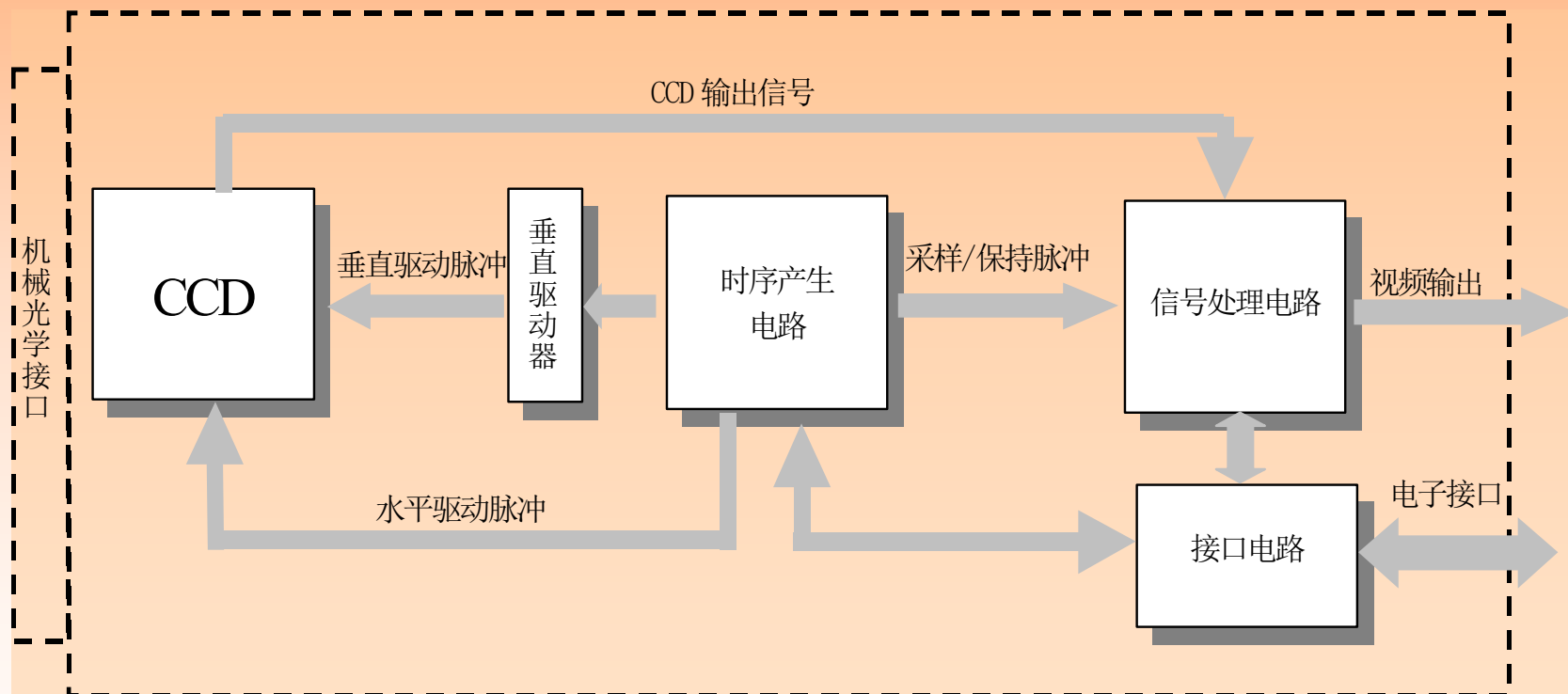
*CameraLink

*Ethernet，包括传输未经压缩影像的千兆协议和传输经过压缩影像的百兆协议。

上述数字相机的传输方式无论是在机械上还是在电气上都是不兼容的。



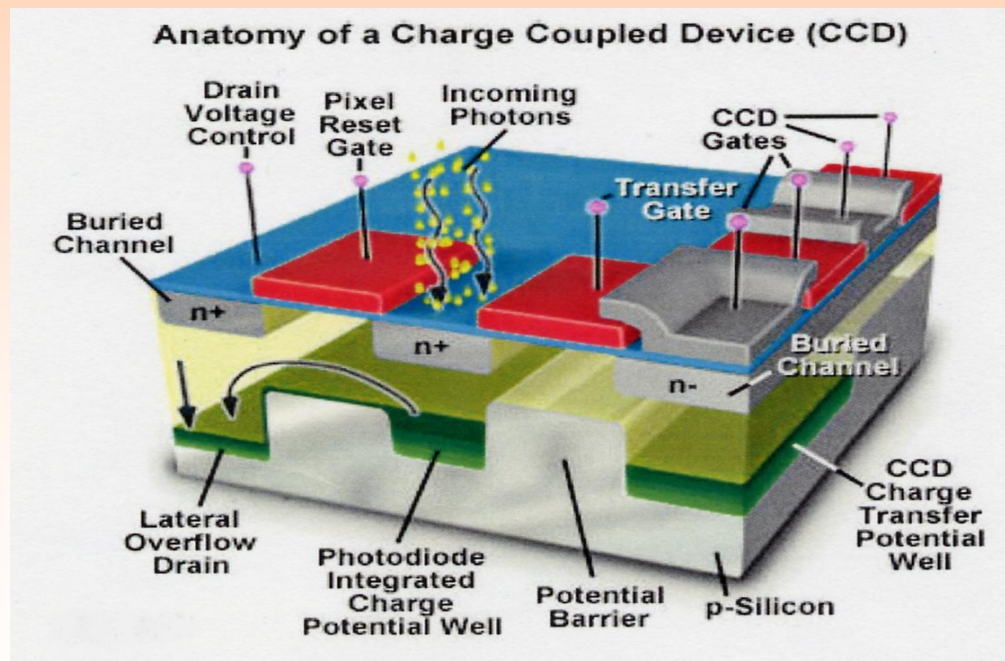
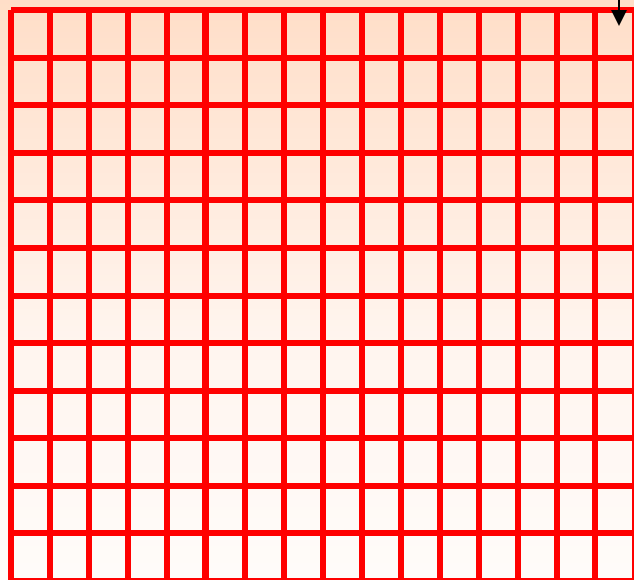
