



中华人民共和国国家标准

GB/T 43940—2024

4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型 多路传输数据总线测试方法

4 Mb/s digital time division command/response
multiplex-data bus test plan

2024-04-25 发布

2024-08-01 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
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 一般要求	3
5.1 通则	3
5.2 监视要求	3
5.3 4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线操作要求	3
5.4 硬件特性要求	4
5.5 变压器耦合方式	4
5.6 连接器极性	6
5.7 特性阻抗	6
5.8 短截线耦合	6
5.9 电源开/关噪声	6
6 电气性能测试	7
6.1 RT 端电气性能测试	7
6.2 BC 端电气性能测试	13
6.3 BM 端电气性能测试	13
7 协议特性与终端操作	13
7.1 协议特性	13
7.2 终端操作	23
8 RT 端协议测试	25
8.1 测试要求	25
8.2 RT 端的操作	25
8.3 选择性的 RT 操作	34
9 BC 端协议测试	41
9.1 测试要求	41
9.2 BC 端的操作	41
9.3 BC 端的选择操作	49
10 BM 端协议测试	53
10.1 测试要求	53

10.2 具备响应能力的 UUT 操作	53
10.3 可选的 BM 替换消息操作	59
10.4 具备响应能力的 BM 操作	59

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：北京微电子技术研究所、中国航天电子技术研究院、中国运载火箭技术研究院、中国航空工业集团公司西安航空计算技术研究所、深圳市丰润达科技有限公司。

本文件主要起草人：姚永昶、陈雷、王勇、张伟、权海洋、熊开利、李永峰、张奇荣、王恪良、朱向东、赵康、周皓、牛世琪、姚庭伟、纪沙茹、王世奎、冯伟。

4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型 多路传输数据总线测试方法

1 范围

本文件描述了 4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线电气性能测试和协议测试的测试方法。

本文件适用于 4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线的器件、板卡、设备、子系统或系统的测试。

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 14241—1993 信息处理 处理机系统总线接口(欧洲总线 A)

GB/T 18759.3—2009 机械电气设备 开放式数控系统 第 3 部分:总线接口与通信协议

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

动态总线控制 **dynamic bus control**

将总线系统的控制权授予指定终端的一种操作。

3.2

多路传输数据总线 **multiplex data bus**

由数据总线及有关终端组成并能进行多路传输操作的系统。

3.3

总线活动监测 **data bus activity monitor**

判定总线上有无消息传输的一种操作。

3.4

余度数据总线 **redundant data bus**

使用一路以上的数据总线,并在子系统间提供一路以上的数据传送通路。

3.5

广播指令接收位 **broadcast command received**

RT 接收到广播指令后,将对应的状态字位置“1”,指示本 RT 接收到的有效指令字是广播指令字。

3.6

动态总线接收 **dynamic bus acceptance**

RT 响应指令时,发回的状态字中动态总线接收位为“1”,除了忙位与服务请求位其他状态位为“0”的应答状态。

3.7

服务请求 service request

RT 响应指令时,发回的状态字中服务请求位为“1”,除了忙位其他状态位为“0”的应答状态。

3.8

子系统标志位 subsystem flag

RT 响应指令时,发回状态字中子系统标志位为“1”,除了忙位与服务请求位其他状态位为“0”的应答状态。

3.9

消息指令段 command message segment

消息中由 BC 发送的信息序列。

注:消息的一个组成部分。

3.10

消息状态段 status message segment

消息中由一个或两个相关 RT 发送的信息序列。

注:消息的一个组成部分,也包含总线上无 RT 发送信息序列这一特殊的状态(即 RT 无响应状态)。

3.11

有效的消息状态段 valid status message segment

符合总线控制器指令要求,包含正确的状态字和连续、有效的数据字,且在规定的响应时间范围内响应的消息状态段。

注:正确的状态字指具有正确的 RT 地址域,除忙位和服务请求位可为“1”外,其他状态位为“0”的状态字。

3.12

无效的消息状态段 invalid status message segment

不满足有效消息状态段条件的消息状态段。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AMS:可接受的消息段(Acceptable Message Segment)

BC:总线控制器(Bus Controller)

BCR:广播指令接收(Broadcast Command Received)

BM:总线监控器(Bus Monitor)

BT:总线测试设备(Bus Tester)

