

# 最新的数据获取系统——快总线标准

杨 衍 明

(中国科技大学)

## (一) 摘 要

快总线 (FASTBUS) 标准是在 70 年代中期提出的一种有分布式处理功能的新总线结构。当时高能物理实验规模发展很快, 新型探测器大量地被采用, 已经广泛使用的 CAMAC 标准不能满足要求, 因此高能物理实验工作者感到有发展下一代的数据获取及处理系统的必要。1976 年在 NIM 委员会的资助下成立了快总线设计组 (FASTSYSTEM DESIGN GROUP, FSDG) 负责发展一种新的标准, 即快总线标准 (FASTBUS)。考虑到新一代数据获取及处理的需要, 他们认为快总线的目标应为:

a) 数据传输速度应比当时的 CAMAC 系统高一个量级, 即数据块传输方式为 80 兆字/秒, 随机传输方式为 20~40 兆字/秒。

b) 即可用流水线传输方式以达到最快的传输速度, 也能用应答式传输 (即同步传输方式) 以适应与不同速度的设备进行数据交换。

c) 整个系统分成段 (Segment), 在一个段内主设备可多至 31 台。系统采用的仲裁方式使主设备在竞争总线使用权方面与它所在的位置无关。数据可以在任何一个子系统层次进行处理, 以减少数据在系统中的传输量。

d) 系统范围内的协议是相同的, 与具体线路无关。在系统级上能执行宏命令及广播命令。

e) 使用逻辑寻址, 设备的逻辑地址与

它所处段的地址无关。

f) 有大的寻址空间, 地址/数据总线为 32 位, 便于建立多维直方图及图像处理。

g) 有系统诊断能力。

h) 模块结构, 能把通用仪器做为一个模块加入系统, 以达到经济上节约和得到生产者的支持。

快总线规范从开始制定到现在已经过多次修改, 现在仍在发展及修改过程中。规范包括机械结构标准, 如机箱尺寸, 插座型号, 后面板布线, 电源安装, 冷却系统, 模块规格等等; 电气标准有信号电平, 总线分配, 状态及控制寄存器所占的空间分配, 时序及各种信号间的关系等等。这些标准在快总线规范中都做了明确的规定。我们在此仅对快总线的逻辑结构及系统功能做较详细的介绍。

## (二) 快总线概貌

快总线的设计思想主要是基于现代高能物理实验对数据获取的要求。在提高速度方面采用多处理机并行操作, 处理机之间, 处理机与获取装置及控制设备之间均可进行通信。处理机及设备都规定有相当大的数据及地址空间。快总线系统用模块化设计, 系统组织灵活, 可以选择各种拓朴结构。

快总线系统的基本单元是段。段是一束地址、数据、状态及控制等信号线 (通称为总线) 连接在机箱的后面板上。各种插件 (亦即模块, 如处理机、各种设备等) 可以插在机箱的后面板上。在实用情况, 通常把需

要完成某种功能的设备放置在一个机箱中，共享后面板的总线称为机箱段(简称段)，这是快总线系统的基本逻辑单元。在一个段上有主设备也有从设备。所谓主设备就是能请求总线使用权并能获取这种权利的设备。主设备可以与从设备通信。从设备是不能请求总线使用权的，只能为主设备的请求服务。但是两个主设备进行通信时，则发出通信请求的一个是主设备而另一个在通信过程中是作为从设备活动的。

在一个段上有多个主设备，所以必须解决几个主设备同时请求使用总线的问题。为此，在段上设有仲裁定时控制器 (Arbitration Timing Controller, ATC)，每一个主设备都赋有一个仲裁级别。当多个主设备同时竞争总线时，主设备根据自己的仲裁级别来决定自己是否能获取总线的使用权。由于多个主设备共享段上的总线，使用总线时必须等待仲裁，这对一个设备来讲会降低它的吞吐量。为了减少竞争总线的频率，可以把主设备分散在几个段上，通常一个机箱段最多有31个主设备。

一个段上的主设备要能快速地与另一个段上的从设备进行通信。这要靠连接段 (Segment Interconnect) SI来完成。SI能暂时把几个段连接起来，给主设备与从设备之间构成通信路径。因此SI也必须有能力获取它所在段的总线使用权。两个在不同段上的SI如何进行通信并没有规定，一般可用电缆段做为连接的媒介。

快总线系统中除了有主设备、从设备等以外，还需有主计算机 (HOST) 通过处理机接口 (Processor Interface) PI 与电缆段或者机箱段连接进入快总线系统。主计算机储存有系统结构的全部信息，它能对系统中的每个段进行寻址；它知道各个段是如何连接的，换言之主计算机存有系统拓扑结构图。在系统初始化时，主计算机能告知SI的两个边口，通过这两个边口能达到哪些段。主计算机用地理寻址方式可以判别每个

