第21卷 第4期　　海 军 航 空 工 程 学 院 学 报　　Vol. 21 No.4
2006年7月　　JOURNAL OF NAVAL AERONAUTICAL ENGINEERING INSTITUTE　　Jul. 2006

飞机座舱液晶显示系统设计

冯　晨[1]，赵慕奇[1]，杨　蕾[2]，鞠振飞[1]

（1. 海军驻苏锡地区航空军事代表室，江苏无锡，214063；2. 中航雷达与电子设备研究院，江苏苏州，215001）

摘　要：分析了飞机座舱综合液晶显示系统的特点，采用数字信号处理器ADSP21060搭配FPGA设计了座舱图形液晶显示系统，并已成功应用于实际系统，具有高效、通用、灵活的特点。

关键词：图形显示系统；飞机座舱；液晶显示；ADSP

中图分类号：V 241　　　　**文献标识码**：A

0 引言

以前的航空显示器多以阴极射线管（CRT）显示器为主，其字符产生以笔划方式为主。这种显示技术不能实现复杂的图形显示，而且硬件复杂。随着技术发展，液晶显示器逐步替代CRT显示器，同时航空显示器对屏幕尺寸、分辨率、色彩和灰度等级的要求也在提高。因此我们针对飞机座舱液晶显示系统的特点，设计了基于数字信号处理器ADSP21060的液晶显示系统，以满足现代飞机座舱液晶显示系统的要求。

1 飞机座舱液晶显示系统分析

1.1 飞机座舱综合图形液晶显示系统的特点

飞机座舱综合图形液晶显示系统用于产生飞机的各种飞行参数画面，它接收处理飞机发送的指令和作图数据，实时完成作图工作，产生相应的字符、图形，并形成视频信号送至液晶显示器显示。现代飞机的显示信息量大，在做战术动作时，画面变换速度很快，要求图形的更新速度必须也很快，至少要比帧刷新速度快，才可以避免画面的断续。对于飞机来说，飞行速度高，飞行状况复杂，飞机座舱显示器上的图形变换出现肉眼可见的延迟也许是致命的。因此，飞机座舱图形综合液晶显示系统对图形显示的实时性要求很高。[1, 2]

飞机座舱综合图形液晶显示系统是飞机座舱内的专用设备，受体积、功耗、可靠性等多方面因素的影响，一般不能使用基于通用计算机的图形显示系统。而且，由于技术封锁等众所周知的原因，军用图形加速芯片及相关核心技术，不能在国际市场上得到。因此必须设计自己的、拥有知识产权的专用小型化的座舱图形显示系统。在设计和实现飞机座舱综合图形显示系统时,需要考虑以下几个问题：

（1）数据量大。液晶显示器是一种光栅扫描式显示器，它同传统的笔划式显示器不同，所显示的图形即使有小许变化，图形处理器都要计算和扫描整幅屏幕。随着屏幕分辨率的提高，图形处理器在单位时间内要处理和显示的像素越来越多，如一个50Hz帧频、1000×1000像素的显示帧，仅在显示操作上就需要每秒5千万次的写入操作。

（2）实时性要求高。一般认为，要使人眼察觉不出画面的闪烁，场频则不能低于40场/秒。也即整幅图形的重新计算和显示必须在25ms内完成，如果处理时间超时，图形就不能正常显示。

（3）具备综合显示能力。如引言所述，当前的座舱图形显示系统向综合显示方向发展，座舱显示系统要具备综合显示的能力，在不同的飞行状况，同一显示器要能显示不同的画面。这种综合显示，可以手动切换，也可以自动切换。综合显示能力使座舱内的显示仪表大幅减少，大大减轻了飞行员的负担。

（4）算法复杂。基于液晶显示器的座舱图形显示系统中的图形产生有各种各样的算法，如直线、圆的扫描变换，字符旋转，直线、字符的反走样，天与地的区域填充等许多算法。如何优化算法，在

收稿日期：2005-11-08　　**修回日期**：2006-05-18

作者简介：冯　晨（1972–），男，工程师，硕士.

