基于 TMS320DM6446 的数字电影放映系统设计*

王宇野，肖福海，戴丽丽

（哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院，哈尔滨 150001）

摘要：在以数字多媒体处理器 TMS320DM6446 为核心的硬件平台上，采用达芬奇技术提出了一种新型数字电影放映系统的设计方案，并提出了应用达芬奇处理器开发数字视频产品的一般方法。该方案充分利用了达芬奇处理器高效性与编程灵活性的特点，通过使用达芬奇技术提供的系统组件和开发工具，极大地简化了数字电影放映系统软件开发的复杂性。

关键词：达芬奇技术；TMS320DM6446；数字电影放映系统；解码

中图分类号：TN919　　**文献标识码**：A

Digital Cinema Projection System Based on TMS320DM6446

Wang Yuye, Xiao Fuhai, Dai Lili

(Information and Communication Engineering College, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: A new digital cinema projection system is designed based on TMS320DM6446 and DaVinci technology, The general method of digital product development with DaVinci processor is proposed. The project takes full advantage of the high efficiency and programming flexibility of DaVinci processor, and greatly simplifies the complexity of software development of digital cinema projection systems with system components and development tools provided by DaVinci technology.

Key words: DaVinci technology; TM320DM6446; digital cinema projection system; decode

引　言

数字电影，是指以数字技术和设备摄制、制作、存储，并通过卫星、光纤、磁盘、光盘等物理媒体传送，将数字信号还原成符合电影技术标准的影像与声音，放映在银幕上的影视作品。与传统电影相比，它具有画面清晰、稳定性高、节约成本、利于环保等特点。从国际上来看，经过初期阶段的摸索，数字电影技术已经相对成熟，创作人员已从过去单纯地运用数字特技逐步转化为将其与传统摄制、传统特技融为一体的表现手法。在国内，数字电影经历了引进、消化、模仿、创新的过程。为了鼓励和推动我国数字电影的发展进程，国家投入了大量的资金，在全国建设了100多个数字影院。根据我国国情，首先是普及和推进我国社区及农村地区的数字电影的发展[1]，因此，需要大量的低端配置的流动数字电影放映设备。

达芬奇技术是一种内涵丰富的技术综合体，是美国TI公司推出的针对数字多媒体应用而定制的基于DSP的系统解决方案组件的集合，其为多媒体设备开发者简化设计并加速产品创新提供了集成的处理器、软件与工具[2-3]。TI公司在达芬奇平台上专门为音视频编解码（Codec）多媒体应用精心设计了系统框架，提供了丰富的系统程序接口（SPI）、应用程序接口（API）以及视频、图像、话音和音频千余种流媒体算法组件。应用系统开发者只需将它们封装成运行包，就能轻松地设计出高可用性和高可靠性的数字视频产品。

为了满足我国的实际需求，本文在达芬奇系统硬件平台的基础上，利用达芬奇软件技术，提出了开发数字电影放映系统的方案及其具体实现方法。该方案有利于缩短产品的研发周期，更快地占领市场。

1　硬件设计

数字电影放映系统主要是以数字多媒体处理器TMS320DM6446为核心来实现的。TMS320DM6446是TI公司的高集成度视频处理芯片，业界称为达芬奇（DaVinci）数字媒体片上系统（Digital Media System-on-Chip，DMSoC）。图1为TMS320DM6446功能结构框图[4]。

