

一种低成本的视频数字图象获取方法 在微计算机系统中的应用

郑君兰

(华东纺织工学院)

摘 要

本文阐述一种用二值影象组合装配获取视频数字图象的方法。按照这一方法,用标准电视摄象机和八位微处理器实现了一个价廉而灵活的微计算机图象处理系统。文中给出了系统视频图象输入接口结构框图及软件操作命令。该系统获取图象的最大能力为 256×256 ,十六灰度级;具有两种可以灵活选择的程序控制方式:以每灰度级 40ms 的速度输入局部图象,或以每灰度级 1800ms 的速度(采用 2MHz 的 8080A MPU)获取整幅图象。

一、引 言

数字图象处理应用的增长完全取决于处理系统的成本及灵活性^[1,2]。

对于视频图象输入装置,要想在短时间里获得高分辨率的图象,必须要用超高速A/D转换器。目前这类器件价格昂贵尚难于应用,因此作为一种在输入时间和成本之间进行折中的方案,通常可以对电视画面逐列重复扫描,用低速A/D转换器输入图象的转置矩阵。以这种方式工作的视频输入装置国内已有若干试制实例^[3,4],输入时间一般大于10秒,硬件结构也颇为复杂。为提高图象输入速度,一种改进的方法是在电视行扫描时间内,用略大于A/D转换的时间间隔采样多次^[5]。它虽然可以成倍地缩短输入时间,但间隔采样以及改变由此导致的图象数据非顺序存贮结构将使设备的硬件开销明显增加。

采用二值影象组合装配的数字图象获取方法,输入装置的成本几乎可降至最低限度^[6]。这种方法不仅对视频信号中的随机噪声有较强的抑制作用,而且可灵活地由软件进行控制。本文继续研究这一方法,提出一种图象快速输入方案,并给出了一个以 8080A 为MPU的国产微计算机图象处理系统实例。该系统具有可编程序的图象数字化功能,可以获取分辨率为 $256 \times 256 \times 4\text{bit}$ 的任意指定灰度级数字图象,并有两种程序控制方式可供用户在图象输入速度和输入范围之间进行选择:快速(每灰度级约 40ms)输入一帧画面的局部,或以较低速度(对于 $2-4\text{MHz}$ 的8位MPU,每灰度级可限制在 $1800-900\text{ms}$ 之内)输入整幅画面。输入图象经系统处理后有多种输出方式:TV(伪彩色)显示或打印硬拷贝(图1),亦可用穿孔纸带输出或送入软磁盘存贮。



图1 蒙娜丽莎 (256×256×4bit).

a TV 显示. b 打印输出.

二、图象数字化方法和程序控制方式

实际图象可以用二维光强度函数 $f(x, y)$ 表示. 假如在灰度值 t_1, t_2, \dots, t_{m-1} 处定义 $m-1$ 个阈值, 令 $f(x, y) = 0$ 代表黑色和 $f(x, y) = f_w$ 代表白色, 且 $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_{m-1} < f_w$, 则 f 被 $m-1$ 个阈值分割成 m 级灰度图象 $f^{(m)}$:

$$\begin{aligned} f^{(m)} &= t_1 b_1(x, y) + (t_2 - t_1) b_2(x, y) + \dots + (t_{m-1} - t_{m-2}) b_{m-1}(x, y) \\ &= \sum_{k=1}^{m-1} (t_k - t_{k-1}) b_k(x, y). \end{aligned} \quad (1)$$

式中 $t_0 = 0$,

$$b_k(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) \geq t_k, \\ 0, & f(x, y) < t_k, \end{cases} \quad (k = 1, 2, \dots, m-1) \quad (2)$$

称为对应阈值 t_k 的二值影象.

设矩阵 G 为 f 的 $N \times N \times r$ bit 数字化图象,

$$G = \begin{pmatrix} g(1, 1) & g(1, 2) \cdots g(1, N) \\ g(2, 1) & g(2, 2) \cdots g(2, N) \\ \vdots & \vdots \quad \cdots \quad \vdots \\ g(N, 1) & g(N, 2) \cdots g(N, N) \end{pmatrix}. \quad (3)$$

它的最大灰度级为 $L = 2^r$.

倘若使 G 实际数量化为 m 个灰度级 ($2 \leq m \leq L$), 可以选定满足 $0 < T_1 < T_2 < \dots < T_{m-1} < L$ 的 $m-1$ 个取整数值的量化阈值 T_k ($k = 1, 2, \dots, m-1$), 分别对这些阈值的 $b_k(x, y)$ 进行采样, 可获得相应的二值影象矩阵 B_k ,

$$B_k = \begin{pmatrix} b_k(1, 1) & b_k(1, 2) \cdots b_k(1, N) \\ b_k(2, 1) & b_k(2, 2) \cdots b_k(2, N) \\ \vdots & \vdots \quad \cdots \quad \vdots \\ b_k(N, 1) & b_k(N, 2) \cdots b_k(N, N) \end{pmatrix}. \quad (4)$$

