

# 机器视觉基础 相机

上海视谷图像技术有限公司

[www.machine-vision.com.cn](http://www.machine-vision.com.cn)

# 芯片

## 芯片分类-工作原理

### ◆ CCD (Charge Coupled Device)

电荷耦合器件

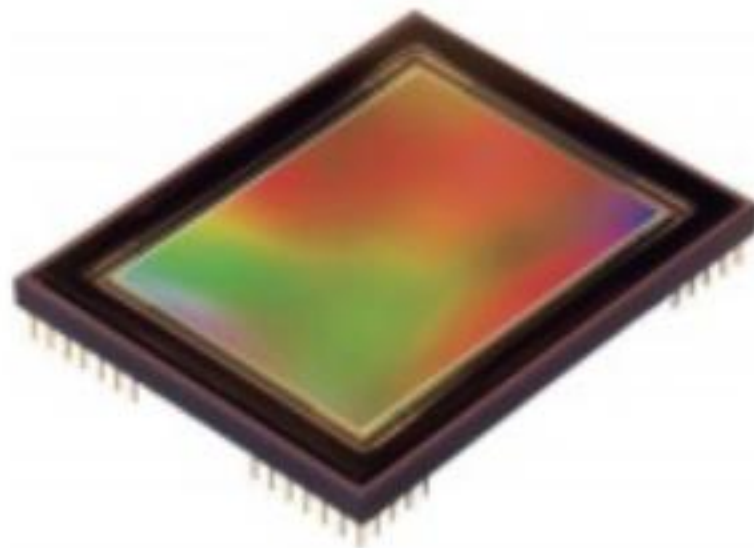
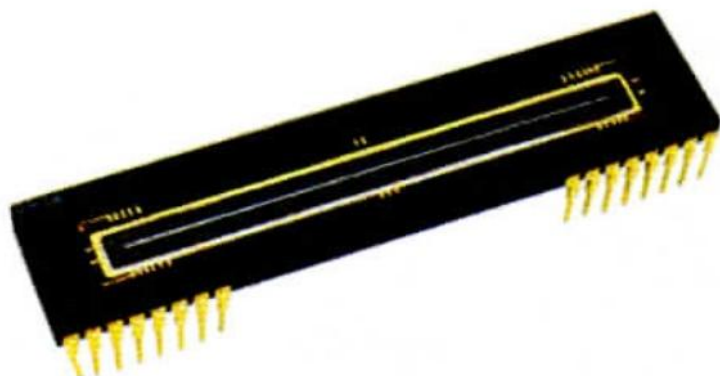
### ◆ CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor Transistor)

互补金属氧化物半导体

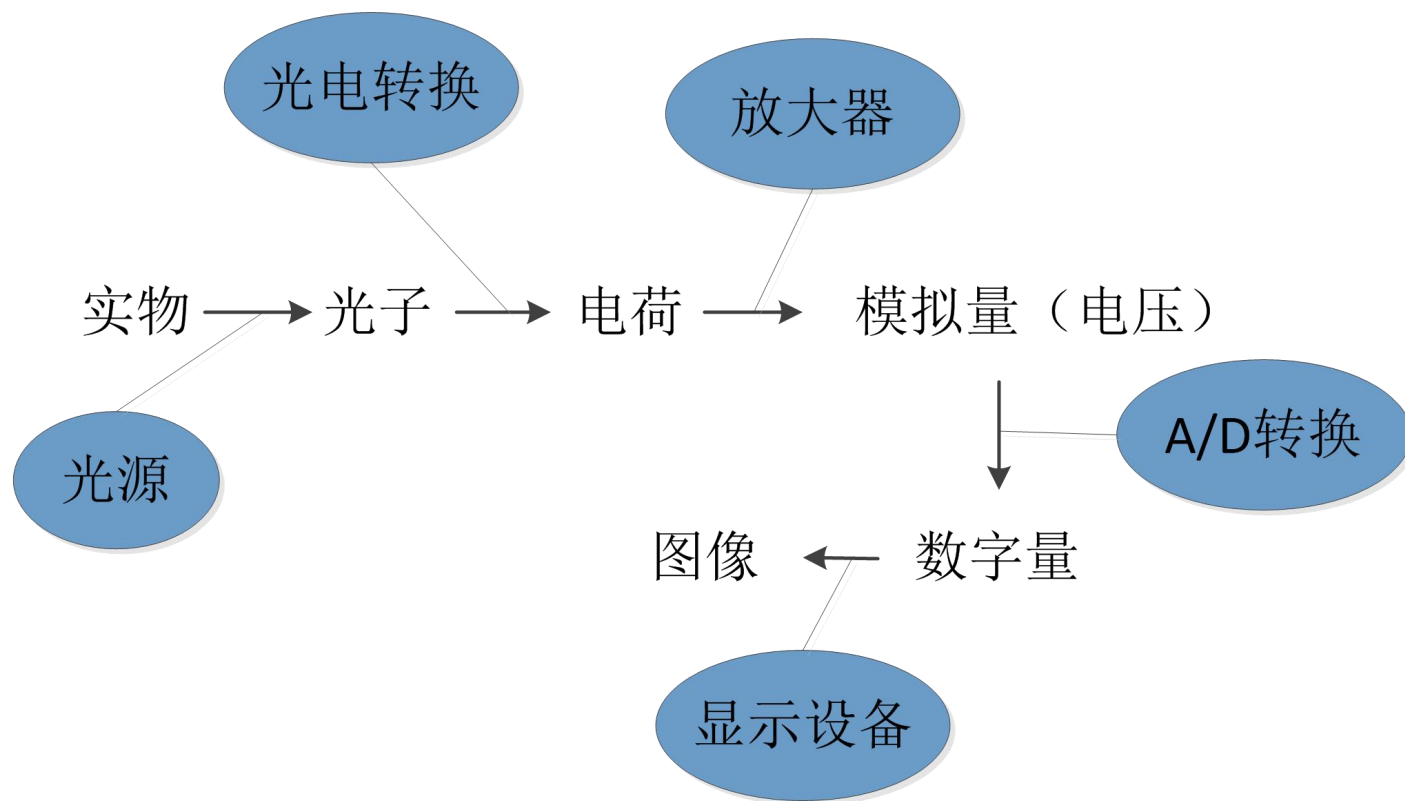
# 芯片

## 芯片分类-像元排列结构

- ◆ 线阵芯片
- ◆ 面阵芯片



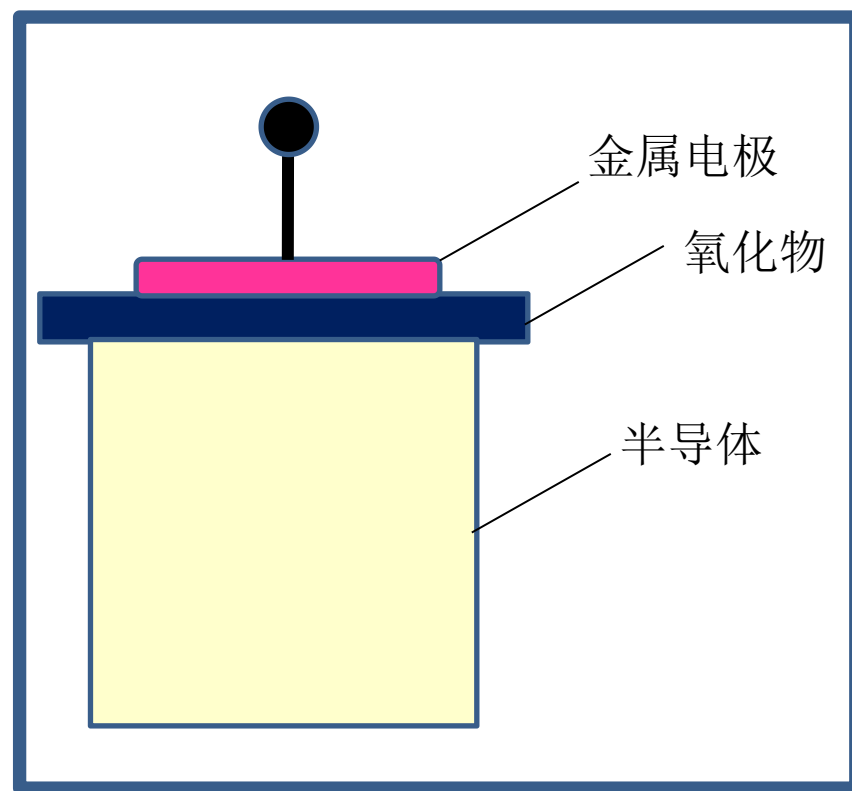
# 成像原理



# CCD工作原理

- 基本单元

CCD的基本单元是一个MOS（金属-氧化物-半导体）电容器，该装置能够完成光电转换。

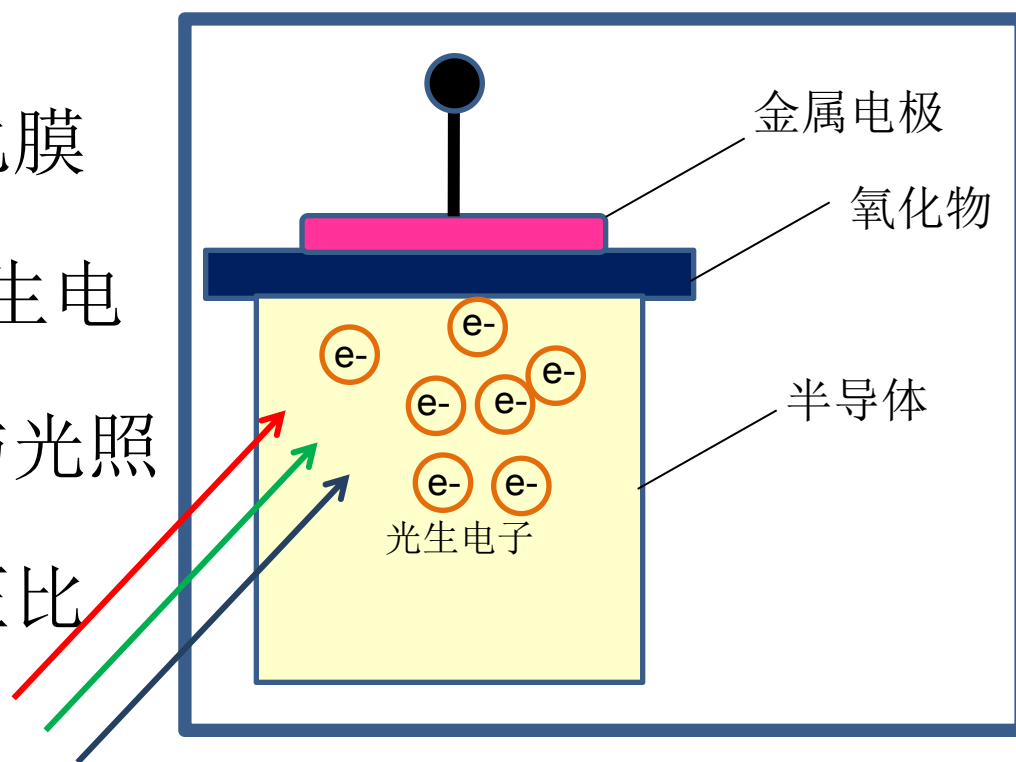


MOS电容

# CCD工作原理

- 电荷的产生（光-电转换）

当光线通过时，氧化膜与P型单晶硅之间产生电荷，其电荷的数量与光照强度及照射时间成正比



MOS电容器

# CCD工作原理

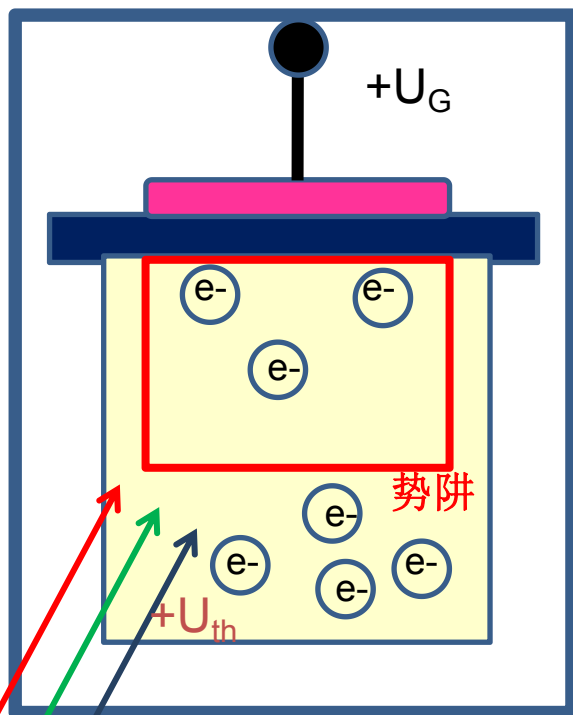
- 电荷存储

在电极上施加一个适当的正电压，会形成电荷耗尽区（能够吸引电子的势阱），施加电压越高，势阱越深，阱内所留电荷量越多。当光照射到CCD时，具有光敏特性的P型硅产生电子-空穴对，空穴移向衬底而消失，电子进入势阱内。绝缘氧化物层使得电子不能穿过到达电极，因此存贮在势阱的电子形成电荷包，其电荷量的多少与光照强度成正比

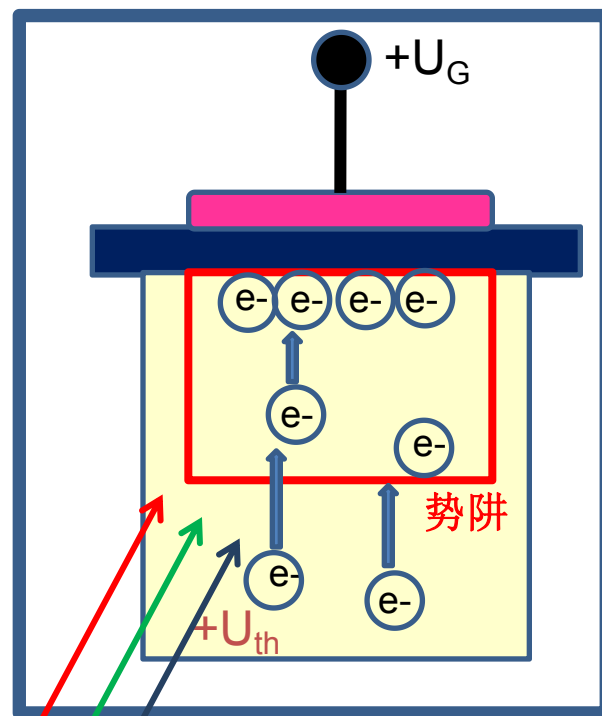
# CCD工作原理

- 电荷存储

$U_G < U_{th}$  时



$U_G > U_{th}$  时

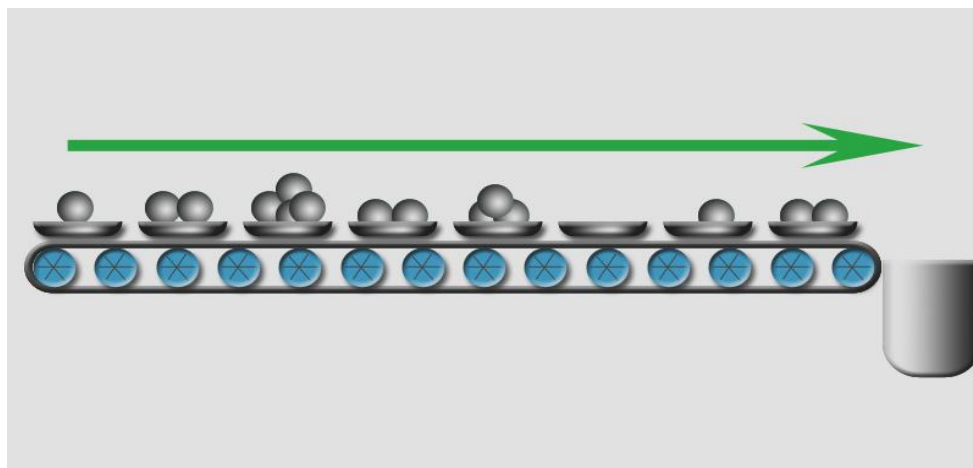




# CCD工作原理

- 电荷转移

当CCD芯片感光完毕后，每个像素所转换的电荷包，就按照一行的方向转移出CCD感光区域，为下一次感光释放空间



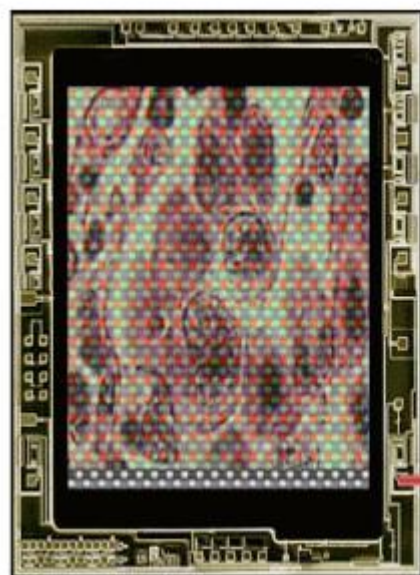
# CCD工作原理

面阵CCD根据电极结构及转移方式的不同可以分为以下三种：

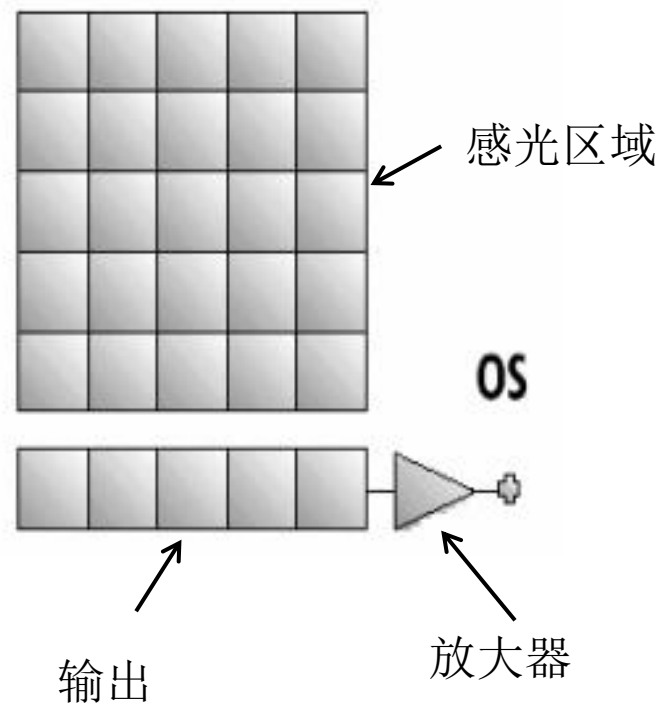
- ◆ 全帧转移（Full Frame）
- ◆ 帧转移（Frame Transfer）
- ◆ 行间转移（Interline Transfer）

