

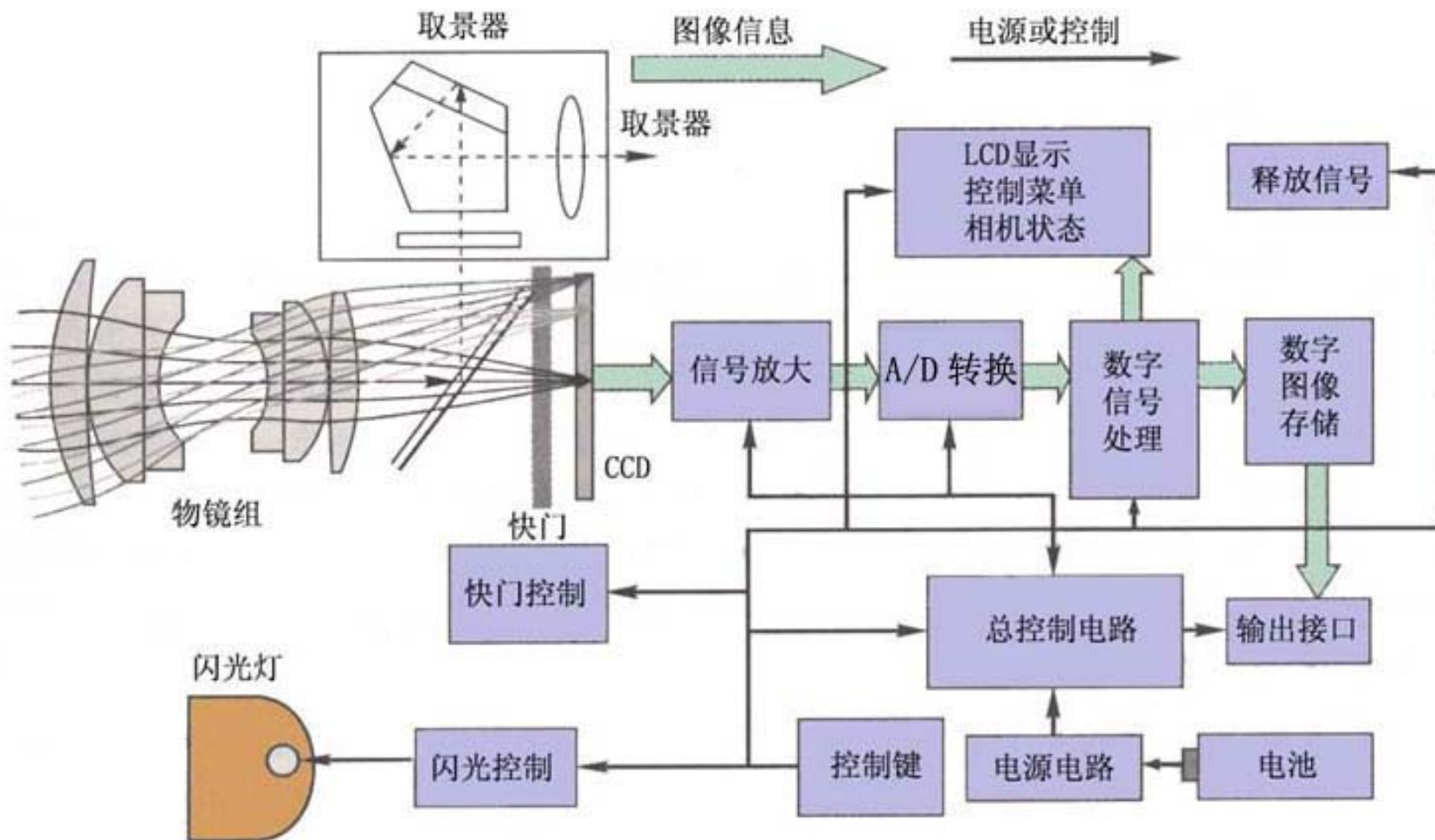
第三章 数码相机的结构与工作原理

3.1 引言

胶片相机：**150**年历史，技术成熟稳定

数码相机：利用自动对焦、自动曝光、闪光控制等技术，加固体传感器

3.2 数码相机的结构组成



Canon EOS-1D MARK III



Canon EOS-300D



内部结构



3.3 感光成像器件

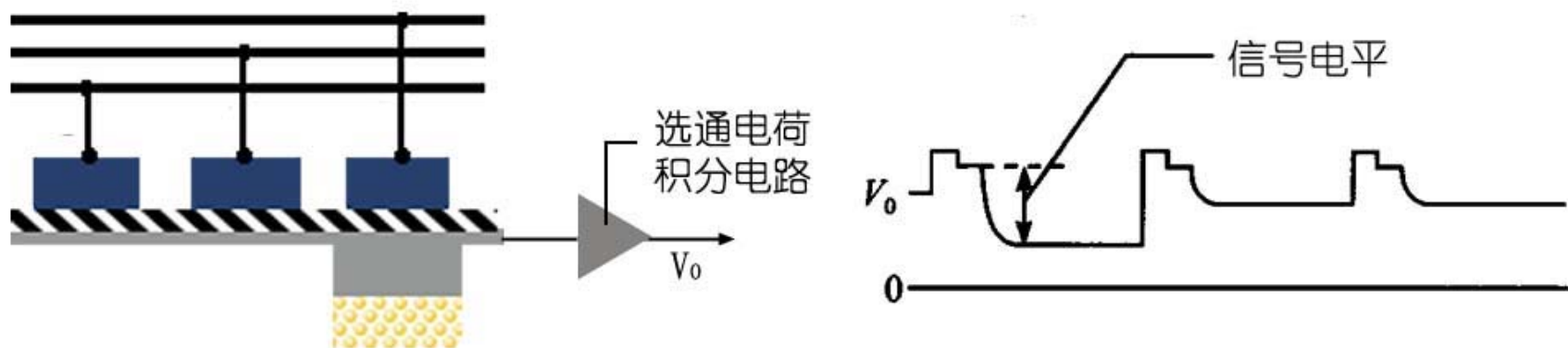
- ◆ CCD或CMOS面阵
- ◆ 规格和品质决定DC的档次
- ◆ 像素：10万～800万
- ◆ 主流准专业相机：>1000万

几个高级别DC感光器件对比

	专业级		准专业级		消费级DSLC	
型号	Canon EOS-1Ds Mark III	Nikon D3X	Canon EOS-50D	Nikon D90	Canon EOS-500D	Nikon D3000
上市时间	2007年	2008年	2008年	2008年	2009年	2009年
感光器件	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CCD
像素	2110 万	2450 万	1510万	1230万	1510万	1020万
面积	36 × 24mm	36 × 24mm	22.4 × 14.8mm	23.6 × 15.8mm	22.4 × 14.8mm	23.6 × 15.8mm
ISO	50-3200	100-3200	100-3200	100-1600	100-1600	100-1600
市场价格	¥49000	¥48000	¥5620	¥5680	¥3700	¥3200

3.4 信号处理部分

一.模拟信号处理:



