

最新的数据获取系统

——快总线标准 (续完)

杨衍明

(中国科技大学)

(六) 总线使用权的竞争与仲裁

多总线系统是由一个或多个段组成, 每个段上包括数个主设备共用段总线。在数据交换操作开始前, 主设备与被寻址的从设备之间必须确保连接起来, 而且在通信过程中不应受其他主设备的插入干扰。为此主设备上附设有竞争总线的装置, 如段上的“仲裁定时控制器”(ATC), 在仲裁过程它提供定时及控制信号, 并能告知竞争获胜的主设备何时可以使用总线。如果是跨段通信, 则必须保证通信路径上的各个SI及其所在的各个段的总线都是可使用的。

每个主设备被指定一个仲裁优先级, 在仲裁周期, 参加竞争的主设备中具有最高优先级者将取得总线使用权, 并可以保持控制权一直到它决定放弃为止。所以一个低级别的主设备在操作过程也能禁止高优先级的介入, 因为优先级只在仲裁周期起作用。

主设备要使用总线应先发出仲裁请求, ATC收到仲裁请求后, 如果总线是空闲的则立即开始仲裁周期, 如果总线是忙的话, 由现行主设备决定何时仲裁开始。根据设计者的思想, 如果选择现行操作的最后一个初寻址周期完了后即开始仲裁周期, 那么下一个获得总线使用权的主设备, 在现行操作完成

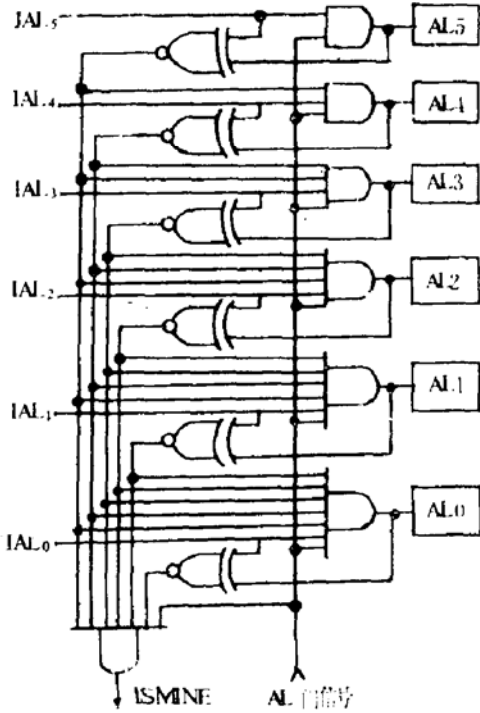
前就已被选为后备的总线使用者, 这种仲裁周期与总线活动重迭方法可以减少或者消除从一个主设备转让给另一主设备所花费的时间。但是, 如果现行操作是数据块传输, 初寻址周期完了到最后一个数据周期结束, 可能是相当长的一段时间。后备主设备只能在最后一个数据周期结束并且现行主设备愿意放弃总线使用权时, 才能实际使用总线。在这段时间内即使有更高级别的主设备想竞争总线也是不可能的, 一定要等待后备主设备放弃使用权后才能进行下一个仲裁周期。所以这种设计不能正确反映当前的竞争者中的优先级状态。如果在最后的前一个数据周期后再进行仲裁, 可能更符合当前的优先级情况。

为了叙述方便起见先把仲裁需要的信号列表如下:

- 仲裁请求 (AR)——由请求获取总线使用权的主设备产生。
- 仲裁认可 (AG)——由ATC产生, 在仲裁周期做定时用。
- 仲裁级别 ($AL_{0:6}$)——有6条线, 仲裁级别线。
- 允可回答 (GK)——由已控制总线的主设备产生。
- 仲裁请求禁止 (AI)——由ATC产生,