五、相机的基本结构：



六、相机基本成像原理：

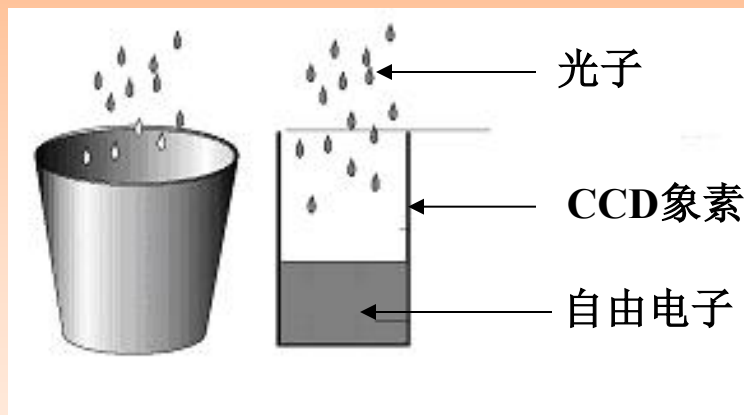
- 图像传感器（Image sensor）：是一个由N行及M列感光单元（CCD Pixel）组成的矩阵。
- CCD的基本工作原理是，当光子撞击到硅原子上时，会产生自由电子。再将这些自由电子收集在一起形成信号。