CMS:消息指令段(Command Message Segment)

CS:净状态(Clear Status)

DBA:动态总线接受(Dynamic Bus Acceptance)

DBACC:动态总线控制接受位(Dynamic Bus Control Acceptance Bit)

ISMS:无效的消息状态段(Invalid Status Message Segment)

ME:消息差错(Message Error)

NR:无响应(No Response)

PAC:某一测试项目的测试通过准则(Pass Criterion)

RT:远程终端(Remote Terminal)

SF:子系统标志(Subsystem Flag)

Si:某一测试项目的第 i 步测试(其中 $i=1,2,3,\dots$)(Step i)



SMS:消息状态段(Status Message Segment)

SRB:服务请求(Service Request)

TF:终端标志(Terminal Flag)

UMS:不应接受的消息段(Unacceptable Message Segment)

UUT:被测试的设备,有时代指被测的 BC、RT 或 BM(Unit Under Test)

VSMS:有效的消息状态段(Valid Status Message Segment)

5 一般要求

5.1 通则

针对 4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线特性,本文件定义了 RT、BC、BM 有效性测试的连接结构、通过准则和测试过程。测试内容应包括电气性能测试、协议特性与终端操作及 RT/BC/BM 端协议测试。在下面的各个测试项中,判定 PAC 的一般格式要求如下:

S1——CS,S2——CS 或 NR,S3——ME。

注: S1——CS,表示测试第 1 步骤净状态通过;S2——CS 或 NR,表示测试第 2 步骤净状态通过或无响应;S3——ME,表示测试第 3 步骤消息差错。

5.2 监视要求

在所有测试中,应一直监视 UUT 发送中的以下参数:

- a) RT 的响应时间;
- b) 曼彻斯特编码;
- c) 位计数值;
- d) 奇校验位;
- e) 字计数值;
- f) 数据的连续性;
- g) 同步头;
- h) 状态字中 RT 地址域;
- i) 状态字中的“保留位”和“测试手段位”置为“0”。

5.3 4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线操作要求

总线传输安全原则应符合 GB/T 18759.3—2009 中附录 A 的相关要求,确保通信安全、设备安全,避免造成严重损失。

4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型多路传输数据总线结构示例如图 1 所示,基本操作应满足以下要求。