对**CCD**输出的有用信息进行采样、保持、放大，使之与**A/D**输入电平相匹配。

二. A/D转换

- ◆ 转换速度：图像后处理时间,连拍速度
- ◆ 量化精度：色彩深度

24位： $2^{24}=16777216$ 1600万

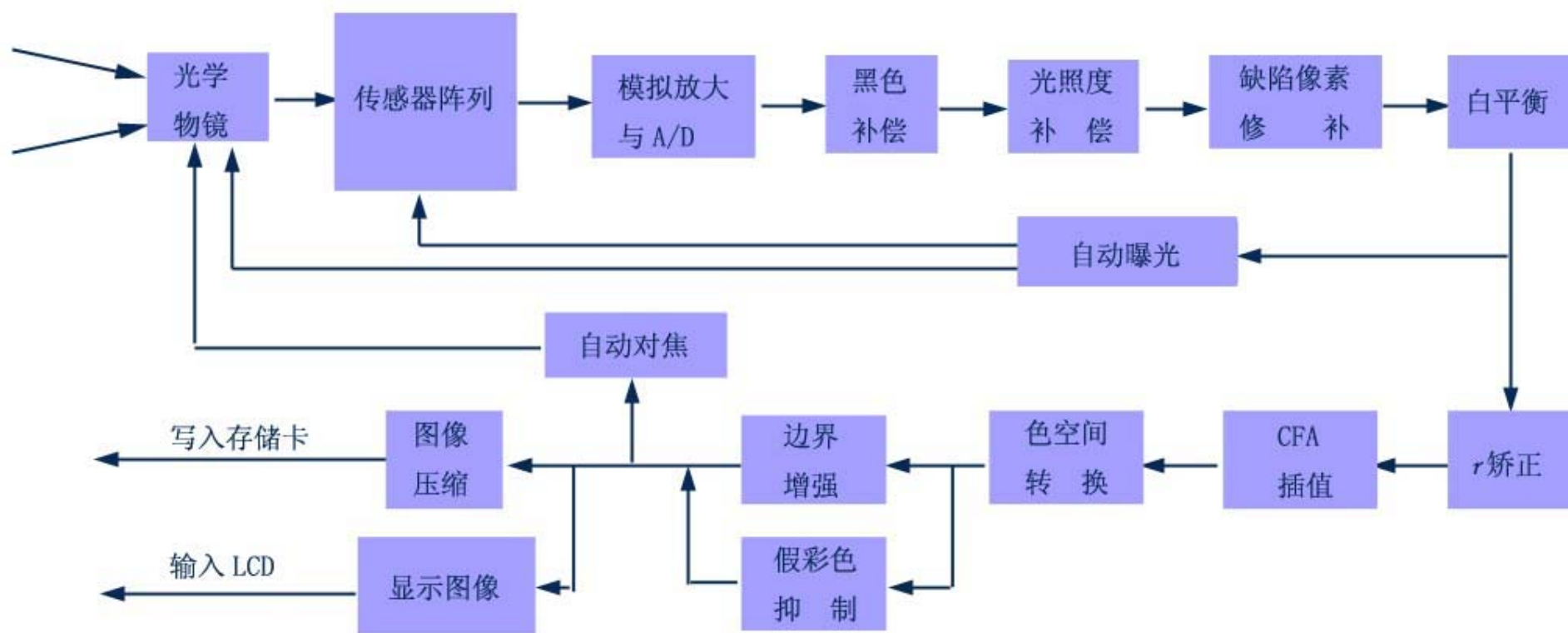
30位： $2^{30}=1073741824$ 10亿

36位： $2^{36}=68719476736$ 680亿

三.DSP器件(Digital Signal Processing)

- ◆ 专门用于对大量数字信息计算处理的**CPU**
- ◆ 计算速度快，低功耗
- ◆ 移动电话，科学仪器，数码相机

DSP图像通道



DSP图像通道

1.黑色补偿

原因：CCD暗电流特性+受环境影响

补偿方法：完全遮光→开启快门

*每幅图像

DSP图像通道

2.镜头光照度补偿

原因：视场中光照度不均匀

像方半视场角 $\theta \rightarrow$ 光照度 $\propto \cos^4 \theta$

补偿方法：在先期处理中，进行数字补偿

DSP图像通道

3. 缺陷像素修补

原因: 传感器面阵缺陷

表现: 全遮光条件下为亮点

修补方法: 插值

DSP图像通道

4. 白平衡

原因：物体在不同色温的光源下具有不同的颜色特征。

调整方法：以人眼的光谱曲线为标准，调整白色中三基色光的比例，使成像器件与显示设备的光谱特性相匹配。

自动白平衡：三原色的光能量相平衡

DSP图像通道

5. 自动曝光

对曝光量评估



计算镜头光圈、快门速度、信号增益

DSP图像通道

6. γ 校正

原因：CCD/CMOS电信号 \propto 光照度

显示设备的像素灰度值 \propto 图像亮度值

校正后：显示亮度 \propto 图像亮度

DSP图像通道

7. CFA插值

原因：每个像素只得到了一种颜色的信息

解决方案：利用周围像素的颜色信息，通过插值得到该像素其他颜色。

DSP图像通道

8. 色空间转换

原因：压缩算法采用**Y**、**Cb**、**Cr**色空间

转换方法：

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

DSP图像通道

9. 边界增强

原因：CFA低通滤波，平滑图像的边界

边界增强方法：

- a. 找到边界像素群
- b. 计算边界像素的Y分量增益
- c. 将各像素的Y分量增益放大并叠加到原像素的照度信息之中

DSP图像通道

10. 假彩色抑制

原因：彩色滤光片阵列的色饱和因子不同、各像素亮度和色彩带宽不同

抑制方法：对像素亮度和边界信息的分析来判定假彩色的位置，通过对像素的彩色分量(Cb、Cr)的调整来抑制假彩色



DSP图像通道

11. 自动对焦

利用自动对焦算法评价输入图像的**清晰度**，并实时地给出反馈信号控制镜头机械运动，对景物实现正确对焦。

DSP图像通道

12. 图像压缩

原因：存储空间有限

JPEG(Joint Photographic Expert Group):

- a. 图像分块, 每块 8×8
- b. 离散余弦变换分解成频谱信息
- c. 将频谱信息进行量化、平均信息量编码
- d. 典型的压缩比为**15: 1、10: 1.**

