文章编号：1672-2892(2010)02-0149-06

基于 OMAP3530 的多媒体信息处理及通信系统设计

李文婷，林　岩

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院，北京 100191)

摘　要：为了设计一种功能丰富、易于扩展的多媒体处理系统，根据多媒体系统现状及发展趋势，制定了基于嵌入式 Linux 以及 OMAP3530 处理器为核心的系统设计方案，该系统具有多媒体模块、网络模块、显示模块及人机交互模块等。在此基础上进行了系统的硬件、驱动及应用层设计，软件平台在 Linux 内核 2.6.28 的基础上进行驱动的开发以及编解码算法的移植。实验表明，该系统具有功能多样化、技术一体化、系统集成化等一系列特点。针对不同的用户需求，可进行功能重组，对厂商和终端用户而言，将更加灵活方便，并且具有良好的应用前景。

关键词：多媒体处理；开放式多媒体应用平台；Linux 操作系统；嵌入式

中图分类号：TN911.72　　**文献标识码：**A

Multimedia applications and communications system based on OMAP3530

LI Wen-ting，LIN Yan

(School of Automation Science and Electrical Engineering，Beihang University，Beijing 100191，China)

Abstract：A multiple media system，which was feature-rich and easy to be expanded，was designed and realized. According to the research status and development trend of multiple media system，a scheme，taking OMAP3530 processor as the core of the hardware，was designed based on embedded Linux. The system was composed of multiple media processing module，display module，network module，and Human Computer Interaction(HCI) module. On this basis，the hardware，relative drivers and application layers were designed. The hardware drivers，encoding and decoding algorithms，and software were designed in the environment of Linux 2.6.28 kernel. The experiment results showed that the multiple media system was multi-functional，high-tech-combined，system-integrated and network based. It is an integrated platform with strong scalability and could be functionally reorganized for different users and manufacture. The flexibility and convenience make it a good application prospect in multiple media and communication system.

Key words：multimedia applications；Open Multimedia Application Platform(OMAP)；Linux；embedded system

当今，随着多媒体以及通信技术的发展，移动通信已经成为国民经济的支柱之一。现在移动通信产业即将迈入第 3 代移动通信技术时代(3G 时代)，3G 是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术，能够同时传送音频及数据信息(图像、电子邮件及多媒体信息等)，并结合通信、互联网及多媒体等多种技术。很多场合下人们常会用到其中一种以上的技术，在多种单一功能的设备终端以及集成多项功能的一台设备终端间，后者更加简洁、轻便、成本低。当前市场发展趋势也趋向于集约化、标准化、高效率的运作模式，由此可见后者也是当前市场的主要发展方向。随着人们对终端设备所提供服务质量的要求提高，终端设备的性能以及复杂程度也在提高。最新数字视频编码标准以其更高的压缩效率以及网络亲和性推动着视频解决方案的研究和应用的发展。这些新的发展势必使得移动通信及视频处理系统的复杂度大大提高，对系统的耗电量和体积等做出了更高的要求。嵌入式系统在这个领域的应用推广势在必行。与此同时，由于图像处理过程中数据量比较大，算法复杂度高，因此系统的实时性很难得到保证。如果采用专门的算法芯片来单独构建系统，系统的灵活性又将会大大降低，这就导致嵌入式视频系统的复杂度不断提高，系统规模逐步扩大。研究高效可行、通用性好的嵌入式视频解决方案，迫在眉睫。现在全

收稿日期：2009-10-19；修回日期：2009-11-09

球各大厂商都在研发能够处理多媒体信息的通信业务。多媒体信息编解码方式多种多样，如何在嵌入式系统上有效支持 MPEG-4 的多媒体制式是全球各大厂商的难题之一。基于以上原因，本文对网络技术、通信技术以及多媒体技术中的图像处理、音视频编解码技术在同一嵌入式系统上的集成进行了研究。

