

文章编号: 1001-2486 (2002) 03-0036-04

超高分辨率图像实时显示系统设计*

刘雨, 胡亚华, 卢力, 唐波, 余理富

(国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南长沙 410073)

摘要: 自行设计的超高分辨率图像实时显示系统由图形系统处理机、超高分辨率显示器组成, 其核心是图形系统处理机, 显示分辨率为 2048×2048 , 逐行扫描, 每像素 8 位, 图像输入速率最高 240MB/s, 可同时显示 n ($n = 8, 4, 2, 1$) 个 CCD 相机的实时图像数据, 并能进行 n 抽 m ($n = 8, 4, 2, 1; m = 8, 4, 2, 1; n \geq m$) 处理。采用的主要技术有: 图像输入双重缓冲抽样复合拼接技术, 单帧存图形图像共体技术, 视频双重并串转换技术等。该系统可用于卫星地面站、航测、医学成像及其他传感器的高分辨率图像的实时显示。

关键词: 超高分辨率; 实时显示; 图像拼接

中图分类号: TP334 文献标识码: A

Design of Ultra High Resolution Real-time Display System

LIU Yu, HU Ya-hua, LU Li, TANG Bo, YU Li-fu

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Ultra high resolution real-time display system is composed of graphics processing system, ultra high resolution monitor. Its displaying resolution is 2048×2048 , non-interleaved, 8-bit per pixel. The image input speed is max to 240 MB/s. It can display real-time image data of n ($n = 8, 4, 2, 1$) CCD cameras simultaneously, and can process sampling m pixels from every n pixels ($n = 8, 4, 2, 1; m = 8, 4, 2, 1; n \geq m$). This system can be widely used the satellite station and real-time display of the aerial image, medical image and other sensor's high resolution image.

Key words: ultra high resolution; real-time display; image joint

超高分辨率一直是图形图像显示所追求的目标^[1,2], 计算机图形显示技术的发展已使 2048×1600 分辨率成为现实并在高档图形工作站上得以应用, 而更高分辨率 (2048×2048 逐行) 的显示系统目前只在某些专业领域有所报道, 如医学上 X 光、超声波图像显示, 这是由于医学上特殊应用所产生的需求, 而且这些显示多为特殊扫描制式, 如随机扫描制式。 2048×2048 逐行光栅扫描图形图像显示的应用报道甚少, 尤其是能满足实时要求的尚无报道。在卫星遥感、可见光、SAR 及航空摄影方面, 传感器分辨率一直是研制者追求的主要目标。对于实时显示, 若显示分辨率不能满足传感器的要求将使整个系统性能大为下降。提高分辨率与满足系统实时性是相矛盾的, 这是研制超高分辨率实时图像显示系统的难度所在。

超高分辨率图像实时显示系统输入每行 16K 像素的实时图像数据, 行频达 13kHz, 点时钟频率 30MHz, 若以比特率计算接近 2Gbps, 整幅图像幅面达 $16K \times 16K$ 。如此高的分辨率及实时性要求, 现有图形图像显示设备, 即便高档图形工作站, 也是难以满足的。因此有必要针对此种应用研制超高分辨率的实时图像显示系统。

1 系统组成

该系统由图形系统处理机、超高分辨率显示器和一台微机 (可选件) 组成, 如图 1 所示。系统核

* 收稿日期: 2001-10-11

基金项目: 国家 863 高技术资助项目 (863-2)

作者简介: 刘雨 (1963—), 男, 高级工程师。

心是图形系统处理机，它主要由图形系统处理器、大容量帧缓存、超分辨率视频部件、图像输入接口、主机接口和软件系统构成。显示分辨率为 2048×2048 ，每像素 8 位，图像输入速率最高 2Gbps。