设备的物理地址及其类型；能把逻辑地址装入各个设备中。之后就可用逻辑地址对设备寻址，这样与其所在的物理位置无关。

快总线使用了多根导线。电缆段是由60根信号线组成，机箱段除了60根外还有其它线及电源线，详如表一所示。

符号:	信号名称:	线数:
AS	地址同步	1
AK	地址认可	1
EG	地理地址起动	1
MS	方式选择	3
RD	读	4
AD	地址/数据线	32
PA	奇偶校验	1
PE	奇偶校验起动	1
SS	从设备状态	3
DS	数据同步	2
DK	数据认可	1
WT	等待	1
SR	服务请求	1
RB	总线复位	1
BH	总线暂停	1
AG	仲裁允许	1
AL	仲裁优先级	6
AR	仲裁请求	1
AI	禁止仲裁请求	1
GK	允许认可	1
以上共60根		
TX	串行发送线	1
RX	串行接收线	1
GA	地理地址接线柱 (软编码)	5
TP	T接线柱	1
DL	左链接	3
DR	右链接	3
TR	限制使用的端点	3
UR	限制使用的非端点	2
FP	F接线柱	4
R	保留线	5

### (三) 快总线操作简述

大部分快总线操作是从主设备请求总线开始，获取总线使用权后用初寻址周期与从设备连接，然后可以进行任何次数的数据传输周期，最后释放总线。

初寻址周期 (Primary Addressing Cy-

cle) 是主设备先送出32位地址码到地址/数据AD线上,接着发送地址同步信号AS,初寻址周期的目的是用从设备的地址来设置一条道路,使主-从设备之间可以通信,如果主-从设备不在同一段上还须借助连接段连结,当从设备认出是自己的地址时就发出回答信号AK。按快总线规定AS及AK信号一直保留在线上,直到通信完成,称为AS/AK锁定。这种AS/AK锁定方式可以阻止所有的其他设备同时进行总线活动。主-从设备在通信期间可使用任何协议。但是为了设备的兼容性,在多数操作中仍然规定了标准协议。

主设备接收到从设备发回的AK信号后,它从AD线上撤除地址信息,并用同样的AD线做数据传输。在读操作情况,主设备分别送出读信号及数据同步信号到RD及DS线上,从设备把数据置于AD线上并发回DK信号,主设备用DK信号把数据选通到锁存器中。对于写操作,主设备置数据于AD线上,随后送数据同步DS信号,从设备回答DK信号。当主设备撤除所有信号时(包括AS),表示操作终止,而从设备监测到AS撤除时,就把自己发出的所有信号(包括AK)从总线上撤除。此时通信终止。

总线包括三条方式选择线MS<2:0>。主设备用MS线来指明地址周期或是数据周期。在初寻址周期,主设备用MS信号来指明对控制寄存器寻址还是对数据区寻址;是广播寻址还是逻辑寻址。在数据周期用MS信号指明是随机数据、二次寻址还是数据块传输。

另外有三条从设备状态线SS<2:0>。用来指明从设备状态。例如指出寻址周期或是数据周期是成功或是失败的原因等。

#### (四) 控制/状态寄存器(CSR)

设备中需要有各种存放状态及控制信号的寄存器。这些寄存器是可以进行存取的。为了防止意外地被破坏,它们应与数据区分

开。但这样做是不会妨碍对数据区地址的分配的,例如我们要把两个存储器设备组合成一个大容量存储器,并希望它们的地址能联成一片。此外,每个设备的CSR最好都放在标准位置,这样可以用一个标准的公用程序对各个设备的CSR寻址。

对CSR寻址的方法是先用初寻址周期及MS信号指向CSR区,接着用二次寻址周期选取CSR区中的某个寄存器,再用数据周期进行存取。二次寻址周期可用32位的地址场,因此对CSR地址有足够选择的余地。