微处理器是嵌入式系统的核心，目前国内外著名的处理器厂商纷纷推出各自的嵌入式微处理器。比较具有代表性的包括：TI 公司的单核以及双核处理器系统、SAMSUNG 公司的 ARM 系统、INTEL 公司的 Xscale 系列和 AMD 公司的 X86 系列等。这些微处理器都各具特色，并有着不同的应用场合。DSP 芯片作为主要的数字信号处理工具，具有体积小、可靠性高、易扩展等优点，对于矩阵的运算速度有着较强的优势，在多媒体处理领域应用广泛。但是采用单独的 DSP 芯片来构建系统，系统在事务管理方面缺乏足够的灵活性。ARM 处理器具有接口丰富，便于实现人机交互的特点。为了解决系统性能与可控性之间的冲突，本文采用 ARM+DSP 架构的音视频处理以及通信系统设计方案。高速的 ARM 核具有强大的事务管理功能，可以用来运行界面以及应用程序等，高性能的 DSP 核具有强大的数据处理能力和较高的运行速度，既可以满足高质量的数字音视频编码需求，又可以满足系统可操作性与实时性的需要。

1 多媒体信息处理及通信系统硬件设计

1.1 多媒体信息处理及通信系统的总体设计

为了解决信号处理的复杂度与软硬件复杂度之间的冲突，以及多功能与低功耗方面的矛盾，TI 公司推出了开放式多媒体应用平台(OMAP)。OMAP 是一种片上系统(System on Chip，SOC)，既能高效处理多媒体信号又具有较小的体积及功耗。OMAP 处理器在一片硅片上无缝集成了一个微控制器(Micro Processor Unit，MPU)子系统及一个成像与视频加速器(Imaging Video and Audio accelerator，IVA2.2)音视频加速系统，其中 MPU 子系统包括了一个以 ARM 精简指令处理器为核的子系统及 NEON SIMD 处理器，IVA2.2 音视频加速系统包括了一个 TMS320C64X+系列的数字信号处理器及视频硬件加速模块。

本系统的设计目的是针对高速可移动环境，设计一款低功耗、高集成性的多接口多模式多媒体处理以及通信系统，可在单一系统中完成通信及多媒体处理功能。为了在运输系统等不便提供 220 V 电源的环境下应用，本设计使用了内置锂电池供电并设计了相配套的低功耗结构。该系统选用 OMAP3530 处理器，该处理器集成了 600 MHz 的 ARM Cortex^{TM}-A8 核及 430 MHz 具有高级数字信号处理算法的 DSP 核，提供了丰富的外设接口，可以实时解码数据流，如 MP3 格式的音频流以及 MPEG-4 格式的视频流，同时其所消耗的功率比最好性能的 RISC 处理器还要小很多。该系统在 ARM 端设计了 Linux 操作系统，使用版本为 2.6.28[1]，并构建了针对本系统的完善的底层驱动程序，以及基于本系统的定制应用软件，并移植有成熟的图形化操作系统 Angstrom。