- a) 总线系统信息传输的控制权归总线控制器所有。
- b) 总线系统的操作是指令/响应型的异步操作。

注:异步操作是指每个终端在消息传输中均使用独立的时钟源,且终端在接收时,使用依据传输信息恢复的时钟完成译码。

- c) 数据总线上的信息传输以半双工方式进行。
- d) 数据总线上的信息流由消息组成。
- e) 总线系统具有方式控制的能力。



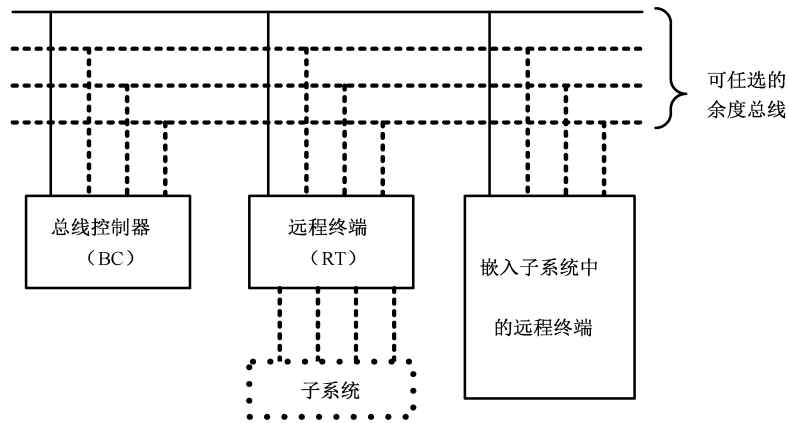


图 1 多路传输数据总线结构示例

5.4 硬件特性要求

5.4.1 电缆

所有的主电缆及短截线均应是带护套的双绞屏蔽电缆,其线间分布电容不应超过 100.0 pF/m,每米不应少于 13 绞,电缆的屏蔽层覆盖率不应低于 90.0%。

5.4.2 特性阻抗

在 4.0 MHz 的正弦波作用下,电缆的标称特性阻抗 Z_0 应在 70.0 Ω ~85.0 Ω 范围内。

5.4.3 电缆衰减

在 4.0 MHz 的正弦波作用下,电缆的功率损耗不应超过 0.05 dB/m。

5.4.4 主电缆的末端

主电缆的 2 个端头应各接 1 个阻值等于 Z_0 的电阻器,应在 0.98 Z_0 ~1.02 Z_0 范围内。

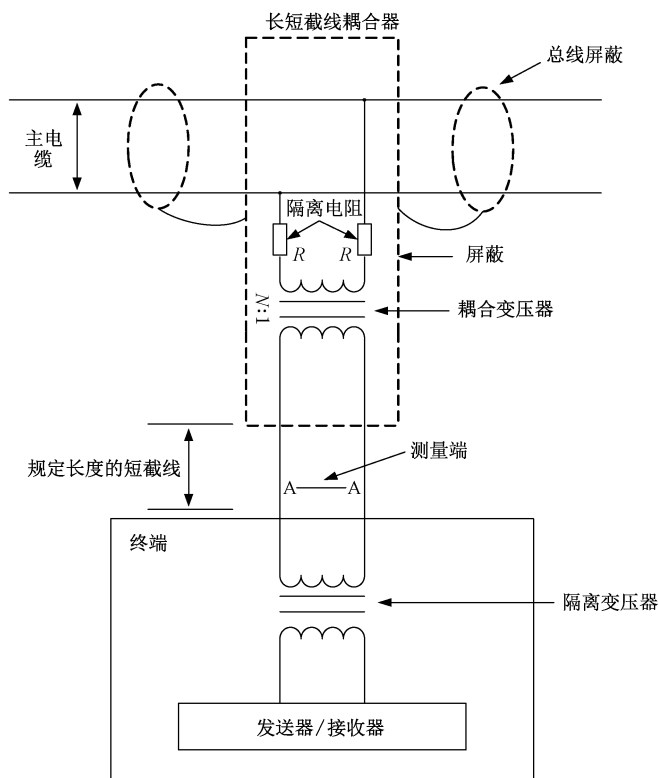
5.4.5 短截线要求

短截线应按图 2 所示与终端耦合。

5.5 变压器耦合方式

5.5.1 耦合变压器

如图 2 所示,终端通过短截线及耦合变压器连接到主电缆上,短截线的长度不应超过 1.5 m。图 2 中的耦合变压器,其匝数比应为 1 : 1.41,误差范围: $\pm 3.0\%$,且较高匝数边在隔离电阻一侧。



注：R 值范围为 $0.735 \Omega \sim 0.765 \Omega$ 。

图2 采用变压器耦合的数据总线接口

5.5.2 耦合变压器输入阻抗

当在 1.0 V (幅度有效值) 的正弦波作用下, $300.0 \text{ kHz} \sim 4.0 \text{ MHz}$ 频率范围内, 如图 3 所示, 从 B 处看进去的开路阻抗应大于 $3\ 000.0 \Omega$ 。

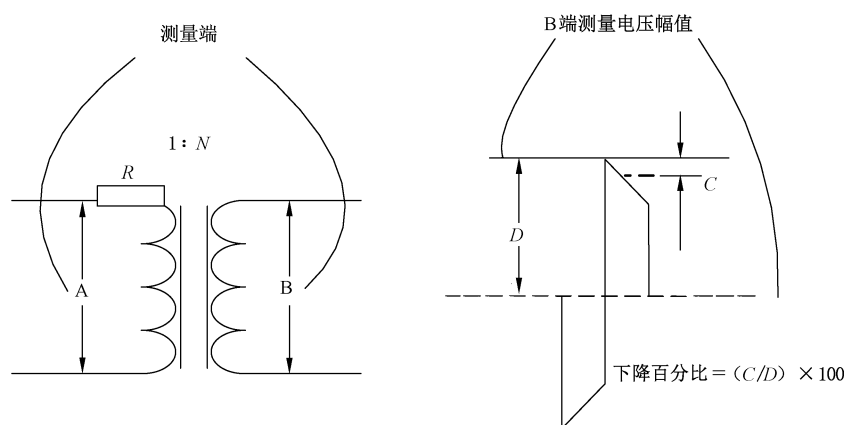


图3 耦合变压器

5.5.3 耦合变压器波形的完整性

耦合变压器波形完整性测试在图 3 的 B 处进行。波形的平顶降落不应超过 20.0% , 过冲和瞬时扰动峰值应小于 1.0 V (绝对值)。测试电路中的电阻器阻值范围为 $171.0 \Omega \sim 189.0 \Omega$, A 处输入应为