如图1所示，DMSoC包括ARM子系统、DSP子系统、视频处理子系统（VPSS）、系统控制模块、电源管理模

* 黑龙江省博士后基金（LBH－Q09153）。

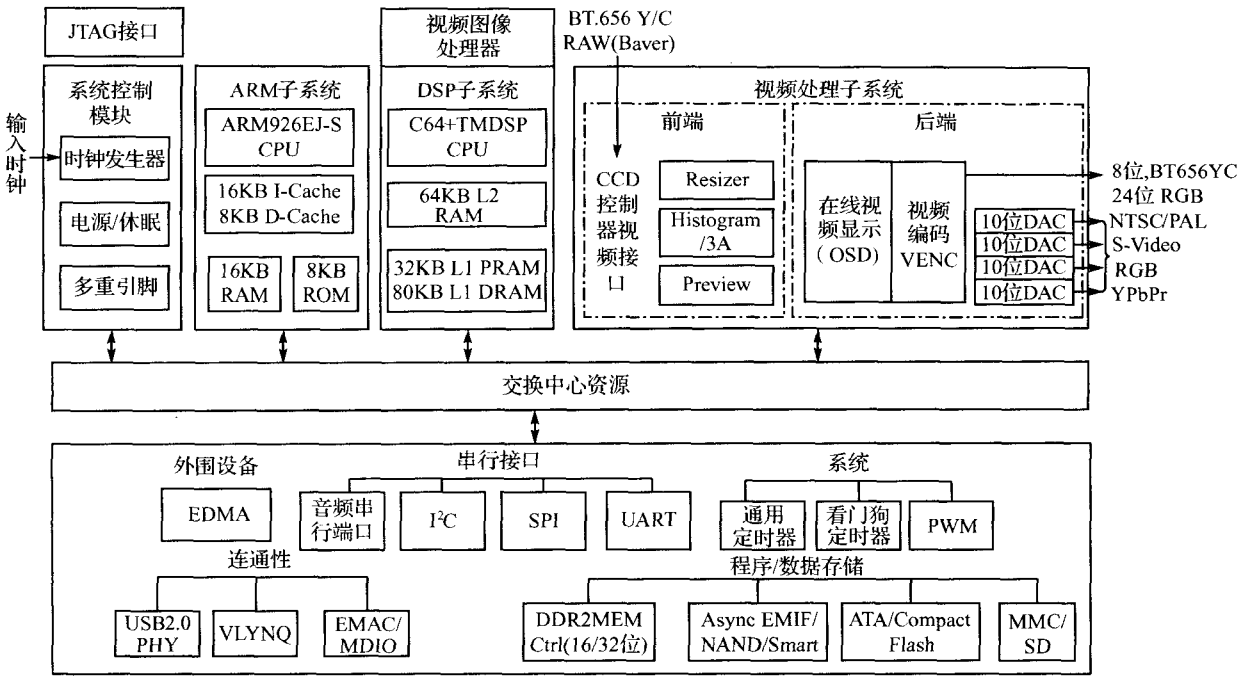

图 1　TMS320DM6446 功能结构框图

块、外部存储接口、外围控制模块和交换中心资源(SCR)等。其中,ARM 子系统主要负责 TMS320DM6446 系统的整体配置和模块功能控制,以及调用视频算法。工作频率近 600 MHz 的 DSP 子系统负责视频算法的执行,其最大处理能力可以达到 4800MIPS,极大地增强了音频和视频的解码能力。视频处理子系统包括 1 个视频前端输入接口(VPFE)和 1 个视频末端输出接口(VPBE),视频前端输入接口用于捕获视频信号,视频末端输出接口将图像输出到 OSD 上显示。

本系统的结构框图如图 2 所示。系统通过异步外部存储器接口(EMIF)外接 64 MB 的 NAND Flash,用于存储启动代码和数据,以引导加载 ARM Linux 操作系统。利用 ATA 控制器接口外接 160 GB 2.5 in 的 ATA 硬盘,主要用于 Linux 系统的文件系统、应用程序和大量数字影片文件的存储。由于 ATA 硬盘输出的是 3.3 V 电压信号,而 TMS320DM6446 硬盘控制器输出的电压信号为 1.8 V,为使硬盘与主 CPU 正常连接,需要电压转换芯片来保证硬盘的正常工作。此外,为了方便改变视频节目及便于实验的测试,本系统还通过 MMC/SD 存储卡接口扩展了 2 GB 的 SD 卡和 USB2.0 接口。利用 TMS320DM6446 的 32 位 DDR2 控制器接 256 MB DDR2 型 SDRAM 缓冲视频输入图形数据,作为 OSD 的缓冲器来存储 ARM 和 DSP 代码。