图1 系统组成框图

Fig.1 System block diagram

本系统设有 8 个（每个 8 位）数据输入端口，每端口的数据输入速度为 30MB/s ，可同时接收 8 个 CCD 相机的实时数据，并能对这 8 路数据实施 n 抽 1 ($n=8, 4, 2, 1$) 处理，能以 2048×2048 的分辨率同时显示 n ($n=8, 4, 2, 1$) 个 CCD 相机的实时图像数据。

系统中微机是一可选件，其作用是扩充功能，例如显示通用的 BMP 格式图像，或将收到的图像数据转化为 BMP 格式图像数据以便作事后分析或存储、操作控制、调试监控等。

系统的核心部分是图形系统处理机，它主要由图形系统处理器、大容量帧缓存、超分辨率视频部件、图像输入接口、主机接口和软件系统构成，总体框图如图 2 所示。

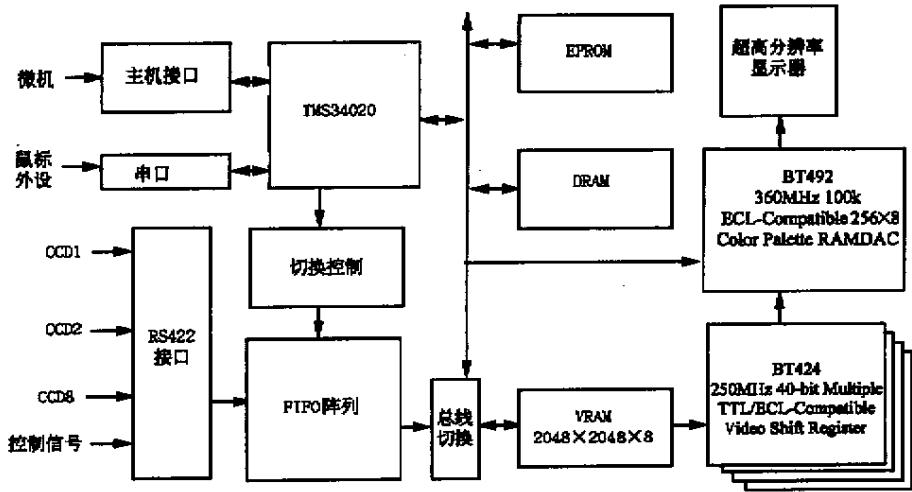


图2 总体结构框图

Fig.2 System Architecture

1.1 图形控制单元

图形控制单元由 TMS34020 图形系统处理器、DRAM、EPROM、主机接口、总线切换组成。主要完成存储器读写控制、视频时序产生、主机通讯控制、图形生成、程序运行控制等。它是系统的控制核心单元。

1.2 视频单元

视频单元由帧存 VRAM，多道 TTL/ECL 兼容视频移位寄存器 BT424，360MHz ECL 256×8 彩色查找表 D/A 转换器 BT492 及其外围电路，360MHz 时钟产生，8251 串行口等组成。视频单元完成图形、图像数据读写，D/A 转换，图像显示视频时序产生。

VRAM 采用双口存储器，其容量为 $256\text{K} \times 4\text{bit}$ ，共需 32 片组成 4MB 帧缓存。

1.3 图像接口单元

图像接口单元由 RS422 差分接口，FIFO 阵列，输入缓存及图像抽样读写控制逻辑组成。它是 CCD 相机（信号源）与 2048×2048 图像显示模块的连接通道，主要完成以下功能：

- (1) 实现输入数据的电平转换，将串行传输的 RS422 电平转换到适合电路处理的 TTL 电平。
- (2) 对输入数据格式进行转换，完成抽样控制全局显示或对输入源的选择（局部显示），将多个

CCD 相机的数据整合为一幅图像。

(3) 实现与图像显示模块的接口。

1.4 超高分辨率显示器

系统中采用的超高分辨率显示器的分辨率为 2048×2048 ，逐行扫描，单色，点频：360MHz，行频：120.21kHz，场频：57Hz。也可用分辨率达到逐行 2048×2048 的任何超高分辨率显示器。

