

# 用微处理机控制的图形显示器

张子廉 陆伟宣 张世正 尤韦彦 倪成凤

## 摘 要

图形显示器是计算机的极为重要的外部设备,是图形处理系统中必不可少的关键设备。最近,我们研制了一台用微处理机控制的图形显示器,它具有通用性强、灵活性好、结构简单、维护方便等优点。本文主要介绍它的基本原理、硬件结构及其有关的软件。

目前图形显示器已引起人们极大的兴趣,这是因为它能以直观的形式实时地显示计算机运行的结果,并能实现快速的人机对话。因此它成为计算机的极为重要的外部设备,是图形处理系统中必不可少的关键设备。它在工业和交通系统中的过程监视、工程和电路设计中的计算机辅助设计、军事国防系统中的指挥控制、气象预报、医疗卫生、教育训练等各个领域都有着广泛的应用。

图形显示及处理是近十多年来发展起来的新技术。近年来,国内有不少单位从国外引进功能较强的图形显示器,但价格昂贵。有的进口的微型计算机带有图形显示,但是一般只能显示简单图形或作计算机游戏使用。随着电子计算机的飞速发展和普及,许多单位急切要求能配置上低价格而高质量的图形显示器。由于我院所开发的计算机绘图系统的迫切需要,最近我们研制了一台人机交互绘图系统用的图形显示终端。

我们所研制的显示器的主要特点是:

1. 通用性强。显示器对外具有一个双向的八位并行通讯接口和标准的 RS-232 或 20 MA 电流环的串行接口,因此能与各种型号的计算机相配接,组成系统。

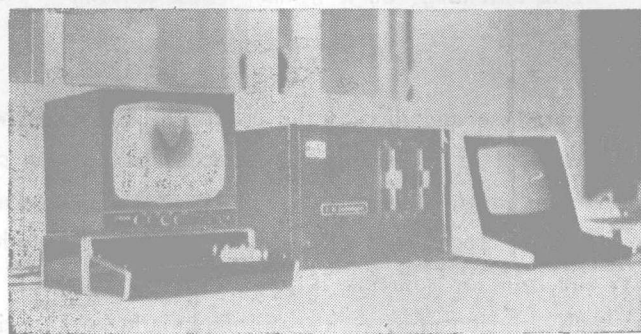


图 1

本文于 1983 年 11 月 26 日收到

2. 灵活性强。显示器内部由微处理机控制，所有的绘图命令均通过程序实现，因此便于绘图命令的扩充和修改，以灵活地适应某些专门的需要。

3. 结构简单。由于采用微处理机控制，内部硬件结构大大简化，提高了整机的可靠性并便于维护修理。

4. 性能价格比较好。虽然目前画面的分辨率是  $384 \times 256$  的点阵，但由于采用开窗的技术，使显示幅面大大扩大。本显示器还能显示一般的 ASCII 字符，这就包括字符显示功能，但整机单台价格仅伍千元左右，比一般的字符显示器还便宜。

本显示器与微型计算机 CROMEMCO 系统 I 联机运行时，其外形如图 1 所示。

## 一、基本原理

图形显示器的种类很多，从结构上看，大体可包含控制器、显示器、缓冲存贮器及接口四大部分，其框图见图 2。控制器用以管理图形数据，协调各部分的操作，是整机的指挥中心。缓冲存贮器用以存贮已形成的图形数据。联机时，图形数据或显示命令来自主计算机；脱机时，图形数据来自键盘等外部设备。接口是图形显示器和主机或外设之间信息交换的转换电路。显示器指的是能显示出图形的器件（比如阴极射线管 CRT）及其控制电路。整个终端在控制器的指挥下，依次读出缓冲存贮器中的图形数据，并在显示器的屏幕上显示出来。为了使图形稳定而不闪烁，控制器必须以每秒 25—50 次的频率重复读出这些数据来加以显示。所以上述缓冲存贮器又称为再现图形用存贮器。有的简单图形显示器不带缓冲存贮器，而以主机内存一部分来存贮图形数据，这就不能脱机应用。