4.0 MHz、27.0 V 峰-峰值方波,其上升和下降时间不应大于 70.0 ns。

5.5.4 耦合变压器的共模抑制

耦合变压器在频率为 4.0 MHz 时的共模抑制比应大于 45.0 dB。

5.5.5 故障隔离要求

在主电缆的每个支线跨接点上,应串入隔离电阻,阻值范围为 $0.735Z_0 \sim 0.765Z_0$ (如图 2 所示)。其中 Z_0 为所选电缆的标称特性阻抗。对于耦合变压器、电缆短截线或终端发送器/接收器的任何故障,跨接在主电缆上的等效阻抗不应低于 $1.5Z_0$ 。

5.5.6 耦合变压器及隔离电阻的屏蔽要求

耦合变压器和隔离电阻不间断屏蔽的覆盖率应不低于 90.0%。隔离电阻、耦合变压器应放在距短截线和总线主电缆的跨接点最近的位置。

5.5.7 短截线的电压要求

当数据总线上的任一终端发送信息时,在图 2 的 A 处测量,所有短截线的线与线间电压的峰-峰值,应在 1.0 V~14.0 V 范围内,且应符合 5.5.5 中规定的造成信号幅值衰减的情况及 6.1.2.2 中规定的终端输出电压。

5.6 连接器极性

主电缆连接器的中心插针应是高(正)曼彻斯特双相信号,而连接器的内环应连低(负)曼彻斯特双相信号。

5.7 特性阻抗

在频率 4.0 MHz 正弦信号作用下,主电缆特性阻抗应在 $70.0 \Omega \sim 85.0 \Omega$ 范围内。

5.8 短截线耦合

使用的每一终端外部应备有变压器耦合短截线连接件,使终端与所使用的系统相连。不用的终端连接件应至少有 90.0% 的屏蔽覆盖。

5.9 电源开/关噪声

上电或关电期间,终端应限制任何形式的噪声输出。当在图 4 的 A 处测量时,耦合变压器短截线的线与线间最大允许输出噪声幅度为 $\pm 250.0 \text{ mV}$ (峰值)。

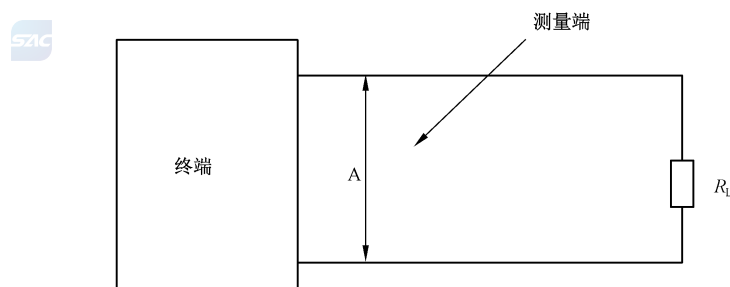


图 4 变压器耦合方式终端输入、输出(I/O)特性

6 电气性能测试

6.1 RT 端电气性能测试

6.1.1 通则

UUT 采用变压器耦合方式测试相应的电气性能；如果 UUT 具有冗余总线结构，则应在总线上进行电气性能测试，其中包括输入特性、输出特性及噪声特性。

6.1.2 输出特性

6.1.2.1 测试连接结构

除另有规定外，所有测试连接结构应按图 5 所示连接，测量点应在图 5 的“A”处。

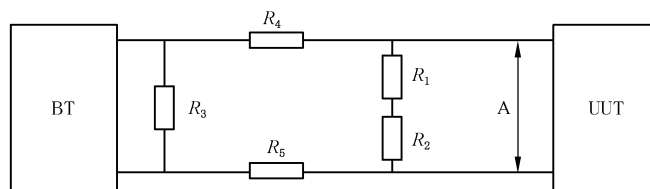


图 5 电气性能测试连接结构图

注：变压器耦合方式下， R_1 、 R_2 为 $46.5\ \Omega$ ， R_3 、 R_4 、 R_5 为 $93.1\ \Omega$ ，由这 5 个电阻组成的电阻网络阻值范围为 $68.6\ \Omega \sim 71.4\ \Omega$ 。