2 关键技术

2.1 超高分辨率、高速视频 D/A 转换技术

系统超高分辨率与高速实时性能的实现如图 3 所示，显示分辨率要求达到逐行扫描 2048×2048 ，视频 D/A 转换后的时钟点频达到 360MHz。目前市面的视频部件多数是用于微机显卡或工作站的专用芯片，且其点频最高一般只到 300MHz，即分辨率只能达到 2048×1600 逐行的水平，为此需采用高速视频 D/A 器件来构建超高分辨率视频部件。首先从 VRAM 以 22.5MHz 的移位时钟频率并行读出 128 位（8 个像素，每像素 8 位）像素数据；经过一级由 4 片 BT424 构成的多道 TTL/ECL 兼容视频移位寄存器，使像素移位输出时钟频率提高到 180MHz，128 位输入并/串转换为 16 位（4 路，每路 4 位）输出，并由 TTL 电平转换为 ECL 电平；最后分 2 路每路 8 位（一个像素）送入彩色查找表 D/A 转换器 BT492，由 BT492 输出 360MHz 模拟视频信号到超高分辨率监视器。

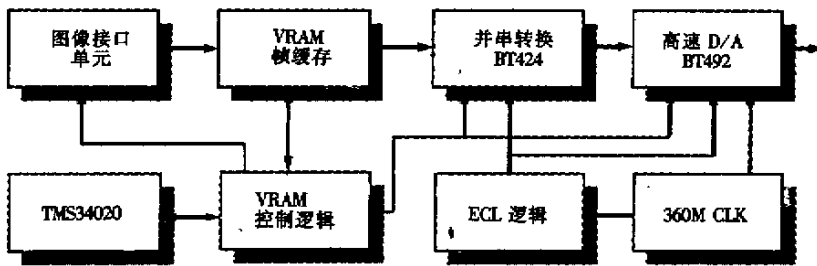


图 3 显示控制功能实现框图

Fig.3 Implementation of display control

2.2 帧存储体结构

为适应超高分辨率视频部件的要求，VRAM 由 32 片 TC524256 双口 RAM 组成 $2048 \times 2048 \times 8$ 帧缓存。为了适应 BT424 和 BT492 并、串转换及 D/A 转换的特殊要求，VRAM 的串行移位输出需组织成 64 位并行输出的结构。帧缓存设置在 TMS34020 的本区总线上，VRAM 既可完全由 TMS34020 控制，也可由图像产生器写入和屏刷新。

VRAM 的最大特点是芯片内设有位数很长的移位寄存器，通过一次刷新读（也称传输读）可将一行数据打入移位寄存器，然后进行计数选择输出，完成并/串行转换。

系统设计了一套专门的帧存储器控制仲裁时序，使图形和图像显示共用一套存储器。该时序电路在保证屏刷新数据按光栅扫描的要求以 360MB/s 的速率连续地读出的同时，保证 CCD 图像数据实时写入帧存储器，并插入帧缓存自刷新时序。在需要进行图形显示时，图形处理器也可插入对帧存储器的读写操作。

系统对输入数据采用两级缓存结构，实现了对输入数据的多种比例可编程抽样及在不同比例下并行输入多画面图像数据的复合拼接技术，相对于传统的对每路图像均设置帧缓存的技术而言，节省了存储器用量。

2.3 多通道输入复合拼接抽样技术

由于 8 路 CCD 相机的数据在同一行是并发传送，而送图像显示模块时应将 8 路 CCD 相机数据压缩为一行像素数据，该行数据写至图像显示帧缓存时应顺序写入，所以在时间上应对 8 路 CCD 相机的数据进行重排。当某路 CCD 相机的数据向存储体传送时，其他路数据应当缓存，所以设先进先出 A (FIFO-A)，暂存 CCD 相机送入的数据。同时，考虑到如下两个原因：其一，系统接口板与图像显