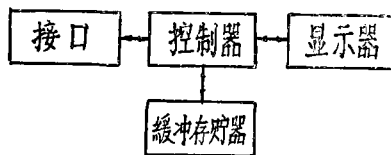


图 2

本图形显示器是采用微处理机来控制的，图形数据的读取采用 DMA（直接存贮器存取）技术，以达到快速传送信息的目的。显示部分采用监视器或普通电视接收机，简化了整机。

图形显示器，从显示方式上看，主要可分为随机扫描式和顺序扫描式两种。随机扫描式不对荧光屏进行全屏扫描，只对需要有图形处实行扫描，这种方式速度快、准确、图形清晰，但电路复杂、成本高。顺序扫描式又称为电视光栅扫描式，因为其方式与电视扫描方式基本一样，电子束按给定的频率依次从左到右，从上到下地扫过整个显示屏，同时图形信息被转换成图象信号相应地加在显示管的控制栅极及阴极之间，从而控制了电子束的电流强度，也就控制了光点的亮暗，在显示屏上得到了需要的图形。顺序扫描式又分为图形代码式和位图式。图形代码式是将图形的各种基本图符给以不同的代码，并把图符存贮在只读存贮器中，类同于字符显示器，按代码取出图符作为图形数据传送出去。这种方式往往象点太粗，编程也较难。位图式是将显示屏上显示范围内的各个象点与再现图形用存贮器中的位相一一对应。电子束扫描时，各个位中的信息就变成各个象点的明暗信息。这种方式，虽然没有随机扫描式速度快，但成本较低，增加一帧中象点的数目也可得到质量较高的图形。因此目前应用已非常广泛。

本显示器采用的是顺序扫描式中的位图式。作为最基本的图形显示终端，我们选择一帧的象点是  $384 \times 256$  个，因此缓冲存贮器的容量是  $12k$  字节。

本显示器的工作过程如下：

开启显示器的电源，机器自动进入监控程序，若为联机状态，处理机将接收从主机送来的显示指令码，经过处理后，将象点的信息存入再现图形用随机存贮器中。在 DMA 控制器控制下，每行扫描开始时向 CPU 提出总线请求，得到响应后 CPU 停止工作，DMA 控制器按顺序把对应的存贮器某地址中的内容（每次八位）送至移位寄存器进行并一串转换，输出的串行数据与同步信号合成全电视信号，送至监视器或电视接收机的视放输入端。这样图形就在显示器上显示出来。在每次行扫描结束时，撤消 DMA 总线请求，CPU 可继续进行监控和修改缓冲存贮器的工作。由于重复不断地读取、传送及显示存贮器中的信息，显示屏上就得到稳定的图形。改变缓冲存贮器中的内容，就在显示屏上得到不同的图形。

图 3 是图形显示器所显示的网状立体图的照片。

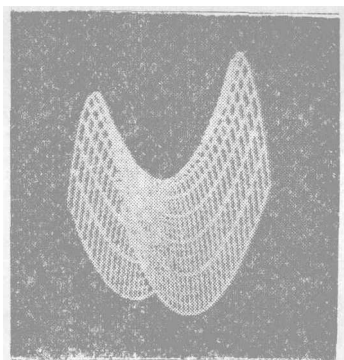


图 3

## 二、硬件结构

本图形显示器由微处理器、存贮器、DMA 控制器、时序信号及控制脉冲发生器、接口电路、全电视信号形成电路、监视器等七个主要部分组成，其框图见图 4。

（一）微处理器采用了 Z80-CPU，它为显示器提供主控信号和动态 RAM 的刷新信号，并对图形命令和图形数据进行处理。图形数据读出采用 DMA 方式，故在快速显示图形数据时，CPU 暂停工作。

（二）时序信号和控制脉冲发生器。它由晶体振荡器及分频电路构成，它使各个功能部件等同步工作。晶振频率为  $20\text{MC}$ ，一方面经过十分频后得到  $2\text{MC}$  作为处理器的时钟，另一方面经过多次分频和组合后，产生下列信号：（1）提供给监视器或接收机的同步信号——行同步及帧同步信号；（2）提供给 DMA 控制器的各种控制脉冲——总线请求的发出及清除、地址计数器的预置及计数、象点信息的读取及传送等时间的控制。