# CCD工作原理

- 全帧转移

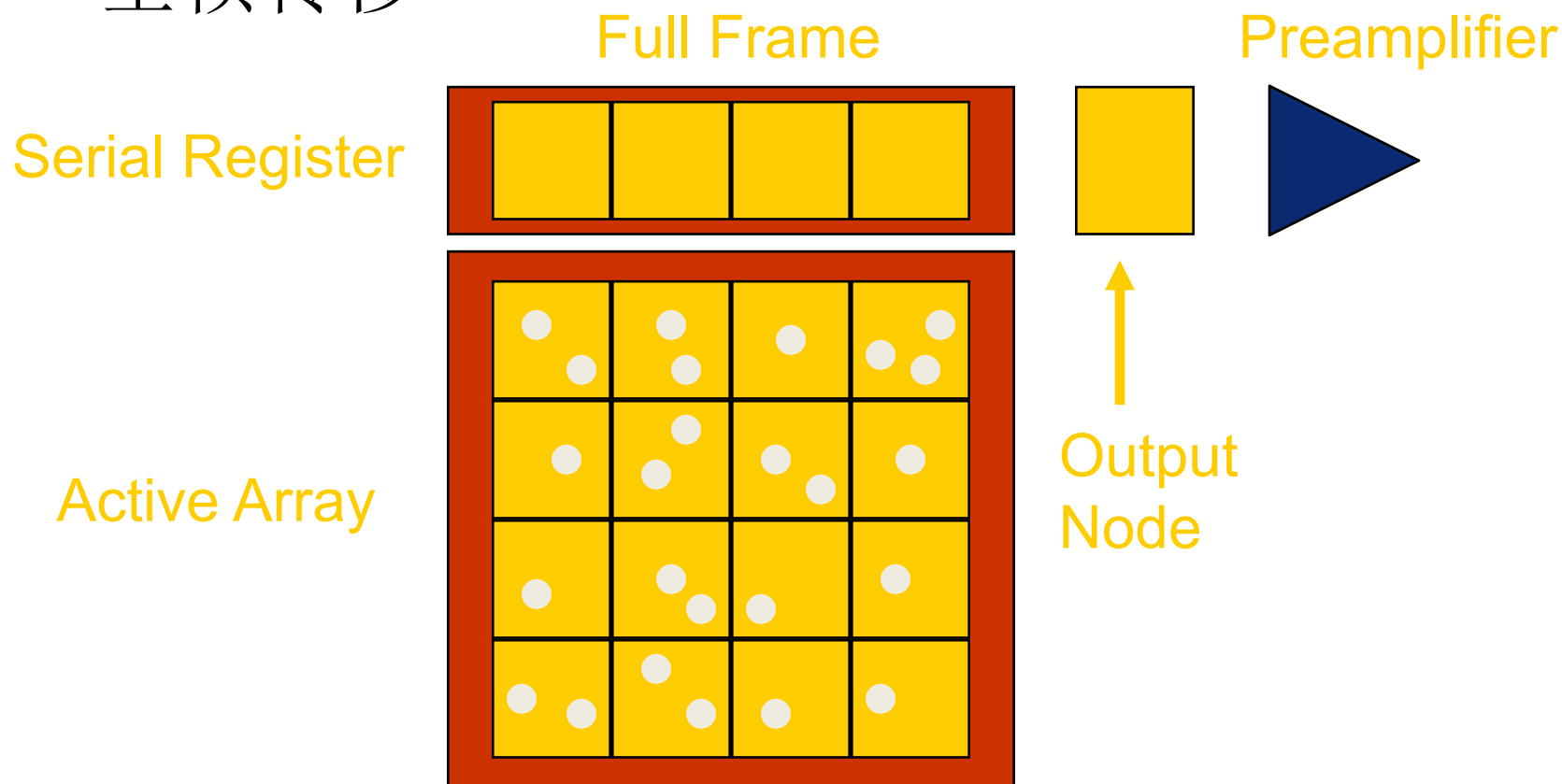


Single Pixel Element



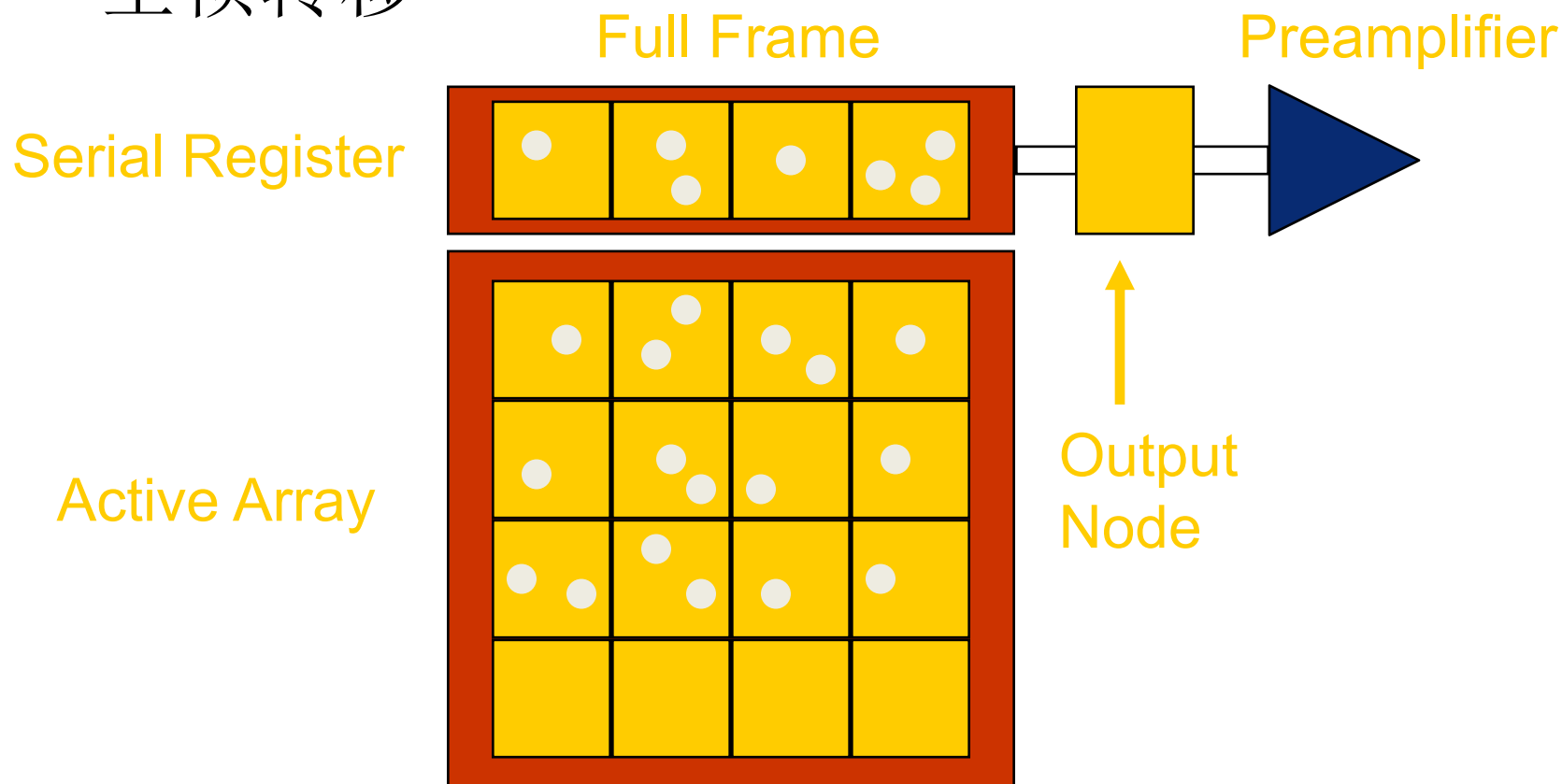
# CCD工作原理

- 全帧转移



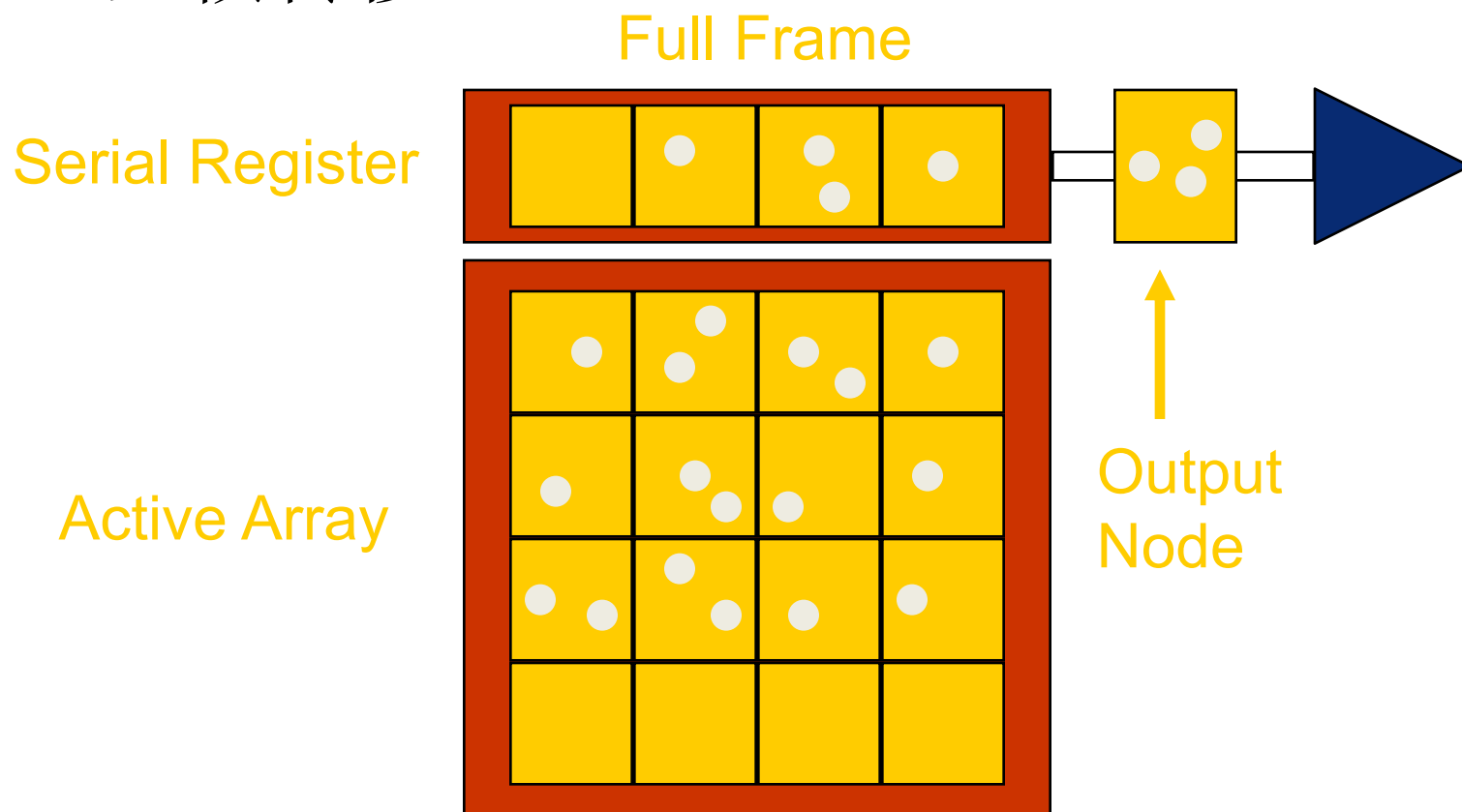
# CCD工作原理

- 全帧转移



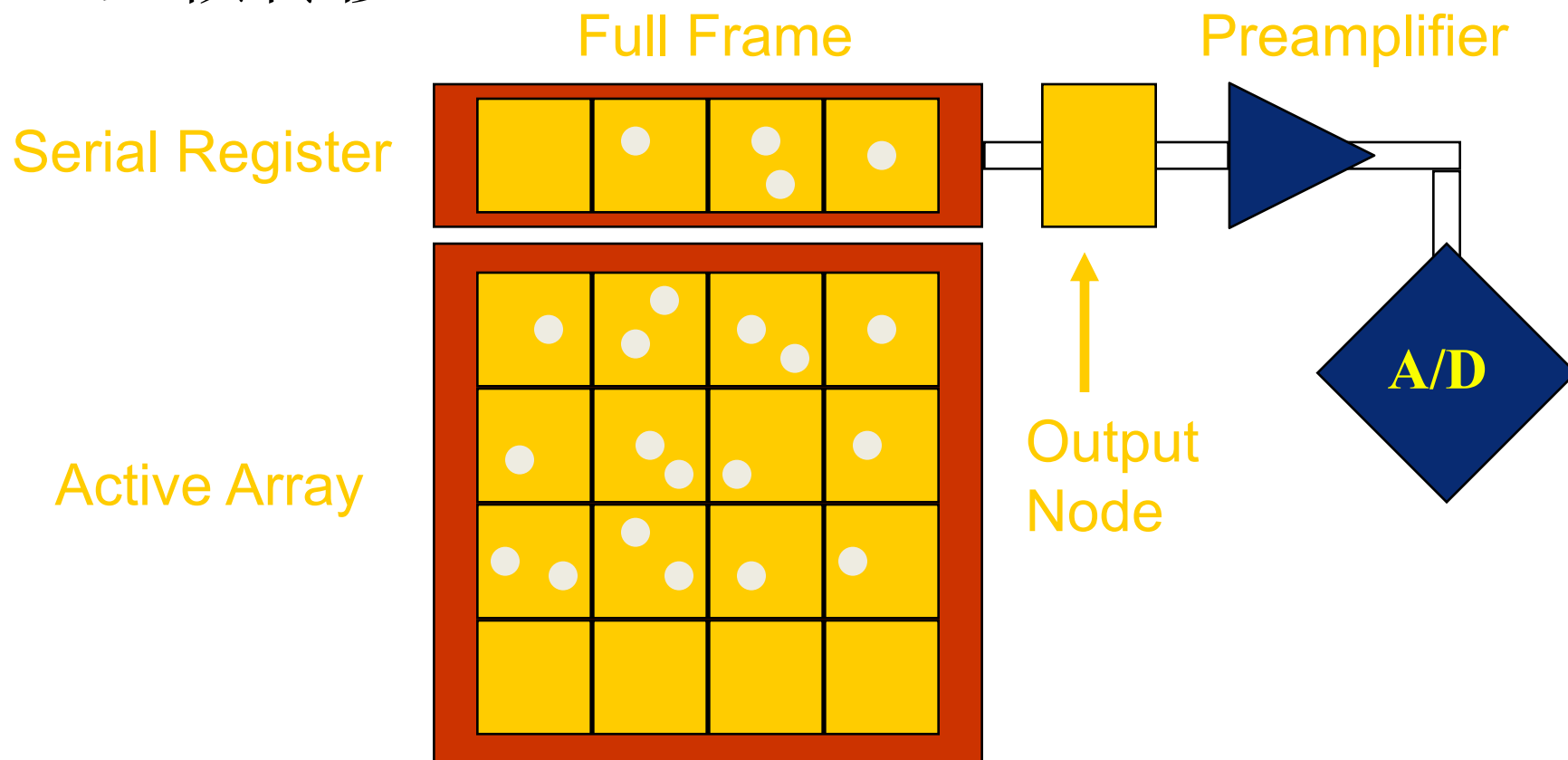
# CCD工作原理

- 全帧转移



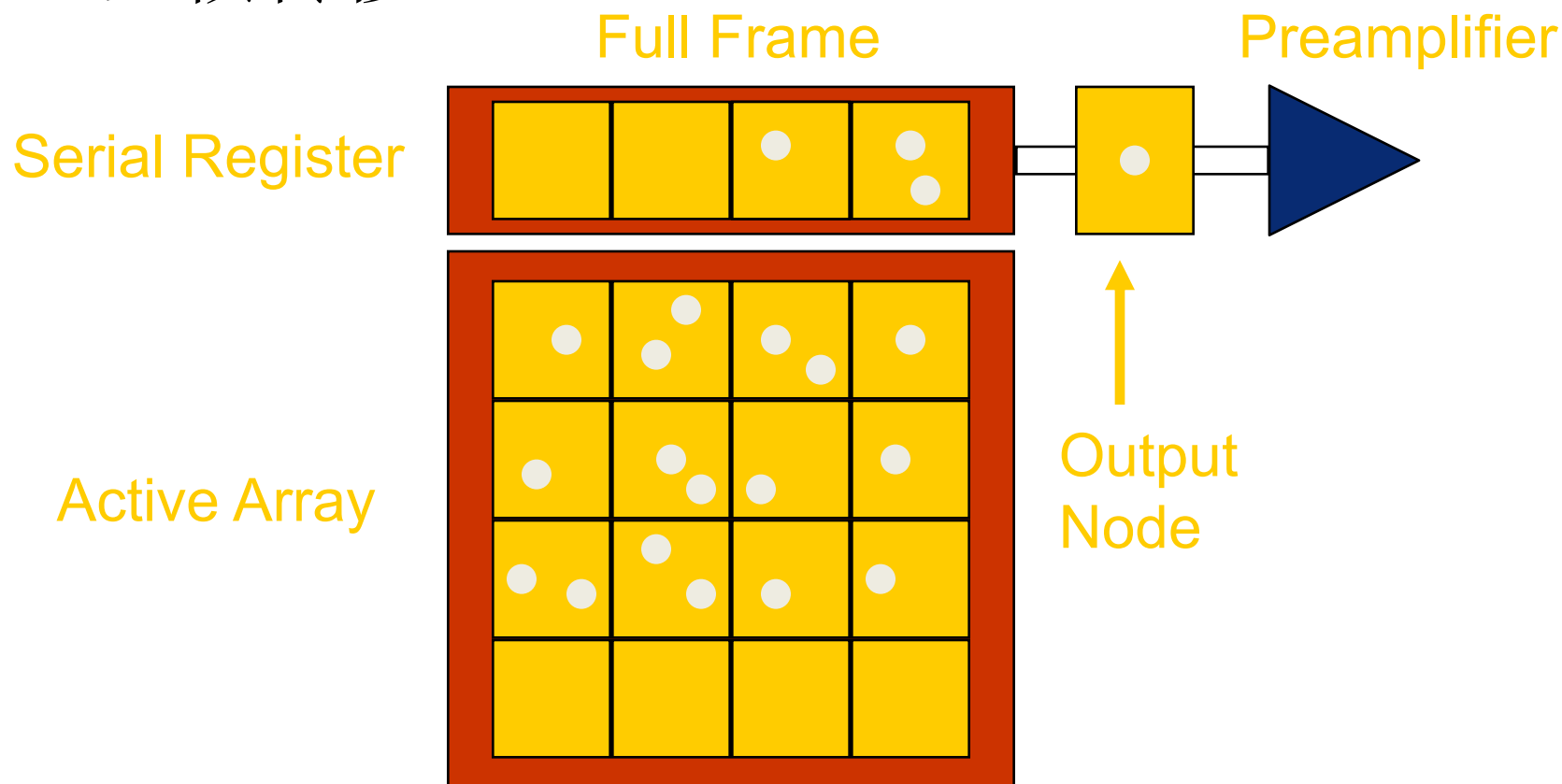
# CCD工作原理

- 全帧转移



# CCD工作原理

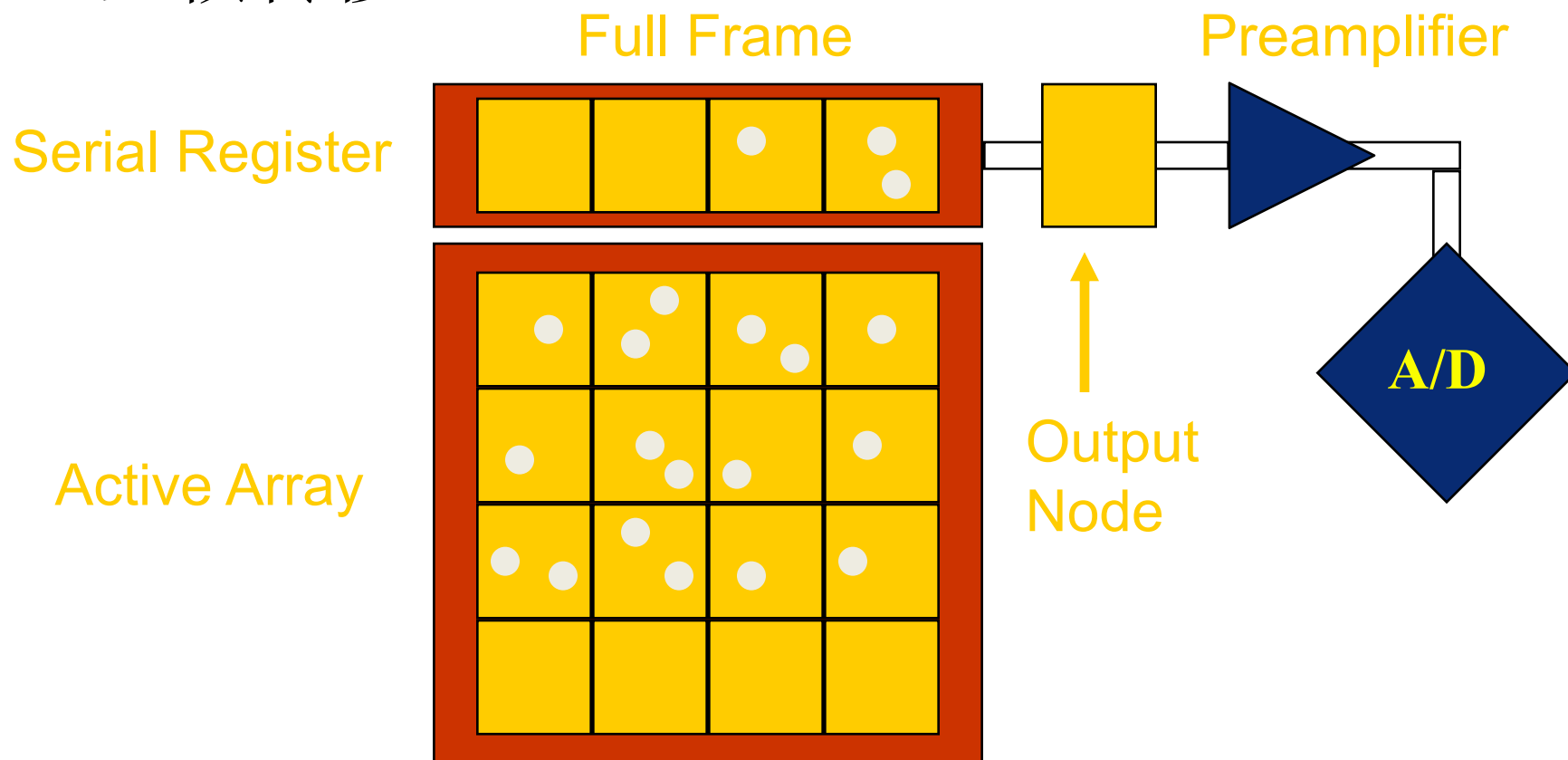
- 全帧转移





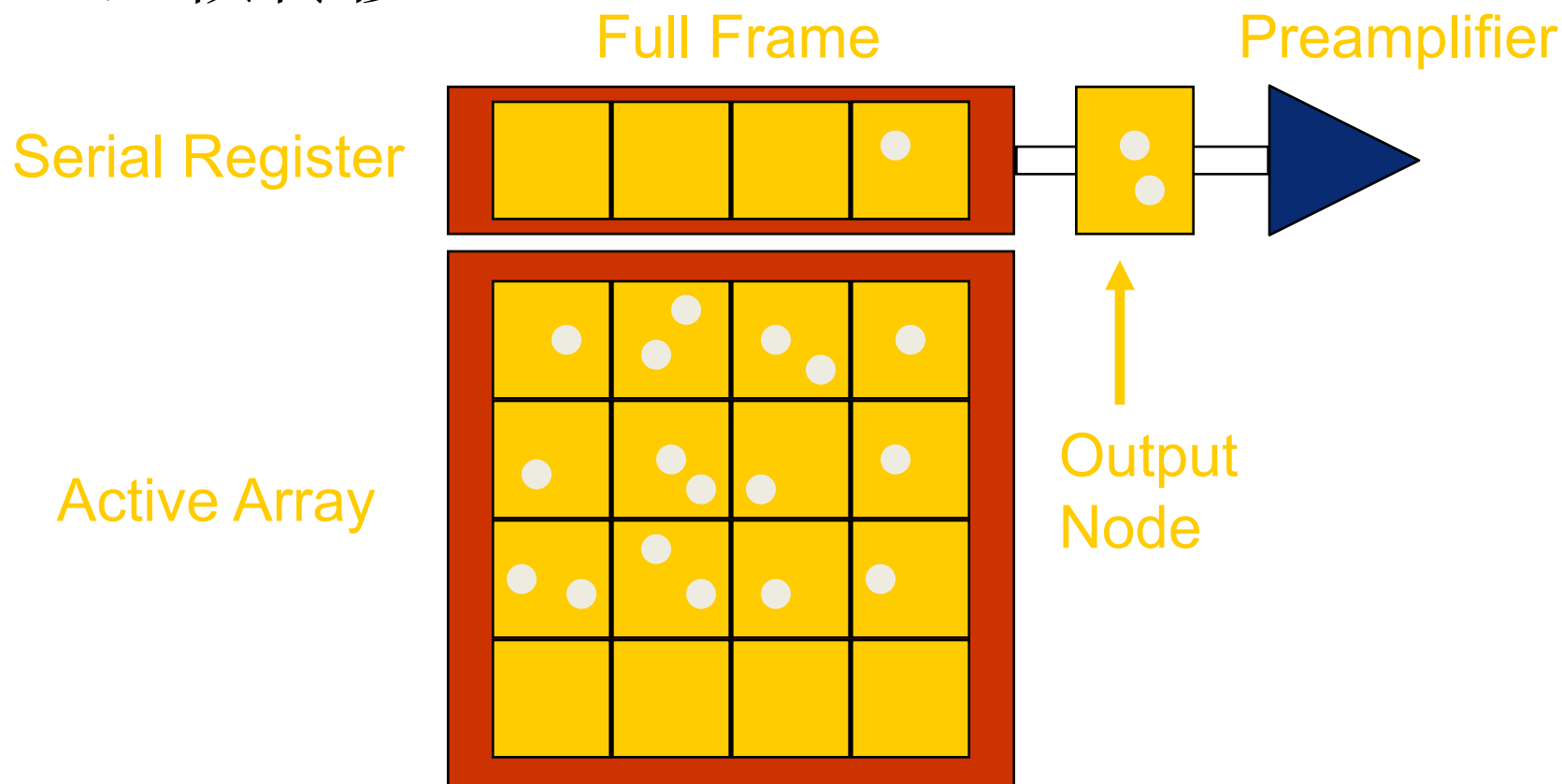
# CCD工作原理

- 全帧转移



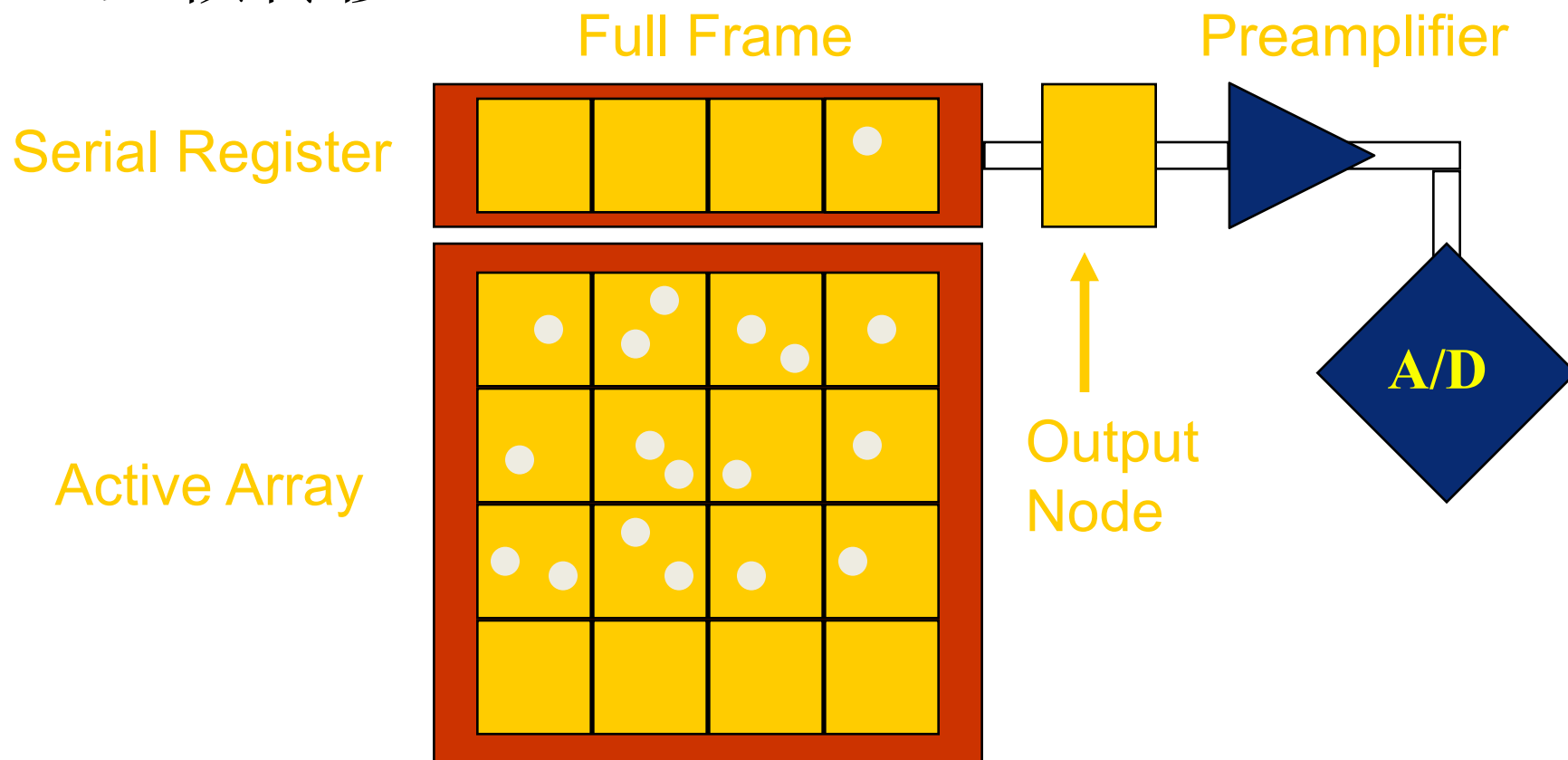
# CCD工作原理

- 全帧转移



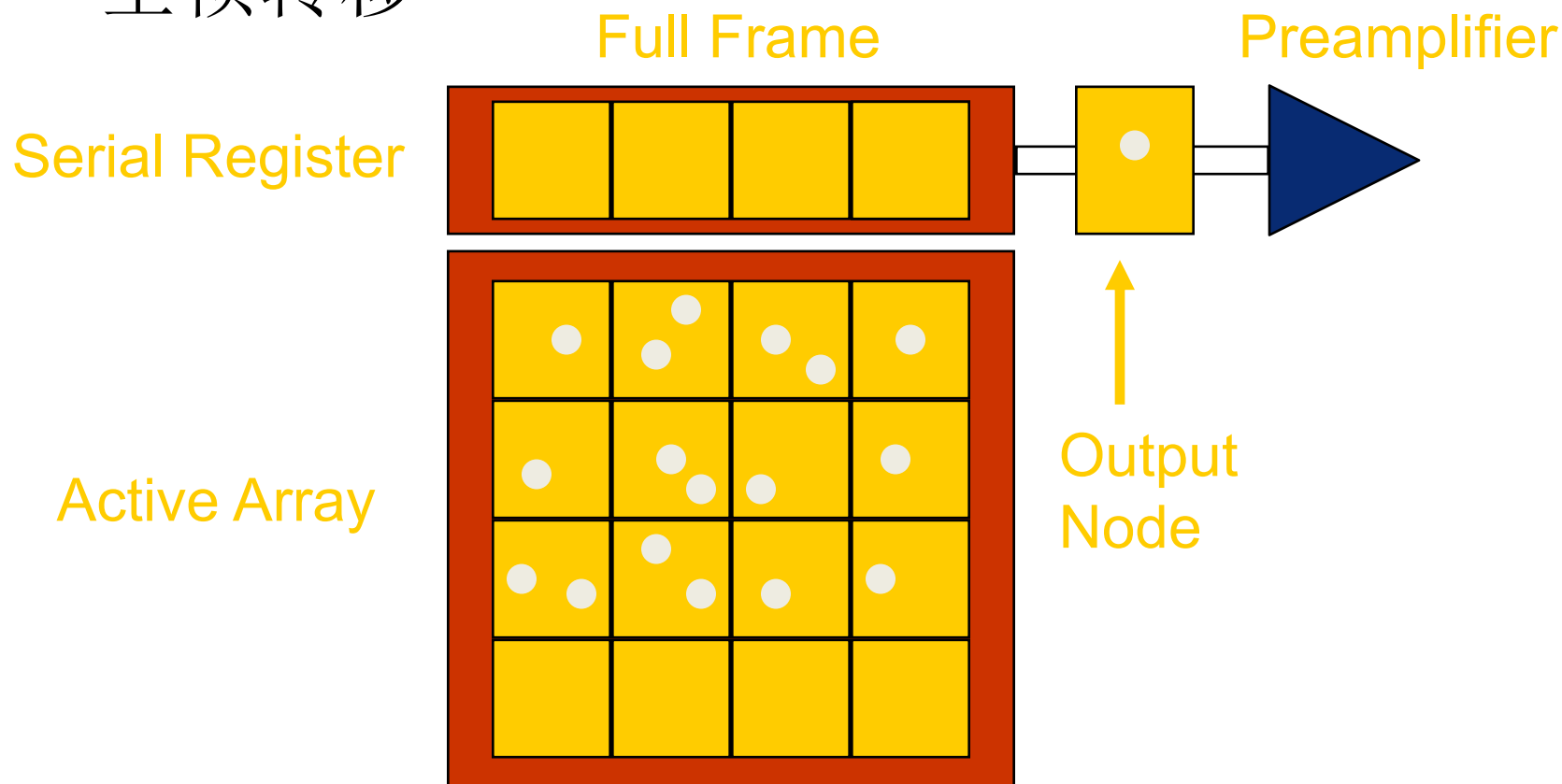
# CCD工作原理

- 全帧转移



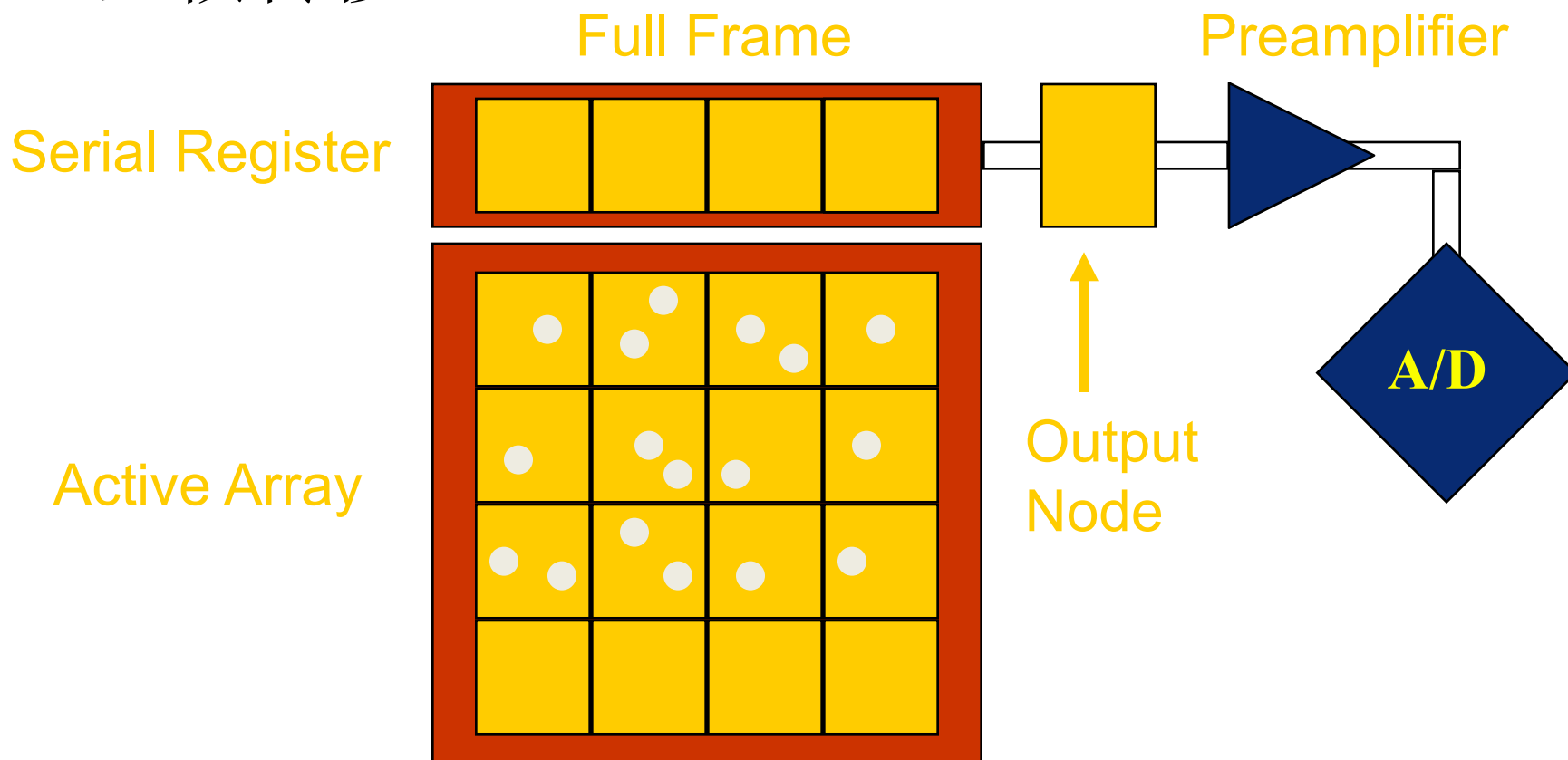
# CCD工作原理

- 全帧转移



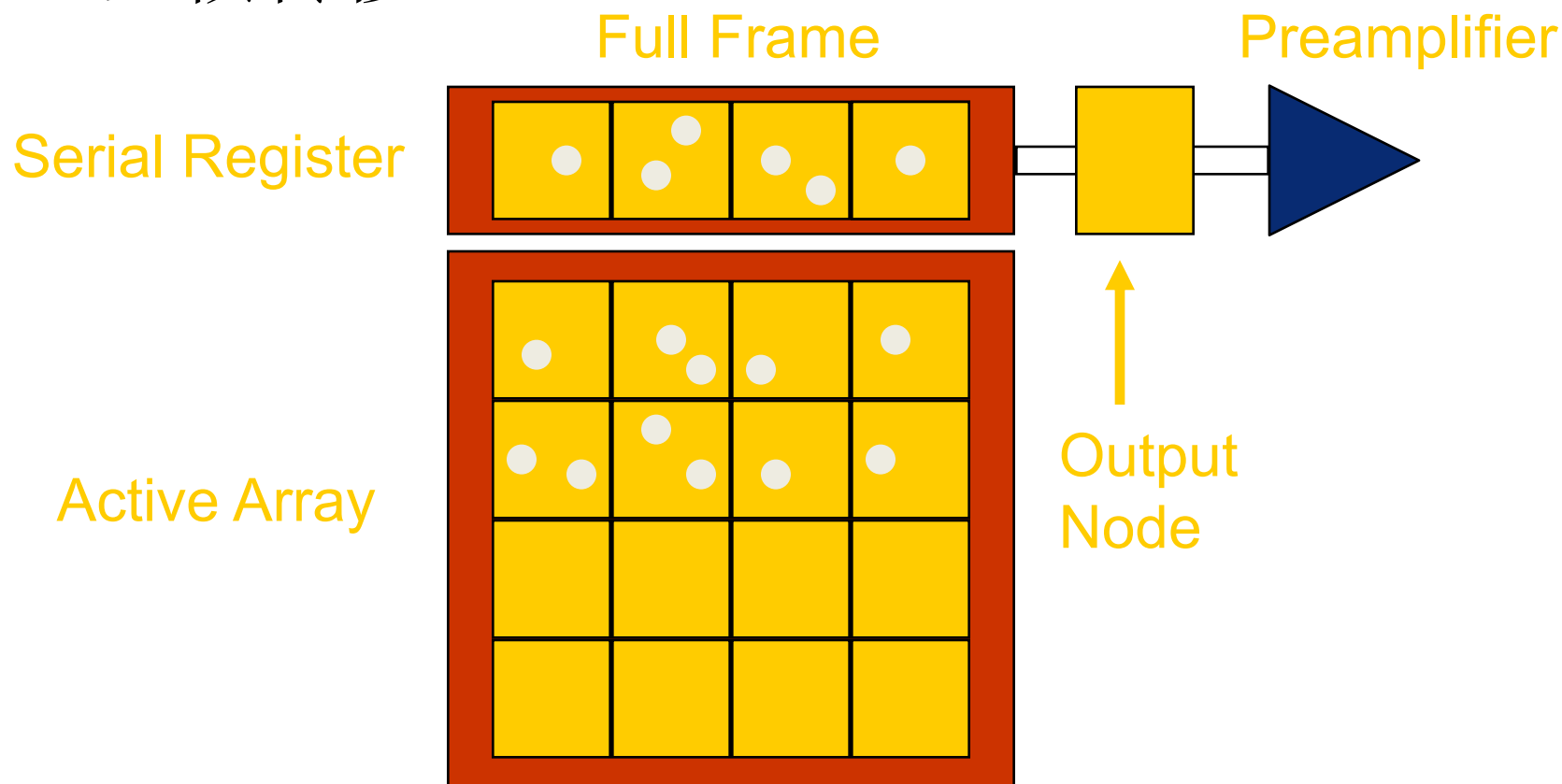
# CCD工作原理

- 全帧转移



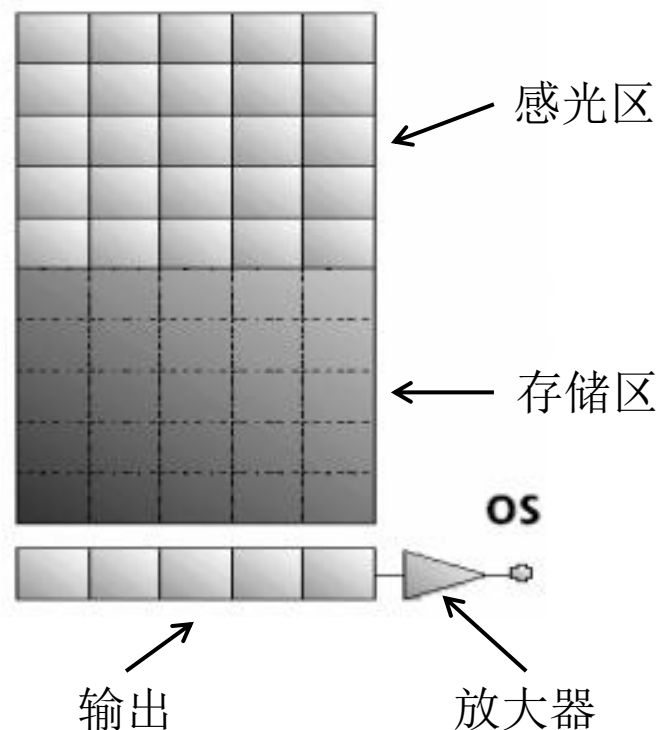
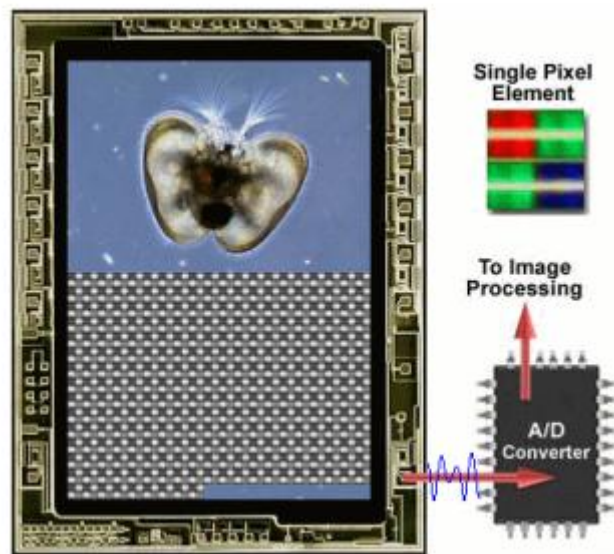
# CCD工作原理

