

GMS低分辨率云图在 1024×1024 高分辨率 显示器上的实时伪彩色显示

倪 汉 培

提 要

将GMS低分辨率卫星云图接收机输出的模拟信号,通过市话线,传送到远距离的使用单位,并在IBM PC/AT或PC/XT机上配置的 1024×1024 高分辨率图形显示器上作实时伪彩色分层显示。显示在屏幕上的图象可以放大1—16整数的平方倍,还可以上下左右移动,而不必修改显示存贮器的内容。可以在屏幕上同时显示四幅经缩小为 512×512 像素的云图,以分析天气演变过程。

将GMS低分辨率卫星云图从接收机输出的2400Hz付载波调幅模拟信号,通过市话线,传送到远距离的使用部门,并在IBM PC/AT(或PC/XT及各种兼容机)机配置的 1024×1024 高分辨率图形显示器上作实时伪彩色分层显示,于1987年7月初研制成功,并于同年汛期中投入使用,收到了明显的效果,同年11月通过鉴定。这种显示系统的分辨率,目前国内是最高的。可以将GMS低分辨率图不失真地分层显示在屏幕上。

(一)

众所周知,日本地球同步气象卫星1988年改制后用数字信号直接发送的展宽图,是代替原来的高分辨率传真图的。低分辨率传真图,除以下两点外,仍与原来的一样:

1. 将原来七幅分区图改为四幅分区图,每幅分区图的范围比原来的扩大了。例如, A图,原来南北之间从边缘到 10°N ,东西之间从边缘到 140°E 以东,现在分别为从边缘到 10°S 及边缘到 150°E 以东。

2. 原来以日本为中心的分区图(H图及I/J图),将用以日本为中心的远东地区的极地投影图(H图)来代替,其范围约为 50°N — 10°N , 95°E — 155°E 。

低分辨率传真图的技术性能与信号格式仍与原来的完全一样。每秒钟发送四根扫描

线。每张分区图的信号由以下几部分组成:

1. 300Hz的起始信号	3 秒
2. 对相信号	20线
3. 注释	4 线
4. 灰度等级	22线
5. 尺度标志	12线
6. 文字注释	20线
7. 分区图象	742线
8. 450Hz的结束信号	5 秒

每根扫描线的起始部分为12.5ms(占5%)的黑色信号, 其余237.5ms为图象信号。

(二)

1024×1024高分辨率图形显示系统, 由1024×1024高分辨率显示器及高分辨率光栅扫描彩色图形显示控制卡组成, 是专门配接IBM PC、PC/XT、PC/AT(及它们的各种兼容机)机的。该卡对于I/O通道上+5V的功耗为3.3A, PC机能提供的负载为4A, XT为11A, 所以在PC机上使用时, 必须仔细计算I/O通道上各种插件板+5V的总负载。

光栅扫描彩色图形显示控制卡是围绕着NEC公司生产的图形显示控制芯片(GDC) μ PD7220设计的。 μ PD7220位于IBM总线和光栅扫描视频显示存储器之间。 μ PD7220到视频显示存储器有18位地址线和16位数据线, 其中 AD_0 — AD_{15} 是地址线和数据线分时复用的, 因此视频显示存储器最多可有256K16位字, 即512K字节。显示存储器只受 μ PD7220管理, 不受主机CPU的控制, 也不占主机内存空间; 将 μ PD7220编程为DMA方式时, 视频显示存储器通过卡上的DMA传送口与主机存储器之间, 受主机DMA控制器8237的控制, 可以进行DMA传送^[1]。

