

# 电视摄像输入装置的设计

刘其真 周正 孙慰迟

(复旦大学)

## 摘 要

由电视摄像机 (TV-Camera) 构成的计算机图象输入装置与其它图象输入装置相比, 有其独特的优点, 即输入速度快、结构轻巧、价格较低、一机多用。既能用于图片 (包括正片和负片) 的输入, 又能用于静态实物场景和显微影象的输入, 具有一定的实时性。

本文介绍了电视摄像图象输入装置的设计思想。用本文方法设计出的输入装置可用于任何型号的计算机, 只须将接口电路稍作改动即可。

## 一、前 言

进行数字图象处理除了依赖于电子数字计算机之外, 还必须有一定的图象输入输出装置。本文就电视摄像 (TV-Camera) 图象输入装置的设计与研制做一介绍。

电视摄像输入装置的优点是输入速度快、结构轻巧、价格较低、一机多用。虽分辨力较低、灰度级较小, 但在对精度不太苛求的场合具有使用价值, 该装置可用在任何型号的具有数据输入通道或模数输入端口的电子计算机。

本文讨论的电视图象信号仅指单色静态图象信号。

本装置的总框图如图 1 所示。电视摄像机输出的图象信号经过放大和平移, 在采样窗口的控制下进行  $A/D$  转换, 连续的模拟量变换成离散的数字量, 该数据一路经送数

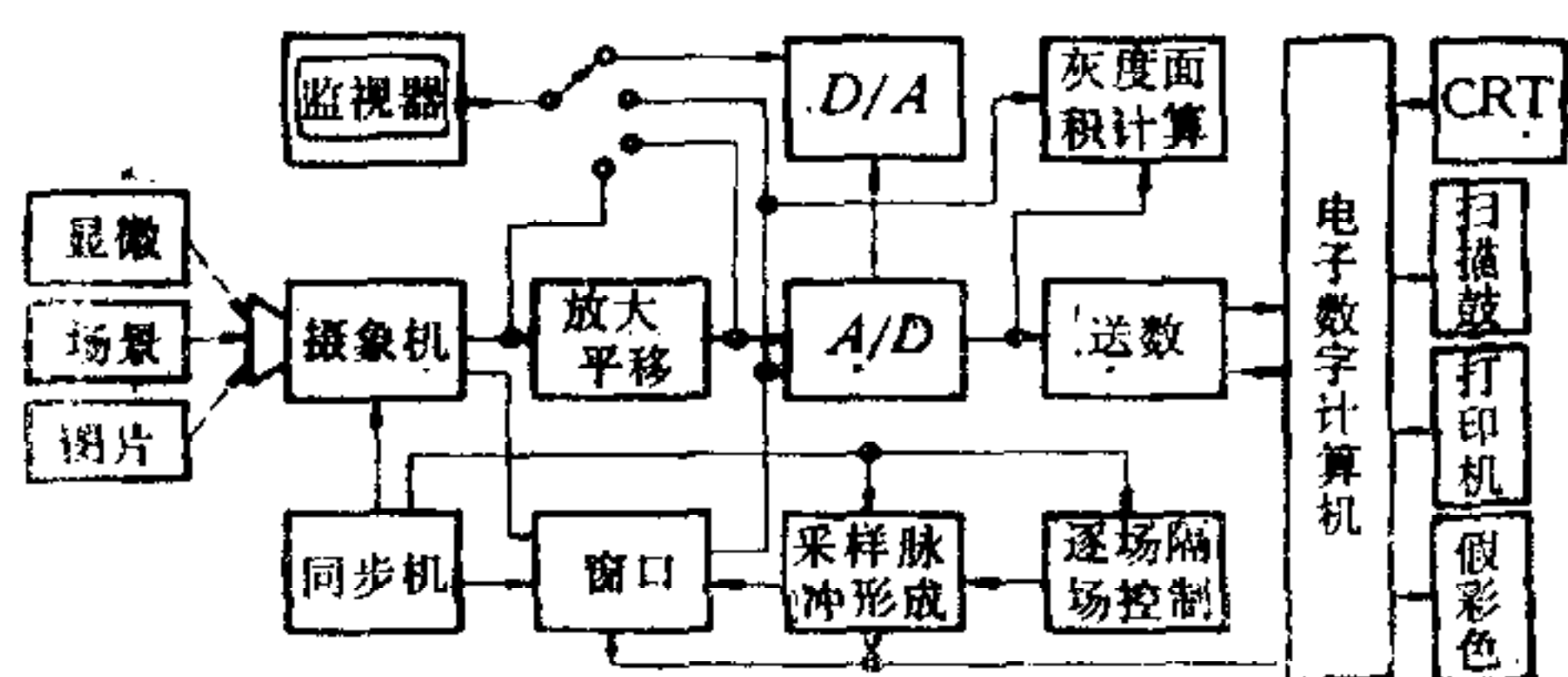


图 1 电视摄像输入装置总框图

接口送至计算机数据通道, 继而进入内存。另一路通过  $D/A$  转换器再恢复成模拟量送至监视器, 以便监视对原图象的离散和量化情况。第三路进行灰度面积计算。框图中的“逐场隔场控制”问题, 留待后面叙述。

输入到计算机内存 (或外存) 存储器中的数字图象经处理后, 可通过专用输出接口送至 CRT 或伪彩色显示器, 也可送至图片传真机或由打印机等输出装置将处理结果显现出来。

本设备所用单色 (如黑白) 摄像机必须在同步机提供的行、场同步脉冲的作用下处于“外同步”工作状态, 该摄像机还必须分别输出行、场消隐信号给采样控制电路。在选用摄

象机时,尽量选择输出信噪比大、清晰度高、几何失真和非线性失真小的摄像机。

本装置对  $A/D$  转换器的转换速度和位数并不苛求,一般有四位以上即能满足要求。

## 二、电视图象信号的频谱特性和采样周期的确定

静止图象经过扫描变换,所获得的电视图象信号的频谱如图 2 所示<sup>[1]</sup>。

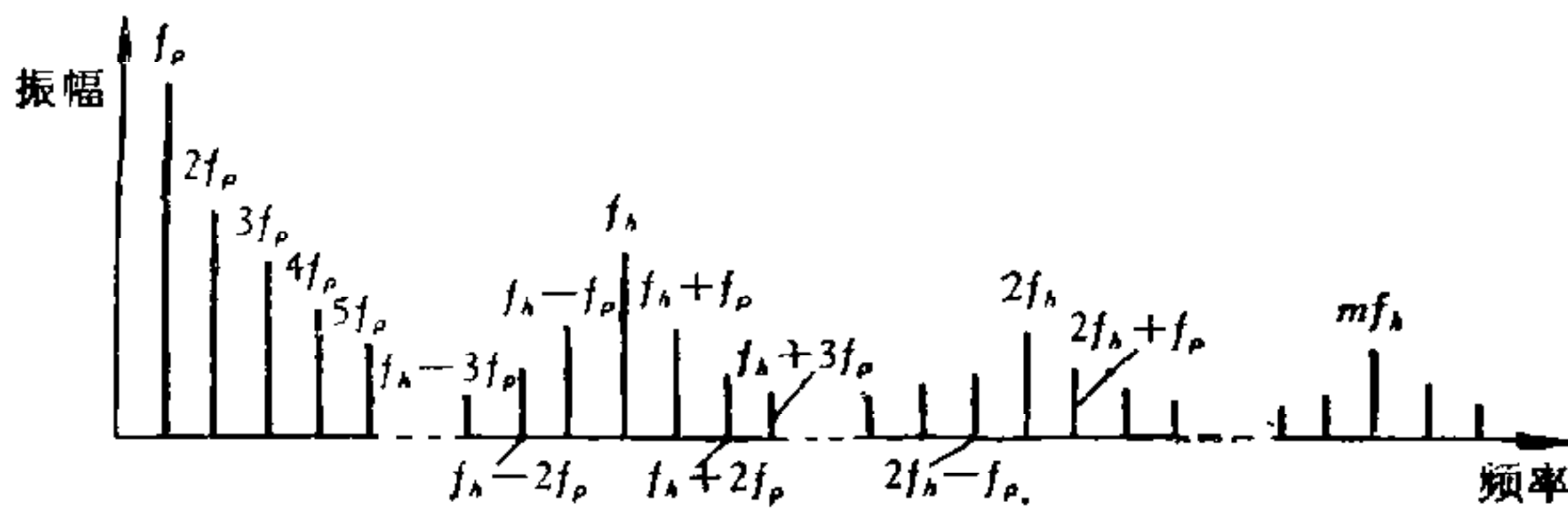


图 2 电视图象信号的频谱



图 3 电视信号波形

从图 2 可以看出,电视图象信号的基频(能级最大)就是帧频  $f_p$ ,一般  $f_p = 25\text{Hz}$ ,也就是电视图象信号包络线的重复频率为  $25\text{Hz}$ ,为电视图象信号的下限频率。电视图象信号的上限频率,可根据下式<sup>[2]</sup>求出,

$$f_{\max} = \frac{1}{2} K K_1 \frac{(1 - \beta)}{(1 - \alpha)} f_p N^2.$$

式中  $K = \frac{4}{3}$ ,为摄像机靶面的长、宽(幅型)比;  $\alpha = 0.16 - 0.18$ ,为行逆程占行周期的百分比;  $\beta = 0.074 - 0.08$ ,为场逆程占场周期的百分比;  $K_1$  为垂直分解力系数,一般  $K_1(1 - \beta)$  取为  $0.7$ ;  $N = 625$  (行/帧)。

