

# 不同操作速率数字系统间的 数据传输

钱神恩 李树秋

(应用光学国家重点实验室)

**摘要：**用数据缓冲隧道方法解决了数字系统中不同操作速率模块之间的数据传输问题。这种数据缓冲隧道既可用于均匀速率数据流的传输，又可用于随机速率数据流的传输，传输过程中可保持数据流的次序不变。这种方法操作简单，运行可靠，已在大型数字系统中取得了良好的应用效果。

## 一、引言

在数字系统中，特别在由多个运算、处理模块构成的大型数字系统中，在进行不同功能模块间的数据传输时，常常会因为两个模块的数据输入、输出速率不同而使数据传输难以进行。有些模块由于其运算、处理功能或被处理的源数据的特性，数据的输入、输出速率往往是随机变化的，这就使得两个模块间的数据传输变得更加困难。不同操作速率模块间的数据传输是数字系统中经常遇到的问题，研究提出一种简便可靠的用于两个不同数据率模块间数据传输的方法是十分必要的。本文介绍一种数据缓冲隧道方法，这种数据缓冲隧道能很好地连接两个不同操作速率的模块，不仅可满足数据率为恒定的两个不同数据率模块间的数据传输，而且还可用于数据率为随机的数据传输。下面先介绍数据缓冲隧道，然后讨论两种不同类型数据输出模块的数据传输，最后给出这种方法的应用结果。

## 二、数据缓冲隧道

要进行两个不同数据率模块间的数据传输，若能找到一种能以不同的速率输入、输出，并具有足够缓冲伸缩能力的中间界面，就能实现数据传输。图1是我们设想的这种中间界面示意图。

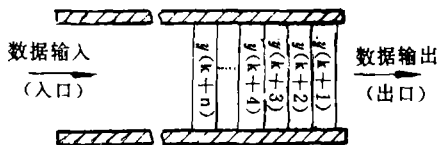


图1 数据缓冲隧道示意图

由于形状象隧道，故我们称之为数据缓冲隧道。若将隧道的入口和出口分别接两个不同数据率的输出、输入模块，并以各自的速率将数据送入隧道和从隧道中读出，先从入口进入隧道的数据先从出口出来，这样的数据隧道具有数据传输的次序不变性，隧道具有足够的长度，当进入数据多于取出数据时，数据先在隧道中暂留，这样的隧道还具有缓冲能力。

为了实现上面假设的数据缓冲隧道，需将这种数据缓冲隧道转换成相应功能的硬件电

路：

1. 为实现隧道数据传输的次序不变性，要求实现电路的存贮体对顺序写入的数据应能按写入次序读出，即“先进先出”，这实际上是一种顶端入，底端出的开放型“栈”；
2. 能独立地以相连模块各自的数据率时钟将传输数据写入缓存区和从中读出；
3. 为实现数据缓冲隧道长度的缓冲功能，数据缓存区应有足够的存贮空间，但缓存空间太大势必使硬件电路复杂，增加硬设备投资；
4. 应能提供缓存区状态信息，以便控制电路判断、监视电路显示缓存区的“空”、“满”、“溢出”等状态；
5. 设置数据传输控制电路，依据缓存区状态控制数据输入、输出、控制电路简单、可靠。

图2是按上述要求设计的数据缓冲隧道实现电路原理图。由控制逻辑，读、写、地址环形计数器，地址比较器和缓存体RAM组成。初始化时由清除负脉冲将写地址和读地址环形计数器清零，使写、读地址指针均指向零，打开写时钟控制门，关闭读时钟控制门，因为这时缓存区中无数据，读出数据是无效的。当写时钟脉冲升起时，将传输数据写入到写地址环形计数器指示地址的RAM中去，然后写地址指针循环递增。这时因为缓存区中已有数据，允许读出电路读取，应打开读出时钟控制门。在缓存区中无数据读出时钟控制门关闭时，读出时钟不起作用。在读出时钟控制门打开情况下，至读出时钟升起时将读地址环形计数器指示地址的RAM中的内容读出，然后读地址环形计数器循环递增，指向下一个地址。这种结构的写入和读出方式实现了缓存区的“先进先出”功能，保证了数据缓冲隧道的数据传