感光单元 (CCD Pixel) 工作原理

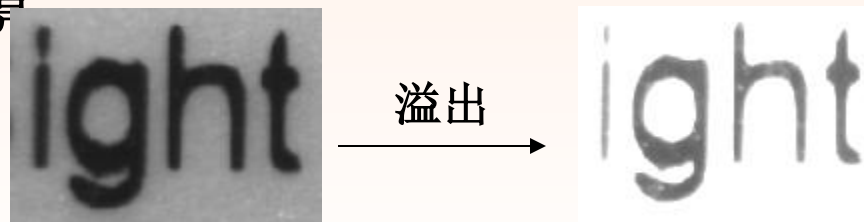


六、相机基本成像原理：

- CCD的电荷存储器，能够存储一定量的电子。将电子释放出来之后所形成的电流，便可以量化地代表感光面上某点的明暗信息。



CCD成象的“溢出”问题：当**CCD**像素接收到过多的光子，存储器中所收集的自由电子就会向周边的像素“溢出”。致使整个区域成象变亮



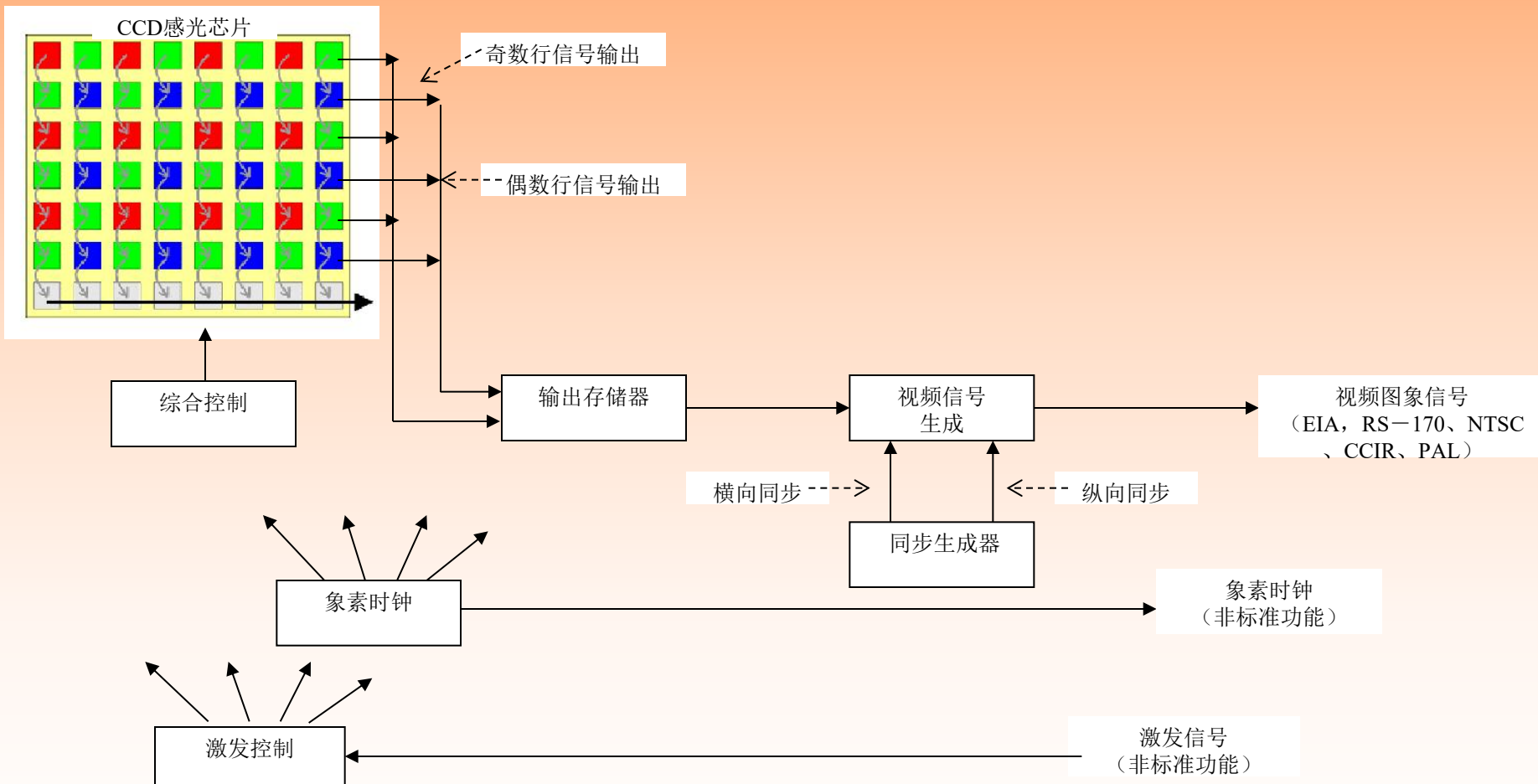
六、相机基本成像原理：

- 隔行扫描工作原理：CCD芯片感光完成后。相机便从CCD芯片的左上角开始逐点扫描：从第一行第一个像素中取出电压，再扫描第二个像素，累积了第二个像素中的电压后，开始扫描第三个。以此类推，将第一行所有像素全部扫描过之后，便将整行像素的电压传输至缓冲区。接下来开始扫描CCD芯片的第三行。CCD相机的扫描过程，是先扫描奇数行，将所有奇数行像素的信号逐行存入缓冲区。到此第一个扫描场扫描过程结束；之后再开始扫描全部的偶数行，并同样逐行将偶数行信号存入缓冲区。完成了第二个扫描场的扫描。完成以上两次（奇数行扫描场及偶数行扫描场）扫描，我们称相机完成了一帧扫描。而这样的扫描方式叫作：隔行扫描。



