文章编号：1671-1742(2004)03-0354-05

基于前/后台系统的嵌入式VoIP电话终端的设计与实现

郭小峰，　廖建明
（电子科技大学计算机科学与工程学院，四川 成都 610054）

摘要：根据实际从事项目开发过程，提出了一种高性价比的VoIP电话终端设计方案，并从系统设计、硬件设计和软件设计3个方面做了较深入的剖析。该系统采用双处理器结构，与8051指令兼容的8位控制器以及与ADSP2181指令兼容的语音运算DSP处理器，向外提供Ethernet、键盘、LCD等接口，该方案软件上采用嵌入式常用的前/后台系统。

关　键　词：VoIP；电话终端；嵌入式；前/后台系统
中图分类号：TP311.52　　**文献标识码**：A

1　引言

近年来，VoIP及其应用技术日渐成熟，在全球范围内获得了高速发展，已经成为影响下一代网络（NGN）的一个主要因素。VoIP主要有H.323和SIP两大系列标准，所述VoIP电话终端基于H.323标准。基于H.323的VoIP系统主要由终端（Terminal）、网关（Gate Way）、网守（GateKeeper）和多点控制单元（MCUs）等4个组成部分构成，完成实时语音、视频和数据的通信服务。

随着宽带接入网的发展和住宅局域网的普及，市场上已出现了多种类型的VoIP电话终端，其接入方式也有区别。其中具有USB接口的VoIP电话终端应用较普遍，但该种类型终端必须配合电脑一起使用，给用户的使用带来了一些不便。采用直接接入Internet，提供Ethernet接口的VoIP电话终端是一种完全独立的VoIP设备。由于终端在系统中处于重要地位且数量众多，所占费用比重较高，其生产制造成本就显得很重要。通过对VoIP电话终端的分析，提出一种高性价比的VoIP终端解决方案。

2　系统功能需求

本系统的总体设计目标是开发低成本、高性能、易于使用、采用Ethernet RJ-45接口的专用VoIP电话终端。支持H.323协议体系，实现H.323协议所规定的以下基本功能：支持H.225.0 RAS协议，完成与网守（Gatekeeper）之间的注册、登录、身份验证等功能；支持H.225.0的呼叫信令功能，直接或通过网守完成与对方的呼叫建立；支持H.245控制信令，完成能力集交换和逻辑信道的建立等；支持RTP和RTCP协议以传送音视频数据包；支持G.711、G.723和G.729音频编解码协议；支持H.450部分协议，如快速建立程序等。

为了使用方便该终端还需支持以下功能：普通电话机功能；支持DHCP和PPP协议；支持自动应答和语音留言，可录制应答音；支持重拨、回拨和缩位拨号；支持电话薄功能，号码记录功能（已拨号码、已接号码、未接号码）；LCD显示功能；多种配置/查询功能（LCD菜单按键、WEB远程、Telnet配置/查询）；支持远程升级等。

3　硬件结构设计

3.1　硬件设计方案

VoIP电话终端不仅要对键盘、网络数据进行处理；还要完成声音采集和语音处理等工作。在设计中应保证

收稿日期：2003-12-23

所有必要的外围接口芯片采用通用器件,以保证总体成本低廉。可采用以下设计方案:

(1)采用 8 位处理器进行系统控制和处理外围工作,包括协议处理(TCP/IP、H.323 等)、键盘处理和显示等。(2)采用 DSP 进行语音编解码运算。(3)采用 SDRAM 暂存和交换数据。(4)使用 FLASH 存储器作为程序和初始数据的存储区。(5)提供语音处理芯片 AC97 接口,利用 AC97 完成听筒和免提的声音采集与播放。(6)提供其它接口,如以太网接口、键盘接口、LCD 接口和可编程 I/O 接口等。

3.2 基于 PA1688 芯片的 VoIP 电话终端的硬件结构

PA1688 是 PalmMicro 公司专门为 VoIP 电话终端设计的 SOC(System On Chip)解决方案。其成本低,性能高。片内集成了控制器、数字信号处理器以及其他必要的接口电路。在基于 PA1688 芯片的 VoIP 电话终端的硬件结构中,大量使用了现有 PC 工业中普通使用的技术和芯片,保证所有的外围接口芯片都有充分供应且价格低廉。其硬件总体结构如图 1 所示。

