



中国大恒（集团）有限公司北京图像视觉技术分公司

# 机器视觉系统

## ——工业数字相机篇

主讲人：华雪



### 按输出图像信号格式划分

#### ■ 模拟摄像机

- PAL（黑白为CCIR）
- NTSC（黑白为EIA）

#### ■ 数字摄像机

- IEEE1394
- USB2.0
- Camera Link
- GigE



### 按像素排列方式划分

#### ■ 面阵摄像机

- 黑白摄像机
- Bayer彩色相机
- 3CCD彩色相机（分光棱镜）

#### ■ 线阵摄像机

- 黑白摄像机
- 3Line彩色摄像机
- 3CCD彩色摄像机（分光棱镜）





## 工业摄像机靶面尺寸和分辨率

| 靶面尺寸    | 1'       | 2/3'    | 1/1.8'    | 1/2'    | 1/3'    | 1/4'    |
|---------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 宽x高(mm) | 12.8x9.6 | 8.8x6.6 | 7.18x5.32 | 6.4x4.8 | 4.8x3.6 | 3.6x2.7 |

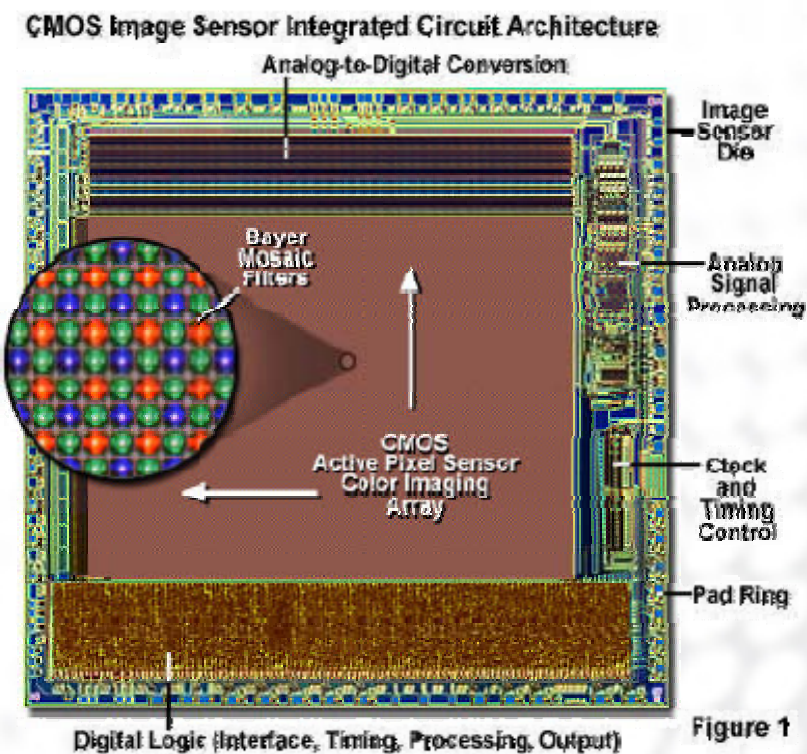
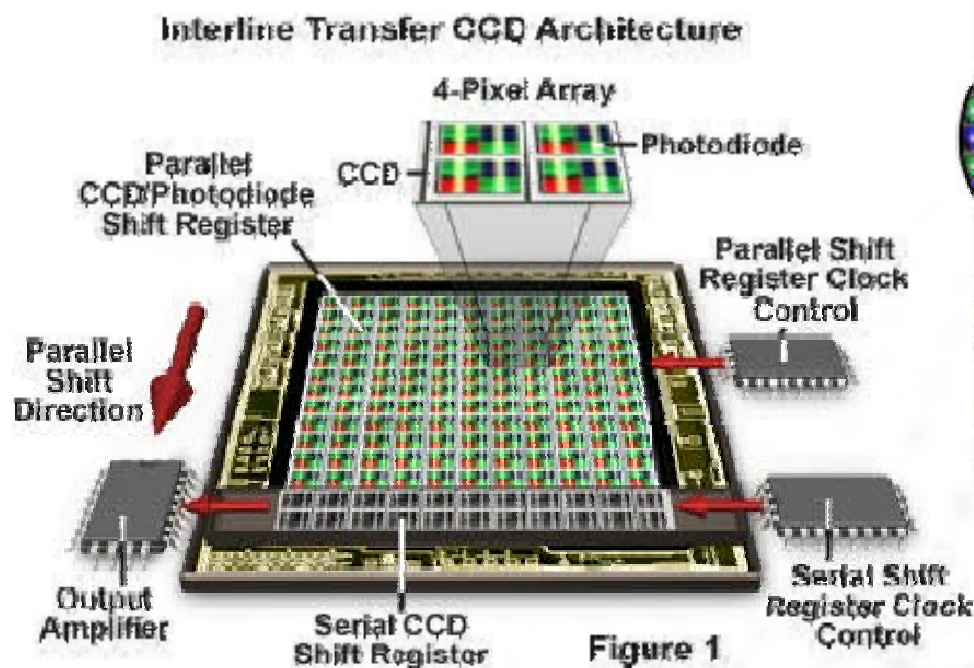
|     | VGA     | SVGA    | XGA      | SXGA      | UXGA      |
|-----|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| 分辨率 | 659x494 | 782x582 | 1034x779 | 1392x1040 | 1628x1236 |



# 工业摄像机芯片分类

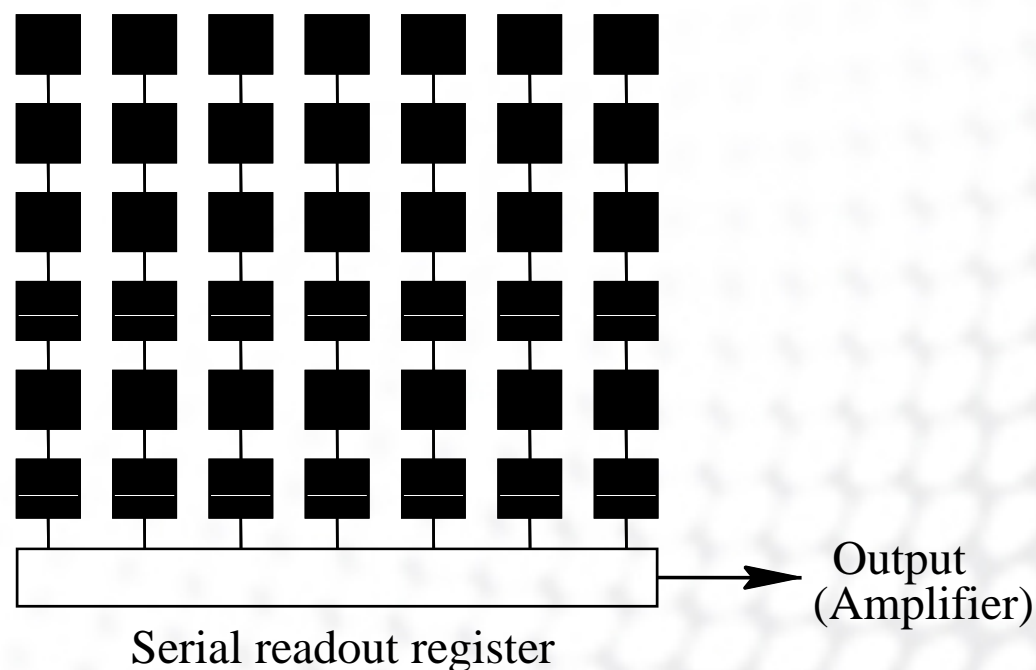
按芯片类型划分:

