

移动数字电视机顶盒设计

郑志勇, 程 恩*

(厦门大学水声通信与海洋信息技术教育部重点实验室, 福建 厦门 361005)

摘要: 目前, 有线电视早已普及, 而移动数字电视还处于发展阶段. 为此, 本文设计了一种 DMB-TH 地面数字电视机顶盒, 即移动数字电视机顶盒. 首先, 介绍了硬件设计方案, 其中主芯片采用 ST 公司出品的 STM5105, 该芯片具有主频高、反应速度快等优点. 其次, 详细介绍了红外接收模块、OSD 模块、频道搜索模块和解复用模块等模块的软件设计. 由于采用了快速检测频道搜索的反馈信号、短时间内强制退出搜索子系统等创新技术, 使频道搜索速度和频道切换速度大为提高. 该机顶盒能够成功地播放广电发送的地面数字电视.

关键词: DMB-TH; 地面数字电视; 频道搜索

中图分类号: TP 311

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2008)04-0514-05

目前, 有线数字电视机顶盒的设计方案比较成熟, 有线数字电视也早已普及, 而移动数字电视还处于发展阶段. 2006 年, 国家标准委员会正式颁布融合了清华大学的多载波方案和上海交通大学的单载波方案的地面数字电视传输方案 DMB-TH, 形成了我国唯一的国家地面数字电视标准融合方案, 同时也兴起了一股研究移动数字电视机顶盒的热潮^[1-3].

DMB-TH 技术的核心采用了 mQAM/QPSK 的时域同步正交频分复用(Time domain synchronous-orthogonal frequency division multiplexing, TDS-OFDM)调制技术, 使用了最新的 LDPC 前向纠错编码技术, 因而可以更加可靠地支持更多的无线多媒体业务^[4].

本文研究 DMB-TH 地面数字电视机顶盒, 也即移动数字电视机顶盒, 它能够播放地面数字电视. 文中没有涉及到 EPG(Electronic program guide)的设计, 对 EPG 设计有兴趣的读者请阅读本项目组其他成员发表的文章, 见参考文献[5].

1 移动数字电视机顶盒硬件设计方案

移动数字电视机顶盒的硬件设计包括两部分, 前端设计(部分一)和后端设计(部分二), 如图 1 所示.

前端设计的主要作用是捕捉信号并输出 TS (Transport stream) 码流. 从图 1 可以看出, 前端设计主要包括高频头和信道解调解码器. 高频头将天线接

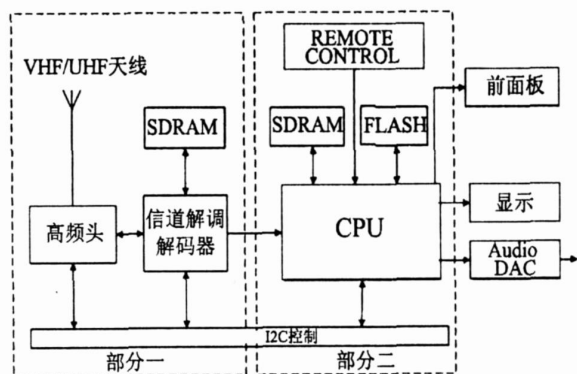


图 1 机顶盒硬件设计方案

Fig. 1 The block diagram of STB hardware

收到的高频信号(U 段或 V 段)转换为中频信号, 本设计高频头采用 THOMSON 公司的 DTT 75300 芯片. 解调解码器完成自动增益控制、自动频率控制、定时恢复、PN 帧头捕获、信道估计和均衡、FFT 变换等, 将中频信号转换成 TS 码流输出, 本设计信道解调解码器采用凌讯公司的 LGS8913 芯片.

后端设计的主要作用是 TS 码流解复用和 MPEG-2 解码, 同时控制高频头、信道解调解码器、SDRAM 与 FLASH 读写等系统的各个子功能模块, 使整个系统能正常工作. 由于 CPU 是系统的核心, 因此通常情况下 CPU 的性能就决定了系统的性能. CPU 的性能一般是由主频决定的, 主频越高则 CPU 的性能也越高. 本设计采用 ST 公司的 STM5105 方案作为后端设计, CPU 是 STM5105, 主频可达 200 MHz.