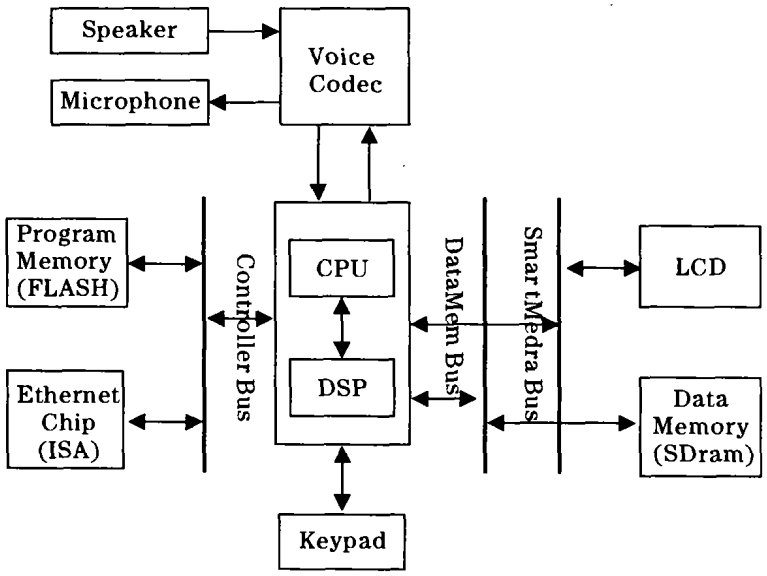

图 1　硬件总体结构

3.2.1 控制器(MCU)部分

采用 8 位高性能处理器进行系统控制和处理外围工作,它与 Intel MCS8051 完全兼容。PA1688 芯片一条指令的运行时种为 4－8 个时钟周期(平均 6 个时钟周期),其最高运行速度为 50MHz,数据总线为 8 位,提供 256 字节的内部数据存储器(Data RAM)。

3.2.2 数字信号处理器(DSP)部分

PA1688 片内集成的 DSP 是一个与 ADSP2181 指令集兼容的数字信号处理器,主要完成语音和图像编解码的运算功能。DSP 的执行完全受 MCU 的控制。DSP 的总线结构和 MCU 不同,它有专门的程序空间(PM)和数据空间(DMX 和 DMY)。DSP 对 SDRAMA 的访问需要使用 PM Exchange Buffer 和 DMX Exchange Buffer 缓冲区,当 DSP 与 SDRAM 之间进行程序或数据操作时,系统先将数据读入上述缓冲区,然后再由 DSP 从缓冲区取得。

3.2.3 Controller 总线、DataMem 总线和 SmartMedia 总线

系统采用当今嵌入式系统通常采用的三组总线结构。通过 Controller 总线实现对外围设备(如 PFlash、网卡等)的控制和通信;通过 DataMem 总线来扩展系统内存;通过 SmartMedia 总线提供 SmartMedia(智能媒体)插槽接口,接入可抹写功能的 IC 记忆卡。在本系统中用于连接 LCD。作为升级功能,将来也可接入数码相机、DataFlash 等 SmartMedia 设备。

3.2.4 程序 Flash 和 SDRAM 存储器

PA1688 芯片集成了程序 Flash 接口,可以与数据总线宽度为 8 bits 的 Program Flash 连接。MCU 在运行程序的时候,每次从 PFlash 中取一条指令并执行。PFlash 是程序和初始设置数据的存贮区,其功能相当于 ROM。

PFlash 由若干的 sector 组成,删除和编程写入操作都是以一个完整的 sector 进行,而不是对整个 PFlash。

由于 PA1688 片内的存储器空间小,大量的数据都是通过 SDRAM 暂时存放和交换。包括 DSP 程序和数据、声音数据、话机配置参数、TCP 备份数据、文件系统、IVR 数据、铃声数据、语音缓冲区以及语音留言数据。

3.2.5 AC97 CODEC

AC97 主要是完成听筒和免提的声音采集和播放。芯片采用 8KHz 采样、48KHz 放音。收到的数据经解码后得的语音信号为 8KHz,再通过数字滤波器变换,生成 48KHz 的语音信号。语音数据的交换是通过数据交换中枢 SDRAM 实现的。

发送语音(编码):在 MCU 的控制下,首先将采集到的语音数据先放到 SDRAM 的语音缓冲区中。DSP 从 SDRAM 中取得语音数据进行编码,然后将编码结果放回 SDRAM 中。MCU 从 SDRAM 中将编码结果读出,加上包头,如:RTP、UDP、IP、MAC,打包发出。

接收语音(解码):对从网络上接收的数据包,首先在 MCU 中分析 MAC 头、IP 头、UDP 头、RTP 头的数据。将拆分完头部后剩下的语音数据放到 SDRAM 的远端数据缓冲区中,然后由 DSP 从 SDRAM 中取数据进行语音算法的解码,并将解码结果放回 SDRAM 的播放语音缓冲区。由 MCU 控制直接从播放语音缓冲区中取数据,送到 AC97 进行播放。