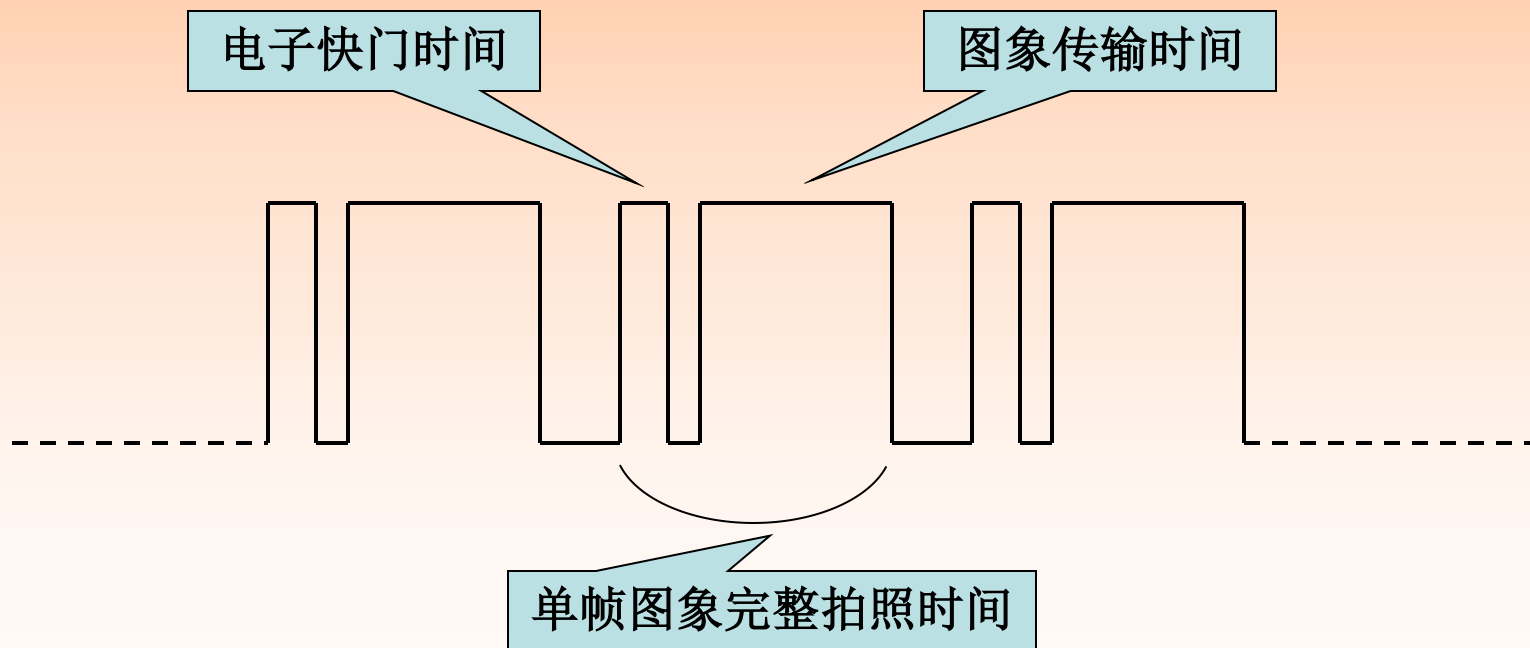
六、相机基本成像原理：

- 隔行扫描工作原理示意图：



六、相机基本成像原理：

- 相机拍照时间示意图：
 - 电子快门时间是可变的，可由用户自己设置。但相机传输速率（Frame rate）是相对固定的。因此，传输速率是相机的成像速度的“瓶颈”。例：电子快门速度可达1/1000秒，但成像却只能达到60帧/秒。





七、相机分类

- 图像传感器：
 - CCD相机：使用CCD式感光芯片为图像传感器的相机
 - CMOS相机：使用CMOS式感光芯片为图像传感器的相机
 - CMOS相机工艺简单、成本低廉、低功耗、系统整合性好、区域读取图像灵活。但由于目前生产工艺上的差距，CMOS在除噪及灵敏度方面仍逊于CCD 相机
- 图像颜色：
 - 单色相机：输出图像为单色图像的相机。
 - 彩色相机：输出图像为彩色图像的相机。
 - 由于使用滤片使得彩色相机的灵敏度远低于单色相机。同时由于彩色相机中的像素只“存放”一种色光的灰度值，因此彩色相机的分辨率也远远不及单色相机。



七、相机分类

- 传感器格式：
 - 面扫描相机：CCD感光芯片上的点阵呈面状分布的相机，其所成图象为二维“面”图象。
 - 线扫描相机：CCD感光芯片上的点阵呈线状（一行或两行）分布的相机，其所成图象为一维“线”图象。