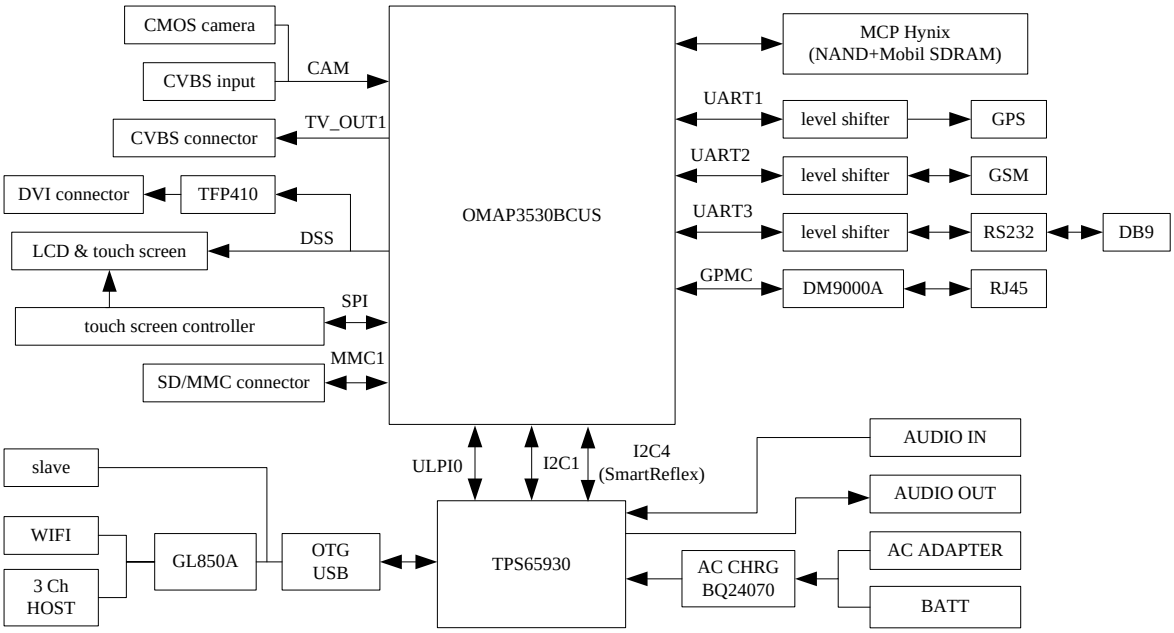


Fig.1 System structure

图1 系统框图

图 1 中多媒体信息处理及通信系统包括 OMAP3530 处理器、存储器、音视频模块、USB 模块、网络模块、

串口模块、GPS 及 GSM 模块，为了适应移动性需求，引入了电源管理模块以及内置了锂电池，充分发挥了功耗控制与存储容量之间的灵活性，也增强了兼容性，使系统更适合于不同环境下的使用。在 OMAP 结构中，RISC 处理器主要用来实现对整个系统的控制，包括运行操作系统、界面控制、网络控制和 DSP 端数据处理的控制。DSP 子系统则主要用来实现各种媒体数据的高效处理，包括文本、音频、视频等。OMAP 的软件结构支持高级操作系统，通过标准应用编程接口(API)支持各种应用开发。独特的 DSP/BIOS 桥技术允许开发者在 RISC 以及 DSP 之间优化分割各项处理任务，简化开发过程[2]。

1.2 系统构成

该系统分为：CPU 以及周边存储器的设计，电源系统的设计，多媒体处理模块的设计，通信模块的设计，触摸及显示系统的设计。

系统主处理器为 OMAP3530，423 针塑料焊球阵列(Plastic Ball Grid Array，S-PBGA-N423CUS)封装。系统的存储设备包含 1 Gb NAND Flash 和 1 Gb mobile DDR，用于存储启动程序、操作系统、用户应用程序等，满足数据处理的需要。

电源是系统最基础的部分,要求稳定可靠,并且提供足够的功率。该系统中主要的电源电压有 5 V,3.3 V,1.8 V，考虑到集成性的要求，本系统采用了使用 TI SmartReflex™ 电源与性能管理技术的电源管理芯片 TPS65930。相对于升级版的 TPS65950，本芯片接口略少，但完全可以满足系统要求，同时成本更低。TPS65930 有大量电源管理转换通道，可高效管理系统的电源与控制，并集成了众多组件，如双通道音频编解码器与驱动器、电池充电器、集成 5 V 电源的高速 USB 收发器以及 I2C(Inter-Integrated Circuit)通信接口等，进一步降低功耗，简化系统。

在一个高集成度的多媒体处理与通信系统中，系统与外围设备的信息交换能力就显得尤为重要。传统方式大多采用地址以及数据总线来完成。但是由于大量多媒体处理器件及对总线资源的大规模占用的限制，如何利用有限的 I/O 接口扩展多功能的外围器件就显得十分必要。I2C 总线是 PHILIPS 公司开发的两线式串行总线，用于连接微控制器及其外围设备，只需串行数据线及串行时钟线来控制总线上器件间的信息传递。I2C 总线最主要的优点是简单性和有效性，减少了电路板的空间和芯片管脚的数量，简化系统结构并降低互联成本。同时其各节点间独立的电气特性可以提供最大的灵活性并方便管理。本系统采用了 I2C 总线控制视频采集芯片 TVP5150 及电源管理芯片[3]。I2C 硬件连接示意见图 2。以视频采集芯片为例，I2C 控制 TVP5150 采集数据,发送给 CAM 总线。由 ISP 模块控制并选择数据输出给缓存。输出部分外接了 DVI 控制器并引出接口，或由 3530 的 TV out 引脚输出 TV 信号[4]。为了方便携带，本系统设计了触摸屏及 LCD 显示屏，使用 7 寸 TFT 真彩触摸屏,并设计了 GPS 和 GSM 通信模块。