缩短处理时间的同时，使图形显示效果好，是图形显示系统设计的一个重要问题。

（5）对功耗、体积、重量的限制严格。飞机综合图形显示系统是一种机载设备，其功耗、体积和重量不能超过总体规定的指标。在保证性能的前提下，它的功耗、体积应越小越好，重量应越轻越好。

（6）要求有一定的容错能力。飞机座舱综合图形显示系统作为飞机飞行时的一个重要设备，对可靠性的要求非常高。因此要求图形显示系统具有较强的容错能力，如当其中一台显示器出现故障，显示系统应能将该台显示器显示的内容综合显示到其他的显示器上。

1.2 图形系统构成概述

设计图形生成系统的处理器一般有两种：一种是专用的图形处理芯片GSP，如TI公司的TMS340系列GSP，一种是数字信号处理器DSP。用GSP设计系统接口简单，如TMS340X0GSP具有视频接口和DRAM存储器接口，还具有一些基本的图形运算指令，可以节省一些图形运算时间。用DSP搭建图形生成系统具有通用灵活的特点，一般DSP的运算能力要胜过GSP，大力发展DSP是当前的一种趋势。

针对飞机座舱显示系统的要求和数字信号处理芯片ADSP21060的特点，选用ADSP21060作为核心处理器设计图形显示系统。[3]

1.3 ADSP21060 的特点

AD 公司的 ADSP21060 是该公司 SHARC 系列 DSP，属第三代 DSP 产品，SHARC 是 Super Harvard Architecture Computer（超级哈佛结构计算机）的简称，它将指令存储空间和数据存储空间分离开，各自拥有独立的总线，取指令和访问数据可以同时进行，使数据运算速度大大提高。但它仍保持双存储器和双总线的基本特征，每个存储器都既可以存放数据也可以存放指令。它有 4 套独立的总线，分别用于数据存取，指令存取和输入输出接口，十分有效地将数字信号处理系统的主要功能集成在一片芯片上，包括：一个与 ADSP21020 兼容的运算控制单元——处理器核，大容量双端口静态存储器，程序/数据外部总线及多处理器接口和输入输出控制器，运算控制单元可以完成 32bit 定点运算或 32/40bit 浮点运算，包括乘法器、加法器、移位器在内的运算单元具有 120MFLOPS 的峰值运算能力，配合以高速指令缓存，ADSP21060 可以在单周期内带条件地判断地执行一次乘、一次加、一次减和一次跳转。

ADSP21060 片内大容量静态存储器（SRAM）分为两块，一块用来存储程序指令及数据，称为程序存储区（PM），另一块可以用来专门存放数据，称为数据存储区（DM），这样如果指令位于缓存，就可以在单周期内执行乘、加、减运算的同时，分别对 PM 和 DM 区的数据各进行一次存取操作。除 32 位字宽外，片内存储区可以灵活地设置成 16 位字宽，以倍增片内存储空间。

ADSP21060 有多种外部接口，首先是外部地址，程序/数据总线，它可以全速工作在 40MHz，它提供的多种外部控制信号可以使多片 ADSP21060 无须外部控制逻辑就可以直接相连，以构成一个高效的紧耦合式的并行处理系统；输入/输出控制器还提供 6 套链路口和两个串行通讯口，用这 6 套链路口可以将大量的 ADSP21060 构成一个松耦合的并行处理系统。这样可以通过合理地分配并行处理子任务之间通信、握手和运算处理时序，设计出高效的多处理系统。

它的内部功能模块主要包括：符合 IEEE 浮点数据格式的 32 位浮点运算单元（乘法器、运算逻辑单元、移位器），这些运算单元也可以完成定点运算；数据寄存器堆 R0-R15（用于浮点运算时称 F0-F15）；数据地址产生器（DAG1，DAG2）；程序控制器及指令缓冲（32 级）；内部定时器（32bit）；4Mbit 双端口 SRAM；外部存储器接口，32 位地址，48 位数据；主机和多处理器接口；DMA 控制器，有 10 个 DMA 通道；两套串行口；6 套链路口，每个链路口有 4 位数据线；JTAG 测试仿真口。[4，5]