系统的视频前端输入接口(VPFE)支持复合视频(CVBS)输入及 S-端子输入。视频末端输出接口 VPBE

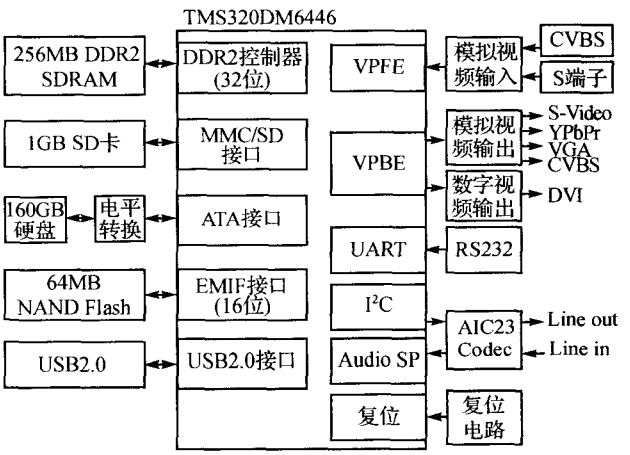

图 2　系统结构框图

支持模拟视频输出,包括复合视频(CVBS)输出、S 端子输出、分量视频输出(YPbPr)及 VGA 输出;同时,支持数字视频输出(DVI)。视频解码模块采用 TI 公司的高质量视频解码芯片 TVP5158,把常见的基带模拟视频格式转换为数字视频格式。输入的视频数据通过 TVP5158 视频解码芯片转换成 10 位 YUV4:2:2 的格式,然后送至视频前端处理,处理完的数据再经视频末端处理后保存至硬盘。音频解码模块采用 TI 公司的低功耗立体声解码芯片 TLV320AIC33。考虑到系统要接多个模块,这里利用 AIC33 串行总线控制支持的 I²C 协议,通过 I²C 接口与 DSP 的音频端接口相连。另外,为了监控硬件平台的启动

adv@mesnet.com.cn(广告专用)

情况，利用 TMS320DM6446 集成的 UART 外设控制器，扩展了 UART 通用异步串口，配置 RS232 用于系统启动时控制台。

2 软件设计

数字电影放映系统的软件设计主要是在 Linux 系统环境下，利用达芬奇软件框架结构来完成的。通过将符合数字媒体标准（xDM）的音频和视频算法打包在由 Codec Engine（代码引擎）管理的 Codec Server（代码服务器）里，ARM 端的应用程序就可以调用集成在 Codec Server 里的音频和视频算法，解码来自 Linux 文件系统的音频、视频、语音数据，输出到 TMS320DM6446 上控制视频和语音外设的 Linux 器件驱动器。

2.1 达芬奇软件开发方法

在进行本系统软件开发时，软件开发流程如图 3 所示。

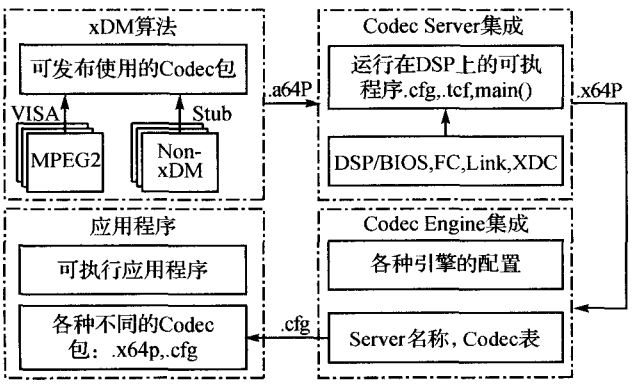

图 3 达芬奇软件开发流程

软件开发具体步骤如下：

① DSP 端，在 TI 公司推出的 CCS3.3 开发环境下，把音视频解码算法修改成符合数字媒体标准（xDM）的形式，并编译生成一个算法的库文件 *.lib（等同于 Linux 环境下的 *.a64P，直接在 Linux 环境下修改文件后缀名即可）。

② 生成一个在 DSP 上运行的可执行程序 *.x64P（即.out 文件），也就是 Codec Server。本系统的 Codec Server 里集成了 MPEG-2、MPEG-4、H.264、AAC、MP3、G.711 多种形式的音视频解码器。