（三）存贮器。监控程序及字符点阵信息固化在 EPROM 2732 中，最大可扩展至  $16k$  字节。动态 RAM 采用 4116，容量为  $16k$  字节，其中  $12k$  被用作图象缓冲存贮器，存贮象点信息，另外  $4k$  字节用作工作单元及堆栈。

（四）DMA 控制器。它由数据总线缓冲器、移位寄存器、地址计数器、地址寄存器和

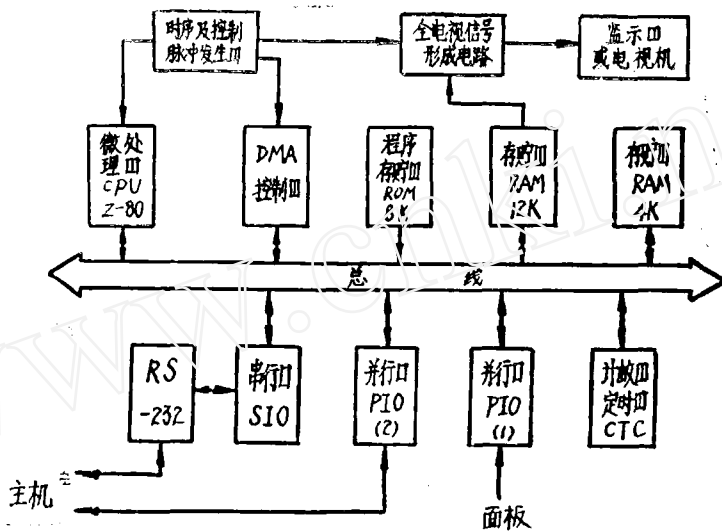


图 4

控制逻辑电路组成。这一部分全部采用中、小规模集成电路片子，它们均为国内生产的组件。

(五) 接口。为了和主机或外设之间进行信息交换，我们采用了 Z80-CTC、Z80-PIO 和 Z80-SIO 接口片子。

1. 计数器/定时器 Z80-CTC。该片是具有四个独立通道的可编程序器件。本显示器用它起以下三个作用：

- (1) 定时产生中断。每 100 ms 左右产生一次中断，以进入分调监控程序。
- (2) 形成所需要的波特率，给串行通讯接口用。
- (3) 控制游标闪烁的时间。

2. 并行输入/输出接口 Z80-PIO(1)。该片是具有二个输入/输出端口的可编程序器件，每个口可工作在输入、输出、双向或位控方式，这由程序所选定。本显示器将其 A 口用于面板控制键状态的输入，另一口即 B 口留作与键盘相连用。

3. 并行输入/输出接口 Z80-PIO(2)。该片功能同上。本显示器用它来和主计算机进行并行通讯。

4. 串行输入/输出接口 Z80-SIO。该片是串行输入/输出的可编程序器件，其接收时钟  $\overline{Rxc}$ 、发送时钟  $\overline{Txc}$  由 Z80-CTC 提供。串行输入/输出与外界的连接采用 RS-232 和 20mA 电流环标准接口。当主计算机具有串行接口与外设相连时，就可利用此接口进行相互通讯。

上述各集成电路片子中断的优先权由高到低的顺序是：CTC、PIO(1)、PIO(2)、SIO。

(六) 显示部分。图形信号和同步信号合成为全电视信号，送往监视器显示。为了使电路简单，监视器采用逐行扫描。行周期取 64 微秒，帧频取 50 HZ。

监视器中帧扫描的方向改为由下到上，以求得图形的坐标轴方向与习惯上一致。行幅及帧幅也作了专门性的调整，使其输出图形比例正确，失真最小。

图形显示器除上述几个部分外，在面板上还设有开关和控制键，可选择联机或分调，可改变图象的极性。分调时，可调整显示或不显示光标轨迹以及上、下、左、右移动光标位置，也可清除显示屏或显示自测试图形。