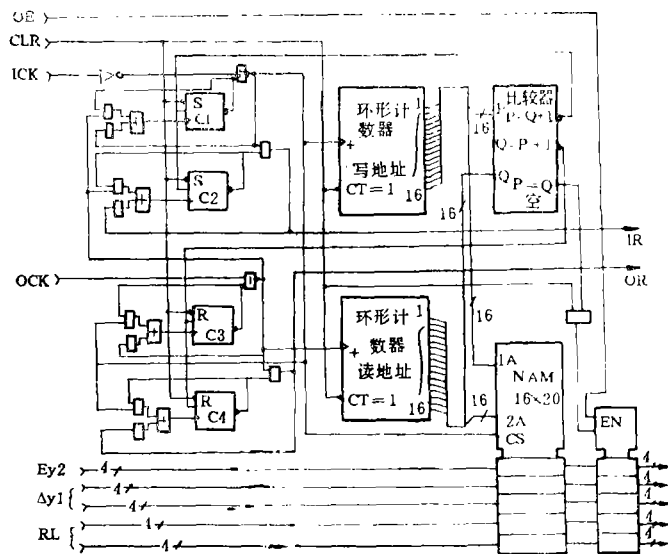


图2 数据缓冲隧道实现原理图

输的次序不变性。

在数据传输过程中，当某时刻写、读地址计数器计数值相同时，则表示该时刻之前输入数据缓冲隧道的数据与输出的数据数量相等，缓存区正好读“空”，这之后的操作情况与初始化后的情况相同；当某时刻输入到数据缓冲隧道的数据比输出数据多到缓存区存贮容量的数目时（图2中缓存区的容量为16字，每个字长16bit），这时缓冲隧道正好装“满”，若再继续输入数据就会发生“溢出”，这时比较器发生控制脉冲，封锁写时钟控制门，使数据输入时钟无

效。在数据缓冲隧道中无数据的情况下，由于这时输出时钟控制门封锁，读出时钟不起作用，若仍从中读原数据就会产生读“空”现象，在数据传输中“溢出”和“读空”都将导致数据传输错误。缓存区“满”是溢出的临界状态，也应避免。

实际上，在数据传输时，对于数据输出模块只需知道数据缓冲隧道“满”与否的状态即可，若“不满”就一直可以往缓冲隧道输入数据；而对于数据输入模块只需知道缓冲隧道“空”与否的状态即可，若“不空”表示缓冲隧道中有数据，就可一直从中读取数据。为使缓冲隧道的数据传输操作可靠简单，我们在电路设计中提供了表征缓存区“不满”的IR标识和表征缓存区“不空”的OR标识。当写入时钟ICK未升起（为低电平），IR为高电平表示缓存区“不满”；当读出时钟OCK未升起（为高电平），OR为高电平表示缓存区“不空”。数据输出模块在向数据缓冲隧道输出数据之前，先判断一下IR，若IR为“高”就送入一个数据，反之，暂停送入数据；数据输入模块从数据缓冲隧道读取数据之前，先判断一下OR，若OR为“高”就发出一个OCK时钟读出一个数据，反之，等待，直到缓存区中有数据时再读。这种招呼方式的数据传输具有很大的可缓冲性。监视电路可通过判别IR、OR这两个标识来显示数据缓冲隧道的状态。

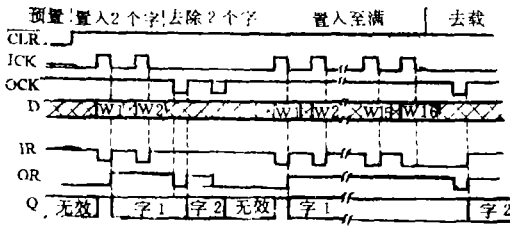


图3 数据缓冲隧道数据传输操作时序

图3所示是数据缓冲隧道数据传输的时序图。清除脉冲CLR从高水平向低电平转换时将内部栈控制计数器复位，IR置成高电平，OR置成低电平，指示允许输入数据，读出数据无效。在IR为高电平时，写入时钟ICK的下降沿将数据写入缓存区；在OR为高电平时，读出时钟OCK的上升沿从缓存区中读出数据。

### 三、两种类型的数据传输操作

在不同操作速率模块间数据传输中，一般有两种类型数据输出模块。第一种类型是其输出数据是可控的，即可根据需要人为地控制发出一个输出数据，或数据输出模块本身带有暂存器，传输数据已存于暂存器中，根据需要控制数据输出。对于这一类数据输出模块的数据传输只需根据设置的缓存区“不满”标志IR就可控制数据向缓冲隧道的输入传输，操作十分方便，不会发生溢出。

第二种类型是数据输出模块输出数据是不可控的，或数据输出模块不带有暂存器，产生一个数据即刻输出。对于这一类数据传输，每输出一个数据必须立刻送入数据缓冲隧道，当送入数据缓冲隧道的数据比从中取出的数据多到缓存区容量值时，就会发生“溢出”，造成数据传输错误。对于这种类型的数据输出模块缓存区溢出与输出数据率有关，当数据率为随机变化的情况与其平均速率、峰值速率及持续时间有关。此外还与数据缓冲隧道读出数据率和缓存区容量有关。一般来说输出模块数据率越低读出速率越高，缓存区容量越大，溢出的可能性就越小。