- 全帧转移



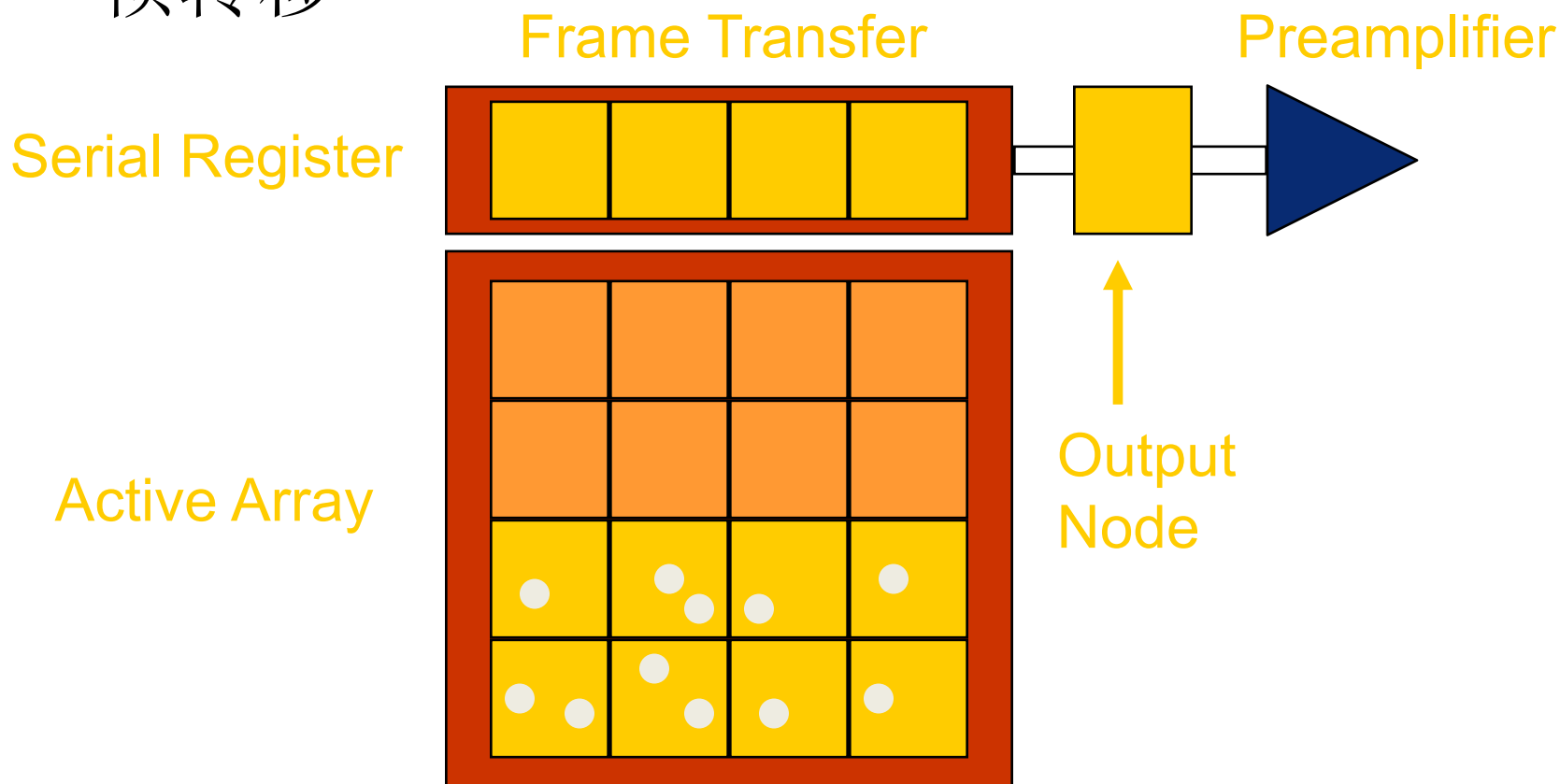
# CCD工作原理

- 帧转移



# CCD工作原理

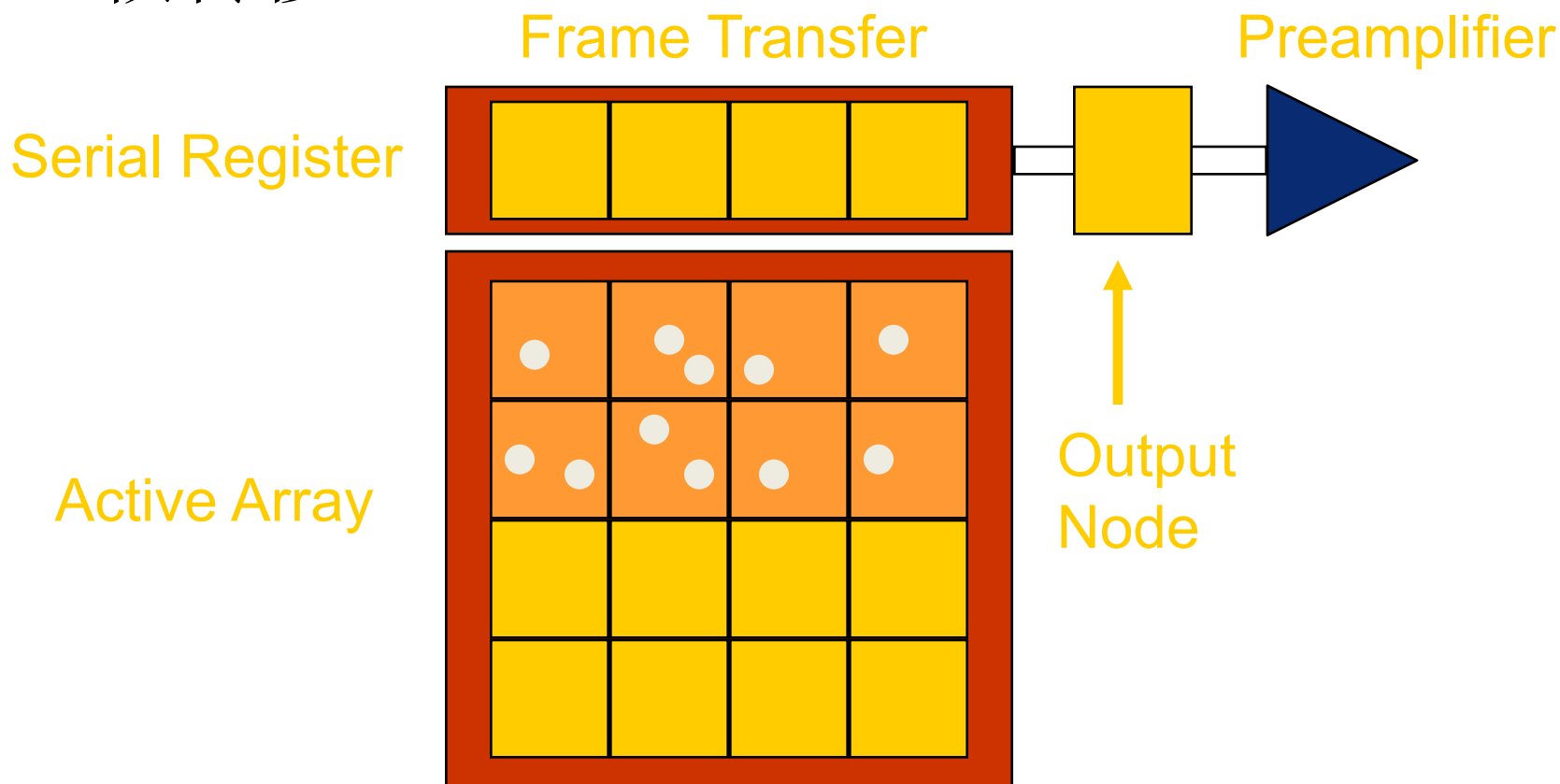
- 帧转移





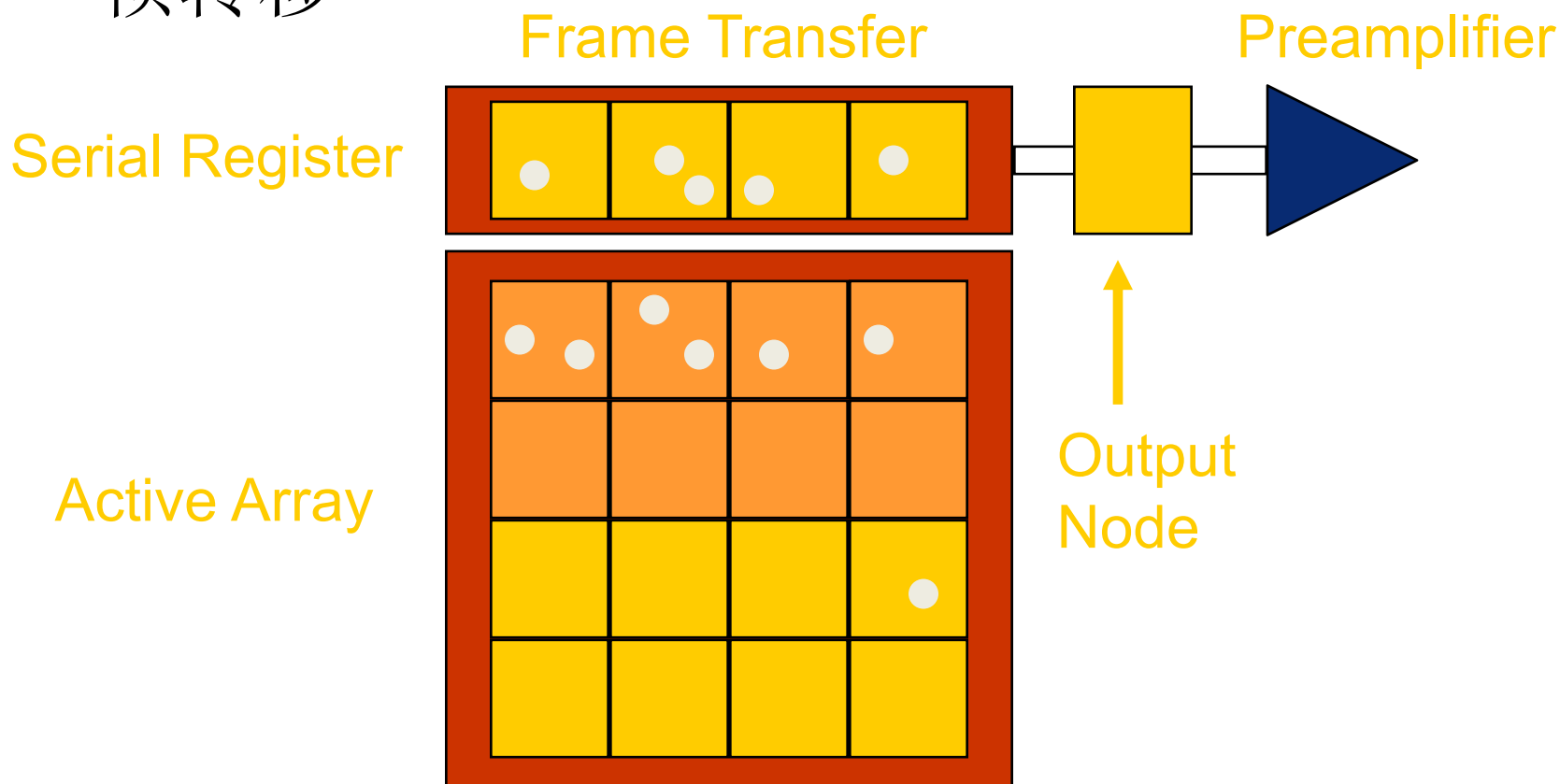
# CCD工作原理

- 帧转移



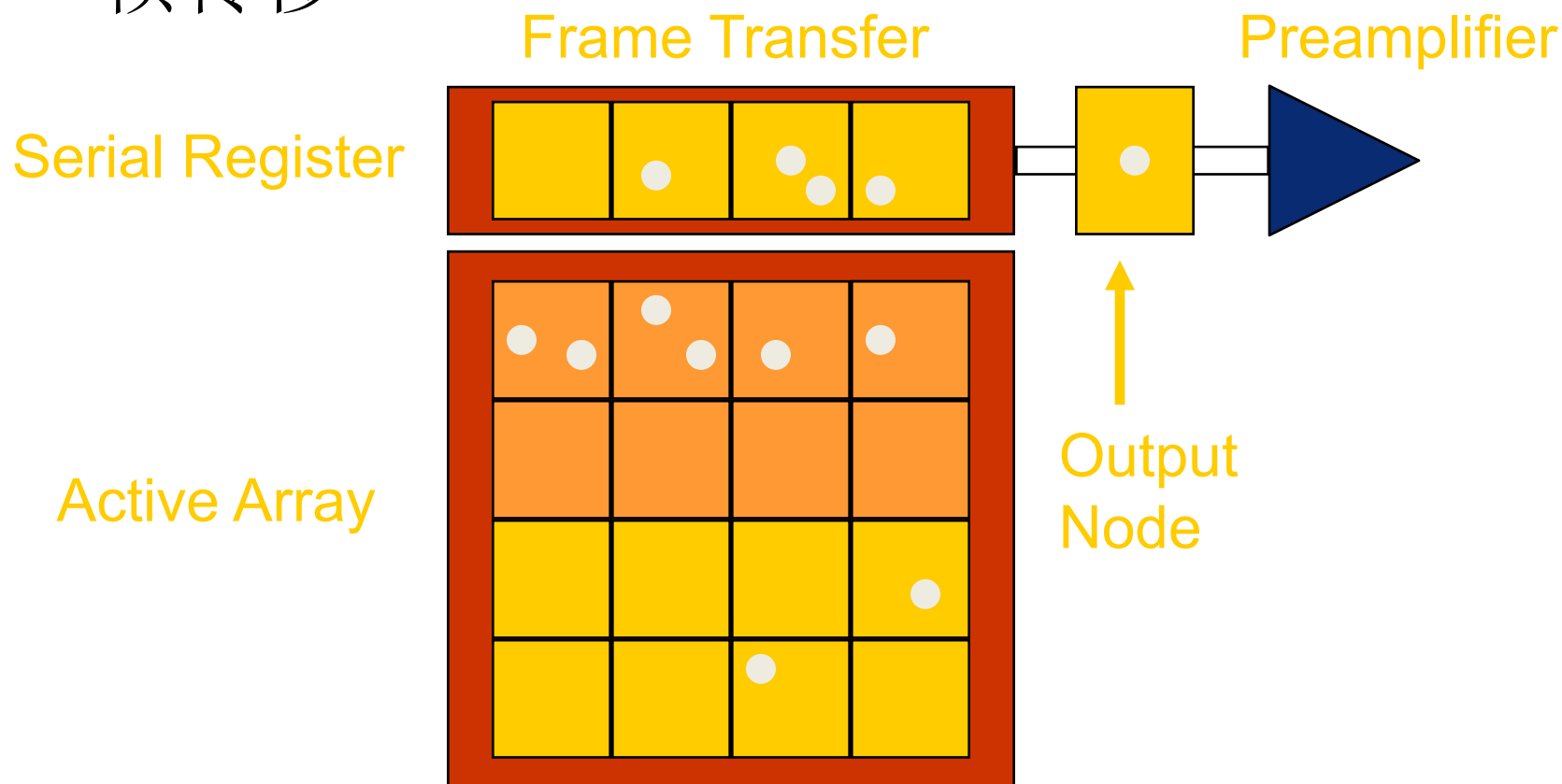
# CCD工作原理

- 帧转移



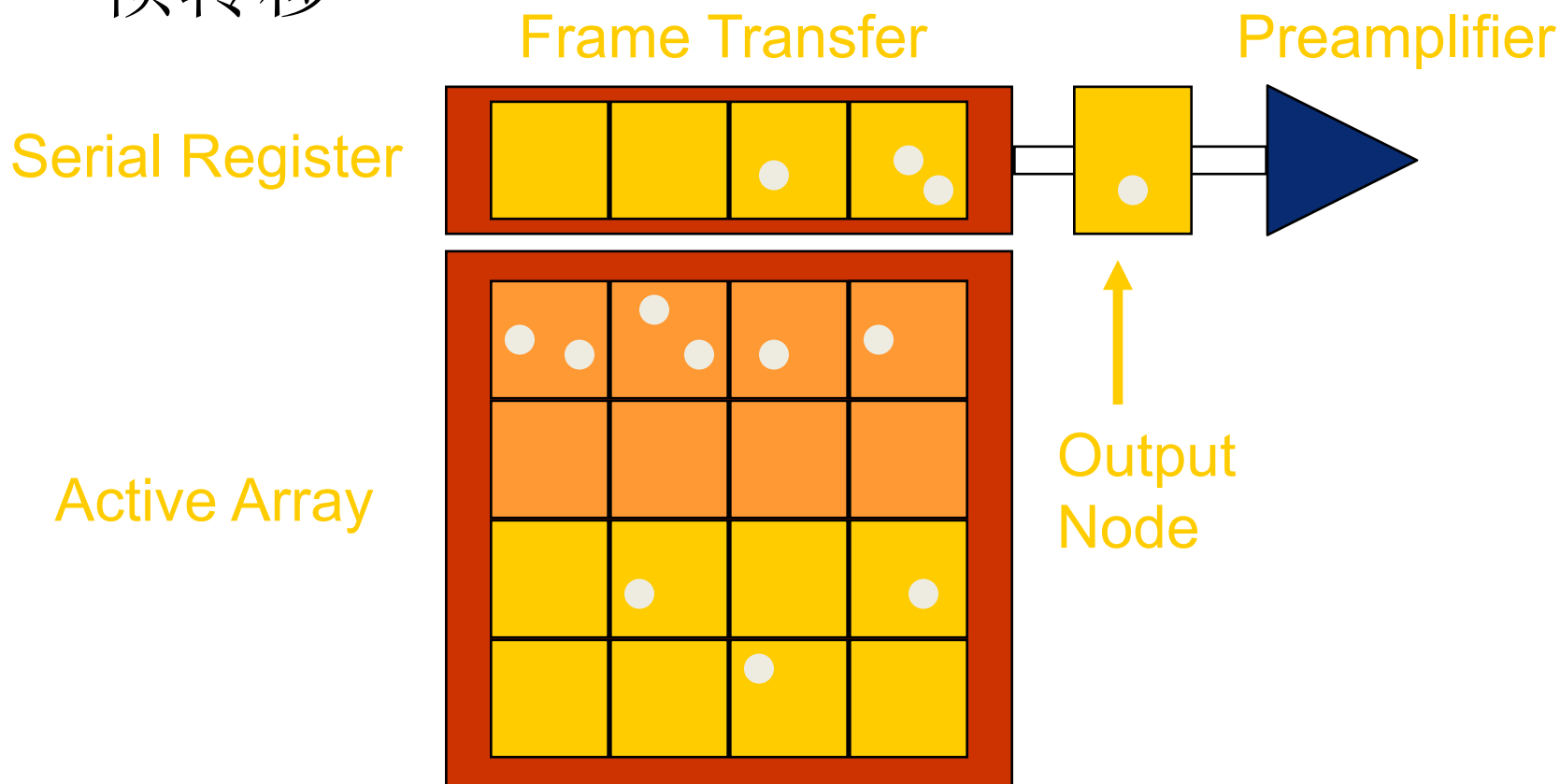
# CCD工作原理

- 帧转移



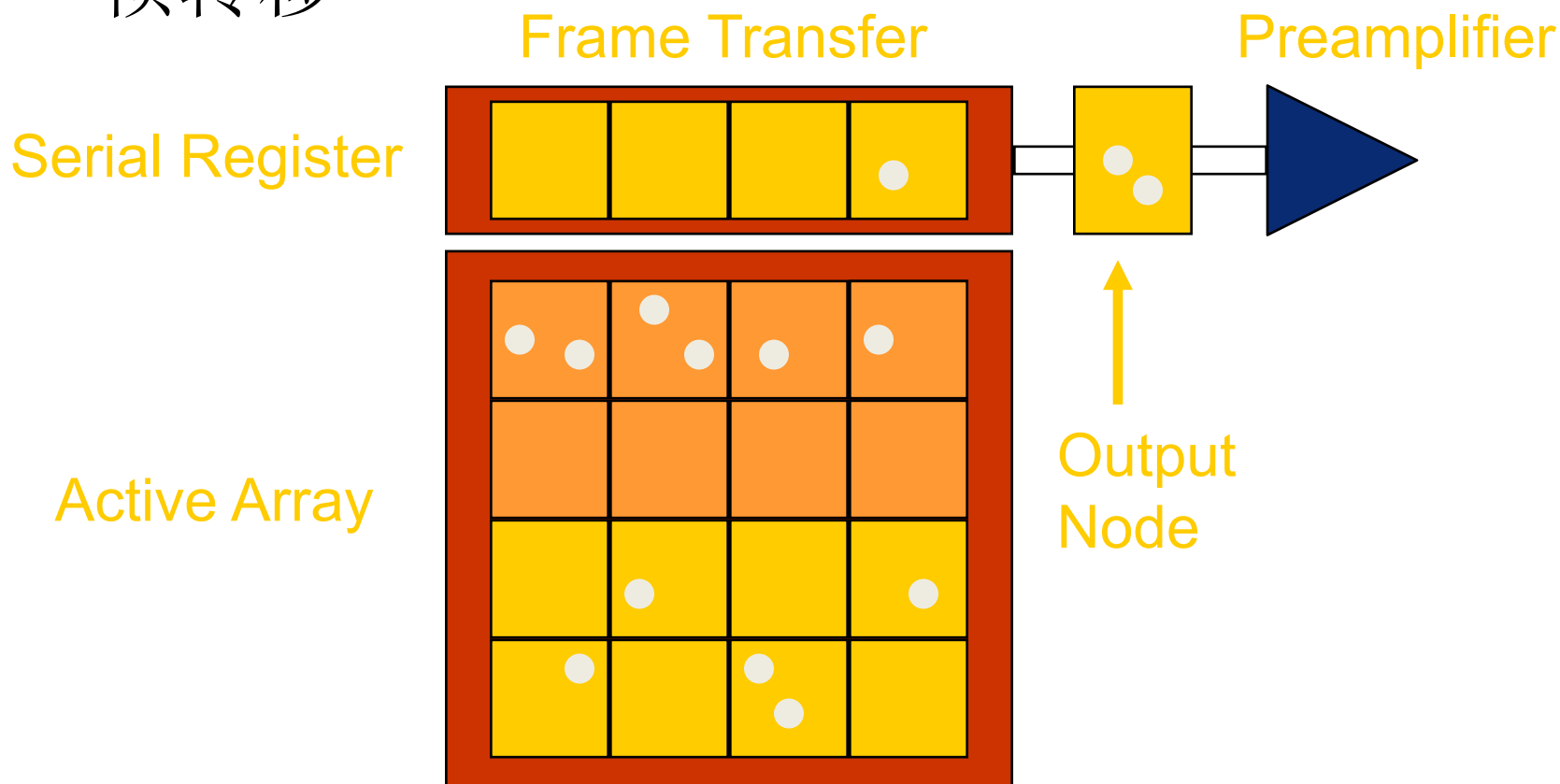
# CCD工作原理

- 帧转移



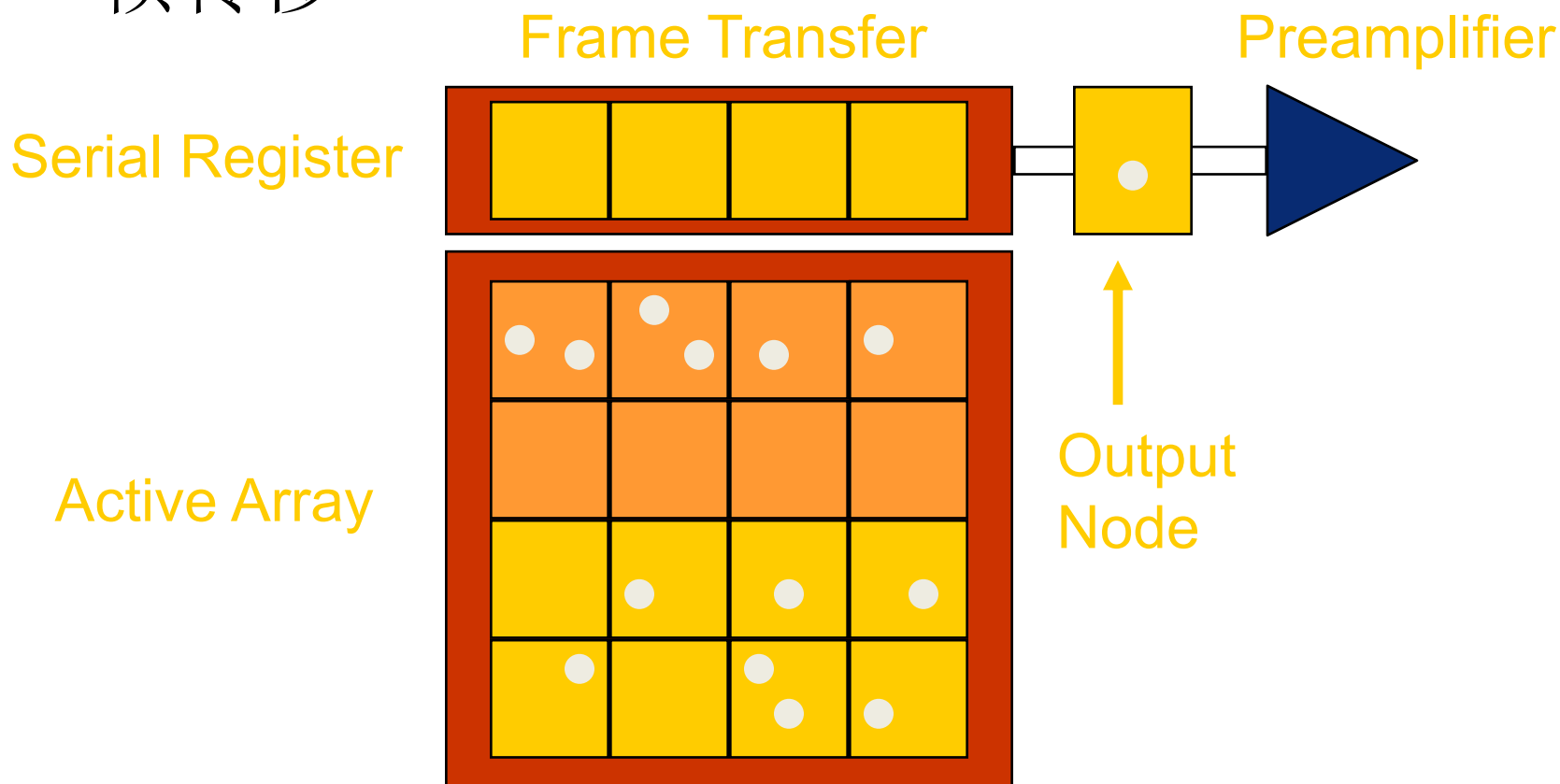
# CCD工作原理

- 帧转移