经计算可知电视图象信号的上限频率约为  $f_{\max} \approx 5.5\text{MC}$ 。

根据上下限频率,可决定图象信号放大器的带宽,并且可根据奈奎斯特 (Nyquist) 采样定理算出采样周期的理论值,即:

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\max}} = \frac{1}{2 \times 5.5\text{MC}} \approx 0.09\mu\text{s}.$$

由于本装置精度不高,可以使采样周期稍低于理论值<sup>[3,4]</sup>,但实践表明,即使采样周期取  $0.125\mu\text{s}$  (时钟频率为  $8\text{MC}$ ) 本装置亦能获得比较满意的采样效果。

由于摄像机输出的全电视信号幅度仅  $1\text{V}$  左右,而一般模数转换器的量化范围往往大于  $1\text{V}$ ,因此必须将摄像机输出的图象信号放大再进行  $A/D$  变换。摄像机输出的全电视信号中包含约  $0.3\text{V}$  的同步信号(见图 3),则要求放大器必须同时具有移位功能,以便将同步信号移至  $A/D$  转换器的量化范围之外不予量化,否则将使  $A/D$  的量化范围缩小  $30\%$  ( $0.3\text{V}/1\text{V}$ )。

## 三、最大象元数和信息存贮量

采样周期  $\Delta t$  确定之后,每一个行正扫时间最多可采用的象点数,

$$m = (T_{\text{行周期}} - T_{\text{行回扫}}) / \Delta t.$$

如  $\Delta t = 0.125 \mu\text{s}$ , 则

$$m = \frac{64 \mu\text{s} - 11.8 \mu\text{s}}{0.125 \mu\text{s}} = 417(\text{点}),$$

去其尾数, 得  $m = 400$  点, 便是一帧图象的横向采样点数.

现在来讨论纵向采样点数. 因每帧电视图象共有 625 行, 一帧分两场扫完, 每场有 312.5 行, 又知每场被消隐的行数约为 25 行, 所以每场用来分解图象的光栅行数为 287.5 行, 去其尾数, 得每场纵向最大采样点数  $n = 280$  点.

摄象机靶面或电视机屏幕的幅型比(横向与纵向的长度比)为 4:3. 若以 8MHz 的时钟进行采样, 则在摄象机靶面的横向共采 400 点, 在每个场正扫期(纵向)共采 280 个象点, 因而也有  $m/n \approx 4/3$ , 这正好符合摄象机靶面的幅型比, 因而采样象元呈方格网点状. 如果对一帧的两场均采样, 则纵向象元数可达  $n' = 2n = 280 \times 2 = 560$  (点). 此时采样点的分布情况是纵向比横向密一倍.

设本设备摄象机输出的图象信号分为  $K$  个灰度级, 根据香农 (Shannon) 定理和熵的性质可以推导出了一幅图象的最大有效信息存贮量<sup>[5]</sup>为:

$$M = mn \log_2 K \text{ (位)}.$$

例如  $m = 400$ ,  $n = 280$ ,  $K = 16$ , 则  $M = 448000$  (位) = 56000 (字节).

#### 四、采样模式的选择与图象的数学模型

如果直接跟踪行扫描线进行采样, 就必须使  $A/D$  转换器的转换速率大于或等于采样频率, 若不加缓冲寄存器而是直接将图象数据送入计算机内存, 则要求计算机必须有相当快速的数据通道, 这些都较难实现. 因此, 本装置采用“快扫慢采”的采样方法, 即每行采一点, 每场采一列, 按列量化输入的方式, 如图 4 所示. 对于隔场采样制来说, 若第一个奇(偶)数场采了纵向点列  $\eta_1$

$$\eta_1 = \{P(1, j) / j = 1, 2, \dots, n\},$$

则在第二个奇(偶)数场采纵向点列  $\eta_2$

$$\eta_2 = \{P(2, j) / j = 1, 2, \dots, n\}.$$

其余纵向点列依此类推.

对于逐场采样制而言, 设第一场采了纵向点列  $\eta_{1-1}$ ,

$$\eta_{1-1} = \{P(1, j) / j = 1, 3, 5, \dots, 2n - 1\},$$

则第二场采纵向点列  $\eta_{1-2}$

$$\eta_{1-2} = \{P(1, j) / j = 2, 4, 6, \dots, 2n\},$$

从图 4(b) 可知,  $\eta_1 = \eta_{1-1} + \eta_{1-2}$ .

无论隔场采样还是逐场采样, 两次相邻的采样动作之间至少相隔一个行周期 ( $64 \mu\text{s}$ ),  $\eta_1, \eta_2$  等各相邻纵向点列之间相隔一个帧周期 (40ms), 因此采完  $m$  个纵向点列所用的时间就是一幅图象的最大输入时间  $T_{\text{max}}$ , 以  $m = 400$  为例,  $T_{\text{max}} = m \times 40\text{ms} = 16$  秒. 以上采样速度, 对一般  $A/D$  转换器和计算机数据通道来说, 都是足以胜任的.

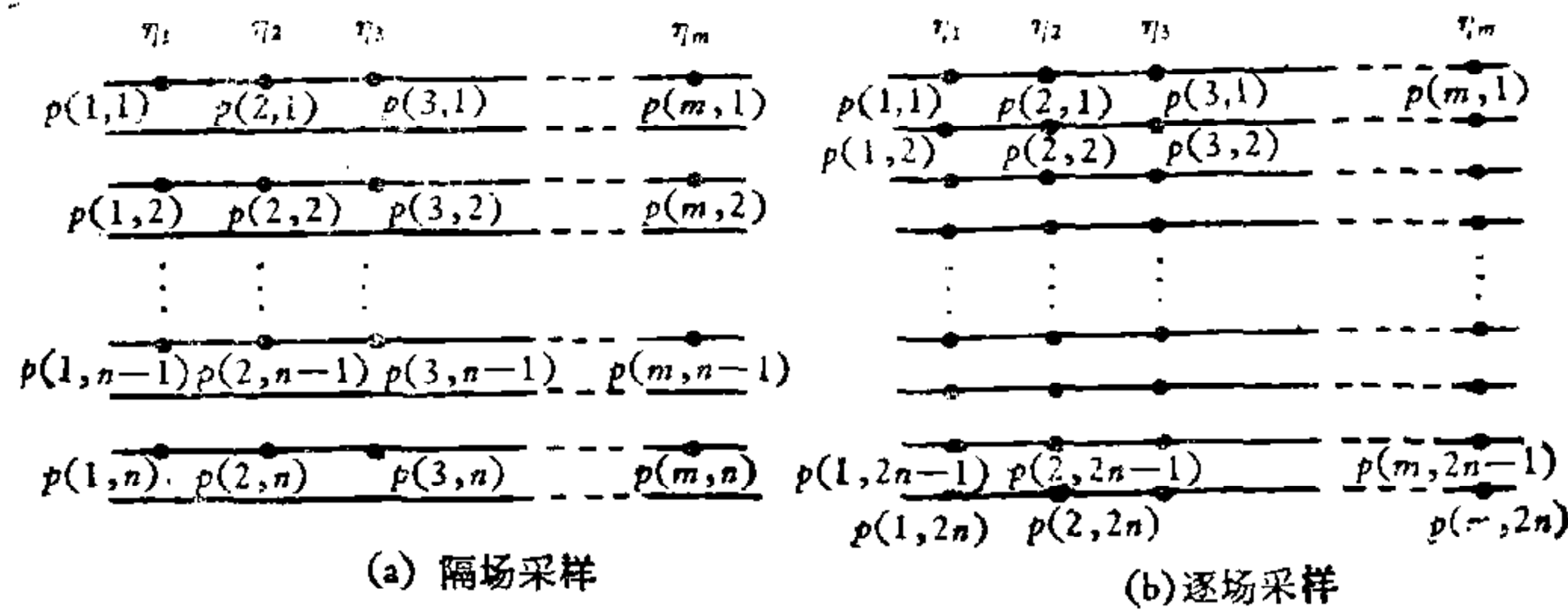


图 4 纵向采样示意图

一幅二维图象  $f(x, y)$  经采样离散化后,便获得  $m \times n$  的阵列形式:

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} f(1, 1) & f(2, 1) & \cdots & f(m, 1) \\ f(1, 2) & f(2, 2) & \cdots & f(m, 2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(1, n) & f(2, n) & \cdots & f(m, n) \end{bmatrix}$$

上式右边就是数字图象, 该阵列中每个元素代表一个象元<sup>[6]</sup>.