JPEG2000标准

- ◆ 采用小波变换编码
- ◆ 在JPEG基础上提高压缩率10%~30%
- ◆ 提供无损和有损两种压缩方式
- ◆ 渐进传输，随传随显

3.5 成像物镜与曝光控制部分

一. 成像物镜

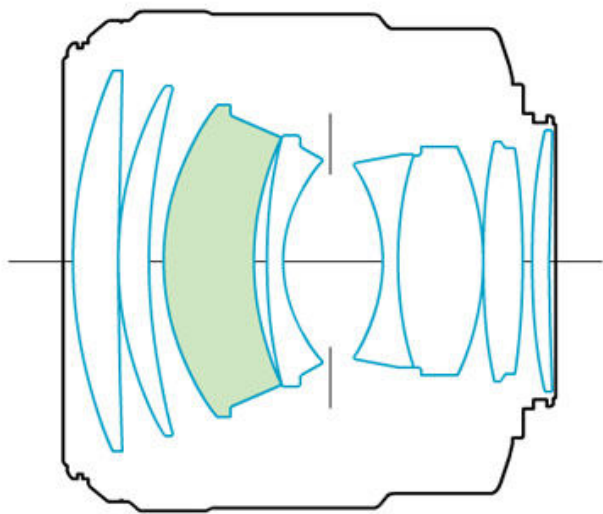
作用：将景物成像于数码相机中的影像传感器表面。



佳能 EF 85mm f/1.2L II USM 镜头

一.成像物镜

镜头的结构：多片透镜组合，利用凹凸透镜组合、非球面、特殊光学材料等设计手段减小像差。



佳能 EF 85mm f/1.2L II USM 镜头结构，参考价格¥14000

一.成像物镜

镜头的参数：

- ◆ 焦距：

广角、标准、中焦、长焦、变焦（倍率）

- ◆ 相对口径：

1: 2、1: 5.6、1: 11、1: 22.....

快速镜头：最大相对口径大于1: 2

一.成像物镜

镜头的卡口：

尼康卡口



佳能卡口



一.成像物镜

镜头分辨率与像元尺寸的匹配：

$$\text{镜头分辨率} = \frac{1}{\text{像元尺寸}}$$

如：4.5 μm 像元 \rightarrow 220 lp/mm

二. 红外截止滤色片

- ◆ **CCD**的最灵敏峰值出现在红外波段
- ◆ 在图像上就是背景噪声
- ◆ 有红外成像功能的数码相机, 须考虑红外波段的像差校正

三. 低通滤波片

- ◆ **CCD**的光敏单元整齐排列
- ◆ 像上有与**CCD**感光单元的空间频率相似排列的线条组或斑点群时，出现“莫尔效应”
- ◆ 低通滤波片滤除图像中高频部分
- ◆ 牺牲光学分辨率

四.数码相机的快门

- ◆ 曝光宽容度: **CCD** < 光化学胶片
- ◆ 曝光误差:
传统照相机 < $\pm 1\text{EV}$
数码相机 < $\pm 0.3\text{EV}$
- ◆ 两种快门: 机械快门, 电子快门

机械快门



五片中心快门



帘式快门

机械快门

- ◆ 快门叶片在光路中拦截光线，控制光学相对孔径和曝光时间
- ◆ 曝光过程：开→关→开→关
- ◆ 快门速度：1/15s~1/1000s

电子快门:

- ◆ 控制模拟电量的读取时间, 实现曝光
- ◆ 曝光过程:清除电荷→曝光→读取
- ◆ 快门速度:最高达 $1/8000\text{s}$
- ◆ 防止强光直射镜头损坏CCD器件

五.曝光控制

- ◆ 曝光量控制: 光圈大小+快门速度
- ◆ 自动曝光:

测光系统 (TTL Through The Lens)

曝光量控制

六. 闪光灯及控制



- ◆ 用途:黑暗条件下拍摄、背光条件下进行补光
- ◆ 特性: 时间短、发光强、光色好、近似点光源
- ◆ 技术指标: 闪光指数、回电时间、色温、闪光角



Photo by Gliff, 2004



特殊情况下需关闭闪光灯!