③ 根据 Codec Server 的名称及其中包含的具体的音视频解码算法，创建 Codec Engine 的配置文件 *.cfg，包括 Engine 的不同配置、名称，每个 Engine 里包括的 Codec 以及每个 Codec 运行在 ARM 还是 DSP 端等。例如，在.cfg文件中，可以修改取得 Codec 模块的相关语句，按需要引用 Codec 模块。取得不同模块的语句如下：

```
var H264DEC=xdc.useModule('codecs.h264dec.H264DEC');
var AACHEDEC=xdc.useModule('codecs.aachedec.AACHEDEC');
var G711DEC=xdc.useModule('codecs.g711dec.G711DEC');
……
```

代码模块可以自己开发，也可以充分利用第三方的软件技术，任何与 xDM 兼容的算法都可以集成到 Codec Server 中[5]。这样就避免了开发的重复性，降低了开发的难度。

④ 将收集到的不同音视频 Codec 包、Codec Server 和 Engine 配置文件 *.cfg 以及应用程序通过编译、链接，最终生成 ARM 端可执行文件。

2.2 达芬奇中间框架 Codec Engine

Codec Engine 是介于应用程序和代码服务器的中间层[6-8]，是利用 DaVinci 技术简化数字产品开发的关键组件。它为应用程序提供了 VISA 接口，在不必考虑复杂的视频、图像、话音和语音处理算法（VISA）的前提下，利用 Codec Engine 提供的 API，应用程序可以方便地调用符合 xDM 的算法组件。

2.3 ARM 端解码应用程序的设计

本系统的应用程序是在 Linux 系统环境下，利用 DaVinci 技术的 Codec Engine 提供的 API 来完成的。应用程序运行在 TMS320DM6446 双核处理器的 ARM 端，解码存储在硬盘里的音频、视频、语音数据，通过视频末端输出接口（VPBE）输出，在 OSD 上实时显示。

解码线程的流程如图 4 所示。

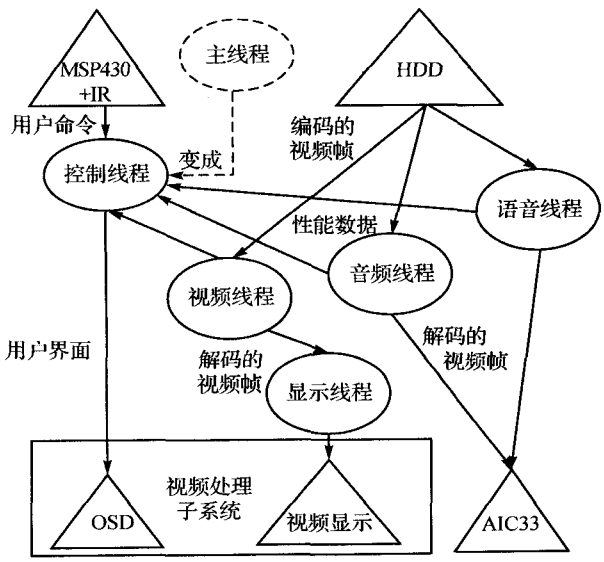

图 4 解码线程流程

应用程序主要包括5个POSIX线程：主线程（控制线程）、视频线程、显示线程、语音线程以及音频线程。从图4中可以看到，视频、语音、音频线程在主线程变成控制线程之前产生。显示线程由视频线程产生。“MSP430+IR”用来接收用户输入的命令，只有在命令行里提供了一个视频文件时，才能建立视频线程。同时，由于音频和语音要求同样的外设（AIC33），因此，不能同时解码音频和语音文件。此外，所有的线程都是抢占式的，基于优先级的时序（SCHED_FIFO），其中，显示线程具有最高的优先级，接下来是视频线程，控制线程的优先级最低。线程的初始化由Rendezvous公用程序模块来同步。该模块使用POSIX的条件来同步线程的初始化。每个线程执行其初始化后，通知Rendezvous的对象。所有的线程都结束初始化后，同时解锁，开始执行主循环。