式中

$$b_k(i, j) = \begin{cases} 1, & f(i, j) \geq T_k f_w / L, \\ 0, & f(i, j) < T_k f_w / L. \end{cases} \quad (5)$$

于是, 根据式(1), 有

$$G = \sum_{k=1}^{m-1} (T_k - T_{k-1}) B_k. \quad (6)$$

上式表明, 数字图象 G 可以用若干二值影象阵 B_k 的组合生成, 其中 B_k 元素 (1-bit) 转换为 G 中象素 (r -bit) 的过程称为数据装配。这里不再需要复杂的 A/D 转换设备, 式(6)提供了一种可编程序的 A/D 转换功能。

按照上述图象数字化方法, 二值影象的组合与装配均可在软件的控制下进行。考虑到实际微计算机系统硬件支持能力的不同, 可以灵活地设计相应的输入装配程序。以下是两种典型程序控制方式的具体描述:

```

1. for k = 1 to m - 1 do
  for i = 1 to N do
    for j = 1 to N do
      if f[i, j] < T[k] * f_w / L
        then b[k, i, j] = 0
        else b[k, i, j] = 1;
  for i = 1 to N do
    for j = 1 to N do
      begin
        g[i, j] = 0;
        for k = 1 to m - 1 do
          g[i, j] = g[i, j] + (T[k] - T[k - 1]) * b[k, i, j];
        end
2. for i = 1 to N do
  for j = 1 to N do
    g[i, j] = 0;
  for k = 1 to m - 1 do
    begin
      for i = 1 to N do
        for j = 1 to N do
          if f[i, j] < T[k] * f_w / L
            then b[i, j] = 0
            else b[i, j] = 1;
          for i = 1 to N do
            for j = 1 to N do

```

$$g[i, j] = g[i, j] + (T[k] - T[k - 1]) * b[i, j];$$

end

方式 1 先以 $m - 1$ 帧扫描时间输入全部二值影象阵 (三维数组存贮), 然后进行数据装配, 生成 m 级灰度图象. 这种方式具有较快的图象输入速度 $[(m - 1) \times 40\text{ms}]$, 但要求系统提供 $N \times N \times (m - 1)\text{bit}$ 的缓冲存贮. 在存贮容量较小的八位微计算机系统中, 一般应同时采用取样窗口的方法来限制图象输入的范围.

方式 2 对二值影象的输入与装配实行交替控制, 每帧电视扫描输入一个二值影象阵, 随即进行数据装配. 尽管考虑到在二值影象的输入之间有略大于 20ms (电视场扫描) 的时间间隔, 理想的情况是数据装配能在这段时间内同时完成, 这样系统仅需很少的缓冲存贮开销就能获得与方式 1 相同的输入速度. 可惜对于现有的 8 位微计算机, 其运算速度还不能满足上述要求 [例如在时钟频率 2MHz 的 8080 A 系统中, 用自编 (当然, 不能认为是最佳的) 程序测试, 装配 8 K 数据 ($256 \times 256 \times 1\text{bit}$) 的时间约为 1800ms]. 为了减小缓冲存贮容量, 需要等前一次数据装配结束, 再输入下一幅二值影象. 方式 2 正是基于这一事实而设计的, 它提供了一种以输入时间换取存贮空间的灵活性, 因而对于相同规模的系统, 它允许有更大的图象输入范围, 适于对图象输入速度无特殊要求的场合选用.

三、二值影象输入

在一帧电视扫描时间内完成图象实时采样输入的条件为

$$F_s r / W \leq R_c. \quad (7)$$

式中 F_s 为连续采样 (A/D 转换) 频率 (Hz); W 为字节长度 (bit/byte); R_c 为通道数据传送速率 (byte/sec.).

为满足一定的图象分辨率要求, 通常 F_s 至少应大于 5MHz . 若采用 A/D 转换器, 一般 $r/W \approx 1$, 因而难以在较高分辨率情况下连续采样输入. 这里只需输入二值影象, 当 $r = 1$ 时, 满足式 (7) 条件的 F_s 可为 R_c 的 W 倍. 例如对于八位微计算机系统, F_s 取 5MHz 时仅要求 R_c 为 625Kbyte/sec. , 访问存贮器的时间间隔为 $1.6\mu\text{s}$, 因此可以用廉价低速 (读出时间为 450ns) 的存贮器作为输入缓冲存贮器.

图 2 是 8080 A 系统视频 (二值) 图象输入接口的结构框图. 除了 DMA 控制器外, 它还包括下列部件: 数据锁存器 (BUF_{1,2}), 数据请求逻辑电路 (REQ LOGIC)、地址译码器 (ADEC) 及二值影象形成电路等. 这些部件通过系统数据、地址及控制总线与中央处理器模块连接, 具有两种功能: 一是向输入接口传送量化阈值 (T_k)、采样范围 (n) 和启动信号 (图中未标出); 二是用直接存贮器访问方式将采样得到的二值影象阵 (B_k) 输入计算机供软件处理.