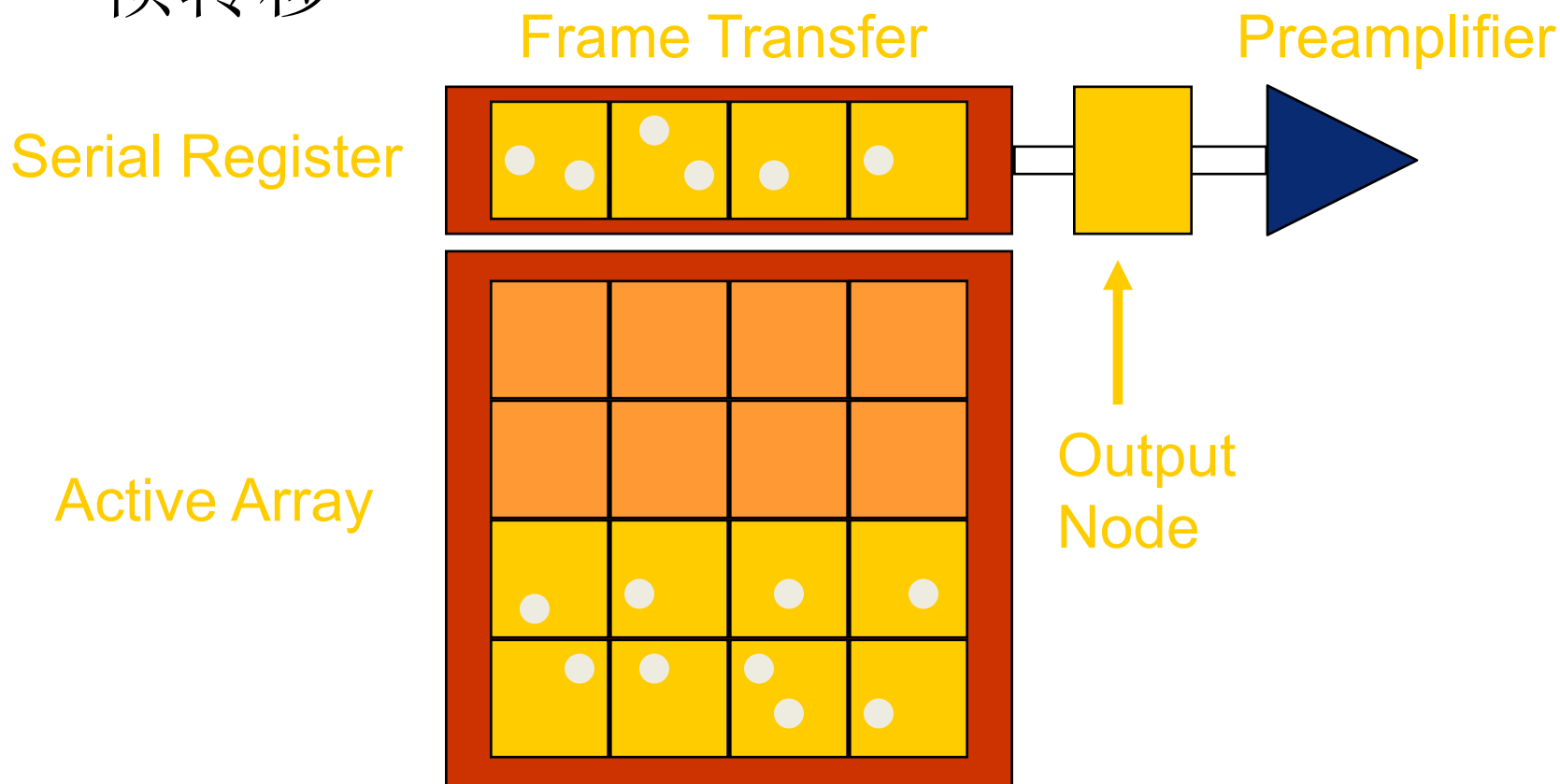
# CCD工作原理

- 帧转移



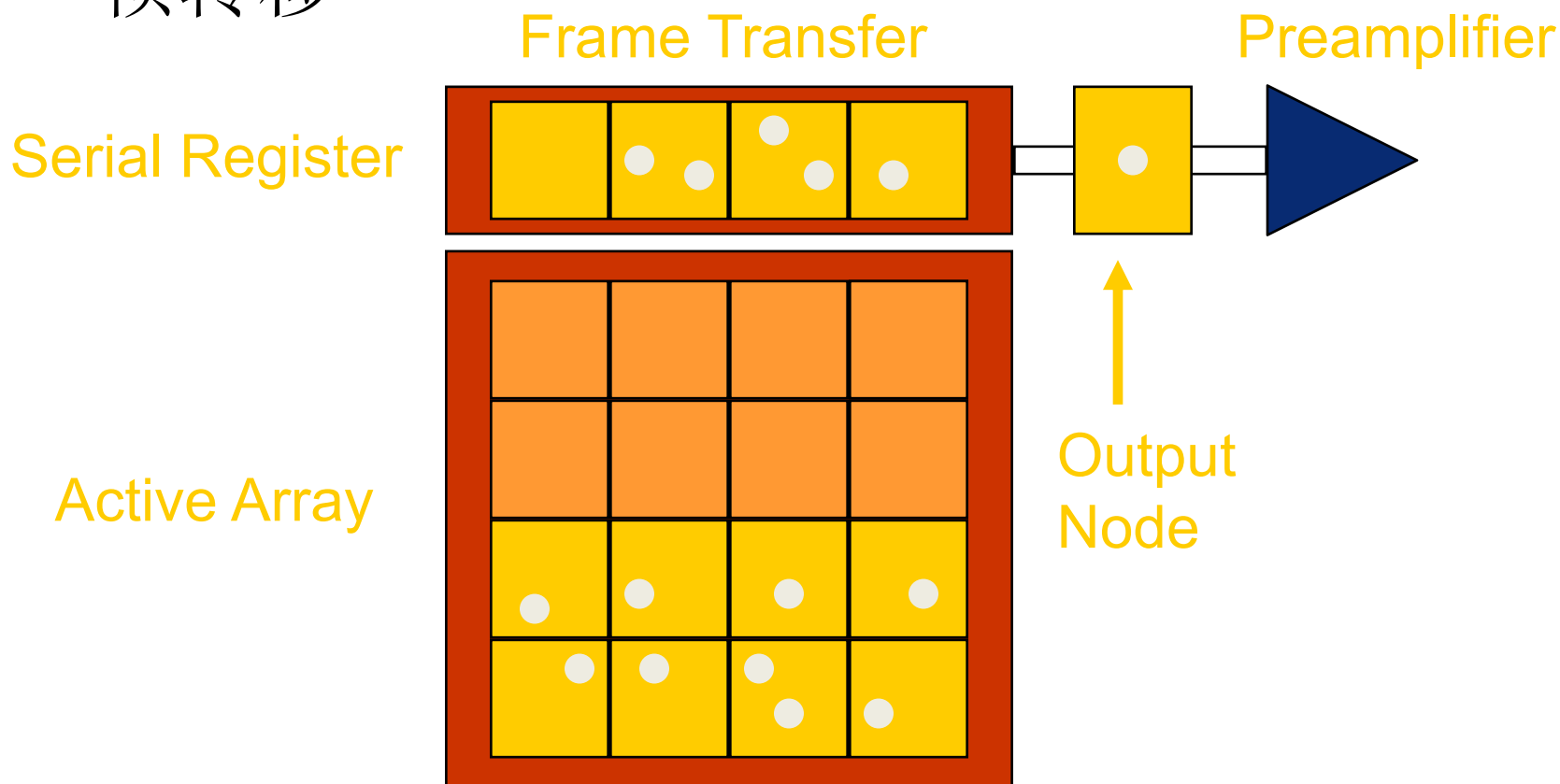
# CCD工作原理

- 帧转移



# CCD工作原理

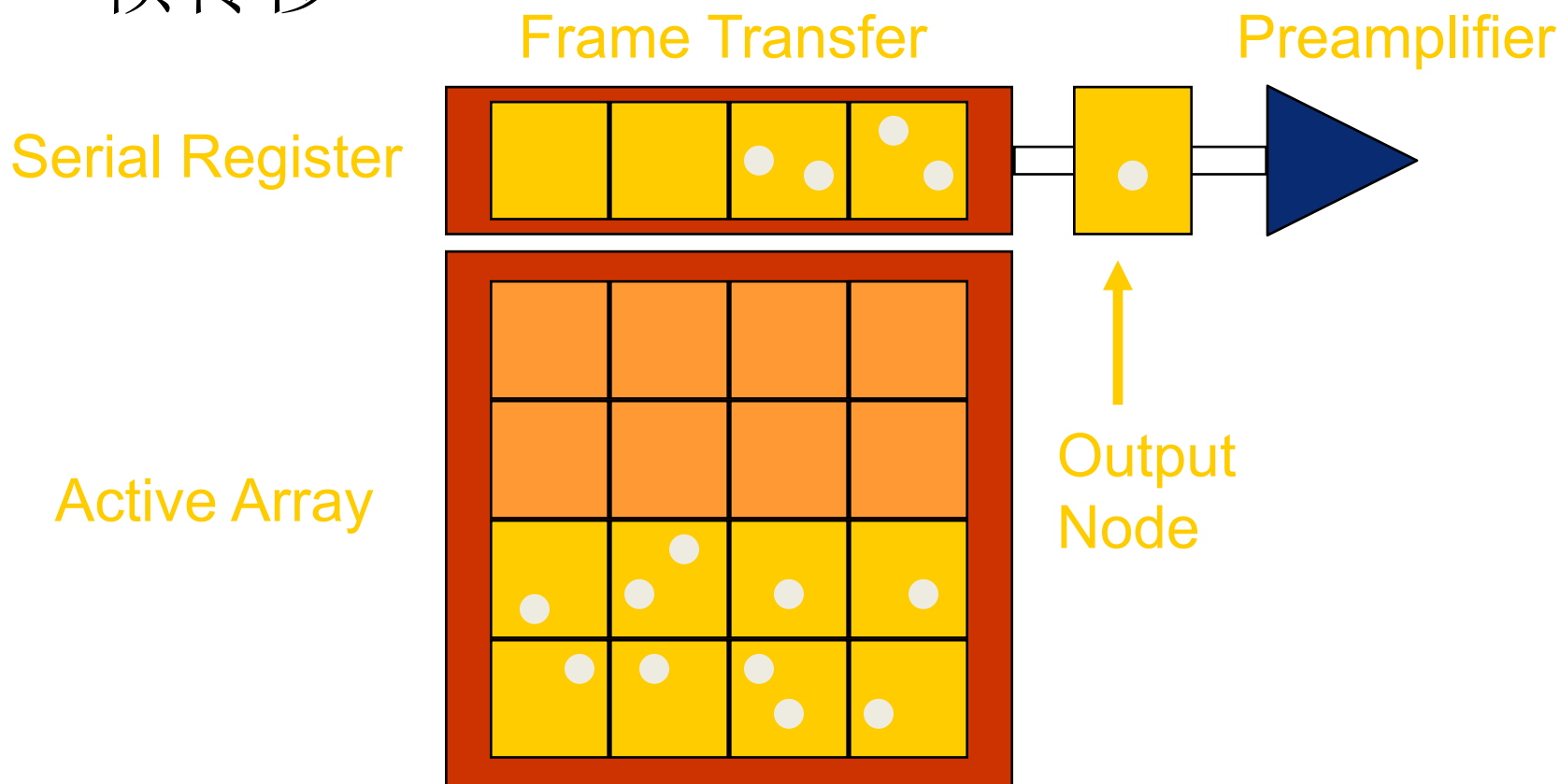
- 帧转移





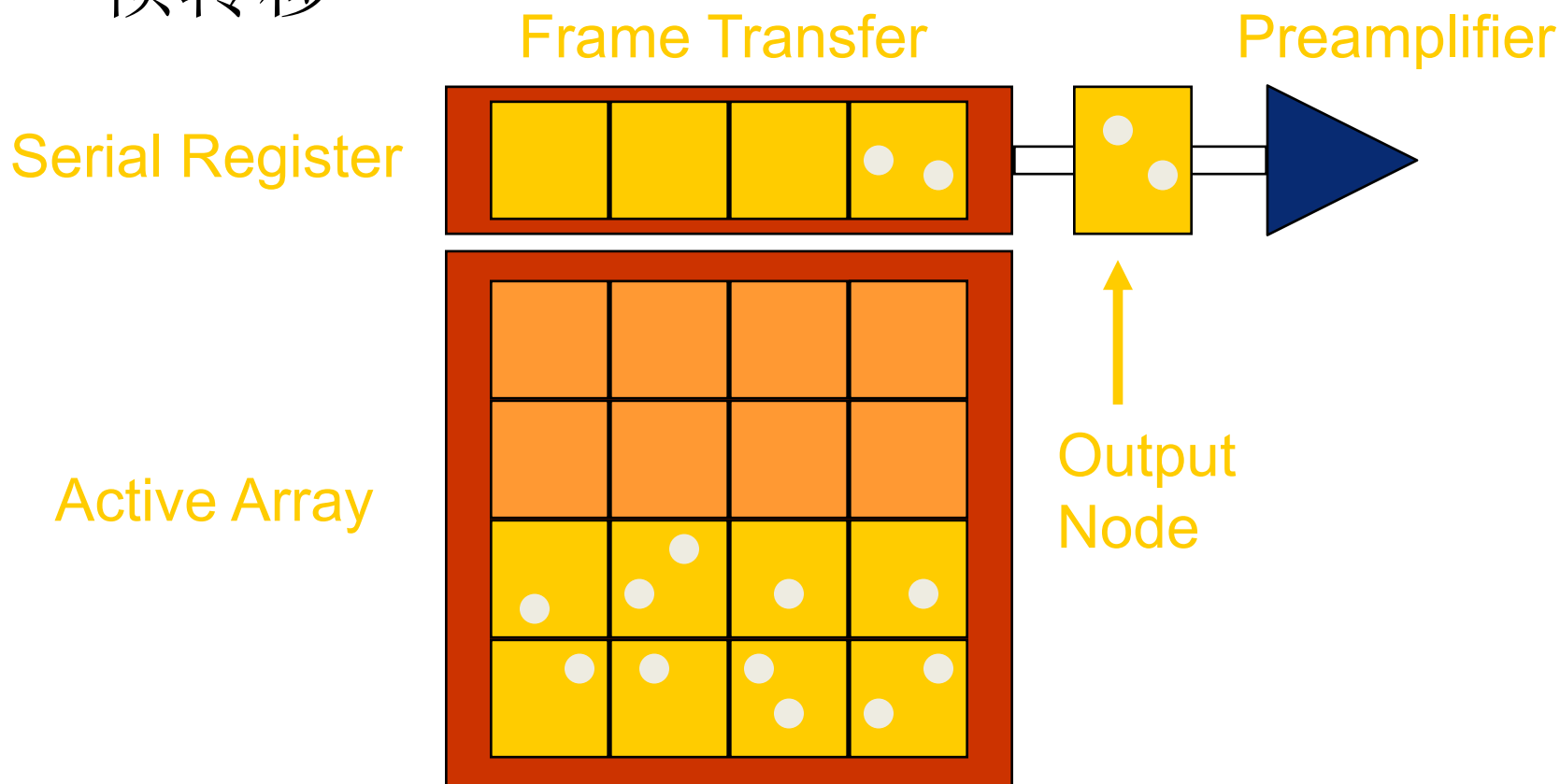
# CCD工作原理

- 帧转移



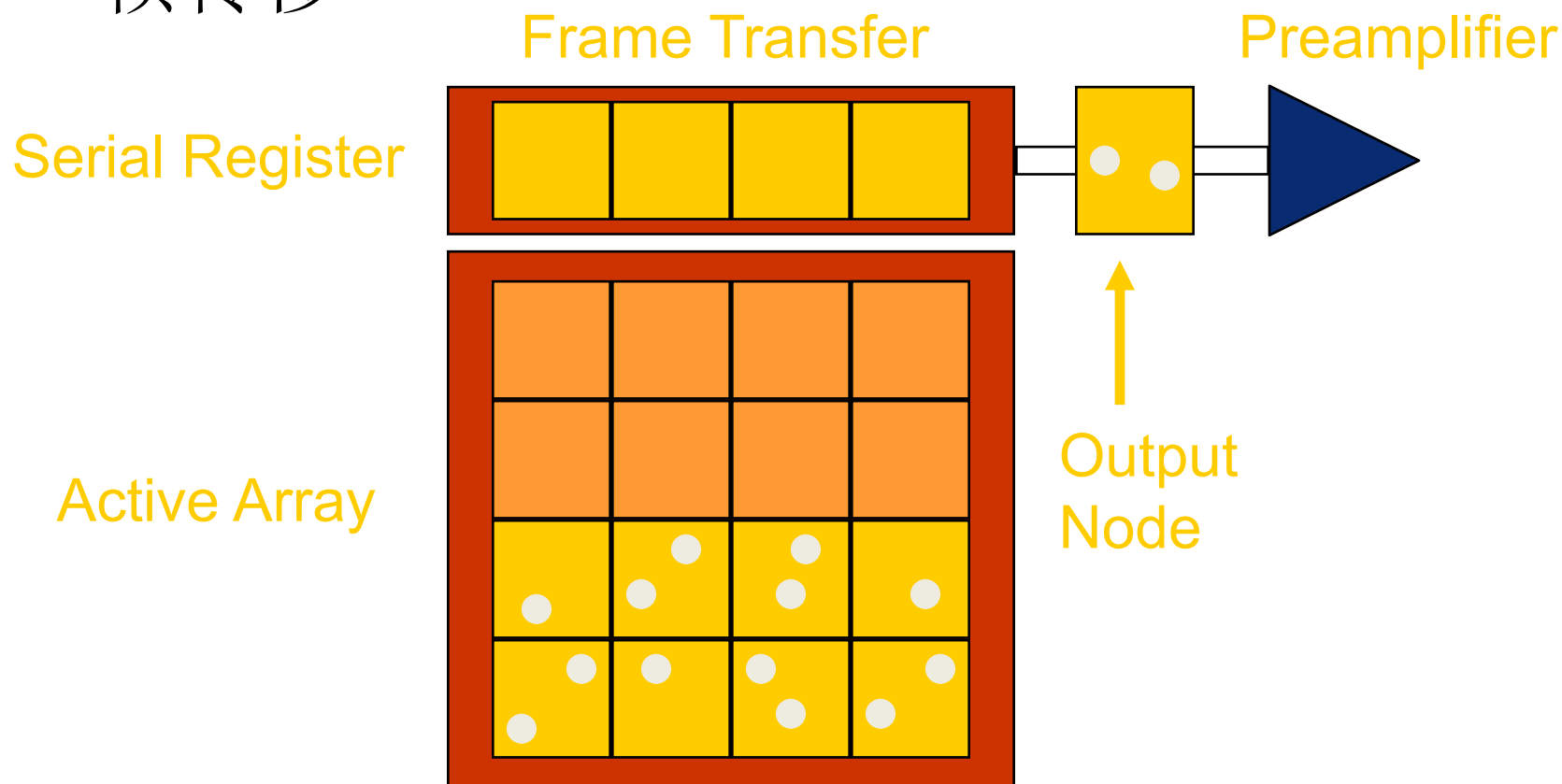
# CCD工作原理

- 帧转移



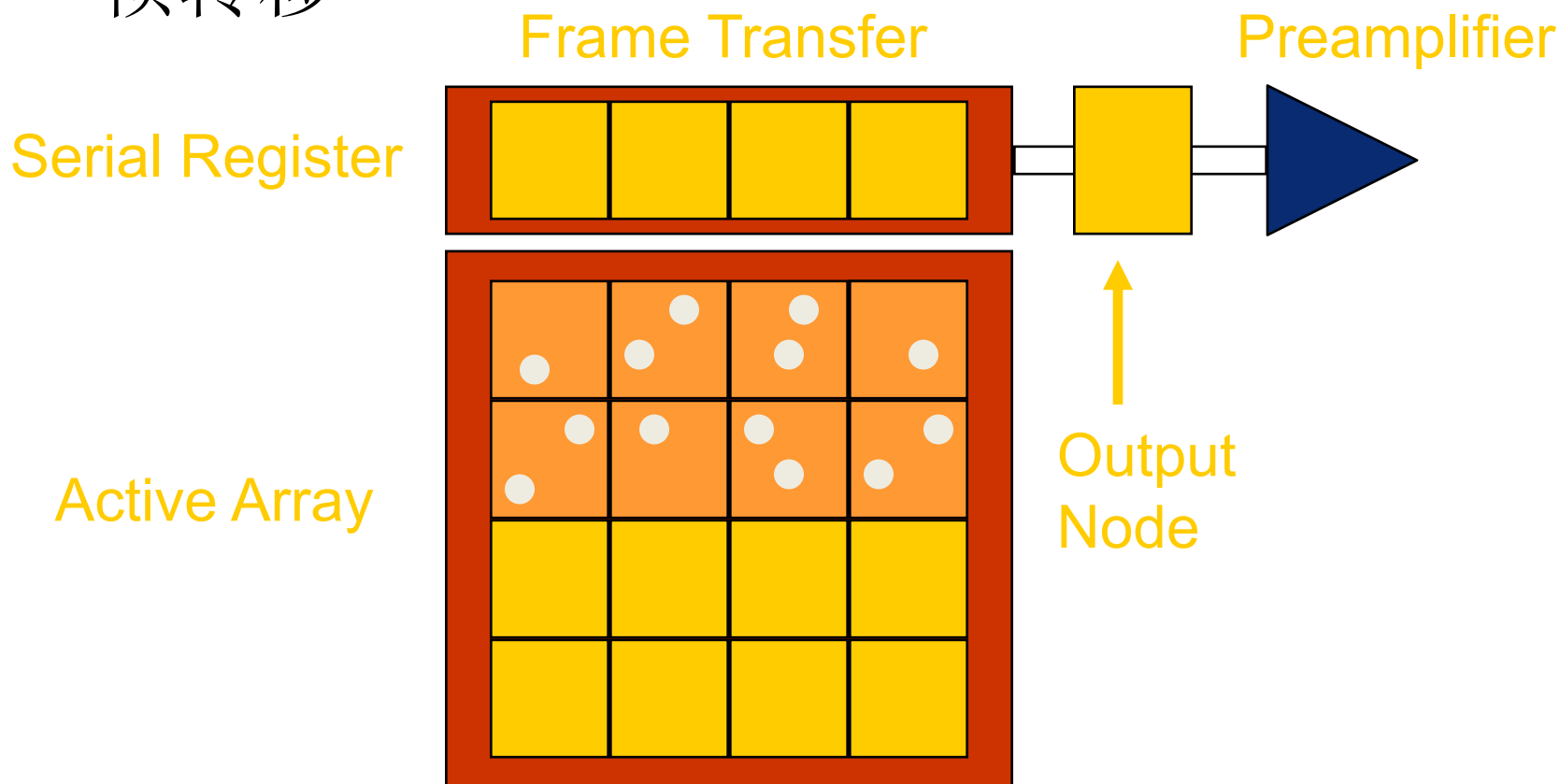
# CCD工作原理

- 帧转移



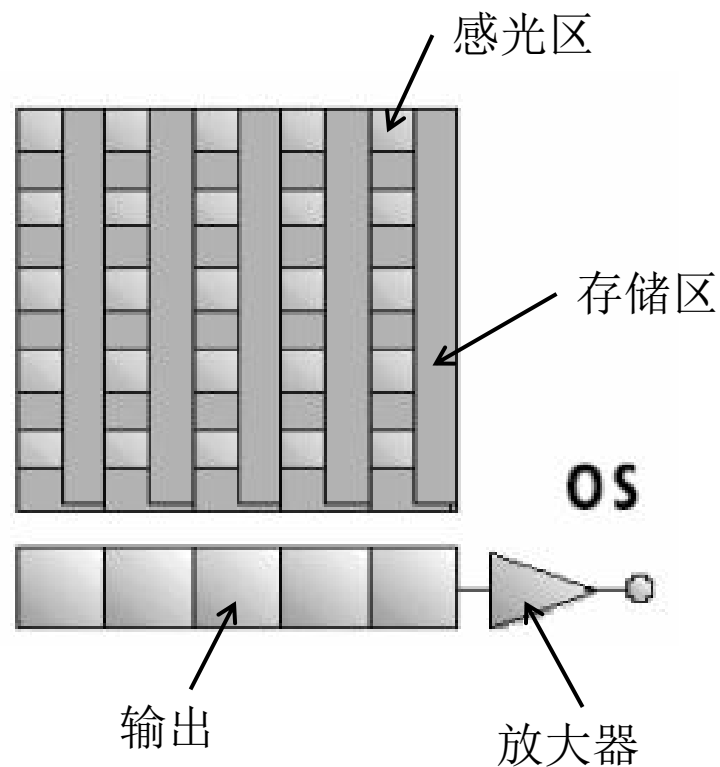
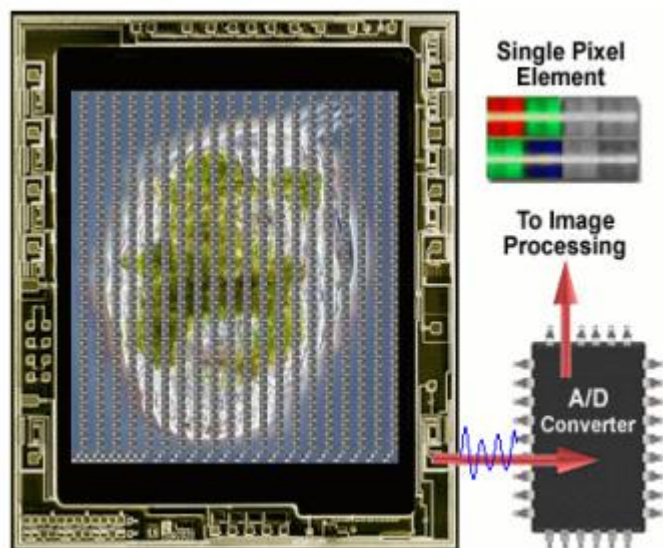
# CCD工作原理

