

文章编号: 1007-2985(2010) 02-0075-04

基于 CMS2131ADF 的 DVB-T 接收机设计与实现*

李 兵

(湖南第一师范学院, 湖南 长沙 410205)

摘 要: 介绍了一种新型低功耗的便携式 DVB-T 数字电视实现方案, 并完成 DVB-T 标准的数字电视地面广播接收, 从而解决了以往该类型接收器因体积、功耗等因素而不便于集成在便携式设备中的问题。

关键词: 欧洲数字电视标准; ARC600; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; 高斯信道

中图分类号: TN802

文献标识码: A

时下传统的模拟无线广播电视已经越来越不适合广大消费者的要求, 无线广播技术日益发展的今天, 无线地面数字广播便孕育而生, 现在国际上存在 3 大地面数字电视传输标准, 其中以 DVB-T 标准影响最为广泛。^[1] 不过传统的数字电视接收器, 例如大部分的城市公交车载数字电视, 其接收设备如同一个微机的主机箱, 不仅体积硕大, 而且功耗较大, 甚至不得不用散热片来辅助散热, 因而该类方案显而易见不能集成到便携式设备里去。但是随着半导体技术的进步, 现在已经能够将原来体积很大的高频头做到很小的集成电路里去, 新一代解码芯片集成度也越来越高, 核心电压下降, 功耗自然降低。这种硅高频头技术的发展和集成电路工艺日益改进为接收设备小型化带来了新的契机。笔者介绍 DiB7070M RF 接收芯片与 CMS2131ADF 相配合的 DVB-T 标准地面数字电视广播接收机设计方案, 实际的产品核心部分只有 40 mm × 20 mm × 4 mm 大小, 最小功率仅为 630 mW, 再加上丰富的接口, 非常适合在便携式设备中应用。

1 硬件系统设计

图 1 是本次 DVB-T 数字电视接收系统的结构框图。该硬件系统可分为 2 个功能模块: 前端信道解码模块和后端信源解码模块。前端部分由射频调谐器(Tuner)和基带解调器(Demodulator)组成。射频调谐器的功能是将 48 MHz 到 861 MHz 的无线广播数字电视信号经过 2 级下变频转换成 30 MHz 到 50 MHz 的中频信号; 基带解调器的功能是首先将中频信号进行模拟到数字的转换, 然后用 COFDM 对信号进行编

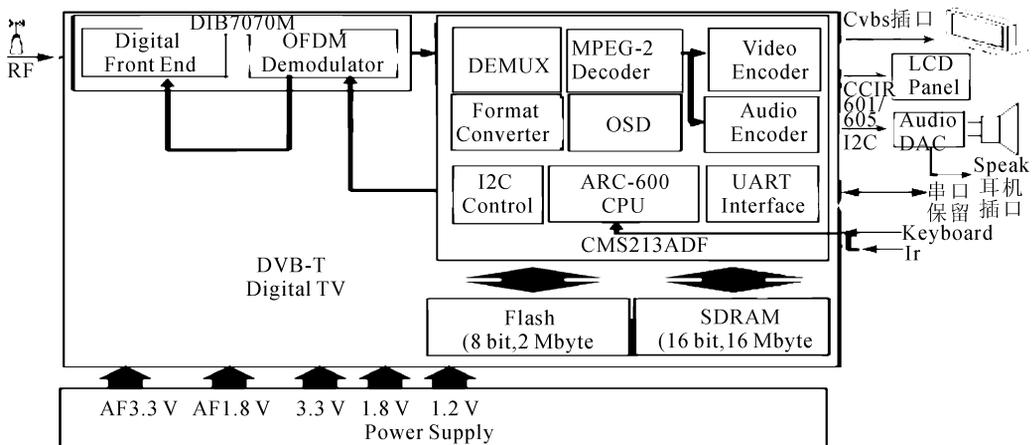


图 1 数字电视接收系统结构框图

码, 以及对编码后的信号进行前向纠错, 最终输出 MPEG-2 的 TS 流。后端部分是一个片上系统, 内部集成

* 收稿日期: 2009-12-25

作者简介: 李 兵 (1969-), 男, 辽宁凤城人, 湖南第一师范学院讲师, 主要从事无线通讯研究。

了主控 CPU、视频解码器、音频解码器,主要的功能是实现 TS 流的解复用,并将视频和音频的 ES/PES 分别送入相应的音视频解码器进行 MPEG-2 的音频解码和视频解码,最终恢复出原始的数字电视信号。