μ PD7220是一种高性能的光栅扫描图形显示控制芯片(还有其它公司生产的性能更佳的图形显示控制芯片), 它实际上是把一些作图软件加以固化而形成的专用器件, μ PD7220一共有20条指令, 分为五类, 即: 视频控制命令, 显示控制命令, 作图控制命令, 数据读命令及DMA控制命令。绝大多数命令都带有数量不等的参数, 有的命令可以有高达16个字节的参数, 这些参数都是用来说明命令的细节的。主机CPU向 μ PD7220送出命令和参数后, μ PD7220的命令处理器对命令译码, 解释参数, 把它们装入 μ PD7220内相应的寄存器, 并启动所需的操作。根据作图命令和参数, μ PD7220可以画一个点、直线、弧形和圆、矩形、填充一个区域等。画任何一种图形, 都要由主机CPU从I/O口上向 μ PD7220给出一个命令系列及相应的参数, 按照这个命令系列和相应的参数, μ PD7220的读一改一写(RMW)逻辑在显示存储器相应单元(字地址)的某个位(点地址)上绘制一个点; 与此同时, μ PD7220内的专用硬件数字微分分析器(DDA)计算出下一个图形点的字地址和点地址, 在下一个读改写周期中画出DDA算出的这个点; 而数字微分分析器再算出下一个图形点的字地址和点地址, 如此继续下去, 直至把命令系列及其参数所规定的图形全部画完为止。由此可见, 主机CPU只要按所绘图形的需要, 向 μ PD7220

送出一个命令串及相应的参数后,作图任务便全部由 μ PD7220来完成,而不必由主机CPU的干预,这样就可以大大减少主机CPU的开销。这对绘制各种图形特别有用,也是 μ PD7220设计思想的一个重要方面。但可惜的是这套机构的优越性对于显示卫星云图用不上。因为显示卫星云图是以点作图的方式工作的,每显示一个点,都必须由主机CPU向 μ PD7220送出点作图的命令及相应的字地址和点地址等参数。

256K16位字的显示存储器被排列成四个位面。每个位面有64K16位字,即1M位。每个位确定在屏幕上的一个像素点。根据预置参数,可将各个位面上的1M位存储器组成不同的矩阵排列,最大为 1024×1024 。屏幕上一个像素点的地址,由两部分来确定,即字地址和点地址。字地址由 μ PD7220的地址线 AD_0 — AD_{15} 来寻址,确定显示存储器中那一个16位字单元;点地址则由 μ PD7220内一个叫做屏蔽寄存器的来确定字地址单元的16位中的那一位。地址线 A_{16} 和 A_{17} 则选择四个位面中的一个位面。一个位面的显示存储器只能在显示器上显示黑白两色。要获得16种颜色(或灰度等级)的彩色(或灰度)显示,则必须根据需要显示的颜色(或灰度)在四个位面的同一个字地址和同一点地址中分别写入1或0。读出时,四个位面中同一字地址和同一点地址的输出,组成一个4位的地址码,送到有16种颜色的彩色查询表中,确定该像素点的颜色。

彩色图形显示控制卡上,有三个4位的红、绿、蓝三基色亮度寄存器,各有16个亮度,因此可以组成4096种颜色,从中选出16种颜色作为屏幕显示的调色板。可以编程改变调色板而得到不同的16种颜色的组合。本显示系统使用该卡提供的标准调色板。伪彩色分层显示卫星云图时,从高温到低温,尽量采用由暖色到冷色。

(三)

显示系统的组成如图1所示:

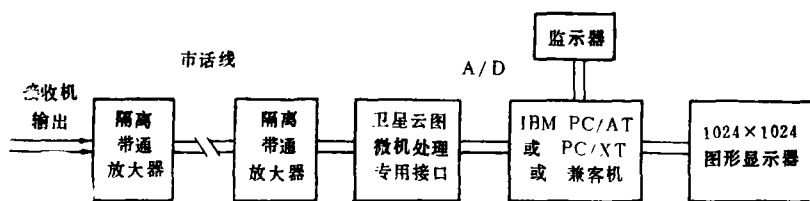


图 1

所用的市话线是电话局废置的一路电话线,由电话局固定接通,使用时不必拨号。市话线的带宽可以满足传送低分辨率云图的要求,但会有噪音,因此在卫星云图接收机的输出端及专用接口的输入端都加了一个隔离带通放大器,将 $2400 \pm 1640\text{Hz}$ 以外的噪音尽量衰减掉。

(四)

GMS低分辨率传真图的最高图象频率为1640Hz,按离散采样定理,每根扫描线的图象部分采样800个点就可以不失真地恢复原图。显示器的分辨率是 1024×1024 的,应