3.2.6 *以太网接口和键盘接口*

系统中使用 10M 以太网芯片 RTL8019AS,提供以太网 RJ45 接口。RTL8019AS 提供了 ISA 接口,因此可以通过 Controller 总线与 PA1688 连接。

系统使用专门的 Keypad I/O 接口实现话机键盘的输入。它有 7 个 Pin,组成一个 3×4 的阵列构成话机的数字键,再通过可编程 I/O 接口进行扩展,组成 4×7 的阵列,扩展话机上的一些功能键。

4 软件结构设计

4.1 软件设计方案

该 IP 电话终端是一个嵌入式实时系统,为了降低成本在硬件上采用 C51 Core 芯片作为系统控制器。由于该芯片的性能相对较低,因此在软件上不能采用通用的嵌入式 OS,而是采用嵌入式系统常用的另外一种方案前/后台(Foreground/Background)系统,其结构如图 2 所示。这种系统的应用程序是一个无限循环,在循环中调用各个模块完成各自功能。这部分即为后台(backround),也叫任务级。其前台为中断级处理,由中断服务程序组成,处理时间相关性很强的各种中断,可允许中断嵌套。

在本系统中前台处理各种中断,包括对声卡中断、网卡中断、键盘中断、DSP 中断、定时器中断等中断服务程序的处理。后台进行各种任务处理,包括网络协议处理、DSP 语音数据处理、键盘输入处理等。

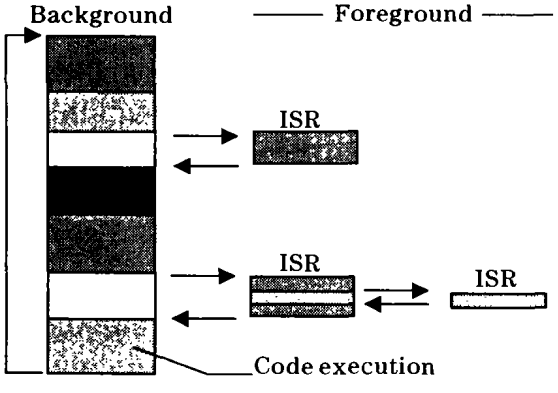

图 2 软件结构

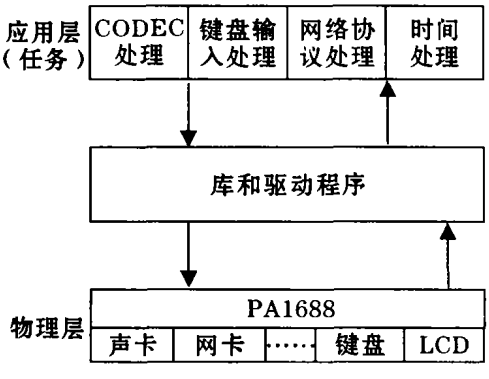

图 3 软件层次结构

4.2 基于 PA1688 芯片的 IP 电话终端的软件层次结构

该系统采用分层软件结构(见图 3):物理层、中间层、应用层。物理层包括 PA1688 芯片及其外围接口芯片

(AC97 声卡、NE2000 兼容网卡、键盘、LCD 等)。中间层包括一些库和驱动程序,为应用层屏蔽硬件的实现和提供方便的接口。应用层包括 CODEC 处理、键盘输入处理、网络协议处理、时间处理等模块。

CODEC 模块中包括声音的采集和播放、支持 G.711、G.723.1 以及 G.729 的语音编码和语音解码三大部分。键盘处理部分包括拨号处理、LCD 菜单处理(包括参数查询/设置等)、快捷键功能处理等。网络协议处理部分包括 TCP/IP 协议族的处理、TELNET 配置处理、WEB 配置处理、远程 FTP 升级处理等。时间处理包括超时处理、定时处理以及用户的其他应用程序的时间处理等。

4.3 基于 PA1688 芯片的 IP 电话终端的软件流程

4.3.1 软件启动过程

在 PFlash 中不仅存放有程序,还存放系统的初始设置数据、必要的语音数据、DSP 运行所需要的 CODEC 代码;并且也用于保存用户设置的各种参数和语音。而 PFlash 在系统运行过程中是只读的且速度慢,所以将 SDRAM 作为数据和 CODEC 代码的暂存区和交换区。在系统运行之间需将这些数据从 PFlash 下载到 SDRAM 中,运行时从 SDRAM 中读入片内 RAM,运行结束后将其写入 PFlash。其启动过程如图 4 所示。

