



图像传感技术

第三章 CMOS图像传感器

主讲：李子印
中国计量学院



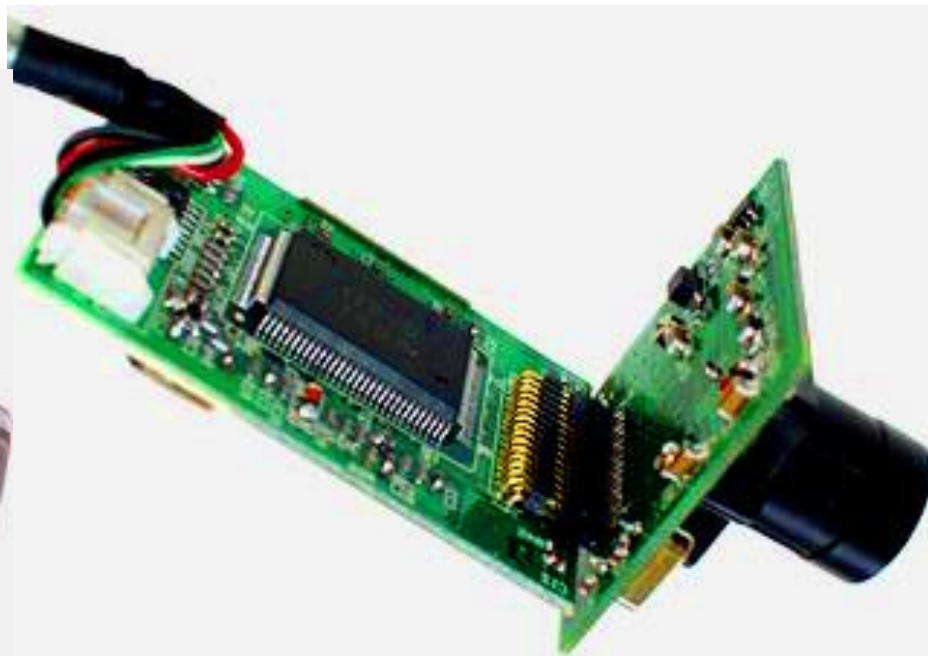
3.1 概述

- CMOS图像传感器是一种用传统的芯片工艺方法将光敏元件、放大器、A/D转换器、存储器、数字信号处理器和计算机接口电路等集成在一块硅片上的图像传感器件。
- 这种器件结构简单、处理功能多、成品率高和价格低廉，有着广泛的应用前景；
- 有成像质量差、填充率低和响应速度慢等缺点。

CMOS视频摄像头的外部结构



CMOS视频摄像头的外形及内部结构





3.2 CMOS成像器件的原理结构

- CMOS成像器件的组成
- 像敏单元结构
- 工作流程

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.1 CMOS成像器件的组成

➤它的主要组成部分是像敏单元阵列和MOS场效应管集成电路，而且这两部分是集成在同一硅片上的；

➤像敏单元阵列由光电二极管阵列构成。如图中所示的像敏单元阵列按**X**和**Y**方向排列成方阵，方阵中的每一个像敏单元都有它在**X**，**Y**各方向上的地址，并可分别由两个方向的地址译码器进行选择；输出信号送**A/D**转换器进行模数转换变成数字信号输出。