6.1.2.2 幅度

BT 向 UUT 发出有效的发送指令，要求 UUT 发送 N 个数据字， N 是 UUT 设计能够发送的最大数据字个数。在图 5 的“A”处测量 UUT 输出波形的峰-峰电压 V_{pp} （如图 6 所示）。

PAC：变压器耦合方式下 $18.0\ \text{V} \leq V_{pp} \leq 27.0\ \text{V}$ 。

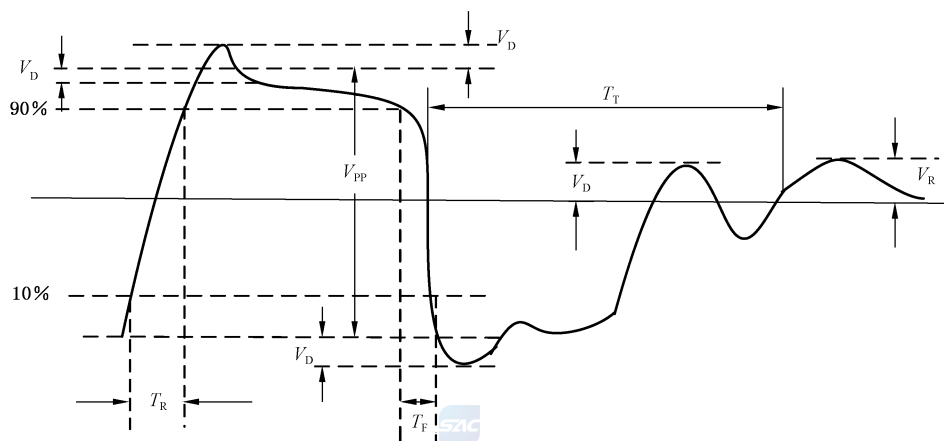


图 6 输出波形测量图

6.1.2.3 上升下降时间

BT 向 UUT 发出有效的发送指令，要求 UUT 发送至少 1 个数据字，UUT 输出波形的上升和下降时间在图 6 所示波形峰-峰值的 10%~90% 之间测量，测试内容如下：

- a) 数据字同步头上升沿时间 T_R ;
- b) 状态字同步头下降沿时间 T_F ;
- c) 数据字数据位上升沿时间 T_R ;
- d) 数据字数据位下降沿时间 T_F 。

PAC: $25.0 \text{ ns} \leq T_R \leq 75.0 \text{ ns}$, $25.0 \text{ ns} \leq T_F \leq 75.0 \text{ ns}$ 。

6.1.2.4 过零稳定性

BT 向 UUT 发出有效的发送指令, UUT 分别发送具有过零间隔为 125.0 ns、250.0 ns、375.0 ns 与 500.0 ns 的数据字, 如图 7 所示测量 UUT 输出波形的正过零间隔 T_{ZCP} 与负过零间隔 T_{ZCN} 。

PAC: 对应每一过零间隔情况, T_{ZCP} 和 T_{ZCN} 应分别在 $125.0 \text{ ns} \pm 6.0 \text{ ns}$ 、 $250.0 \text{ ns} \pm 6.0 \text{ ns}$ 、 $375.0 \text{ ns} \pm 6.0 \text{ ns}$ 、 $500.0 \text{ ns} \pm 6.0 \text{ ns}$ 范围内。