- 帧转移



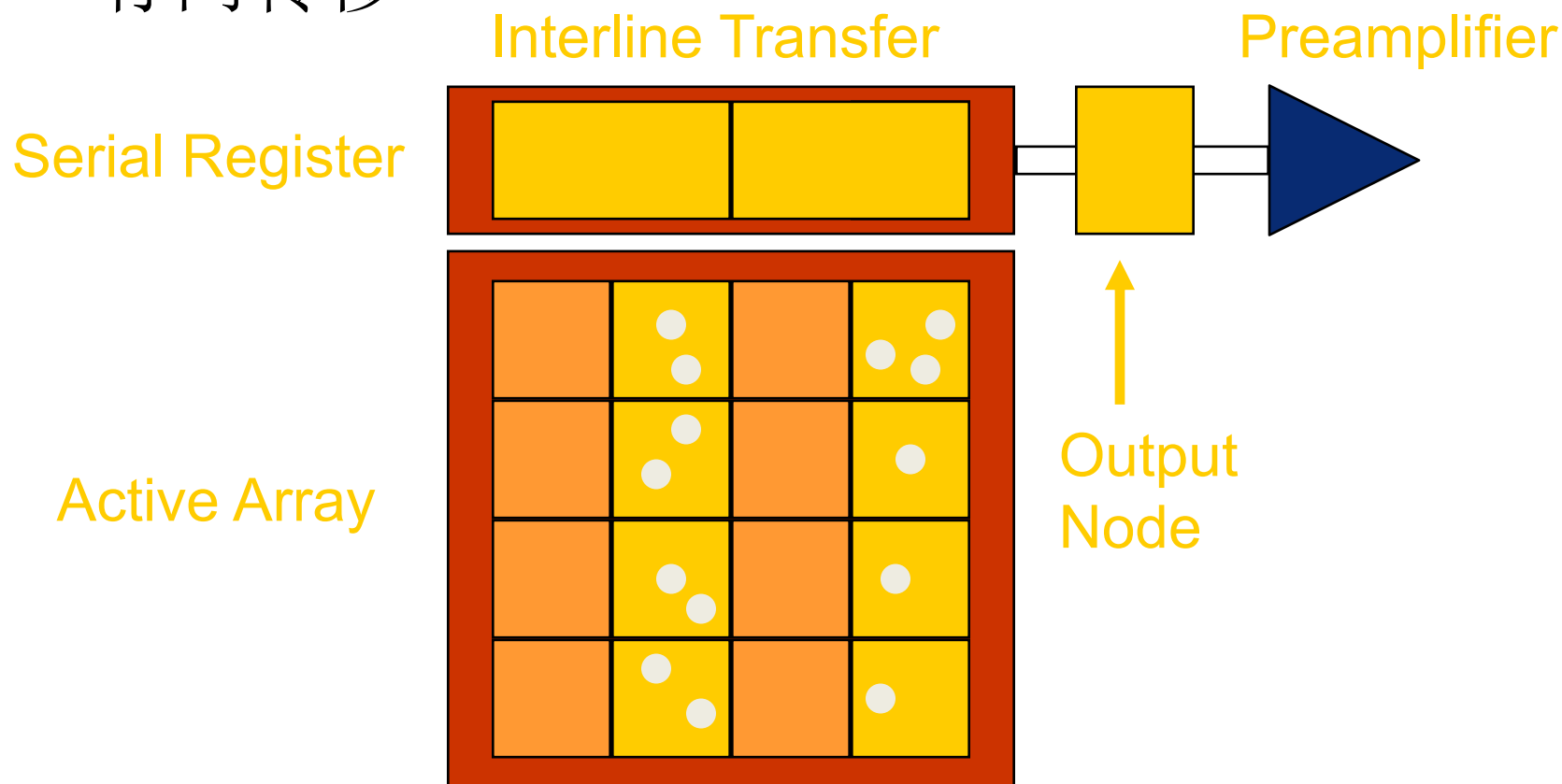
# CCD工作原理

- 行间转移



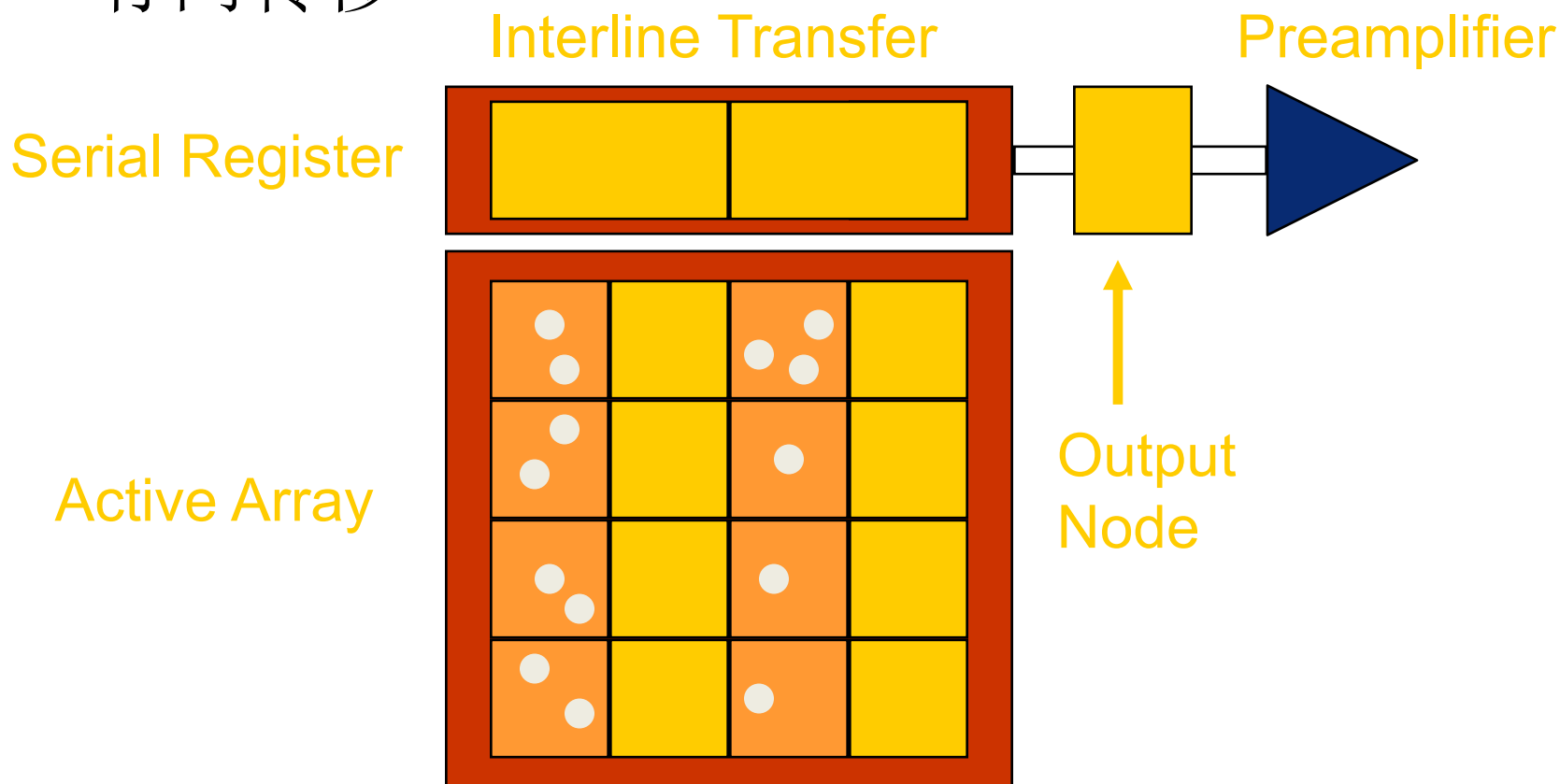
# CCD工作原理

- 行间转移



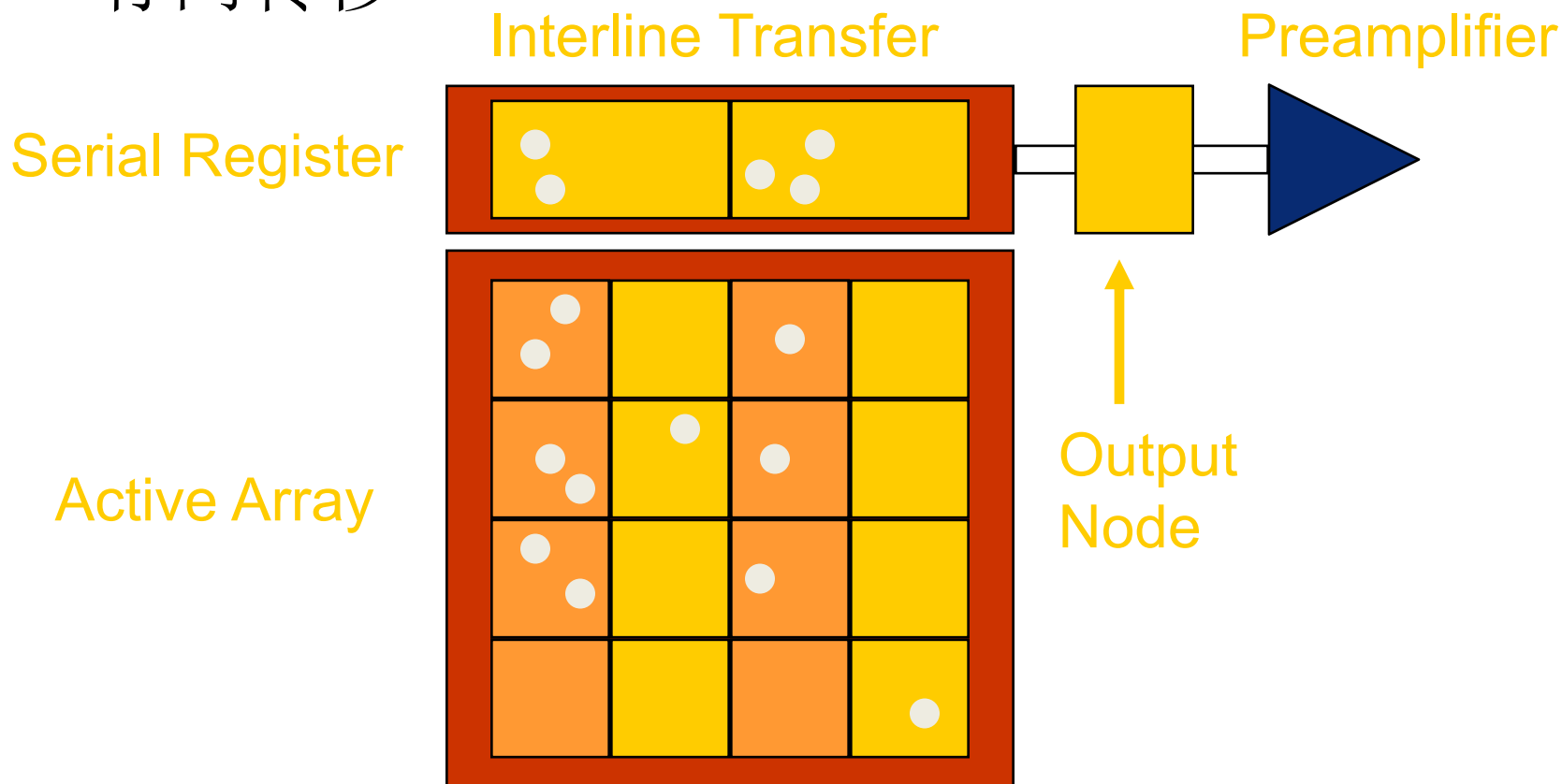
# CCD工作原理

- 行间转移



# CCD工作原理

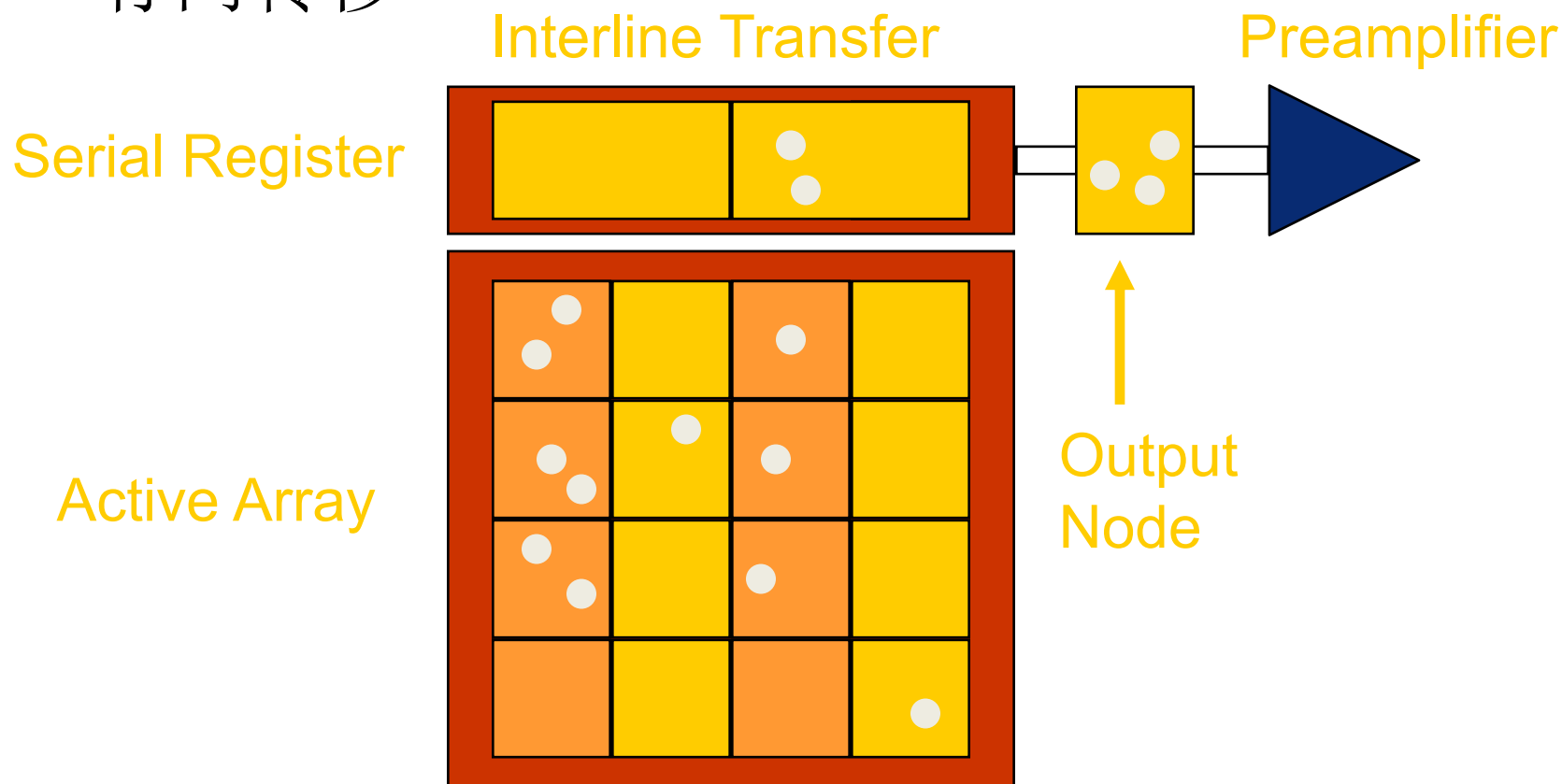
- 行间转移





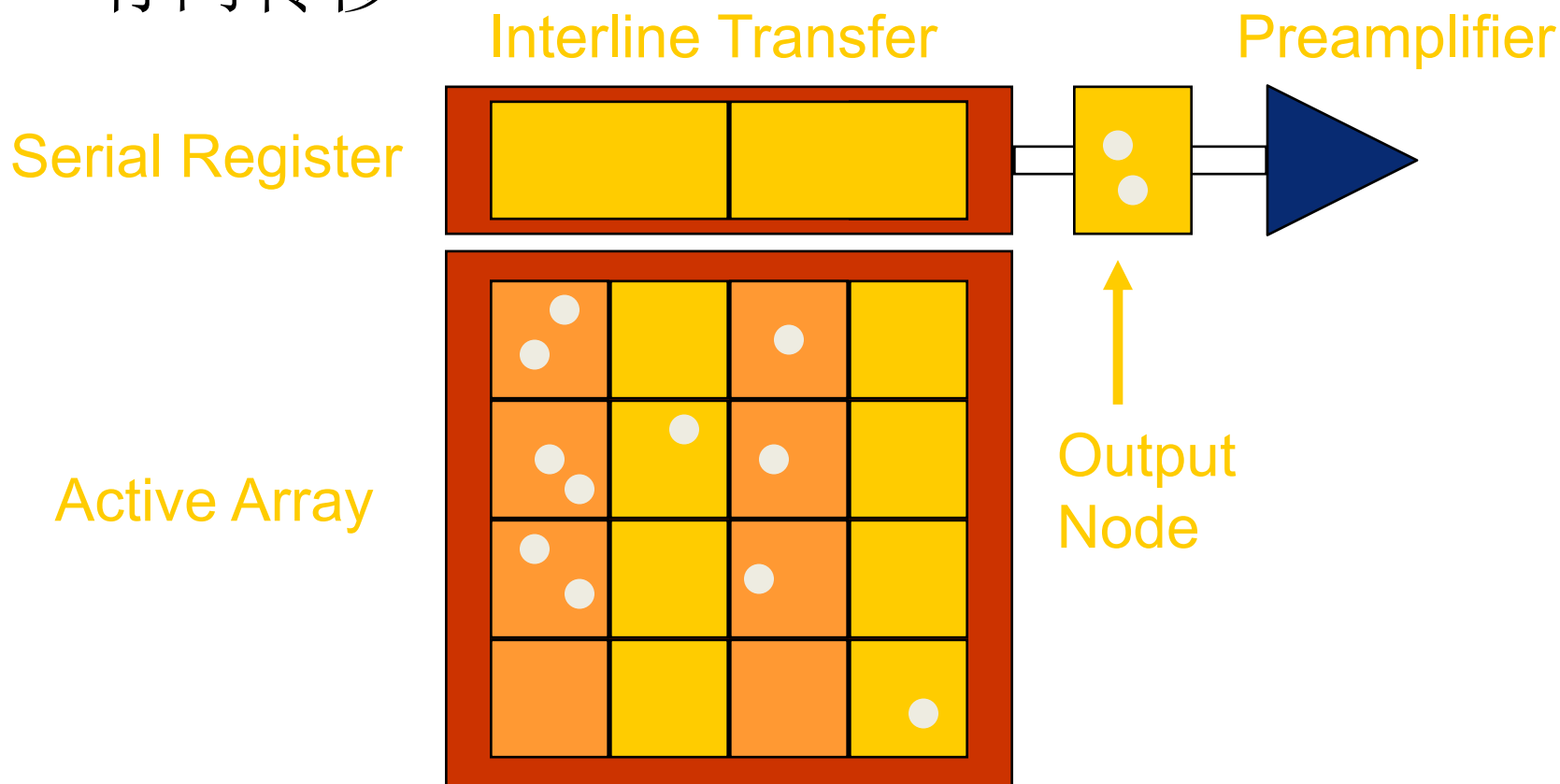
# CCD工作原理

- 行间转移



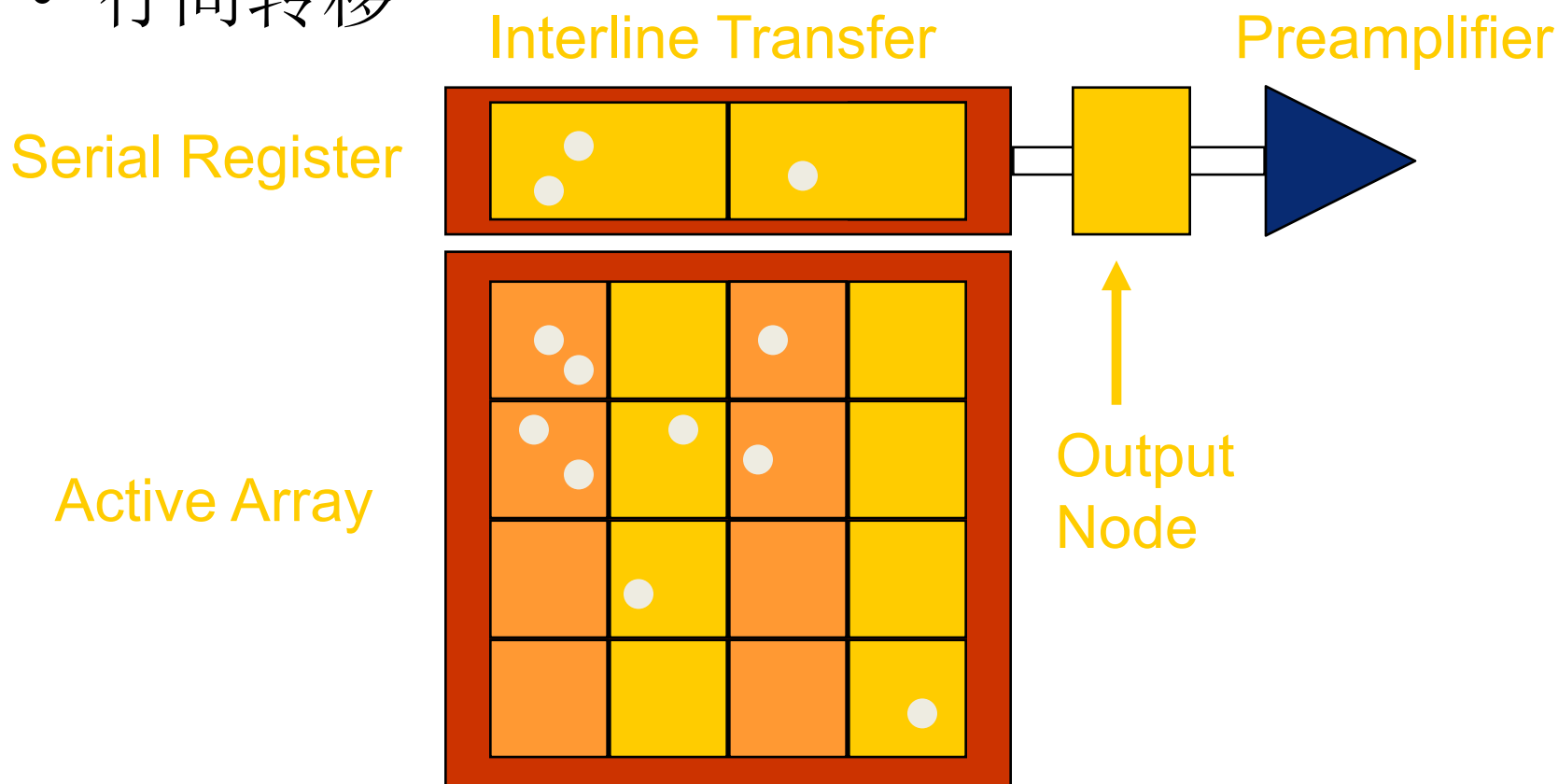
# CCD工作原理

- 行间转移



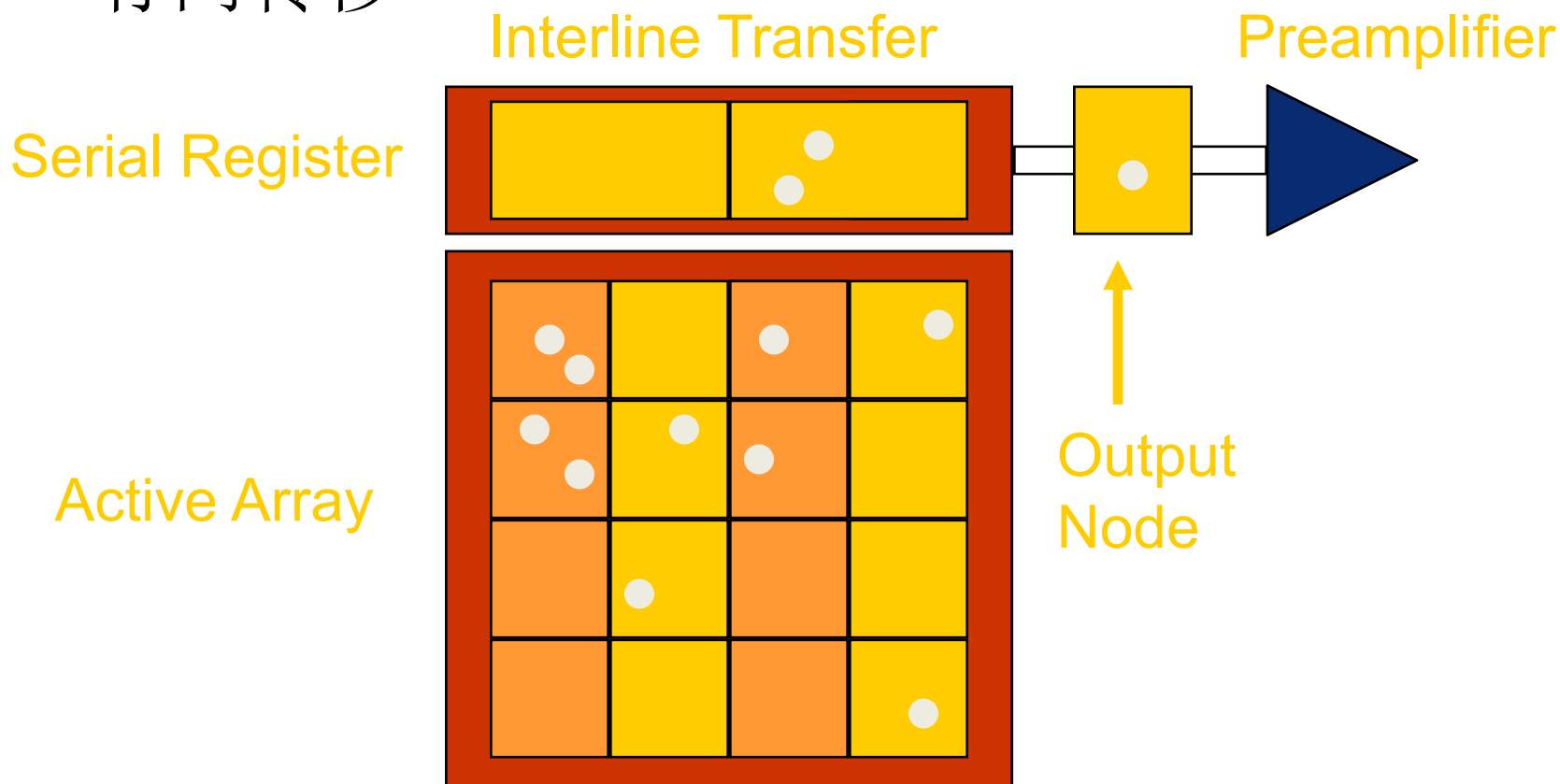
# CCD工作原理

- 行间转移



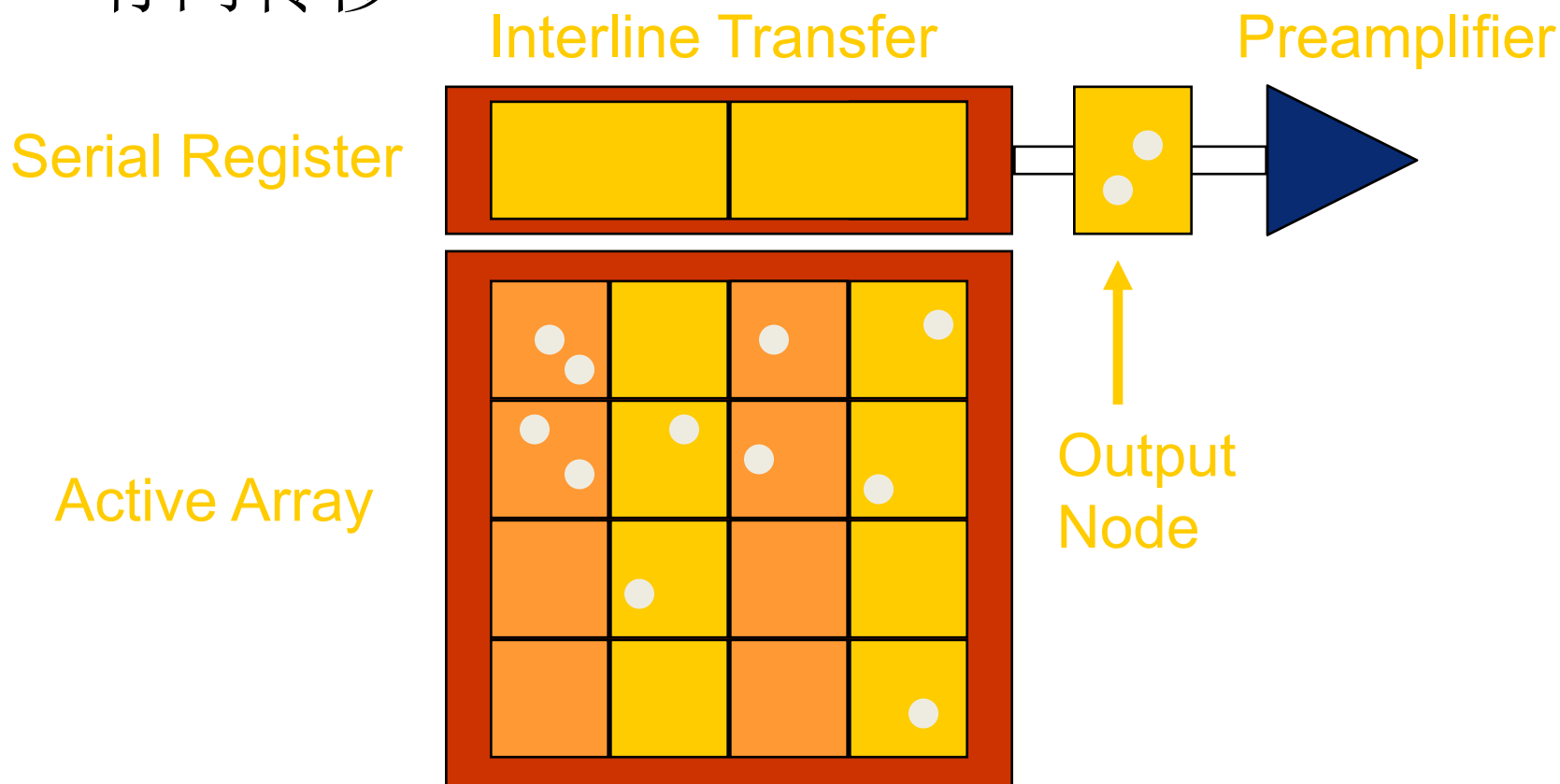
# CCD工作原理

- 行间转移



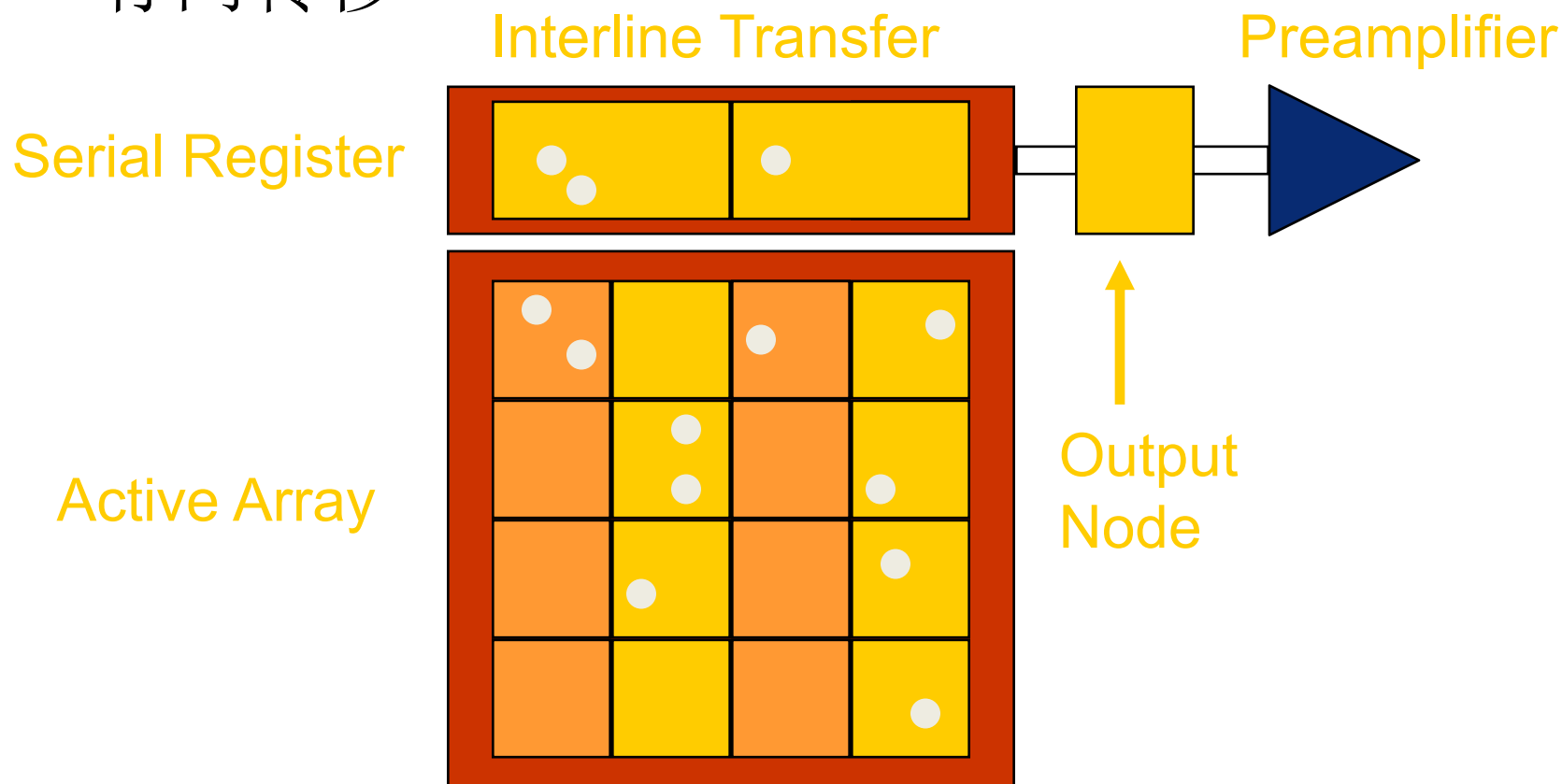
# CCD工作原理

- 行间转移



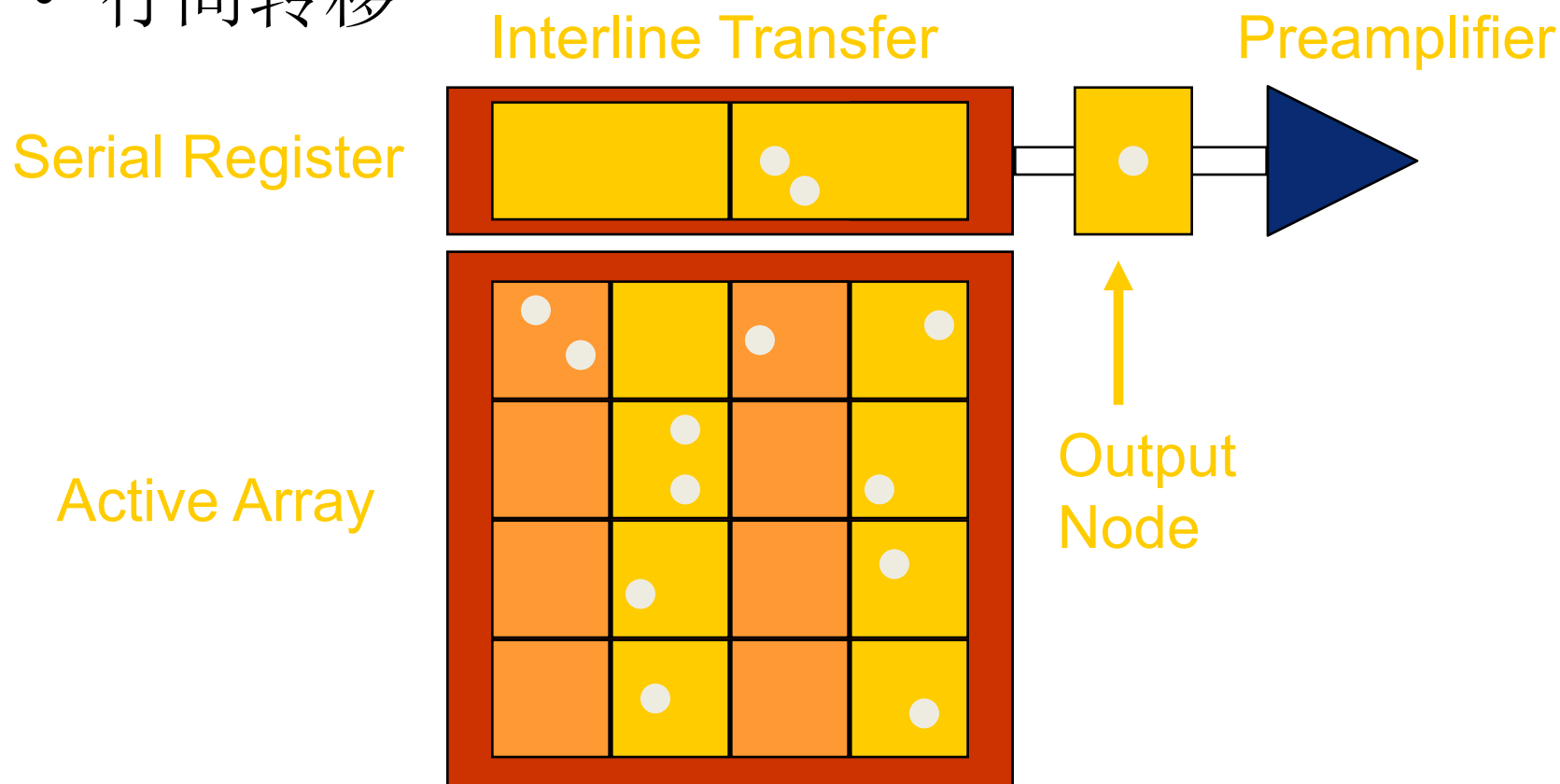
# CCD工作原理

- 行间转移



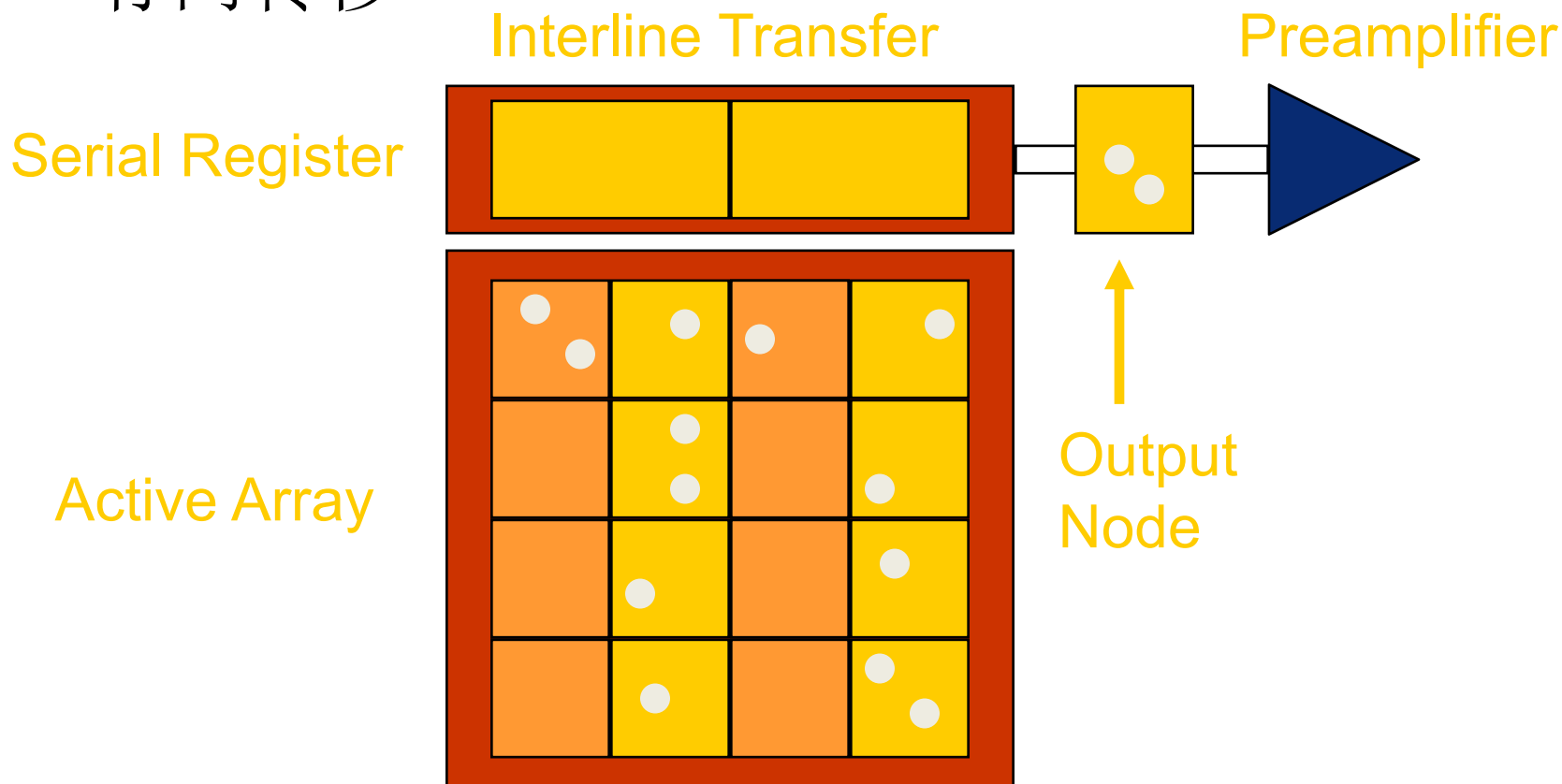
# CCD工作原理

- 行间转移



# CCD工作原理

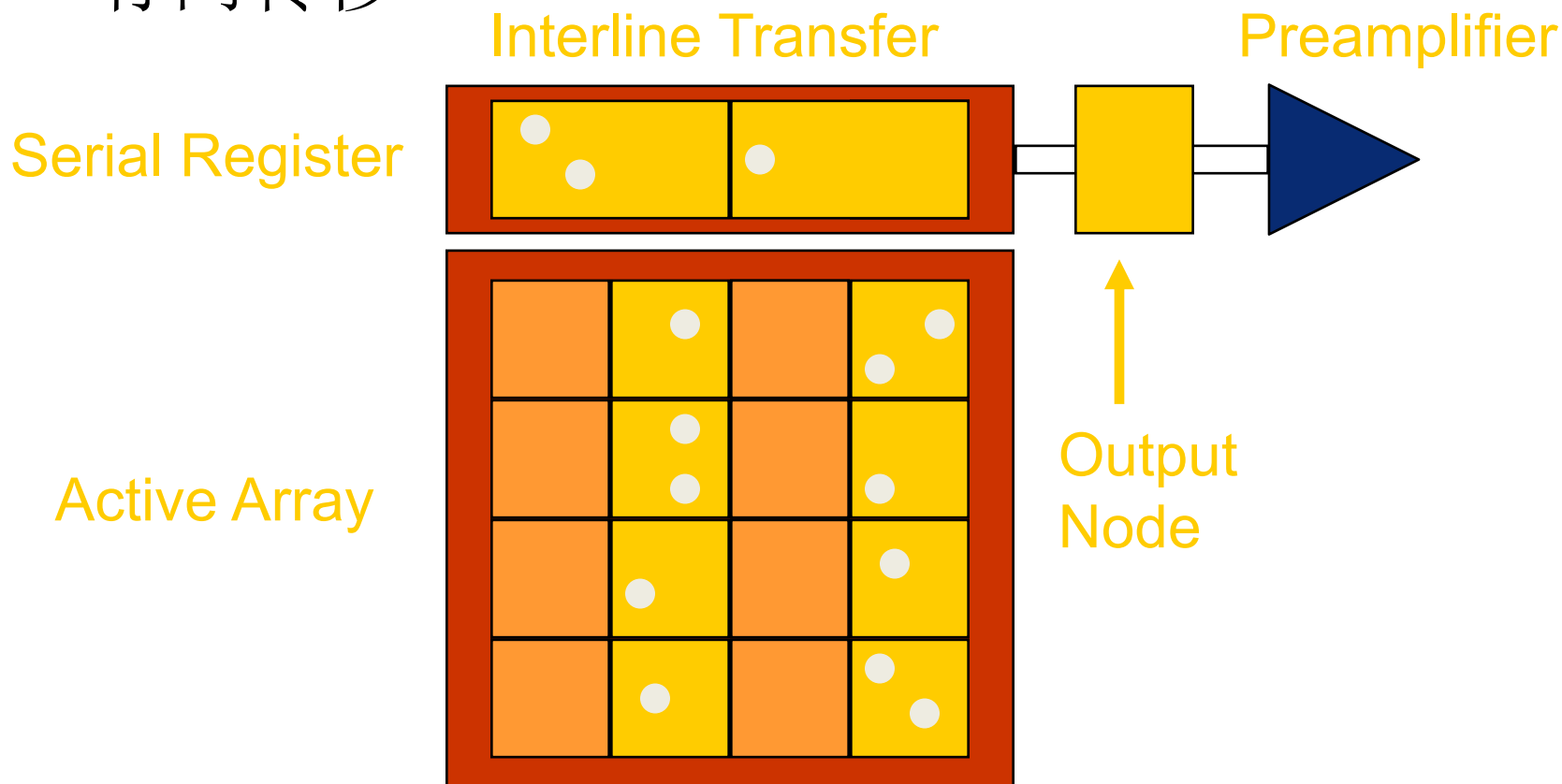
- 行间转移





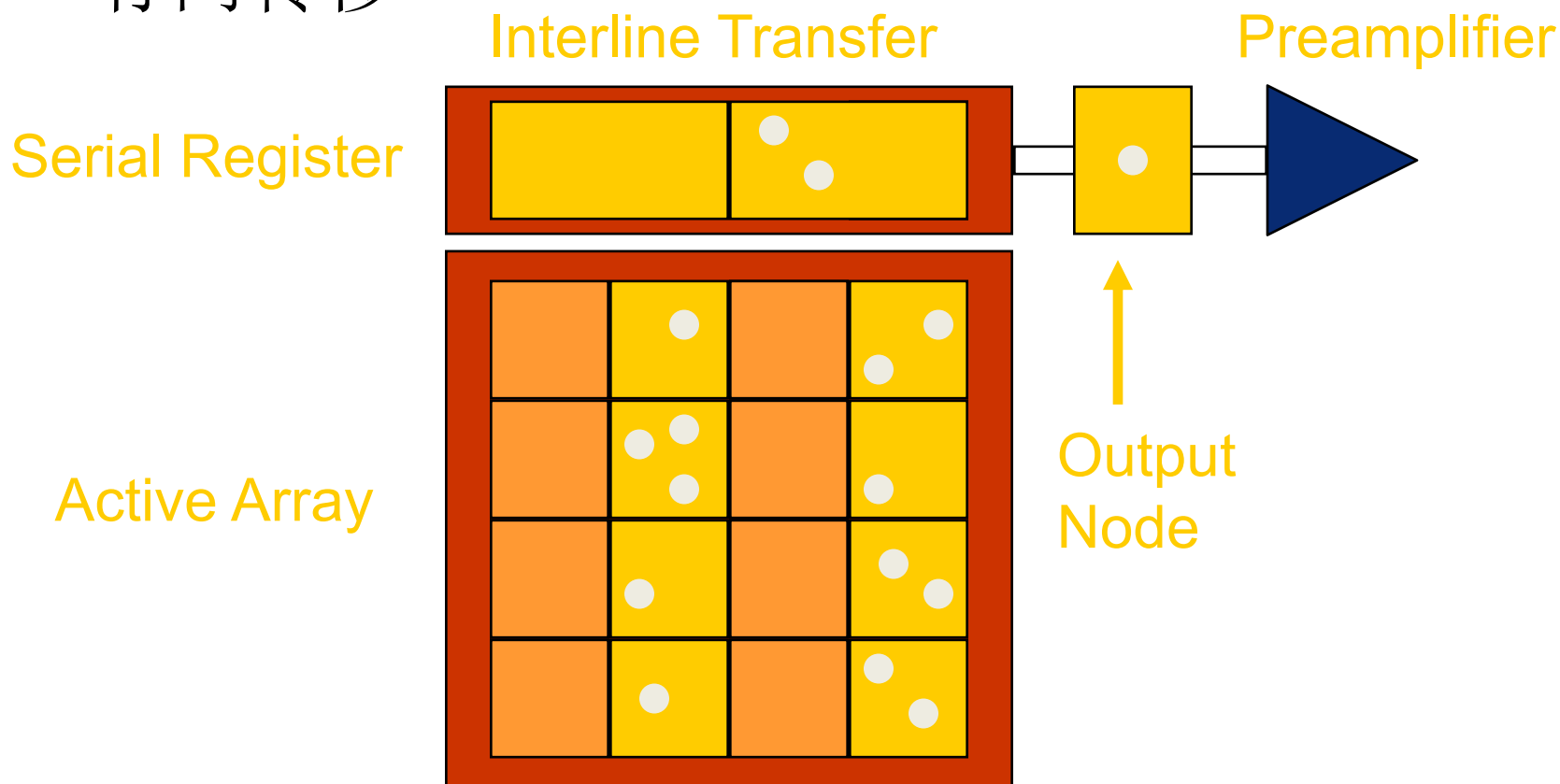
# CCD工作原理

- 行间转移