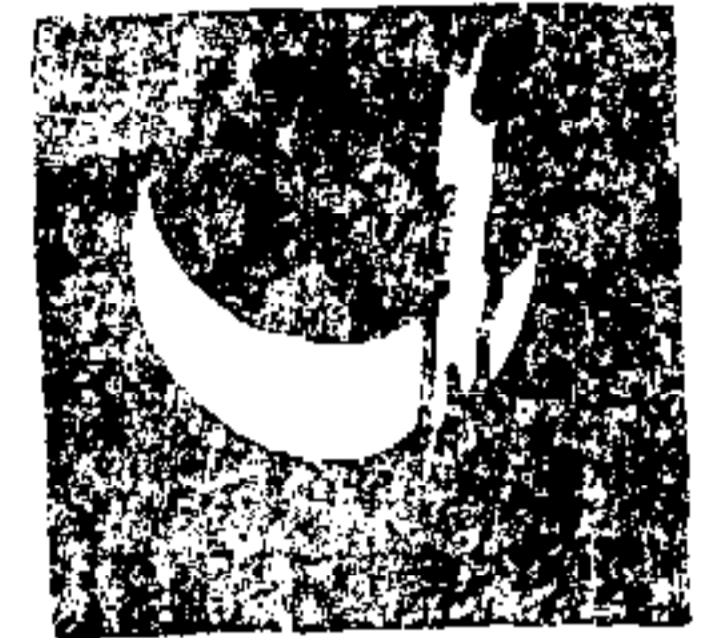
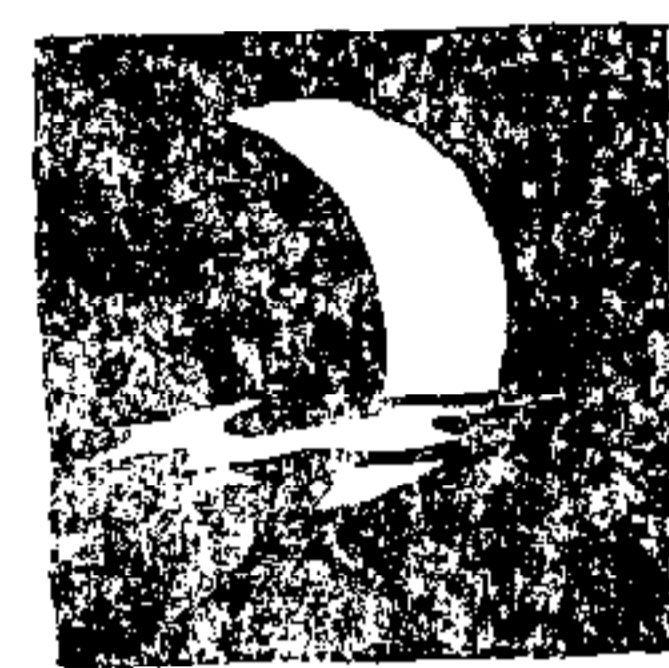


图 5 图象及其转置

因采样过程是按纵向一列列量化后送入计算机的, 所以实际送入计算机的图象  $F(x, y)$  是  $f(x, y)$  的转置, 即

$$F(x, y) = f^T(x, y) = \begin{bmatrix} f(1, 1) & f(1, 2) & \cdots & f(1, n) \\ f(2, 1) & f(2, 2) & \cdots & f(2, n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(m, 1) & f(m, 2) & \cdots & f(m, n) \end{bmatrix}$$

这是在图象处理中必须注意的问题. 其转置情况如图 5 所示.

### 五、控制电路和图象输入流程

#### 1. 同步机

同步机输出三路信号, 其中两路去摄像机分别作为行、场同步信号, 另一路去采样脉冲形成电路作为采样时钟. 其电路如图 6 所示(以 8MC 时钟为例).

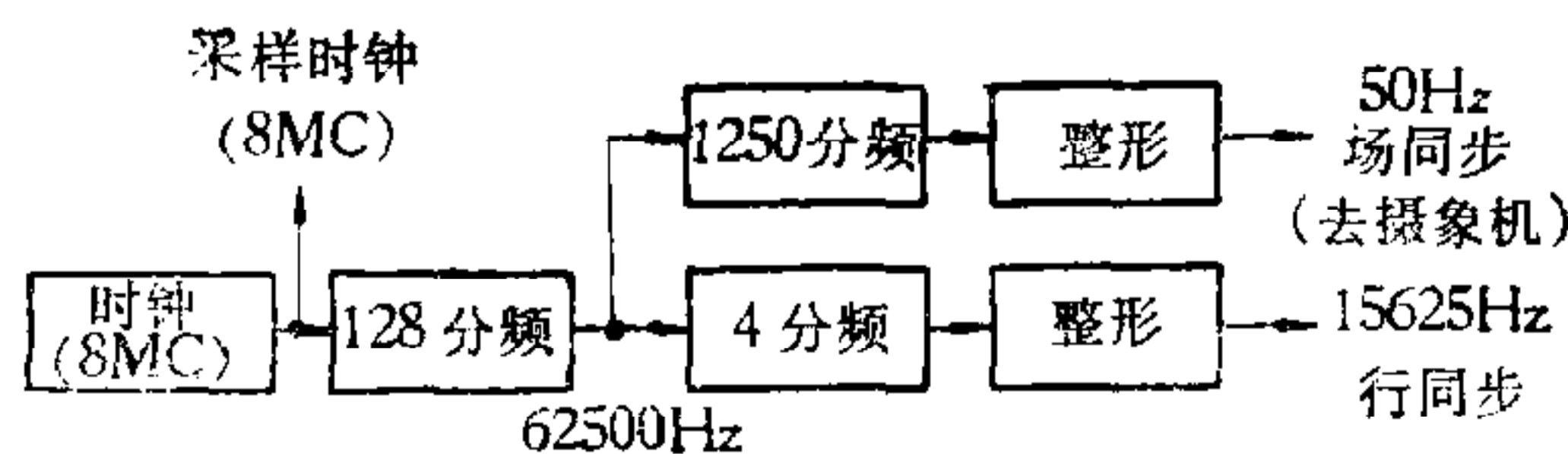


图 6 同步机框图

#### 2. 采样脉冲的形成与逐场/隔场采样的实现

本文所用采样方式, 可采用图 7 电路形成采样脉冲.

点计数的  $cp$  脉冲由时钟脉冲提供, 在每一个行消隐脉冲过后, 点计数电路便从零开始计数, 在整个行正扫期共计  $m$  个数字.

列计数的  $cp$  脉冲由场消隐脉冲提供, 在初始启动清零后, 摄像机每扫一场(对于隔场采样制是每扫一帧), 列计数器加 1.

设列计数器计到第  $i$  列, 则点计数器在每个行正扫内当且仅当计到第  $i$  点时, 符合电路才有符合脉冲输出, 该脉冲与延迟后的时钟脉冲相与后, 便形成采样脉冲. 显然, 该采样脉冲在每个行正扫内仅有一个, 而脉冲所在位置的序号与列计数所计数目相同, 这样就实现了每行采一点, 每场采一系列的设计原则.

图 7 中  $K$  闭合即为隔场采样, 否则是逐场采样.

