



中华人民共和国国家标准

GB/T 43669—2024

空间数据与信息传输系统 航天器 1553B 总线通信协议

Space data and information transfer systems—
1553B data bus communication protocol on spacecraft

2024-03-15 发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 总则	3
5.1 协议层次和内容	3
5.2 总线拓扑结构	3
5.3 子地址约定	4
5.4 方式码消息使用约定	4
6 总线通信机制	5
6.1 消息传送机制	5
6.2 服务请求机制	5
6.3 同步机制	5
6.4 时统机制	6
6.5 总线测试机制	6
7 总线通信过程	7
7.1 总线通信过程说明	7
7.2 通信调度过程	9
7.3 置数过程	9
7.4 发送过程	10
7.5 接收过程	10
7.6 取数过程	11
7.7 同步过程	11
7.8 时统过程	12
7.9 总线测试过程	13
8 可靠性设计要求	13
9 管理信息库	13
附录 A (资料性) 基于本文件的进一步设计	17
参考文献	20

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院国家空间科学中心、北京空间飞行器总体设计部、长春理工大学、中国航天标准化研究所、厦门华信立诚标准化服务有限公司、国网思极位置服务有限公司、浙江汇隆晶片技术有限公司。

本文件主要起草人：吕良庆、张雅娟、何鑫、徐海涛、安军社、薛长斌、詹盼盼、底晓强、许冬彦、蔡鸿星、张春光、叶国萍、李杰。



引 言

本文件规范了国内航天器设计中的 1553B 总线应用通信协议,定义了上层应用与链路层和物理层之间的接口使用关系,总线通信所需的协议元素,提出了消息调度机制方案,供任务系统剪裁使用,以协调、方便具体工程任务的通信协议设计和规定,实现跨任务和跨部门的协议通用。

本文件规定的 1553B 总线通信协议属于跨应用层与链路层协议,而链路层和物理层的协议内容已有相关国外标准和国内的标准予以规定,本文件不作更多的规定和约束。因此在使用本文件时,需要与相关的标准结合使用。

空间数据与信息传输系统

航天器 1553B 总线通信协议

1 范围

本文件描述了航天器上应用的 1553B 总线通信的总线拓扑结构、使用约定、总线通信机制、总线通信过程、可靠性设计和管理信息库。

本文件适用于航天器上采用 1553B 总线的相关设备和系统以及相配套的地面测试设备的研制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 42041 航天术语 空间数据与信息传输

3 术语和定义

GB/T 42041 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。



3.1

1553B 总线 1553B data bus

一种数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线。

3.2

终端 terminal

使数据总线与应用装置相接的电子组件。

注 1: 在 1553B 总线中包括总线控制器、总线监视器和远置终端 3 种。

注 2: 终端可以是独立存在的可更换组件,也能包含在应用装置内。

3.3

总线控制器 bus controller; BC

1553B 总线中组织信息传输的终端。

3.4

总线监视器 bus monitor; BM

1553B 总线中接收、记录总线上传输的消息,并能够有选择地提取信息的终端。

注: 如果分配一个终端地址参与通信,则称为监视终端(MT)。

3.5

远置终端 remote terminal; RT

远程终端

1553B 总线中不作为总线控制器或总线监视器而参与通信的所有终端。

3.6

字 word

1553B 总线通信的基本数据单元。

注 1: 字由 20 bit 组成,包括 3 bit 同步头、16 bit 数据和 1 bit 奇偶校验位。3 bit 同步和 1 bit 校验用于物理层,传递信息的字是指 16 bit 数据。

注 2: 有 3 种类型的字:指令字、状态字和数据字。

3.7

消息 message

总线上传输数据的基本单元。

注: 包括指令字、状态字、若干数据字(0 个~32 个)及状态响应间隔在内的传输序列。

3.8

消息帧 message frame

由多条消息组成的消息序列。

注: 总线控制器通过组织消息帧实现总线通信消息顺序的编排。

3.9

方式码 mode code

总线控制器对总线系统中的信息流及有关硬件进行管理但不用于数据传送的一类消息。

3.10

广播 broadcast

总线通信中某个终端发送的消息可被其他多个终端或全体终端接收到的一种方式。

3.11

冗余总线 redundant bus

在终端间使用一路以上总线的数据传输通路。

3.12

分发 distribution

总线控制器发出消息的过程。

3.13

获取 acquisition

总线控制器组织远置终端发出消息,其他远置终端或总线控制器作为消息接收方的过程。

3.14

置数 set data

参与总线通信的应用将需要发送的数据交付终端发送的操作。

3.15

取数 get data

参与总线通信的应用将接收到的数据从终端提取出来的操作。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BC:总线控制器(Bus Controller)

BCA:总线控制器应用(BC Application)

BM:总线监视器(Bus Monitor)

OSI:开放系统互联(Open System Interconnect)

RT:远置终端(Remote Terminal)

RTA:远置终端应用(RT Application)

5 总则

5.1 协议层次和内容

本文件规定的 1553B 总线通信协议与 OSI 分层协议的对应关系见图 1。

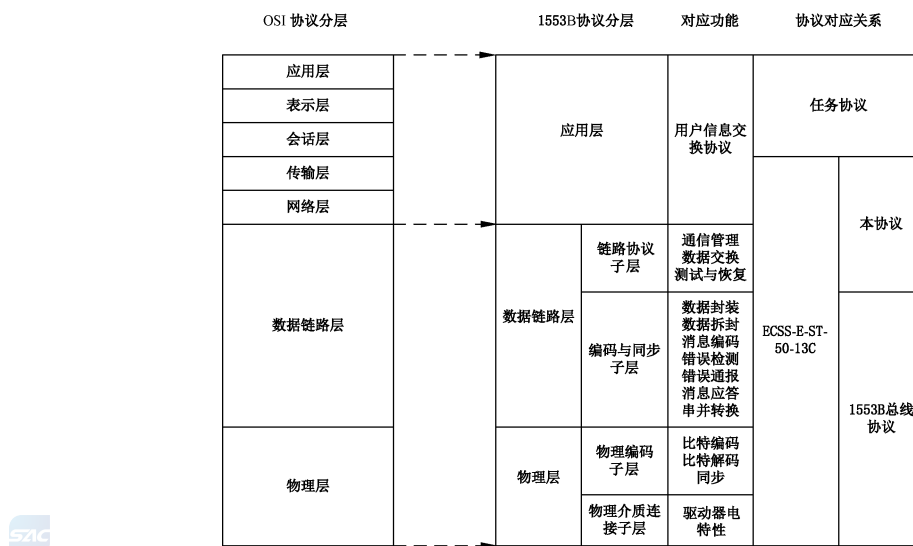


图 1 1553B 总线通信协议与 OSI 分层协议的对应关系

航天器上的 1553B 总线通信层涉及物理层、数据链路层，以及与应用层之间接口的协议。本文件在协议栈中的位置见图 1，主要是从应用角度规定了对 1553B 总线链路层协议的使用关系，对应了链路层协议子层的一部分内容，以及应用层下端的一部分接口应用内容，主要包括 1553B 总线拓扑结构、子地址约定、方式码消息选择、总线通信机制、总线通信过程等，用于 1553B 总线通信过程的消息安排和数据交换，确保总线通信运行的稳定可靠，为上层制定具体任务协议提供支撑。