- CCD摄像机
- CMOS摄像机

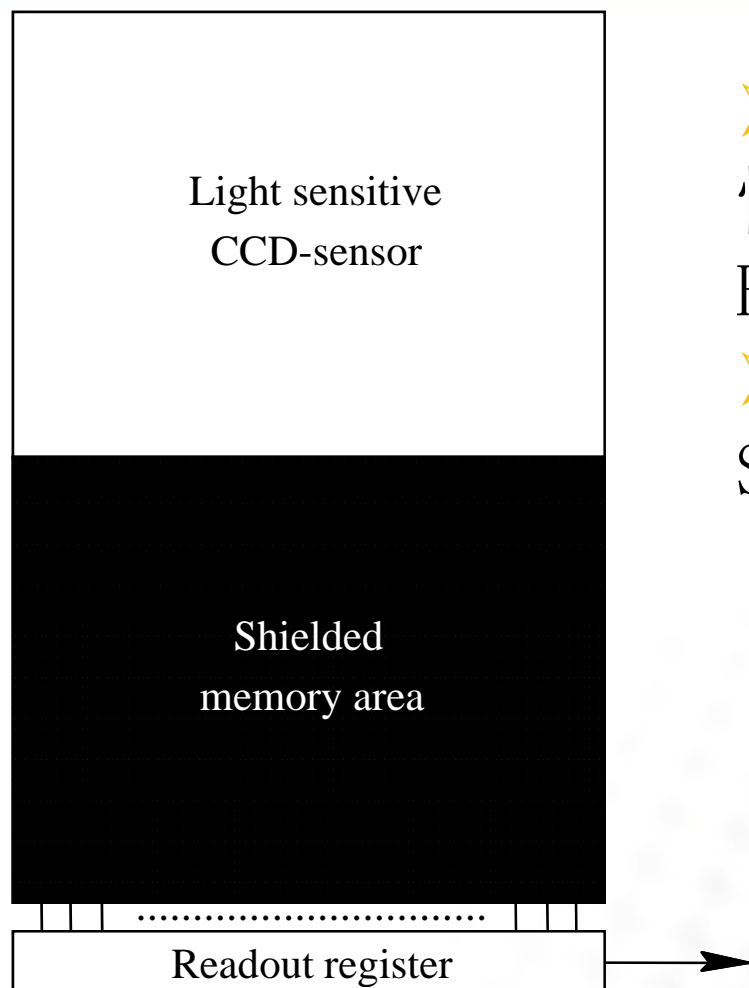


## CCD Sensor—全帧转移

- 优点：填充因子(fill factor)可以达到非常高，甚至达到100%。这样Sensor灵敏度非常大。
- 缺点：由于传输和读出使用的时钟相同，因此Sensor上面的部分曝光时间比下面的长，这会造成Smear现象。为了解决这个问题，必须使用机械快门或闪光灯。