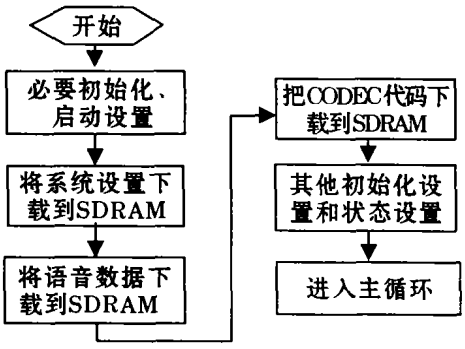

图 4　软件启动过程

4.3.2 软件主流程和软件中断处理

当软件系统完成初始化设置、中断设置、状态设置和系统参数设置之后,就进入系统主流程。这部分相当于前/后台系统的后台部分。该部分程序被设计成一个 while(1)循环,由语音数据处理模块、键盘输入处理模块和网络协议处理模块组成。每个模块包含一些小的模块,当需要添加新任务时,可在主循环内或模块内添加。软件主流程如图 5 所示。

系统是由中断事件(声卡中断、DSP 中断、网络中断、键盘中断、Timer 中断)驱动的,整个系统被划分为 2 个中断处理,其中一个处理 Timer 中断;另一个处理其他外部中断事件,当有外部中断事件发生时,控制器读取中断状态控制寄存器并确定是哪个事件,然后执行相应的中断服务程序(ISR),然后返回。中断处理过程如图 6 所示。

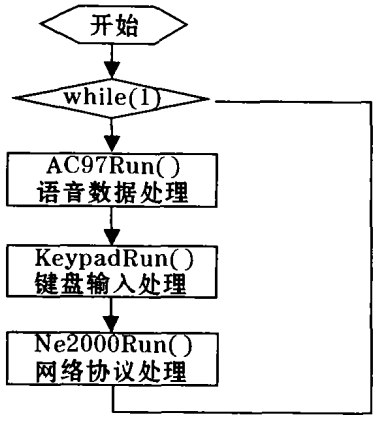

图 5　软件主流程

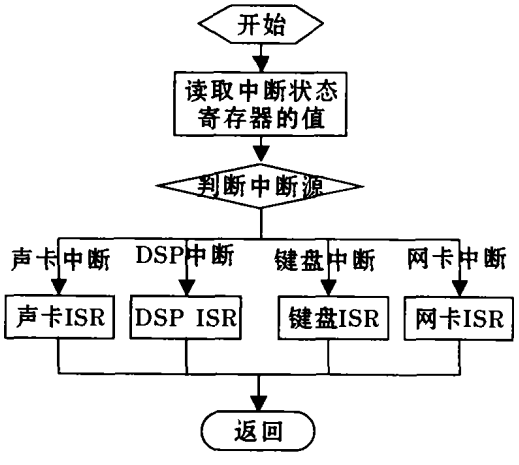

图 6　中断处理过程

中断服务程序(ISR)只进行简单的控制处理和数据处理,然后置位相应的公共变量。将复杂处理交给应用程序处理以降低中断执行时间,提高系统性能。

在后台运行的主循环对各个模块进行轮询处理,即对各个模块的公共变量进行查询。当发现有置位时就对这些模块进行处理,从寄存器或内存或 SDRAM 等当中读出数据进行处理,然后输出。

系统通过前台(中断)和后台(任务)的配合完成整个 VoIP 电话终端的所有功能。

5 结束语

本文给出了一种基于前/后台系统的嵌入式 VoIP 电话终端的设计和实现方案，该实现方案有较高的性价比，并且根据这个方案做出的产品在网络中已经得到了很好的应用。该系统还可将核心器件和外围器件集成到一个芯片上，构成 SOC (System On Chip)，从而进一步简化系统结构、缩小系统体积、降低成本。

参考文献：

[1] 糜正琨. IP 网络电话技术[M]. 北京：人民邮电出版社，2000.
[2] 洪峰. IP Phone 技术[M]. 北京：人民邮电出版社，2000.
[3] 马忠梅，籍顺心. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2000.

Design and application of embedded VoIP terminal based on foreground/background system

GUO Xiao-feng, LIAO Jian-ming
(School of Computer Science and Engineering, UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract: The origin and system architecture of the VoIP is introduced and the necessity of developing VoIP terminal is explained. A VoIP terminal solution with high performance-cost ratio is presented. The VoIP terminal is analyzed for the system design, hardware design and software design, The system provides an interface of the Ethernet, keypad, LCD, etc. The application is designed as a foreground/background system.

Key words: VoIP; terminal; embedded; foreground/background