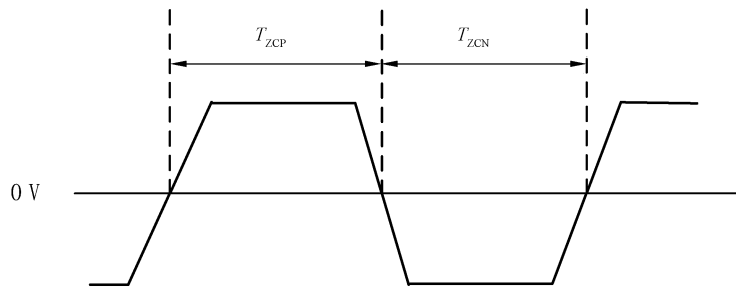


图 7 过零间隔测量图



6.1.2.5 输出波形畸变过冲与扰动

BT 向 UUT 发出有效的发送指令, 要求 UUT 发送至少 1 个数据字, 测量如图 6 所示的波形畸变电压 (V_D)。

PAC: 变压器耦合方式下 $|V_D| \leq 900.0 \text{ mV}$ 。

6.1.2.6 输出对称性

BT 向 UUT 发出有效的发送指令, 要求 UUT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够发送的最大数据字个数。如图 6 所示, 在 T_T 等于 625.0 ns (从最末 1 个字的奇校验位过零点开始计算) 时刻后, 测量最大的残余电压值 (V_R) 共进行 6 次, UUT 响应的消息中各个字分别为:

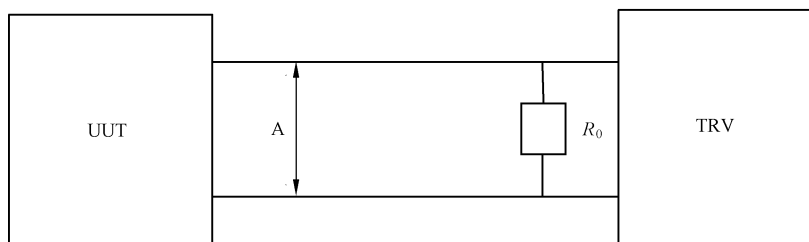
8000_{16} 、 $7FFF_{16}$ 、 0000_{16} 、 $FFFF_{16}$ 、 5555_{16} 和 $AAAA_{16}$ 。

PAC: 变压器耦合方式下 $|V_R| \leq 250 \text{ mV}$ 。

6.1.2.7 输出噪声

如图 8 所示, 测量 UUT 在加电接收状态与掉电状态下的输出噪声 (V_{rms}), 测试仪的频率范围至少为 0.0 Hz~20.0 MHz。

PAC: 变压器耦合方式下 $V_{rms} \leq 14.0 \text{ mV}$ 。



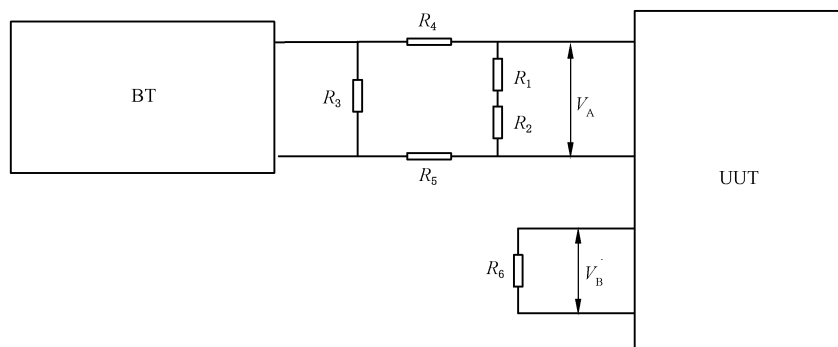
注：变压器耦合方式 R_0 阻值范围为 $68.6 \Omega \sim 71.4 \Omega$ ；TRV 表示 RMS 真值差分电压表。

图 8 输出噪声测试连接结构图

6.1.2.8 输出隔离度

若 UUT 具有冗余总线，BT 向 UUT 发出有效的发送指令，要求 UUT 发送 N 个数据字， N 是 UUT 设计能够发送的最大数据字个数。如图 9 所示，测量 UUT 活动与冗余总线上输出波形的峰-峰电压值，设工作中总线峰-峰电压值为 V_A ，冗余总线峰-峰电压值为 V_B 。

PAC: $201 \text{ g}(V_A/V_B) \geq 45.0 \text{ dB}$; $(V_A/V_B) \geq 178.0$ 。



注：变压器耦合方式 R_1 、 R_2 为 46.5Ω ， R_3 、 R_4 、 R_5 为 93.1Ω ，由这 5 个电阻组成的电阻网络阻值范围为 $68.6 \Omega \sim 71.4 \Omega$ ， R_6 阻值范围为 $68.6 \Omega \sim 71.4 \Omega$ 。