## CCD Sensor—帧传输

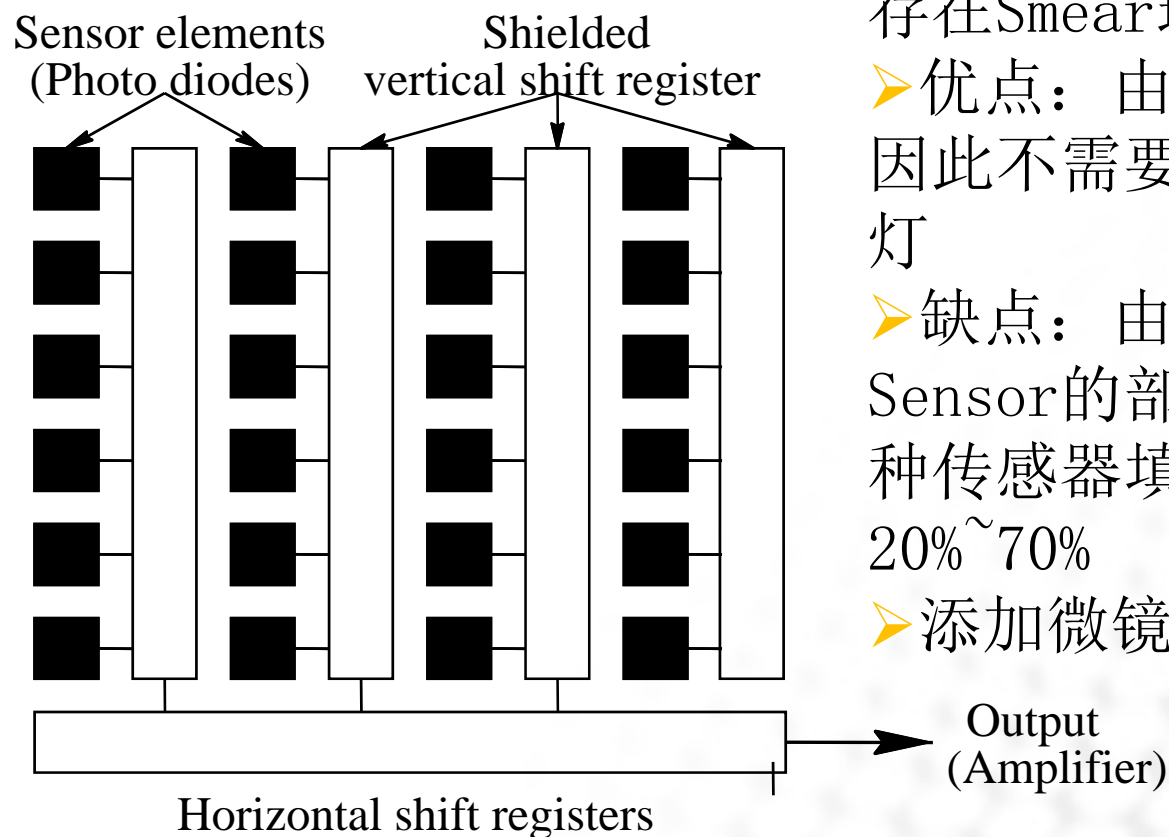


- 优点：在曝光时间较长的情况下，Smear现象比Full Frame Array Sensor小很多
- 缺点：由于需要两个Sensor，因此成本非常高





## CCD Sensor—行转移



➤ 转移时间约为1us，因此完全不存在Smear现象。

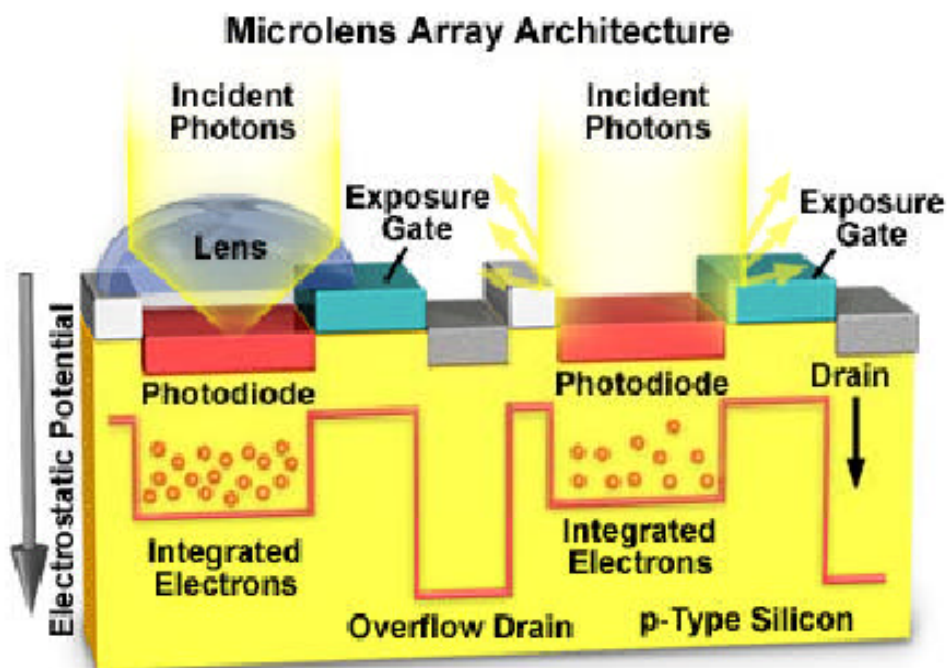
➤ 优点：由于转移时间非常短，因此不需要使用机械快门或闪光灯

➤ 缺点：由于屏蔽区占用了Sensor的部分面积，因此使得此种传感器填充因子只能在20%~70%

➤ 添加微镜头可以增加填充因子



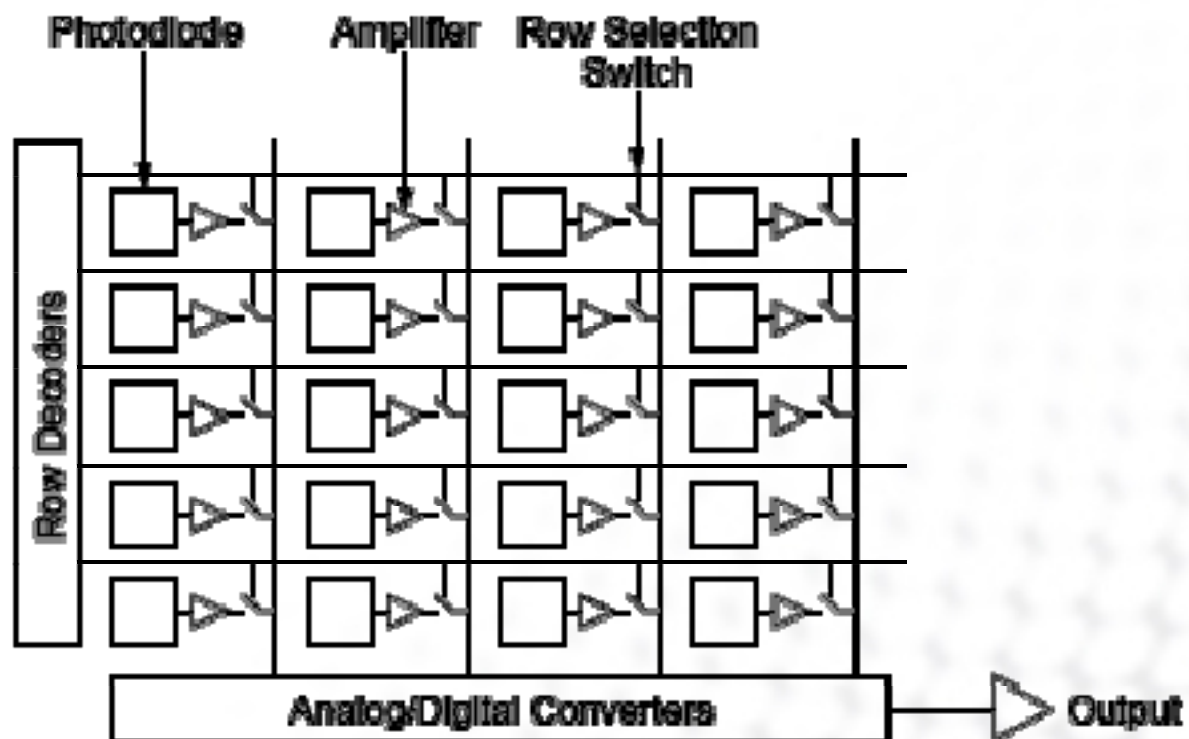
## 电子快门和微透镜



➤ Overflow Drain主要用来消除CCD Sensor的Blooming现象，它也被用来实现电子快门

➤ 通过Micro Lenses可以将传感器的填充因子提高。

# CMOS Sensor

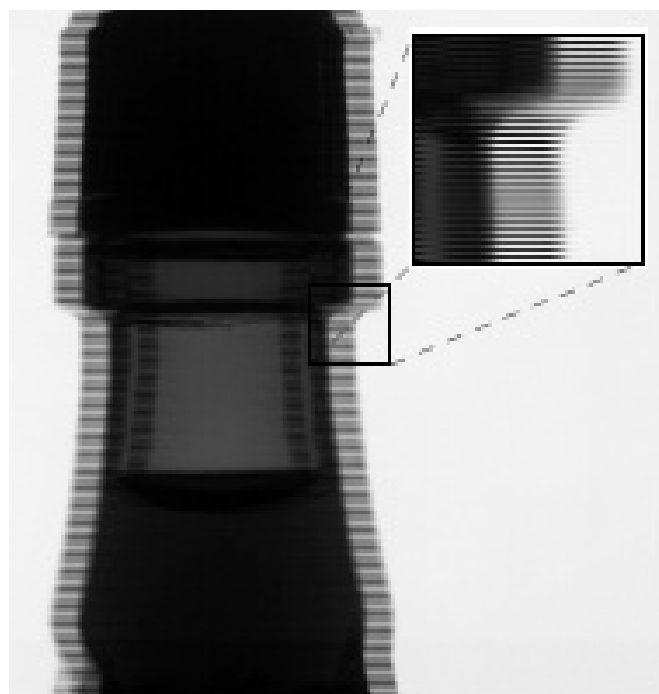


## CCD vs CMOS

|   | CCD   | CMOS   |
|---|---|--|
| 优 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 图像质量高</li><li>2. 灵敏度高</li><li>3. 对比度高</li></ol>              | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 体积小</li><li>2. 片上数字化</li><li>3. 很多片上处理功能</li><li>4. 低功耗</li><li>5. 没有Blooming现象</li><li>6. 直接访问单个像素</li><li>7. 高动态范围（120dB）</li><li>8. 帧率可以更高</li></ol> |
| 劣 | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Blooming</li><li>2. 不能直接访问每个像素</li><li>3. 没有片上处理功能</li></ol> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. 一致性较差</li><li>2. 光灵敏度差</li><li>3. 噪声大</li></ol>   |