5.2 总线拓扑结构

1553B 总线系统由 1 个 BC, 1 个~31 个 RT 组成(地址从 0~30), 可根据需要配置一个 BM, 拓扑结构见图 2。

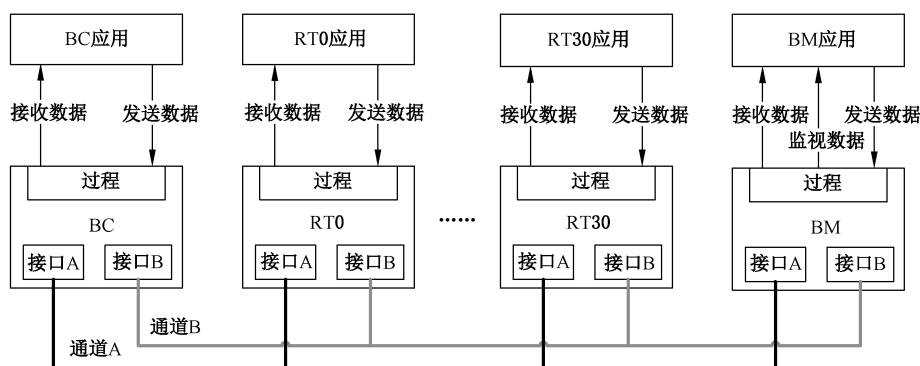


图 2 1553B 总线系统拓扑结构(双余度)

BC 与其他终端之间构成主从通信关系, 通过总线线缆进行连接。一般配置双余度总线线缆, 也可根据需求和重要程度配置多余度总线线缆。各条线缆互为备份, 总线通信的消息可通过任意一条总线

线缆传输。

每个终端都有相应的服务应用对象,终端可与应用对象同属于一个装置中,也可是装置之外的可更换组件。

BM 主要对总线通信情况进行监视,监视数据交由 BM 应用进行处理。BM 也可通过分配一个终端地址参与正常通信,称为监视终端(MT)。

BM 可作为 BC 的备份,当监视到 BC 工作异常时,可切换到 BC 模式下工作,代替 BC 工作。切换的过程可通过某种机制自动进行,也可通过外部指令控制完成。切换时一般是先停止 BC 的 BC 工作模式,然后再将 BM 切换到 BC 工作模式,避免总线上有两个 BC 同时工作。

RT 地址 32 个,其中 0~30(二进制 0~11110)作为 RT 的专有地址,31(二进制 11111)用于广播。在实际应用中,尽量不采用 0 作为 RT 的专有地址。

5.3 子地址约定

每个 RT 有 32 个发送子地址和 32 个接收子地址,用于区别不同种类数据消息的收发。RT 子地址的使用约定见表 1,定义说明和使用建议见附录 A 中 A.3。

表 1 RT 子地址使用约定

子地址	RT 发送	RT 接收	说明
0	—	—	不使用
1~26	获取数据	分发数据	可根据任务需要定义消息种类,用于发送过程和接收过程(见 7.4、7.5),以及数据块传送(见 A.5)
27	分发传送确认	分发传送描述	用于收发双方握手的发送过程(见 7.4)
28	获取传送请求	获取传送确认	用于收发双方握手的接收过程(见 7.5)
29	时间码	时间码(可是广播)	用于时统过程(见 7.8)
30	长抱环测试	长抱环测试	用于长抱环测试过程(见 6.5.1、7.9.1)
31	方式码	方式码	使用约定见 5.4

5.4 方式码消息使用约定

1553B 总线定义了 15 种方式码消息,本文件规定下列 5 种常用方式码消息的使用方式,其余 10 种本文件不作使用约定。

- a) 同步(二进制代码 00001):不带数据字,广播方式或非广播方式。用于将预定事件通知相关 RT,使 RT 同步。同步过程见 6.3、7.7,时统过程见 6.4、7.8。
- b) 启动自测试(二进制代码 00011):不带数据字,非广播方式。用于启动 RT 内部的测试电路。测试过程见 6.5.2、7.9。
- c) 发送矢量字(二进制代码 10000):带一个数据字(称为矢量字),非广播方式。用于要求 RT 发送矢量字,以便 BC 确定该 RT 要求的特定消息传输请求。服务请求机制见 6.2,矢量字定义见 A.2。
- d) 带数据字的同步(二进制代码 10001):带一个数据字,其编码可定义不同的预定事件,广播方式或非广播方式。用于将预定事件通知相关 RT,使 RT 根据事件同步。同步过程见 6.3、7.7,时统过程见 6.4、7.8。
- e) 发送自测试字(二进制代码 10011):带一个数据字(称为自测试字),非广播方式。用于 RT 向 BC 报告自测试的结果。测试过程见 6.5.2、7.9。

6 总线通信机制

6.1 消息传送机制

BC 根据 BCA 和 RT 对消息传输需求,预先编排组织消息帧,通过启动和停止的操作,控制消息帧的传输过程。

消息传送机制有周期传送和插入传送两种。一般情况下总线通信为周期传送机制,以消息帧为单位循环不断地传送消息。当有突发消息需要传送时,停止周期消息帧的传送,转而传送突发消息,然后返回周期消息帧停止处,恢复周期传送机制,这一转换过程称为插入传送机制。

周期传送机制是对有周期性传输需求的消息在总线通信带宽上的预先分配,以保证所有终端都有参与通信的机会,满足各种消息不同传输时延要求,体现总线通信的周期特性和时序稳定性。

插入传送机制是对非周期性传输需求的消息,保证其传输的及时性。BC 可根据 BCA 或 RT 突发性的消息传输请求,按照约定的优先级关系和时效性要求,编排组织消息传输。

关于周期传送机制和插入传送机制的消息编排见 A.1。

6.2 服务请求机制

服务请求机制用于总线通信能够按需传输消息,以有效节省传输带宽,提升传输效率。

以 RT 为消息源或 RT 请求获取某类消息的数据传输可采用服务请求机制。RT 通过“发送矢量字”方式码消息(10000)的状态字中的“服务请求位”来标识消息传输请求,通过所带的矢量字来标识请求传输的消息种类。

BC 周期性依次对各个 RT 发出“发送矢量字”方式码消息(10000)。如某 RT 返回的状态字中的“服务请求位”为“1”,说明该 RT 有消息传输服务请求。BC 将进一步分析该 RT 返回的矢量字,确定该 RT 请求的传输消息种类,组织传输。