### 三、软件结构

本显示器的控制软件为分层次模块结构，外层的模块可调用内层的模块，反之或同层模块之间不能调用。

(一) 第一层只有一个“坐标—地址转换”模块，其主要任务是将光点的  $x$ 、 $y$  坐标值转换成该光点在图象缓冲存储器中相应的字节地址及位地址。假定显示屏置于一直角坐标系中，显示屏的左下角为坐标原点，向右为  $x$  轴正向，向上为  $y$  轴正向。坐标系的单位相当于一个光点的大小， $x$  取值为  $0、1、2、\dots、x_i、\dots、x_{\max}$ ， $y$  取值为  $0、1、2、\dots、y_i、\dots、y_{\max}$ 。显示屏上任一光点的坐标值即为  $(x_i, y_i)$ 。由于该显示器的光点数为  $384 \times 256$ ，故  $x_{\max} = 383$ ， $y_{\max} = 255$ 。因该显示器是位图式，即每一光点与图象缓冲存储器中每一位一一对应，所以字节地址  $P$  为：

$$P = AD + [(x_{\max} + 1) * y_i + x_i] / 8$$

位地址  $q$  为：

$$q = \text{MOD}(x_i, 8)$$

这里  $AD$  为图象缓冲存储器首字节的地址。该模块的入口参数为光点的坐标  $x_i$ 、 $y_i$ ，出口参数是字节地址  $P$  与位地址  $q$ 。

(二) 第二层是一些取出或设置光点明暗信息的模块。有的模块入口给出了光点的坐标  $x_i$ 、 $y_i$ 。这些模块需调用第一层的“坐标—地址转换”模块，以取得该光点在图象缓冲存储器中相应位的字节地址及位地址。也有的模块入口直接给出了光点的字节地址及位地址，该模块 (SETI) 是供显示直线或圆弧时避免频繁调用“坐标—地址转换”，以提高显示速度用的。

(三) 第三层的主要模块有：

1. 将显示光栅中的一块矩形信息送 RAM 的工作单元中存贮或将 RAM 的工作单元中存贮的信息送回显示光栅。这些模块主要供游标显示及闪烁用。

2. 将一个符号信息送到图象缓冲存储器中，符号信息包括 64 个 ASCII 字符及游标，这些信息都以点阵形式存放在 ROM 之中。

3. 供显示直线及圆弧所调用的模块 XOUT 及 YOUT，XOUT 的功能是在水平方向上走一步，置亮或置暗一个光点，YOUT 的功能是在垂直方向上走一步，置亮或置暗一个光点。它们都调用了第二层的模块 SETI，并直接计算光点的字节地址及位地址，而不通过坐标的计算及转换。

(四) 第四层也即外层的模块是一些功能模块，包括清屏，定位，显示短矢，长矢，圆弧，字符、显示及消去游标等，分调及联机监控程序直接调用这些模块。

在显示器控制软件中，图形的显示速度很重要，这就要求用快速的显示图形算法，尤其是该显示器用了 DMA 技术，CPU 时间被 DMA 占用了一半以上，更要求显示算法快速。在该显示软件显示直线及圆弧时用了较快的直线及圆弧的插补算法。并在插补运算中调用了上述的 XOUT 及 YOUT 模块，避免了耗时较多的坐标—地址转换运算，在字符，游标的显示中也有了相似的方法，从而大大提高了显示速度。

## 四、软件的组成

软件具体地由三部分组成：初始化程序、分调监控程序、联机监控程序。

(一) 初始化程序：机器启动后，自动转入初始化程序，初始化程序将输入/出口，及一些工作单元初始化，并将显示屏清除后进入等待状态，由中断进入监控程序。

(二) 分调监控程序：由 CTC 通道 1 约每 100 ms 产生一次中断，进入分调监控程序。进入程序后，首先取入控制键盘的各状态，并将控制键盘的状态清除。然后根据控制键盘的状态转入各子程序执行。控制键的功能有联机/分调，清屏，显示测试图，移动光标（上、下、左、右），显示光标轨迹。