本方案中的 Tuner/Demodulator 采用的是法国 DIBCOM 公司的 DIB7070M,内部集成了 Tuner, Demodulator, RF 支持 UHF (450~950 MHz),灵敏度-80~-15 dBm,内部的 OFDM Demodulator 支持 DVB-T(ETS 300.744/ETS 301.192)标准,外置天线采用 U 段 50 欧姆数字天线。信源解码器采用韩国 Chipsmedia 公司的 CMS2131ADF,以 32 BIT ARC600 RISC 架构低功耗的 CPU 核,内建 MPEG-2 硬解码器,24 BIT 的 DSP 音频处理器,支持 MPEG-2(Layer1, Layer2)的音频格式,输出 24 BIT I2C 格式的数字音频,支持 SPDIF 音频接口方式。MPEG-2 图形解码器可以输出 NTSC/PAL 模拟 CVBS 和数字 CIR656/CCIR601 图形信号。方案中采用的 CMS2131ADF 因为内部包含了硬件 MPEG-2 解码器,那么 MPEG-2 解码包含的加权运算、OFDM 帧同步、信道估计和平衡、星座点解映射、频率解交织、维特比译码以及前项纠错等工作全部交给该硬解码器执行,CPU 只需要做协同工作,这样的结构大大简化了软件设计人员的工作量,同时处理速度更快,更流畅。

2 软件系统设计

依据软件系统中软件的作用不同,将软件系统层次划分为操作系统层、抽象层、驱动层和应用层。如图 2 所示:操作系统层主要是操作系统内核;抽象层包括硬件平台抽象、操作系统抽象和移植;驱动层包括设备驱动层和应用程序接口(API);驱动适配层主要是与第 3 方软件配合使用,如果完全自主研发,则无需该层。^[2]采用分层的软件体系结构,使得软件的总体结构清晰,各程序模块有较强的独立性,从而方便了程序的编写、阅读和维护。

2.1 模块划分

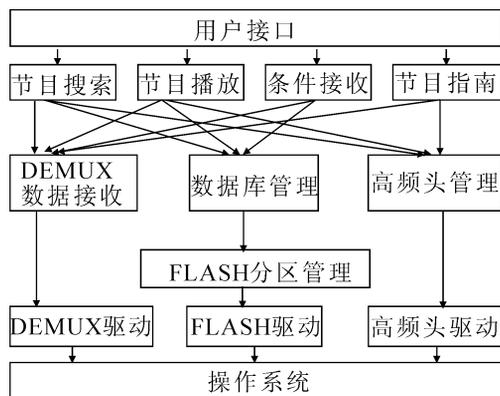


图 3 系统模块结构图

2.2 操作系统

在硬件平台和软件结构规划好以后,接下来该选择一款嵌入式实时操作系统管理资源。考虑到本设计中的资源,笔者采用 $\mu C/OS-II$ 。它开放源代码,编译以后的最小核仅有 2 K 左右,占先式实时多任务内核使得系统的实时性有保障,与 $\mu CLinux$ 比有更低的资源要求和更好的实时性能,移植于 CMS2131ADF 系统上后,再设计操作系统抽象层,封装操作系统与用户相关的操作。

3 软件实现

本部分内容以 $\mu C/OS-II$ 为嵌入式实时操作系统移植到 CMS2131ADF 的便携式数字电视接收机为例,讨论其软件设计与开发技术。

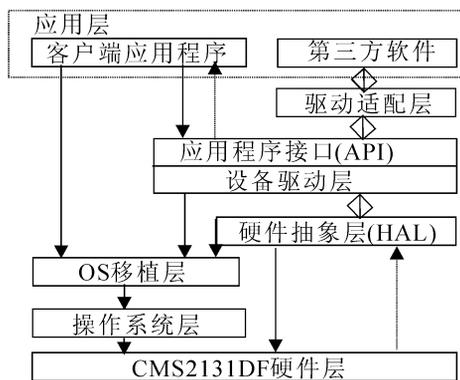


图 2 软件层次结构

根据 DVB-T 硬件结构框架规划其软件结构,其设备驱动层包括 Flash 驱动模块、SDRAM 驱动模块、解调驱动模块、DMA 驱动模块、DEMUX(解复用)驱动模块、音视频驱动模块。应用程序接口(API)包括 Flash 分区管理模块、数据库管理模块、解调管理模块和 SECTION 数据接收模块。应用层的模块包括节目搜索模块、节目播放模块、条件接收模块、节目指南模块等,还包括用户 API 函数,用户进行频点设置、搜索节目、选台操作的接口等。^[3]系统模块结构如图 3 所示。

3.1 任务间通信

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是具有任务调度、任务管理、时间管理、内存管理和任务间通信和同步等基本功能的实时内核。其内核通过信号量、互斥型信号量、事件标志、消息邮箱、消息队列、信号量及时间管理函数来协调各任务之间的通信, 因此, 在本设计中软件系统的各模块之间相应地采用了消息队列来进行模块间的通信。^[4] 用户接口模块主要完成消息和事件的受理, 其接收到的消息来自各应用程序的回调函数, 这些消息告知用户现在正在进行的工作。如图 4 所示: 用户接口模块接收到通过操作系统传来的任务的消息后对其打包封装, 封装在一个指针变量中, 该指针变量是全局变量, 在操作系统进行优先级判断时会随时检测这个指针变量的值来判断当前正在进行的操作。