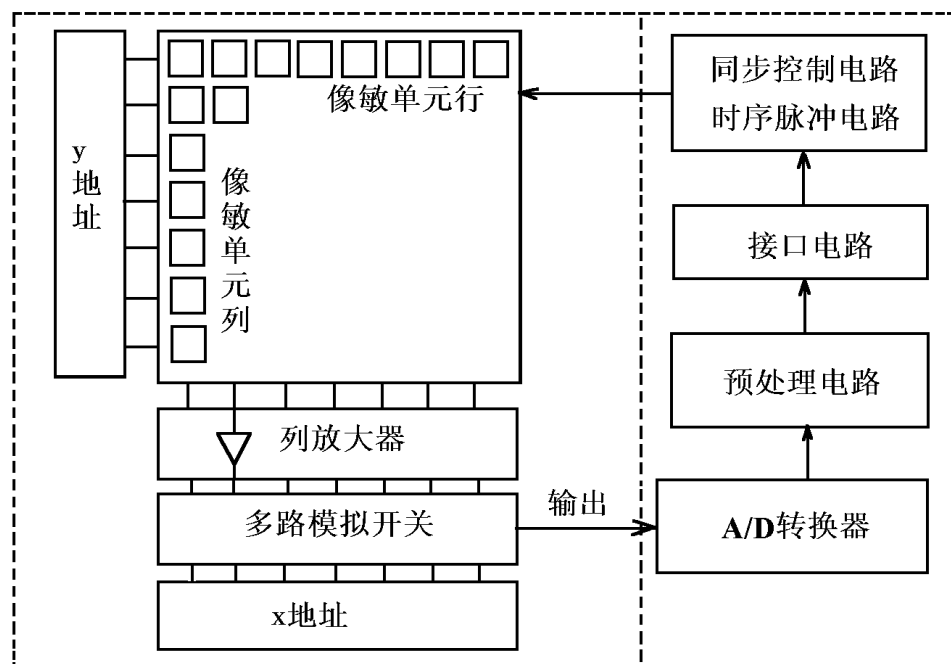


图8-11 CMOS成像器件原理框图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.1 CMOS成像器件的组成

图像信号的输出过程：

▶在Y方向地址译码器（可以采用移位寄存器）的控制下，依次序接通每行像敏单元上的模拟开关（图中标志的 $S_{i,j}$ ），信号将通过行开关传送到列线上；

▶通过X方向地址译码器（可以采用移位寄存器）的控制，输送到放大器。

由于信号经行与列开关输出，因此，可以实现逐行扫描或隔行扫描的输出方式。也可以只输出某一行或某一列的信号。

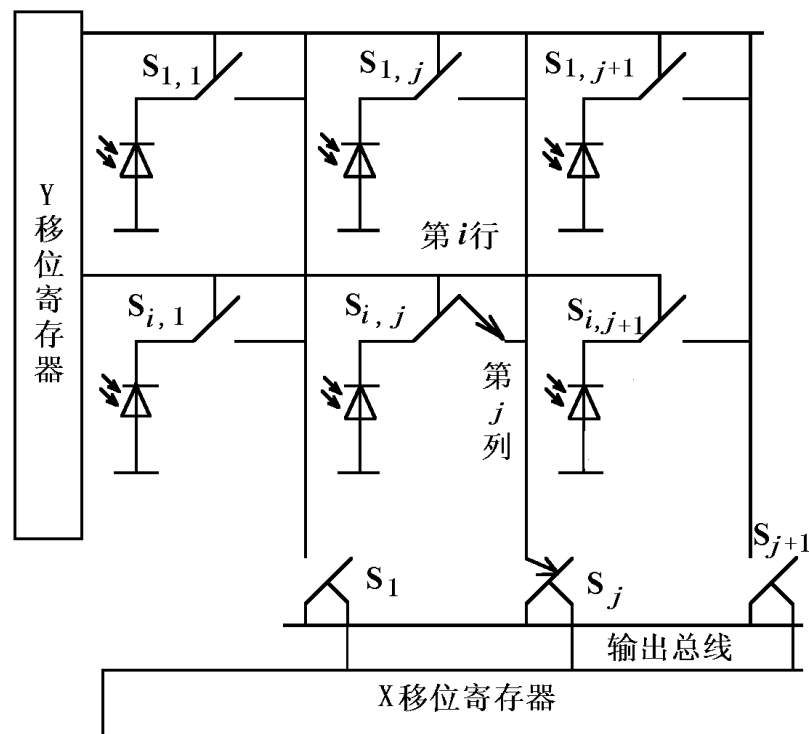


图8-12 CMOS图像传感器原理示意图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.1 CMOS成像器件的组成

注意：在CMOS图像传感器的同一芯片中，还可以设置其他数字处理电路。例如，可以进行自动曝光处理、非均匀性补偿、白平衡处理、 γ 校正、黑电平控制等处理。甚至于将具有运算和可编程功能的DSP器件制作在一起形成多种功能的器件。