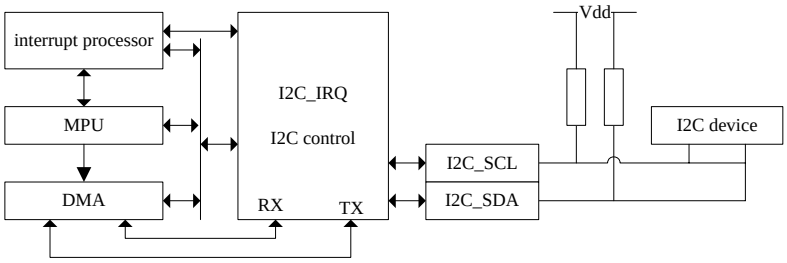


Fig.2 Structure of I2C system hardware
图2 I2C系统硬件框图

1.3 系统硬件设计

在系统硬件制版上，OMAP3530 内部频率可以达到 600 MHz，但是外部总线的频率集中在 100 MHz，所以需要计算高速数字信号的质量，在布线上进行线长控制，保证信号的质量。

在外部的高速数字信号中，SDRAM 的信号对质量的要求最高，要求延迟不能太大，所以在元件的拓扑布局上，CPU 与 SDRAM 的距

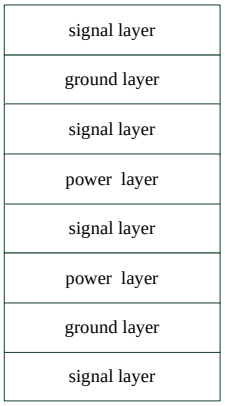


Fig.3 Overlay structure of control system
图3 控制系统叠层设计图

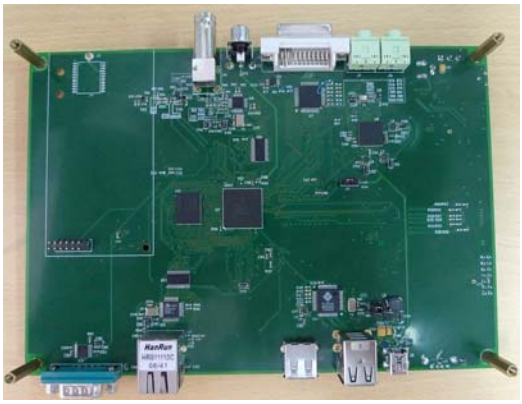


Fig.4 System hardware
图4 控制系统硬件图

离应该尽量短。同时 CDCLK, CLKEN,BE,WE 等信号要求长度尽量一致，以保证信号的同步。

由于本系统高速外设较多，所以走线比较复杂，高速器件间高频信号干扰会产生一些噪声信号，频率较高，易影响系统的信号质量以及画面效果，因此在叠层的设计方面使用多层板工艺。本设计采用 8 层 PCB。这种叠层方式用地和电源分割各个信号层，减少了电磁干扰，稳定了信号和电源。图 3 及图 4 为控制系统叠层设计图以及硬件实物图。

2 Linux 环境下系统软件

2.1 Linux 环境下系统软件架构

OMAP 系列集成了 ARM 与 DSP 双核处理器。ARM 核运行操作系统，负责整个系统设备的初始化、用户图形化界面的运行以及应用程序的运行等；DSP 核运行 DSP/BIOS 系统，负责音视频编解码算法以及其他的图形处理相关算法。嵌入式 Linux 系统从软件角度分为 4 个层次：引导加载程序；Linux 内核，包括定制内核及内核启动参数[5]；文件系统，包括了图形化界面能够运行所必需的 SHELL 界面以及 glibc 或者 uClibc 库等；以及用户应用程序[6]。本系统使用 x-loader 以及 U-Boot 两级引导的模式，使用 Linux2.6.28 作为内核，使用图形化操作系统 Angstrom(GPE)。