每个设备都需有自己的独一无二的标识符。这个标识符是放在CSR\*0号寄存器,是在系统初始化时置定的。

下面分别对快总线系统的寻址方式、连接段、总线仲裁、数据传输及中断等加以介绍。图1是快总线系统的拓扑结构图。

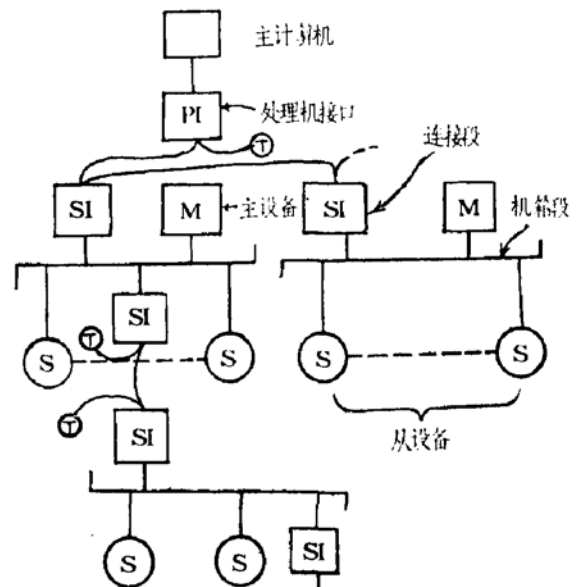


图1 快总线系统的拓扑结构图

#### (五) 快总线寻址操作

快总线寻址可分成三个阶段,即初寻址周期、数据周期及二次寻址周期。

a) 初寻址周期是主设备与一个或多个从设备连接的一种操作。当它们建立起连接以后,从设备继续保持与主设备连接直到主设备愿意断开连接为止。

初寻址周期是在主设备获得总线控制权后开始的。主设备送出RD=0, 把方式选择线MS置成相应代码 (MS=0为数据区, MS=1为CSR区, MS=2为广播数据区, MS=3为广播CSR区), 随后发出AS=1, 当EG=0时 (即非地理寻址), 根据MS线信息可以辨认此时在AD线上的信息是逻辑地址还是广播地址。如果AS=1而EG=1, 则为地理寻址, 从设备把自己的地理地址与AD线上的地址码相比较, 以辨别是否对自己寻址。在与一个从设备连接的情况下, 从设备送回认可信号AK给主设备, 在广播寻址情况可以有多个从设备与主设备连接, 此时AK信号是由辅助设备发出的。当主设备收到认可信号后表示主设备与从设备已连接成功。主设备保持AS=1, 从设备 (或辅助设备) 也保持AK=1。终断连接是当主设备撤除AS信号, 从设备用AK=0做回答后连接即断开。但是如果主设备仍保持GK=1 (仲裁认可置位) 则表示现行主设备不放弃总线使用权, 它勿须再次竞争总线即可起动另一次初寻址周期。跨段的寻址操作将在连接段SI中介绍。

#### b) 二次寻址周期

初寻址周期 (包括逻辑寻址、地理寻址及广播寻址) 使主设备与从设备连接起来, 二次寻址是在已连接上的从设备内部进行地址寻址。由于AD线是地址/数据合用, 所以设备中设置有“下一个地址寄存器 (NTA)”, 利用二次寻址周期可以把AD信息打入NTA寄存器, 或者把NTA的内容传送到主设备。在数据块及流水线传输方式中自动改变NTA地址以指向下一个数据。所以, 虽然AD线是地址/数据共用的, 也不会影响传输速度。

#### c) 数据周期将在数据传输方式里介绍。

快总线寻址方式有三种, 即用逻辑地址寻址, 地理地址寻址及广播寻址。现分别介绍如下:

##### a) 逻辑地址寻址

逻辑地址的格式如图2所示。

地址/数据线共32位, 最高的n位定为组

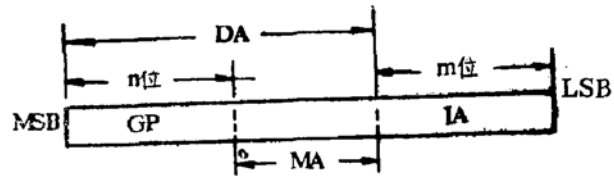


图2 逻辑地址格式

地址 (Group Address) GP, 用来确定设备所处所在的段, 一个段上可指定数个组地址。插件 (或称模块) 地址MA与组地址GP组成设备地址DA, GP与MA可以有交叉。最低的m位是内部地址IA。用初寻址周期就可以对一个设备的寄存器寻址。设备地址与内部地址共有32位, 内部地址位数增加, 设备地址位数就要减少。但一个设备中数据寄存器并不限于IA所能寻址的个数, 因为用二次寻址可以大大扩充寻址的范围。设备中包含有数据区及控制/状态寄存器 (CSR) 区, 在初寻址周期, 用方式选择线MS来区别寻址的区。

每个设备的逻辑地址是在系统初始化时用地理寻址方式写入CRS\*3寄存器的。在初寻址周期各个设备用自己的逻辑地址与AD线上的地址码相比较, 如果两者符合则与主设备连接。