图 9 输出隔离度测试连接结构图

6.1.2.9 电源上/下电

6.1.2.9.1 测试要求

上电或下电期间，终端限制寄生输出应符合 GB/T 14241—1993 中 6.5.1.2 的要求。

6.1.2.9.2 电源开/关噪声

测量电源上电或下电过程中 UUT 的输出电压，为线与线间附加脉冲电压峰-峰值 (V_{PP})，要求重复测量 10 次，应记录 V_{PP} 和该脉冲宽度。

PAC: 变压器耦合方式要求 $|V_{PP}| \leq 250.0 \text{ mV}$ 。

6.1.2.9.3 上电响应

验证 UUT 在上电后正确响应指令的能力，以下测量步骤应重复最少 10 次：

- S1: UUT 下电；
- S2: 最大间隔 1.0 ms, BT 不断向 UUT 发出有效、非广播、非方式代码的指令；
- S3: UUT 加电，从 UUT 开始第 1 次响应指令起至少观察 2.0 s。

PAC: S3 状态下 UUT 上电起始 NR, 一旦第 1 次响应指令后要求一直 CS, 直到下电。

6.1.2.10 终端响应时间

验证 UUT 在规定的响应时间内是否响应命令, 端响应时间测试步骤如下:

- a) S1: BT 向 UUT 发出一有效的发送指令;
- b) S2: BT 向 UUT 发出一有效的接收指令;
- c) S3: BT 向 UUT 发出一有效的 RT—RT 指令 (BT 同时作为发送 RT), UUT 作为接收 RT;
- d) S4: BT 向 UUT 发出一有效的方式指令。

PAC: S1~S4 的 RT 状态字响应时间均应在 $1.0 \mu\text{s} \sim 3.0 \mu\text{s}$ 之间。

6.1.2.11 频率稳定性

验证 UUT 发送器时钟频率的稳定性, 测量时钟源为 UUT 的主时钟或发送编码移位器的时钟。测量方法如下:

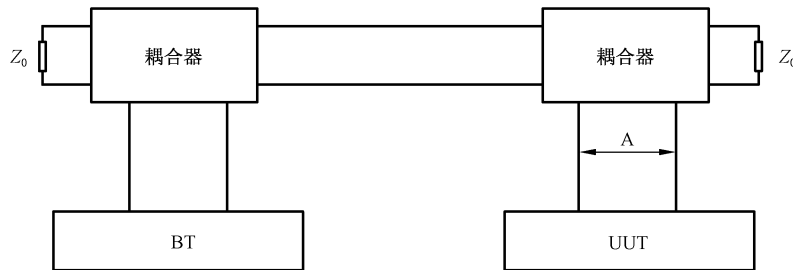
- a) S1: 测量时钟单一波形的周期;
- b) S2: 重复 S1 至少 10 000 次, 记录最低频率 (F_{\min}) 与最高频率 (F_{\max});
- c) S3: 在 0.1 s 内至少测量 1 000 次频率的平均值 (F_{av})。

PAC: 设理想频率值为 F_i , 则 S1、S2 要求: $100(F_{\max} - F_{\text{av}})/F_{\text{av}} \leq 0.01$ 且 $100(F_{\text{av}} - F_{\min})/F_{\text{av}} \leq 0.01$; S3 要求: $100(F_{\text{av}} - F_i)/F_i \leq 0.1$ 。

6.1.3 输入特性

6.1.3.1 测试连接结构

除另有规定外, 测试连接结构按图 5 或图 10 连接, 测量点在两图的“A”处。



注: Z_0 为阻值等于总线电缆特性阻抗的电阻器。

图 10 通用的总线测试连接结构图

6.1.3.2 输入波形兼容性

6.1.3.2.1 过零点畸变

BT 向 UUT 发出有效的接收指令。在图 5 或图 10 的“A”处测量, 变压器耦合方式下 BT 发出信号的电压峰-峰值应为 2.1 V, 上升和下降时间为 $50.0 \text{ ns} \pm 5.0 \text{ ns}$ 。在发向 UUT 的每 1 个字的每一过零点, 相对前一理想过零点, 逐一注入偏差为正或负 N_{ns} 的过零点畸变。在每次变化过零点偏差 N 时, 均需重复测试至少 1 000 次。