2.2 启动系统设计

嵌入式操作系统在上电之后，需要有引导程序将内核镜像文件下载到硬件目标平台。该引导程序是非通用性的与硬件相关的程序，其目的在于关闭看门狗，改变系统时钟，初始化存储寄存器，将更多的代码(比如内核镜像文件)下载到系统中。引导程序在操作系统执行后就退出运行，将控制权交给操作系统。

考虑到本系统的硬件复杂程序，导致引导程序中的硬件初始化部分会占到很大空间，很难将 U-Boot 放到系统的内部 RAM 之中执行,所以本系统中设计了一个使用较小的 x-loader 搭配较大的 U-Boot 的启动方案。U-Boot，全称 Universal Boot Loader，是遵循 GPL 条款的开放源码项目，其源码目录、编译形式与 Linux 内核很相似，在一些设备的驱动程序上，不少 U-Boot 源码就是相应的 Linux 内核源程序的简化。

OMAP3530 内部 RAM 大小为 64 K。当 OMAP3530 上电后，会从 NAND Flash 或者 MMC 中读取 x-loader 到内部的 RAM；然后执行 x-loader，x-loader 执行初始化 memory controller，初始化外部的 RAM 控制器，把 U-Boot 从 NAND 或者 MMC 中读出到外部 RAM，然后跳到 U-Boot 的入口处，最后把控制权交给 U-Boot。

本系统的引导程序需要满足 2 方面要求：a) 在开发过程中，为了方便调试使用，需要设计一个通过网口使用 TFTP 下载的模式；b) 在实际应用中，每次更换操作系统都需要通过网络下载或者重新烧写 NANDFLASH 就显得费时费力了，所以本系统设计了 SD 卡启动模式，只需更换 SD 卡就可以更换不同操作系统。

系统启动流程见图 5，当 CPU 上电后，需要从地址 0x00000000 中取出第一条指令，在嵌入式开发板中，需要将存储器件映射到这个地址。本系统中将 SD 卡的 0 地址映射到此，将 x-loader 存放在此处。CPU 上电就可以从 SD 卡取得 x-loader 程序，下载到内部 RAM 中执行。x-loader 负责简单初始化，并把 U-Boot 从 MMC 中读到外部 RAM，并跳转至入口开始执行。U-Boot 初始化系统硬件设备，建立内存空间映射图，使系统的软硬件为内核启动做好准备。本系统在 U-Boot 里面根据目标板建立自己的配置文件，配置相应的启动顺序，添加所用嵌入式板级以及硬件的驱动程序。需要注意，U-Boot 与内核是一一对应的，包括 machine number 等信息必须一致。同时内核编译时也需要通过环境变量来指定使用 U-Boot 生成的 imkimage 工具。

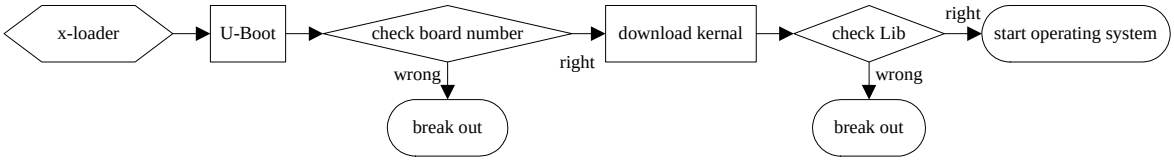


Fig.5 System start process
图5 系统启动流程

2.3 操作系统设计

系统使用 OMAP3530 与周边芯片的搭配来提供丰富的功能，使得一个嵌入式系统可以同时完成更多的控制功能。系统功能越来越多的同时，为了便于统一管理系统资源，为用户提供简单的硬件访问接口，调度多个应用程序，管理文件系统，操作系统的使用是十分必要的。同时，为了满足不同使用习惯的用户需求，本设计考虑采