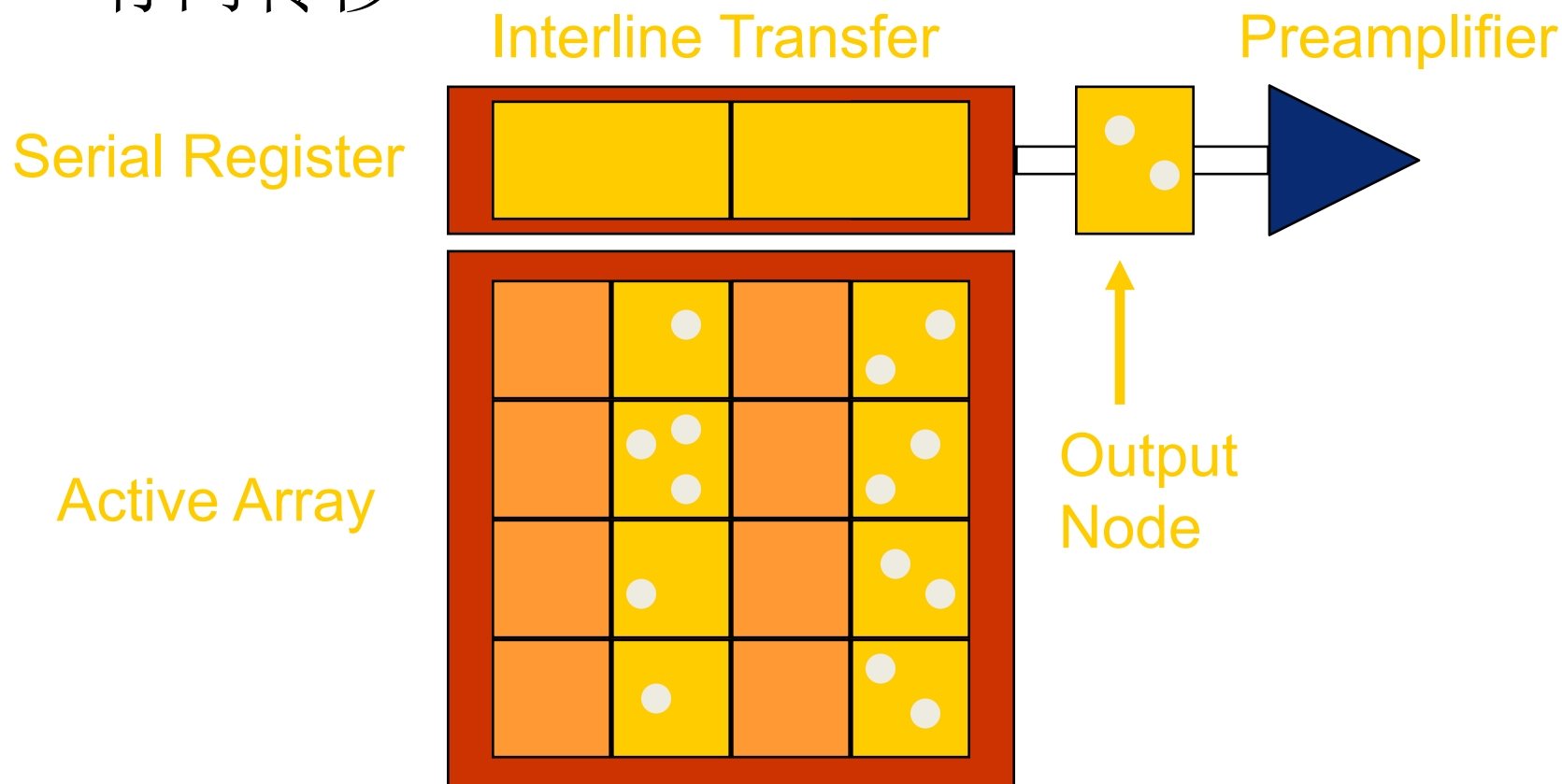
# CCD工作原理

- 行间转移



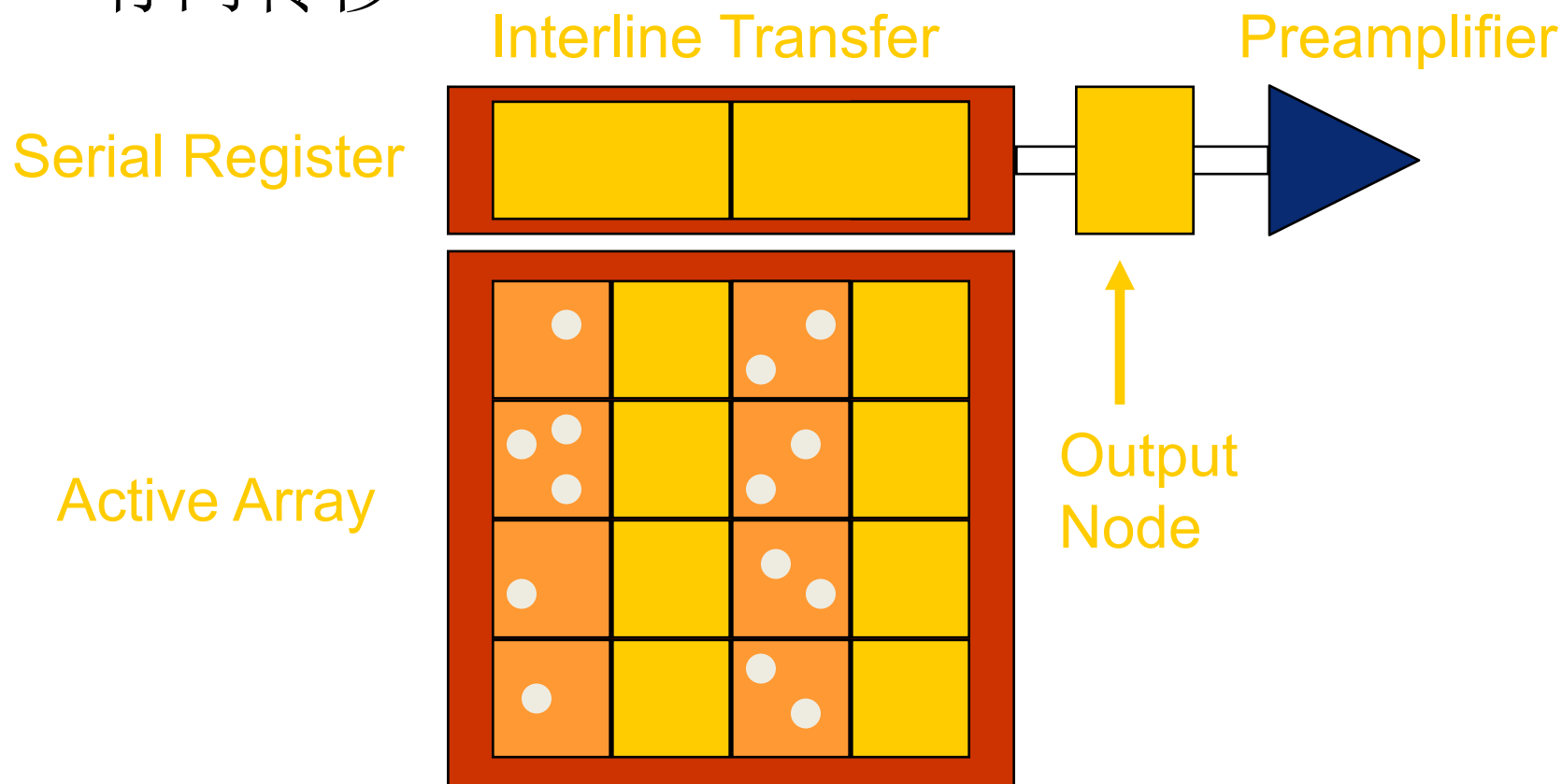
# CCD工作原理

- 行间转移



# CCD工作原理

- 行间转移



# CCD工作原理

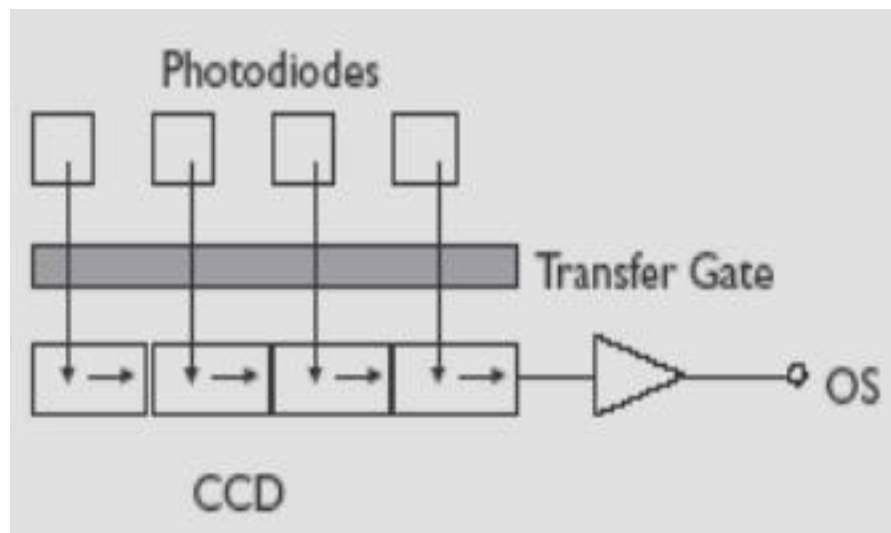
## 线阵芯片

◆ 单沟道线阵CCD

◆ 双沟道线阵CCD

# CCD工作原理

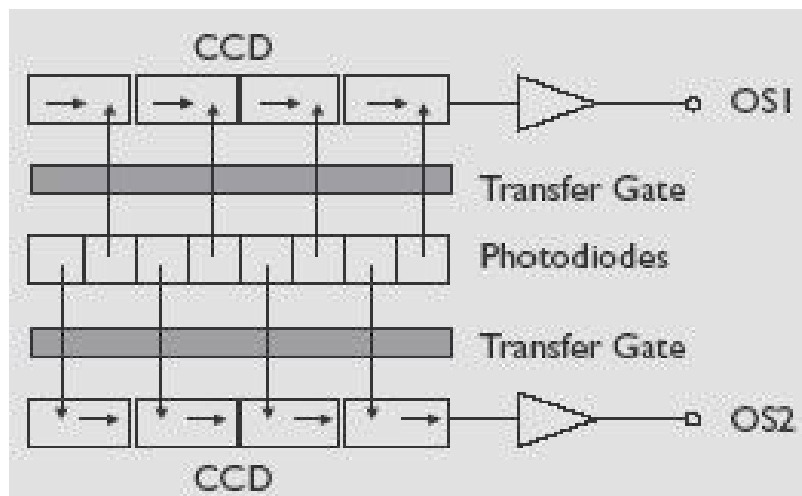
- 单沟道线阵CCD



转移次数多、效率低。只适用于像素单元较少的成像器件

# CCD工作原理

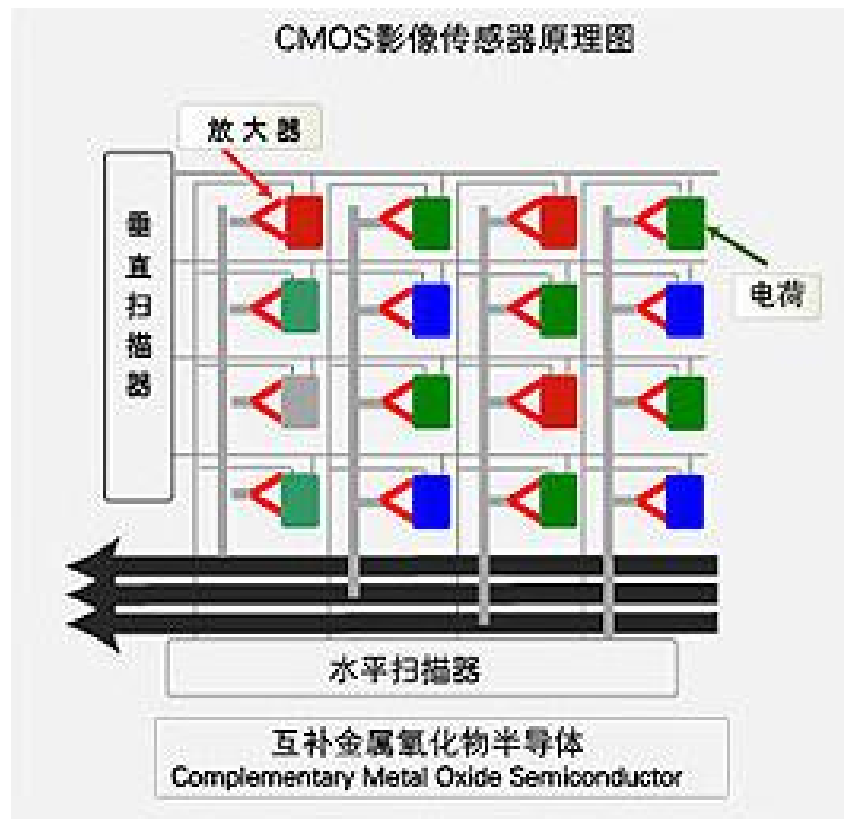
- 单沟道线阵CCD



转移次数减少一半，它的总转移效率也提高为原来的两倍

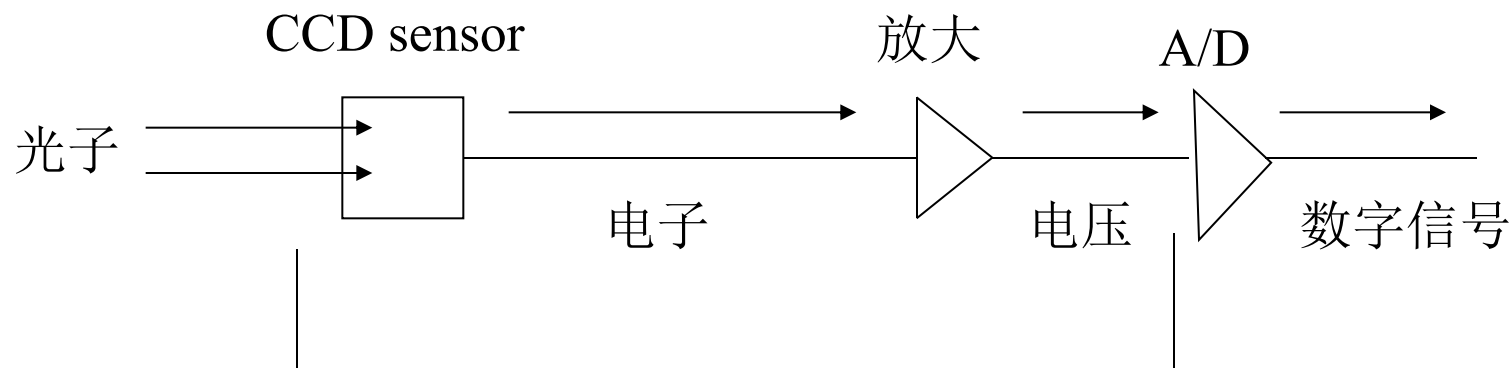
# CMOS工作原理

CMOS传感器与CCD传感器在感光部分原理是相同的，不同之处在于每个像素单元中除了感光部分外，还有放大器和读出电路





# CMOS工作原理



CMOS 芯片可以在像素上同时完成这两个步骤

# CCD与CMOS比较

1. 满阱差异：像素尺寸相同的情况下，CMOS的满阱能力低于CCD
2. 集成性：CMOS比CCD集成度高，可靠性较高，但电路更改不方便
3. 速度：CMOS不仅速度比CCD快，且能够随机寻址，实现子窗口输出
4. 噪声差异：由于CMOS每个像元都有自己的放大器，集成度高，所以干扰比较严重，噪声对图像质量影响较大
5. 功耗差异：CCD需要3路电源来满足特殊时钟驱动的需要，功耗相对较大；CMOS只需一个电源，功耗为CCD的1/10

