

# 数字电视机顶盒的以太网接入设计与实现

王唯贤

(河南财经政法大学 文化传播学院, 郑州 450000)

**摘要:** 为了满足家庭用户对于交互式多媒体数字电视业务的需求, 设计与实现了在数字电视机顶盒上接入以太网的功能; 硬件设计部分以嵌入式高速以太网接口芯片 DM9000A 为核心, 在数字电视机顶盒硬件平台上从外围电路连接、地址空间等方面进行了设计研究; 软件设计部分包括软件流程、DM9000A 驱动程序的实现、LwIP 协议接口设计以及应用层软件的设计。提出了系统测试方案, 通过对整个数字电视机顶盒以太网接入系统功能测试结果表明, UDP 传输速度可以达到 20Mbps 左右, 接口时序的正确性达到 90% 以上, 系统的性能稳定性强, 达到了设计要求, 整个系统的运行效果理想, 应用前景广泛。

**关键词:** 交互电视; 机顶盒; 以太网接入; 系统集成

## Digital TV Set—Top Box Design and Implementation of Ethernet Access

Wang Weixian

(School of Culture and Communication, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** In order to meet home users for interactive multimedia digital TV business requirements, design and realize the access of the digital television set—top boxes to the Ethernet functionality. Hardware design of embedded high—speed Ethernet interface chip DM9000A as the core, in the digital TV set—top box hardware platforms from a peripheral circuit connection, the address space and other aspects of design studies; software design, including software processes, DM9000A driver implementation, LwIP design, and application layer protocol interface software design. Proposed system testing program, through the entire digital TV STB Ethernet access system function test results show that UDP transmission speed can reach about 20 MBPS, the correctness of the interface timing of 90% or more, the performance of the system stability is strong, has reached the design requirements, the running effect of the whole system ideal, broad prospect of application.

**Keywords:** interactive television; STB; Ethernet access; system integration

### 0 引言

交互式电视是利用互联网络协议向家庭用户提供包括数字电视在内的多种交互式数字媒体服务的一种技术。以太网的接入方式是借助电视机顶盒, 接入之后, 可以实现对信号的解码, 并把解码后的内容呈现出来, 这些内容有高质量的电视节目, 视频点播内容、网上浏览、电子邮件、游戏等<sup>[1]</sup>。要实现数字电视机顶盒的以太网接入, 也就是实现嵌入式系统与以太网的结合, 嵌入式以太网通信技术实际上就是把嵌入式系统融入到以太网中, 在以太网的基础上嵌入以太网网络通信协议, 实现接口的对应接入。以太网接入考虑到系统兼容性、产品成本等因素, 系统方案采用嵌入式微处理器与网络接口控制器结合的实现方案。其中嵌入式微处理器采用北京海尔集成电路设计公司 Hi2016 芯片, 而接口控制器从方便快速的角度考虑选用了 DAVICOM 公司的 Non-PCI 系列的一款 DM9000A 控制芯片。

### 1 系统设计方案

如图 1 所示以太网接入设计方案是在嵌入式数字电视机顶盒硬件平台上实现的, 该方案以微处理器 Hi2016 为核心, 外围电路包括高频头、SDRAM、Flash Memory、音视频处理电路、通信接口等; 多媒体互联网数据通过自适应网络转换器后

与以太网控制芯片 DM9000A 链接, DM9000A 提供的双向数据总线与 Hi2016 进行数据传输, 嵌入式处理器在对多媒体信息解码后呈现在电视机上, 而 EEPROM 则存放系统所需的物流地址、产品信息等。