2 开发平台介绍

收稿日期: 2008-03-03

基金项目: 国家自然科学基金(60672046)资助

* 通讯作者: chengen@xmu.edu.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

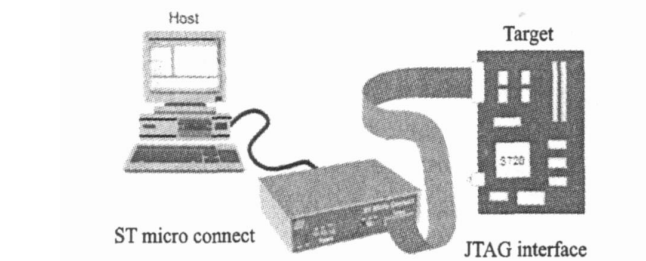


图 2 开发环境

Fig.2 Development environment

2.1 开发环境

该平台采用 ST 公司的基于 STM5105 的数字电视机顶盒设计方案, 开发环境如图 2 所示. 其中, Host 是主机, 即计算机, 主机必须安装 ST 公司提供的软件才能使用仿真器; ST micro connect 是仿真器, 也可以作为下载工具; Target 是目标板, 即机顶盒硬件板. 仿真器提供 RJ45、USB 和 LPT 等接口, 可以通过网线、USB 线和并行线等方式和主机连接; 仿真器提供了一个 JTAG 接口, 可以通过 JTAG 线和目标板连接.

2.2 交叉编译环境

该平台采用 ST 公司提供的 ST20CC 交叉编译器, 把 ST 20CC 安装在主机上即可进行编译. 它能够编译 C、C++、汇编等源码文件并链接成目标文件. 生成的目标文件能够在机顶盒硬件板上运行. 使用 GMAKE 作为交叉编译工具, 通过编写 MAKEFILE 来组织要编译的文件.

3 信号控制流程

本设计的操作系统是 ST 公司提供的嵌入式实时操作系统 ST Lite/ OS20, 该系统是多任务实时操作系统. 在本设计中, 根据功能把软件分成小模块并分别建立任务完成各自功能. 由于本系统软件设计较为复杂, 这里只给出了简化的信号控制流程, 并去掉了所有的反馈信号, 如图 3 所示, 其中:

- (1) IR 接收数据. 该任务的功能是接收遥控器发送的信号并进行初步处理.
- (2) 对信号进行筛选并编码. 该任务的功能是筛选有用的信号, 摒弃无用的信号, 并对有用的信号编码.
- (3) 对信号统一编码. 再做一次编码的目的是使后续的所有任务都可以使用此次编码后的信号, 并隔绝与红外信号的联系.
- (4) 发送执行命令任务. 该任务接收任何符合统一编码的信号, 并根据信号类型发送命令给不同的功能模块, 完成用户的要求. 该任务另外一个作用是接收反馈信息, 在此没有画出.

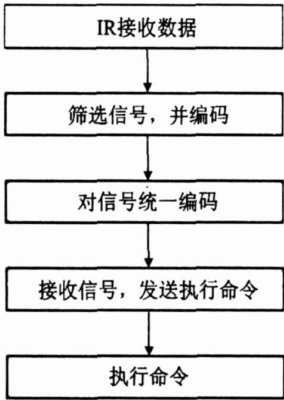


图 3 信号控制流程

Fig.3 Signal control

Start AGC burst (9ms burst+4,5ms space)	Command 16 symbol	Address 16 symbol
--	----------------------	----------------------

图 4 红外信号帧

Fig.4 Infrared signal frame

(5) 执行命令. 该部分由很多任务组成, 是整个系统最核心、最重要的部分, 用户希望实现的功能最终都将在本部分落实.

以上简单地介绍了系统主要模块的功能, 下面详细介绍几个重要模块的实现.

4 红外接收设计

4.1 红外信号帧结构

本系统中, 传送的每帧红外信号由 34 个 symbol 组成, 如图 4 所示, 其中 Start AGC burst 为起始信号; Address 是固定值, 为 0xAC04, 用来辨认遥控器. Command 由 2 个字节组成, 这两个字节互为补码. 例如, 某个键的 Command 值为 0x9C63, 则 0x9C 和 0x63 互为补码. 本系统中采用 Command 的第一个字节作为键值, 同时利用两个字节互为补码的关系来判断信号的正误, 提高了可靠性.