## 隔行扫描 和 逐行扫描



隔行扫描

逐行扫描



## 行曝光和帧曝光



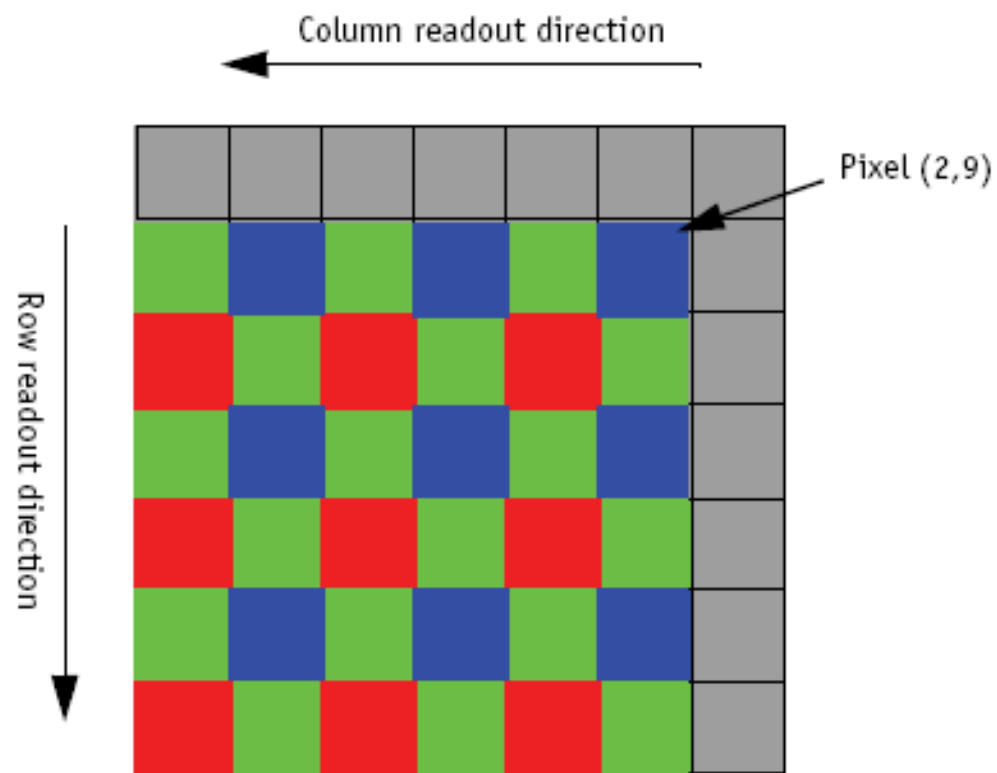
帧曝光



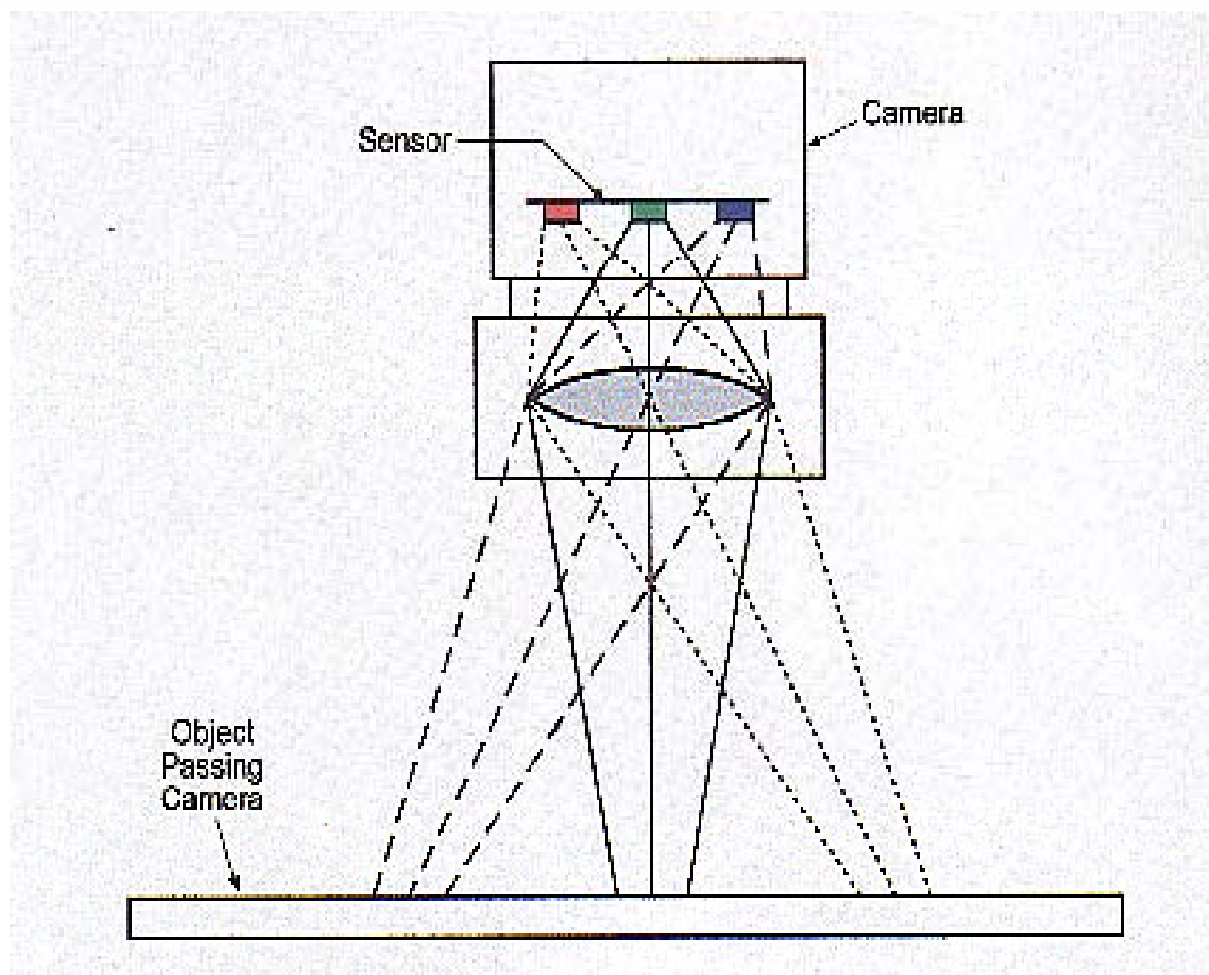
行曝光



## 彩色摄像机 - Bayer彩色相机

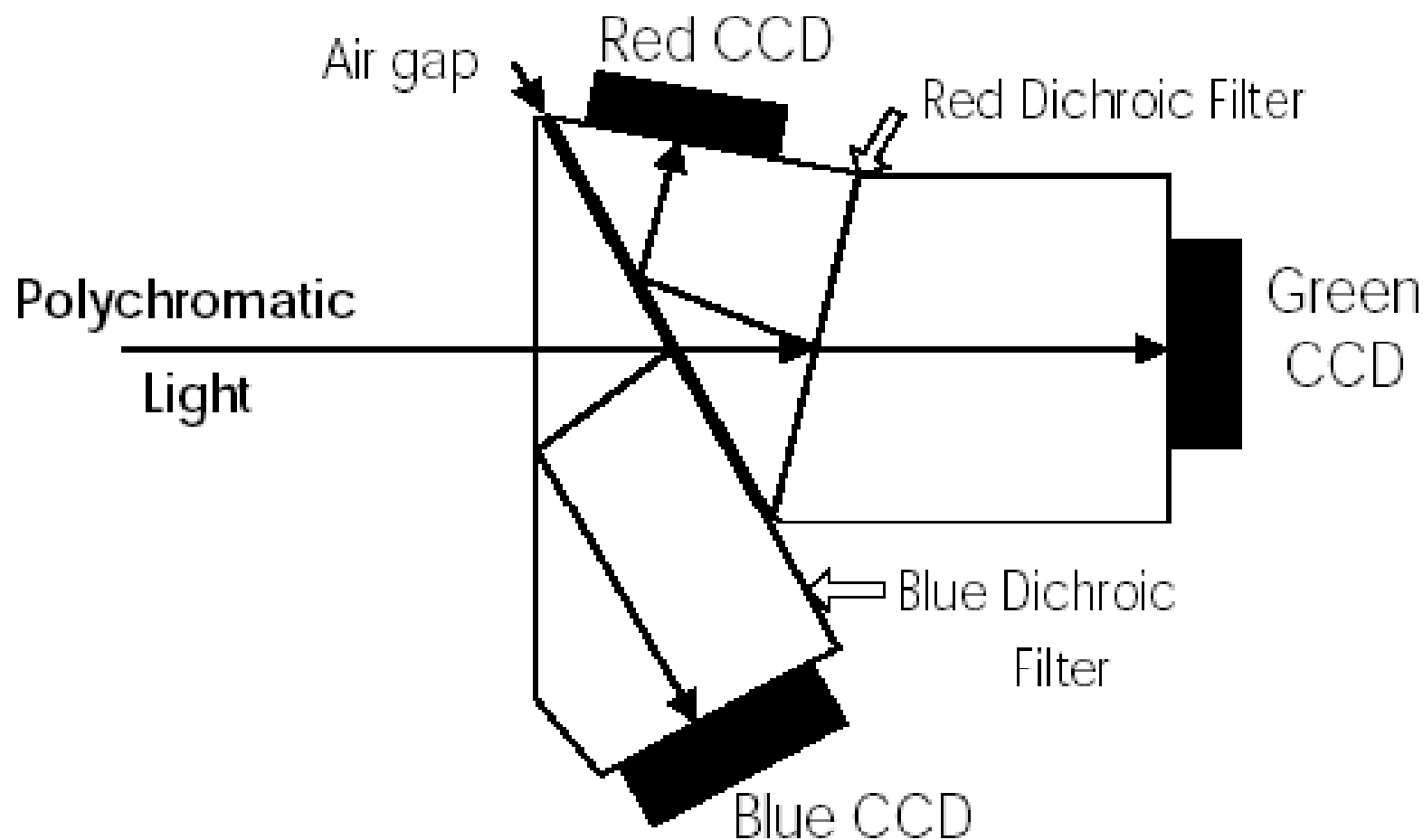


## 彩色摄像机 - 3Lines相机





## 彩色摄像机 - 3CCD相机





## 工业数字摄像机主要接口类型

---

- Usb2.0
- IEEE 1394
- CameraLink
- GigE





## USB 接口

| 标准                    | 发布日期    | 传输速率    | 应用                      |
|-----------------------|---------|---------|-------------------------|
| Usb1.0                | 1996年   | 1.5Mbps | NO                      |
| Usb1.1                | 1998年   | 12Mbps  | Usb鼠标、键盘、家用扫描仪、一些网络摄像机等 |
| Usb2.0<br>High-speed  | 2000年   | 480Mbps | 80%的带宽用于图像传输，约38MB      |
| Usb3.0<br>Super-speed | 2008.08 | 4.8Gbps | NO                      |



- USB2.0带宽: 480 Mbit/s
- 支持热插拔
- 使用便捷
- 相机可通过USB线缆供电



## USB 总线传输方式

- 等时(isochronous)传输方式。提供了确定的带宽和间隔时间，在传送数据发生错误时，USB并不处理这些错误，而是继续传送新的数据；
  - 中断(interrupt)传输方式。传输数据量小，以达到实时效果；
  - 控制(control)传输方式。双向传输，数据量也比较小；
  - 批(bulk)传输方式。该方式用来传输要求正确无误的数据；
- 在这4种数据传输方式中，除等时传输方式外，其他3种方式在数据传输发生错误时，都会试图重新发送数据以保证其准确性。