##### b) 地理寻址

每个段上的前256个逻辑地址留给特殊的设备和做特别的用途。地理地址使用其中的前32个地址。有二种地理寻址格式如图3所示。

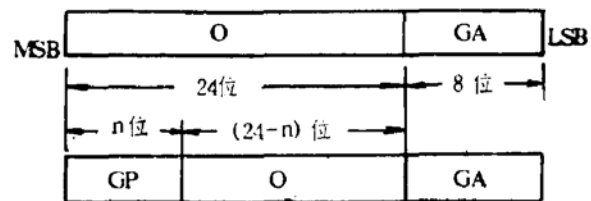


图3 地理地址格式

前一种格式是前8位做为地理地址GA, 后24位全为零, 这是用做段内的地理寻址。第二种格式是除前8位GA外, 最高的n位为GP地址, 这种格式可以做跨段寻址。在每

个段上设有辅助逻辑，能监测在AD线上的两种地理地址格式。GP地址是指定给辅助逻辑所在的段。

在初寻址周期，如果  $EG=1$ ， $RD=0$ ，则为地理寻址，从设备用其位置码（硬编码）与地理地址的前5位比较以确定是否对它寻址。如果主设备或是连接段没有置  $EG=1$  时，则由段上的辅助逻辑把  $EG$  置位。地理寻址多用在系统初始化及系统诊断时。

### C) 广播寻址

用广播寻址方式，在初寻址周期能使一个或多个从设备与发出广播寻址的主设备相连接。被连接上的从设备不发回答信号而是由辅助逻辑发出。广播寻址格式如图4所示。

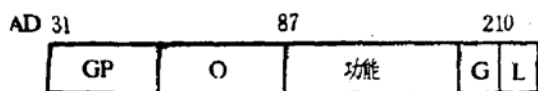


图4 广播地址格式

地址/数据线  $AD<0:1>$  位分别代表局部位  $L$  及系统位  $G$ ， $AD<2:7>$  位是功能位， $AD<8:31>$  位是  $GP$  地址。广播寻址有下面几种情况，见图5。（段  $A$  是发出广播寻址的主设备所在段）。

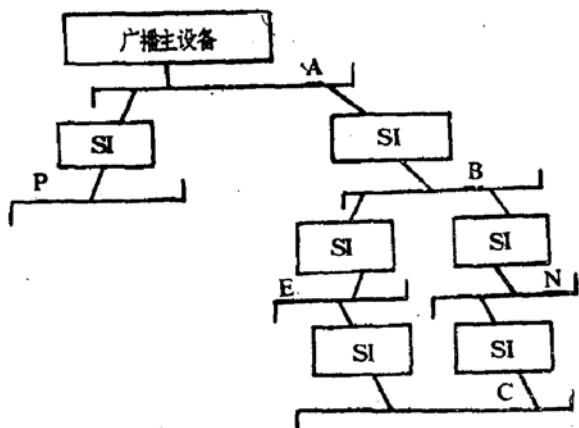


图5 广播寻址图例

(1) 高24位  $AD<31:8>$  全为0， $G$  位为1是系统范围寻址，操作对所有可以达到的段有效。任何  $SI$  传送广播命令（ $GP$  区为0）时必须把远边端口的  $L$  位置1，而不管近边端口的  $L$  位状态如何。因为段上的从设备只对  $L=1$  的广播地址产生影响，而  $SI$  不管  $L$  位状态如何总是把广播地址传下去。在此情况，除  $A$  以外，广播命令对在  $A$  下面的所有段有效。由  $SI$  构成的连接模式一定要是简单树形，不能有交叉。

(2) 如果  $GP$  区及  $G$  位都为0，广播地址只能达到发出广播命令的主设备所在的段  $A$ 。

(3) 如果  $GP$  不为0， $GP=N$ ，则用非广播寻址方式对指定的段  $N$  寻址。

(4) 如果  $N \neq 0$ ， $G=0$ ， $L=1$ 。广播命令对本地段及从  $A$  到达  $N$  路径上的各个段，即图中的  $A$ 、 $B$  及  $N$  三个段有效。

(5)  $N \neq 0$ ， $G=1$ ， $L=0$ 。广播命令对目的段  $N$  及在  $N$  下面的树形结构各个段有效。例如  $N$  及  $C$ 。

(6) 当  $N \neq 0$ ， $G=1$ ， $L=1$ 。广播命令对本地段和到达目的段路径上的各段及在  $N$  下面的树形结构各个段有效。

在图4中  $AD<07:02>$  位是从设备执行功能码。在初寻址周期，如  $MS=1$  则为广播寻址，从设备只监测  $AD(6)$  及  $AD<07:02>$  各位，忽略其他位， $L$  位必须置1，从设备根据功能码在下一个数据周期中进行动作。

广播寻址的典型应用是对多个设备同步或是同时清除设备中的寄存器堆的内容等。

（未完待续）