 - 与面扫描相机一次成象相比，线扫描相机需要多次成象后，将所成的“线”象拼成一幅完整的图象。因此，线扫描相机更多地被用于分辨率要求极高的项目里。同时还需要大口径镜头、强亮度 光源以及大光圈，以适应其非常高的成象速度。



七、相机分类

- 输出信号：
 - 模拟信号相机：从传感器中传出的信号，被转换成模拟电压信号，即普通视频信号，后再传到图象采集卡中。
 - 数字信号相机：信号自传感器中的象素输出后，在相机内部直接数字化并输出。
 - 工业级相机中，模拟信号相机的成本一般上低于数字信号相机。但是在除噪、速度方面则比数字信号相机差。由于是数字信号直接传输到计算机中，因此所得到的由数字信号相机拍出的图象，更加“逼真”。而且，数字信号相机在分辨率及万象速度方面有更多选择。CameraLink和Firewire是数字信号相机最常见的传输标准。



八、相机的发展趋势：

- 数字相机最终将取代传统模拟相机
- CMOS芯片最终将取代传统CCD芯片

九、板卡硬件的基本概念

- 图像采集卡 (Frame Grabber)
 - 图像采集卡是图像采集部分和图像处理部分的接口。图像经过采样、量化以后转换为数字图象并输入、存储到帧存储器的过程，叫做采集、数字化
- A/D转换
 - 视频量化处理是指将相机所输出的模拟视频信号转换为PC所能识别的数字信号的过程，即A/D转换。视频信号的量化处理是图像采集处理的重要组成部分。

