

# 数字电视时钟恢复和减小 PCR 抖动影响的方法

· 论文 ·

王 妍, 杨 波

(北京邮电大学 信息与通信工程学院, 北京 100876)

【摘 要】讨论了 MPEG-2 标准中 PCR 字段在数字电视接收系统中的作用和本地时钟的恢复方法,提出了一种基于数字电视芯片 PLM3K 平台的系统时钟恢复和减小 PCR 抖动影响的软件解决方案,具有较高的工程应用价值。

【关键词】时钟恢复;PCR 抖动;数字电视芯片;MPEG-2 标准

【中图分类号】TN945

【文献标识码】A

## Solution for Clock Recovery and Reducing Effect of PCR Jitter in Digital TV

WANG Yan, YANG Bo

(School of Information and Communication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

【Abstract】Based on the standard of MPEG-2, the use of PCR and method of clock recovery in Digital TV receiver are discussed. A solution for clock recovery and reducing the effect of PCR jitter are presented based on digital TV chip PLM3K platform, the solution has high value in engineering application.

【Key words】clock recovery; PCR jitter; digital TV chip; MPEG-2 standard

## 1 引言

为了实现数字电视系统中的实时解码、播放和音视频同步, MPEG-2 标准规定在编码端采用一个公共的系统时钟参考<sup>[1-2]</sup>。在传输流的 TS、PES 和 ES 3 个不同的码流层次中规定了不同的时间信息字段,通过这些字段的联合作用来完成接收端的实时解码和同步,依次是节目时钟参考(Program Clock Reference, PCR)、解码时间戳(Decode Time Stamp, DTS)和显示时间戳(Presentation Time Stamp, PTS)以及 VBV\_Delay 域。

PCR 字段有着关键的作用,因为解码端解码时首先需要利用 PCR 字段完成本地系统时钟恢复,进而借助 DTS 和 PTS 使音视频的解码与播放达到同步状态。然而传输网络的延迟和抖动、节目切换、节目再复用等因素会造成 PCR 抖动,直接影响到音视频的解码及同步性能。由此可见,时钟恢复和减小 PCR 抖动影响是数字电视系统中音视频同步的关键所在,也是工程应用中的一个难题。

笔者在分析基本的本地系统时钟恢复原理和 PCR 抖动成因之外,介绍了数字电视芯片 PLM3K 平台的时钟恢复和减小 PCR 抖动影响的方案,该方案具有较高的工程应用价值,且已成功商用化。

## 2 本地系统时钟恢复

一般来说,接收端的本地系统时钟恢复有 2 种方法:锁相环法和异步置数法。MPEG-2 标准介绍了锁相环法,即接收系统通过相位锁定环(Phase Locked Loop, PLL)来恢复系统时钟,该法是经典的时钟恢复方法,输出的时钟频率和编码端严格匹配,但也有部分接收系统采用独立生成的系统时钟,时钟频率和编码端并不严格匹配,随着时间的推移,会引起系统的误差积累,因此在必要之时需要通过 PCR 字段更新系统时钟的计数器来校正系统时钟,这就是异步置数法。

### 2.1 锁相环法

锁相环法的原理图如图 1 所示。

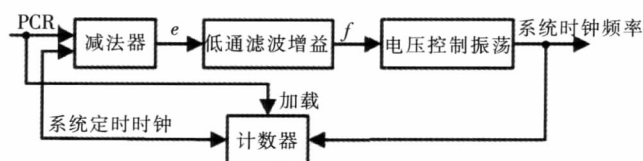


图 1 锁相环法原理框图

其基本工作原理是:当一个新节目开始,第一个 PCR 被载入计数器,其后是 PLL 闭环操作。在每个 PCR 达到解码器的时刻,它的值与当前计数器值作比较,差值为一个数值,一个部分以 90 kHz 为单位,另一个部分

以 27 MHz 为单位。该差值被线性化到单个的数值空间,通常以 27 MHz 为单位,称为  $e$ ,  $e$  值序列输入到低通滤波增益。该阶段的输出是一个控制信号  $f$ , 用于控制压控晶振的瞬时频率。压控的输出是一个标称值为 27 MHz 的振荡信号,即可用作本地的系统时钟,同时该时钟输入到计数器中生成当前的计数值。