16 bit 量字可按位定义消息种类,也可按编码定义消息种类,见 A.2。

在矢量字按位定义消息种类的情况下,RT 在发送缓冲区准备好数据后,或是请求获取某种消息时,应将矢量字中代表该请求消息的相应位置“1”,并将状态字中的“服务请求位”置“1”。当请求的消息传输完毕后,将矢量字中相应位置“0”。如果矢量字所有位均已为“0”,表示没有进一步的消息传输服务请求,则将“服务请求位”置“0”。

在矢量字按编码定义消息种类的情况下,RT 在发送缓冲区准备好数据后,或是请求获取某类消息时,应将矢量字设置为所需编码,并将状态字中的“服务请求位”置“1”。当请求的消息传输完毕后,将矢量字设置为下一个请求的消息种类编码。如果没有进一步的消息传输请求,则将矢量字置为全 0,“服务请求位”置“0”。

6.3 同步机制

同步有 3 种方式,即采用同步方式码消息(00001)、带数据字的同步方式码消息(10001),以及非方式码同步消息。

同步方式码消息(00001)和带数据字的同步方式码消息(10001)起到某一总线通信状态的同步作用,且同步方式码消息(10001)带的数据字可进行编码,以指示不同的同步事件。两种方式码消息可与时间码消息配合,起到在总线上传输时间并供接收方校准的作用,见 6.4。

非方式码同步消息是一条参与通信各方约定的普通消息,可用于 RT 数据发送和接收时,数据更新的同步,也可作为当前总线周期和下一总线周期的分隔点标志,见 A.1。

注:具体采用的同步方式及其约定含义由任务协议确定,本文件不作规定。

6.4 时统机制

6.4.1 系统时钟位于 BC 端时,对应的时统机制如下。

- a) BC 发送时间码消息可采用周期传送机制或插入传送机制。
- b) 在时间码消息发出的一段时间(固定的或不确定的)后,安排一条同步方式码消息(00001)。时间码消息与同步方式码消息(00001)之间的时间误差由 BC 在发出时间码消息时补偿。
- c) 如果采用带数据字的同步方式码消息(10001)作为时间同步,则所带的数据字值可是时间误差值。
- d) RT 在收到同步方式码消息(00001)时,立即读取时间码消息,与误差值相加,作为 RT 的新时间基准。
- e) 为减小时间码误差,BC 可在时间码消息发出前的时刻读取系统时钟值。
- f) 如果不采用同步消息,则时间码消息传输的误差由各 RT 自行修正或容忍。

6.4.2 系统时钟位于 RT 端时,对应的时统机制如下。

- a) BC 按照固定周期传送 RT 发送时间码消息,无需 BC 与 RT 之间的服务请求握手。RT 应保证时间码消息发出前的时钟误差修正。时间码消息在总线上传输的误差由各接收终端自行修正或容忍。
- b) 如果采用服务请求机制传送 RT 发送时间码消息,则 BC 在响应 RT 服务请求时,可先发送同步方式码消息(00001)给该 RT,用于 RT 读取当前时刻的时钟时间码,然后 BC 在“一段时间”(固定的或不确定的)后传输 RT 发送时间码消息,并紧随其后广播一条带数据字的同步方式码消息(10001),数据字的值为 BC 补偿的“一段时间”误差。在这种情况下,各终端在收到带数据字的同步方式码消息(10001)后,立即读取时间消息和同步消息的数据字“一段时间”,二者相加作为接收方新的时间基准。

6.5 总线测试机制

6.5.1 长抱环测试

6.5.1.1 长抱环测试过程

长抱环测试的目的是测试总线通信通道的通断情况,为通过哪路通道传送消息提供依据。BC 使用单消息依次与每个 RT 通信。以双余度 A 总线和 B 总线为例,BC 与一个 RT 的通信测试过程如下:

- a) BC 在 A 总线组织一条 RT 接收长抱环测试消息(接收子地址 30);
- b) BC 在 A 总线组织一条 RT 发送长抱环测试消息(发送子地址 30);
- c) 如果 BC 发送消息或接收消息响应超时,说明总线通信有异常;
- d) 如果收发消息均正常,BC 比较收发消息数据字内容是否相同,相同则说明总线通道以及 RT 通信正常,否则说明有异常;
- e) BC 在 B 总线上重复过程 a)~d)。

6.5.1.2 长抱环测试使用约定

长抱环测试的使用约定如下。

- a) 长抱环测试消息中的数据字内容设定为某种编码或数据图案,供收发双方判别和处理。
- b) 如果 RT 不关心长抱环测试的过程,可将接收子地址 30 消息和发送子地址 30 消息的数据收发缓冲区设置为同一个地址。在这种情况下,测试过程对 RT 是透明的,BC 在安排发送和接收消息时,不应预留消息间隔时间。
- c) 如果 RT 期望通过长抱环测试反映 RTA 是否正常响应,则 RT 应响应接收子地址 30 消息,并

通知 RTA 做必要的处理,至少将接收数据从接收缓冲区搬移到发送缓冲区。在这种情况下,BC 在安排发送和接收消息时,应留有足够的 RT 响应时间。

- d) 如果存在多余度总线,长抱环测试过程可在每条总线上各进行一遍,测试数据内容可有规律地变化,避免数据重复导致的误判。
- e) 如果只有单总线连接,是否进行长抱环测试由应用管理需求决定。
- f) 如果测试发现某 RT 有一个总线通道上的通信异常,余度总线通道通信正常,则 BC 将该 RT 的消息改为在正常通道上传输,表现效果为切换总线。
- g) 如果某 RT 所有余度总线通信均超时(RT 不存在,RT 故障或没有加电工作)或数据异常,则不进行切换总线操作。
- h) 如果某 RT 所有余度总线通信均正常,则其消息可选择任一通道传送,无需切换总线。

6.5.2 自测试

BC 使用启动自测试(00011)方式码消息使 RT 启动内部测试,之后再使用发送自测试字(10011)方式码消息获取 RT 内部自测试结果的数据字。自测试执行过程属于 1553B 总线链路层和物理层的内容。自测试结果数据字的用途由任务决定。

6.5.3 消息重试

消息重试是指当消息传输发生错误或者超时响应时,消息可立即自动重新传输。BC 可根据需要和消息特性选择是否消息重试,其设置规则如下。

- a) 广播消息一般不准许重试。为保证其可靠传输,广播消息可交替使用余度总线,例如本次使用通道 A,下次使用通道 B。
- b) 组成一个数据块(见 A.5)的多条消息不准许重试。如果需要,数据块的多条消息应作为一个整体重新安排传送。
- c) BC 与 RT 之间的单消息允许重试,但也应根据消息内容而定,例如长抱环测试不准许重试。
- d) 以双余度总线为例,消息重试的方式可设置为在当前总线重试一次。如果失败,则在冗余总线上重试一次。如果再次失败,则不再重试。也可是先冗余总线,后当前总线。

