

基于龙芯的 DVB-S 信号接收系统设计

吴少刚¹, 李婷¹, 王彦²

(1. 中国石油大学(华东)计算机与通信工程学院, 东营 257061; 2. 山东胜利职业学院建设工程分院, 东营 257022)

摘要: 针对卫星数字电视接收的低成本应用, 提出一种基于龙芯的 DVB-S 卫星数字电视接收系统方案。采用龙芯 2E 平台的 PCI 总线, 充分应用龙芯处理器对 MPEG-2 的高效解码特性, 结合特定前端调谐器和后端 TS 流捕获芯片设计整个系统。结果表明, 该系统符合 DVB-S/MPEG-2 标准, 且结构简单、便于实现、成本低廉, 对拓展龙芯处理器产业化应用有重要工程应用价值。

关键词: 数字电视; 龙芯; DVB-S 信号; 接收系统

Design of DVB-S Signal Receiving System Based on Godson

WU Shao-gang¹, LI Ting¹, WANG Yan²

(1. College of Computer and Communication Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061;
2. Branch School of Construction Project, Shandong Shengli Vocational College, Dongying 257022)

【Abstract】 For low-cost application of satellite digital TV signal receiving, this paper presents a project of the DVB-S satellite digital TV receiving system on the Godson-based platform. Using the PCI bus on the Godson-2E and fully utilizing the characteristic of the Godson-2E processor for decoding MPEG-2 with high performance, the entire system is designed combined with the special front-end tuner module and the back-end chip which captures the Transport Stream(TS). It proves that the whole system is in line with the DVB-S/MPEG-2 standards and the advantage of the system, such as simple structure, easy realization and low cost, also makes it great value in engineering application for developing the industrialization application of the domestic processors.

【Key words】 digital television; Godson; DVB-S signal; receiving system

1 概述

随着卫星广播数字电视的发展和普及, DVB-S 接收机的使用越来越广泛, 接收技术也日趋成熟。DVB-S 卫星数字电视接收系统可以接收卫星数字电视节目, 实现在个人电脑上或嵌入式系统中解码并实时播放 MPEG-2 视音频信号, 适合用微电脑收看电视节目。龙芯系列处理器具有完全的自主知识产权, 配以适当的硬件调谐芯片, 在龙芯平台上实现数字电视接收, 成本相对较低^[1]。

本文根据卫星数字电视接收的基本原理, 针对龙芯平台设计了 DVB-S 信号接收处理的系统原型, 并在此系统原型下设计实现了自硬件驱动层、信号接收层和 MPEG-2 TS 码流播放层的信号处理流程。

2 原理简介

数字卫星广播传输系统^[2]主要由信源编码(MPEG-2 信源编码和复用)、信道编码、地球站发射设备、卫星转发器、接收站前端、解调、信道译码、MPEG-2 解复用和信源解码等组成。

接收系统需要对数字信息的封装过程执行逆操作。在卫星地面接收站, 同步通信卫星传输的模拟信号经天线接收, 通过高频头放大和变频后传入到接收系统中。接收系统获得高频信号后, 主要经过 3 个阶段的处理^[3]: (1)前端系统在经过调谐、A/D 转换、解调和向前纠错解码等处理后输出 MPEG-2 TS 数据流, 这一过程中的各个部分可以通过一体化的专用硬件芯片实现。(2)接收系统的解复用电路对 TS 流进行解复用, 并利用控制模块对 TS 流进行过滤。(3)接收系统

后端系统对接收到的 MPEG-2 TS 码流进行解码播放。

本文设计龙芯平台实现 DVB-S 信号接收的系统原型, 如图 1 所示。

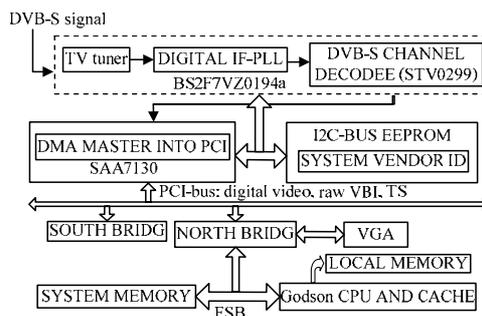


图 1 基于龙芯的 DVB-S 信号接收系统

3 系统相关硬件

3.1 龙芯 2E 处理器

龙芯 2E 处理器是中国科学院计算所研制的具有自主知识产权的通用处理器, 具有低功耗、低成本的特点, 在嵌入

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目“低成本先进计算机”(2006AA010201); 江苏省科技成果转化基金资助项目“龙芯 CPU 产业化应用”(BA2004029)