该充分利用屏幕的优越性。要在 237.5ms 中显示 1024 点, 每个象素点的时间为 $232\mu\text{s}$, 这包括 A/D 采样、转换、层次比较, 写入显示存储器等。层次比较是为了确定一个采样点的信号电平属于 16 个灰度等级中的那一个等级, 以便确定用什么颜色显示在屏幕上。用对分搜索法进行比较过程所需的时间是没有改变余地的。A/D 卡的精度和转换速度差别是很大的。在本系统中使用的 A/D 是 12 位的, 转换速度为 $35\mu\text{s}$, 连同通道设置、读取数据等, 一个采样点总共将近 $50\mu\text{s}$ 。CPU 大量的时间花在确定每个象素点的字地址和点地址及向 μPD7220 发出点作图命令及相应参数上。CPU 向 μPD7220 写命令和参数时, 是写入 7220 内一个叫做先入先出(FIFO)的缓冲中。 μPD7220 的命令处理器从缓冲中取出命令和参数进行译码和解释。当 CPU 和 7220 的命令处理器同时访问先入先出缓冲时, CPU 有优先权。先入先出缓冲总共有 16 个字节。因此约定, CPU 每次向先入先出缓冲写入一个命令字节或参数字节之前, 都必须从 μPD7220 的一个状态寄存器中判断先入先出缓冲是否已满, 如果 16 个字节已写满, 那么必须等 7220 的命令处理器至少处理掉一个字节后, CPU 才能继续写入, 否则就无处可写。这一步骤是很费时间的。点作图命令及其参数总共只有七个字节, 如果只写入显示存储器的一个位面, 那么即使不测试先入先出缓冲是否已满也是可以的。但实际上有时要写入三个位面, 甚至四个位面。经过多次试验, 由于每改变一个位面要修改 μPD7220 A_{16} 和 A_{17} 的地址值, 需要一定的时间, 因此在向 μPD7220 写入点作图命令及其参数时, 只要在写入每个字节之前, 读一次 μPD7220 的状态寄存器, 而不必去判断先入先出满状态位是否满, 在这种情况下, 先入先出缓冲总是不会满的。这样就可以在写入显示存储器的每个位面时, 节省 20% 多的时间。在以上所述的情况下, 在 237.5ms 内显示 1024 点还有一定困难, 即每个象素点从 A/D 采样到显示在屏幕上略为超过 $232\mu\text{s}$ 。如果改用精度为 8 位、转换时间小于 $10\mu\text{s}$ 的 A/D 卡, 则时间裕度就大得多。

A/D 卡可以外触发或程序触发采样、转换。在本系统中是用程序触发采样和转换的。对于 16 个层次的信号电平来说, 从 A/D 采样、层次比较到写入显示存储器所需的时间是互不相同的。这就要求在软件上严格控制好, 使 16 个层次的信号电平中不论那一个层次, 从采样到显示所需的时间是相同的。只有采样频率相同, 才能保证显示的图形不会扭曲。本系统经过实际测试, 不论那一个层次的信号电平, 在一根扫描线上的象素点数都是相同的, 因而经度线是完全平滑的。

显示系统需要一个帧同步信号和行同步信号。在本系统中, 以每幅区域图之前的 300Hz 起始信号的第一个高电平的前沿, 用作帧同步信号, 用来触发软件的运行。行同步信号则利用主机系统板上定时器的中断信号来提供。IBM PC/XT 系统板上外围支持芯片中, 有一片可编程的 INTEL 8253 定时器芯片(AT 机为 8254, 与 8253 基本一样), 8253 芯片有三个相同的各为 16 位的定时器/计数器, 分别叫做定时器 0、定时器 1、定时器 2。在 PC/XT 系统中, 定时器 1 的输出用来触发系统板上的 DMA 控制器的通道 0, 请求 DMA 服务来定时刷新动态 RAM。定时器 2 的输出送到扬声器。定时器 0 的输出送至系统板中 8259 中断控制器的 IRQ_0 , 用于实时时钟和作为软磁盘驱动器的马达定时^[4]。在我们接收并显示云图信号的过程中, 可以不需要实时时钟, 也不进行读、写盘