7 总线通信过程

7.1 总线通信过程说明

参与总线通信的角色主要包括 BC 方的 BC 和 BCA,RT 方的 RT 和 RTA。4 个角色之间的关系见图 3。

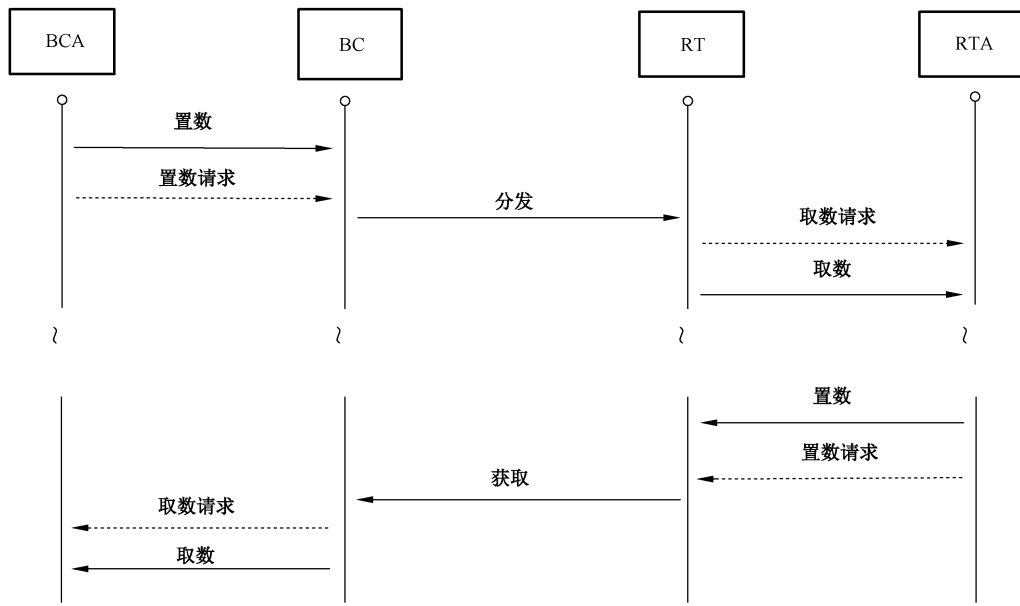


图3 总线通信的组成和关系

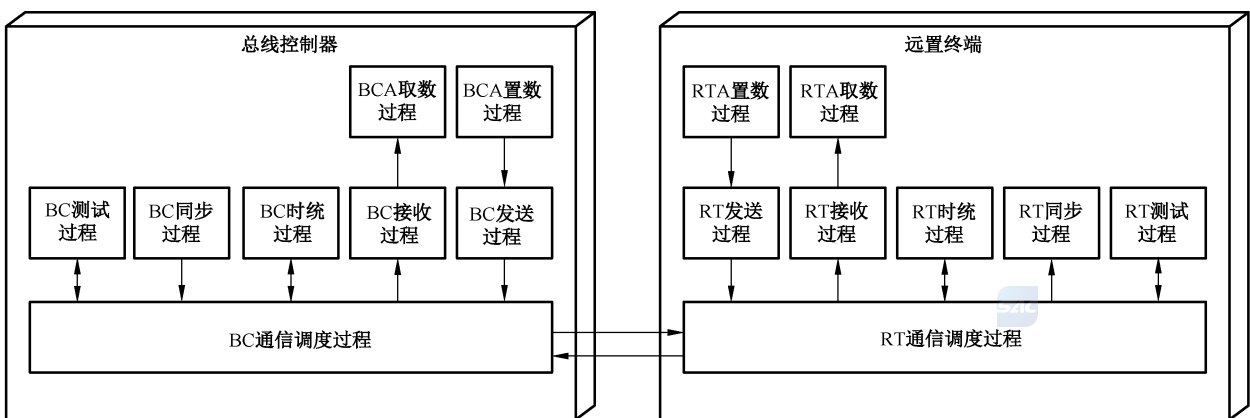
图3中,BCA和BC、RTA和RT之间通过握手标志和数据缓冲区沟通 and 传递数据。BC和RT之间通过1553B总线传送消息。

注：图中传送消息数据的过程需要根据不同的消息种类进行进一步设计,属于任务协议,本文件不作规定。

从BC到RT的消息传输称为分发过程,包括BC发送过程和RT接收过程。RT到BC的消息传输称为获取过程,包括RT发送过程和BC接收过程。BCA将要发送的数据交给BC的过程称为BCA置数过程,将BC收到的数据提取出来交给BCA的过程称为BCA取数过程。RTA将要发送的数据交给RT的过程称为RTA置数过程,将RT收到的数据提取出来交给RTA的过程称为RTA取数过程。

应用数据的大小可是任意长度,由于1553B总线1条消息最多包含32个数据字,因此当应用数据长度大于32个字时,在1553B总线上传输时应进行数据块划分。数据块的划分及其传送设计属于任务协议,本文件不作规定,A.5给出了设计建议。

这些数据传递过程应通信调度过程的支持,包括BC通信调度过程、RT通信调度过程。同时,通信调度过程还支持BC和RT双方的同步过程、时统过程、测试过程等。这些过程在总线通信中的部署关系见图4。



注：箭头表示处理顺序。

图4 总线通信过程的部署

图4中,取数过程、置数过程是链路协议子层和上层应用过程的接口过程。接收过程、发送过程、通

信调度过程是链路协议子层与下层通信过程之间的接口过程。时统过程、同步过程和测试过程是上层相关应用与下层通信过程之间的时间、同步和测试消息的接口过程。

7.2 通信调度过程

7.2.1 BC 通信调度过程

BC 通信调度过程用于实现和控制下列各种总线通信。

- a) 为实现总线通信,BC 应构建消息帧,其编排规则见 A.1。
- b) 为实现总线通信,BC 应对总线通信参数进行配置,见表 2。
- c) 在周期传送机制(见 6.1)运行过程中,BC 应按照消息帧中不同种类的消息及时进行有针对性的消息上线传输、响应、数据收发和消息下线处理。
- d) 为实现插入传送机制(见 6.1),BC 应能够暂停周期性消息帧的运行,控制突发消息传输的启停,并返回周期消息帧的停止处,重新启动周期消息帧运行。
- e) 周期传送机制和插入传送机制的切换过程应进行针对性设计,确保及时可靠切换,保证各类消息传输时延稳定性的同时,满足突发消息的实时性要求。
- f) 服务请求机制(见 6.2)通过周期性安排各 RT 的矢量字消息来实现轮询。当有 RT 服务请求时,BC 通过分析矢量字消息确定 RT 要求传输的消息。相应的消息如果在周期性消息帧中,则按照周期传送机制传输。如果不在,则按插入传送机制传输。
- g) 与 BC 同步过程接口,周期或按需安排 3 种同步消息的传输。同步机制见 6.3。
- h) 与 BC 时统过程接口,如果系统时钟位于 BC,则安排时间码消息的传输。如果系统时钟位于 RT,则响应 RT 的时间码消息请求(表 1 中发送子地址 29)并安排其传输。在收到时间码消息后,将时间值传给 BC 时统过程。时统机制见 6.4。
- i) 与 BC 测试过程接口,设置各种消息的自动重试状态,安排长抱环测试、BIT 消息的传输。测试机制见 6.5。
- j) 响应上层 BC 发送请求,安排消息上线传输,清 BC 发送请求。
- k) 响应总线接收消息,提出 BC 接收请求,通知上层接收数据。