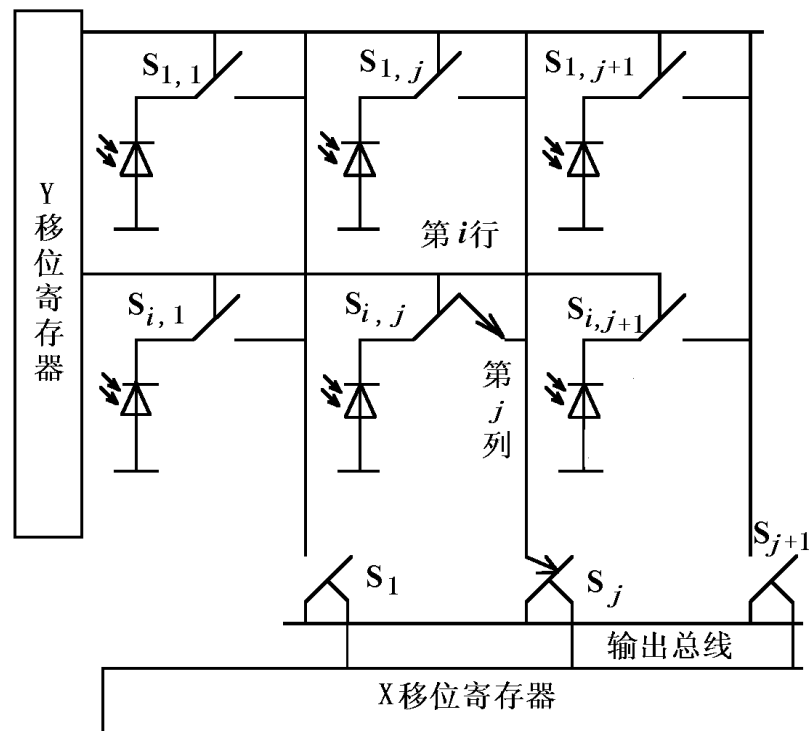


图8-12 CMOS图像传感器原理示意图



3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.2 CMOS成像器件的像敏单元结构

像敏单元结构指每个成像单元的电路结构，是CMOS图像传感器的核心组件。像敏单元结构有两种类型，即被动像敏单元结构和主动像敏单元结构。

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.2 CMOS成像器件的像敏单元结构

1. 被动像敏单元结构

只包含光电二极管和地址选通开关两部分。

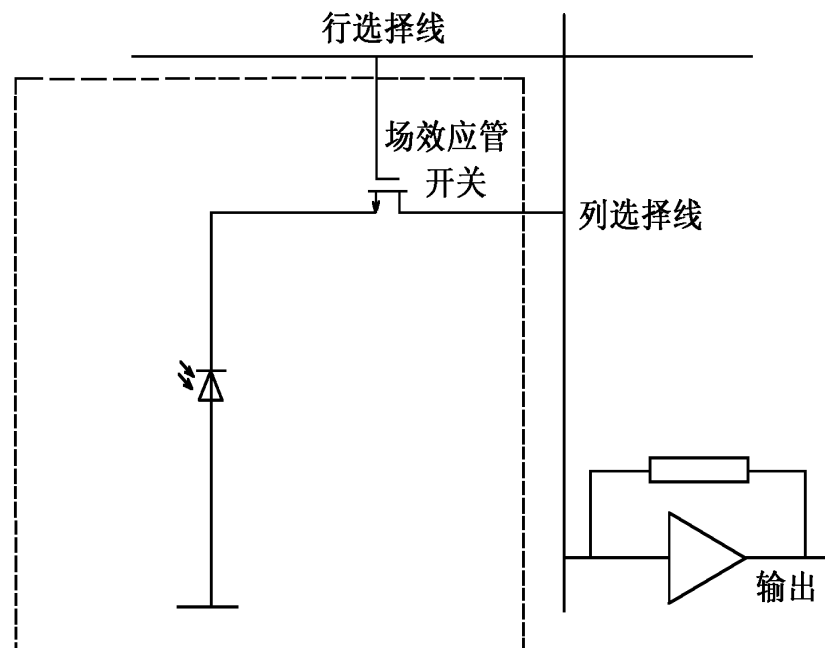


图8-13 CMOS像敏单元结构

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.2 CMOS成像器件的像敏单元结构

1. 被动像敏单元结构

➤ 被动像敏单元结构的缺点是固定图案噪声（FPN）大、图像信号的信噪比较低。

➤ 主动像敏单元结构是当前得到实际应用的结构。它与被动像敏单元结构的最主要区别是，在每个像敏单元都经过放大后，才通过场效应管模拟开关传输，所以固定图案噪声大为降低，图像信号的信噪比显著提高。