3.6 控制电路

- ◆ CPU控制照相机工作流程
- ◆ 数码相机以传统胶片相机控制技术为基础，将工作流程控制电路与信息处理、转换与存储电路结合，通过CPU实现对各个操作的统一协调和控制。

3.7 取景器部分

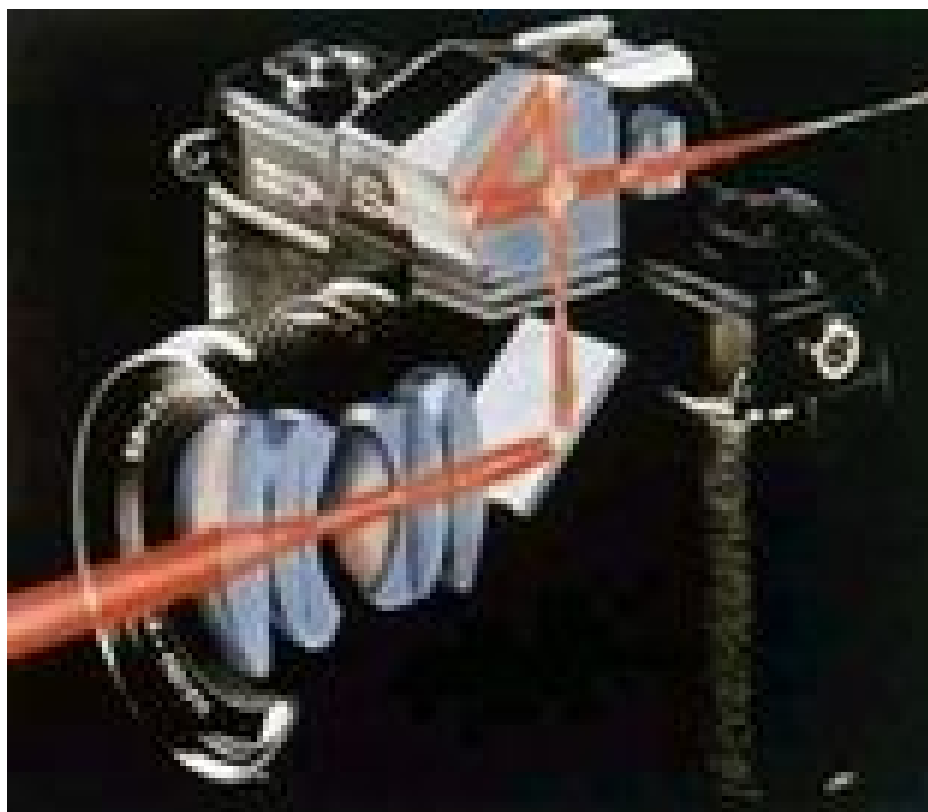
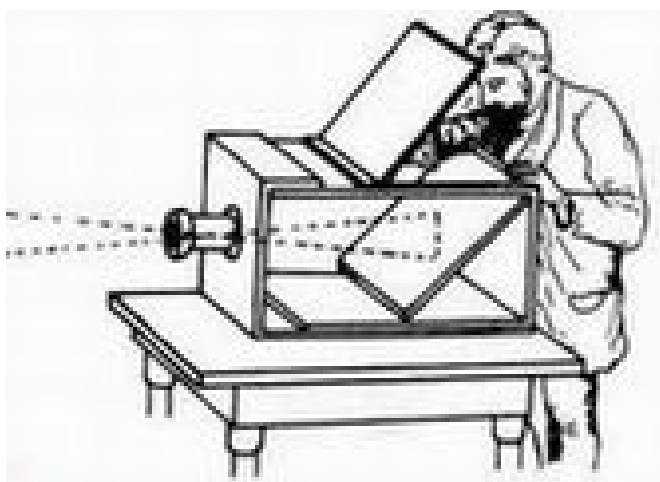
供拍摄者观察被摄景物、取舍拍摄范围、确定画面构图的装置，兼有指示拍摄参数、反映拍摄状态的作用。

