

一种消除时钟漂移的缓冲器深度计算方法

刘正春, 闫英敏, 王勇

(军械工程学院 电气工程系, 河北 石家庄 050003)

摘要: 在SDH通信系统中, 通常都是使用缓冲存储器, 保障时钟的同步及其数据流的平衡问题。为了使缓存正常工作, 避免上溢或下溢现象, 必须选择合适的缓存深度。根据实际网元应用, 提出了计算合适缓冲存储器深度的方法, 以避免缓冲存储器的滑动损伤。

关键词: SDH; 缓冲存储器; 下溢; 缓存深度

中图分类号: TP344

文献标识码: B

A method of calculating buffer depth to eliminate clock excursion

LIU Zheng Chun, YAN Ying Min, WANG Yong

(Dept. of Electrical Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In the SDH communication system, the problem of clock synchronization and the problem of data flow balance are usually solved by using buffer memory. A proper depth of buffer must be set for keeping buffer working normally and preventing buffer from overflowing downward or upward. According to actual network element application, a method of calculating the proper buffer depth is put forward to avoid the sliding transmission impairment of buffer.

Key words: SDH; buffer memory; overflowing downward; buffer depth

在SDH信号的传输中, 总是存在着抖动和漂移两大噪声。高频抖动会导致传输误码, 但是一般不会积累^[1]。消除高频抖动的方法有很多, 除了采用各种屏蔽措施, 增强设备的抗干扰性能外, 还可以采用检错及纠错等算法。低频抖动不会直接导致误码, 但会积累。当接收到带有低频抖动的数字信号时, 传输设备中的时钟恢复电路能跟踪其相位变化, 从而消除低抖。

漂移幅度变化虽慢, 但长期积累可能高达1000UI。通常传输设备采用缓冲存储器来吸收漂移, 只要用高质量(漂移小)时钟读出, 就可以去掉写入时钟的漂移, 这就是所谓的“水库法”^[2]。但是缓存的深度太小, 大的漂移会使缓存溢出, 造成滑动损伤; 深度太大又会造成存储资源的浪费。本文提出了一种计算缓存深度的方法, 旨在避免缓冲存储器的上溢或下溢, 消除缓冲存储器滑动损伤。

1 理论分析

在数字传输设备中, 时钟恢复电路从接收到的信

号中抽取定时时钟, 即跟踪接收信号的频率和相位, 以便尽可能对准时隙(数据)中央取样。

对于一个SDH网元设备, 设其多支路的输入时钟(基准时钟)波形分别为 $S_i = A_i \sin(\omega_i t + \phi_i)$, 如果从输入信号中提取采集时钟或采用网络基准更高的线路时钟作为采集时钟, 设其波形为 $S_0 = A_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0)$, 传输漂移使得 $f_i \neq f_0$ 。为了采集稳定的数据, 尽可能对准时隙(数据)中央取样, 即发送设备在时钟上升沿(下降沿)输出数据, 接收设备在时钟下降沿(上升沿)接收数据, 如图1所示。其中CLK_i、DATA_i为支路*i*的输入时钟与输入数据, CLK_o、DATA_o为设备的采集时钟与采集数据。 $\Delta \omega = |\omega_0 - \omega_i|$ 由频率偏差 Δf 造成, $\Delta \phi = |\phi_0 - \phi_i|$ 由相位偏差造成。

当采集频率 $f_0 < f_i$ 时, 会出现数据丢失的现象。如图1所示, 26 ns ~ 36 ns所跨越的1个周期内, 没有采集上升沿, 所以数据0x03丢失了。

技术与方法 Technique and Method

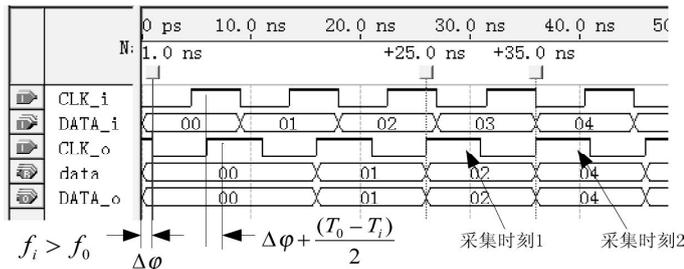


图1 采集频率过小丢失数据的现象

当采集频率 $f_0 > f_i$ 时，出现数据重复的现象。如图2所示，45 ns ~ 55 ns 所跨越的1个周期内，有2个采集上升沿，所以数据 0x05 重复采集了。