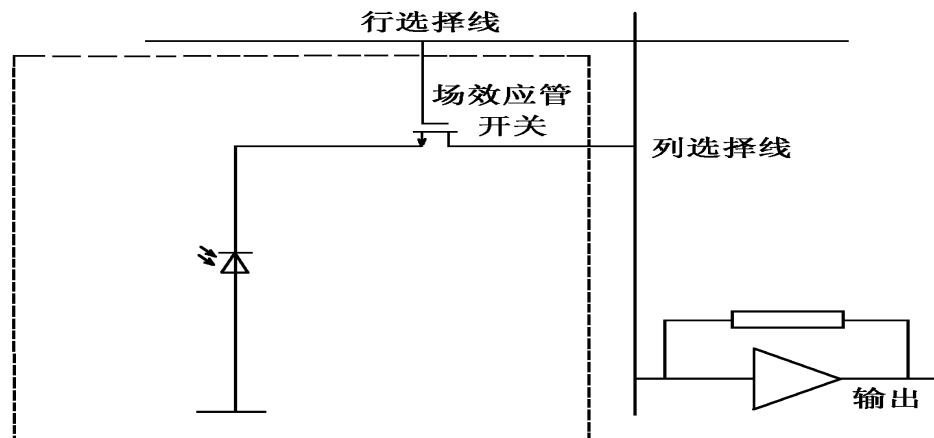


图8-13 CMOS像敏单元结构

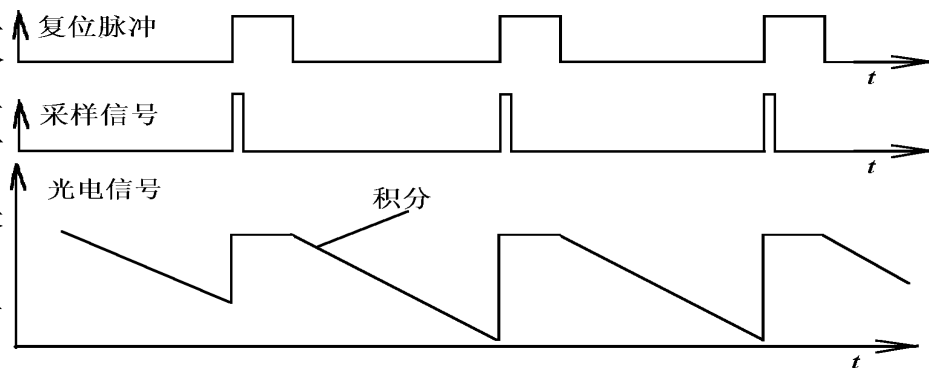


图8-14 图像信号的读出时序脉冲

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.2 CMOS成像器件的像敏单元结构

1. 主动像敏单元结构

➤ 场效应管 T_1 构成光电二极管的负载，它的栅极接在复位信号线上，当复位脉冲到来时， T_1 导通，光电二极管被瞬时复位；

➤ 当复位脉冲消失后， T_1 截止，光电二极管开始积分光信号。

➤ T_2 为源极跟随器，它将光电二极管的高阻抗输出信号进行电流放大。

➤ T_3 用做选址模拟开关，当选通脉冲到来时， T_3 导通，使被放大的光电信号输送到列总线上。

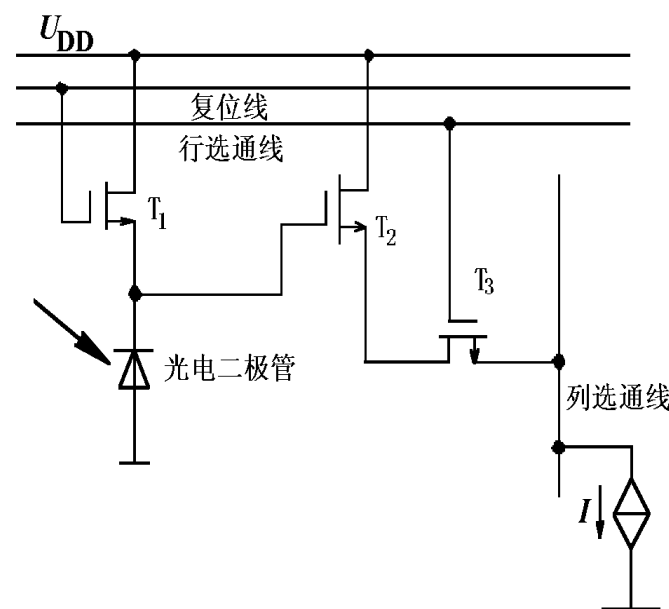


图8-15主动式像敏单元结构