用多种操作系统支持，包括 Linux 操作系统(目前使用版本为 2.6.28)、Wince(目前使用 6.0 系统)以及 Android 手机平台。

3　Linux 下驱动程序设计

驱动程序是操作系统对硬件访问的抽象层。Linux 下的设备驱动包括 3 种类型：字符设备、块设备、网络设备[6]。由于 OMAP3530 外设极其丰富，所以开发层次也比较多。为了方便设计，本系统从整体上把系统抽象成 3 层：第 1 层是控制层，即可视为独立的芯片的集成，包括 ARM,DSP,3D 加速等；第 2 层是 memory 层，包括了数据的存放、寄存器、管脚复用的配置等；第 3 层为外设层，包括了系统所需要用到的外设，比如串口、网口、音视频接口。3 层独立开发，在开发某一层时可以认为其他层不可见。比如在开发控制层时可以认为外设层只是提供数据通道。为适应开发的复杂性，本系统开发方法采用自上而下与自下而上相结合：首先从上至下宏观地把握从 ARM 控制核到外设的控制通道的配置，包括寄存器、时钟、内存空间分配、管脚复用等，避免系统内部内存空间冲突或者管脚冲突；其次需要自下而上从外设开始调试驱动，上传数据，逐级调通数据通路。

3.1 I2C 总线驱动设计

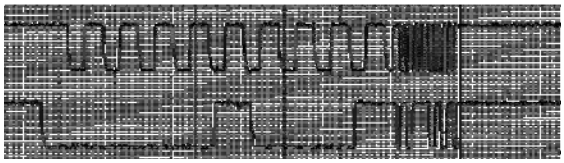
I2C 总线是一种两线式串行总线，只需要串行数据线以及串行时钟线来控制信息传递。I2C 设备并联在总线上，每个设备模块都有唯一的地址，保持互相独立，可以分别高效快速传输数据。在信息传递过程中，每个模块根据配置状态可以做主控器或者被控器，接收器或者发送器。I2C 外围设备可以支持任何主或者从 I2C 兼容设备。为了让各个模块清晰地完成各个部分的功能，Linux 下面的 I2C 驱动采用了包括了 3 个层次的体系结构：

a) I2C-core：总线设备驱动提供统一的接口。

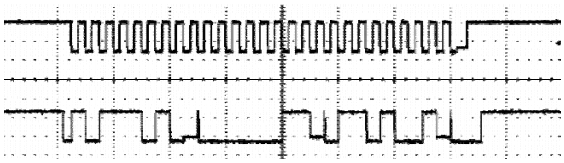
b) I2C 总线驱动 Adapter：Adapter 层代表 I2C 总线驱动，即为 I2C 适配器驱动，为每个 I2C 总线增加了相应的读写方法，但是不负责进行通信。包含了数据结构 Adapter 以及 algorithm，提供了总线控制器以及使用总线进行数据传输的函数。

c) I2C 设备驱动 Client：Client 层代表挂载在 I2C 总线上的设备驱动，负责完成驱动挂在 I2C 总线的具体设备通信。设备驱动可忽略不同总线控制器差异，不考虑细节与硬件设备通信，包括数据结构 Driver 以及 Client，用来表示设备驱动以及具体设备的相关硬件信息。

在 OMAP3530 中存在 4 个 I2C 总线，为了便于走线，使 I2C 总线 1 同时连接电源管理芯片以及 TVP5150。TPS65930 作为高效高速的电源管理芯片，最佳 I2C 速度可以达到 1 MHz 以上。但 TVP5150 只能支持到 400 kbit/s 的速率。若初始化 TVP5150 时修改 I2C 速率，会导致时钟初始化混乱以至于 TVP5150 不能正常工作。图 6 为对 I2C 总线以及速率的抓图分析，图 6(a)表示配置为 1.3 Mbit/s 时系统 I2C 总线的访问，图 6(b)表示当配置为 100 kbit/s 时系统 I2C 总线的访问。图 6(a)和(b)中上面的线为 I2C 速率，下面的线为对 I2C 总线的管脚测量。系统访问地址为 I2C 总线 1 的 5B 地址。可以看出，系统在 1.3 Mbit/s 时，当发送 5B 地址时系统容易产生时钟波动导致系统紊乱；当 100 kbit/s 时系统稳定，但是代价是系统响应较其他系统减慢。针对程序进行分析，发现在每次初始化设备驱动并发送数据时，系统针对需要写入的地址完成扫描所有 I2C 总线后才建立链接。针对这一情况，修改程序，在结构体中添加 ID 项，在第一次初始化时扫描所有 I2C 总线并在 ID 项中注册，此后每次访问 I2C 设备，只需要指定 ID 即可直接访问正确的总线，节省了设备初始化的时间，改善了系统效率。在满足系统稳定正常工作的要求同时，将初始化时间上的差异控制在产品可接受范围内。