系统发出启动信号后, 阈值 T_k 与视频信号 f 进入比较器 (COM) 产生二值信息. 当扫描线掠过取样窗口时, 采样电路 (SAM) 即以 5MHz 频率将采集的数据送入移位寄存器 (SR). 与此同时, 每八个采样脉冲产生一次 DMA 请求信号 (DREQ), 并将 SR 中的数据锁存在 BUF₂ 中. 当 DMAC 接管系统总线控制权, 以 DACK 信号响应数据请求时, BUF₂ 中的数据被送往系统数据总线. 于是, 在存贮器写信号 $\overline{\text{MEMW}}$ 作用下,

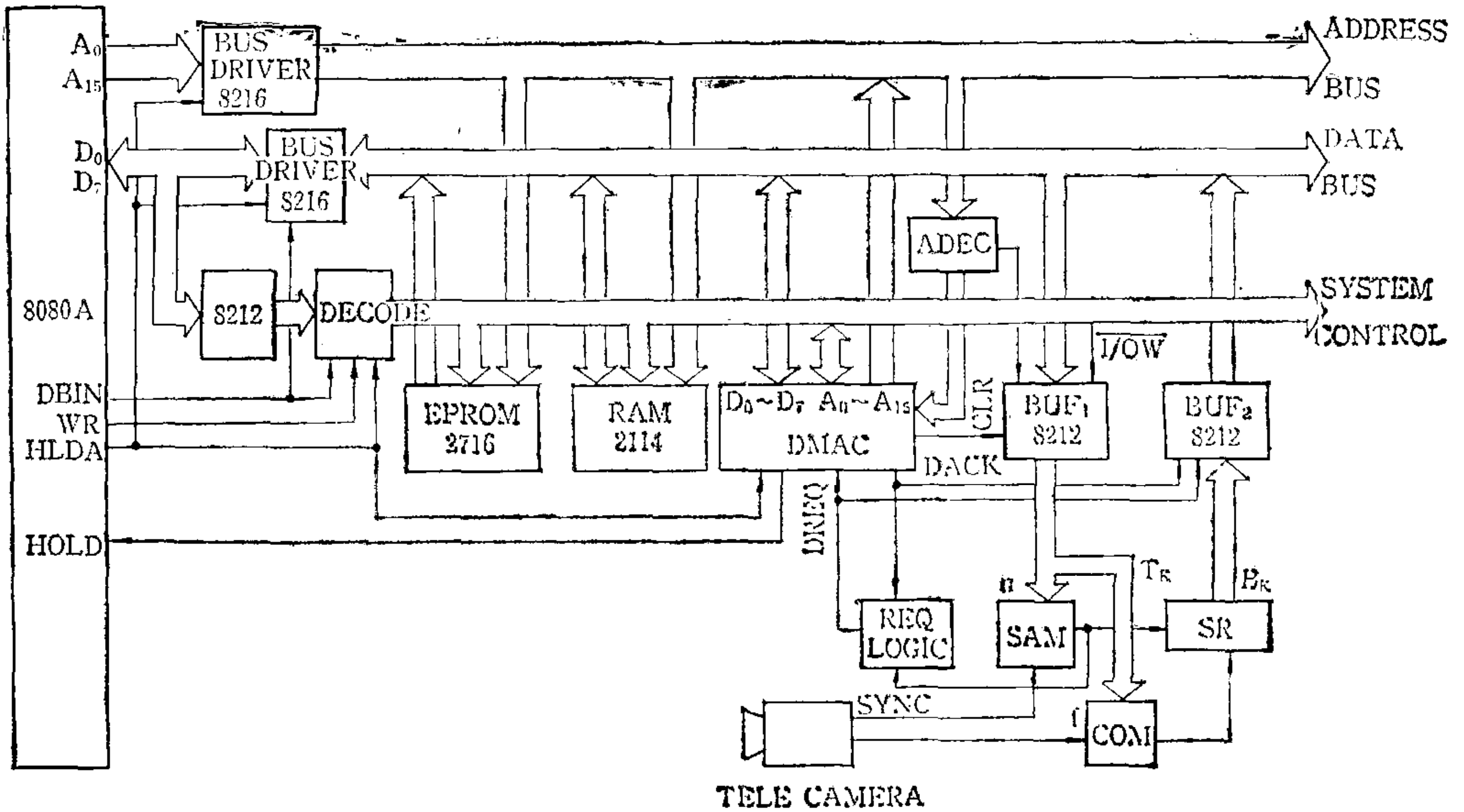


图 2 8080 A 系统视频图象输入接口框图。

二值影象数据即可按照 DMAC 发出的存储器地址写入存储器。图 3 所示信号波形表示在一个 DMA 周期内的操作情况。