取景方式：

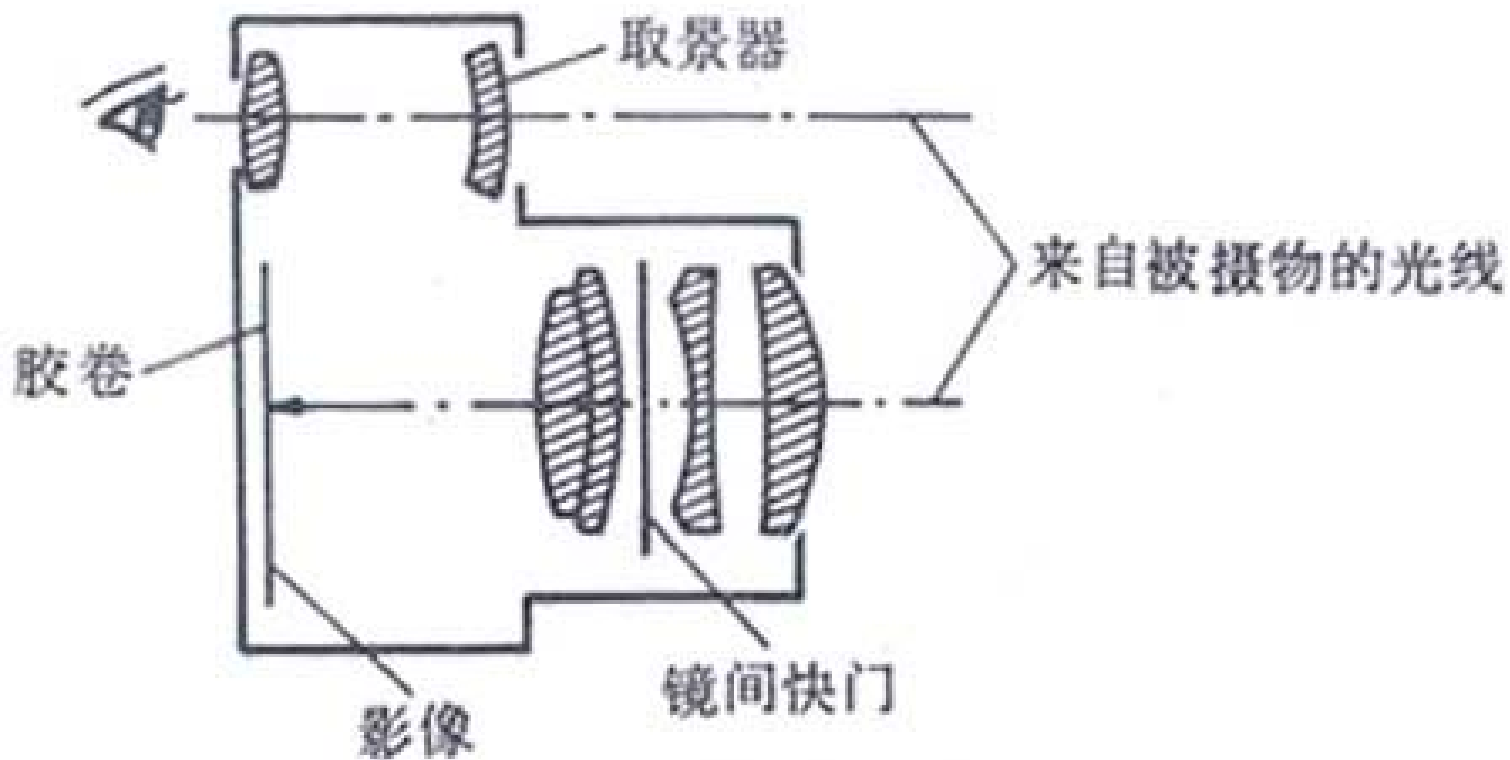
- 单镜头反光取景
- 平视取景
- 液晶显示器取景
- 半透明反光取景

单镜头反光取景

- ◆ 所见即所得
- ◆ 结构复杂,体积大
- ◆ 价格昂贵



平视取景



平视取景

- ◆ 取景器和摄影物镜分离
- ◆ 倒置伽利略望远镜
- ◆ 与变焦镜头相匹配的取景器使用相应的变倍望远镜，并与物镜变焦联动变倍
- ◆ 视差：拍摄距离越近视差越大

液晶显示器取景

- ◆ 结构简单,使用广泛
- ◆ 取景方便
- ◆ 兼具浏览器和菜单功能
- ◆ 缺点：分辨率低，受外界强光干扰，费电
- ◆ 产品水平：3英寸，92万像素（SONY T700）



半透明反光镜取景

优势：

- 随时观察拍摄效果
- 提升对焦速度
- 结构轻巧，减震
- 连拍速度快

缺点：

？ ？ ？ 有奖



3. 8电源

- ◆ 选购数码相机时选用采用标准规格可充电电池的机种
- ◆ 拍摄时少用液晶显示器和闪光灯，不拍时随时关机
- ◆ 室内使用或图像下载时使用外接电源
- ◆ 随时注意电池的电量显示，做到计划使用