为定量地分析第二类数据传输缓存区溢出情况，设缓冲隧道平均输入数据率为 $\bar{r}_i$ ，读出速率为 $r_o$ ，缓存区容量为 $s$ ，显然要保证不发生溢出首先应该满足：

$$\overline{r_i} \leq r_o \tag{1}$$

即写入缓存区的平均数据率不能大于从缓存区读出数据的速率。对于数据输出模块输出数据率为随机变化的情况，为防止数据缓冲隧道输入数据瞬间高速率而发生溢出还应满足：

$$t (r_{i \max} - r_o) \leq s \tag{2}$$

其中  $r_{i \max}$  为缓冲隧道输入数据的峰值速率， $t$  为峰值速率的持续时间，缓存区的容量由式 (2) 决定。在  $r_o$  确定时， $r_{i \max}$  越大，持续时间越长，需要的存贮容量越大。对于第二类数据传输，为保证缓存区不溢出，当缓冲隧道输入数据率为恒定时只需满足式 (1) 即可；当缓冲隧道输入数据率为随机变化时还需同时满足式 (2)。

### 四、实验结果

我们用硬件实现了图 2 所示的数据缓冲隧道，并在成像光谱仪机载实时数据压缩系统中得到了应用<sup>[1]</sup>，取得了良好的效果。

成像光谱仪 (Imaging Spectrometer) 是新一代的空间遥感探测器<sup>[2]</sup>，成像光谱仪机载实时数据压缩系统是为在空间机上在线降低过高的原始数据率而研究的。原始测量数据在往地面发送之前，先在空间进行实时的数据压缩，去除大量的冗余信息，大幅度地降低原始数据率。为达到尽可能高的系统压缩比对压缩后的数据在机上再进行高效实时编码，之后再往地面发送<sup>[3]</sup>。由于原始测量数据是随空间运载器的飞行而变化的，压缩后输出数据率是随机变化的，每产生一个压缩结果即刻输出，属前面讨论的第二类传输数据。而后续编码模块则以另一个独立时钟对压缩后数据编码，每编完一个压缩字输入一个字，输入数据率基本上是恒定的。这样的两个运算处理模块，若不经数据缓冲隧道，数据是无法传输的。图 4 是带有数据缓冲隧道的成像光谱仪机载实时数据压缩系统框图<sup>[4]</sup>。

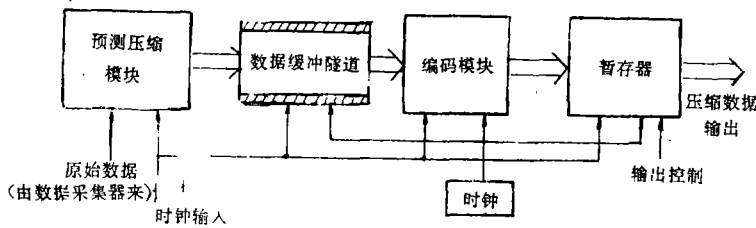


图 4 带有数据缓冲隧道的成像光谱仪机载实时数据压缩系统框图

经对 21 种典型原始数据压缩实验，测得数据压缩模块输出数据的平均速率为  $\overline{r_i} = 470 \sim 710 \text{kHz}$  与被压缩原始数据统计特性有关，峰值输出数据速率  $r_{i \max} = 2 \text{MHz}$ ，持续时间一般不大于  $25 \mu\text{s}$ ，编码模块数据输入速率为  $r_o = 1.54 \text{MHz}$ ，显然，满足  $\overline{r_i} \leq r_o$ ，可以算出所需的最小缓存区容量：

$$s \geq t (r_{i \max} - r_o) = 11.5 \text{ (字)}$$

实际系统中我们取缓存区容量为 16 字。在成像光谱仪机载实时数据压缩系统中由于采用了这种数据缓冲隧道，很好地解决了数据压缩模块随机输出数据流向编码模块的传输，整个系统运行可靠，实验中未发生一次因缓存区溢出而造成的传输错误。

## 五、结 论

数据缓冲隧道是一种用于两个不同数据率数字系统间数据传输的中间缓冲接口，能够协调两个操作时序不相容系统的数据传输操作，传输过程能保证原数据流的次序不变。对于第一类数据输出模块只需根据数据缓冲隧道提供的缓存区“不满”状态，即可进行数据输出传输操作；对于第二类数据输出模块在数据输出传输过程中，只要满足式(1)、(2)即可保证数据输出传输时缓存区不溢出。即可传输数据率为恒定的数据流，又可传输数据率随机变化的数据流。实践表明，这种数据缓冲隧道操作方便，运行可靠，易于硬件实现。

### 参 考 文 献

- [1] Qian Shenan, Proc. SPIE, 1244(1990), 331—342
- [2] Alexander F.H. Goetg et al, Science, 228, No. 4704, 1147—1153
- [3] 钱神恩, 光学学报, 10, No. 3, (1990), 260—266
- [4] 钱神恩, 博士学位论文, 吉林工业大学, 1990

## Data Transmission of Different Data Rate Between Two Digital Systems

Qian Shenan, Li Shuqiu

### Abstract

This paper describes a new method of data transmission of different data rate between two digital systems with a data-buffer tunnel. First the data-buffer tunnel is showed, then two different kinds of data transmission is discussed, finally application result of this method is given.