# CCD与CMOS比较

6. 成本差异：CMOS可以轻易地将周边电路集成到芯片中，可以节省外围芯片成本，比CCD便宜些
7. 灵敏度：CMOS传感器对光线的灵敏度不好，感光度通常比CCD传感器低10倍，CCD传感器大约能看到0.1~3Lux照度以下的目标，是CMOS传感器感光度的3到10倍，CMOS传感器的感光度一般在6到15Lux的范围内

# 芯片相关参数

- 芯片尺寸

芯片尺寸通常以有效面积（宽度×高度）或对角线尺寸（英寸）表示；

格式	垂直	水平	对角线
1/4	2.7	3.6	4.5
1/3	3.6	4.8	6
1/2.5	3.84	5.12	6.4
1/2	4.8	6.4	8
1/1.8	5.4	7.2	9
2/3	6.6	8.8	11
1	9.6	12.7	16

# 芯片相关参数

- 分辨率

分辨率通常以水平方向和垂直方向的像素数来表示

例：640×480    1280×960

# 芯片相关参数

- 像素尺寸

像素尺寸就是每个像素的面积

像素尺寸小，单位面积内像素数量多，相机分辨率增加，有利于细小缺陷的检测和增大检测视野，但满阱能力随之减小，动态范围降低；在分辨率允许情况下，选择像素尺寸大的相机，会有较大的动态范围，且能够提高相机的感光度，但各类噪声也会加大

# 芯片相关参数

- 像素（元）深度

像素深度是指每个像素用多少比特位表示，定义了灰度由暗到亮的灰阶数

对于黑白相机像素深度的范围通常是8到16bit。对于8bit的相机0代表全暗，255代表全亮

选择像素深度大的相机可以增强测量的精度，但是降低了系统的速度，且提高了系统集成的难度

# 芯片相关参数

- 扫描方式

扫描方式是指CCD或CMOS中像素的输出方式

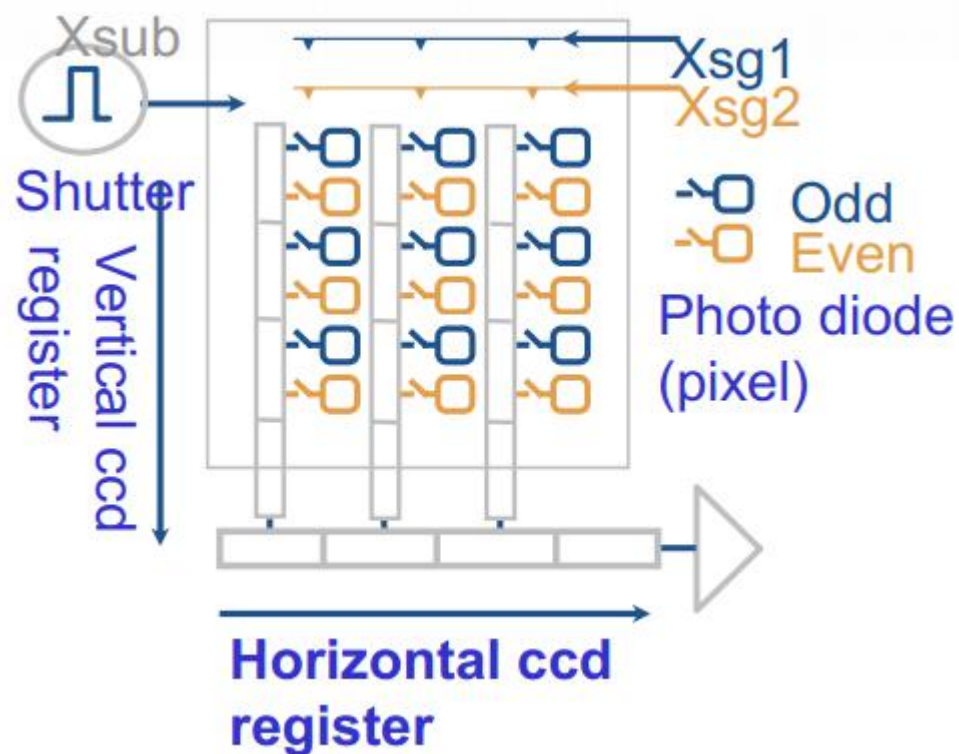
隔行扫描：将图像分成二场，奇数行组成一场，偶数行组成一场，二场按规定先后顺序输出

逐行扫描：将一幅图像的所有行，从第一行到最后一行按顺序逐行输出



# 芯片相关参数

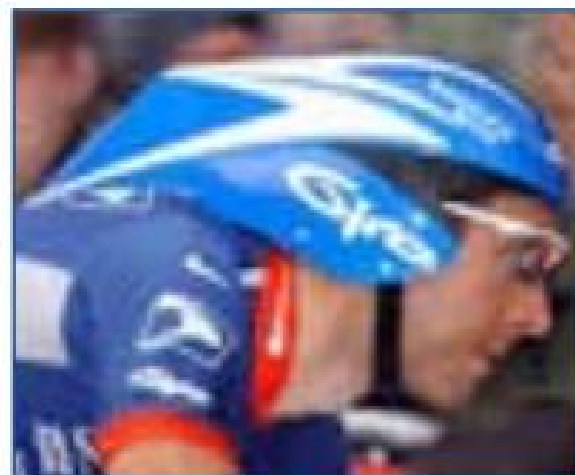
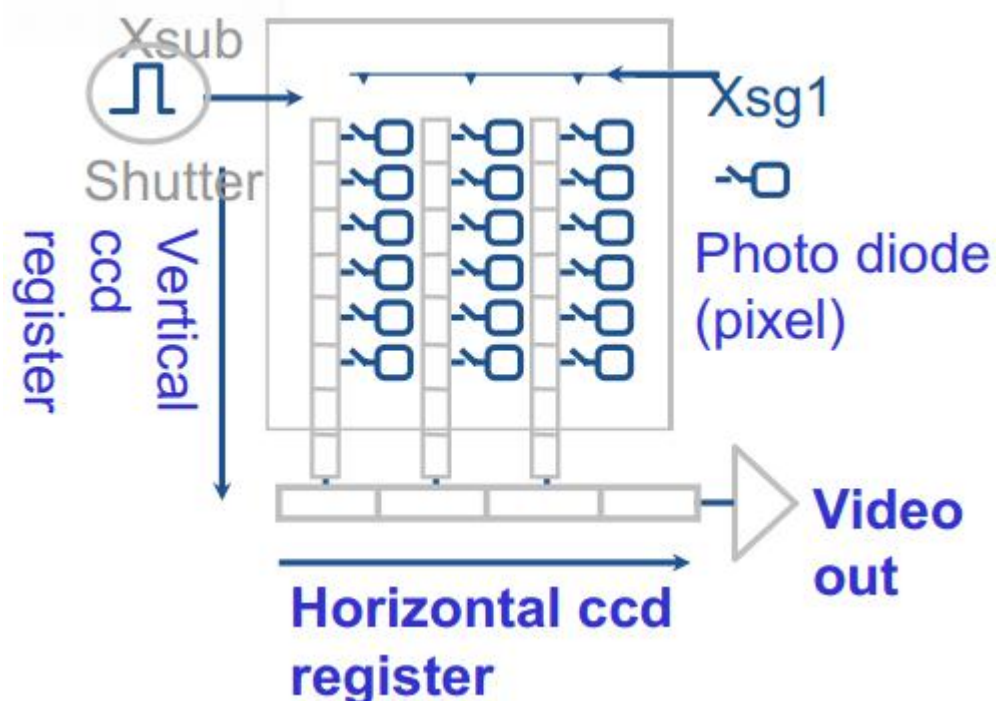
- 隔行扫描



Interlace

# 芯片相关参数

- 逐行扫描（模拟相机）



progressive

# 芯片相关参数

在拍摄高速运动物体的场合，要选用逐行扫描相机或者使用隔行扫描相机的场采集方式

# 芯片相关参数

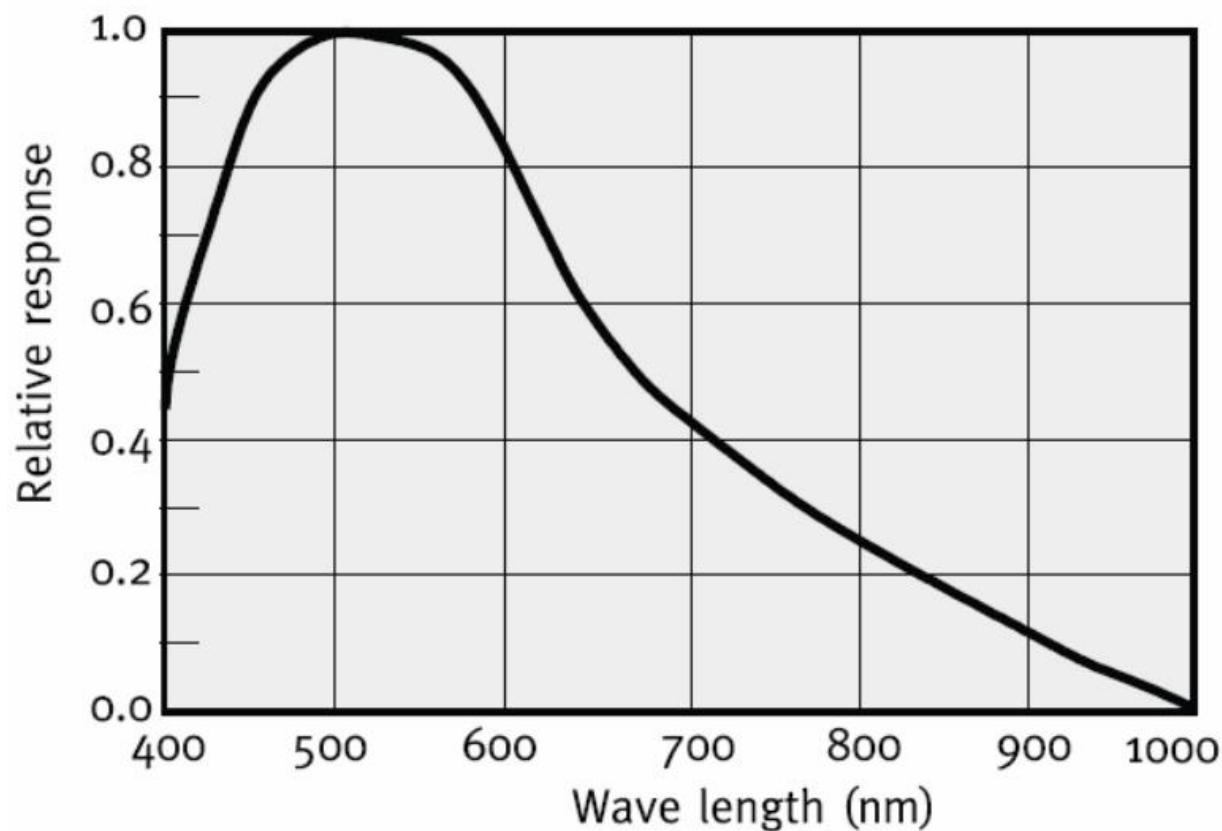
- 感光度与光谱响应

感光度：芯片在固定曝光量下的灵敏性，与照射光的波长有关

光谱响应：芯片对于不同波长光线的响应能力，通常用光谱曲线表示，横轴表示不同波长，纵轴表示量子效应（光子转化为电子的效率）

# 芯片相关参数

- 光谱响应图



# 芯片相关参数

- 坏点数

坏点：不能有效成像的像元或响应不一致性大于参数允许范围的像元

坏点数是衡量芯片质量的重要参数



# 相机分类

- ◆ 按芯片结构：CCD相机、CMOS相机
- ◆ 按像素排列方式：面阵相机、线阵相机
- ◆ 按输出模式：模拟相机、数字相机
- ◆ 按输出图像颜色：黑白相机、彩色相机

# 相机主要参数

- 曝光（快门）

快门就是控制曝光时间，CCD或CMOS相机是通过电子快门实现曝光控制，其原理是只储存一定曝光时间的信号电荷，然后进行输出

电子快门的工作方式：

全局快门（global shutter）

卷帘快门（rolling shutter）



# 相机主要参数

- 全局快门

传感器阵列中所有像素同时曝光

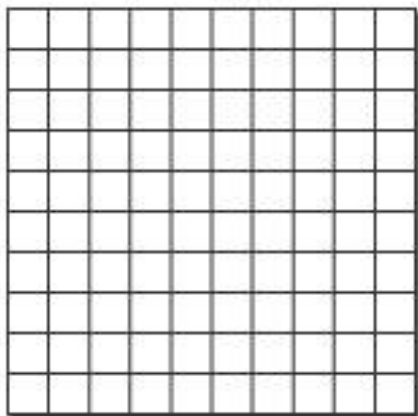
- 卷帘快门

同一行上的像素同时曝光，不同行的曝光起始时间不同，每一行的曝光时间相同，行间延迟不变

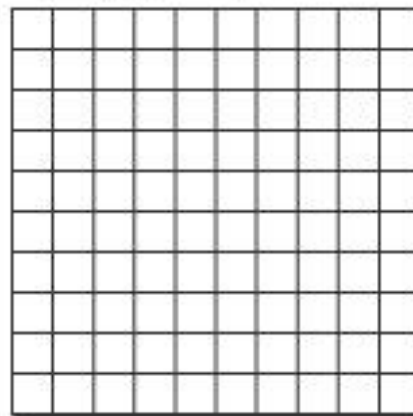
# 相机主要参数

- 快门

卷帘快门



全局快门



# 相机主要参数

- 快门



Rolling Shutter



Global Shutter

# 相机主要参数

- 噪声

相机噪声：成像过程中不希望被采集到，实际成像目标外的信号

散粒噪声：由有效信号带来的符合泊松分布的统计涨落噪声，对所有相机都相同，不可避免，有确定的计算公式

固有噪声：由图像传感器读出电路、相机信号处理与放大电路等带来的噪声，每台相机都不同

# 相机主要参数

- 信噪比

信噪比：图像中信号与噪声的比值（有效信号平均灰度值与噪声均方根的比值），代表了图像的质量，图像信噪比越高，图像质量越好

# 相机主要参数

- 动态范围

动态范围：描述每个像素能够分辨出的灰度等级，是饱和电压（最大的输出电平）摄像机输出的噪声之比

宽动态范围能够使场景中非常亮和非常昏暗部分的细节同时被清晰地显示

# 相机主要参数

- 光学接口

光学接口是指相机与镜头之间的接口，常用的镜头接口有C口、CS口和F口

接口类型	后截距	接口
C口	17.526mm	螺口
CS口	12.5mm	螺口
F口	46.5mm	卡口

# 相机主要参数

- 光学接口

接口	C口	CS口	F口
可配镜头接口	C/F+转接器	CS/C+接圈	F



# 相机主要参数

- 相机接口
  - ◆ Camera Link
  - ◆ IEEE 1394
  - ◆ USB 2.0
  - ◆ USB 3.0
  - ◆ GigE Vision

# 相机主要参数

- Camera Link



# 相机主要参数

- Camera Link

Camera Link 是从Channel Link技术发展而来的，在Channel Link基础增加了一些传输控制信号，并定义了一些相关传输标准

Camera Link 接口有三种配置：Base、Medium、Full

# 相机主要参数

- Camera Link

配置	支持的端口	芯片数目	接口数目	有效数据带宽 (@75MHZ)
BASE	A,B,C	1	1	1.8Gbps
MEDIUM	A,B,C,D,E,F	2	2	3.6Gps
FULL	A,B,C,D,E,F,G,H	3	2	4.8Gps

# 相机主要参数

- Camera Link

PoCL(Power on Camera Link):增加两条电源线，采集的同时对相机供电

MiniCL: 一种新型，更紧凑的Camera Link接口



Camera Link

Mini Camera Link

# 相机主要参数

- IEEE 1394

1394接口，又称“火线”（FireWire），最早是由美国苹果公司开发用于计算机网络互联的接口，用于将数码产品与计算机及其它机器之间的连接

IEEE 1394总线是目前为止最快的高速串行总线，1394a的最高传输速度为400Mbps，1394b的最高传输速度为800Mbps。1394a的最大传输距离为4.5米，1394b的最大传输距离为10米，在降低数据率情况下可延伸到100米（100Mbps），采用中继设备可进一步提高传输距离



# 相机主要参数

- IEEE 1394



1394b相机接口



1394a相机接口

# 相机主要参数

- USB 2.0

USB接口是4“针”，其中2根为电源线，2根为信号线。USB是串行接口，可热插拔，连接方便。两个外设之间的通讯距离可用达到5米，USB 2.0向下兼容USB 1.1、USB 1.0，数据传输率将达到120Mbps-480Mbps



# 相机主要参数

- USB 3.0

USB 3.0是最新的USB规范，是由Intel等大公司发起的。

USB 3.0标准利用双向数据传输模式，极大地提高了带宽，传输速度达到了5Gbps，是USB 2.0的十倍。

最大传输距离为5-8米。基本上所有新电脑都支持

USB 3.0

# 相机主要参数

- USB 3.0



# 相机主要参数

- GigE Vision

GigE Vision是由自动化影像协会AIA发起制定的一种基于千兆网的图像传输标准。具有传输距离长（无中继时100米）、传输效率高、可靠性高等优点

PoE（Power over Ethernet）：以太网供电，需网卡具有该功能

# 相机主要参数

- 相机接口比较

接口	传输速度	最大传输距离	CPU 占用率
Camera Link	4.8Gbps	10m	0%
1394	800Mbps	10m	0%
USB	120-480Mbps	5m	>10%
USB 3.0	5.0Gbps	5-8m	1-5%
GigE	1Gbps	100m	5-10%