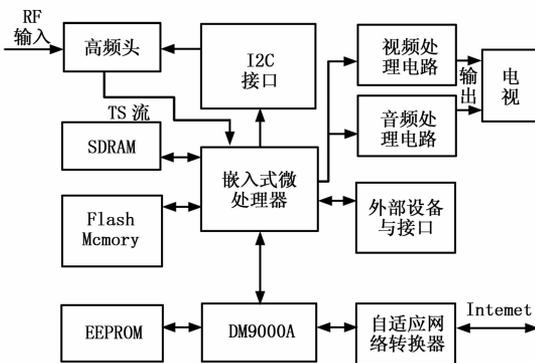


图 1 系统结构设计

### 2 系统硬件设计

#### 2.1 数字电视机顶盒硬件平台

Hi2016 是北京海尔集成电路设计有限公司开发的针对机顶盒的多媒体解码芯片, 该芯片为 QFP160 封装, 工作频率可达到 108M, 且有成本低、功耗低、系统集成度高等特点, 芯片内部集成了 MPEG 解码器、8 位控制器、电视模拟接口等功能<sup>[2]</sup>。在数字电视机顶盒硬件电路中, 采用 Flash 存储器存

收稿日期: 2014-02-13; 修回日期: 2014-03-23。

作者简介: 王唯贤 (1970-), 女, 湖南湘潭人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事数据库方向的研究。

储系统引导程序和工作软件。其硬件电路如图 2 所示。

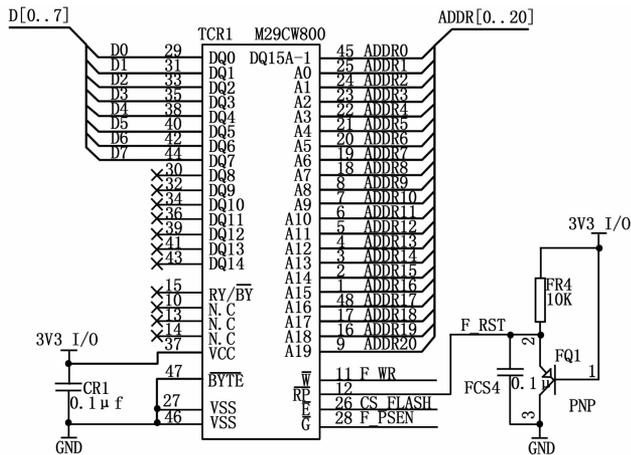


图 2 Flash 存储电路

数字机顶盒主芯片 Hi2016 由大量的外围接口组成，这些外围接口为系统组合提供了很大的便利，外围接口不仅可以连接电子集成驱动器接口设备 IDE，而且也对外接硬盘提供有效支持，并且可以借此连接以太网控制器，从而使以太网 Ethernet 接入系统。

外围的音频视频电路可以对数字机顶盒主芯片 Hi2016 做一些基本的处理，如：滤波过滤、信号放大等，从而将视频电视画面、声音呈现给用户。

### 2.2 基于 DM9000A 的以太网接入硬件电路

基于 DM9000A 的嵌入式以太网接入硬件连接电图如图 3 所示，其中的 SD0~SD15 是 16 位的数据线，它是与数字机顶盒处理芯片上面的接口一一对应的数据连接线。在对寄存器进行读操作或写操作时，CMD 信号线决定了 DM9000A 的 INDEX 端口和 DATA 端口的选择。控制寄存器和状态寄存器的读写都是通过 INDEX 端口和 DATA 端口来实现的，在实际应用中，CMD 与微处理器 Hi2016 的地址引脚相连，因此，DATA 端口地址为 0x7FC00008。

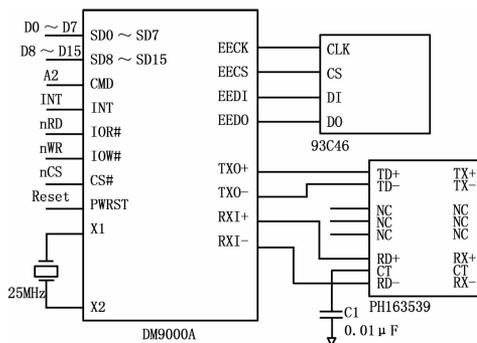


图 3 DM9000A 硬件电路

INT 是中断请求信号，对高电平效果很好，中断信号会起作用的前提是 DM9000A 接收或传送完一个数据包时。

IOR# 表示读控制信号线，IOW# 表示写控制信号线，CS# 表示片选控制信号线。这 3 类信号线均对低电平有效。并与 Hi2016 上的端口引脚相连，这种连接方式由匹配电阻来完成。