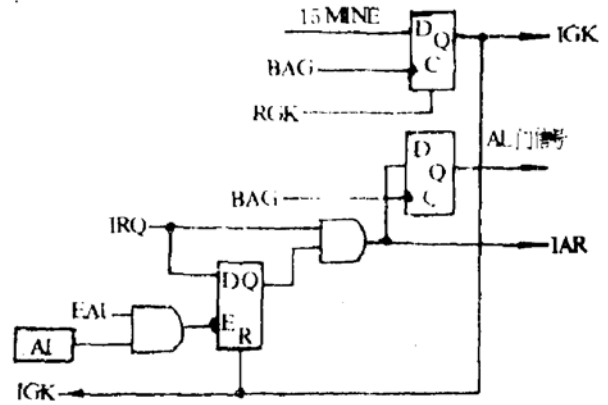
表示现在的请求尚未满足。

每个主设备的ATC装有仲裁逻辑及仲裁控制逻辑,如图(六)所示。当AR置位,AG、GK及WT均为0时开始仲裁周期。ATC产生AG信号,各个请求总线的主设备用AG信号把自己的仲裁级别选通到AL线上,经过一定的等待时间,AL线上将出现获胜主设备的优先级代码。此时仲裁逻辑送出<IS MINE>信号,获胜的主设备成为后备的总线使用者。一旦ATC监测到总线AS/AK锁定断开,并且总线信号全部消失(包括WT=0)时,ATC发出AG信号,后备主设备收到AG后,在GK线上置1,即可开始使用总线。



图(六)a 仲裁逻辑

如果主设备在任何时候都可以发出AR信号,则级别高的设备有可能频繁占用总线,这个问题可以用一种称为“保证使用协议”合理地解决。其办法是让ATC发出仲裁请求禁止信号AI,在AI=0时,主设备可以发AR信号,在此期间竞争总线的主设备形成队列。在AI=1时,竞争者按优先级高低次序都能取得使用总线的机会。因为AI=1



图(六)b 仲裁控制逻辑

时,AR信号被禁止,所以再高级别的主设备也只能加入下一批仲裁队列,这是一种循环(Round-Robin)优先算法。不过,不服从这种协议的设备允许同时存在于系统中。

应着重指出,快总线的仲裁方式第一个特点是主设备自己决定是否下一个总线占有者;第二个特点是ATC来决定后备主设备何时可以实际使用总线。

跨段的通信须借助SI来形成连接路径,因此SI的远边口必须包含有上述的仲裁逻辑并应赋与仲裁级别以能竞争远边口所在段的总线。如果在连接路径上的SI都使用仲裁请求的主设备级别,则很难保证仲裁级别的独一无二性。解决的办法是指定SI远边口的仲裁级别为局部级,当一个局部级通过SI时,该SI就转成它的远边口的仲裁级来参加竞争所在段的总线。

对于级别低的设备容易发生长时间得不到占有总线的机会。如果把总线请求频繁的设备赋与较低的级别,而总线请求频率低的设备赋与较高级别将会改善这种情况。

(七) 连接段 (Segment Interconnect) SI

主设备与从设备如果在同一段上,它们之间的通信可以借助段的总线做通信介质。

但是考虑到总线吞吐量对主设备的限制，不可能把所有的设备都置放在一个段上，所以一个段上最多有31个主设备，这样主设备就有可能与另一个段上的从设备跨段进行通信。连接段是用来把跨段的通信连接成路径。

按照快总线系统协议，通过SI进行各种方式的寻址及各种类型的数据传输对主设备来讲都是透明的，而且SI能自动补偿传输增加的延时。连接段可分成近边口及远边口。近边口处在主设备所在的段上，对主设备来讲是它的从设备；远边口处在从设备所在的段上，对从设备来讲远边口是它的主设备。通过数个SI的操作，对每个SI来讲接近主设备的端口，服从从设备协议，而接近从设备的端口，服从主设备协议。

同一个SI能向两个方向传输，这时主设备与从设备之间关系将反过来。所以SI的近边口及远边口既能做主设备工作也能作为从设备工作，这是一种双工的SI。

SI是快总线系统中通信关键部件。SI的两个边口各包括8个控制状态寄存器(CSR)作为控制SI工作之用。这些寄存器能用地理寻址(在初寻址周期)及二次寻址来进行存取。对于双工的SI每个边口都包含有近边口及远边口相同的两套寄存器。为了能对SI做较详细地介绍，先把各个寄存器的用途及其主要功能的规定简要介绍如下：