作者简介: 吴少刚(1973-), 男, 副教授、博士, 主研方向: 计算机系统结构, 嵌入式系统, 并行与分布式计算; 李婷, 硕士研究生; 王彦, 工程师

收稿日期: 2010-03-05 **E-mail:** liting0713@163.com

式、工业控制、数字电视等领域应用广泛。龙芯 2E 处理器集成了丰富的多媒体指令集^[4]，通过软解压能完成多种码率的 MPEG1、MPEG2 以及 MPEG4 流畅播放，能很好地完成数字电视所接收节目信息的播放。

本文设计采用龙芯 2E 为平台，应用 MPlayer，基于软解码技术实现对 DVB-S 信号的 MPEG-2 TS 流解码。

3.2 SHARP TUNER 与 Philip saa7130/34

SHARP BS2F7VZ0194a 调谐器为一体化的 TUNER，主要由 IX2410VA 为核心的调谐器和 STV0299B 为中心的 QPSK 解调器组成。IX2410VA 将射频信号下变频为 0 中频基带信号，基带信号进入 QPSK 解调芯片 STV0299B 进行解调和解码，最终调谐器输出传输码流。对调谐器内部芯片的访问和控制遵循标准的 I2C 总线协议。

STV0299B 共有 53 个控制寄存器，寄存器设置不同对调谐器性能有很大影响，所以要按要求进行设置。STV0299B 实现了 A/D 转换、QPSK 解调、FEC 前向纠错等功能，最后输出 MPEG-2 TS 数据流到 saa7130 进行处理。

Philip saa7130/34 系列芯片可以实现模拟电视接收解码，对数字电视可以实现 TS 码流捕获 通过 PCI 实现 DMA 传送。在本文设计中，saa7130 对 TS 流进行解复用，主要进行的操作为提取节目信息，最终输出 MPEG-2 标准流用于 PC 播放。saa7130 与 stv0299 之间通过 I2C 总线进行通信。

4 系统软件设计与实现

在本设计方案中，龙芯平台的软件环境采用 Debian Linux 操作系统。根据方案中硬件芯片信息和接收 DVB-S 信号的处理流程，软件实现上分为 2 个模块 3 个层次。2 个模块分为前端 DVB 信号接收和后端视频信号处理。3 个层次即硬件驱动层、中间应用层和播放层。驱动层实现了 2 个模块中硬件芯片的初始化和寄存器控制，以及 Linux DVB 驱动模块的调用。中间应用层通过底层驱动生成的 DVB 文件实现对播放层的接口。播放层加载中间应用层生成的 DVB-S 信号可接收频道列表，通过龙芯平台的 MPlayer 播放器可实现对后端视频模块的处理，即对前端输出的 MPEG-2 TS 流解码播放。

系统软件设计与实现流程如图 2 所示。

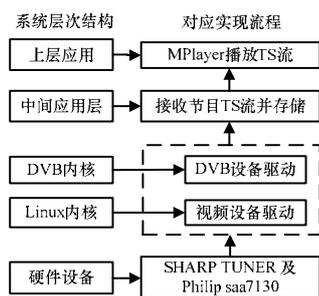


图 2 系统软件设计与实现流程

4.1 设备驱动层

DVB-S 信号接收系统包含前端 DVB 信号接收和后端视频信号处理 2 个模块。在设备驱动层^[5]，这 2 个模块分别作为 DVB 设备和视频设备工作。接收系统设备驱动层的设计和实现要完成这 2 个模块的驱动，并通过模块依赖关系实现 2 个模块的加载调用。

saa7130 芯片与龙芯平台的 PCI 插槽连接，用来捕获前端调谐器输出的 TS 流，并将其传给龙芯平台处理。saa7130 作为视频设备工作。Debian Linux 对视频设备进行了抽象，

将其定义为统一的接口，符合 V4L 机制，用 video_device 数据结构表示。本文实现了一个名为 saa7130 模块的视频接口，当 Linux 内核启动时作为主驱动模块自动加载进内核，进行视频设备初始化。在完成系统设备表中视频设备注册的同时，通过编译生成的模块依赖关系，调用 DVB 设备驱动模块，完成对前端进行 DVB 设备的初始化和注册。

驱动模块的主要处理过程如下：

(1) 视频设备驱动模块加载和卸载的函数原型

```

module_init(saa7130_init) //模块入口
module_exit(saa7130_fini) //模块出口
    
```

根据模块入口和出口设计视频设备 saa7130 驱动模块的实现流程，如图 3 所示。

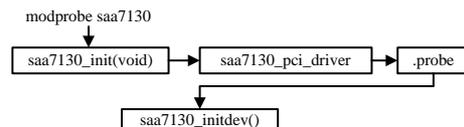


图 3 视频设备驱动模块实现流程

saa7130_init 是整个驱动程序的入口点，它通过 pci_driver 格式向系统注册一个 PCI 设备，由 probe 函数指针所指向的检测函数来初始化该 PCI 设备。pci_driver 格式为

```

static struct pci_driver saa7130_pci_driver = {
    .name= "saa7130", //设备名称
    .id_table=saa7130_pci_tbl,
    //驱动所支持的电视卡系列、制造商 id、设备 id 等
    .probe= saa7130_initdev, //PCI 设备探测和初始化函数指针
    .remove= _devexit_p(saa7130_fini),
    //PCI 设备卸载函数指针
    ...};
    
```