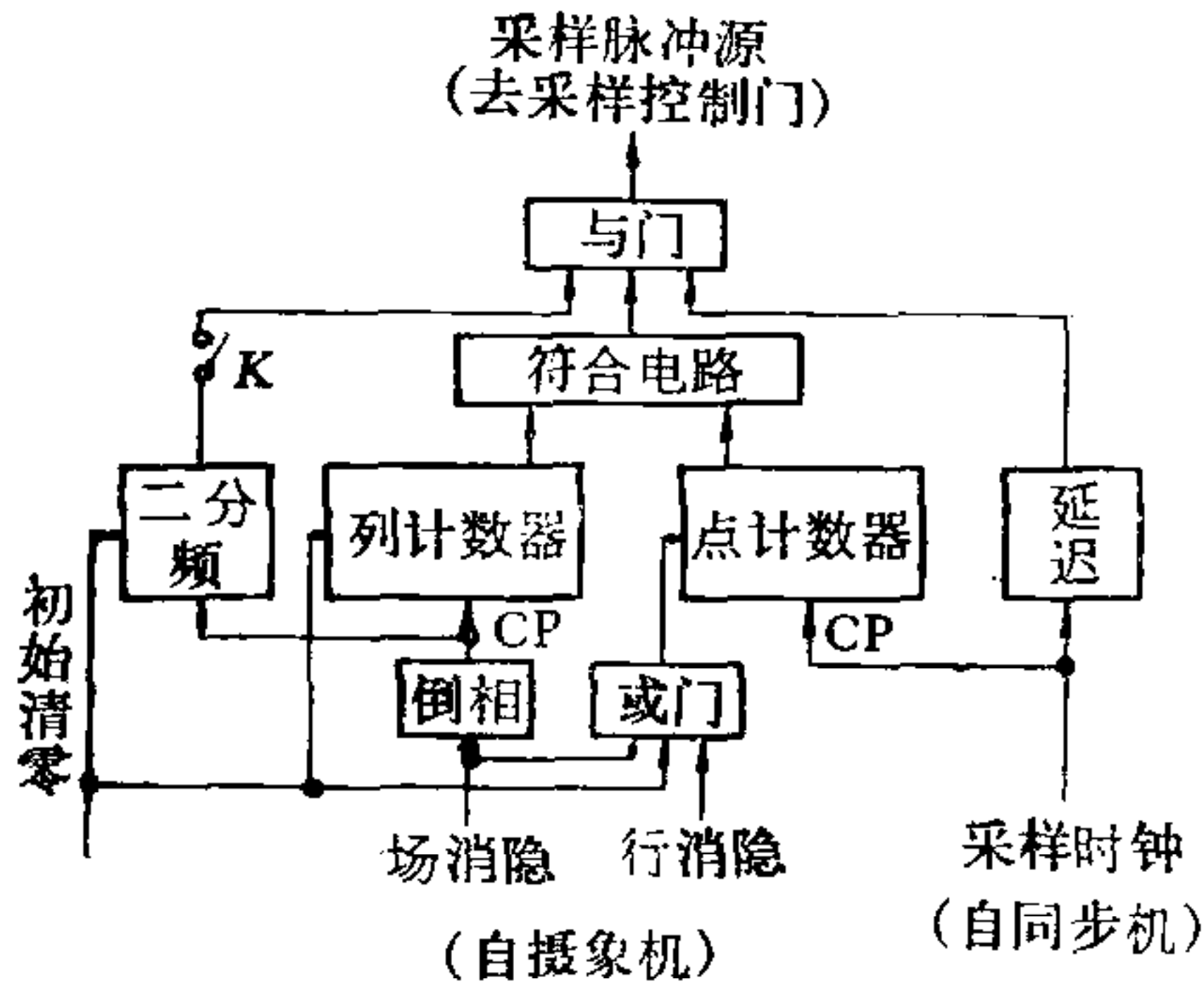


图 7 采样脉冲形成电路

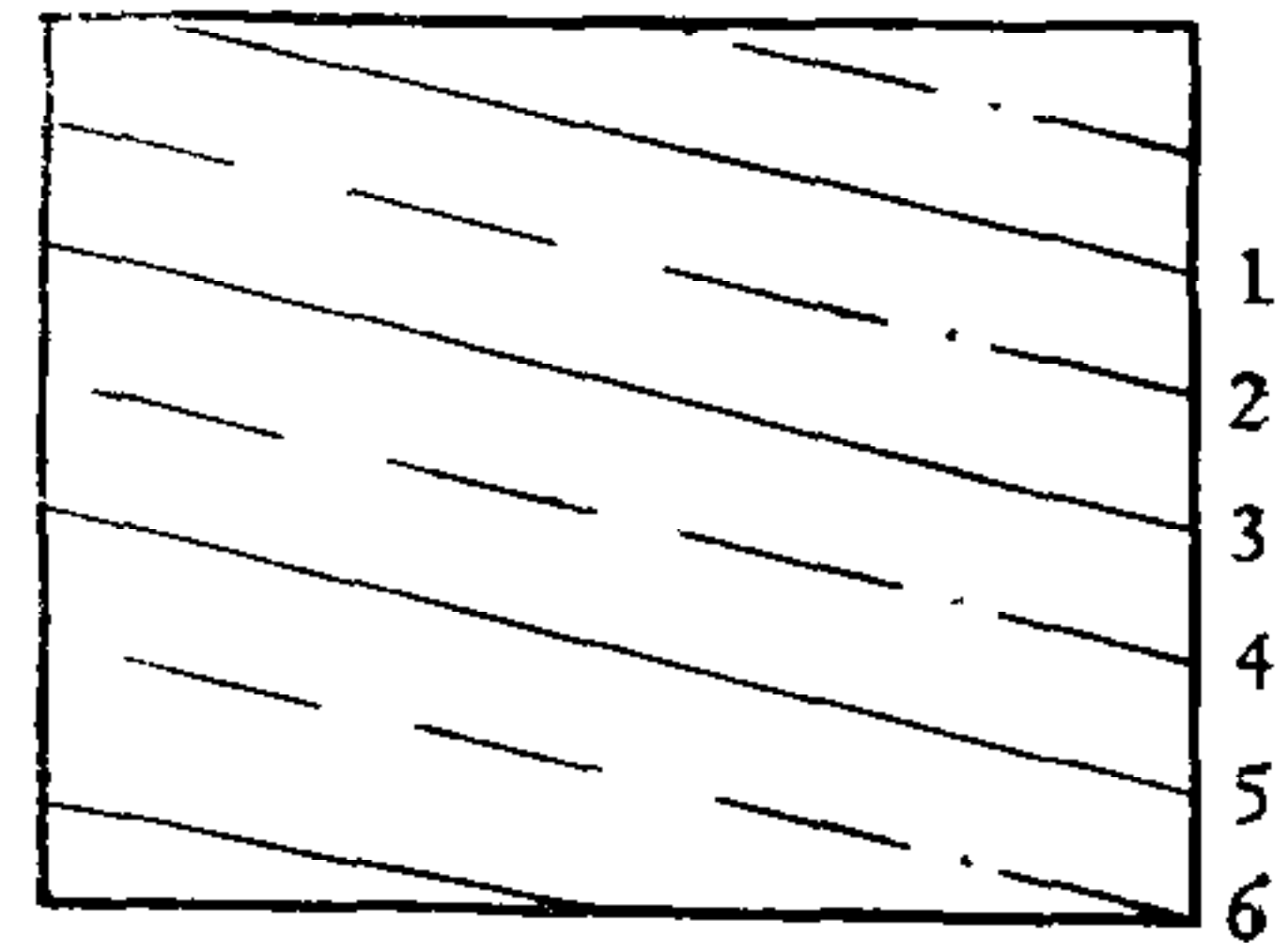


图 8 隔行扫描光栅示意图

### 3. 逐场采样时象元的插入

为了压缩带宽而实施的奇数行隔行扫描光栅, 其行频  $f_h$  和场频  $f_v$  之间必须严格满足关系:

$$\frac{f_h}{f_v} = \frac{2n + 1}{2} = \frac{N}{2}$$

其中  $n$  为自然数;  $N$  为整幅光栅的扫描行数, 分奇数和偶数两场扫完. 因  $N$  为奇数(我国电视制式  $N = 625$ ), 故每场均有半条行扫描线, 或者在其它扫描线的最上方, 或者在其它扫描线的最下方, 见图 8. 对隔场采样制, 一列列的象元  $\eta_1, \eta_2, \dots$  按顺序排列起来就是一帧很好的象元阵列. 参见图 4(a), 而对于图 4(b) 所示的逐场采样制来说, 因  $\eta_i = \eta_{i-1} + \eta_{i-2}$  而在  $\eta_{i-1}$  与  $\eta_{i-2}$  中究竟哪个采于偶数场, 哪个采于奇数场是随机的, 其概率均为  $\frac{1}{2}$ . 如图 9 所示, 点列  $\eta_{i-1}$  与  $\eta_{i-2}$  有 (a), (b) 两种插入方法, 这种给点列  $\eta_i$  的构成带来不定因素的情况是不允许的, 必须使  $\eta_i$  有一种固定的构成, 以便在存贮器中正确地形成数字图象.