A/D转换过程





九、板卡硬件的基本概念

- A/D转换器
 - A/D转换器是实现模拟量转换成数字量的电子器件。A/D转换器的主要特性为分辨力、转换时间及转换精度。
 - 分辨力：A/D转换器的量化单位与满量程电压之比。A/D转换器的分辨能力愈高，其量化误差就愈小。
- 图像传输格式
 - 图像采集卡需要支持系统中摄像机所采用的输出信号格式。大多数摄像机采用RS422或EIA644（LVDS）作为输出信号格式。在数字相机中，IEEE1394，USB2.0和CameraLink几种图像传输形式则得到了广泛应用
- 图像格式（像素格式）
 - 黑白图像：通常情况下，图像灰度等级可分为256级，即以8位表示。在对图像灰度有更精确要求时，可用10位，12位等来表示。
 - 彩色图像：彩色图像可由RGB（YUV）3种色彩组合而成，根据其亮度级别的不同有8—8—8，10—10—10等格式。



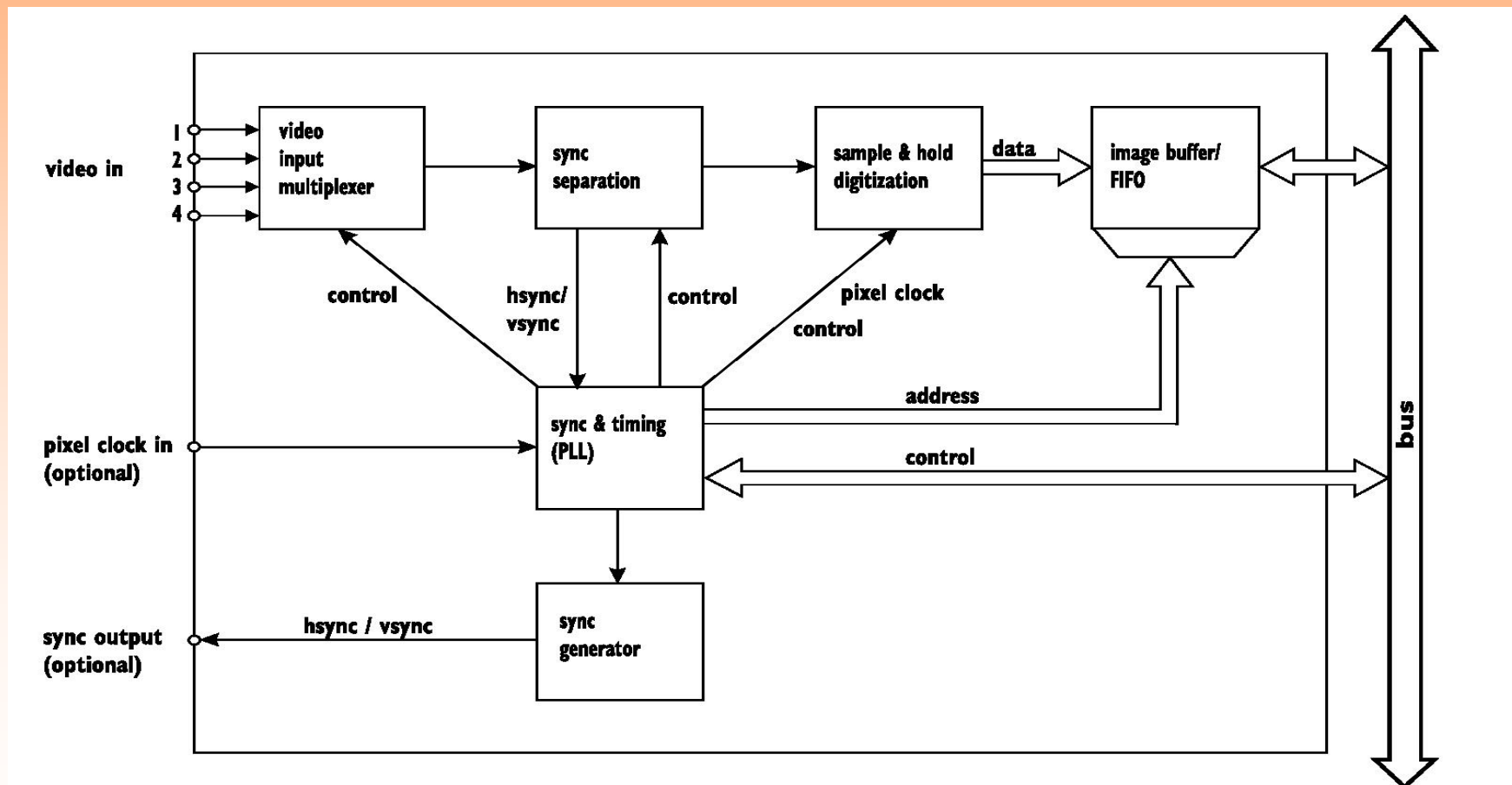
九、板卡硬件的基本概念

- 传输通道数（Channel）
 - 采集卡同时对多个相机进行A/D轮换的能力。如：2道、4道。
- 分辨率
 - 采集卡能支持的最大点阵反映了其分辨率的性能。即，其所支持的相机最大分辨率。
- 采样频率
 - 采样频率反映了采集卡处理图像的速度和能力。在进行高速图像采集时，需要注意采集卡的采样频率是否满足要求。
- 传输速率
 - 指图象由采集卡到达内存的速度。主流图像采集卡与主板间都采用PCI接口，其理论传输速度为132MB/S。