(1) CSR # 0 (0号控制/状态寄存器)：用做标识符ID，其中各位均有指定功用。

(2) CSR # 1：存放远边口仲裁级别及远边口仲裁协议。(如循环仲裁，确保存取仲裁等)。

(3) CSR # 8：存放近边口仲裁级别及近边口仲裁协议。

(4) CSR # 9定时控制寄存器：用来设置主设备在连接过程、在寻址周期、在数据周期或是一个操作所能等待的时间。

(5) CSR # 40H (H表示16进制数)路径

表地址寄存器：其内容用作路径表入口项的指针。在数据块传输及流水线传输方式每经过一个数据周期，其内容加一。

(6) CSR # 41H路径表的数据寄存器：其内容是路径表各项读出的内容。路径表有 2^N 个字，N是GP区的位数，亦即CSR # 40H的位长。CSR # 41H的低三位，相当于AD <02:00>，在近边口用来指出哪些GP地址SI将传送到远边口。每个可以被传送的GP地址相应的路径表项中的第0位为通行位，它为1时表示该操作将传送到远边口所在段或者是它后面的段；路径表项中的第一位为目的段位，它为1时SI认为其远边口段是终点目的段；路径表项中的第二位为基地址位，它为1时SI认为GP地址是组地址基址，操作将传送到远边口段。

CSR # 41H的N个高位是给远边口提供的GP区地址，在非转换式的SI，N个高位与CSR # 40H的内容相同，所以不需要贮存在路径表中。

(7) CSR # 42H近边口地理地址只读寄存器：包含SI近边口的地理地址。它的0:4位在机箱段上是SI的GA硬编码；对电缆段上是SI的GA开关硬编码。

(8) CSR # 43H远边口的地理地址：格式与CSR # 42H相同。

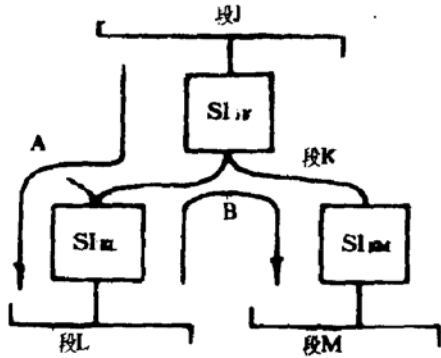
(八) SI工作过程

(1) 对地址的识别。在CSR # 0 <01> = 1情况，当SI监测到AS = 1，同时RD = 0，EG = 0，则根据方式选择MS及GP区地址判断是否要把这个操作传送到远边口段。方式选择MS1指明操作类型。如果操作不被传送，SI即无动作，直到下一个AS = 1。

(2) SI仲裁过程。SI接收到近边口段送来的WT = 1后，SI开始参加对远边口段总线使用权的竞争，仲裁过程已在(五)节中介绍。

双工的SI竞争总线的解决办法是根据仲

裁级别及路径表的目的位等条件。现用图(七)为例来加以说明。在系统中有两个操作A及B在进行，A操作是从段J经过段K到段L，B操作是从段L经过段K到段M。由于两个操作在时间上的差别可能发生下面的三种情况：



图(七) 对连接段的竞争图例

a) A与B同时对段K竞争，B获胜。

b) A已经获取SI(J, K)的控制权，但对段K的竞争A比B晚了一步，B操作取得对段K的控制权。

c) 操作A取得段K控制权，操作B已控制了段L，两个操作同时竞争SI(K, L)。

在a), b)两种情况都是对段总线的竞争，总线仲裁逻辑可以解决。在c)情况是对双工的SI的竞争，所以必须由设在SI内部的竞争仲裁逻辑来解决。解决方式是检查两个相反方向传输的仲裁级别及SI的两个边口中相应的路径表项的目的位。可以有两种情况：

第一，如果两个操作均为局部仲裁级别，($AL\langle 05 \rangle = 0$)，假定其中的一个操作已经是目的位置1，即已到达目的段，则该操作将获胜。如果两个操作目的位全未置1或者全已置1，则仲裁级高者获胜。如果两者的仲裁级相等，则与发出操作的段直接相连的SI将撤消竞争，让另一操作继续进行。