3 测试结果

本系统的软件开发是在虚拟机上的Linux操作系统下进行的，Linux操作系统的版本为Monta Vista Linux Professional Edition v4。测试前，用交叉网线将硬件平台通过交换机与主机相连，并配置NFS（Network File System，网络文件系统）服务，使得开发板和主机可以互相访问；同时，在主机的Windows环境下，将开发板与主机用串口线相连，设置超级终端，通过超级终端监控硬件系统的启动情况，并设置命令参数。

测试时，在超级终端里输入解码命令，硬件系统通过MSP430解析输入的命令，读取存储在HDD（硬盘）里的音视频数据，利用OSD在线显示解码的影片。图5～图7分别为对MPEG-2、MPEG-4、H.264音视频的解码图像。

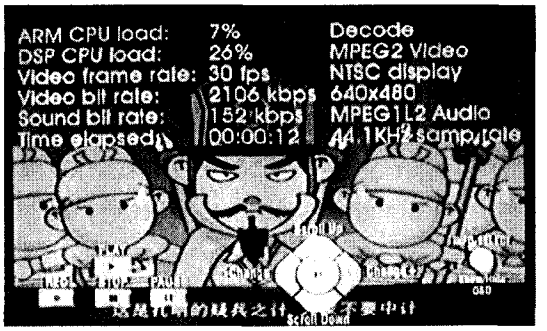

图5 MPEG-2音视频解码图像

结 语

本文结合达芬奇数字多媒体技术提出了数字电影放映系统的硬件解决方案及软件设计方法。利用达芬奇对高层Linux的支持、标准化的API以及产品化的底层驱动器，大大降低了设计数字视频系统的复杂性，缩短了产品的开发周期。测试表明，所设计的数字电影放映系统支持多种格式的数字影片的高清播放，且具有高稳定性和高可靠性。该设计方案还可以用于其他数字产品的开发，如IP机顶盒、网络摄像机、医学图像处理、视频会议等。

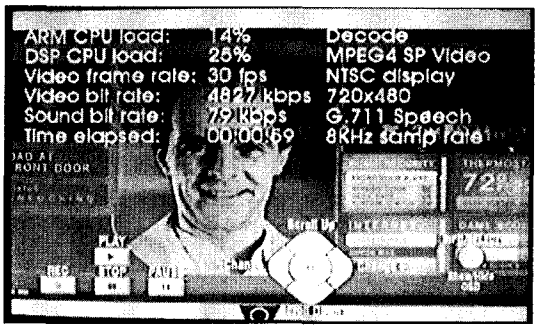

图6 MPEG-4音视频解码图像

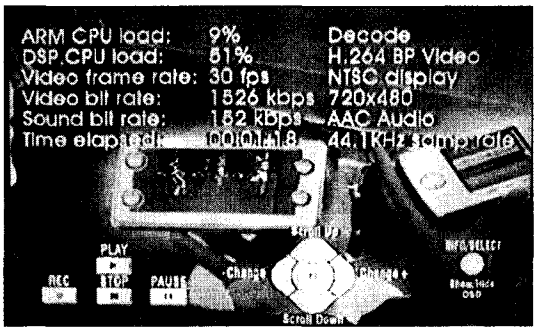

图7 H.264音视频解码图像

参考文献

[1] 张丕民. 加快中国数字电影发展[J]. 影视技术，2004(9)：7-9.
[2] TI. Davinci Technology for Digital Video，2006.
[3] TI. The Future of Digital Video，2006.
[4] 徐鹏，邹浩斌. 基于达芬奇技术的TMS320DM6446视频研究[J]. 电子产品世界，2006(2)：135-137.
[5] TI. XDAIS-DM (Digital Media) UserGuide，2006-01.
[6] TI. Codec Engine Application Develop User's Guide，2006-07.
[7] TI. Codec Engine Server Integrator's Guide，2007-03.
[8] TI. Codec Engine Algorithm Creator User's Guide，2006-07.

王宇野（副教授），主要研究领域为图像处理和嵌入式系统；肖福海（硕士研究生），主要研究领域为嵌入式系统的研究与优化。

（收稿日期：2010-06-12）

adv@mesnet.com.cn（广告专用）