4.2 红外信号接收流程

红外信号是由位构成的信号帧, 除了两个起始标志位外, 其它的 32 位构成了有用的信号, 图 5 是信号接收的流程.

当用户按下按键时, 便启动了信号接收任务. 如果起始信号正确, 则接收 32 位有用信号. 接收每一位时, 根据 symbol 的持续时间判断该 symbol 是 1 还是 0, 如果都不是则判定为噪声. 该方法能够在一定程度上起到抑制噪声的作用, 提高了可靠性. 地址码用来判断接收到的信号是否来自符合规范的遥控器. 得到符合要求的键值后, 把得到的键值发送给后续的程序处理.

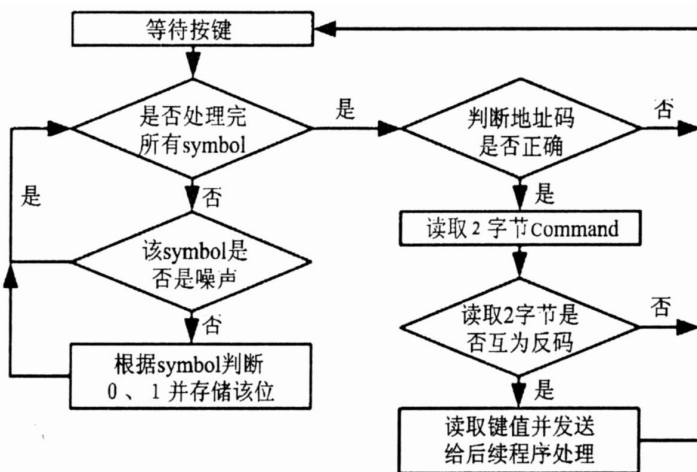


图5 红外信号接收流程

Fig. 5 IR signal reception process

5 菜单设计

5.1 菜单显示基本原理

本系统中, 使用了两个窗口, 一个用来显示视频, 另外一个用来显示图片. 本节主要涉及显示图片的窗口, 即 OSD(On screen display) 窗口, 或称菜单窗口, OSD 窗口叠加在视频窗口之上.

菜单显示在 OSD 窗口, 菜单显示最重要、最核心的内容是图片显示. 首先, 在内存里面分配用来存放图片数据的区域; 其次, 把这块内存区域和 OSD 窗口建立对应关系并设定该内存区域为工作内存区域; 最后, 只要更新这块内存中的数据, 就可以更新显示的内容, 从而达到动态显示图片的目的, 这就是图片显示的基本原理.

本系统中, 可以显示未经压缩的原始位图和经过 RLE 编码的压缩位图. 采用 8 位 256 色的色彩方案, 基本上能够满足大部分颜色的显示. 图片数据和调色板都存放在数组中.

在本系统中, 把汉字字库存放在数组中, 要显示汉字时, 根据汉字的编码(每个汉字都有唯一编码)到数组中获取点阵数据, 把点阵数据显示在屏幕上实现汉字的显示. 通过该方法能够显示大部分常用的汉字.

5.2 菜单结构

本系统中, 菜单采用三级设计结构, 它的特点就是必须逐级操作. 使用分级结构的一个优点就是容易实现键值复用. 键值复用的作用是使一个按键有多个功能. 例如, 左、右键即可以用来调节音量, 又可以用来调节透明度.

在本系统中, 使用状态机的原理实现菜单的分级结构和键值复用. 在没有弹出菜单之前, 所有的键都有

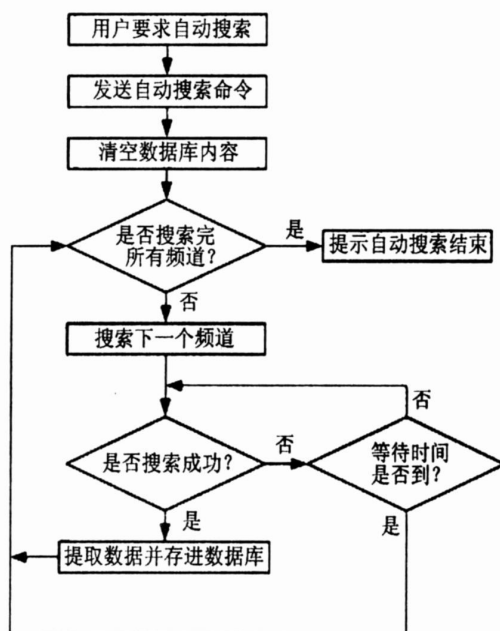


图6 自动搜索流程图

Fig. 6 Automatically search flowchart

一个功能. 在弹出菜单之后, 由于状态机状态的唯一性, 理论上每一个键都可以有一个新的意义(除了退出键), 这样就可以对键值意义重新设计, 以实现不同的功能. 分级结构要求状态机每个状态是唯一的, 否则会出错.