第二，如果两个操作均为系统仲裁级($AL\langle 05 \rangle = 1$)，若两个级别不同，则级别高

者获胜；若两个级别相同，则SI送给两个操作“网络失效”信号，并将仲裁错误位置1($CSR\#0\langle 13 \rangle = 1$)。

竞争失败者最少等待一个仲裁周期完成后才能再次参加竞争，或者等待规定时间再次参加竞争。

(3) SI给出否定回答。当仲裁失败，或者在寻址周期及数据周期失败或超时，都在从设备态线(SS)上置相应的位。

(4) SI对地理地址及广播地址的修改。为了能对一个没有初始化的段上的从设备做地理寻址，SI把近边口的地址从 $AD\langle 08 \rangle$ 到GP区开始之间各位都置成0，把该地址对应的路径表项中的通行位、目的位及基地址位都置1。

传送广播地址时，如果远边口段就是目的段，则SI把 $AD\langle 00 \rangle$ 置1(本地位置1)，如果系统位 $AD\langle 01 \rangle = 1$ ，则把 $AD\langle 31:08 \rangle$ 都置0后并使该地址通过。

(5) SI对操作信息的传送。

我们首先命名一个后备的SI就是已获取远边口段总线使用权的连接段，并在GK线上置1，而一个活动的SI是当它已识别出可以传送的地址时的连接段。

后备的SI把AR信号从远边口送到近边口，对仲裁级别的传送是这样的：如果近边口的 $AL\langle 05 \rangle = 1$ ，则把 $AL\langle 05:00 \rangle$ 从近边口传送到远边口。

对活动的SI，除上述外还要传送所有的控制信号、异步信号及其他信号，AS信号是从近边口传送到远边口，AK信号是从远边口到近边口。在寻址周期，地址 $AD\langle 31:00 \rangle$ 可能要做转换后再传送。

当其远边口段出现 $AS = AK = 0$ 时，SI将停止活动。当近边口出现 $GK = 0$ 时，则SI不再是后备的连接段。

(九) 数据块传输及流水线传输

数据传输是在寻址周期后进行，可以是

同步方式（应答方式）或者是流水线方式。前者亦称为数据块传输方式，主设备先在AD线上置数据字随即发出DS信号，从设备的回答信号DK被接收后再进行下一个数据传输。传输的速率由总线延时及通信的两个设备（主、从设备）中速度较慢的一个决定。流水线式传输方式，在读或写情况传输速率只由主设备决定，它是根据从设备的适应速度发出DS信号。

在流水线写传输时，主设备在DS发出前先发出数据以补偿AD线上的建立时间，从设备利用DS来选通AD线上的数据，并发出DK信号，将从设备状态线SS置成相应的状态。主设备并不必须使用DK信号，但有时用DK做传输数据的个数计数。由于SS状态信号要滞后一些时间主设备才能收到，因此主设备不能立即反应，而从设备将继续接收后面的DS信号。

对于流水线式的读传输，主设备是根据从设备能适应的速率发出DS，并用回答信号DK来选通AD线上的数据及SS线上的从设备状态。同样的原因主设备发出请求下一个数据以后才能对SS状态作出反应。

数据块传输与流水线传输对从设备来讲只是在一个方面有差别，即在数据块传输时从设备要使用WT=1信号，并对主设备产生的所有DS有反应，但当发现WT=1时则不接收DS信号。在流水线传输方式从设备不理睬WT=1。对于接连段SI来讲两种传输方式不同之处在于对流水线传输，对DS的回答不产生WT=1，而对数据块传输总是产生WT=1信号。

设备中的寄存器能通过数据块或流水线方式进行存取的（在DS=1时MS=1），也能用随机数据操作（在DS=1时MS=0）进行存取。例如先进先出栈FIFO能在一个地址接收多次读操作。随机数据操作只能对受到保护的缓冲寄存器进行存取。

在数据块及流水线传输过程中一般是不能被中断的，但可以由主设备自己提前终

止，也可以由从设备发出SS=2来请求终止传输。例如从设备不能再接收数据或者没有更多数据可以送出时，即发出SS=2信号以终止传输。

在数据块及流水线传输进行中，连接主设备及从设备的各个SI及其所在的段都处在忙状态。如果传输大量的数据时会增加系统的等待时间，为了避免这种现象，可以把一个大的数据块分成几个子块，在每个子块传输之间，总线可以被其他设备竞争，但要保证每个子块在从设备中的内部地址指针指在正确的位置。另一种方法是让主设备随时都在监测AR信号，判断是否有其他传输在等待使用总线，如果有的话，它就自愿地让出总线一段时间，但主设备并不放弃总线占用权。例如仲裁锁定时序（Arbitration Locked Sequence）的快总线操作，即一个主设备可与不同的从设备进行各种方式的传输（单次、数据块、流水线或者地址锁定传输），要求主设备保持GK=1，并在SI中保存已建立的连接路径直到GK撤除为止。