的操作,因此有可能将定时器0的中断信号用作行同步信号。系统板上时钟发生器8284第2个引脚“外围时钟”(PCLK)输出一个占空比为50%的2.38MHz的方波。PCLK是由14.31818MHz晶振经3分频得到的4.77MHz系统时钟再2分频得到的。PCLK输出的2.38MHz方波再经过2分频后作为8253三个定时器的时钟输入,它的周期为840.3ns^[2]。前面介绍过,三个定时器都是16位的,因此一次最多只能计时55ms。通过选择适当的计数值,可使定时器0的五次中断,恰好为250ms,以用作行同步。这样的行同步信号的误差最多为2.1μs。而且还可调整五次计时值中的某几次计时值,而使误差降到0.4μs。误差是单方向的,但有累积误差,最大可达1.6ms,即图象从开始到结束,在屏幕上向左或向右偏移约七个像素点。软件中的具体安排是这样的:在初始化后关掉定时器0,对输入信号采样,当读到300Hz起始信号的第一个高电平时,触发软件运行,启动定时器;3秒钟后再关掉定时器,读对相信号的高电平,再读对相信号的低电平,再读到对相信号的高电平时重新启动定时器。

这种同步的方法是沿用了作者在文献[4]中所使用的方法。实践证明,当卫星云图接收设备与显示系统在同一地点时,是十分有效的。但本系统中是用市话线将卫星云图信号从远地传送到显示地点的,线路上不可避免会有噪音,即使加了隔离带通放大器,也最多只能将2400±1600Hz以外的噪音衰减掉。因此,如果在300Hz起始信号之前,来一个电平比较高的噪音,那就可以误触发程序运行而使帧同步完全错误。为了避免它的发生,在软件设计上不是只要读到一个300Hz的高电平信号就触发程序运行,而是要按照1.67ms的间隔读到三个300Hz的高电平和低电平后才触发程序运行,启动定时器。这样就可以保证不致误触发。

分层所使用的分层值是从灰度等级信号中实际读出的。在第26根扫描线上(从对相信号开始算起)每个灰度等级信号的中部,连续读取两个点,取其平均值作为该层的读数,再以相邻两层读数值的平均值作为分层值。

彩色图形显示控制卡及μPD7220具有放大图象和移动图象的功能。卡上有一个放大寄存器,用来控制视频移位时钟的频率,μPD7220有一条放大指令。在相同的行频下,改变放大寄存器中的放大系数,降低视频移位时钟的频率,同时向μPD7220写入相同的放大系数的指令,使每个像素占有的时间增加,而使水平方向的图形放大。垂直方向的放大是通过重复扫描次数来实现的。放大系数为1—16的整数的平方倍,即1、4、9……256倍。移动则是通过改变μPD7220显示窗口的起始地址来实现的。不论放大或移动都不必改变显示存贮器的内容,只要编写适当的软件,即可通过键盘来控制。

将显示器上的云图存盘或将盘上的图象调入再显示,由于显示存贮器有512K字节(即使只传送800根扫描线也有400K字节以上),传输的数据量大,需用DMA方式。IBM PC/XT系统板上配有一片可编程的INTEL8237DMA控制芯片。8237有4个DMA通道。每个通道一次最多只能传送64K字节。在PC/XT中通道0用于动态RAM刷新,在I/O通道上只能对DMA通道1—3提出请求,通道2用于软盘适配器,通道3用于硬盘适配器,用户通常使用通道1^[2]。在PC/AT中级联有二片8237芯片,第二片的通道4用于级联两片8237,所以一共提供7个DMA通道,即第一片(基本的)的通道0—3及第

二片的通道5—7。在PC/AT中,软、硬盘适配器在同一块板上,使用同一个DMA通道,即通道2。第一片8237的通道0—3仍用来传输8位数据,因此一次只能传送64K字节;第二片的通道5—7用来传输16位数据,一次可以传送128K字节^[3]。但彩色图形显示控制卡与主机之间通过8位数据总线通信,卡上的DMA请求用的是1通道。因此,将一幅图存盘或将盘上的图调出来再显示,需要执行8次DMA传送和8次写(或读)盘操作,即使用汇编语言直接调用DOS读、写盘的功能,存入虚拟盘中(AT机的内存扩充卡可用作虚拟盘),也要好几秒钟的时间,如果存入软盘,则时间要长得多。