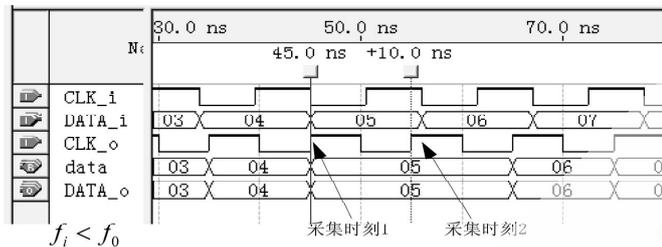


图2 采集频率过大重复采集数据的现象

对于连续的数据丢失或数据重复，可运用缓存来缓解，但是如果缓存深度选择不合适，便会造成缓存的上溢或下溢，所以选择缓存存储器合适的深度成为消除以上现象的一个关键因素。

以输入时钟为基准时钟进行分析，如图1，在第1个周期，采集时钟相对于输入时钟滞后了 $(T_0 - T_i)/2$ ，从第2个周期开始，每个周期采集时钟都相对于输入时钟滞后 $T_0 - T_i$ 。由于输入数据同步于基准时钟，当采集时钟的偏移积累达到一定程度时，即采集上升沿相对于基准时钟滞后 $(T_i/2 - \Delta\phi/w_i)$ 时，就会丢失1个数据，设该时间段对应 n_0 个正确传输的码字。其计算公式为^[3]：

$$n_0 = RU \text{int} \left[\frac{(T_i/2 - \Delta\phi/w_i)}{T_0 - T_i} + 1 \right] \quad (1)$$

在丢失第一个数据之后，每次当采集时钟的偏移积累达到 $T_i/2$ 时丢失1个数据，设该时间段对应了 n_1 个正确传输的码字。其计算公式为^[3]：

$$n_1 = RU \text{int} \left[\frac{T_i/2}{T_0 - T_i} + 1 \right] \quad (2)$$

式(1)和式(2)经过化简后为：

$$n_0 = RU \text{int} \left[\frac{(\pi - \Delta\phi)f_0}{2\pi\Delta f} + \frac{1}{2} \right] \quad (3)$$

$$n_1 = RU \text{int} \left[\frac{T_i}{T_0 - T_i} \right] = RU \text{int} \left[\frac{f_0}{\Delta f} \right] \quad (4)$$

其中， $RU \text{int}[]$ 表示只入不舍取整， $\Delta\phi = \phi_0 - \phi_i$ ， $\Delta f = f_i - f_0$ 。

从以上分析知，每传输 n_i 个码字就会出现1个误码。也就是说，如果缓存器深度为1，则传输 n_0 个码字就会

出现上溢或下溢；如果深度为2，则传输 $n_0 + n_1$ 个码字就会出现上溢或下溢；如果深度为3，则能传输 $n_0 + 2n_1$ 个码字……如果深度为 m ，则能传输 $n_0 + (m-1)n_1$ 个码字。用公式表达为：

$$f(m) = n_0 + (m-1)n_1 \quad (5)$$

公式3、4的推导过程中，假设 f_i 与 f_0 的频率差保持不变。实际上输入时钟 f_i 会以 f_0 为中心来回缓慢漂移，始终保持 $\overline{f_i} = f_0$ ，即 $\overline{\Delta f} = 0$ 。当然若 $\Delta f = 0$ ，就不需要缓存， Δf 越大， m 值就越大。这里以 $\max(\Delta f)$ 来推导。

2 实际分析

基准时钟 $S_0 = A_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0)$ ，经过SDH网络抖动和漂移两大噪声的干扰后，成为各支路时钟 $S_i = A_i \sin(\omega_i t + \phi_i)$ 。由于时钟的恢复电路特性：系统的高频抖动几乎不积累，而低频抖动和漂移一般都会积累^[4]。所以引起缓存上溢或下溢的是低频抖动和漂移。例如，传输光纤白天受热变长，时延增加，信号迟到，相位滞后；夜间受冷变短，时延减少，信号早到，相位超前。

SDH网对SDH设备时钟（SEC）的主要特性是有所规定的：相对于一个跟踪于G.811基准时钟的频率基准，自由运行状态下的SEC输出频率准确度应优于 $\pm 4.6 \times 10^{-6}$ （测试时间暂定一个月）^[5]。

选定一个高稳定的标称频率作参考基准，实际频率偏离标称频率的程度叫频率准确度，一般用相对频率偏差 Δf 来表示（对于不同的网元， Δf 的标准根据具体情况来定）。

设 $\Delta\phi = 0$ ， $\Delta f = \pm 4.6 \text{ppm}$ ，则经过 n_0 个码字就会出现上溢或下溢，时间为 $t_0 = n_0 T_0$ ，将公式(3)代入算出 $t_0 = 1.869 \times 10^5 \text{s} = 30.2 \text{h}$ ，之后经过 n_1 个码字就会出现上溢或下溢，时间为 $t_1 = n_1 T_0$ ，代入公式(4)得到 $t_1 = 60.4 \text{h}$ 。