## USB传输距离

---

USB2.0, 单根5m, 加中继可达30m



## USB接口的局限性

---

- 没有标准协议
- 主从(Master-slave)结构，CPU占用率高
- 带宽没有保证





# USB 线



## IEEE1394 – FireWire接口

| 标准    | 发布日期                                 | 传输速率               | 特点及应用   |
|-------|--------------------------------------|--------------------|---|
| 1394a | IEEE 1394 – 1995<br>IEEE 1394 – 2000 | 400Mbps            | 主要应用于视频传输领域；<br><br>传输距离4.5m，单根线缆最长可达17.5m，加中继可达70m，<br>光纤传输则可达100m<br>有标准DCAM协议，CPU占用低 |
| 1394b | IEEE 1394 – 2002                     | 800Mbps            |   |
| 1394c | IEEE 1394 – 2006<br>IEEE 1394 – 2008 | 800Mbps<br>3.2Gbps |   |



## IEEE1394特点

- 带宽：400 Mbit/s（1394a），800 Mbit/s（1394b）
- 支持热插拔
- 点对点的通讯方式
- 支持DMA，不占CPU
- 有保证的带宽，确保万无一失的数据传输
- 可通过1394总线供电



# IEEE1394总线特征

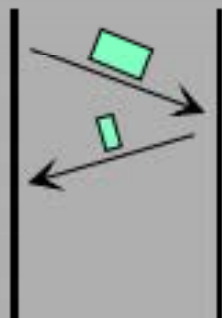
packages on the bus



## Asynchronous

"Guaranteed delivery"

Sender Receiver

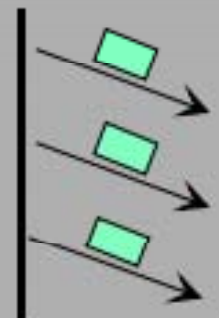


- Read / Write Register
- Point-to-Point
- Error Recovery (CRC check, acknowledge, retry possible)

## Isochronous

"Guaranteed timing"

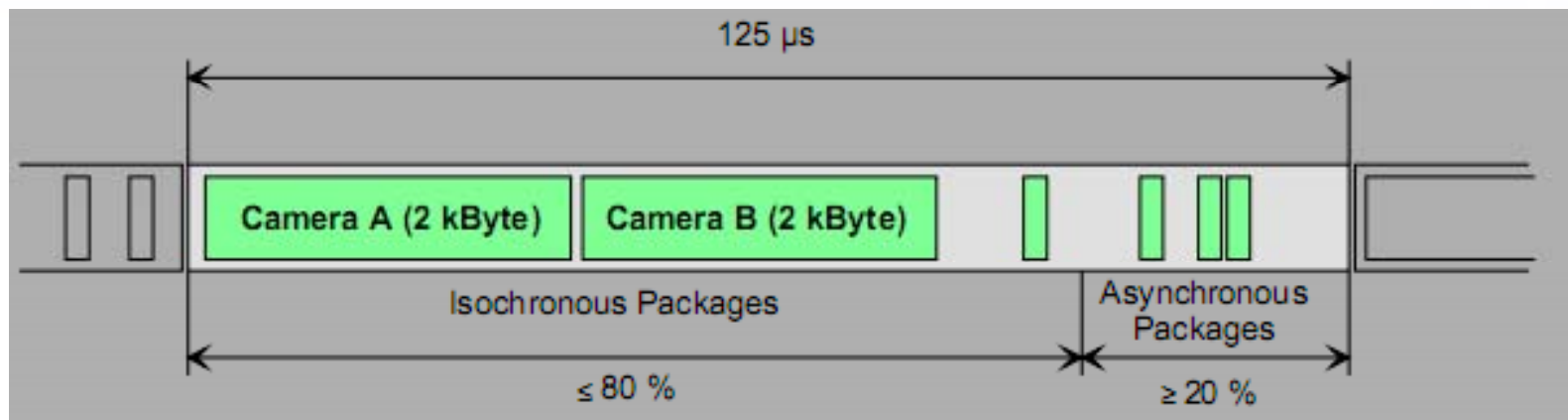
Sender Receiver



- Send data stream
- Broadcast
- Error Check only (CRC check, no retry possible)
- **Allocate bandwidth**

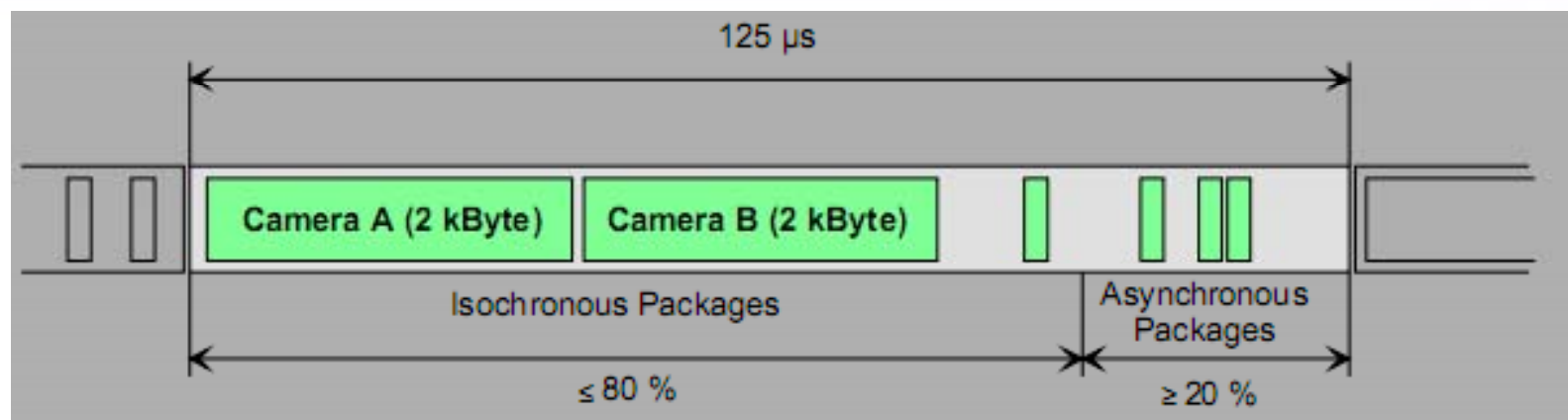


## IEEE1394总线特征



- 1394总线的“心跳”周期是125  $\mu\text{s}$  (8 kHz);
- 包长: 1394总线每125  $\mu\text{s}$  发送的同步数据包尺寸。

## IEEE1394总线特征



Isochronous data have a guaranteed bandwidth:

- S100: max. 1024 Bytes / Cycle = 1024 Bytes / 125μs = 7.8125 MB/s
- S200: max. 2048 Bytes / Cycle = 2048 Bytes / 125μs = 15.625 MB/s
- S400: max. 4096 Bytes / Cycle = 4096 Bytes / 125μs = 31.25 MB/s
- S800: max. 8192 Bytes / Cycle = 8192 Bytes / 125μs = 62.50 MB/s