采样范围 n 控制每行传送 $2n$ 字节,由它确定图象水平方向的输入范围,垂直输入范围在 DMAC 初始化时给出。

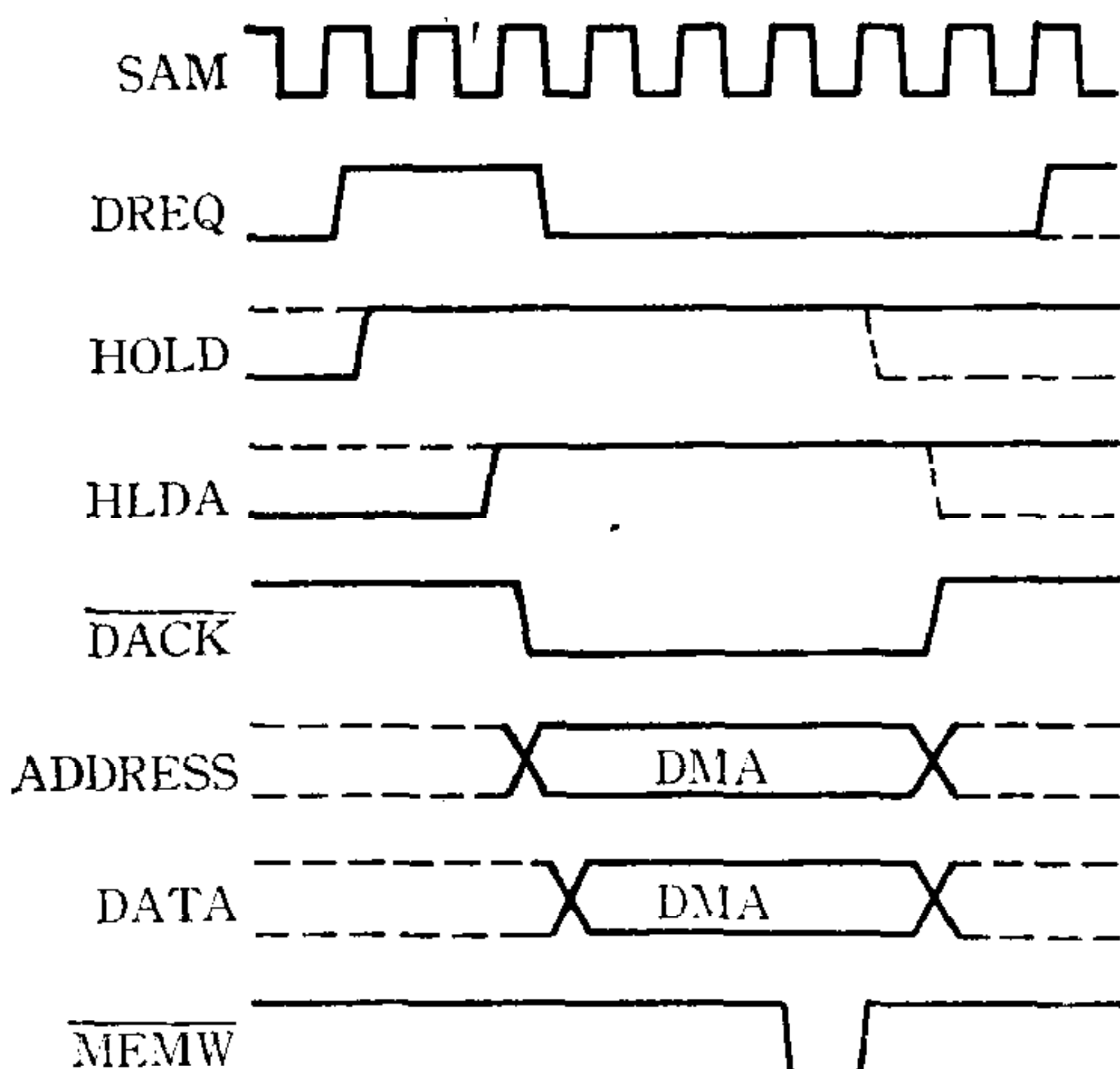


图 3 DMA 定时信号。

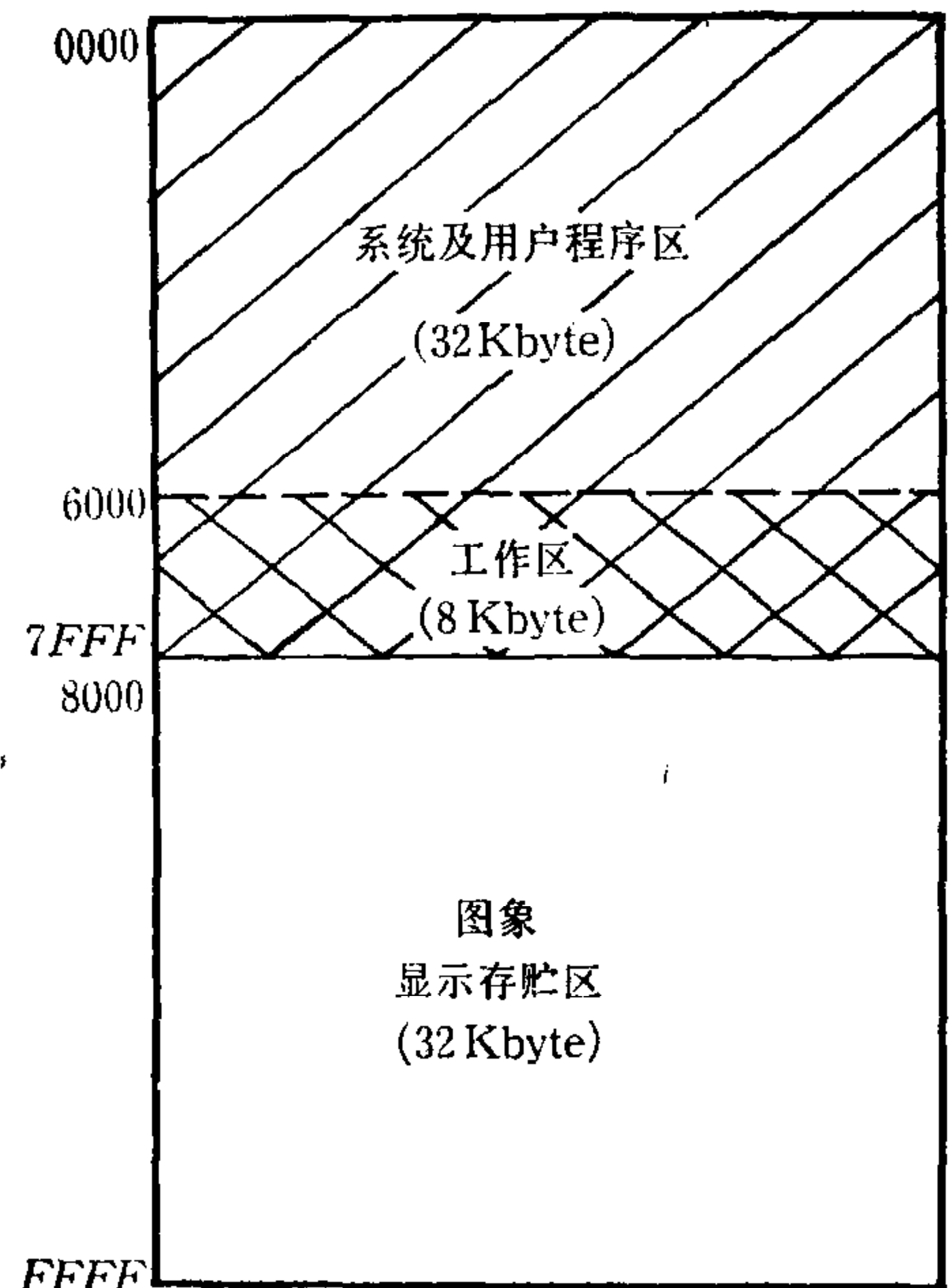
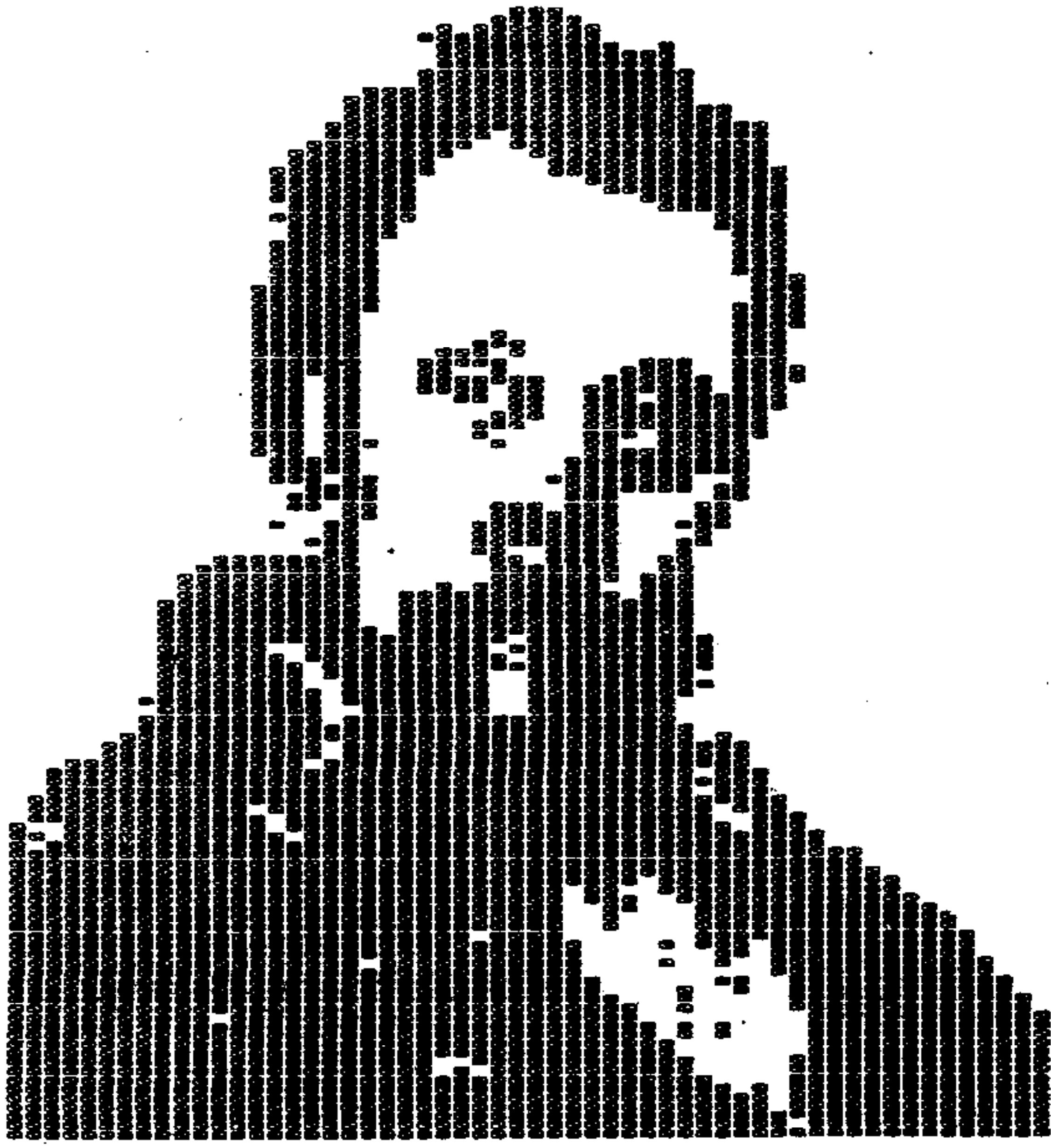