DM9000A 芯片的复位信号是 PWRST，PWRST 对低电平

有效，复位电平至少持续 20 ms，通过 Hi2016 上的复位信号 RST# 控制。

选用的 EEPROM 芯片是 93C46 系列芯片，DM9000A 芯片端口有 EEDO、EEDI、EECK、EECS 4 个端口构成，这 4 个端口分别连接 93C46 的 4 个引脚，对应连接引脚是 DO、DI、CLK、CS，EECS 有两种方式连接，在选用 8 位方式连接高电平时，在选择 16 位方式连接时需要悬空。

PH163539 芯片用于自适应以太网网络转换器，PH163539 芯片使用 +2.5V 的电源供电，DM9000A 芯片端口 TXO+、TXO-、RXI+、RXI- 分别与 PH163539 芯片的 TD+、TD-、RD+、RD- 连接。RJ45 是以太网网线接口。

## 3 软件设计

### 3.1 软件设计方案

在将以太网硬件电路接入到数字电视机顶盒的硬件平台后，要实现以太网的接入功能就需要完成驱动程序的设计工作，设计的核心是 LwIP 协议栈和以太网应用程序。LwIP 协议栈的移植主要包括协议栈和实时操作系统之间的接口操作以及涉及协议栈和驱动的操作。

### 3.2 以太网驱动程序

以太网控制芯片的驱动程序设计流程如图 4 所示，其中信号量和任务的创建在这里是用来测试中断调用任务函数运行的情况，比如运行时间等，经过 LwIP 协议栈移植后的代码将会到协议栈和驱动接口部分去执行。

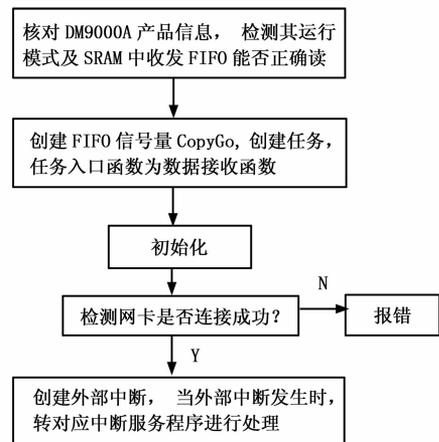


图 4 以太网驱动程序设计流程

数据接收模块的程序流程图如下图 5 所示，接收数据过程中，首先要查看 RX FIFO 里，有没有数据，有的话就转入内存接收，并读取有效的数据。

接收数据的流程在上图 5 中已做说明，发送数据完成的标志可以从两方面来考量，第一是 TCR 是否归 0，第二可以由中断寄存器 ISRael 的 bit1 来衡量。

### 3.3 LwIP 协议接口设计

针对数字电视电视机顶盒硬件平台的操作系统部分和驱动部分需要协议栈的移植来完成，为了增加兼容性，LwIP 协议栈没有给出一个具体的操作代码，而是给出了一个虚拟层，用户可以根据自己的需要进行植入。