## 2.2 异步置数法

异步置数法的基本原理图如图 2 所示。

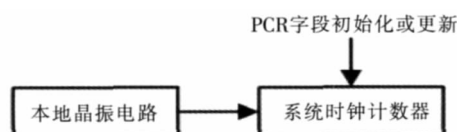


图 2 异步置数法原理框图

可以直接恢复本地 27 MHz 的系统时钟,该法比锁相环法简单,但时钟精度却比不上锁相环。因此,必要时需要用 PCR 字段更新系统时钟计数器,以此校正系统时钟的频率偏差。

## 3 PCR 抖动的原因及影响

网络或传输流在复合器使从编码器或存储系统到解码器的数据传输延迟不同,将导致 PCR 值和实际接收值之间产生差异,这就是 PCR 抖动。

PCR 抖动会影响到本地系统时钟的恢复,在锁相环法中会延长锁定时间甚至无法锁定;在异步置数法中会导致系统时钟计数器的数值错误,进而导致解码缓冲区发生上溢或下溢以及音视频不同步等现象。PCR 抖动产生的原因大致有 2 种:网络传输和再复用。

1) 对于网络传输引起的情况。实际的网络存在传输时延和时延抖动、媒体共享系统队列延迟或网络存取时间变化,接收端收到的 PCR 具有可变延迟,这种 PCR 抖动范围较小,持续时间较短。

2) 对于再复用情况。传输流数据分组的顺序和相对位置发生变化,因此 PCR 位置的改变会使原先正确的 PCR 值不再正确,并没有反映它们经过一定的延迟后被传送的时间,这种 PCR 抖动范围较大,持续时间长。

减小 PCR 抖动影响的方法<sup>[3-6]</sup>有增大解码缓冲区来扩大 PCR 抖动的范围、对 PCR 进行常量基础之上的校正和结合时钟恢复的具体方案来选择适合实际平台的具体方案等。

## 4 时钟恢复及减小 PCR 抖动方案

PLM3K 是一款高清数字电视芯片,它通过硬件方法独立生成系统时钟,并通过软件方法利用 PCR 字段校正时钟精度和减小 PCR 抖动的影响,原理框图如

图 3 所示,硬件和软件的“沟通桥梁”是 2 个寄存器:STC 计数器和 PCR 寄存器。STC 计数器对本地独立产生的系统时钟进行周期计数;PCR 寄存器存储并更新接收到的 PCR 字段。具体流程图如图 4 所示。

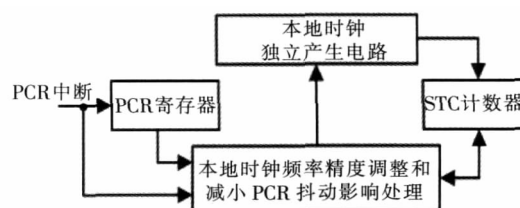


图 3 时钟恢复原理框图

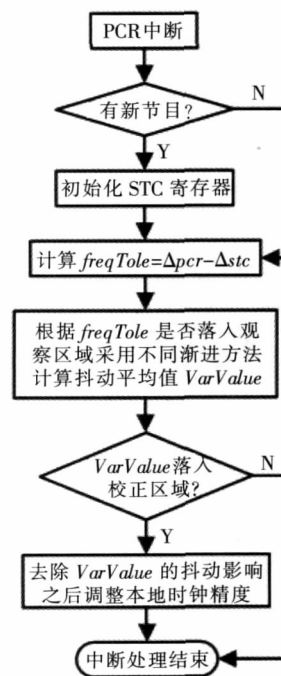


图 4 方案流程图

当一个新节目开始或者节目中插播广告等其他流节目,或从插播中回到原始节目,用 PCR 寄存器中的值初始化 STC 寄存器。

PCR 寄存器在前后相邻 2 个 PCR 字段的差值与 STC 寄存器差值的差值  $freqTole$  在某种程度上反映了 PLM3K 自主产生的时钟频率与编码端的系统时钟的偏差以及 PCR 的抖动情况。笔者采用渐进法的思想在前一次 PCR 抖动平均值  $VarValue$  的基础上计算新的 PCR 抖动平均值,当  $freqTole$  落入观察区域,则计算更新  $VarValue$ ;而  $VarValue$  一旦落入校正区域,即对本地时钟频率进行校正。观察区域和校正区域如图 5 所示。