分析图 10 所示的行、场消隐信号的波形可以发现,  $t_0$  到  $t_1$  的时间随扫描场次的奇偶数之不同而不同, 两种情况下的  $\Delta t (= t_1 - t_0)$  刚好差一倍. 因此只要在图象输入之前的瞬间, 设法检测出某场的  $\Delta t$  时间内是否包进  $m$  个采样时钟脉冲, 若是便可以开始下场

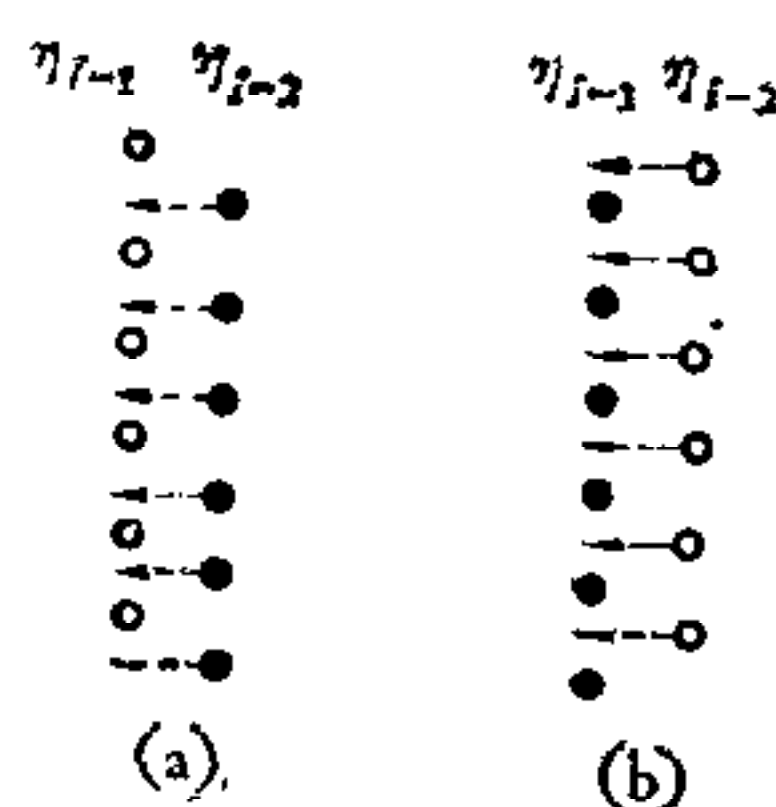


图 9  $\eta_i = \eta_{i-1} + \eta_{i-2}$

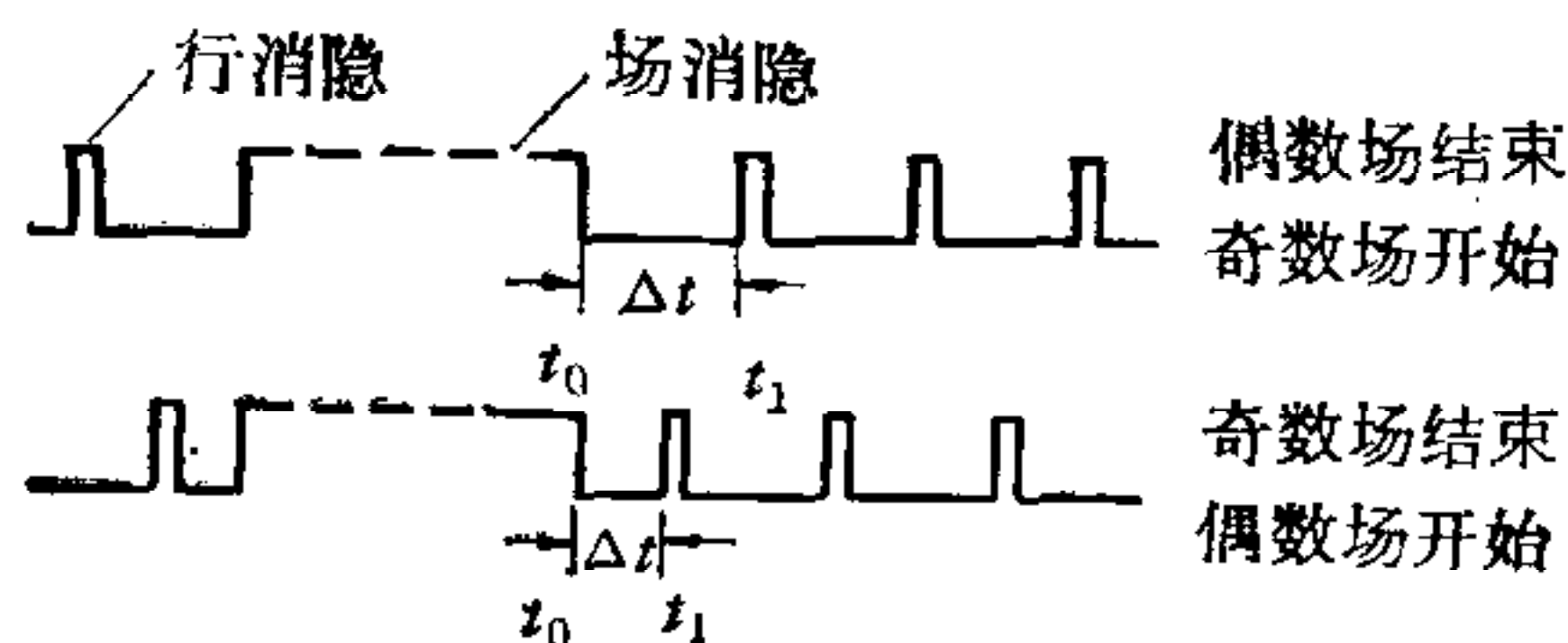


图 10 奇数场和偶数场的行、场消隐信号

采样输入,这样就可使  $\eta_{i-1}$  与  $\eta_{i-2}$  的插入关系固定为图 9(a) 所示情况.

### 4. 采样窗口的形成

在进行图象处理时,常常是仅对整幅图象中某个感兴趣部位进行分析和处理,采用硬件实现这种剪裁功能既快又准确,又可避免浪费存储单元.

采样窗口的位置和几何尺寸由面板上的二-十进制拨盘预置,并由拨盘上的明码显示窗框所在的行列数.窗口的四个边框直接重迭在监视器的画面上,使调节直观、方便,参见图 11(b).

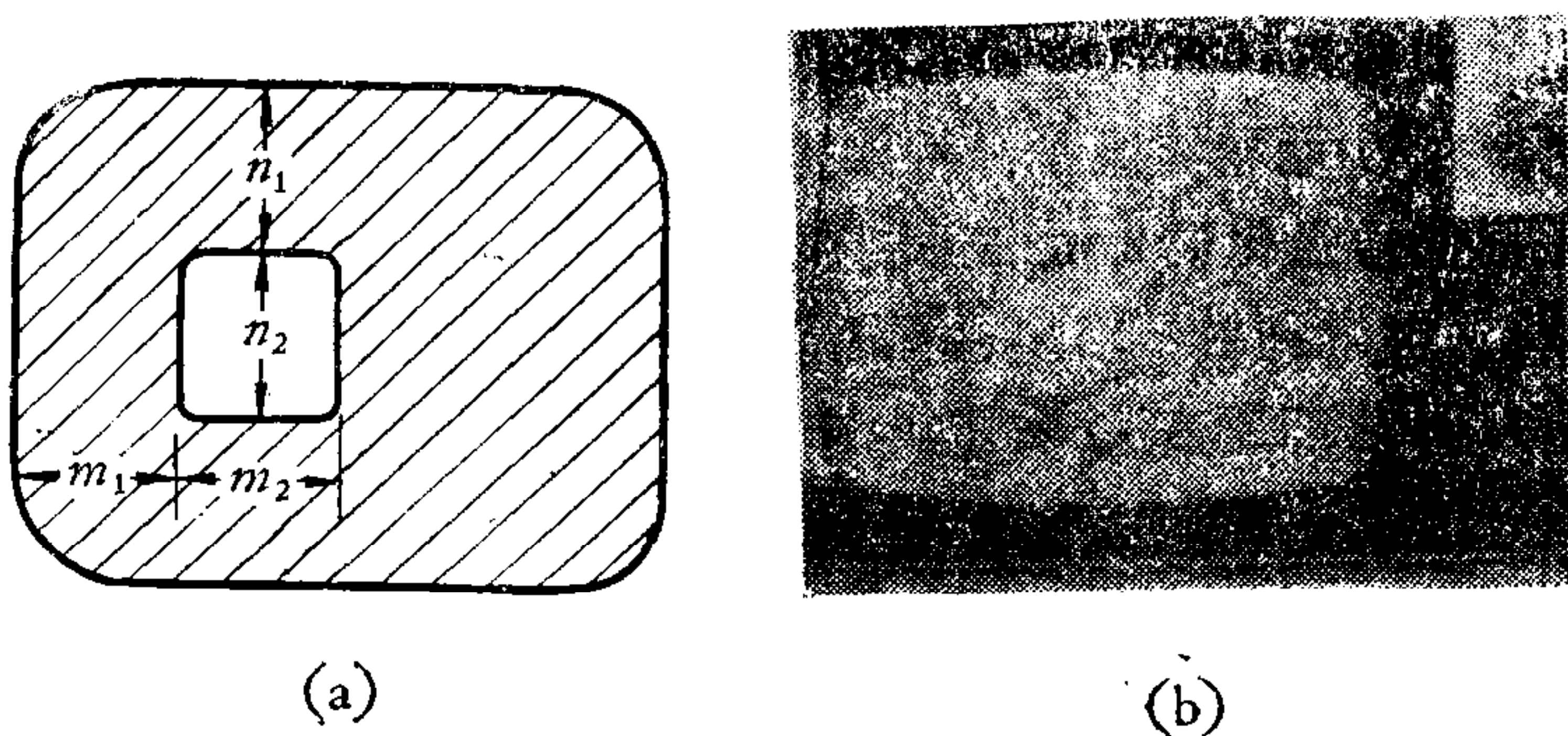


图 11 窗口

如果要开一个如图 11(a) 所示的窗口,只须将“行上限”预置为  $n_1$ ,“行下限”预置为  $n_1 + n_2$ ,“列前限”预置  $m_1$ ,“列后限”预置为  $m_1 + m_2$  即可.参见图 12.当行计数器计到  $n_1$  时刻时,行上限符合电路就发出符合脉冲将  $RS_1$  触发器置 1,当计到  $n_1 + n_2$  时,行下限符合电路即发出符合脉冲将  $RS_2$  触发器置 0,此零电平通过或门关闭采样门.只有当  $n_1 \leq \text{行数} < n_1 + n_2$ ,同时列计数满足  $m_1 \leq \text{列数} < m_1 + m_2$  时,采样门才打开.