十、板卡基本工作原理

- 图象采集卡基本结构：



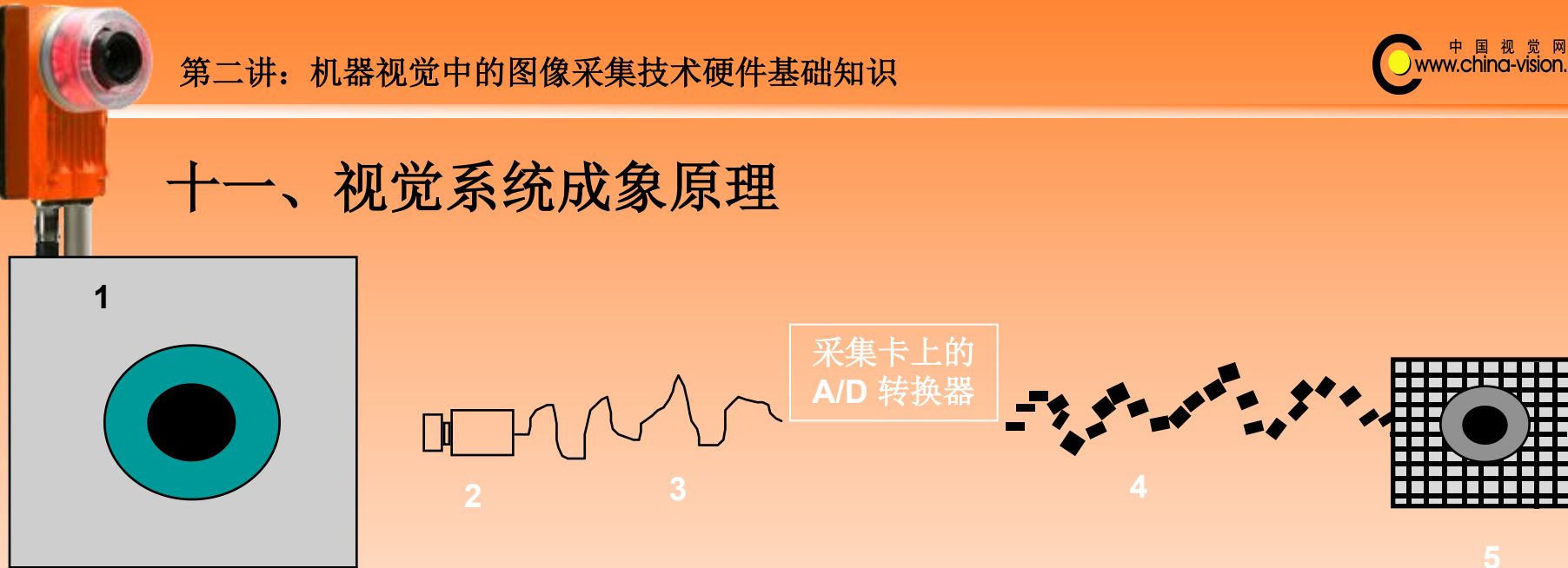


十、板卡基本工作原理：

- 图像采集卡附加功能：
 - 相机触发功能
 - 灯源控制功能
 - 基本I/O功能
 - 相机复位功能
 - 相机时序输出功能



十一、视觉系统成像原理



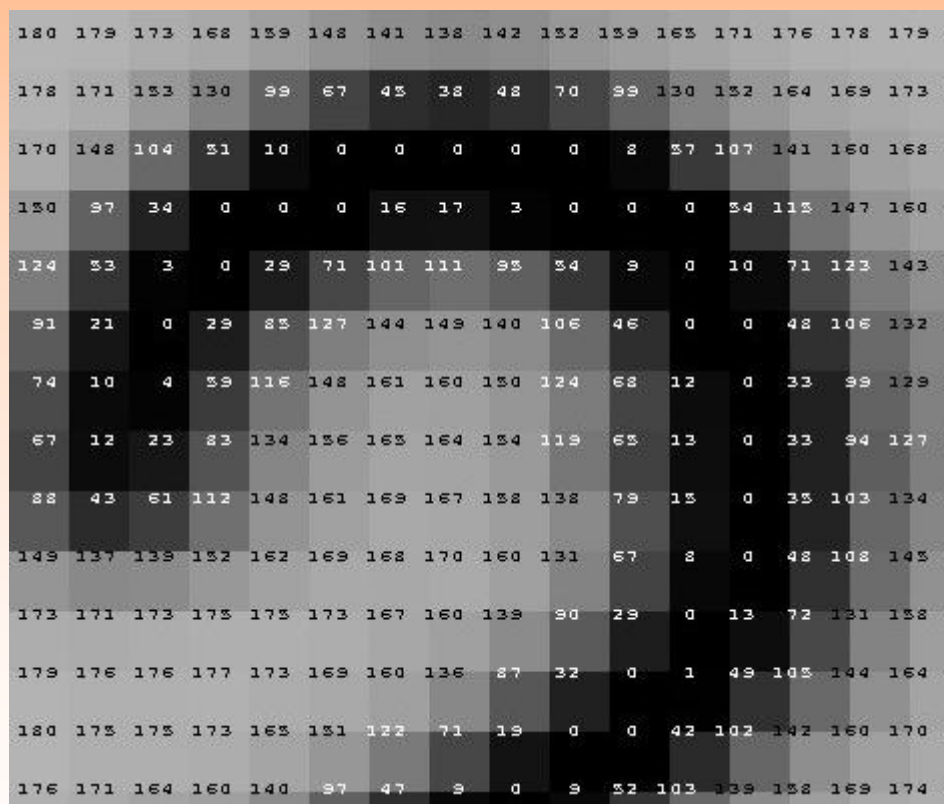
- 视野 (FOV) 或现场是相机及光学系统“看”到的真实世界的具体部分。
- CCD芯片将光能转化为电能。
- 相机将此信息以模拟信号的格式输出至图象采集卡。
- AD - 转换器将模拟信号转换成 8 位（或多位）的数字信号。每个像素独立地把光强以灰度值 (*Gray level*) 的形式表达。
- 这些光强值从CCD芯片的矩阵中被存储在内存的矩阵数据结构中。



十一、视觉系统成象原理

模拟信号经A/D转换，传输至内存的图象

相机“看”到的图
象





十一、视觉系统成像原理

- 灰度值 (Gray Level) —— 像素光强弱信息的表示
 - 灰度值为真实世界图像量化的表现方法。通常灰度值从最黑到最白为0 ~ 255。
 - 光线进入CCD像素，如果光强达到CCD感应的极限，此像素为纯白色。对应于内存中该像素灰度值为255。
 - 如果完全没有光线进入CCD像素，此像素为纯黑色。对应于内存中该像素灰度值为0。



十二、板卡发展趋势

- 传统图象采集卡（A/D转换）最终将被淘汰
- CAMERALINK，FIREWIRE等数字接口采集卡很快将被广泛使用