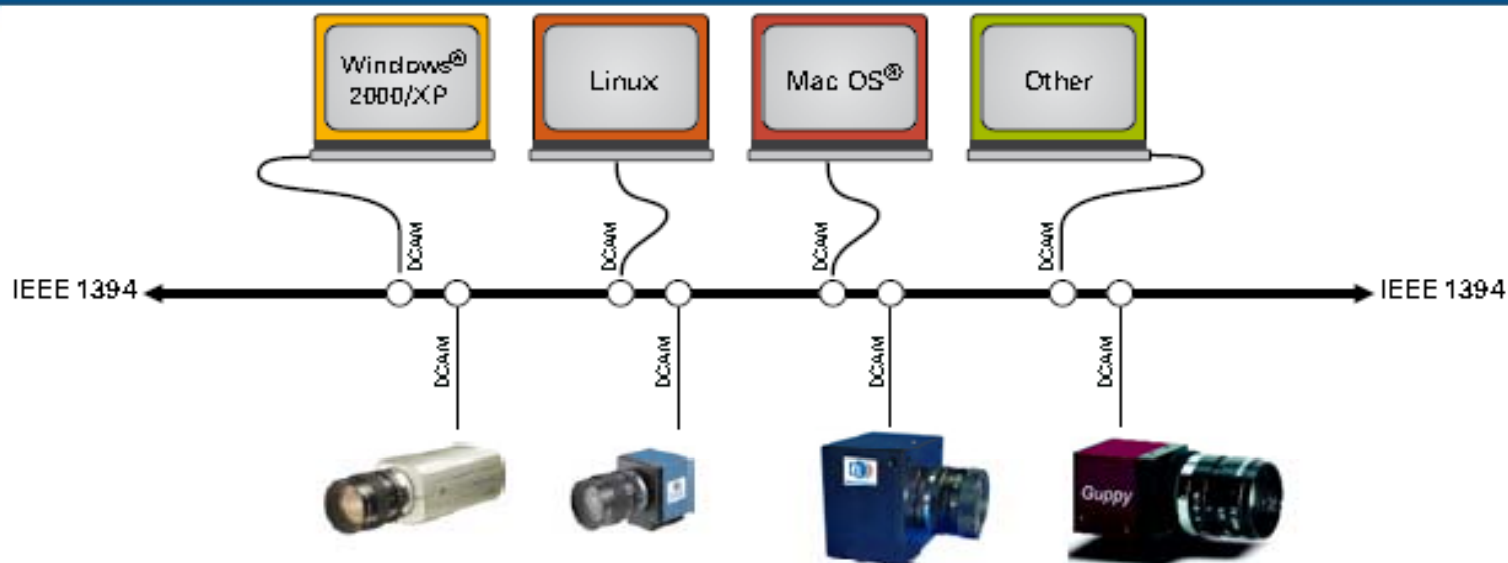
## IEEE1394传输距离

- 1394a, 单根4.5m(S400), 加中继可达70m。高质量的线缆可达17.5m(S400)(AVT), 如果调整到S100或S200, 则传输距离可达25m, 甚至更长;
- 1394b, 单根10m(S800); 转网络传输, 用Cat5线可达到100m(S100), 使用Cat6线, 在S400情况下可达60m; 转光纤传输, 可达500m(S400/S800); 直接光纤传输100m(S800)(AVT Pike和Stingray系列)





## DCAM/IIDC规范



规范定义了未经压缩的视频数据在1394总线中的传输方式。

- 在摄像机寄存器层定义了大量的地址。
- 定义了多种固定的视频格式和外部信号的动作。
- 允许摄像机生产商自行定义摄像机的“高级特性”



## 1394线缆

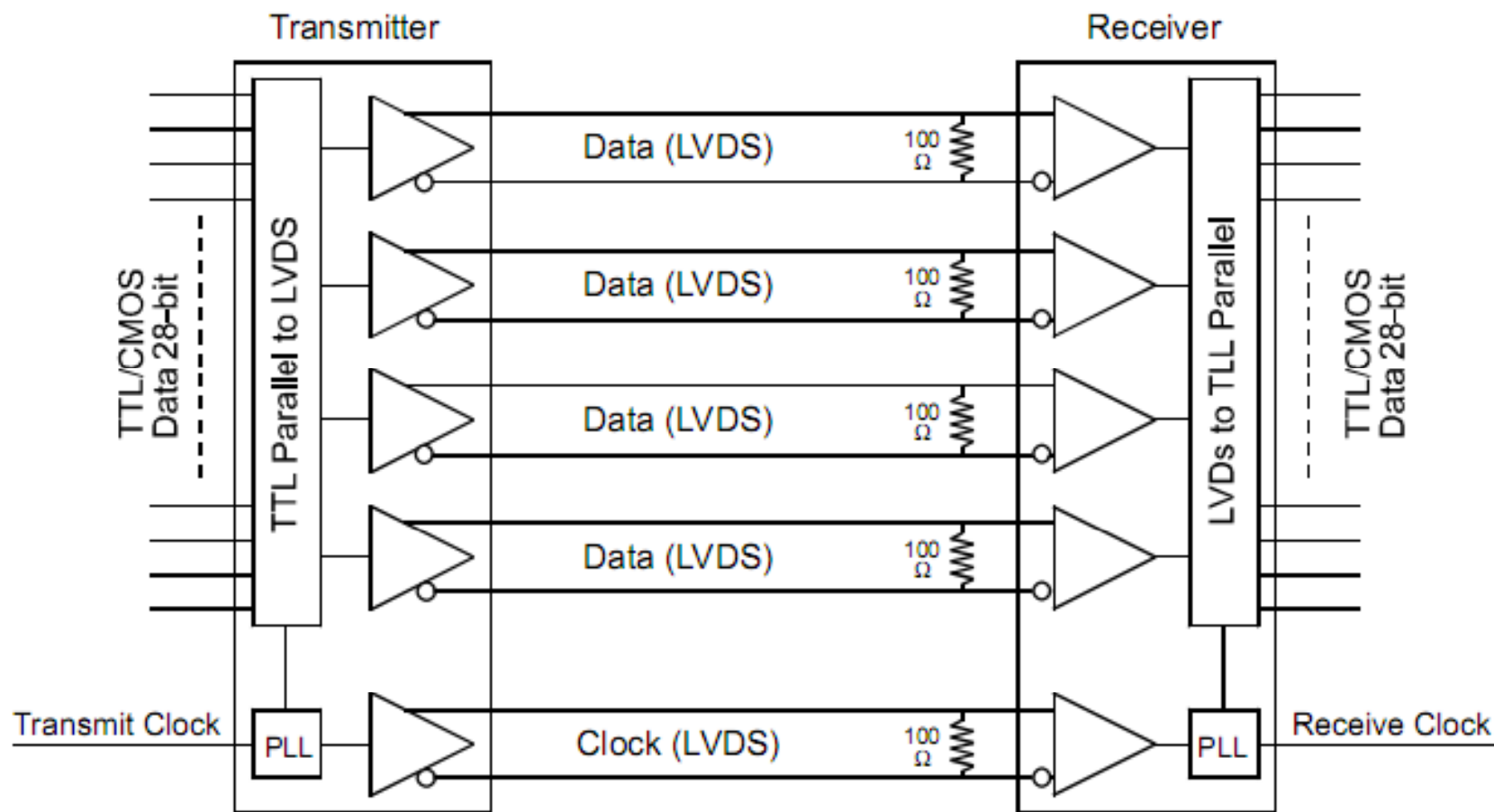


# CameraLink

- 是由AIA协会推出的数字图像信号通讯接口协议，是一种串行通讯协议；
- 采用LVDS接口标准，该标准速度快、抗干扰能力强、功耗低；
- 是在NSM（National Semiconductor 美国国家半导体制造商）的接口协议Channel Link基础上发展而来的；
- 协议使用MDR-26针连接器。



# Channel Link



## Channel Link

---

- Cameralink使用28位Channel Link芯片;
- 4个数据流、1个时钟信号, 通过5组LVDS线对传输;
- 传输24位图像数据和 4 位同步视频信号, 包括: Frame Valid、Line Valid 、Data Valid、Spare。