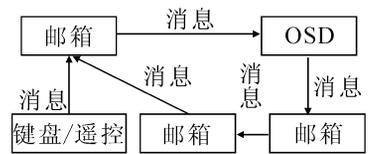


图 4 任务间通讯示意图

3.2 任务切换

$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 不同于 μCLinux 时间片轮转调度法 (round robin scheduling)。 μCLinux 在遇到有更重要的任务时将任务的优先级提高, 并等待当前任务执行完毕后再执行按注册的优先级执行任务, 这样有可能由于当前程序长时间占有资源影响实时性的效果。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 则因为采用可剥夺型的实时多任务内核, 立即停止当前级别的任务, 保存现场, 转而执行高优先级任务。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 可以有 64 个任务, 留给用户 56 个可用任务。每个任务的标号也是其优先级, 0 号任务优先级最高, 为系统所保留。CPU 优先执行标号越小的任务, 所以在安排任务的时候应该考察任务的实时性级别, 比如解调器送出的 TS 流

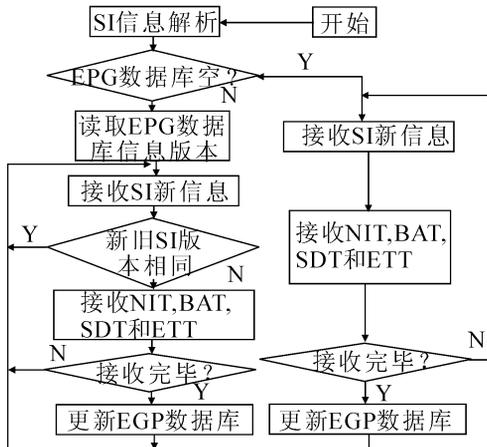


图 5 EPG 接收流程图

应该优先送往 DEMUX, 相对而言外部键盘的响应可以延迟一点没有关系。

3.3 EPG 实现

电子节目指南简称 EPG (Electronic Program Guide)。观众要在众多频道中搜索节目和了解节目信息, 就要借助电子节目指南 (EPG)。可以说 EPG 是电视节目的资源清单, EPG 信息的解码一般是通过软件分析 TS (Transport Stream) 流直接得到, 锁定频道的情况下, 接收 TS 流中的数据包, 使用 SECTION 的过滤器, 得到 SI 信息, 再由 SI 恢复出 EPG。图 5 为一个 EPG 接收的流程。

更新后的 EPG 存储在数据库中通过 OSD 层直接在终端上进行显示。 EPG 可以作为页面在终端列表显示, 也有可以是节目画面和 EPG 界面的叠加。用户所看到的电视画面从前到后可以分为 3 层, 依次为图形层、视频层和背景层。如图 6 所示。

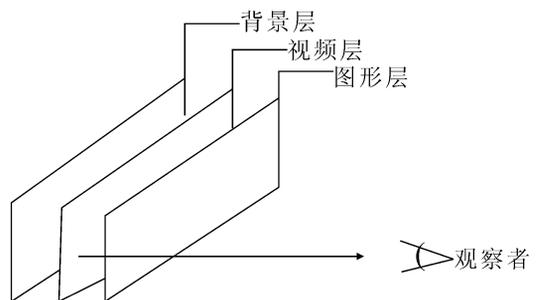


图 6 屏幕显示的 3 层模型

这里的图形层也就是下面所说的 OSD (On Screen Display) 层。 OSD 界面显示技术指在图像画面上叠加文字显示, 使屏幕为用户提供更多的附加信息。 视频层为当前正在收看的节目图形。 背景层为没有播放电视节目和启动 EPG 菜单时的屏幕图像。 EPG 画面是由许多 EPG 图形元素 (如按钮、文本框、选择按钮等) 叠加而成。 界面的状态转移是通过消息驱动的机制来实现的, 在消息响应函数中进行消息处理。 用户见到的屏幕图像是这 3 层叠加 (blend) 后的图像。

EPG 界面显示的总体思想是 SI 数据与图形元素分离, 包括以下几部分: SI 数据的检索与提取; EPG 界面所需的图形元素库; 状态转移控制器; OSD 层绘制引擎; OSD 层图、视频层、背景层及这 3 层的 Blend 操作。图 7 是 EPG 屏幕显示实现的模块参考图。