6 频道搜索设计

能否正常地搜索频道是本系统设计成功与否的一个重要评判标准. 如果无法实现搜索频道, 播放电视就更无从谈起, 因此, 频道搜索是极其重要的. 频道搜索可以分为手动搜索和自动搜索, 它们的流程稍有不同, 但是核心技术一样, 下面介绍自动搜索的流程.

6.1 自动搜索流程

自动搜索是指按用户要求搜索所有可能存在的频道,图6给出了自动搜索的流程图。

本系统中,通过使用一个循环来搜索所有的频道。当所有的频道都搜索完毕后,提示自动搜索结束,等待用户的进一步操作。在搜索过程中,如果某个频道搜索成功,则把频道信息和节目信息存进数据库。在本系统中,通过快速检测搜索频道的反馈信号,从而能够根据频道搜索的结果做出快速反应,该技术很大程度上提高了搜索频道的速度。同时结合强制快速退出频道搜索子系统技术,使频道切换的速度也得到很大提高。

6.2 频道搜索的关键技术——TS码流输出

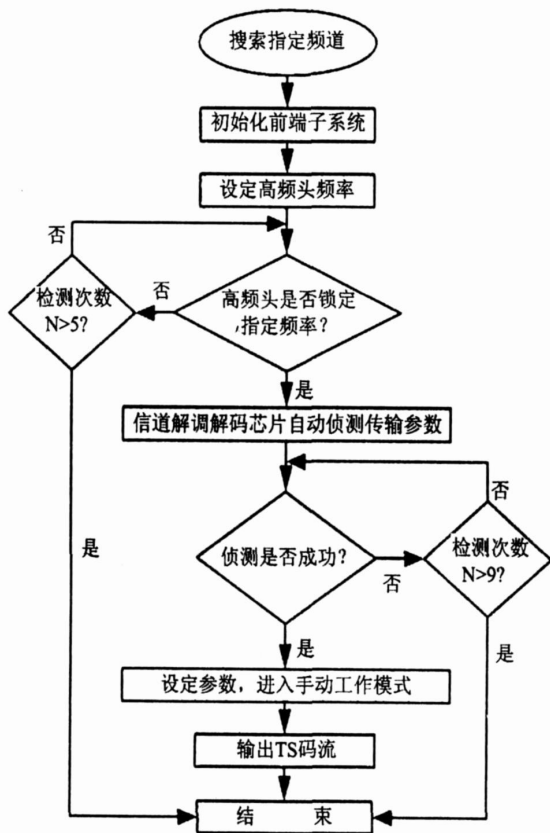


图7 输出TS码流流程

Fig.7 Transport stream output

上面介绍了搜索的流程,但它并没有涉及到以下两个核心问题:一是操作高频头和信道解调解码芯片进行正常的解调解码以获得正确的TS码流;二是对TS码流进行解复用,提取频道信息和节目信息。这两点决定了机顶盒设计的成功与否。

本节主要介绍第1点,即如何操作高频头和信道解调解码芯片,第2点将在后面介绍。

输出码流是个复杂的过程,需要前端子系统各个模块协调工作才能完成。图7给出了输出TS码流的

流程图。至于每次搜索频道都要重新初始化的原因是每次搜索频道的参数可能不一样,而本次搜索并不知道前面搜索频道时改变了哪些参数,通过重新初始化可以使前端子系统处于默认的工作状态,这样只要改变本次搜索需要的参数就可以。