7.2.2 RT 通信调度过程

RT 通信调度过程按照总线通信机制和任务级协议,实现下列 RT 消息数据的发送和接收。

- a) 对 RT 通信参数的配置(如消息子地址、消息字数、消息间隔等,见表 3)。
- b) 按照服务请求机制,进行消息服务请求的提出和撤销。
- c) 响应上层 RT 发送请求,按照服务请求机制设置矢量字,提出服务请求,请 RT 发送请求。
- d) 响应总线接收消息,提出 RT 接收请求,通知上层接收数据。
- e) 与 RT 同步过程接口,通知上层及时处理同步消息。同步机制见 6.3。
- f) 与 RT 时统过程接口,如果接收的是 BC 或其他 RT 发布的时间消息,则及时读取收到的时间码及其误差值,进行本 RT 校时。
- g) 如果系统时钟位于本 RT,则按照时统机制(见 6.4)和任务协议,读取系统时间,补偿时间码值误差。
- h) 与 RT 测试过程接口,按照测试机制(见 6.5)和任务协议,进行 RT 的 BIT 测试、长抱环测试消息等处理。

7.3 置数过程

7.3.1 BCA 置数过程

当 BCA 有数据要发送时,执行如下 BCA 置数过程:

- a) 判断 BC 置数请求,是否更新发送数据缓冲区;
- b) 可更新时,将要发送的数据放入发送数据缓冲区;
- c) 向 BC 发送过程提出 BC 置数请求(见表 2)。

后续操作见 7.4.1。

7.3.2 RTA 置数过程

当 RTA 有数据要发送时,执行如下 RTA 置数过程:

- a) 判断 RT 置数请求,是否更新发送数据缓冲区;
- b) 可更新时,将要发送的数据放入发送数据缓冲区;
- c) 向 RT 发送过程提出 RT 置数请求(见表 3)。

后续操作见 7.4.2。

7.3.3 发送缓冲区的设置

发送数据缓冲区一般为单缓冲区,采用置数请求作为应用和终端双方的握手确认通知。BCA/RTA 应确保在上一次置数请求没有得到 BC/RT 响应时,不提出新的置数请求和数据更新,避免发送数据缓冲区的读写冲突。

7.4 发送过程

7.4.1 BC 发送过程

当 BC 接收到 BC 置数请求时,执行如下 BC 发送过程。

- a) 将发送数据缓冲区的数据按照 BC 置数请求提取并放入消息中。
- b) 清 BC 置数请求。
- c) 置 BC 发送请求。
- d) 如果需要通知 RT 接收消息的描述信息,可请求发送“分发传送描述”消息(RT 接收子地址 27);消息内容描述的是 RT 即将接收的消息,如数据格式、数据类型等信息。

后续操作见 7.2.1 和 7.2.2。

7.4.2 RT 发送过程

当 RT 接收到 RT 置数请求时,执行如下 RT 发送过程。

- a) 将发送数据缓冲区的数据按照 RT 置数请求提取,送入相应发送子地址数据缓冲区中。
- b) 清 RT 置数请求。
- c) 置 RT 发送请求。
- d) 如果需要通知 BC 接收消息的描述信息,可请求 BC 安排“获取传送请求”消息(RT 发送子地址 28);消息内容描述的是 RT 即将发送的消息,如数据格式、数据类型等信息。

后续操作见 7.2.1 和 7.2.2。

7.5 接收过程



7.5.1 BC 接收过程

当 BC 查询到 BC 数据接收请求时,执行如下 BC 接收过程。

- a) 判断 BC 接收请求,确定可存放数据的接收缓冲区。
- b) 读取消息中的数据,放入接收数据缓冲区。

- c) 清 BC 接收请求。
- d) 置 BC 取数请求。
- e) 如果需要通知 RT 确认接收到消息,可请求发出“获取传送确认”消息(RT 接收子地址 28);消息内容描述的是对已接收到消息的确认信息,如正常与否、异常报告等。

后续操作见 7.6.1。

7.5.2 RT 接收过程

当 RT 查询到 RT 数据接收请求时,执行如下 RT 接收过程。

- a) 判断 RT 接收请求,确定可存放数据的接收缓冲区。
- b) 读取消息中的数据,放入接收数据缓冲区。
- c) 清 RT 接收请求。
- d) 置 RT 取数请求。
- e) 如果需要通知 BC 确认接收到消息,可请求 BC 安排“分发传送确认”消息(RT 发送子地址 27);消息内容描述的是对已接收到消息的确认信息,如正常与否、异常报告等。

后续操作见 7.6.2。

7.5.3 接收数据缓冲区的设置

由于总线通信消息的传输时序安排是确定的,因此双缓冲区数据读写双方(BC 和 BCA, RT 和 RTA)处理不及时会造成数据溢出丢失、读写冲突等问题。为此可通过设置双接收缓冲区及其握手过程来解决。握手过程一般是通过判断和设置接收请求实现。接收请求指示了数据更新状态和允许写的缓冲区(含地址)。一种双接收缓冲区的使用方式见 A.4。

除此之外,还可通过 BC 和 RT 的协商,安排合理的时序关系来避免数据读写冲突。

7.6 取数过程

7.6.1 BCA 取数过程

当 BCA 查询到 BC 取数请求时,执行如下 BCA 取数过程:

- a) 根据 BC 取数请求的指示,读取接收缓冲区中的数据提交给上层应用;
- b) 清 BC 取数请求。

注:后续操作属于上层数据应用,本文件不作规定。

7.6.2 RTA 取数过程

当 RTA 查询到 RT 取数请求时,执行如下 RTA 取数过程:

- a) 根据 RT 取数请求的指示,读取接收缓冲区中的数据提交给上层应用;
- b) 清 RT 取数请求。

注:后续操作属于上层数据应用,本文件不作规定。

7.7 同步过程

7.7.1 BC 同步过程

BC 根据需要选用 3 种同步机制(见 6.3),周期性或按需要发送同步消息。

- a) 同步方式码消息(00001)用于时统同步时,按照时统机制适时提出发送消息请求;用于一种约定情况下,当该约定情况发生时,提出发送消息请求。

- b) 带数据字的同步方式码消息(10001)用于时统同步时,时间误差修正值填入所带数据字,按照时统机制适时提出发送消息请求;用于多种约定情况下,当某种约定情况发生时,将该约定情况编码填入所带数据字,提出发送消息请求。
- c) 非方式码同步消息用于数据更新同步时,在约定数据消息发送开始或发送完毕后,提出发送消息请求;用于总线周期同步时,在前后两个总线周期分界位置,安排同步消息。