# CameraLink架构

---

- Base Configuration
- Medium Configuration
- Full Configuration



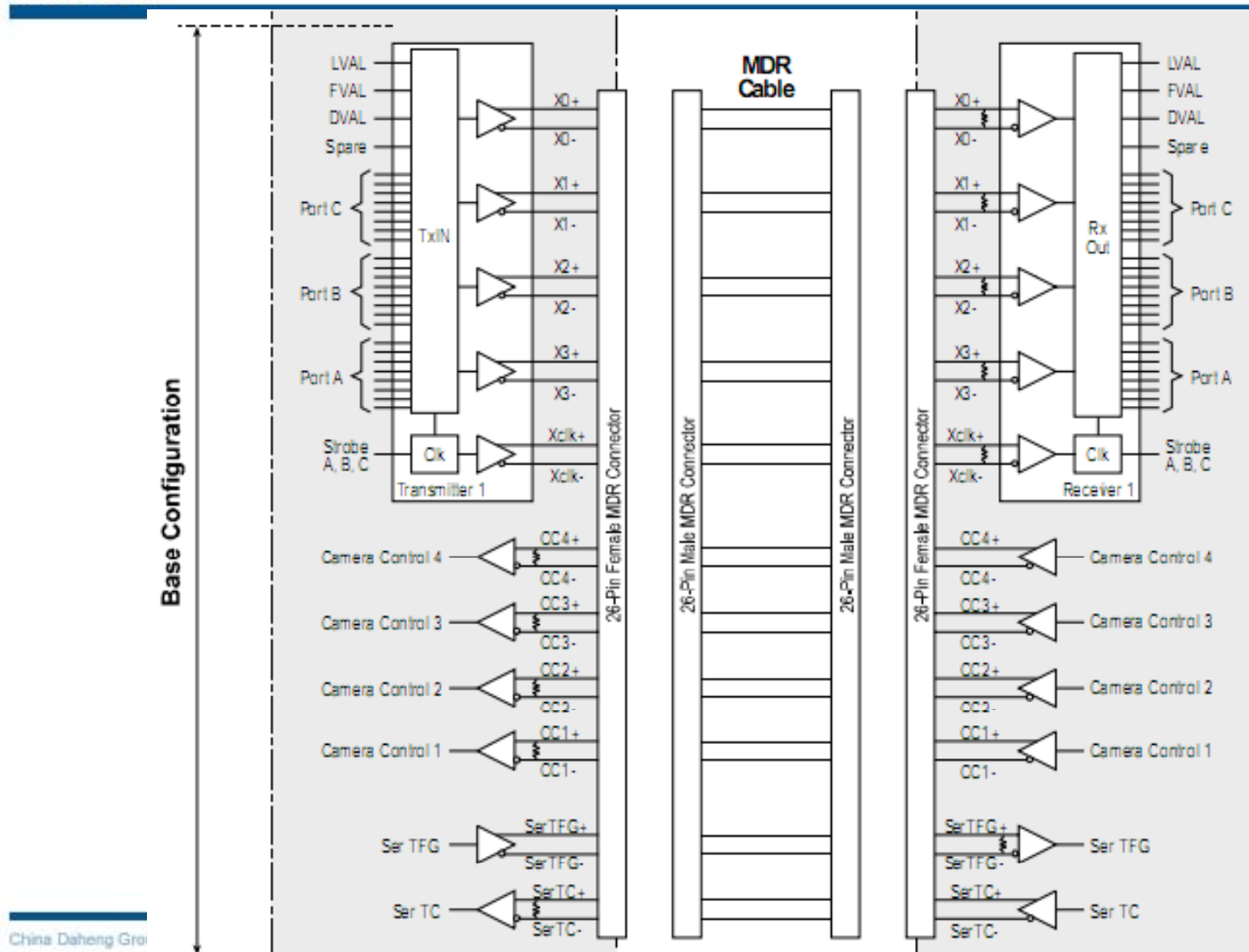
## Base Configuration

- 数据量 2.04 Gbit/s (255 MB/s)
- Channel Link芯片数:1 ; 线缆数量: 1
- 5个LVDS线对传输串行视频数据 (24bits数据及 4 位视频同步信号, 分别是: FVAL(帧有效)、LVAL (行有效)、DVAL (数据有效)、Spare (保留)) 一组同步信号
- 传送4个LVDS线对控制信号 (cc1~cc4)
- 2个LVDS线对串口信号与相机通讯





# CameraLink架构



## Medium Configuration

- 数据量 4.08 Gbit/s (510 MB/s)
- Channel Link芯片数: 2 ; 线缆数量: 2
- 在Base的基础上提供了额外的24bits数据通道, 用于传递图像数据, 达到48bits



## Full Configuration

- 数据量 5.44Gbit/s (680 MB/s)
- Channel Link芯片数: 3 ; 线缆数量: 2
- 在Medium基础上提供额外的16bit数据带宽, 达到64bits





# CameraLink线缆



# CameraLink优点

---

## 连接简单

- 线缆紧凑简单（用5个线对可传28bits数据）

## 高带宽

- Base:250MB/s;Medium:510MB/s;Full:680MB/s





# GigE Vision

- 由AIA (Automated Imaging Association) 创建并推广
- 适于工业成像应用，通过网络传输无压缩视频信号
- 第一个使用价格低廉线缆长距离传输图像的标准
- 即使是不同厂家的硬件和软件，只要符合GigE Vision标准，也可以实现无缝的千兆网连接





# GigE Vision的特点

- 高带宽（1000Mbps），有效带宽100MB/s
- 单根网线传输100米的距离
- 标准的Gigabit Ethernet硬件允许单个/多个相机连接到一台/多台电脑
- 价格低廉的线缆（CAT5e 或者CAT6e）和标准的连接器，可以很容易进行集成，而且集成费用很低
- 具备较高的可升级性，可适应网络带宽的增长。由于10GigE变成主流，GigE Vision将会成为工业中最快的连接；

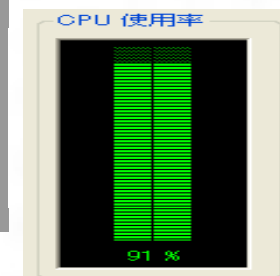
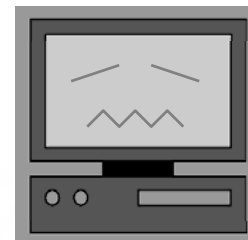




# GigE Vision

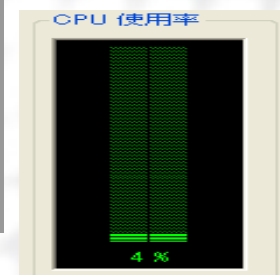
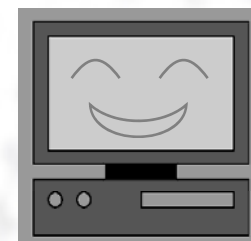


**Windows Standard GigE**



**Standard for Machine Vision !**

**Filter driver**



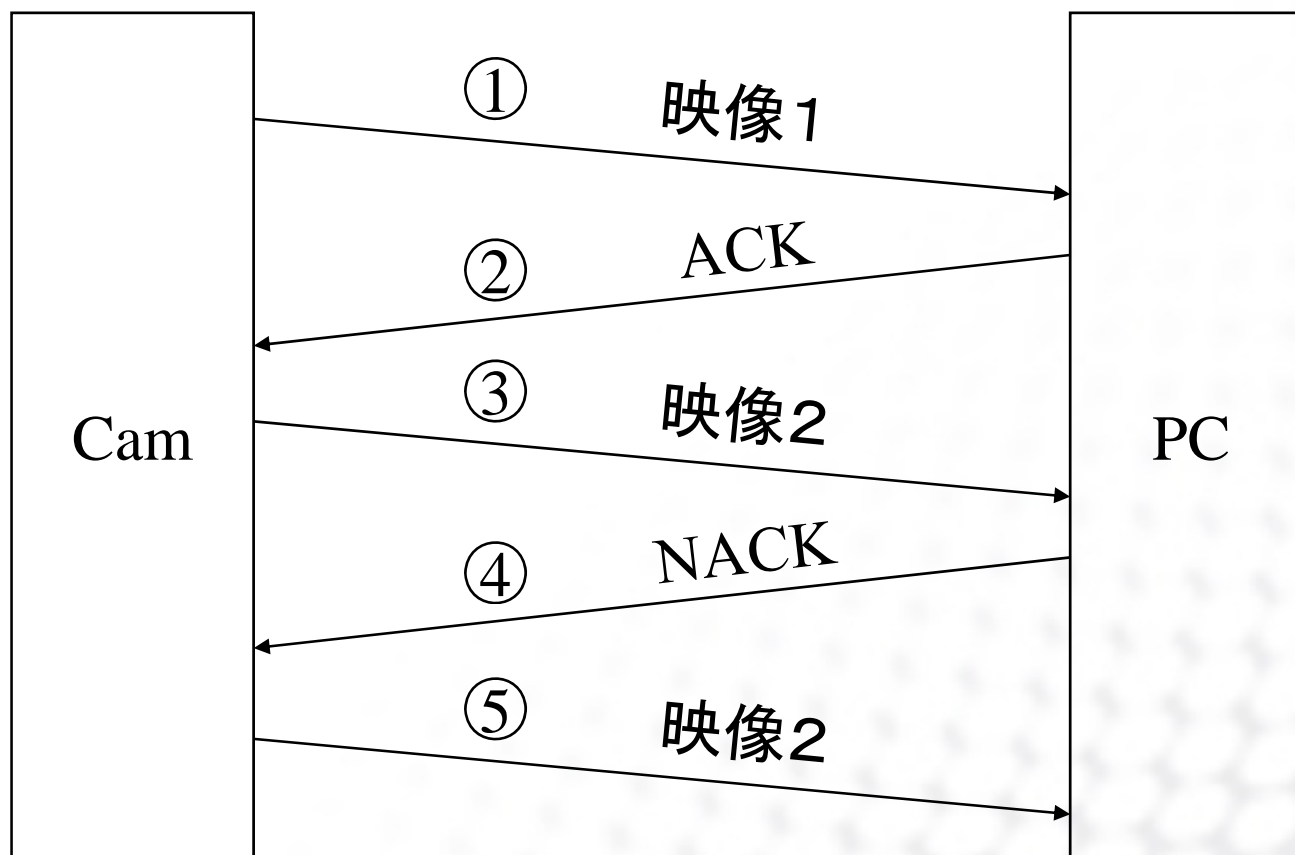
# GigE Vision

|          | TCP/IP   | UDP     |
|----------|----------|---------|
| 连接       | 面向连接     | 非面向连接   |
| 对系统资源的要求 | 较多       | 少       |
| 传输模式     | 流模式      | 数据报模式   |
| 数据的正确性   | 保证数据的正确性 | UDP可能丢包 |
| 数据顺序     | 保证数据顺序   | UDP不保证  |