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.2 CMOS成像器件的像敏单元结构

2. 主动像敏单元结构

- 复位脉冲首先来到， T_1 导通，光电二极管复位；
- 复位脉冲消失后，光电二极管进行积分；
- 积分结束时， T_3 管导通，信号输出。

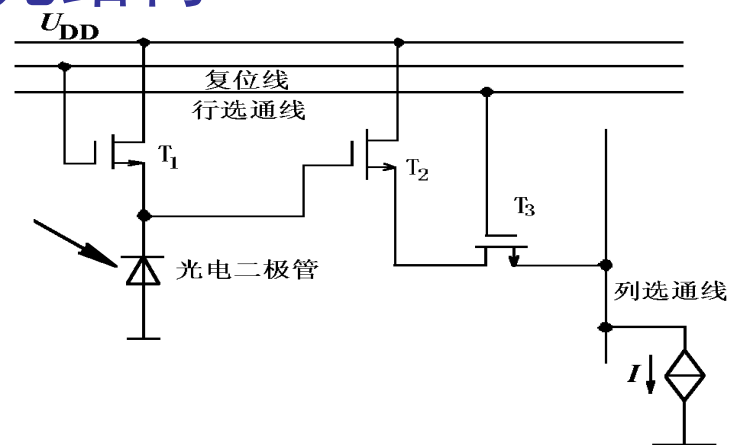


图8-15主动式像敏单元结构

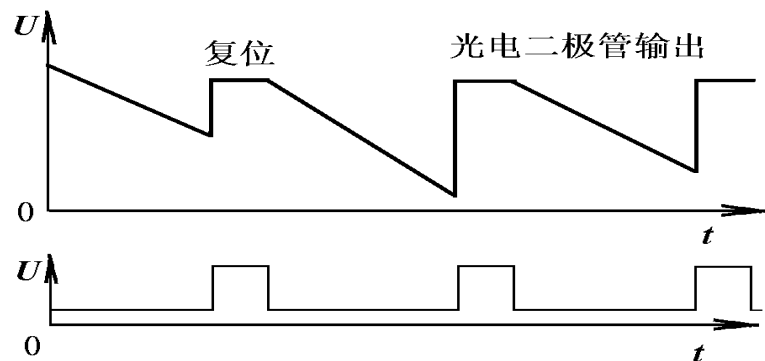


图8-16 主动像敏单元时序图



3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

- CMOS图像传感器的功能很多，组成也很复杂。由像敏单元，行列开关，地址译码器，A/D转换器等许多部分组成较为复杂的结构。
- 应使诸多的组成部分按一定的程序工作，以便协调各组成部分的工作。为了实施工作流程，还要设置时序脉冲，利用它的时序关系去控制各部分的运行次序；并用它的电平或前后沿去适应各组成部分的电气性能。