3.9 图像存储部分

一. 软盘

- ◆ 价格便宜
- ◆ 使用方便
- ◆ 1.44M容量过低
- ◆ 读写速度慢
- ◆ 容易损坏



二.CF卡(Compact Flash)

- ◆ Sandisk 公司1994年制造了最早的CF卡
- ◆ CF卡是使用最多的存储介质 (05年之前)
- ◆ 读写速度快、可靠性高、不易损坏
- ◆ 著名厂家:Pretec,胜创科技, SanDisk

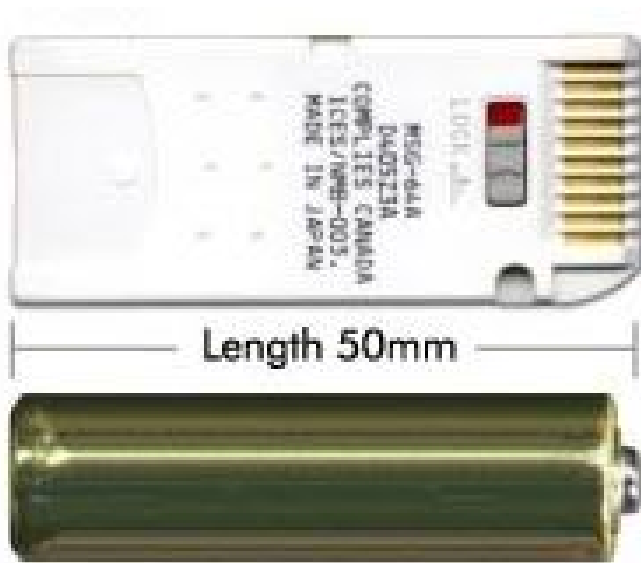


三.SM卡(Smart Media)



- ◆ 东芝公司在1995年11月发布
- ◆ 卡上只有闪存模块和接口，没有控制芯片
- ◆ 兼容性差, 相对成本高

四.记忆棒(Memory Stick)



- ◆ SONY公司1988年开发
- ◆ 外形小巧、功能多元
- ◆ 价格偏高,容量较小
- ◆ 与其它品牌不兼容

新型记忆棒（MS Pro Duo短棒）

- ◆ 容量：1G~8G
- ◆ 数据读取速度：20Mbps
- ◆ 价格：¥168（2G）



五. MMC卡(Multi Media Card)



- ◆ Sandisk和西门子于1997年联手推出
- ◆ 用途广泛：数码相机、MP3、手机、GPS全球定位系统、掌上电脑等
- ◆ 小型轻便：<2g
32mm×24mm×1.4mm,

六.SD卡(Secure Digital Card)



- ◆ 松下、东芝和美国SanDisk共同开发
- ◆ 大容量、高性能，安全性高
- ◆ 比MMC卡多了数据著作权保护认证功能
- ◆ 与MMC卡兼容
- ◆ 价格：¥45（2G）

七.微型硬盘(Microdrive)

- ◆ IBM于2002年推出
- ◆ 最大容量已达2GB
- ◆ 使用较少



八. CD-R或CD-RW

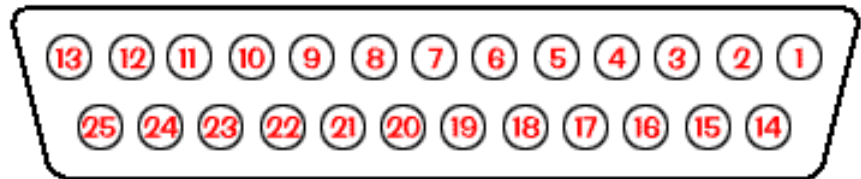
- ◆ 价格便宜, 存储量大
- ◆ 体积大, 质量重, 图像显示慢
- ◆ 刻录用半导体激光器
寿命较短