图 4 存储分配。

四、存贮分配

系统最大存贮容量为 64K 字节，可将它分成两个连续区域，其中地址为 0000H-



(a)



(b)



(c)



(d)

图 5 可编程序的图象数字化实例。

此图是用图象输入命令直接获取的 2, 4, 8, 16 级灰度图象, 输入时间分别为 40, 120, 280, 600ms. .

7FFFH 的 32 K 字节分配给系统及用户程序, 8000H 地址以下的 32 K 字节约定为显示存贮区, 它一方面向伪彩色显示器提供分辨率为 $256 \times 256 \times 4\text{bit}$ 的图象, 同时又可作为微计算机系统内部存贮器使用(图 4)。

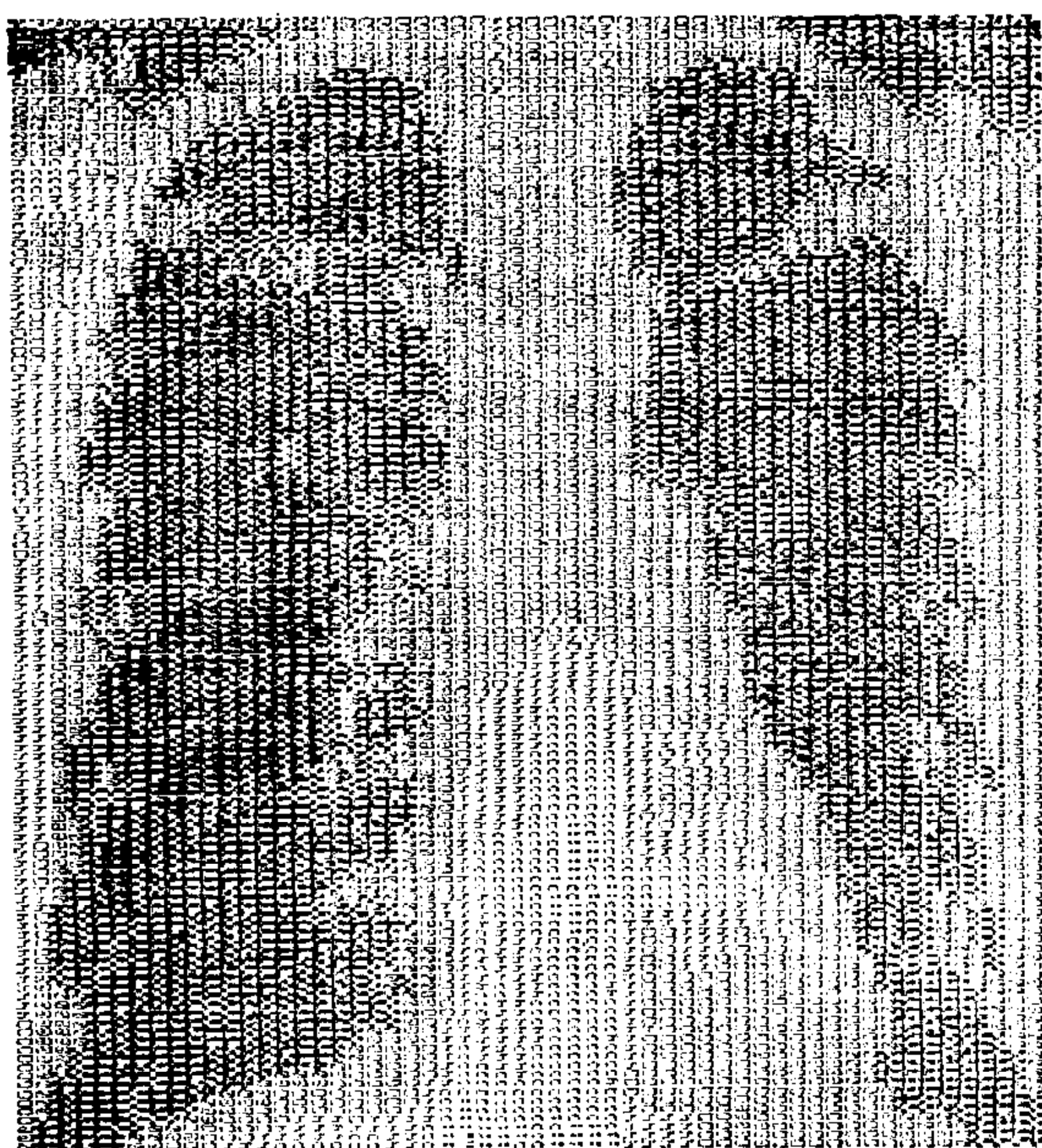
为了给系统及用户程序留出足够的处理空间, 图象输入缓冲区与显示存贮区共用, 因此系统按控制方式 1 工作时, 输入范围限定为 128×128 像素。这时显示存贮区先用于存放二值影象三维数组 ($m = 16$ 时, 最大容量为 $2 \text{ Kbyte} \times 15$), 另外在系统工作区暂借 8 K 字节进行数据装配。待装配过程结束, 数字图象 G 即被移回至显示存贮区的预定位置供屏幕显示。