7.7.2 RT 同步过程

RT 根据需要选择 3 种同步消息进行响应和处理。

- a) 同步方式码消息(00001)用于时统同步,在收到消息时,按照时统机制校正本地时钟;用于一种约定情况同步,在收到消息时,按照该约定情况进行相应的同步处理。
- b) 带数据字的同步方式码消息(10001)用于时统同步,在收到消息时,将数据字所带的数值作为误差值,按照时统机制修正本地时钟的误差;用于多种约定情况同步,在收到消息时,按照约定情况编码进行相应情况的同步处理。
- c) 非方式码同步消息用于数据更新同步,在收到消息时,可进行发送数据缓冲区或接收数据缓冲区的状态复位,以确保此后的数据发送或接收是同步的;用于总线周期同步,在收到消息时,可进行总线周期相关的同步操作,例如可提出新一个周期的服务请求、通信状态复位和重新配置等。

7.8 时统过程

7.8.1 BC 时统过程

具体过程如下。

- a) 系统时钟位于 BC 端时:
 - 1) 请求发送时间码消息(表 1 中 RT 接收子地址 29),广播或单独发送给某个 RT 的消息;
 - 2) 在消息上线前的时刻读取当前系统时钟值;
 - 3) 修正时间误差;
 - 4) 将修正的时钟值填入时间码消息中。
- b) 系统时钟位于 RT 端时:
 - 1) 接收时间码消息数据,进行 BC 端时钟的校正;
 - 2) 按照时统机制修正时间误差。

7.8.2 RT 时统过程

具体过程如下。

- a) 系统时钟位于 BC 端时:
 - 1) 接收时间码消息数据,进行 RT 端时钟的校正;
 - 2) 按照时统机制修正时间误差。
- b) 系统时钟位于 RT 端时:
 - 1) 请求发送时间码消息(表 1 中 RT 发送子地址 29),广播或单独发送给某个终端的消息;
 - 2) 按照时统机制修正时间误差;
 - 3) 如果支持 RT 到 RT 的消息传送,则表 1 中 RT 接收子地址 29 和发送子地址 29 作为同一条时间码消息中指定的收发子地址。

7.9 总线测试过程

7.9.1 BC 测试过程

BC 根据需要使用 3 种测试机制(见 6.5),周期性或按需开展测试。

- a) 按照长抱环测试约定(见 6.5.1),周期性或按需在各条总线通道上组织长抱环测试消息的发送和接收;判断长抱环测试结果,如发现有总线异常,将相关消息设置在正常总线上传输,即切换总线。
- b) 按照自测试约定(见 6.5.2),周期性或按需安排启动自测试(00011)方式码消息和发送自测试字(10011)方式码消息,获取 RT 内部自测试结果的数据字。
- c) 按照消息自动重试约定(见 6.5.3),设置指定的消息允许或不准许自动重试。

7.9.2 RT 测试过程

RT 根据需要响应测试消息并处理:

- a) 按照长抱环测试约定(见 6.5.1),设置接收子地址 30 消息和发送子地址 30 消息的数据区;
- b) 响应长抱环测试消息,根据需要对测试数据进行必要的数据搬移和处理;
- c) 按照自测试约定(见 6.5.2),按需对内部的自测试过程和数据进行处理。

RT 测试过程与消息自动重试机制无关。

8 可靠性设计要求

基于 1553B 总线的通信机制和各项过程,根据任务需要采用或设计不同的可靠性措施。

- a) 为确保总线通信能够满足不同的传输需求,如传输内容需求、时序稳定性、时序及时性、传输效率等,应采用基于服务请求机制的周期传送机制和插入传送机制。
- b) 为确保总线通信数据的可靠传输,置数、取数、分发、获取传送过程的运行和数据可靠交换,应遵守相应的请求机制,确保过程中不发生数据读写冲突。
- c) 冗余总线允许消息可通过任一总线通道进行传送。在航天器上可视系统关键程度设置双冗余或者冗余度总线。
- d) 为确保总线通信的可靠传输,可根据需要采取各项测试、同步等措施。其中:
 - 1) 长抱环测试用于检查 BC 与 RT 之间的总线通断情况,为使用冗余总线提供现场实时的依据;
 - 2) 自测试用于检查 BC 与 RT 之间链路层电路测试,其应用由具体任务确定,用于处理针对性故障;
 - 3) 消息重试用于应对总线通信受到临时干扰,以尽力保证传输消息的完整性和可达性;
 - 4) 同步方式码消息(00001)用于对总线收发双方同步或校准;
 - 5) 带一个数据字的同步方式码消息(10001)用于对总线收发双方同步或校准,其所带的数据字编码可指示不同的同步事件,供上层应用的进一步处理;
 - 6) 非方式码同步消息用于参与通信各方对数据收发、更新的同步,以消除因临时异常原因引起的数据收发数据缓冲区的数据错乱问题,也可作为周期传送机制的起点和终点的参照。