初始化之后,系统进入了默认工作状态。下面分3点来阐述前端子系统接下来的工作。首先,设定高频头要搜索的频道的频率和带宽。其次,检测高频头是否锁定了指定的频率,如果高频头经过多次(目前设定5次)检测仍然未能锁定指定频率,则判定本次搜索失败;如果频率锁定,则输出36MHz中频信号。最后,信道解调解码芯片根据输入的信号自动侦测码率、调制模式和保护间隔的长度等参数。本系统通过多次(目前设定9次)检测以保证侦测的成功。

6.3 频道搜索的关键技术——TS码流解复用

前面提到频道搜索过程中的第2个核心问题是TS码流的解复用,它是一个极其复杂的过程,本节简单介绍其基本原理。

TS码流是MPEG-2系统层定义的码流之一,TS码流除了携带视、音频等播放数字电视所必须的信息外,还携带节目特殊信息(PSI)。PSI信息是解复用的依据。

PSI包括所有使解码器能进行解码的多路解调的规格化数据和私有数据。在传送流中,PSI被分为4类标准结构,即节目关联表(PAT),其相应的PID值为0X0000;节目映射表(PMT),其没有固定PID值;网络信息表(NIT),其相应PID值为0X0010;条件访问表(CAT),其相应PID值为0X0001。PSI的关键在于一个完整而有效的PAT,PAT给出了各路节目的节目号以及查找该路节目所对应的PMT所需的节目映射PID。PMT中含有基本流ES的类型(视频、音频等)及其相应的PID^[6]。

上面介绍了PAT信息和PMT信息之间的关系,解复用的关键正是利用了PAT信息和PMT信息之间的关系。在本系统的设计中:首先,根据携带PAT信息的TS包的PID值是固定的(0X0000)原理提取包含PAT信息的TS包,解析PAT得到携带PMT信息的TS包的PID值;其次,根据得到的PID分别解析出该路节目携带的各种码流的PID值;最后,把这些解析出来的各个节目的各路码流的相关信息存进数据库。这里介绍了解复用的基本原理,实际编程操作要复杂得多。由此可见,PAT和PMT是解复用的必要信息,PSI的其它信息则不是必要的。

用户要播放某个节目时,系统根据该节目的PID等信息,滤出相应的码流,该码流经过硬件解码得到

视、音频等信息,从而实现数字电视的播放.

7 结论与展望

本文设计的移动数字电视机顶盒,在缺乏设备和技术支持的条件下,依靠团队的努力成功地播放了地面数字电视.本系统在设计过程中,采用了创新的方法,使频道搜索速度和频道切换速度大为提高,这也是本系统的优势所在.当然,本系统还存在一些缺陷,例如,菜单所使用的图片大部分是原始位图,图片数据很大,读取图片时影响了系统的反应速度.若能采用先进的压缩算法,减小图片的容量,将使本系统反应速度更快.

参考文献:

- [1] 赵坚勇. 数字电视技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
- [2] 杨建华. 数字电视原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [3] 刘达, 龚建荣. 数字电视技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 北京凌讯华业科技有限公司, 清华大学. DMB TH 地面数字电视传输技术[OE/OL]. 2006-05. <http://share.eepw.com.cn/share/download/id/168>.
- [5] 王卉. 基于 DMB TH 的数字电视机顶盒 EPG 的设计与实现[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2008, 46(1): 55-58.
- [6] 何晓成. 新一代数字高清晰度电视机顶盒系统软件的研究与实现[D]. 天津: 天津大学, 2004.

The Design of Mobile Digital TV Set-top Boxes

ZHENG Zhi yong, CHENG En*

(Key Laboratory of Underwater Acoustic Communication and Marine Information Technology

(Xiamen University), MOE, Xiamen 361005, China)

Abstract: Nowadays, the cable TV is already universal, but mobile digital TV is still in the development stage. In this paper, DMB-TH terrestrial digital TV set-top boxes are studied. Firstly, this paper introduces the hardware design module. The main chip is STM5105 which is produced by ST. It has high frequency and reaction speed. Secondly, this paper introduces the software design which includes infrared receiving module, OSD module, channel searching module, demultiplexing module and so on. Using the innovative technique such as the rapid detection of the feedback signals sent by the channel searching module and mandatory rapid exit from the channel searching module, the channel searching speed and the channel switching speed are greatly improved. As a result, the set-top boxes designed in the paper can be successfully used to broadcast the terrestrial digital broadcast television.

Key words: DMB-TH; terrestrial digital TV; channel searching