(a)



(b)

Fig.6 Communication in I2C system
图6 I2C系统通信图

3.2 DSPLINK 设计

DSPLINK 设计目的是为调用 DSP/BIOS 来完成 ARM 以及 DSP 端的通信。本系统中 DSPLINK 从应用层抽象出 ARM 与 DSP 的物理连接特性，从而降低开发程序的复杂度，提供高可靠性的通信服务。本系统设计的 DSPLINK 提供了基本的处理器控制，基于逻辑通道的数据传输，以及基于 DSP/BIOS 的不同物理机制的消息传递机制，使

得系统内部通信方便，ARM 端可以便捷地调用 DSP 端的资源，提供稳定的编解码工作。

4 实验与分析

经过实验验证，本系统可以在 5 V 电压下正常工作，开机时间约为 15 s，完整登录系统需要 1 min，开机后可分别采用 Angstrom,wince,Andriod 操作系统正常工作，更换系统只需要更换 SD 卡即可，更加便捷。系统采集回放以及编解码工作正常，效率较高。图 7 为系统在执行 480P 的 MPEG4 解码时的性能参数图，可以看出 ARM 使用率为 14%，而 DSP 使用率为 93%，Video fps 为 42 fps。可以看出，系统充分利用了 DSP 编解码速度快的优点，调用了绝大部分 DSP 资源，并释放了操作系统的资源，充分发挥了 OMAP 开放式的多媒体应用平台的优点。

```
Decode demo ARM Load: 14% DSP Load: 93%
Display Type: 480P Video Codec: MPEG4 SP
 Video fps: 42 fps Video bit rate: 4840 kbps
Video resolution: 720x480 Sound cod
ec: AAC Sound bit rate: 63 kbps Sampling
freq: 48 KHz samp rate Time: 00:00:32

Decode demo ARM Load: 19% DSP Load: 92%
Display Type: 480P Video Codec: MPEG4 SP
 Video fps: 45 fps Video bit rate: 3735 kbps
Video resolution: 720x480 Sound cod
ec: AAC Sound bit rate: 66 kbps Sampling
freq: 48 KHz samp rate Time: 00:00:34
```

Fig.7 Encoding and decoding parameters
图7 系统编解码参数图

5 结论

为了能够在移动环境中达到高清多媒体处理以及通信的目的，本文使用 OMAP3530 设计了集成多媒体处理平台。本系统开发了基于本平台的 I2C 总线驱动及 V4L2 多媒体处理驱动，并成功构建了 DSPLINK 来辅助 ARM 与 DSP 的通信，系统应用场合灵活，操作系统多样，编解码效率较高。本文所使用的算法均是在嵌入式系统上实现的，并以 Linux+Angstrom 作为软件框架进行开发。系统灵活性较高，扩展性很好，支持二次开发，并完全可以满足当前移动式高清多媒体平台的需要。

参考文献：

[1] Daniel Vovet,Marco Cesati. Understanding the Linux kernel[M].2nd ed. Sebastopol,CA:O'REILLIY Media Inc, 2003.
[2] Texas Instruments. OMAP35x Applications Processor Texas Instruments OMAP3 Family of Products Technical Reference Manual[Z]. 2008.
[3] Texas Instruments. OMAP35x Applications Processor Camera Interface Subsystem(ISP) Technical Reference Manual[Z]. 2008.
[4] 周立功. ARM 微处理器基础与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003.
[5] O'Reilly. Linux Device Drivers[M]. 北京:中国电力出版社, 2007.
[6] 张念祖,余晨,杨广琦. 嵌入式实时操作系统在 MIMO 无线通信中的应用[J]. 信息与电子工程, 2006,4(6):401-405.

作者简介：

李文婷(1985-)，女，北京市人，在读硕士研究生，主要研究方向为嵌入式数据处理系统以及多媒体系统.email:win_lwt@hotmail.com.

林 岩(1955-)，男，北京市人，教授，博士生导师，主要研究方向为鲁棒自适应控制理论.