本方案对时钟的校正不仅会更新 STC 寄存器,也会对系统时钟的频率精度进行反馈微调。-810~+810 Hz 频段共等分为 30 段,频率间隔均是 54 Hz,因此频率调节共分 30 挡。在去除  $VarValue$  表征的 PCR 抖动影响

(下转第 19 页)

处),可以看作是帧内信息发生错误,只要不是连续错误或不起决定作用,同样继续解析。这个错误通过 CRC\_32 可以得到部分纠正。



图5 网络信息表错误的解析结果(截图)

## 4 小结

笔者设计的有限自动机能较好地处理 CMMB 解复用接收到的错误码流,用 C 代码实现后,通过仿真测

试分析,能满足 CMMB 码流解析的要求。由于是采用 C 代码实现的,该方法的灵活性非常好,改变参数或者用于其他系统都非常方便,代码的升级或者优化也比较容易。

## 参考文献:

- [1] CMMB 研究工作组. GY/T 220.2——2006 中国广播电影电视行业标准号. CMMB 复用[S]. 2006.
- [2] CMMB 研究工作组. 移动多媒体广播 第二部分:复用实施指南[S]. 2007.
- [3] 谭泽富,雷国平. CMMB 系统中码流解复用的设计和实现[J]. 电视技术, 2009, 33(9): 66-69.
- [4] ZHANG Xiaowei, LI Yongming. Intuitionistic fuzzy recognizers and intuitionistic fuzzy finite automata [J]. Soft Computing—A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications, 2009, 13(6): 611-616.
- [5] 张峰,秦志光. 基于有限自动机的网络攻击系统研究[J]. 计算机科学, 2002, 29(9): 160-162.
- [6] LOSKUTOV A I, OBRUCHENKOV V P, SOKOLOV S M, et al. An algorithm for evaluating the state of input-and-output-open systems modeled by finite automata in the course of testing complex objects [J]. Automatic Control and Computer Sciences, 2008, 42(2): 77-82.
- [7] CHAMPARNAUD J M, OUARDI F, ZIADI D. Normalized expressions and finite automata[J]. International Journal of Algebra and Computation, 2007, 17(1): 141-154.

## 作者简介:

雷国平(1983-),助教,主要研究方向为信号处理等;

谢小维(1955-),副教授,主研电子技术等;

谭泽富(1969-),教授,主要研究数字信号处理等。

责任编辑:丁雪

收稿日期:2010-04-09

(上接第15页)

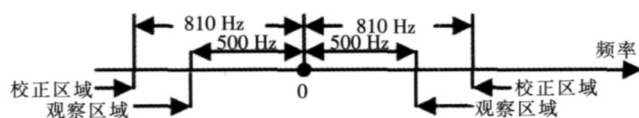


图5 观察区域和校正区域示意图

后,可计算出期望频率与实际频率的差值落在哪个区域中,进而计算出精细的频率校正值,重新设置相关寄存器,从而到达校正系统时钟频率的效果。

## 5 小结

在 PLM3K 平台上经过多次实验、数据分析及大量的测试,笔者提出的时钟恢复和减小 PCR 抖动影响的方案具有较好的效果和稳定的性能,音视频的播放平滑,同步效果较好,肉眼和耳朵没有明显不适,目前方案已投入商用。

## 参考文献:

- [1] ISO/IEC 13818-1, Generic coding of moving picture and associated audio: systems[S]. 1994.
- [2] 王娟,徐元欣,刘文华,等. 数字电视系统中的时间恢复和音视频同步[J]. 中国有线电视, 2004(11): 17-19.
- [3] 邬震宇. 数字电视接收机减小 PCR 抖动影响的解决方法[J]. 电视技术, 2005, 29(4): 46-47.
- [4] 杜邓宝,潘长勇. 数字电视传输系统中 PCR 抖动的校正分析与实现[J]. 电视技术, 2005, 29(7): 47-50.
- [5] 秦娟,吴琪,宣玉栋,等. 数字电视 PCR 分析及校正实现[J]. 现代电视技术, 2008(1): 47-48.
- [6] 苏泉,黄伟,李和平. 数字电视接收中 PCR 的作用及参数分析[J]. 有线电视技术, 2009, 16(4): 85-90.

## 作者简介:

王妍,女,硕士生,主研数字电视、网络传输等;

杨波,副教授,主研数字电视、移动多媒体通信、数字图像处理。

责任编辑:孙卓

收稿日期:2010-02-23