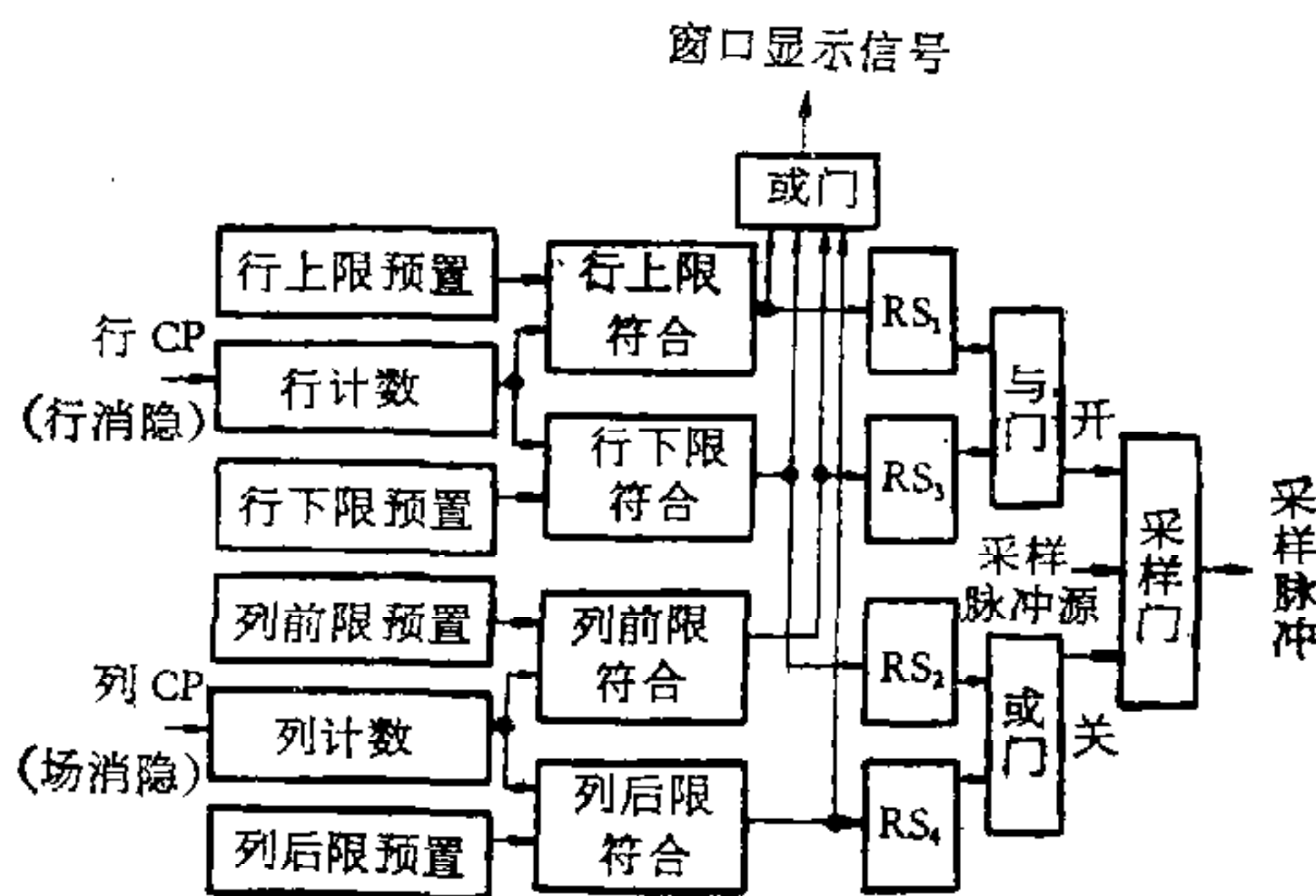


图 12 采样窗口电路框图

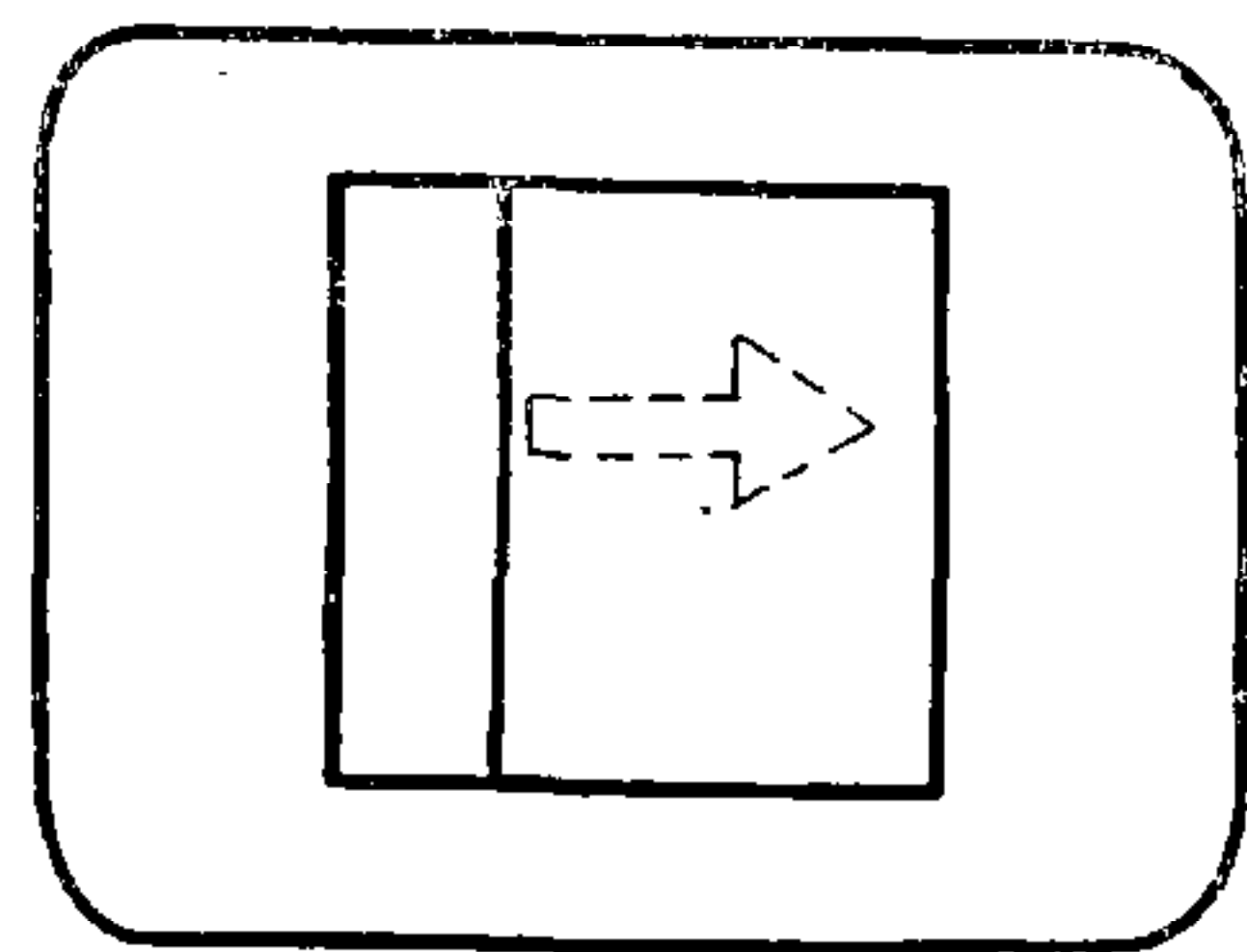


图 13 窗口+采样线显示

根据前面的分析可知,每行发出一个采样脉冲,每场形成一个采样脉冲序列,若将该序列送到监视器上显示出来,则是纵向点列.如前所述,第一帧形成纵向点列  $\eta_1$ ,第二帧形成  $\eta_2 \dots$  这样就可看到一根纵向采样线在窗口内自左向右移动,如图 13 所示.该采样竖线从屏幕的最左边移到最右边共需 16 秒.