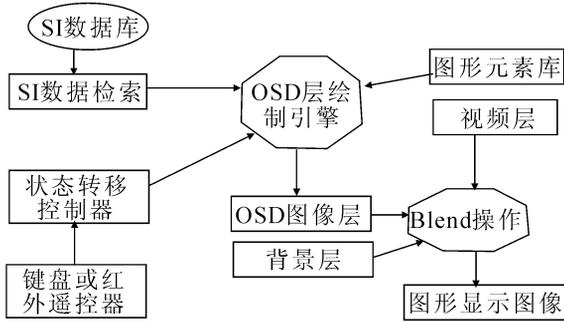


图 7 EPG 屏幕显示的模块参考图

4 性能测试

DVB-T 的整体性能与调制方式、保护间隔、内纠错码率、不同的信道噪声、终端机移动速度等有密切关系。^[2] 对一个无线广播接收系统而言保证终端接收还原后的数据正确与否至关重要。一般来说传输的码流在接收端进行外纠错解码之前, 只要其传输误码率(BER) $\leq 2 \times 10^{-4}$, 即可保证接收端在 RS 纠错解码后所输出的码流(BER) $\leq 10^{-11}$, 即每小时的错码小于 1 个, 可实现数字电视的近乎无错。^[5]

根据 NORDIG MBRAI 技术规范, 要达到设计要求必须在一定环境下满足灵敏度、抗噪能力、运动状态下多普勒效应抵抗等测试的相应要求, 在这里仅列举样机实际在实验室内测定的 Sensitivity 和 Gaussian C/N 结果。图 8 是灵敏度测试。

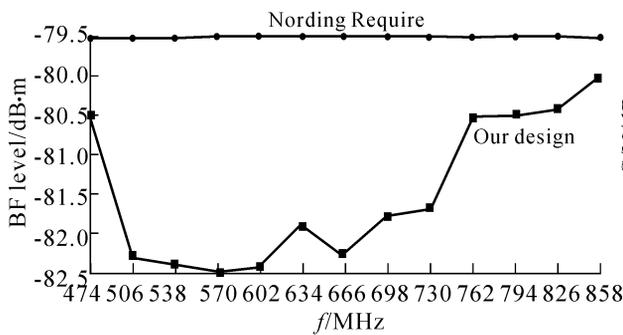


图 8 灵敏度测试表

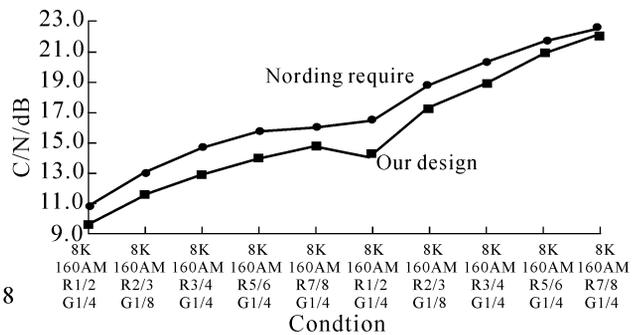


图 9 高斯信道载噪比

一般来说考虑到实际的信道噪声的不同, 理论上可以分为高斯信道、莱斯信道、瑞利信道 3 种情况, 图 9 为样机在高斯信道中实验室测试得到的 C/N 门限值。

由图 8 可知, 灵敏度在每个频点上对比 NORDING 标准有 0.5~3 DB 的提高。图 9 也表明在高斯信道中对于不同的调制方式, 内卷积编码效率情况下, 留有 0.3~2.4 DB 的裕度。

CMS2131ADF 优异的运算性能, 配合高灵敏度的 DIB7070M, 整体的功耗低, 能够较为稳定地在移动设备运动情况下接收 DVB-T 信号。通过 DVB-T 便携式数字电视接收机研发项目的应用设计及其实践证明, 本设计从体积、功耗到操作系统选择、任务间通信和 EPG 实现等各个方面, 给出了较优的解决方案。

参考文献:

- [1] DVB. DVB-T Status Overview [EB/OL]. http://www.dvb.org/about_dvb/dvb_worldwide, 2007-02-28.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/20600-2006 数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [3] 刘久富, 孙德敏, 杨忠, 等. 嵌入式软件的动态测试 [J]. 微计算机信息, 2006(1): 82-84.
- [4] 李海洋, 李柏林, 郭荣佐. 正交软件体系结构设计和演化方法应用研究 [J]. 计算机应用研究, 2007(1): 78-80.

Design and Implementation of DVB-T Receiver Based on CMS2131ADF

LI Bing

(Hunan First Normal University, Changsha 410205, China)

Abstract: The implementation scheme of a new type of low-power portable DVB-T digital TV receiver is introduced, and the digital terrestrial video-audio broadcast and reception of DVB-T standard is achieved, which solves the problem that previous receiver can't be integrated in portable device for its size and power.

Key words: DVB-TF; ARC600; μ C/OS-II; gaussian channel

(责任编辑 易必武)