2 飞机座舱液晶显示系统设计

飞机座舱液晶显示系统设计框图见图1。由于选用的DSP没有现成的帧存接口和视频接口，因此采用了一片FPGA作为帧存控制和视频控制器。

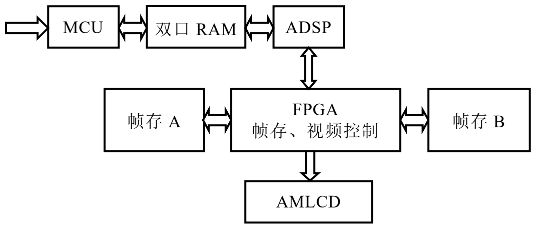

图1　飞机座舱液晶显示系统框图

主机与DSP采用双口RAM进行数据交联，双口RAM中存放由主机通过外部总线获取的画面显示所需要的各种参数，DSP主要完成图形转换操作和直线的反走样计算（反走样算法以计算所得的位置与对应栅格点的偏移作为权值，来决定该点的灰度等级，以消除直线的台阶现象）。在系统的帧存设计上，采用的是高速静态存储器SRAM，而没有采用常见的动态存储器VRAM设计帧存，这样设计主要基于以下考虑：

VRAM的读写速度较慢，一般为70~80ns，并且由于行列地址复用，这个时间是双倍的，传统的伪彩色显示系统常采用可并行输入多位像素的RAMDAC器件，来解决VRAM的慢速问题。在本设计中，AMLCD的输入是8位数字量输入，并不需要RAMDAC进行D/A转换，如采用VRAM设计帧存还需要自行设计一个可并行输入多个像素的电路，设计复杂。而现在的SRAM可以做到很大（已经有8Mbit的单片高速SRAM），并且可以达到10ns以下的高读写速度，其读写方式便于采取特殊的设计。

液晶显示系统的帧存设计成双帧存交替切换的乒乓形式：在DSP向其中一块帧存写图形数据时，由CPLD控制将另一块帧存中的图形数据读出显示。数据的输入和输出分体进行，通过采用这种双帧存交替切换的设计方式，可以保证显示刷新的连续性，防止屏幕出现闪烁和不连续感。

3 结论

由ADSP作为核心处理器搭配FPGA设计的座舱图形液晶显示系统，具有高效，通用，灵活的优点，已成功应用于实际系统中，为设计新一代国产先进飞机座舱显示系统打下了良好的基础。

参考文献：

[1] 陈亚, 李子君, 赵慕奇. 多功能显示器的电磁兼容性设计技术[J]. 海军航空工程学院学报，2004,19(4): 447-450

[2] 赵慕奇，陈亚，冯晨. 彩色多功能显示器设计[J]. 海军航空工程学院学报, 2002,17(3):390-392

[3] 苏涛, 吴顺君, 李真芳, 等. 高性能 DSP 与高速实时信号处理[M]. 西安：西安电子科技大学出版社, 2002:3020

[4] 朱耀东. 飞机座舱综合图形显示系统关键技术研究[D]. 南京：南京航空航天大学, 2003

[5] 孙滨生. 世界飞机电子显示器手册[M]. 北京：航空工业出版社, 1995

The design of aircraft cockpit LCD display system

FENG Chen[1]，ZHAO Muqi[1]，YANG Lei[2]，JU Zhenfei[3]

（1．Aeronautical Military Representatives Office of Navy in Suzhou & Wuxi，Wuxi，Jiangsu，214063；

2．Radar and Avionics Institute of AVIC，Suzhou，Jiangsu，215001）

Abstract: The characteristics of aircraft cockpit LCD display system is analyzed. By use of ADSP 21060 and FPGA, aircraft cockpit LCD display system is designed. The system has been applied in practice, and has characteristics of high efficiency, currency, flexible.

Key words: graphics display system aircraft cockpit; LCD display; ADSP