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

(1) 初始化

初始化时要确定器件的工作模式，如：输出偏压、放大器的增益、取景器是否开通，并设定积分时间。

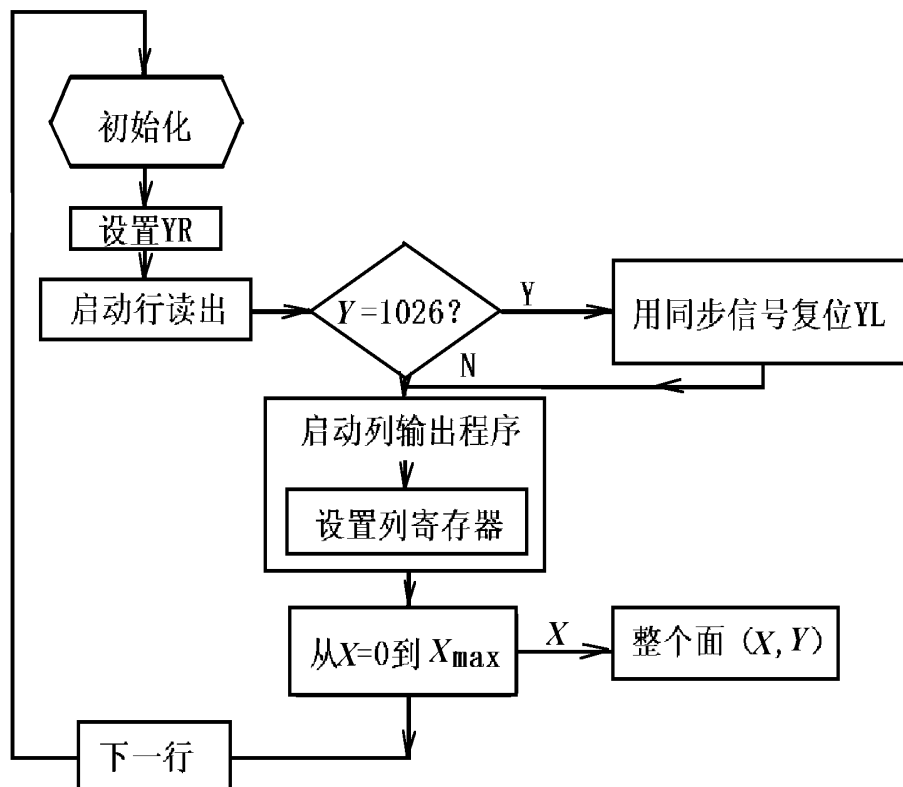


图8-20 CMOS图像传感器工作流程图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

(2) 帧读出 (YR) 移位寄存器初始化
利用同步脉冲 SYNC-YR, 可以使 YR 移位寄存器初始化。SYNC-YR 为行启动脉冲序列, 不过在它的第一行启动脉冲到来之前, 有一消隐期间, 在此期间内要发送一个帧启动脉冲。