3. 10 输出接口

一. 并行接口

- ◆ 打印接口



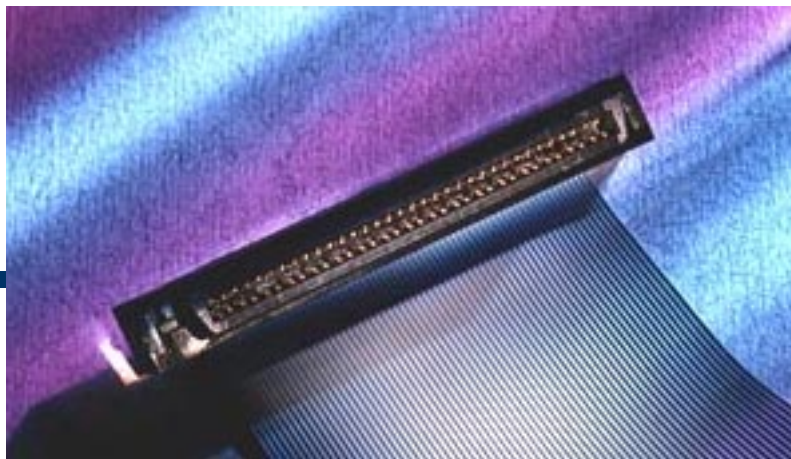
- ◆ 可与打印机相连, 直接打印
- ◆ 不支持热插拔

二.RS-232串行接口



- ◆ 早期数码相机使用,现已功成身退
- ◆ 不支持热插拔
- ◆ 传输速率较低,通常为 **115Kbit / s。**

三.SCSI接口



- ◆ **SCSI:Small Computer System Interface**
- ◆ 系统级接口, 功能丰富, 支持多任务
- ◆ 外设本身必须配有相应的外设控制器
- ◆ 不支持热插拔
- ◆ 使用较少: 专业数码相机或数码相机背

四.USB接口



- ◆ 使用广泛
- ◆ 允许多个设备同时连接
- ◆ 支持热插拔，使用方便
- ◆ 传输速率高

USB1.0: 12Mbit / s

USB2.0: 40倍 480Mbit / s

五. IEEE 1394接口

- ◆ 数据传输速率高：
100Mbit/s(典型)
160Mbit/s、200Mbit/s、400Mbit/s
- ◆ 支持热插拔
- ◆ 可外挂64台独立的外部设备
- ◆ 需要专用的IEEE1394接口卡

六. 视频输出接口 (TV口)

- ◆播放数码相机已拍摄影像
- ◆摄像头使用

七. IrDA红外接口

- ◆无线传输
- ◆传输速率为115Kbit / s

八. 蓝牙技术(Bluetooth)

- ◆ **Ericsson、IBM、Intel、Nokia和Toshiba**等公司在**1998**年联合推出的先进的无线网络技术
- ◆ 工作频段 **2.4GHz**
- ◆ 传输速率设计为**1MHz**
- ◆ 快速、灵活、安全、低代价、低功耗

Ricoh Caplio 500SE Model B



 ZOL.COM.CN
中关村在线

- ◆ 813w像素
- ◆ 3倍光学变焦
- ◆ 三防—防水（防雨，1m水下）、防尘、防撞
- ◆ 蓝牙接口
- ◆ ￥8600（06年上市）

九.802.11标准

- ◆ 无线短距离局域网标准
- ◆ 工作频段 2.4GHz
- ◆ 目前最常用的传输协议
- ◆ 耗电量大
- ◆ 笔记本无线网卡



Nikon SC7 发布于2006年8月

常用接口性能比较

标准	速率 (bps)	代表机型
RS-232	115-230	早期民用机
USB1.0	12M	目前广泛使用
IEEE 1394	400M	Kodak DCS Pro 14n, Nikon D1X, Canon EOS 1DS
USB2.0	480M	Fuji FinePix S7000, Olympus, BenQ
BlueTooth	1M	Sony DSC-FX77, Concord Eye-Q Go Wireless

几个高级别DC性能对比

	专业级		准专业级		消费级DSLC	
型号	Canon EOS-1Ds Mark III	Nikon D3X	Canon EOS-50D	Nikon D90	Canon EOS-500D	Nikon D3000
显示屏	3英寸TFT, 23万像素	3英寸VGA, 92万像素	3英寸TFT, 92万像素	3英寸LCD, 92万像素	3英寸TFT, 92万像素	3英寸TFT, 23万像素
快门速度	5-1/8000 s	30-1/8000s	30-1/8000 s	30-1/4000 s	30-1/4000 s	30-1/4000 s
连拍能力	5张/秒, 56张	5张/秒	6.3张/秒	3张/秒	3.4张/秒	4.5张/秒
存储介质	SD,SDHC,CF, CF II 等	CF,CF II, 微硬盘	CF,CF II 等	SD,SDHC	SD,SDHC	SD,SDHC
接口	USB2.0, IEEE1394	USB2.0, IEEE1394	USB2.0, AV接口	USB2.0	USB2.0, AV接口	USB2.0

思考练习

- ◆ 请说出五个以上**DSP**在数码相机中承担的图像处理与运算功能,并简介其原理。
- ◆ 数码相机有几种取景方式，各有何特点？