9 管理信息库

1553B 总线通信是由 BC 集中控制和管理的,其管理信息库的主要内容见表 2。

表 2 BC 的管理信息库主要内容

序号	名称	描述	使用说明
1	消息帧 Message frame	消息组成的序列	<ul style="list-style-type: none"> a) 总线通信的需求的满足及时序安排通过消息帧编排实现； b) 消息帧编排主要考虑消息种类、消息数据字数、消息数、消息间隔、总线周期等因素； c) 消息帧编排方法见 A.1
2	消息种类 Kind of message	枚举型	<ul style="list-style-type: none"> a) 消息分类的编码,用于区分不同的消息传输内容,在消息与数据内容、数据缓冲区之间建立关联； b) 消息种类通常与 RT 子地址构成对应关系； c) BC 方的消息种类编码属于 BC 内部设计,与 RT 设计无关
3	消息数据字数 Number of data words in a message	整型,取值 1~32	<ul style="list-style-type: none"> a) 一条消息中包含的数据字个数； b) 通常一种消息包含的数据字数是固定的
4	消息数 Number of messages	整型	<ul style="list-style-type: none"> a) 消息帧中包含的消息数量； b) 消息帧能够包含的消息数受到通信器件存储缓冲区的限制； c) 消息帧的结构限制了消息总数
5	消息间隔 Interval of messages	整型,单位:ms	<ul style="list-style-type: none"> a) 某种消息重复出现的最小时间长度。反映了 RT 方对某种消息最少的响应和处理时间要求。 b) 消息间隔如果不满足 RT 方要求,有可能导致收发双方的消息接收处理时序紧张,在极端情况下发生问题。 c) BC 在安排消息帧时,应兼顾所有 RT 的所有种类消息的消息间隔需求,以周期传送机制或者插入传送机制来组织通信
6	总线周期 Bus cycle	整型,单位:ms	<ul style="list-style-type: none"> a) 周期传送机制下消息帧循环出现的时间间隔长度。总线周期的设计见 A.1。 b) 总线周期通常作为一个 1553B 总线通信的质量参数存在,表征 BC 组织通信的效率和平均效果。 c) 在周期传送机制和插入传送机制配合执行的情况下,BC 应进行必要的设计,确保总线周期的稳定性,至少应满足所有 RT 所有消息的消息间隔要求。 d) 可一条广播同步消息作为周期的起止标志。 e) 在服务请求机制下,可矢量字消息循环出现的时间间隔长度为标志
7	RT 个数 Number of RTs	整型,取值 0~31	<ul style="list-style-type: none"> a) 指某一段时间内总线上参与通信的 RT 个数； b) RT 个数的最大值是任务允许的总线可挂接的 RT 数,最多 31 个
8	矢量字 Vector word	按位定义,16 bit,每 1 bit 对应一种消息种类按编码定义,枚举型	<ul style="list-style-type: none"> a) 矢量字方式码消息中的数据字； b) 用于使用矢量字消息的服务请求机制； c) 矢量字如果按位定义,则应规定每一位对应请求的消息种类； d) 矢量字如果是编码定义,则应规定每一种编码对应请求的消息种类,或者直接使用消息种类编码

表2 BC的管理信息库主要内容(续)

序号	名称	描述	使用说明
9	RT子地址 RT sub address	5 bit,取值 0~31	a) 1553B 总线规定的子地址定义,一般用于区分不同的 RT 消息数据内容; b) BC 通过安排不同子地址的消息传输来满足不同种类消息的传输
10	BC数据缓冲区地址 BC data buffers address	地址值	a) 每种消息交换数据的缓冲区地址; b) 数据缓冲区用于 BCA 与 BC 之间交换数据,大小通常需要按照具体的消息种类来安排,也可统一按照最大消息长度(32个字)的倍数来安排; c) 发送缓冲区通常采用单缓冲区机制; d) 接收缓冲区通常采用双缓冲区机制
11	BC置数请求 BC set data request	任务自定义	a) BCA 置数过程发送给 BC 发送过程的请求; b) 指示数据更新标志、发送数据缓冲区地址、发送消息块地址(数据块传送时会有多个消息块地址)、目标 RT 地址及其接收子地址等内容; c) 见 BCA 置数过程和 BC 发送过程,和发送缓冲区配套使用
12	BC发送请求 BC send data request	任务自定义	a) BC 发送过程发送给 BC 通信调度过程的请求; b) 见 BC 发送过程和 BC 通信调度过程
13	BC接收请求 BC receive data request	任务自定义见 A.4	a) BC 通信调度过程发送给 BC 接收过程的请求; b) 见 BC 通信调度过程和 BC 接收过程
14	BC取数请求 BC get data request	任务自定义	a) BC 接收过程发送给 BCA 取数过程的请求; b) 见 BC 接收过程和 BCA 取数过程,和接收缓冲区配套使用

RT 根据自身的需要配置参与通信的参数,其管理信息库的主要内容见表 3。

表3 RT的管理信息库主要内容

序号	名称	描述	使用说明
1	总线周期 Bus cycle	整型,单位 ms	a) 周期传送机制下消息帧循环出现的时间间隔长度; b) 总线周期可作为 RT 方设计消息传输数据更新和处理机制的约束条件; c) 在服务请求机制下,RT 方可用本 RT 矢量字消息循环出现的时间间隔长度为标志; d) RT 方也可用一条 BC 广播的同步消息作为总线周期起止标志
2	消息种类 Kind of message	枚举型	a) 消息分类的编码,用于区分不同的消息传输内容,在消息、数据内容、对应的数据缓冲区之间建立关联; b) 消息种类通常与 RT 子地址构成对应关系; c) RT 方的消息种类编码属于 RT 内部设计,与 BC 设计无关

表 3 RT 的管理信息库主要内容 (续)

序号	名称	描述	使用说明
3	消息数据字数 Number of data words in a message	整型,取值 1~32。	a) 一条消息中包含的数据字个数; b) 通常一种消息包含的数据字数是固定的
4	消息间隔 Interval of messages	整型,单位 ms	某种消息重复出现的最小时间长度。反映了 RT 方应对某种消息最少的响应和处理时间要求,以避免 RT 方对消息数据的读写冲突、错误和丢失
5	矢量字 Vector word	按位定义,16 bit,每 1 bit 对应一种消息 种类。 按编码定义,枚举型	a) 矢量字方式码消息中的数据字; b) RT 定义自身的矢量字编码,与可请求的消息种类对应,并与 BC 保持一致; c) 按位定义时,应规定每一位对应请求的消息种类; d) 编码定义时,应规定每一种编码对应请求的消息种类,或者直接使用消息种类编码
6	RT 子地址 RT sub address	5 bit,取值 0~31	a) 1553B 总线规定的子地址定义,一般用于区分不同的 RT 消息数据内容。 b) RT 定义自身的子地址与消息种类的对应关系,并与 BC 保持一致。 c) RT 子地址与消息种类的对应关系是一对一的。多对一的情况虽然在技术上可行,但不建议使用。因为多对一的设计会增加 RT 和 BC 通信管理的复杂性,不利于设计重用
7	RT 数据缓冲区地址 RT data buffer ad- dress	地址值	a) 每种消息交换数据的缓冲区地址; b) 数据缓冲区用于 RTA 与 RT 之间交换数据,大小通常应按照具体的消息种类来安排,也可统一按照最大消息长度(32 个字)的倍数来安排; c) 发送缓冲区通常采用单缓冲区机制; d) 接收缓冲区通常采用双缓冲区机制
8	RT 置数请求 RT set data request	任务自定义	a) RTA 置数过程发送给 RT 发送过程的请求; b) 指示数据更新标志、发送数据缓冲区地址、发送子地址、目标 BC 或 RT 及其接收子地址等内容; c) 见 RTA 置数过程和 RT 发送过程,和发送缓冲区配套使用
9	RT 发送请求 RT send data request	任务自定义	a) RT 发送过程发送给 RT 通信调度过程的请求; b) 见 RT 发送过程和 RT 通信调度过程
10	RT 接收请求 RT receive data re- quest	任务自定义见 A.4	a) RT 通信调度过程发送给 RT 接收过程的请求; b) 见 RT 通信调度过程和 RT 接收过程
11	RT 取数请求 RT get data request	任务自定义	a) RT 接收过程发送给 RTA 取数过程的请求; b) 见 RT 接收过程和 RTA 取数过程,和接收缓冲区配套使用