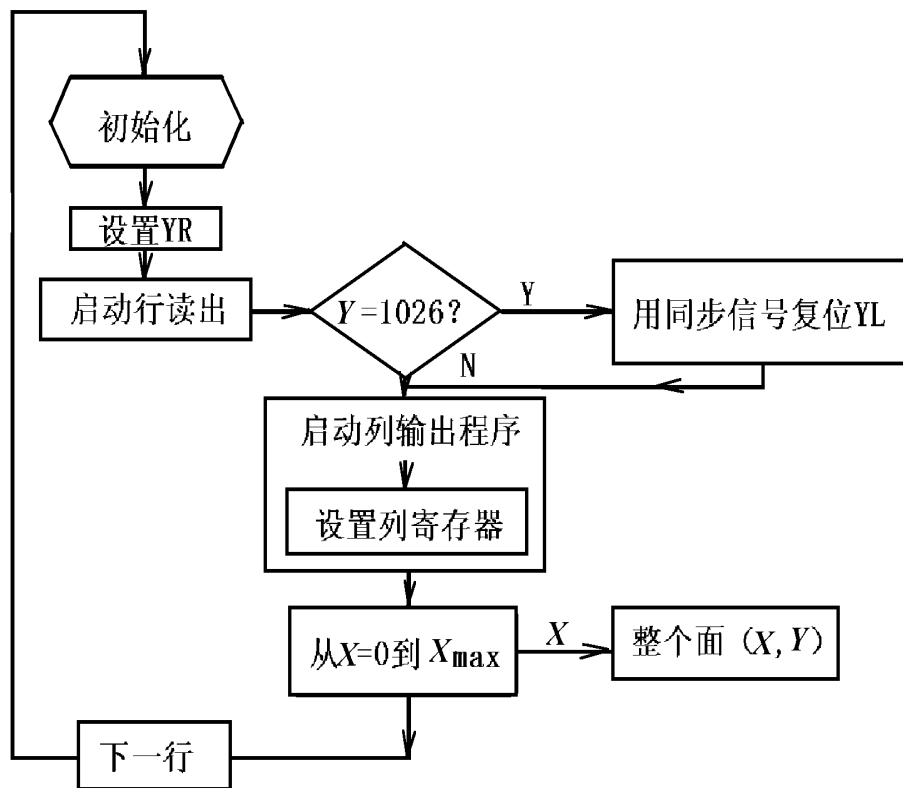


图8-20 CMOS图像传感器工作流程图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

(3) 启动行读出
SYNC-YR指令可以启动行读出，从第一行 ($Y=0$) 开始，直至 $Y=Y_{\max}$ 止。

(4) 启动X移位寄存器
利用同步信号SYNC-X，启动X移位寄存器开始读数，从 $X=0$ 起，至 $X=X_{\max}$ 止；X移位寄存器存一幅图像信号。

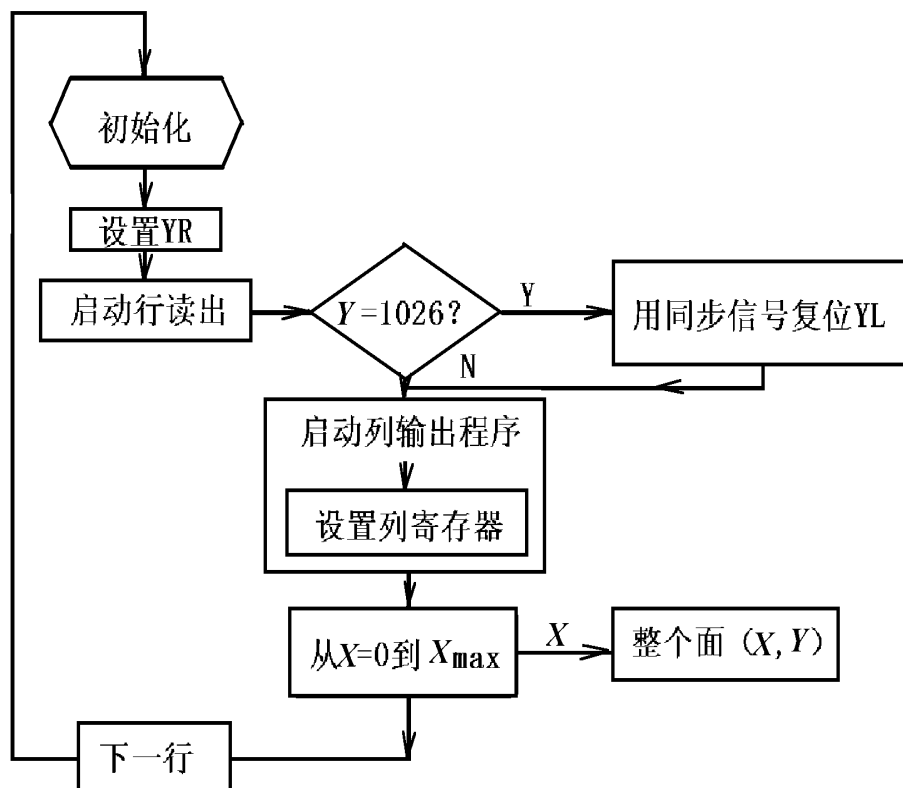


图8-20 CMOS图像传感器工作流程图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

(5) 信号采集

A/D转换器对一幅图像信号进行A/D数据采集。

(6) 启动下行读数

读完一行后，发出指令，接着进行下一行读数。

(7) 复位

帧复位是用同步信号SYNC-YL控制的，从SYNC-YL开始至SYNC-YR出现的时间间隔便是曝光时间。为了不引起混乱，在读出信号之前应当确定曝光时间。