## 5. 灰度面积计算

在图象处理中,要计算某级灰度所占的面积,用硬件要比用软件快得多.图 14 给出了灰度面积计算的框图,该计算是紧接着  $A/D$  变换进行的,在图象输入时,一边量化,一边进行灰度面积计算,一俟采样结束,某级灰度的面积计算工作亦随之完成.

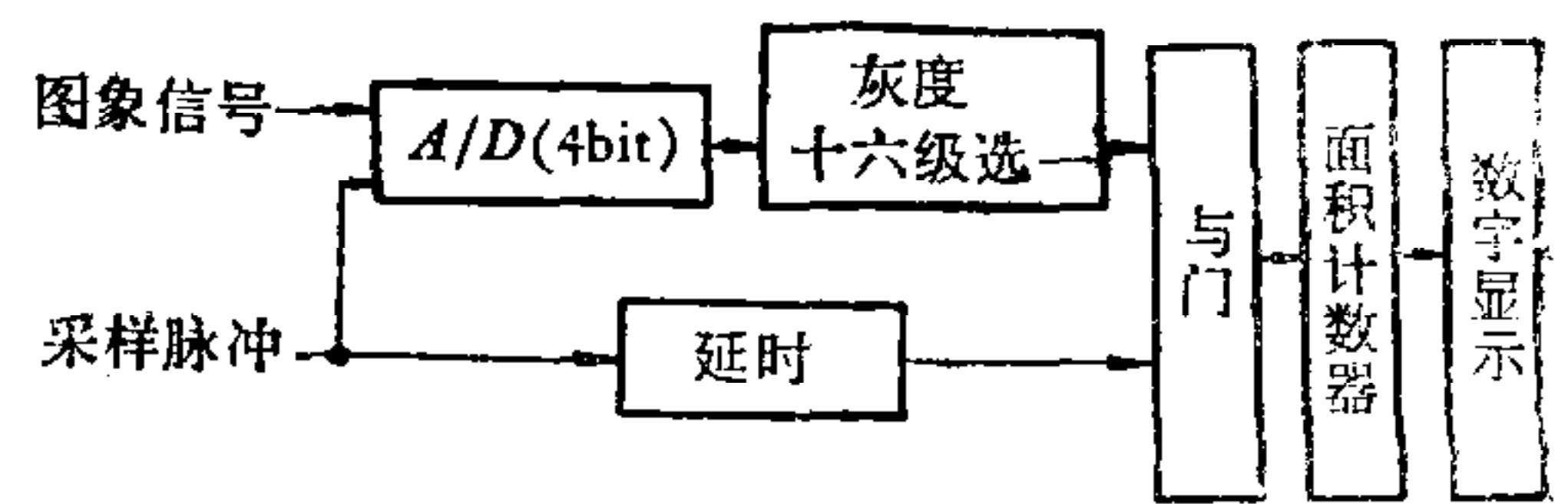


图 14 灰度面积计算框图

## 6. 送数接口

送数接口是本装置与计算机之间的桥梁,具体电路因计算机种类的不同而异,亦随  $A/D$  转换器位数的多少而稍有区别.例如主机的数据通道仅有 4 根数据输入线,而  $A/D$  转换器对每个采样信号量化成 8 位二进制数据,8 位数据必须分两次送入计算机,先送高 4 位,后送低 4 位.考虑到模数转换过程需要一定的时间(例如  $1\mu\text{s}$ ),所以在采样脉冲发出后一定要等  $A/D$  转换工作完成后才能将  $A/D$  转换出来的数据送入计算机.另外,还必须注意送数电路应和计算机之间有若干应答信号.

## 7. 图象输入流程

图 15 是本装置进行图象输入时计算机的工作流程,通过输入指令,事先告诉计算机需要输入的行数  $n$  和列数  $m$ ,在输入一列列点(即  $\eta_i$ )时,程序是一个个小循环,而对总列数是否已满足预定值则是通过  $m-1=0$  来进行判断.

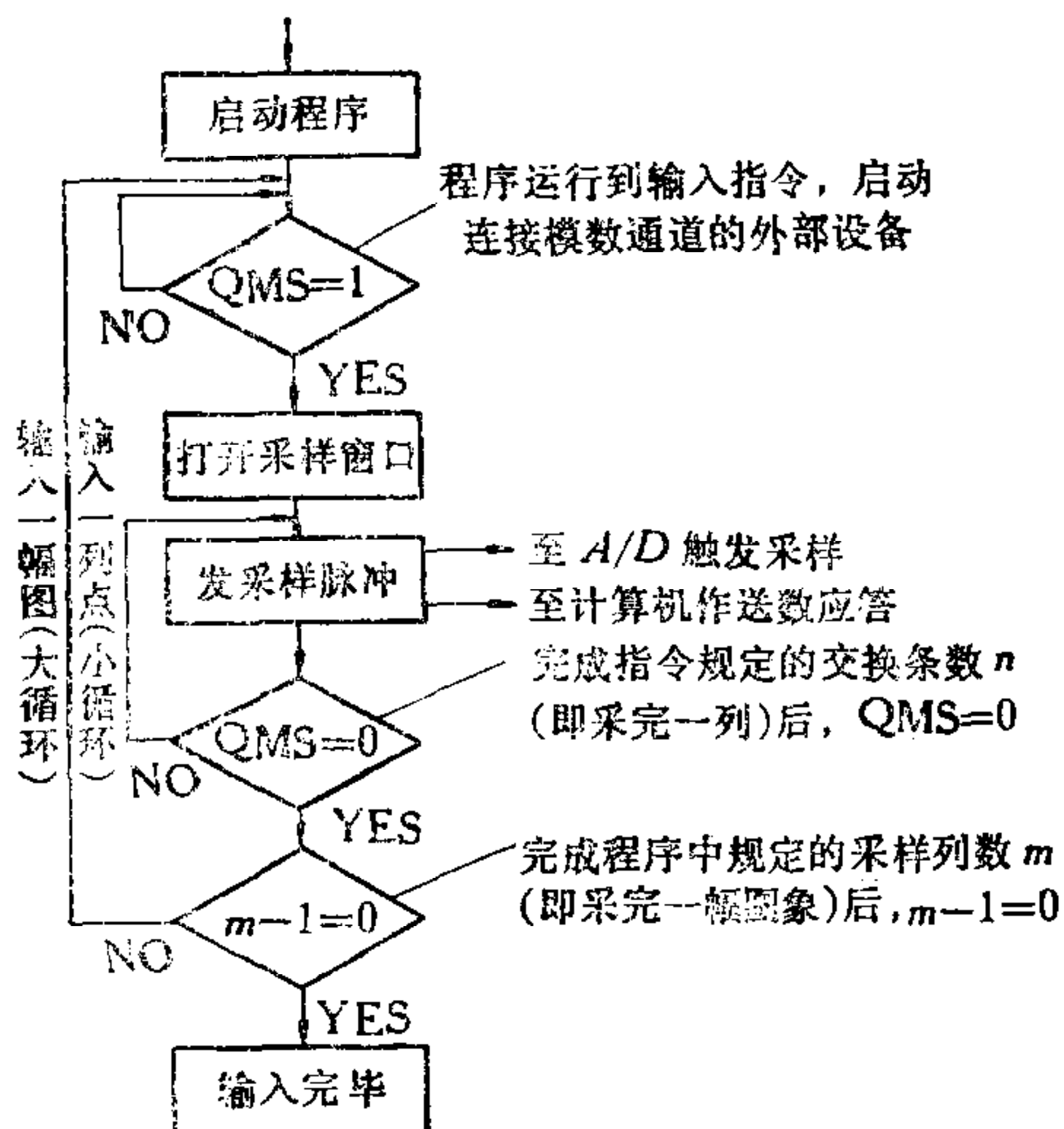


图 15 图象输入流程图

图 16 是本装置用于显微摄影输入时的照片,若取下显微镜系统,装上光学镜头,即可进行遥感照片、实物场景或一般图片的摄影输入.图 17 是本装置将人物图片输入计算机后,计算机再输出至 CRT 显示器显示出来的图象.

本装置可达到的技术指标如下:

象元数:  $400 \times 280$  或  $400 \times 560$  (采样频率为  $8\text{MC}$  时);

图象输入时间:  $\leq 16$  秒;

软件硬化功能: 窗口技术、灰度面积计算;

摄影方式: 静物、图片、显微;

监视内容: 图象、采样窗口、采样线及其叠加图形;

至于分辨率和灰度等级则与所用摄影机质量的好坏有密切关系.