PCI 设备的初始化函数 static int _devinit saa7130_initdev() 在驱动程序加载时调用。该函数主要完成的任务是：首先，检测设备，根据硬件的特征检测设备是否存在，然后决定是否完成设备的初始化；其次，配置和初始化硬件，完成对硬件资源的申请和设置，包括中断、I/O、内存和 DMA 等；最后，进行视频设备 video_device 结构的初始化，向系统注册接口对应的各个处理函数。

(2) DVB 设备驱动模块设计与实现

根据 saa7130_mpeg_ops 格式中.type 的类型，若其值为 SAA7130_MPEG_DVB，则调用 DVB 设备注册，这里 stv0299 是作为 DVB 设备工作的。

```

static struct saa7130_mpeg_ops dvb_ops = {
    .type=SAA7130_MPEG_DVB,
    //基于 saa7130 视频卡前端信号接收设备类型
    .init= dvb_init, .fini= dvb_fini,};
module_init(dvb_register) //模块入口
module_exit(dvb_unregister) //模块出口
    
```

由以上模块入口出口，结合 saa7130 模块的实现流程可得出 DVB 设备驱动的调用设计与驱动流程实现，如图 4 所示。其中，dvb_register 是整个驱动程序的入口点，它通过 saa7130_mpeg_ops 方式向系统注册一个 DVB 前端设备，由 init 函数指针所指向的初始化函数来初始化该 DVB 前端设备。

DVB 前端设备的初始化函数 static int dvb_init(struct saa7130_dev *dev)在前端 DVB 驱动程序加载时会调用。该函数主要完成的任务是：初始化 videobuf_dvb 结构，根据硬件板卡信息调用相应 DVB 前端芯片 STV0299B 驱动，通过 I2C 总线配置和初始化芯片寄存器。

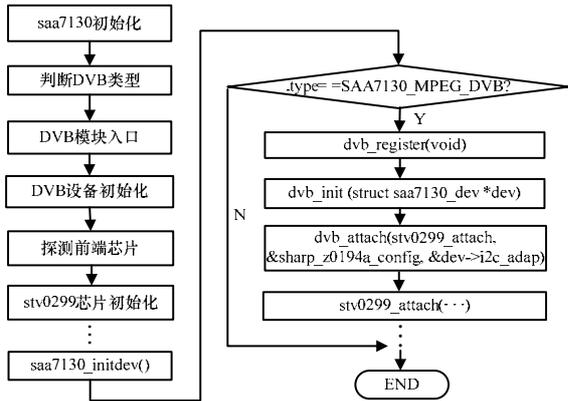


图4 DVB驱动调用设计与驱动流程实现

在函数 `drv_attach(stv0299_attach, &sharp_z0194a_config, &dev->i2c_adap)` 中, `stv0299_attach` 函数指针指向 STV0299 芯片驱动程序入口, `sharp_z0194a_config` 结构里包含了解调芯片的地址和 STV0299 芯片中 53 个寄存器的初始化信息, 完成了对硬件资源的申请和设置, 最后进行 DVB 设备系统注册。

对 STV0299 芯片驱动的实现和寄存器初始化等主要是通过阅读相关软硬件数据手册完成的。

4.2 卫星信号接收与 MPEG-2 TS 流解码流程

该部分主要实现中间应用层对 DVB-S 信号接收系统设置所接收的卫星和频道参数, 生成可接收频道列表, 最后在播放层通过 MPlayer 实现对所接收的电视节目的解码播放。

(1) 卫星信号接收

驱动层实现后加载模块, 会在 `/dev` 下出现 `dvb` 目录, `dvb/adaptor0` 子目录中会生成 4 个 DVB 设备文件: `demux0`, `dvr0`, `frontend0`, `net0`。中间应用层需要使用这些文件进行 DVB-S 卫星信号接收的准备工作, 生成可接收频道列表 (`channels.conf` 文件), 用于龙芯平台上的解码软件 MPlayer 的播放。

本次设计采用的信号来自中星 6B, 本振频率 5 150 MHz。在用户目录下载中间应用层软件包 `linux-dvb-apps-1.1.1.tar.gz`, 建立卫星接收参数文件 `Chinasat6B-115.5E` 并编辑内容为 CCTV-1 台和广东台参数 (接收方式、下行频率、极化方式、符号率和 FEC)。进行频道搜索后生成 `channels.conf` 文件, 将其拷贝到用户目录中的 `mplayer` 里面。信号接收流程设计如图 5 所示。