当系统在方式 2 控制下工作时, 输入缓冲存贮空间减小, 图象输入范围可扩大为 256×256 像素。这时工作区用来存放输入的二值影象矩阵 (8 Kbyte), 数据装配直接在显示存贮区中进行。

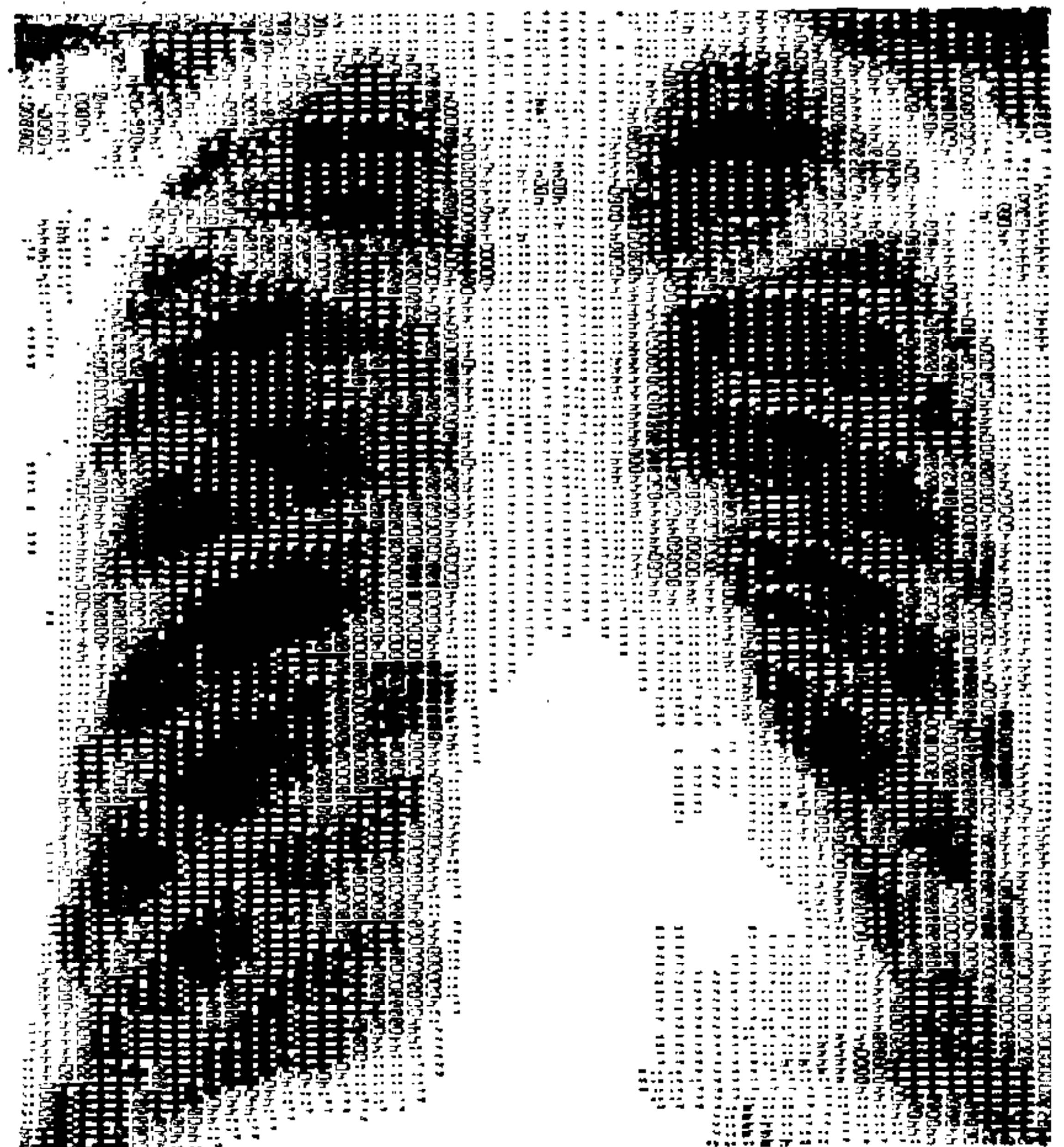
上述存贮分配方案有效地利用了八位微计算机系统有限的存贮资源。无论系统以何种控制方式工作, 二值影象输入仅占用 8 K 字节的缓冲存贮空间, 而且在数据装配结束后, 它即可由系统收回, 作为图象处理时的共享工作区使用。