示板的接口中数据宽度为 64 位；其二，CCD 相机数据时钟与图像显示模块的时钟并不相同，为异步操作设立先进先出 B (FIFO-B)，以实现数据宽度转换和防止异步读写时丢失数据。

2.4 图像输入、图形及视频控制技术

由于图像输入采用的是 RS422 串行差分输入，速率最高可达 2Gbps，因此对于 RS422 到 TTL 的输入电平转换接口的速率要求极高，稍不满足就会形成输入瓶颈导致显示时丢失数据点。本系统中采用 26C32 高速接收电平转换器，较好地解决了这个问题。

BT492 内带有 256×8 的查找表，8 位精度转换器，点频可达 360MHz。BT492 的数据输入为 ECL 接口，内部有 2 至 1 并串转换电路，外部输入数据时钟为点频的 1/2，一个时钟脉冲输入两个像素数据 (16 位)；另选 BT 公司的 BT424 与 BT492 配套，实现并串转换，BT424 单片可完成 4 组 8 位并入 1 位移出的并串转换，其数据输入为 TTL 电平，输出为 ECL 电平。1 片 BT492 需 4 片 BT424 与之配套，4 片 BT424 的输入数据宽度总计为 128 位，这也是 VRAM 的 SAM 口移出数据宽度为 128 位的原因。

系统中帧存储器连续数据输出周期为 30ns，为了适应 D/A 转换器 360MHz 点时钟要求，本系统设计了一套高速双重并行数据转串行数据的逻辑电路，用 TTL 和 ECL 电路相结合，先将数据流 (128 位) 从 22.5MHz 速率转换为 180MHz 速率的串行数据流 (16 位)，再用高速 ECL 电路将 16 位并行数据转化为 8 位的 360MHz 速率的串行数据。

目前在芯片内部运行于 360MHz 频率的逻辑电路较为常见，但当外部电路在如此高频率工作时，印制电路板上诸多离散因素如分布电容、分布电感、印制板信号线长度等对电路的性能有重要影响。本系统中，高速并串转换电路成功地克服了这些因素的影响。

2.5 超高分辨率监视器

本系统采用的是我们自行研制的超高分辨率监视器，分辨率为 2048×2048 ，采用逐行扫描方式，行频 120kHz，场频 57Hz，单色，其技术水平与国外同类监视器相当。由于本系统具有很好的视频输出适应性，因此也可选用其他任何技术指标达到分辨率 2048×2048 ，逐行、行频 120kHz 的超高分辨率监视器。

3 应用

对于 CCD 相机图像、遥感图像、航空摄影等有一定实时性要求的应用而言，一般每像素代表的物理距离在米以上，因此，屏幕分辨率对于实时观察来讲就显得尤为重要，如果屏幕分辨率降低一倍，就有可能丢失有效目标。若只是作事后静态图片分析，则可对疑点处作局部放大观察，而作实时观察时则没有足够的时间来作局部放大，所以超高分辨率实时显示对于空间图像的实时处理十分必要。本系统可用作各种高分辨率视频、遥感、红外图像的实时显示。在卫星地面站，航测及其他传感器的高分辨率图像的实时显示方面有广泛的应用价值。

现有的高档图形工作站虽然能满足 2048×1600 档次的实时显示要求，但仍然需要专门的硬软件接口，而且图形工作站体积大，价格昂贵，只适用于办公室环境。因此，本系统在环境适应性、性能价格比方面具有明显优势。

参考文献：

- [1] Razskazovskii V B, Sugak V G. High-resolution Features of the Radar Spectra from Wind Waves [J]. Journal of Communications Technology and Electronics, 1996, 41 (6): 501-504.
- [2] Nelson, Scott N, Helgeson, Michael A. High-resolution Color Flat Panel Head-mounted Display Design for the Advanced Flat Panel Program [C]. Proceedings of SPIE, The International Society for Optical Engineering, 1996, 2735: 124-133.