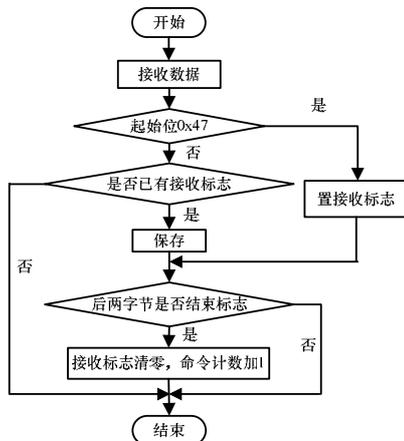


图5 DVB-S 信号接收流程

(2) MPEG-2 TS 解码流程分析

根据龙芯 2 号平台多媒体指令集特点, 移植者在保留 MPlayer 主要功能的前提下, 对其源代码进行了必要的修改, 如增加了 `vidix` 支持、优化 `libmpeg2` 中的解码文件等。TS

(Transport Stream) 是一种传输协议, 对 MPlayer 可认为是一种封装格式。MPlayer 播放系统捕获的 TS 流文件。播放器开始运行, 主程序文件 `mplayer.c` 负责分流、解码、输出 3 个功能模块的文件调度, 如图 6 所示。

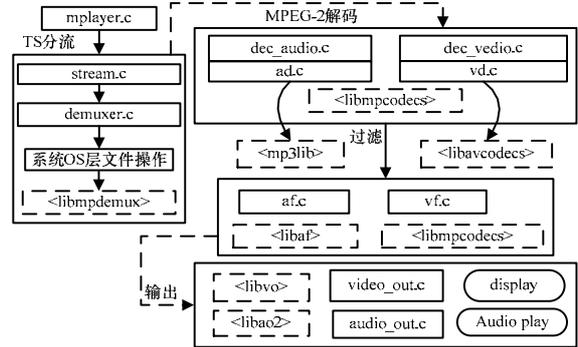


图6 MPlayer 播放 TS 流文件流程

在分流时, 对输入的媒体数据进行分流所调用的文件都存放在媒体数据分析分流库 `<libmpdemux>`。首先调用 `stream.c` 文件, 判断 MPEG-2 TS 数据流类型并进行数据流处理。下一步调用 `demuxer.c`, 判断媒体类型, 继而调用相应的分流器对媒体数据进行音、视频的分流。

解码分为视频解码和音频解码。以视频解码为例, 媒体编解码库 `<libmpcodecs>` 中 `dec_video.c` 读取视频数据的相关编码信息, 判断视频格式。接着调用视频编解码库 `<libavcodec>` 中的 `vd.c`, 从中选择对应的解码器。最后由 `vd_ffmpeg.c` 对视频数据进行解码。

输出也分视频输出和音频输出。以视频输出为例, 视频输出库 `<libvo>` 中的 `video_out.c` 首先判断输出设备类型 (如 `framebuffer`, `vidix`), 继而调用相应设备驱动。通过 `vo_fbdev.c` 将解码后的视频按照帧的方式从 `framebuffer` 或 `vidix` 等设备上播放。

这部分实现了龙芯系统的 MPlayer 对电视节目 MPEG-2 TS 流解码过程的具体分析, 为下一步在龙芯平台进行 TS 流的解码优化工作做了准备。

5 结束语

本文设计了一种龙芯平台下的 DVB-S 信号接收系统原型, 实现了龙芯平台接收和播放 DVB-S 数字电视卫星节目, 具备良好的接收处理效率和可靠性。该方案充分应用了龙芯平台低功耗、低成本和高效解码的特点, 相比同类系统, 结构简单、实现方便。对于 DVB-T、DVB-C 信号, 更换调谐器后, 按照该系统的方法, 也可实现对此类数字电视信号的接收。下一步将进一步基于龙芯 SIMD 技术研究优化 MPlayer 解码 TS 的效率, 对原型系统进行工程化和产品化研究。

参考文献

- [1] 岑凡, 邢韬. 基于龙芯 2E 的 AMC 处理器模块设计[J]. 计算机工程, 2009, 35(22): 221-223.
- [2] Whitaker J. 数字电视接收技术[M]. 姚冬平, 蔡超时, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [3] 胡宁, 崔铁生, 吴处. 基于 PCI 总线的卫星 DVB 接收卡设计及实现[J]. 山东电子, 2004, (3): 62-64.
- [4] 中国科学院计算所. 龙芯 2E 体系结构之多媒体指令[Z]. 2006.
- [5] Rubini A, Corbet J. LINUX 设备驱动程序[M]. 魏永明, 骆刚, 姜君, 译. 北京: 中国电力出版社, 2002.

编辑 顾逸斐