1. 联机/分调键在联机状态，就马上返回，不执行以下的分调程序，若在分调状态就继续执行以下任务。

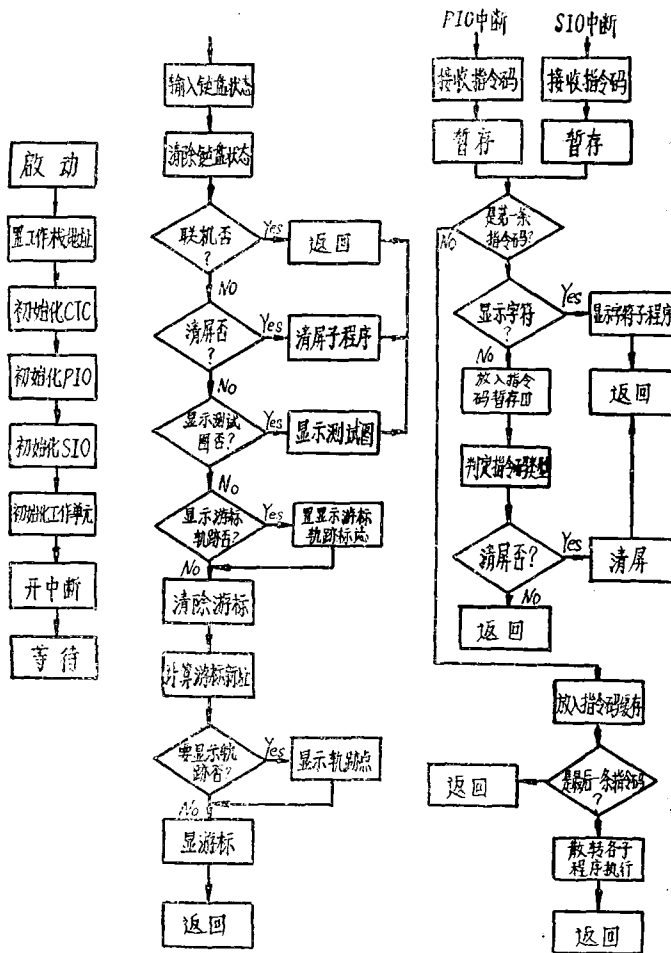


图 5

2. 清屏。如清屏键按下,就转清屏子程序。

3. 显示测试图。测试图由一些圆、圆弧、直线及字符集构成,进入该子程序后,就设定一些参数,转圆弧、直线等基本子程序执行。由测试图可以测试程序包中各基本子程序及显示器硬件的功能是否正常。

4. 控制键上有四个键控制游标上、下、左、右移动,如需将游标移动轨迹显示出来,只需按一下另一个显示游标轨迹的控制键。

### (三) 联机监控程序

显示器接收从计算机送来的显示指令码,以显示圆弧、直线、字符等图象。一组显示指令码根据不同的功能有一字节、二字节、四字节、五字节等。计算机送出一个字节的指令码就提出中断请求,显示器中断后进入联机监控程序。

联机监控程序,首先接受指令码,将它暂存,并判别这是否是一组显示指令码中的第一条,若是第一条,就要判定该组指令码的功能,并设置指令码计数器的初值。然后将该条指令码放入指令码缓存器,并修改计数器的值,再判别该条指令码是否是一组显示指令码中的最后一条指令,若不是就返回,等待接受下一条指令,若是最后一条指令,就根据该组指令码的功能转不同的子程序去执行。

本显示器仅为最简单的图形显示器,作为计算机绘图系统的一个外部设备,已可大大方便用户。当然本显示器也可作为汉字显示终端使用。实际工作情况稳定可靠。

## 参 考 文 献

- [1] 周明德编著《微型计算机硬件软件及其应用》
- [2] 李月景编《自动显示技术及装置》
- [3] W. M. Newman, R. F. Sproull "Principles of Interactive Computer Graphics"
- [4] B. S. walher, J. R. Gurd, E. A. Drawneck "Interactive Computer Graphics"

## A Graphic Display Unit Controlled by Microcomputer

Zhang Zilian Lu Weixuan Zhang Shizeng You Weiyan Ni Chenfen

### Abstract

Graphic display unit is a very important computer I/O device. It is a key device in the interactive computer graphic process system. Recently, we have developed a graphic display unit controlled by microcomputer. Owing to its fine flexibility and simple structure, it is good for general purpose and easy to maintain.