操作系统虚拟层为了增加用户的方便性与可操作性，提供

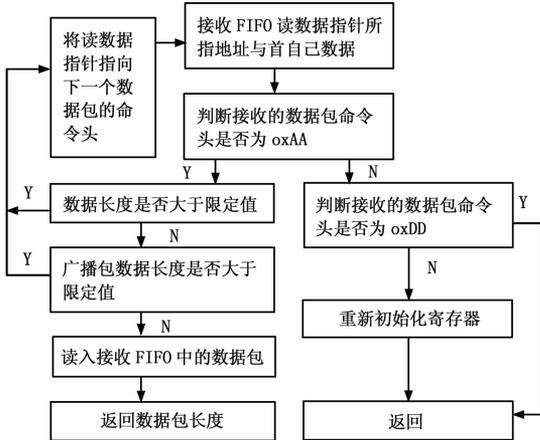


图 5 以太网数据接收流程

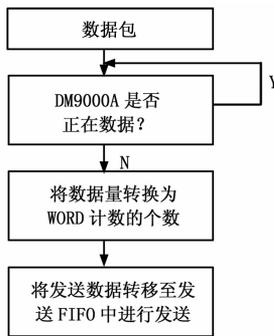


图 6 以太网数据发送流程



图 7 系统测试环境

表 1 实验方案

序号	测试指标	方法
1	接口时序的可靠性	读写接口芯片不同寄存器,判断读写数据是否一致
2	数据发送的正确性	直接发送一个数据包,在 PC 上接收,判断数据是否正确
3	数据接收的正确性	上述方法的逆过程
4	目标可达性	Ping 命令,查看是否超时
5	UDP、TCP 协议验证	在机顶盒和 PC 端运行编写的程序,查看通信状况
6	底层驱动传输速度	向 PC 端持续发送数据包,通过调试软件获取传输速度。
7	UDP 协议传输速度	机顶盒和 PC 端下载应用程序,通过 PC 端调节发送数据的速度,查看机顶盒端能否正常接收并重启应用程序

数据包稳定性较好,通过调节 PC 端发送程序发送数据的速率,吞吐速度越来越高,越来越接近最大吞吐速度,本文系统测试结果表明:UDP 传输速度可以达到 20 Mbps 左右,接口时序的正确性达到 90% 以上,整个系统的功能正常、性能稳定,传输速度达到要求,实现了基于数字电视机顶盒硬件平台的以太网接入。

### 5 结语

随着数字多媒体电视与宽带互联网联系越来越紧密,有线电视数字业务量也会持续增长,数字电视机顶盒作为有线电视推广平台的平台,以及覆盖了绝大多数家庭,有线电视与宽带网络的融合已经成为信息技术发展的趋势,将以太网接入到数字电视机顶盒平台中,使用户不仅能观看到下行的数字电视节目,还可以实现用户与宽带互联网的相互通信,扩展 VOD 视频点播、浏览器等多媒体交互功能的应用具有较高的实用价值。

### 参考文献:

[1] 刘 武. 数字电视机顶盒结构原理核心技术及其应用 [J]. 有线电视技术, 2005, (24): 53-57.  
 [2] 郭 皓, 王瑞胡, 杨 君. CATV 机顶盒设计的原理与实现 [J]. 电子工程师, 2003, 29 (1): 25-27.  
 [3] 白 雪, 刘 学, 邱春玲. UDP 内网穿透技术在网络实验室系统中的应用 [J]. 科技通报, 2013, 9: 77-80.  
 [4] 陈斯平. 基于嵌入式系统的协议栈的研究与设计 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.  
 [5] 樊 勇. 基于 TCP/IP 协议的嵌入式网络接入技术的研究与应用 [D]. 包头: 包头钢铁学院, 2003.

统一的接口定时器、进程相互同步和消息传递机制等系统服务机制<sup>[3-5]</sup>。操作系统虚拟层需要为邮箱和 LwIP 提供信号量提供通信接口。本系统用的信号量有两种:计数信号量和二值信号量。在运行进程时需要加载的文件有 perf.h、main.h、sys\_arch.c、sys\_arch.h 等。与硬件平台相关的环境变量要提前声明,声明代码要放在头文件中。

### 3.4 应用层软件设计

在网络应用层软件设计时,考虑通过网络接口的方式下载应用程序,在下载时,数字机顶盒首先运行 UDP 服务器端程序,这个程序能打开一个指定的端口用于下载,打开后在同一个网段运行随便一台 UDP 客户机,从主机上读取二进制程序,读取之后向服务端指定的窗口转发过去,机顶盒收到之后,存放到内存区,并设置一个指针指向其物理地址。PC 端程序使用了 Visual C++6.0 下的控制台程序,调用 windows 套接字接口 Winsock API 完成。

### 4 实验与分析

在完成硬件与软件的设计后,要对整个系统进行联调测试,需要用到包括实时抓包软件、仿真器的软件跟踪调试、PC 机串口助手软件等在内的工具,测试环境如图 7 所示。

数字电视机顶盒的以太网接入系统的实验方案如表 1 所示。

通过本文系统测试,数字机顶盒的以太网接入模块收、发