以总时间为平衡列出方程式得：

$$1 \text{月} = 30 \text{d} \times 24 \text{h} = t_0 + t_1 N,$$

求出 $N=12$ 。

即缓存的深度 $m=13\text{B}$ 。

该公式是假设 Δf 一直为最差情况 $+4.6 \text{ppm}$ 或 -4.6ppm 来计算的。而实际上，1个月之内 Δf 徘徊于 $\pm 4.6 \text{ppm}$ 之间。所以 $m=13\text{B}$ 完全可以保证缓存的正常使用。

3 具体应用

实际应用中， Δf 与 $\Delta\phi$ 对不同的系统所起的作用是不同的。如图3和图4所示的两种网元系统。

对于图3所示系统， Δf 与 $\Delta\phi$ 都要有所考虑。从公式(3)中可以看出， $\Delta\phi$ 的影响是不积累的，只在它出

(下转第54页)

现初期影响 n_0 的值; Δf 的影响是长期积累的, 它在计算系统缓存深度时起着决定性的作用。

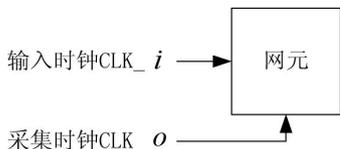


图3 Δf 起决定作用的网元系统

对于图4所示系统, 系统的处理模块设置有16个缓存, 输入时钟是支路恢复时钟 CLK_i , 采集时钟是线路恢复时钟 CLK_o 。

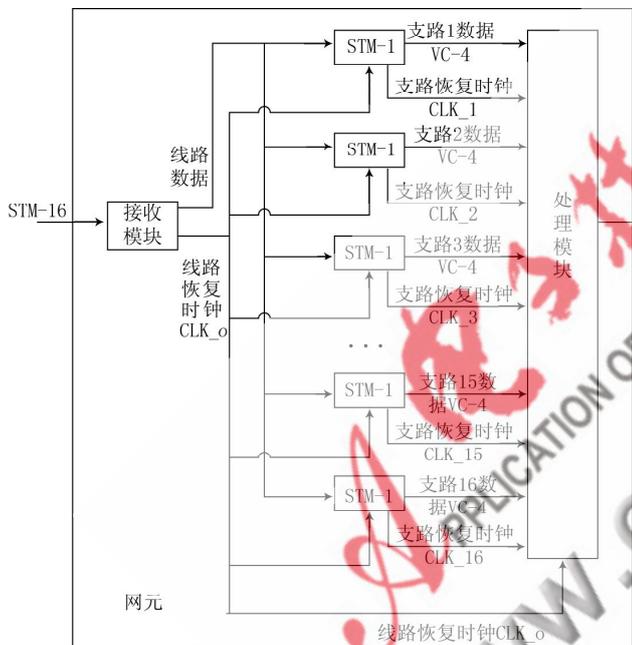


图4 $\Delta \phi$ 起决定作用的网元系统

STM-1 模块, 支路恢复时钟 $CLK_i (i=1\sim 16)$ 是从线路恢复时钟 CLK_o 中提取出来的, 即输入时钟 CLK_i 与采集时钟 CLK_o 是同源时钟。而且 CLK_i 并没有经过外部 SDH 网络传输, 相对于 CLK_o 的变化仅来自于系统内部

噪声, 而内部噪声引起的往往是高频抖动, 不会产生积累。而且 f_i 是跟踪 f_o 变化的。所以, Δf 对该系统的影响是微小的。

但是, 支路恢复时钟 CLK_i 除了从线路恢复时钟 CLK_o 中提取, 还受到指针 $\Delta \phi$ 调整的影响。具体分析可知, 模块 STM-1 的指针种类为 AU-4, 步阶为 3B。模块 STM-1 每进行 1 次负 (正) 指针调整, 输出净荷 (VC-4) 在 AU-4 中的位置将向前 (后) 移动 3 个 B, 即相位突然增加 (减少) 3UI ($\Delta \phi = \pm 3UI$)。

在具体应用中知道, 每帧支路数据最多进行 1 次指针调整, 且处理模块对每帧数据进行实时处理, 故每个 STM-1 模块的缓存深度设为 6B 即可。

在 SDH 网络设备中, 设备时钟必须满足一定的性能要求, 通过这些性能要求, 就可以得到网络时钟的抖动和漂移范围, 由此可以用公式 (3) 和公式 (4) 算出产生丢失或重复数据的时间周期, 然后以时间作为平衡点列出方程式, 求出合适的缓存深度 m 。

参考文献

- [1] 邓忠礼. 光同步传送网和波分复用系统[M]. 北京: 北方交通大学出版社, 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 李文海, 邓忠礼. 数字通信基础及光数字传输技术[M]. 北京: 北京交通大学出版社, 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH) ITU-T G.707(国际标准文档).

(收稿日期: 2009-03-18)