管理信息库的内容可在表 2、表 3 的基础上根据任务需要进行扩充。

附 录 A
(资料性)
基于本文件的进一步设计

A.1 消息帧的编排

A.1.1 周期传送

周期传送机制下的消息帧编排规则如下。

- a) 一个消息帧中可包含多个子消息帧,每个子消息帧的传输消息编排可不同。这种消息帧套子消息帧的组织方式可增加 BC 满足不同种类消息周期传输需求、响应时延要求的组织灵活性和适应性。
- b) 一个(子)消息帧可包含多个 RT 和多种消息。
- c) 消息帧的起点(或终点)可以一条非方式码同步消息为标志。
- d) 服务请求机制中,(子)消息帧可以 RT 矢量字消息作为该(子)消息帧传输的开始,以及上一个(子)消息帧传输的结束,也可与同步消息一起使用作为起止标志。
- e) 服务请求机制中,同一个 RT 的同类型消息在一个(子)消息帧中只能出现一次,包含同一数据块的多条消息作为一个整体出现一次。
- f) 消息间隔设置时间一般要大于终端处理消息所需要的时间,例如 BC 广播消息宜大于所有 RT 处理该消息所需的处理时间。
- g) 总线周期是消息帧循环传输的外在时间表现。总线周期可以是一个消息帧循环传输一遍的时间长度。如果消息帧中包含的不同子消息帧的时间长度设计成均匀相等,则总线周期也可以是子消息帧的时间长度。
- h) 总线周期的实质是对 RT 消息时延要求的满足,从不同的 RT 和不用消息角度看,体现出的周期性是不同的。因此,是否需要 BC 和所有 RT 之间约定一个统一的总线周期时间由任务自定义。

A.1.2 插入传送

插入传送机制下的消息帧编排规则如下。

- a) BC 以消息帧为单位组织一次传输,没有总线周期的概念。
- b) 按照条件触发的、偶尔需要传输的消息适用于插入传送机制。
- c) 具有某种紧急程度或优先级的消息适用于插入传送机制。
- d) 同一条消息可根据需要作为周期性消息和/或插入消息安排。
- e) 具有周期性特征的消息传输是一个相对的概念。由于 1553B 总线消息传输的时间是毫秒级,周期传送机制的总线周期通常也会是毫秒级。因此如果一个消息的传输周期需求是秒级甚至更大,则相对于总线周期而言,就具有突发性,适用于插入传送机制。

A.2 矢量字定义

矢量字用于服务请求机制时,有两种定义方式。

- a) 方式一是按位定义,数据字中的每一位对应一种消息的请求,0 是无请求,1 是有请求。这种方式的优点是多种消息请求可同时提出,以便于 BC 在一个消息帧周期内同时满足多种消息的

传送需求。由于受到矢量字 16 bit 的限制,一个 RT 最多可定义 16 种消息。如果 RT 和 BC 之间支持运行期间动态定义矢量字,则可不受 16 种消息的限制。

- b) 方式二是编码定义,一个数据字编码代表一种消息的请求,编码全 0 表示无请求。这种方式的优点是可定义多达 65 535 种消息,能够满足沟通信息的多样性和复杂性需要。但是由于一次只能表示一个编码,则一个消息请求周期内只能传送一种消息,如果有多种消息传输同时请求时,只能顺序安排,这样会降低传输效率。

A.3 子地址定义的规则

表 1 中的子地址设置参考兼容了 ECSS-E-ST-50-13C 中的约定,进一步的编排规则如下。

- a) 通用消息是可跨任务定义使用的消息,子地址可从高地址到低地址编排。在表 1 中已经定义了一些通用消息。
- b) 个性消息是特定任务中定义使用的消息,子地址可从低地址到高地址编排,以满足任务的特定需求。
- c) 子地址消息中的数据长度可根据任务需要设置。如果没有特殊原因,如时间效率约束,建议消息均采用 32 字固定长度。这样做虽然增加了消息长度冗余和传输时间,但有利于简化消息处理的设计和总线运行效果的稳定,增加跨任务的通用性和适应性。

A.4 一种数据接收双缓冲区的使用方式

数据接收缓冲区设置为 A、B 两个相同大小的数据区,相应的接收请求包括两个区的首地址和 3 个握手标志,即 A 区数据更新标志、B 区数据更新标志、AB 区允许写状态。使用方式如下。

- a) 数据缓冲区如果是静态配置,A 区、B 区首地址是常数;如果是动态配置,则 A 区、B 区首地址还应读写双方操作取数请求时设置改写。
- b) 当写入方(通常是 BC 或 RT)写入数据时,根据 AB 区允许写状态的指示,按照 A 区、B 区首地址,将数据写入 A 区或 B 区,置 A 区或 B 区数据更新标志。
- c) 读取方(通常是 BCA 或 RTA)查询数据更新标志,当发现有 A 区或 B 区数据更新时,将 AB 区允许写状态改为“允许 B 区写”或“允许 A 区写”,按照 A 区或 B 区首地址,读取 A 区或 B 区数据,清 A 区或 B 区数据更新标志。

A.5 数据块的传送

为了超长(大于 32 个字)应用数据能够在 1553B 总线上传输,可遵循以下设计规则。

- a) 数据块的发送过程首先是由上层应用划分好数据块,然后通过置数请求的方式,请求置数过程将划分的数据块依次放入发送数据缓冲区。置数过程再通过发送请求方式请求发送过程,将数据块数据依次放入消息中。
- b) 数据块的接收过程根据单消息接收,再交由上层应用拼接还原。
- c) 数据块的划分一般按照 1 条消息 32 个字的长度划分,由若干条 32 个字消息组成。最后 1 条消息的有效数据如果不足 32 字,可进行填充。最后 1 条消息不宜使用不同长度,避免增加初始化设置和协议约定、处理的复杂性。
- d) 数据块消息可安排同一子地址的多条消息,也可以是由不同子地址的多条消息,连续传输。
- e) 同一子地址多条消息方式有利于服务请求机制的简单判断,应用数据的长度可很大,只受到消息帧能够容纳的消息数限制,而且有利于节省子地址资源,有利于通用设计。本文件推荐使用这种方法。

- f) 不同子地址多条消息方式下,服务请求机制需要更复杂的判断约定,数据块的长度受到了能够安排的子地址个数的限制,适用于针对性设计。本文件不推荐使用这种方法。
- g) 数据块的多条消息是作为一个整体传送的,因此传输过程不允许消息重试。如果出现消息错误或长度不足等异常时,可通过任务协议约定重传机制。
- h) 为保证数据块消息的同步,可利用本文件规定的同步机制,在任务协议中明确同步关系和处理要求。



参 考 文 献

- [1] ECSS-E-ST-50-13C 在轨航天器 MIL-STD-1553B 数据总线接口和通信协议(Interface and communication protocol for MIL-STD-1553B data bus onboard spacecraft),2008