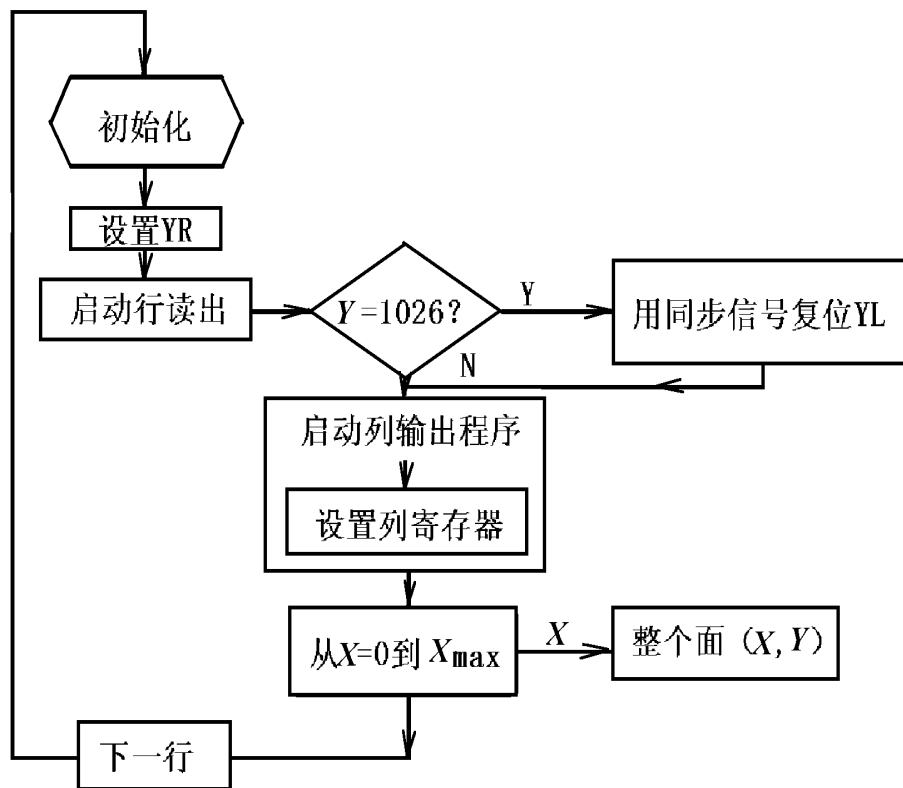


图8-20 CMOS图像传感器工作流程图

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.2.3 CMOS图像传感器的工作流程

(8) 输出放大器复位

用于消除前一个像敏单元信号的影响，由脉冲信号SIN控制对输出放大器的复位。

(9) 信号采样/保持

为适应A/D转换器的工作，设置采样/保持脉冲，该脉冲由脉冲信号SHY控制。

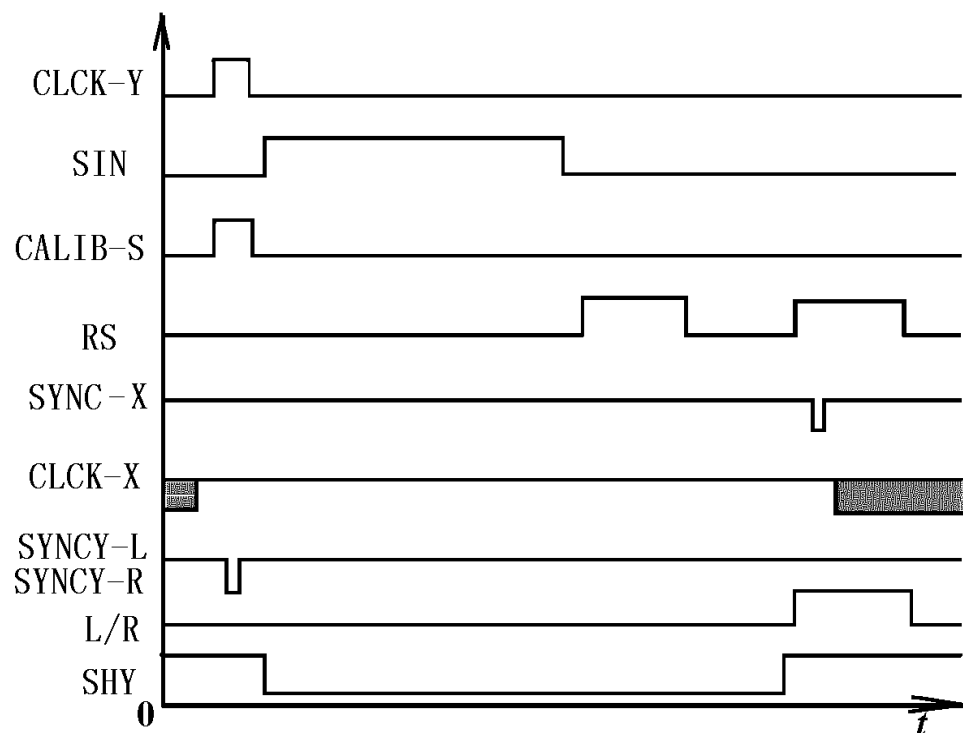


图8-21 CMOS图像传感器时序脉冲波形图



小节

3.1 概述

3.2 CMOS成像器件的原理结构

3.3 CMOS成像器件的工作流程



作业

- CMOS图像传感器能够像线阵CCD那样只输出一行的信号吗？若能，试说明怎样实现。
- 何谓被动像敏单元结构与主动像敏单元结构？二者有什么异同？主动像敏单元结构是如何克服被动像敏单元结构的缺陷的？