五、软件功能描述

系统软件由六条基本的键盘操作命令组成: I——图象输入, P——图象拷贝, H——直方图统计与显示, G——灰度变换, W/R——图象信息写入软磁盘 (W), 或从软磁盘



(a) 原始图象



(b) 直方图均衡化图象

图 6 图象增强处理。

中读回存贮器 (R), E——扩充新命令。

图象输入 (I) 命令用于控制二值影象的输入与装配。在此命令中提供控制方式及 $m - 1$ 个阈值参数 ($2 \leq m \leq 16$), 可以直接获取 m 级灰度图象 (图 5)。其中阈值参数可用脱机显示方式从输入监视器显示的对应二值图中预先选择。图象拷贝 (P) 命令用来在打印机上得到图象的硬拷贝, 可以指定三种规格 (S, M, L), 分别获得 64×64 , 128×128 或 256×256 的字符阵列显示。需要时, 允许在命令中给出相应参数, 分页输出图象的局部或显示负象。H 命令用来统计图象的灰度分布, 并以直方图形式显示统计结果。灰度变换 (G) 命令根据给定的 m 个变换关系, 建立灰度映射表。它可用于图象的密度分层, 对比度扩展或压缩, 以及实现规定的直方图均衡 (图 6)。W/R 命令将显示 RAM 中的图象信息写入软磁盘, 或将软磁盘中记录的图象信息调入系统的显示 RAM。

如需要扩充系统的处理功能, 可以使用 E 命令。这时只需键入新命令名与相应解释程序的标号地址, 系统即能识别用户自己定义的操作。

六、结 束 语

本文阐述二值影象组合装配获取视频数字图象的方法在微计算机系统中的应用。按照这一方法构成的微计算机图象系统具有下述特点: 最低的硬件成本、可编程序的图象数字化功能、较强的噪声抑制能力和灵活的图象输入方式。笔者希望本文的研究工作能够促进图象处理、模式识别技术在各方面的广泛应用。

参 考 文 献

- [1] Booth J. M. and Schroeder J. B., Design Considerations for Digital Image Processing System, *Computer*, 10(1977), 15—20.
- [2] Gambino L. A. and Schrock B. L., An Experimental Digital Interactive Facility, *Computer*, 10(1977), 22—28.
- [3] 孙大高等, BASIC 语言控制下计算机的图象输入和输出, 自动化学报, 7(1981), 231—235.
- [4] 刘其真等, 电视摄像输入装置设计, 自动化学报, 8(1982), 278—285.
- [5] 木下健治, マイクロコンピュータ用画像入出力装置, 電子通信学会論文誌, J62-D(1979), 889—890.
- [6] 郑君兰, TV 图象输入装置, 计算机学报, 6(1983), 54—63.
- [7] Intel MCS-80 User's Manual (with introduction to MCS-85), Intel Corp., Oct., 1977.

A METHOD FOR VIDEO DIGITAL IMAGE ACQUISITION AT LOW COST AND ITS IMPLEMENTATION IN MICROCOMPUTER SYSTEM

ZHENG JUNLAN

(East China Institute of Textile Science and Technology)

ABSTRACT

In this paper, a method for acquiring video digital image by combining and assembling binary images is described. An inexpensive and flexible microcomputer image processing system has been implemented by means of the method, using a standard telecamera and an 8-bit microprocessor. Its hardware is introduced in terms of a blockdiagram description and some operating commands of the software are given. At its maximum capability, the system is able to acquire a 256×256 image with 16 gray levels, and two programmable control modes can be selected flexibly: acquiring local 128×128 pixels in 40 msec per gray level or total 256×256 pixels—when used with a 2 MHz 8080A MPU—in 1800 msec per gray level on an image.