基于上述原因,难于做成较理想的快速动画显示。作为弥补,可以将一幅云图缩小成1/4,即隔行、隔点显示512×512个像素,这样一个屏幕可以同时显示四幅云图。

显示系统的程序都是用8086/8088汇编语言编写的。

专用接口等硬件是孙勇鹤同志设计的。

接收和显示程序的简要流程如图2、3所示。

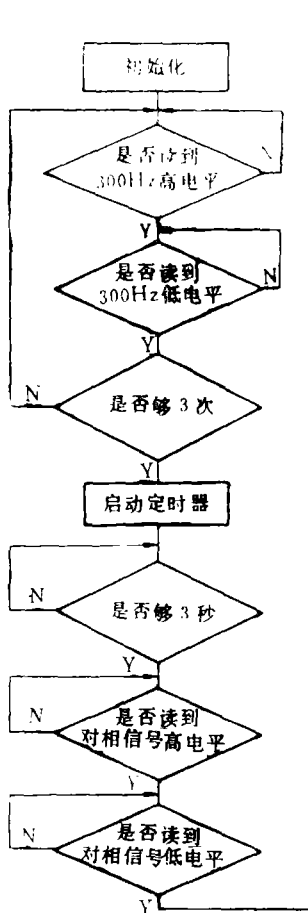


图2 接收和显示程序简要流程

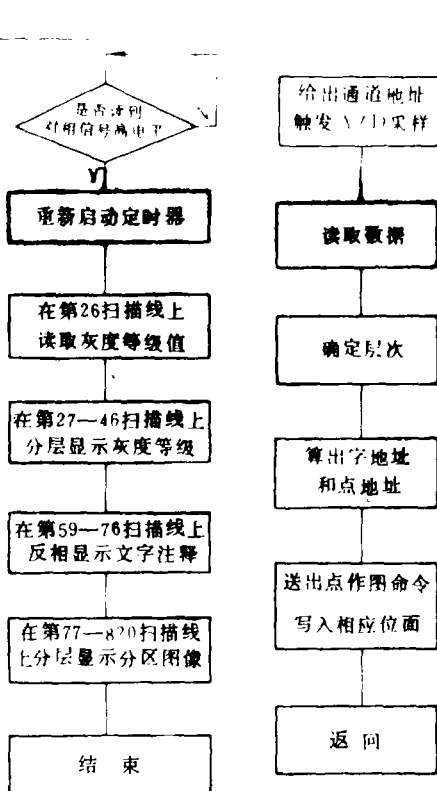


图3 一个像素点的简要流程

参 考 文 献

- [1] CONTROL SYSTEMS, INC, ARTIST HIGH PERFORMANCE COLOR GRAPHIC CONTROLLERS FOR THE IBM PERSONAL COMPUTER OWNERS INSTRUCTION MANUAL, 41—70, 176—182, 1984.
- [2] IBM, The Personal Computer, Technical Reference, 1—4, 1—20, 附录D—3, D—10.
- [3] 谢鸿飞译, IBM PC/AT技术参考手册, 卷1、卷2, p. 7、10、948, 上海计算机厂.
- [4] 孙勇鹤、倪汉培, 卫星云图微机处理系统, 南京气象学院学报, 1987, 4, 446—451.

REAL TIME DISPLAY OF THE GMS LOW RESOLUTION PICTURE ON 1024×1024 MONITOR

Ni Hanpei

ABSTRACT

Transferring the analog signal of the GMS low resolution cloud picture by means of telephone wires from the receiver output to the remote user and real time pseudo color stratified display of the cloud picture on 1024×1024 high resolution graphic display connected to IBM PC/AT or PC/XT have been developed. The image displayed on the screen can be zoomed by a factor of square of 1—16 in integer and panned without having to change any video RAM content. Four pictures reduced to 512×512 pixel can be displayed on the screen simultaneously