（十）中 断

在快总线系统中，中断的含意是一个设备请求另一个设备为它服务或是做某项工作。服务的设备通常是处理机和属于它的中断机构。当中断机构接收到中断后，它中止处理机的正常程序而去执行一个中断服务程序。

关于中断，快总线说明了两种标准协议，即中断操作及服务请求。现介绍如下：

（1）中断操作

一个主设备要进行一次中断操作必须先获取总线使用权。然后送出多至16个字的信息给“中断服务设备”（ISD），ISD的地址是存在主设备的CSR#AH及CSR#BH两个寄存器中。前一个寄存器的内容是作为初次寻址ISD的地址，后一个寄存器的内容作为二

次寻址地址，信息被写入中断接收块，它有16个寄存器（CSR # 100H~CSR # 10FH），最多16个字的中断信息字的格式尚未全部规定，但第一个字的低四位必须是信息的字数，第二个字应为发出中断的设备地址，信息字可以用装据块传输方式写入，也可以用单个随机传输方式更改其中的个别信息字。

对中断接收块的任何地址进行一次写操作完成后，给ISD发出中断请求，此时中断接收块将回送SS = 1，表示从设备在忙态，拒绝再写入信息。只有当中断信息处理完后才能再接收信息。如果中断的服务需要快总线操作的话，ISD必须先获取总线使用权。由于正在进行的操作是不能被中断的，所以要等到下一次仲裁周期才能竞争总线。因此一个主设备开始想用中断得到服务，到真正地得到服务所需的时间是不能预定的。

(2) 服务请求线SR

用SR来请求服务是一种简单的方法（但不太灵活），特别对于那些不能参加竞争总线的设备要求服务时更为适用。在一个设备中可以有多个SR源，寄存器CSR # 20H~3FH的各位可以提供给256个不同的SR源使用。所有的SR源“或”在一起作为一个内部SR信号。CSR寄存器中的各位也提供了各个SR源的状态及屏蔽信息。外部SR信号是把内部的SR信号和CSR # 0的“使能”位相“与”后得到。SR请求可以在任何时候发出。SI能把SR从远边口传送到近边口。“服务请求处理器”（SRH）是由程序控制的处理机，它监视着SR信号的出现。为了对SR信号源定位，SRH首先要启动快总线操作，然后查询能发出SR的所有设备的CSR # 0<05>位。这种方法在信号源不多的情况下是有效的。另一种

方法是SRH发出广播寻址，目的地址是指定为它服务的各个段。通过广播寻址后，只有发出SR信号的设备连接到SRH上。随后的数据周期把T接线柱代表的位模式读到AD线上。这样可以确定段上的哪些设备发出了服务请求。一旦确定了发出SR的设备，SRH用逻辑寻址或用地理寻址按次序对它们寻址，并检查其状态寄存器以明确发出请求服务的原因。如果SRH能解决它们的要求，就由SRH自己解决并清除这个SR信号，同时与被服务的从设备断开连接。如果需要其他处理机才能完成对该设备的服务请求，则SRH先阻止该设备再次发出SR请求，并形成一组适合于SR源要求的中断信息送到相应的ISD，启动一次中断操作。ISD按要求进行服务后，清除SR位，并设置屏蔽位。

(十一) 结束语

上面介绍了快总线系统的主要部分的逻辑结构，除此以外快总线还具有对系统诊断的能力。一个大系统如出现故障是很难查找的。诊断模块用专用的软件及硬件能迅速地确定故障的所在。

在微处理机大量普及的年代，快总线系统越来越显示出它的潜力。虽然快总线仍处在发展及完善阶段，但可以相信在不久的将来可以得到普遍的应用，特别是在科学研究及生产控制领域中。

参 考 文 献

1. FASTBUS, A Modular High Speed Data Acquisition System. Prepared by U. S. NIM Committee Nov. 1982.