GigE Vision是基于UDP协议的



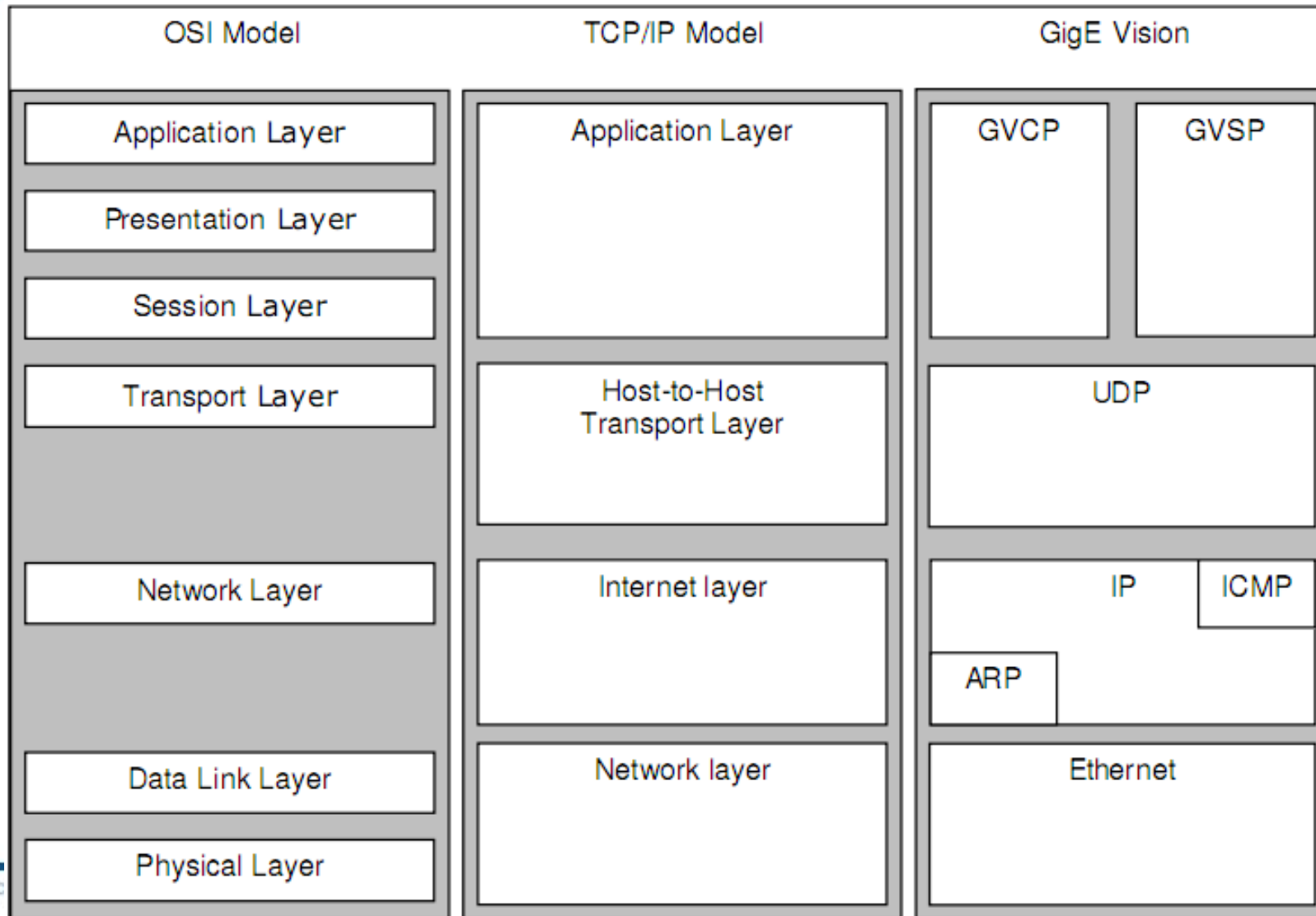
# GigE Vision



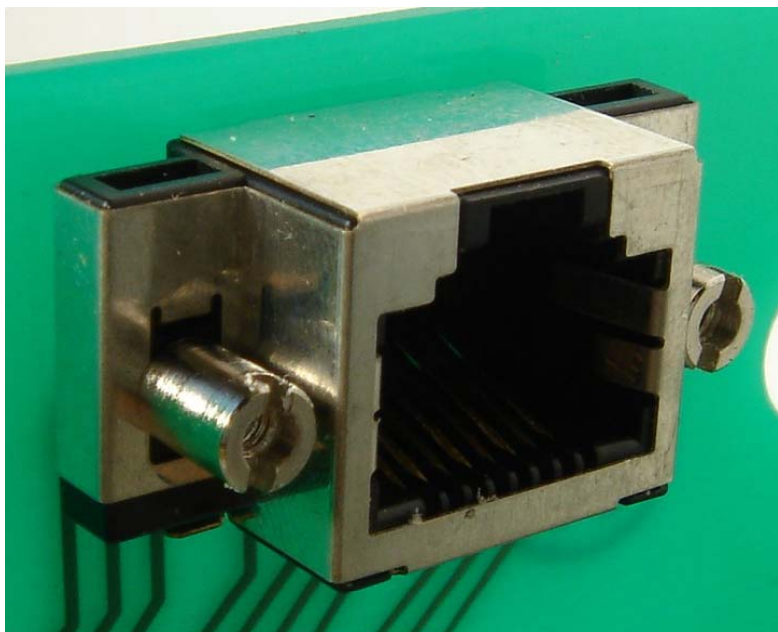
# GigE Vision



# GigE Vision



# GigE Vision




- ◆ Screw lock is located in the both side of RJ-45 Connector. For Machine vision.
- ◆ Standard CAT5 or CAT6 cable can be connected.





## 数字相机常用接口比较

|    | CameraLink                             | Usb2.0                    | 1394a   | 1394b   | GigE    |
|----|--|---------------------------|---|---|---------|
| 速度 | Base: 255MB/s<br>Full: 680MB/s         | 38MB/s                    | 32MB/s  | 64MB/s  | 100MB/s |
| 距离 | 10m                                    | 5m                        | 4.5m  | 10m   | 100m    |
| 优势 | 1. 带宽高<br>2. 有带预处理功能的采集设备<br>3. 抗干扰能力强 | 1. 易用<br>2. 价格低<br>3. 多相机 | 1. 易用, 价格低, 多相机<br>2. 传输距离远, 实际线缆可达到17.5m, 光纤传输可达100m<br>3. 有标准DCAM协议<br>4. CPU占用最低 | 1. 易用, 价格低, 多相机<br>2. 传输距离远, 线缆价格低<br>3. 标准GigE Vision 协议 |         |
| 缺点 | 1. 价格高<br>2. 线中不带供电                    | 1. 无标准协议<br>2. CPU占用高     | 1. 长距离传输线缆价格稍贵  | 1. CPU占用稍高<br>2. 对主机配置要求高<br>3. 有时存在丢包现象                  |         |



大恒图像

[www.daheng-image.com](http://www.daheng-image.com)

www.daheng-image.com

大恒图像





中国大恒（集团）有限公司北京图像视觉技术分公司

# 谢谢

E-mail: [huaxue@daheng-image.com](mailto:huaxue@daheng-image.com)