## 六、结束语

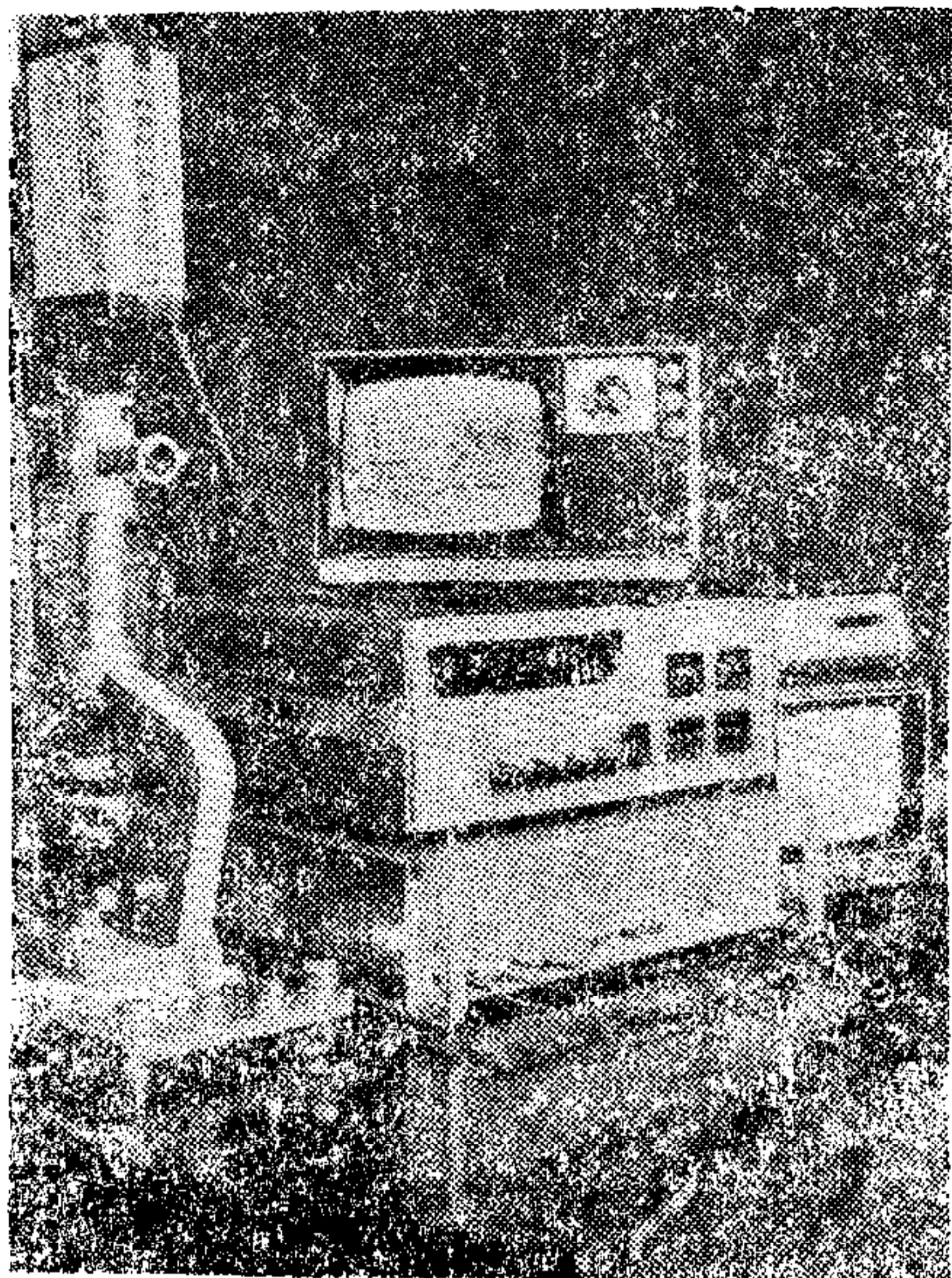


图 16 显微摄像输入装置

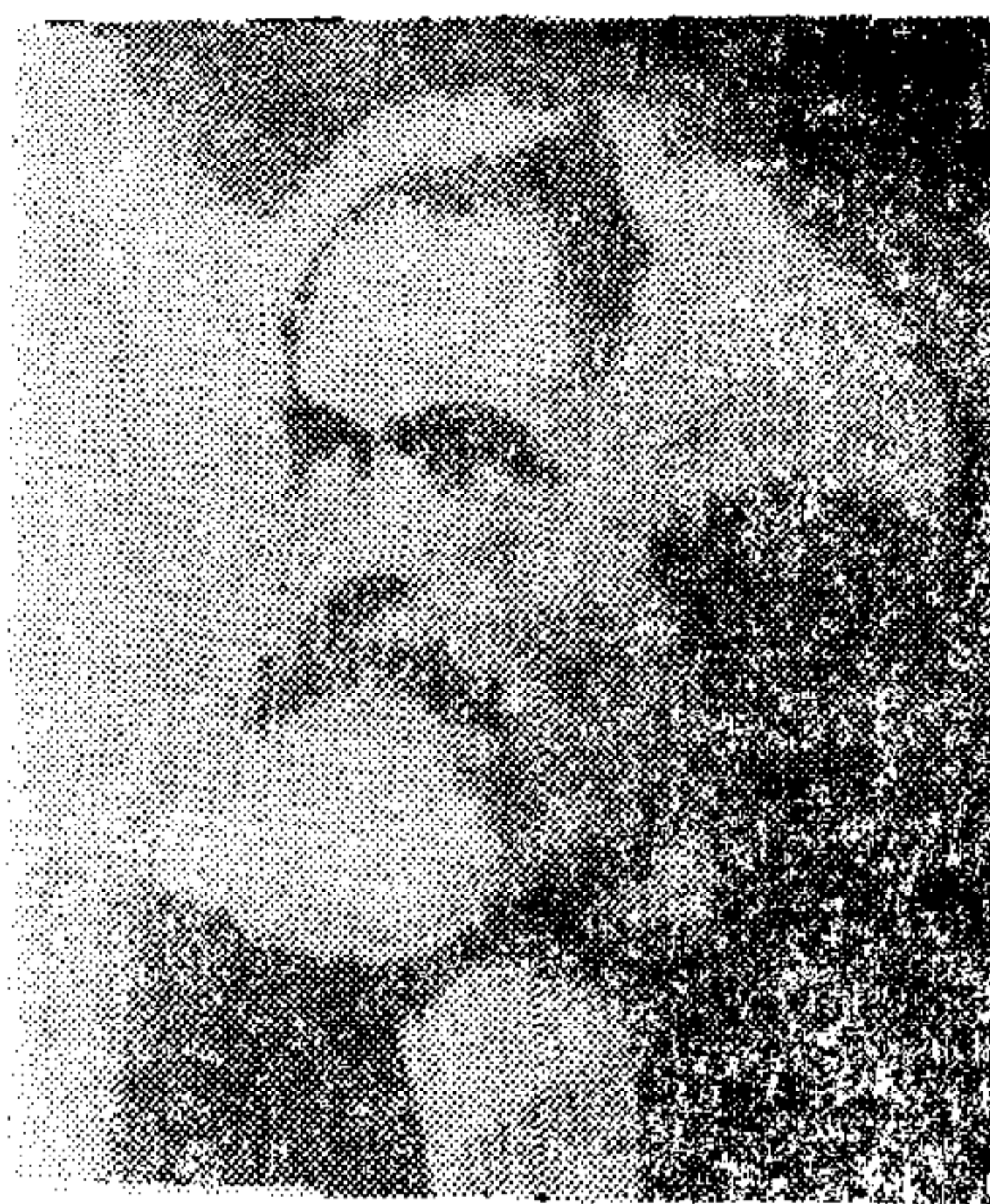


图 17 计算机输出显示

本文由刘其真执笔。参加本装置研制工作的还有张来柱、杨伟敏、陈燕云、杨瑞娟等同志。信息论教研组汪凯仁、金政平等同志为本装置配置了部分软件，在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 官川洋、渡部毅，画像エレクトロニクス的基础，コロナ社，(1975)，pp. 32—34.
- [2] 北京邮电学院电视教研组，电视学，人民邮电出版社，(1961)，pp. 28—36.
- [3] 复旦大学信息论教研组，信号处理与变换，国防工业出版社，(1980)，pp. 14—17.
- [4] 官川洋等，デジタル信号处理，コロナ社，(1976)，pp. 24—26.
- [5] 榎本肇，画像的情报处理，コロナ社，(1978)，p. 111.
- [6] Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz, Digital Image Processing, Addison-wesley Publishing Company (1977) pp. 21—24.

## DESIGN OF A TV-CAMERA IMAGE INPUT DEVICE

LIU QIZHEN    ZHOU ZHENG    SUN WEICHI

(Fudan University)

### ABSTRACT

The TV-camera image input device has some merits. It is fast in image input rate, simple in structure and low in cost. This set could be useful for input of remote sensing pictures, real object scene, microscope image and other pictures to computers.

In this paper, a brief description of the design idea of this device is given. The input device thus obtained can be fit into any type of computer through the use of appropriate interface circuits.