# 相机主要参数

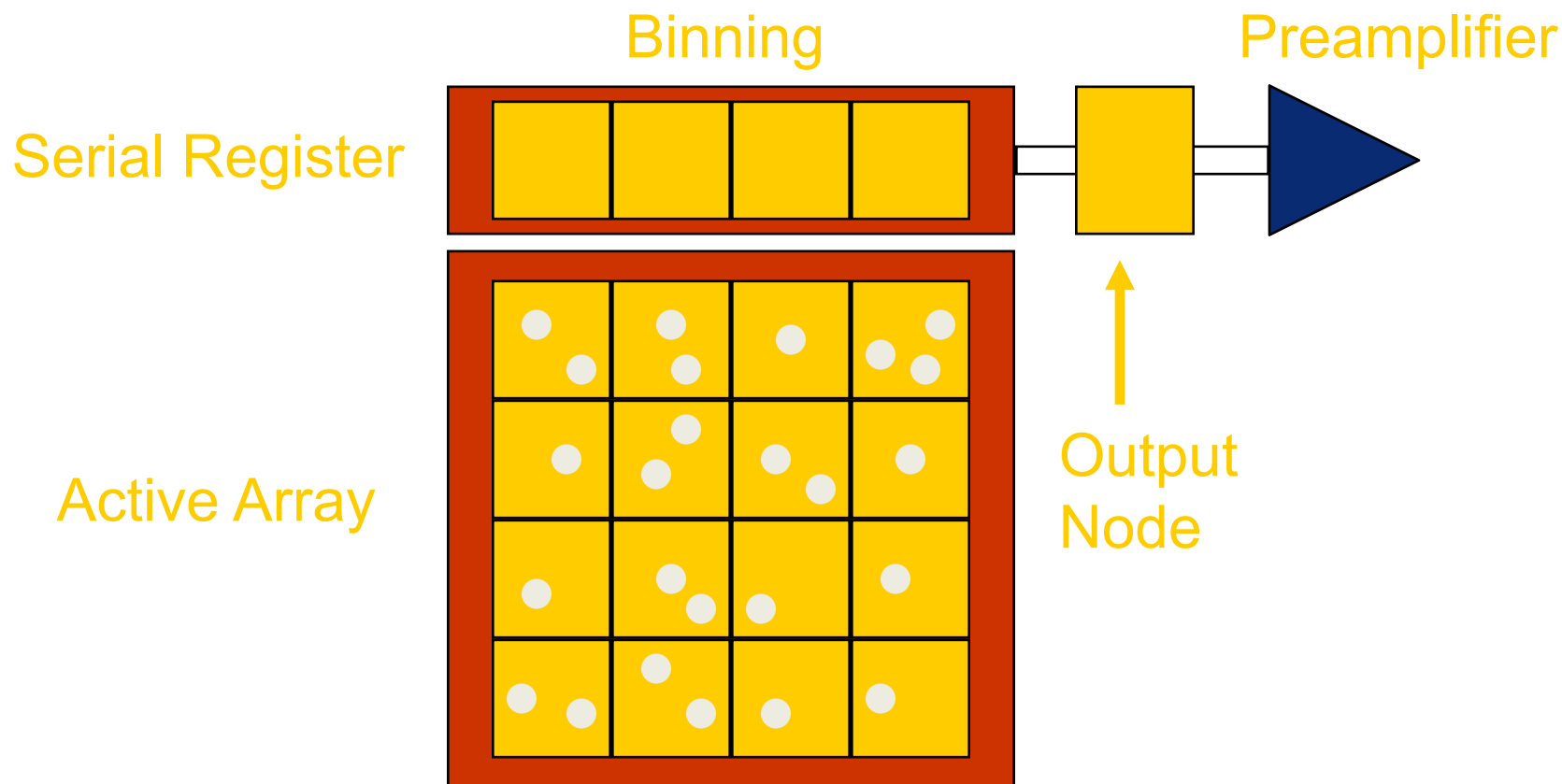
- Binning

Binning 的作用在于把相临几个像素所积累的电荷累加起来作为一个电荷进行转换。这样做的效果相当于把几个像素拼成了一个大像素使用。速度快但分辨率降低

- ◆ 更高的动态范围
- ◆ 更高的信噪比
- ◆ 更快的数据读出速度
- ◆ 图像的分辨率随像素尺寸的大小而变化

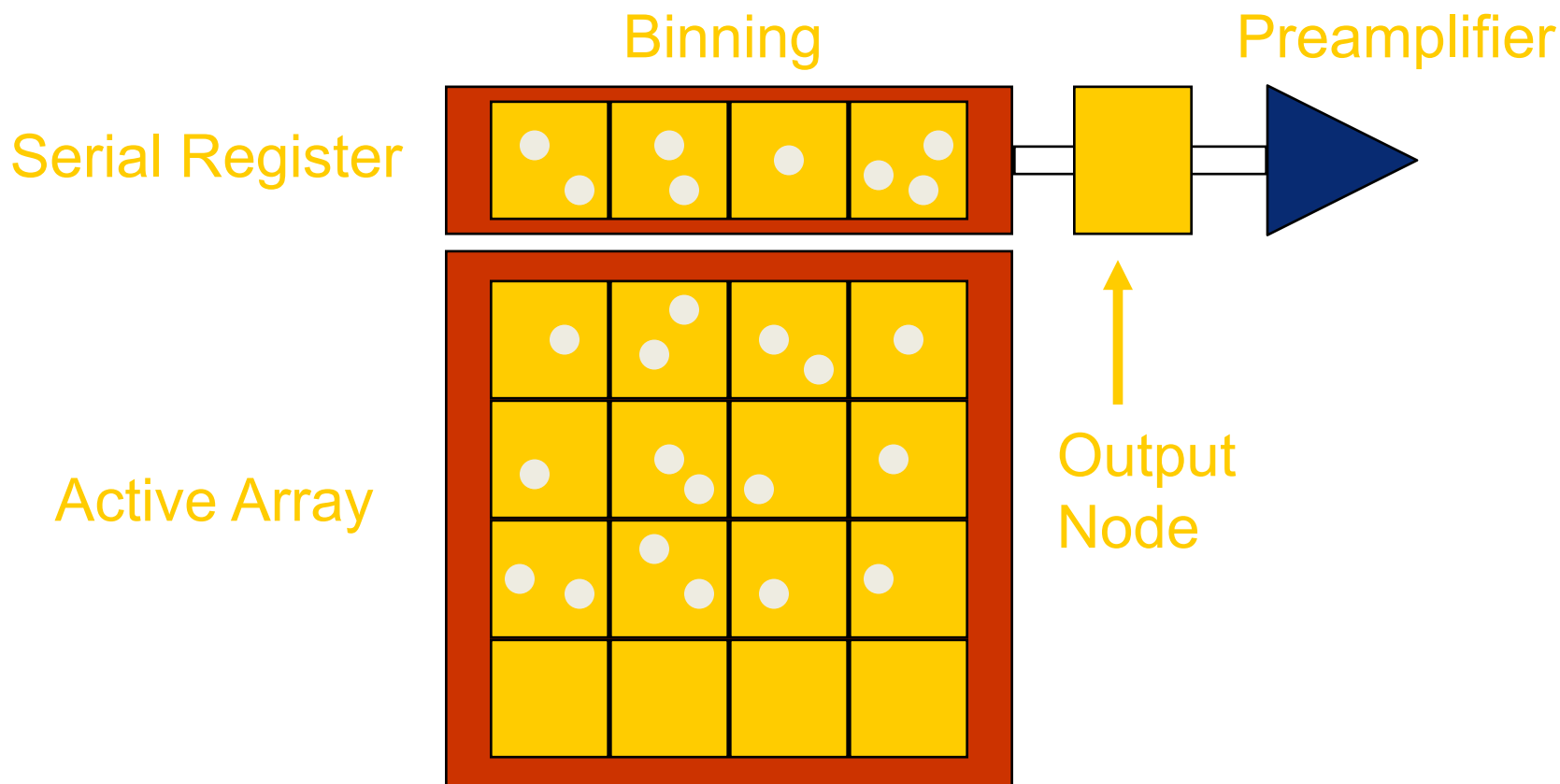
# 相机主要参数

- Binning



# 相机主要参数

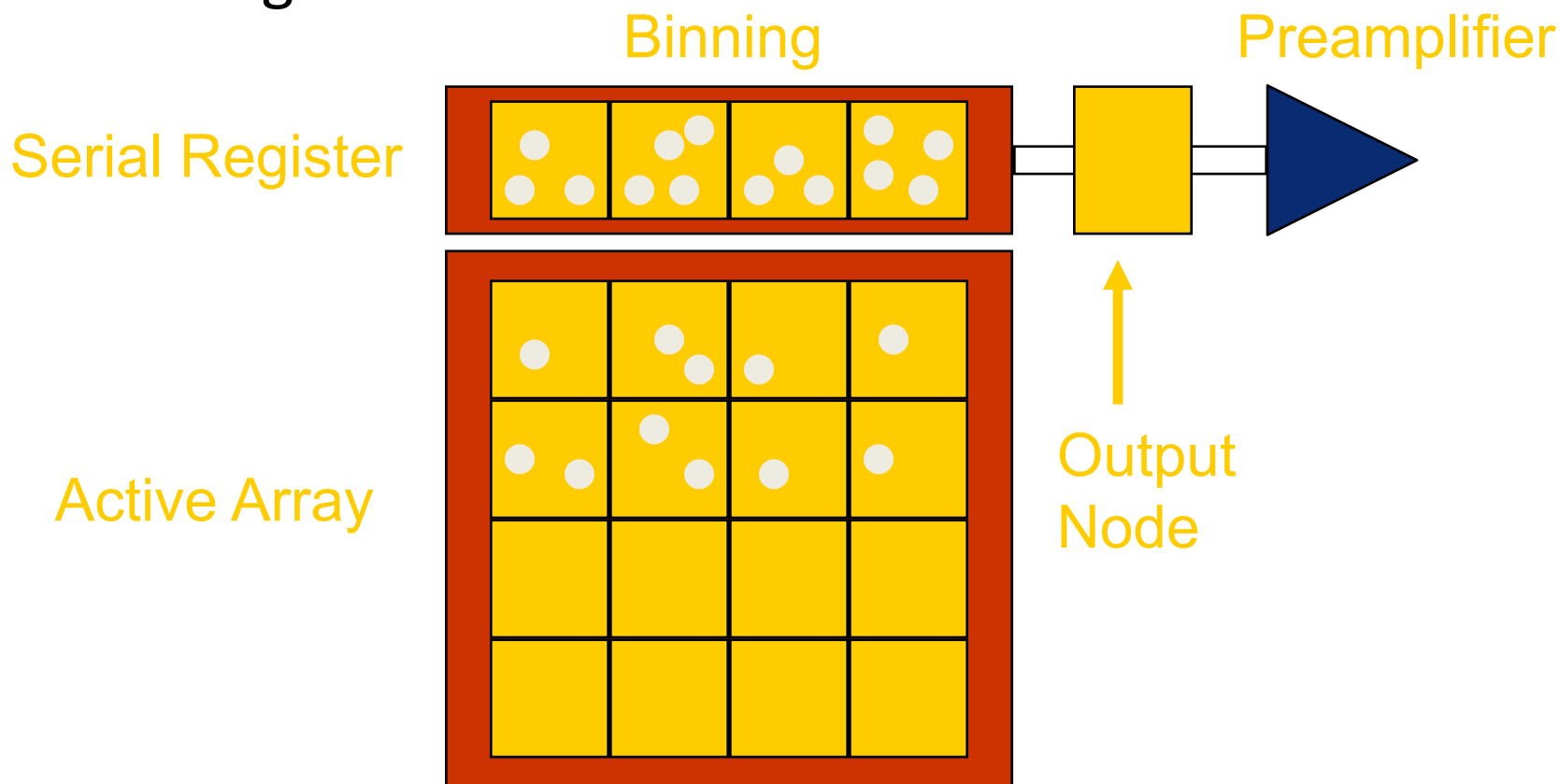
- Binning





# 相机主要参数

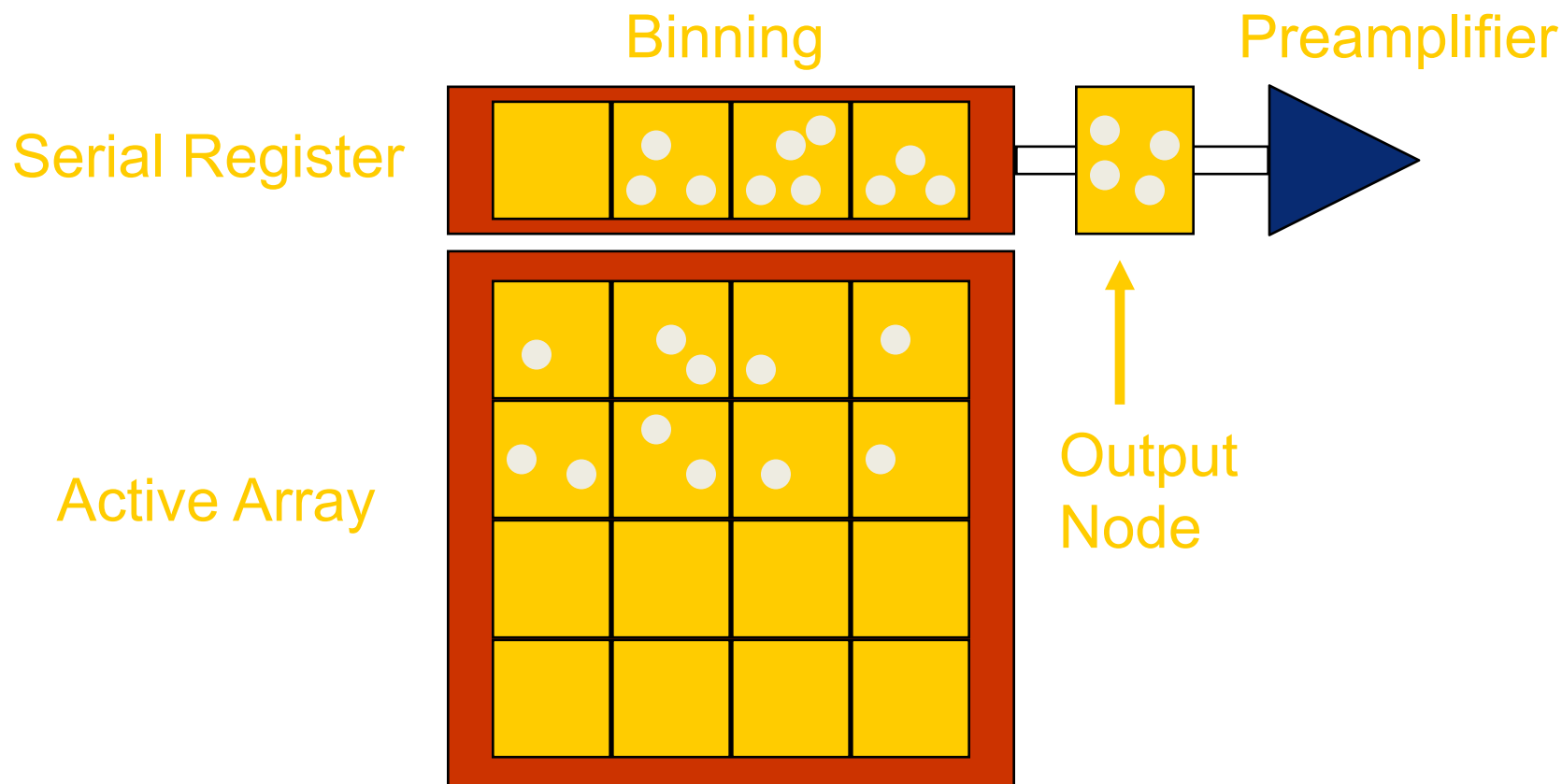
- Binning





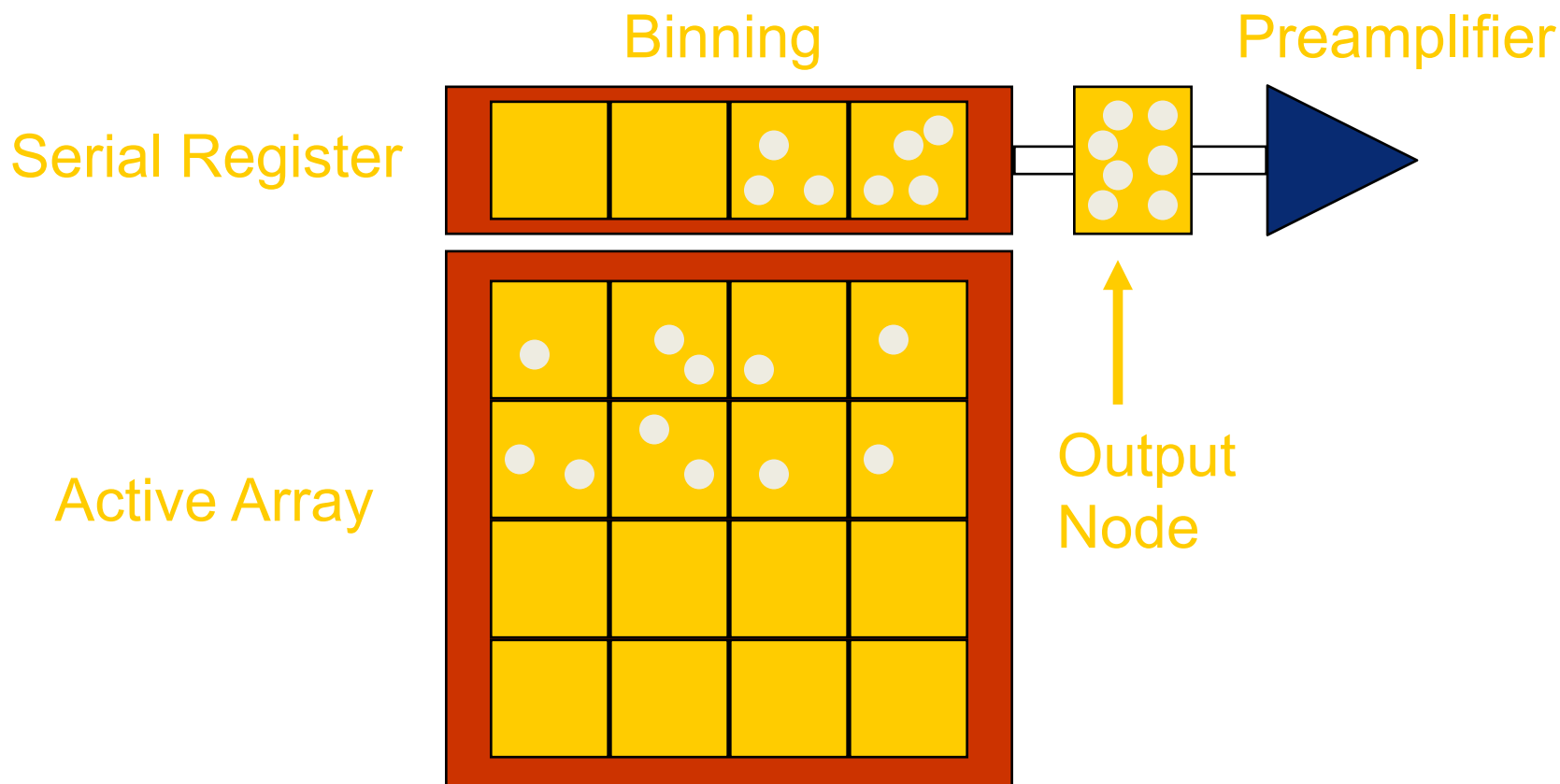
# 相机主要参数

- Binning



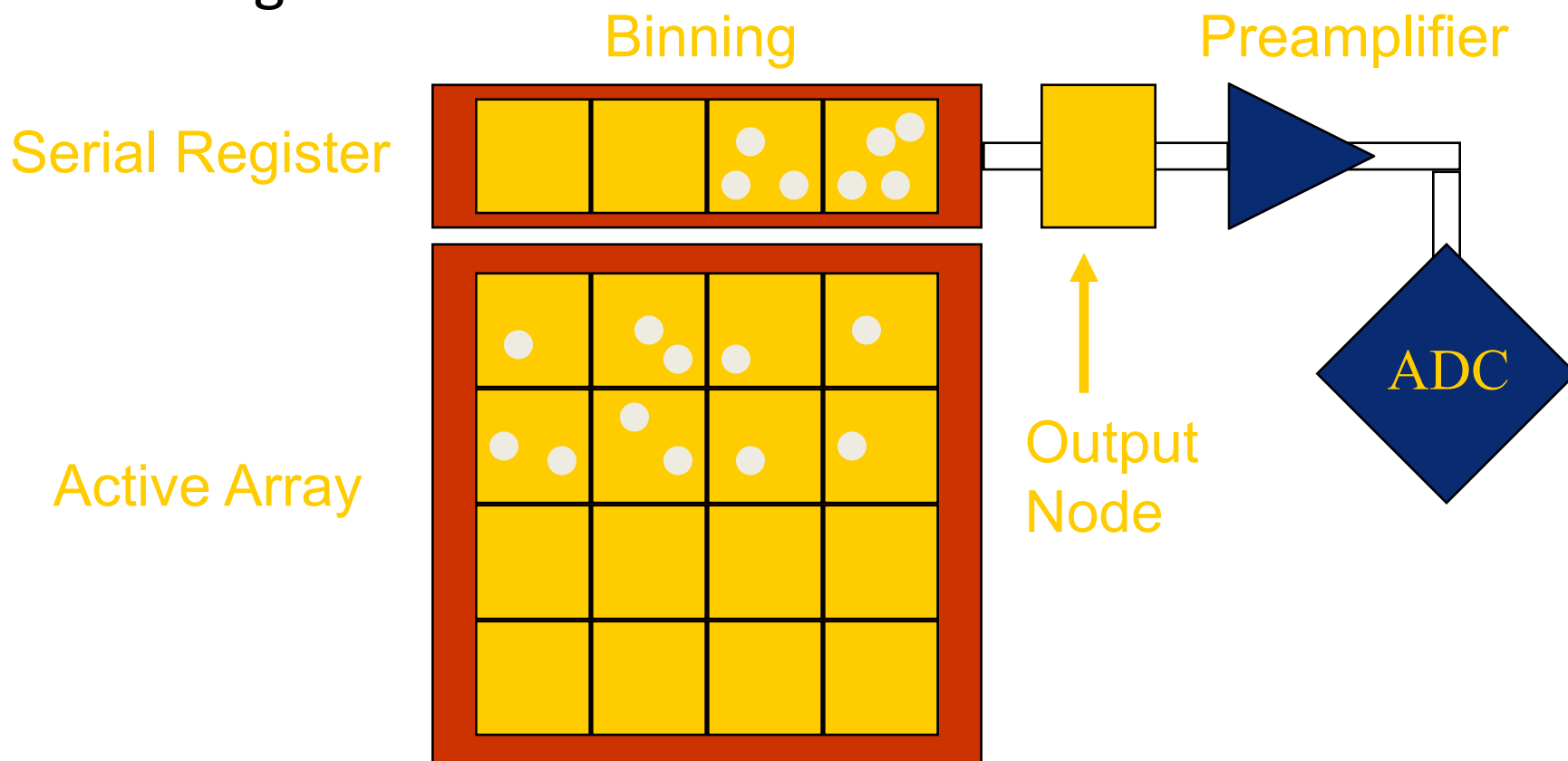
# 相机主要参数

- Binning



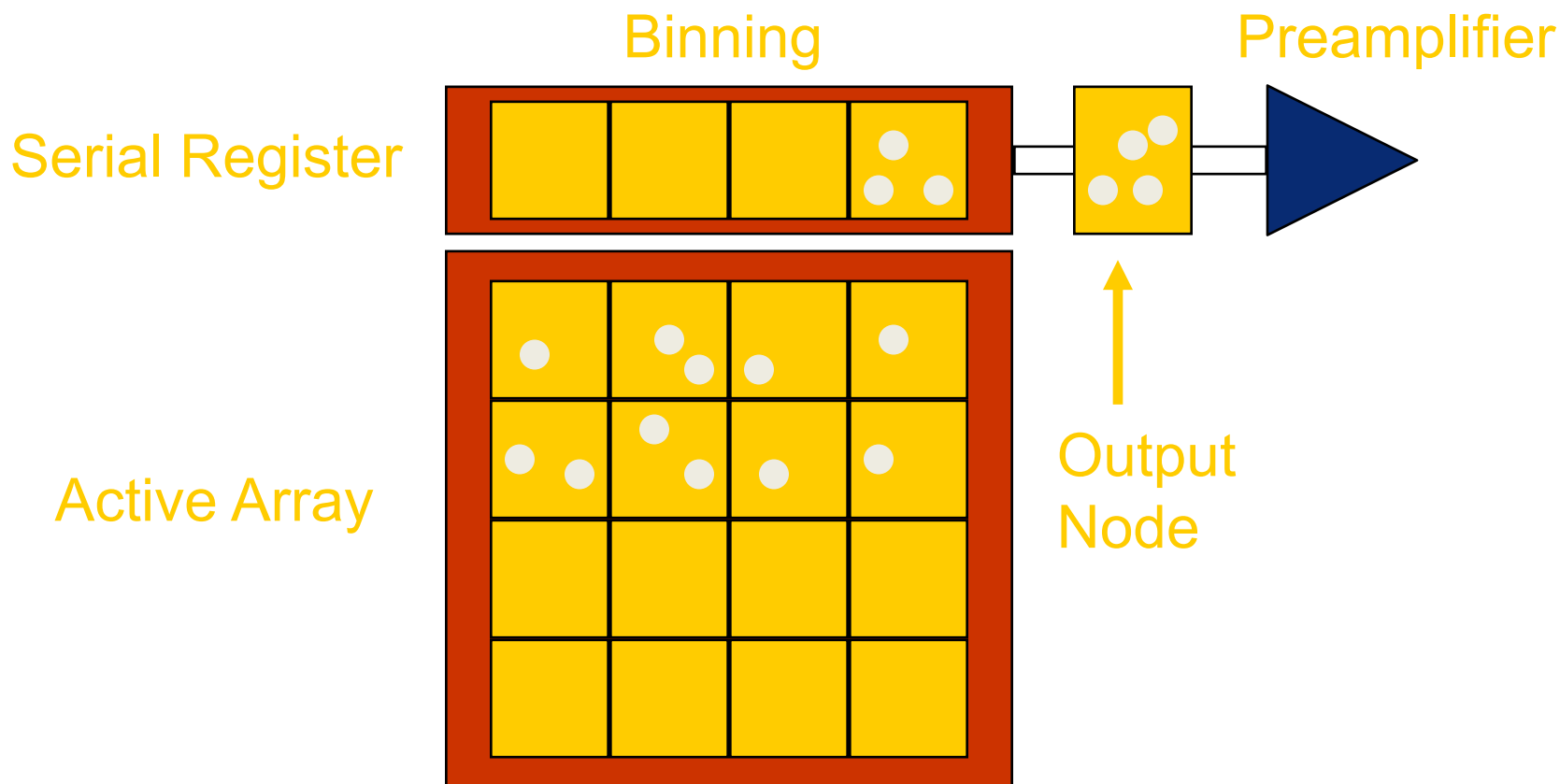
# 相机主要参数

- Binning



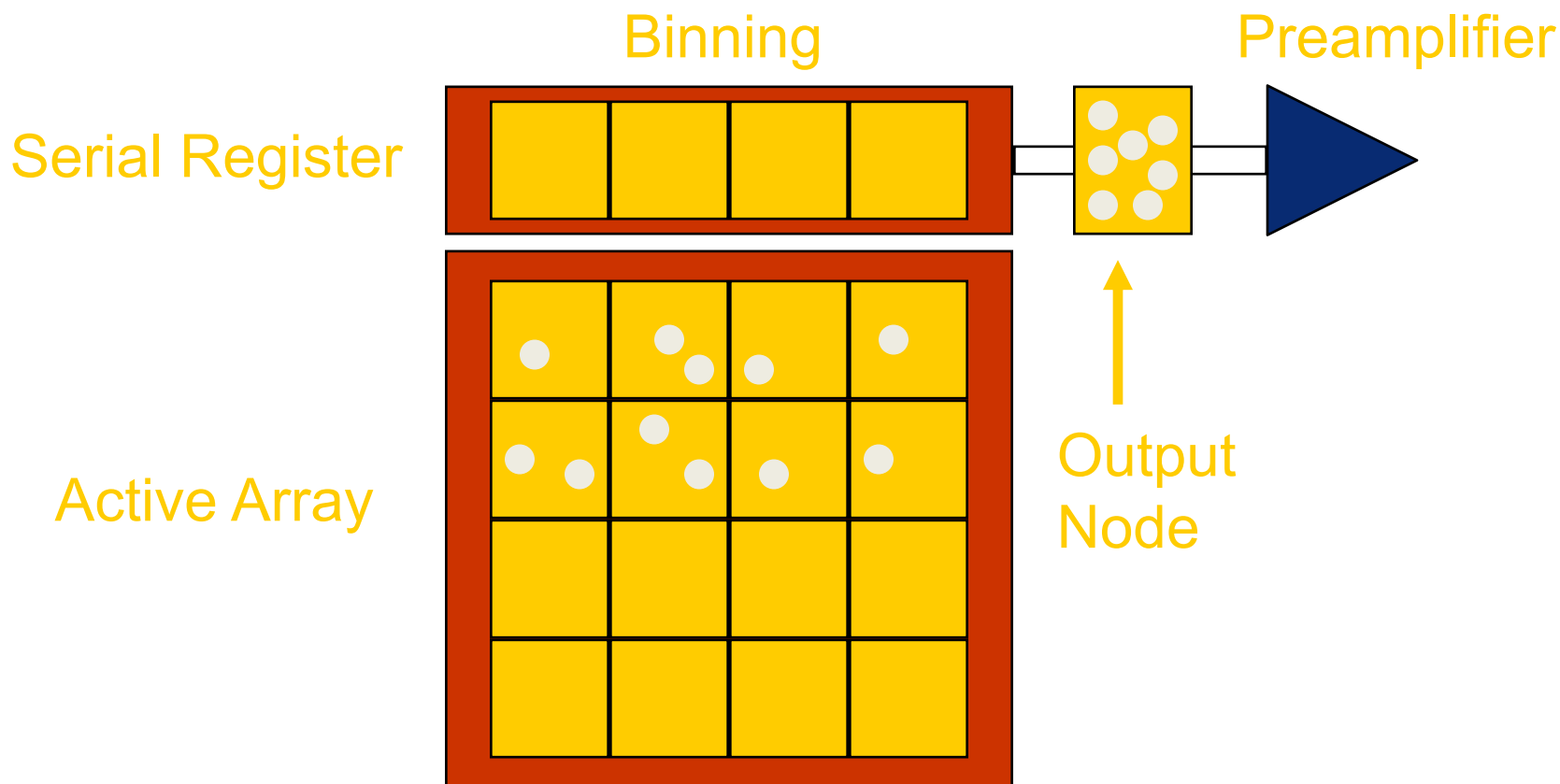
# 相机主要参数

- Binning



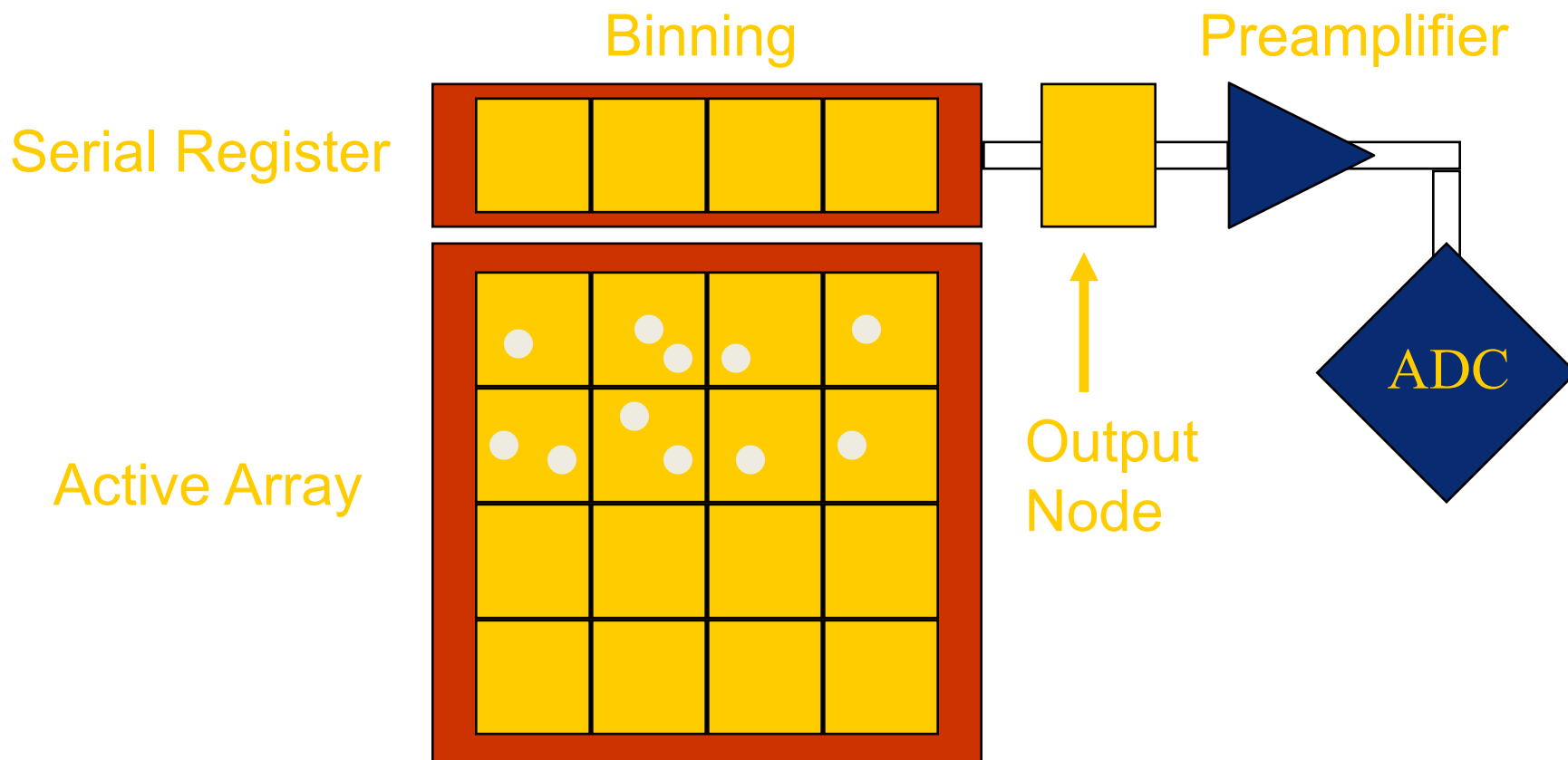
# 相机主要参数

- Binning



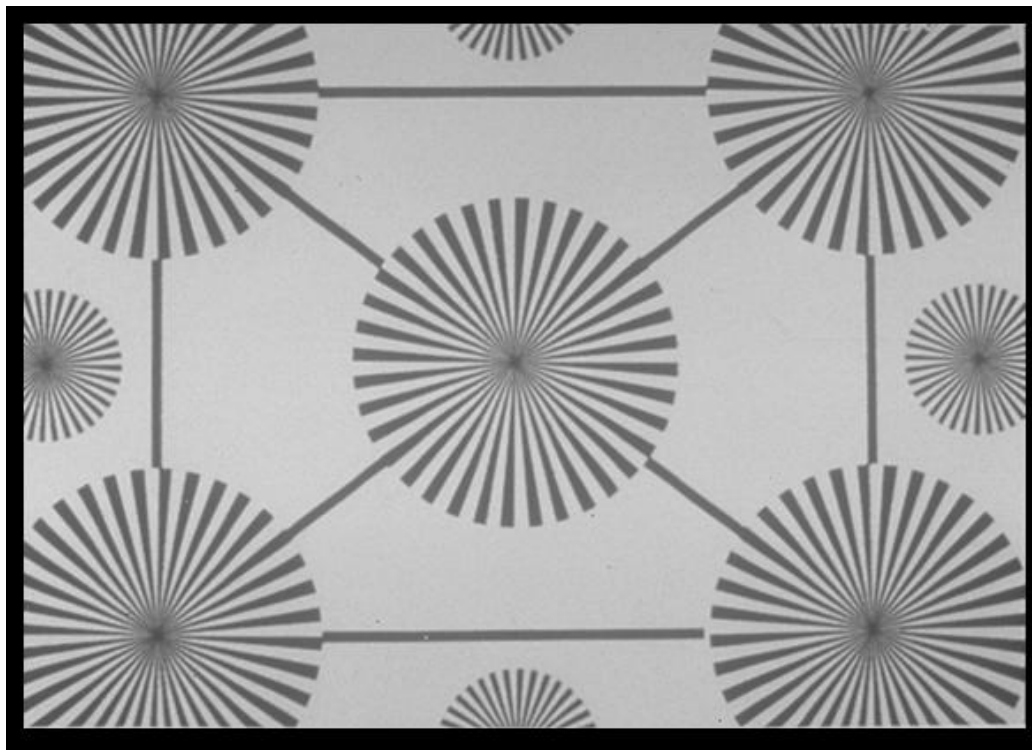
# 相机主要参数

- Binning



# 相机主要参数

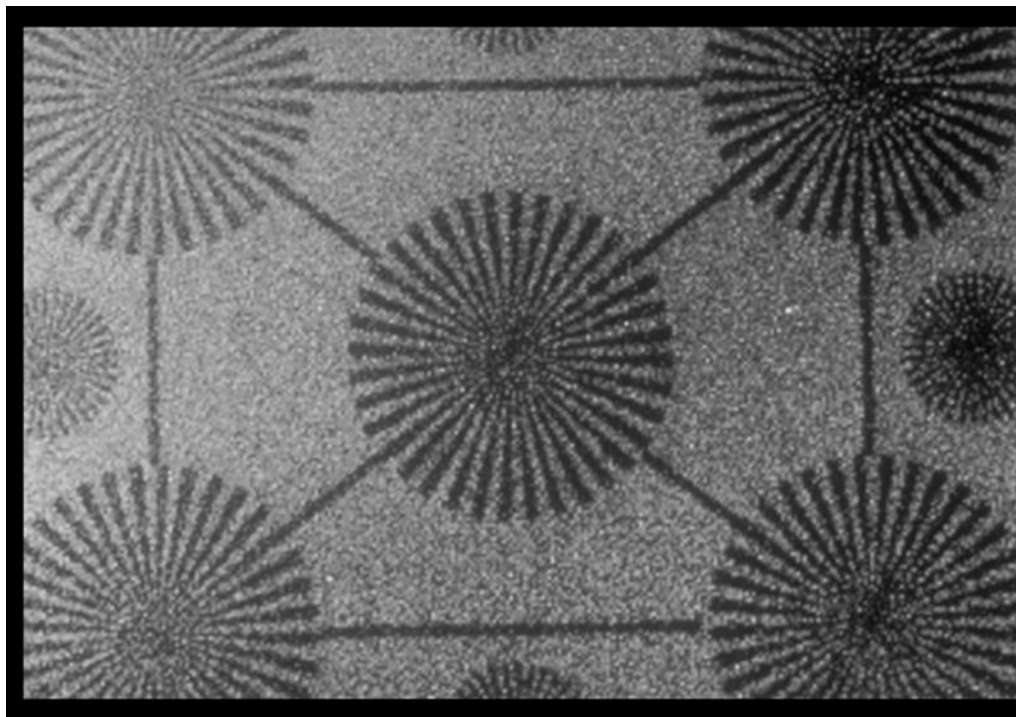
- Binning



强光、全精度图像

# 相机主要参数

- Binning

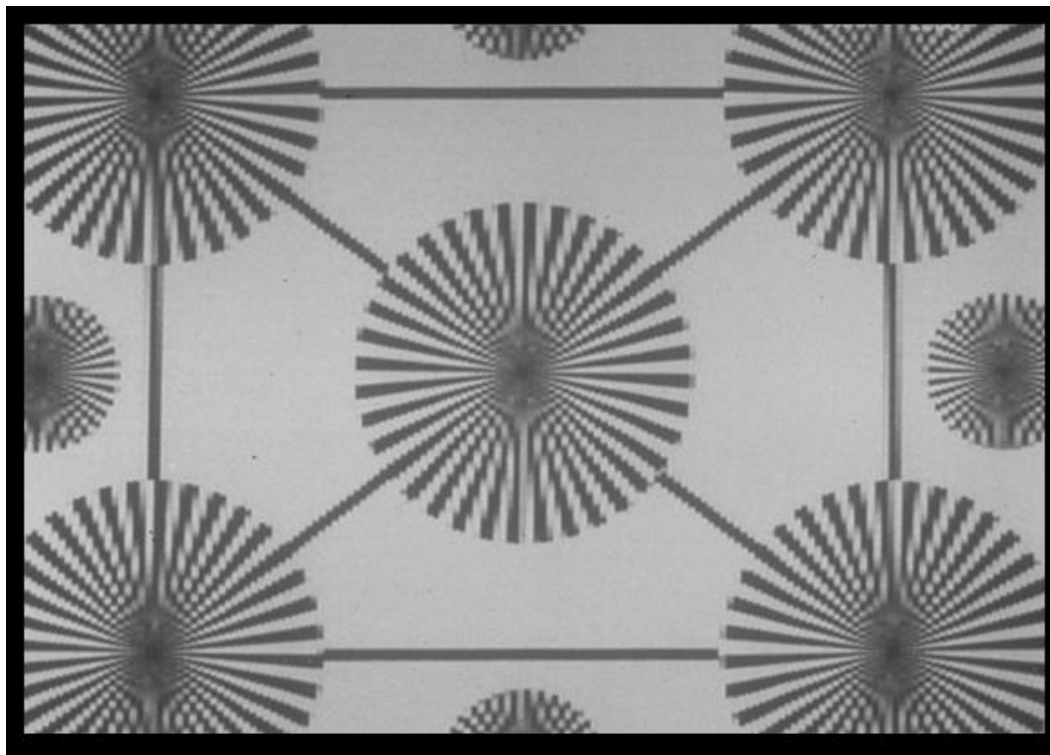


弱光、全精度图像



# 相机主要参数

- Binning



弱光、 $2 \times 8$ binning图像

# 相机主要参数

- Binning与Partial Scan