PAC: 需记录 UUT 首次 NR 时的 N 值。当 $-37.5 \text{ ns} \leq N \leq 37.5 \text{ ns}$ 时, CS; 当 $37.5 \text{ ns} < N$ 或 $N < -37.5 \text{ ns}$ 时, CS 或 NR 均可。

6.1.3.2.2 幅度变化

BT 向 UUT 发出有效的接收指令。在图 5 或图 10 的“A”处测量,变压器耦合方式下 BT 发送信号的电压峰-峰值应从 6.0 V 降至 0.1 V,每次电压变化幅度不应大于 0.1 V,信号的上升和下降时间为 $50.0 \text{ ns} \pm 5.0 \text{ ns}$ 。电压的每次变化均需测试至少 1 000 次。

PAC:需记录 UUT 首次 NR 时的 V_{pp} 值。当 $0.86 \text{ V} \leq V_{pp} \leq 6.0 \text{ V}$ 时,CS;当 $V_{pp} \leq 0.20 \text{ V}$ 时,NR。

6.1.3.2.3 上升下降时间

测试包括两种波形,具体如下。

- 梯形波由 BT 向 UUT 发出有效的接收指令,在图 5 或图 10 的“A”处测量。变压器耦合方式 BT 的发送信号的电压峰-峰值为 2.1 V,上升和下降时间不大于 25.0 ns,测试至少 1 000 次。
- 正弦波由 BT 发出有效的接收指令,在图 5 或图 10 的“A”处测量。变压器耦合方式下 BT 发送信号的电压峰-峰值为 2.1 V,信号的上升和下降时间应符合 4.0 MHz 正弦波信号要求,测试至少 1 000 次。

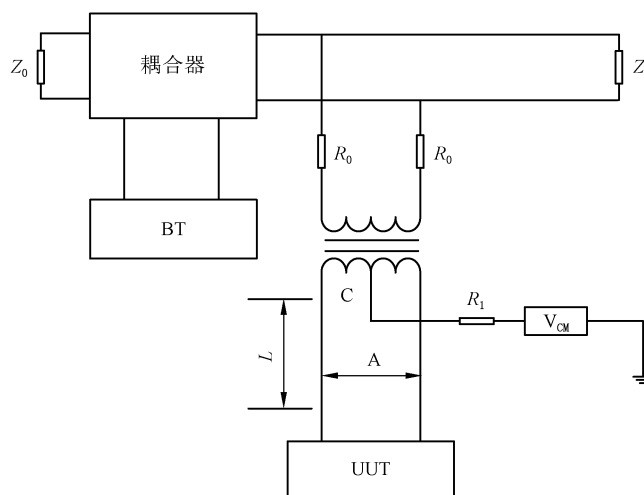
PAC:每一消息 CS。

6.1.3.3 共模抑制

BT 发出有效的发送指令,要求 UUT 发 N 个数据字, N 是 UUT 设计能发送的最大数据字数。变压器耦合方式共模抑制测试连接结构图如图 11 所示,在“A”处测得 BT 发送信号电压的峰-峰值应为 0.86 V,信号上升和下降时间均为 $45.0 \text{ ns} \sim 55.0 \text{ ns}$ 。在图 11 的“C”处注入的共模电压(该电压相对于 UUT 的地)。测试内容如下:

- +10.0 V 直流;
- 10.0 V 直流;
- 幅值为 $\pm 10.0 \text{ V}$ 的正弦波扫描信号,频带范围为 1.0 Hz~8.0 MHz。

PAC:每种测试至少持续 90.0s,且 UUT 响应 CS。



注:图中 Z_0 为电缆的特性阻抗; R_0 阻值范围为 $0.98Z_0 \sim 1.02Z_0$; R_1 阻值范围为 $98 \Omega \sim 102 \Omega$;UUT 与耦合变压器间的距离 L 不大于 0.91 m; V_{CM} 为信号发生器;C 处为共模信号注入端;A 处为测试信号输入端。

图 11 变压器耦合方式共模抑制测试连接结构图

6.1.3.4 输入阻抗

输入阻抗应在 UUT 加电和下电时独立测量,测量信号是幅度为 $1.0V_{\text{rms}} \sim 2.0V_{\text{rms}}$ 的正弦波,频率分别是 300.0 kHz、400.0 kHz、1.0 MHz、2.0 MHz 和 4.0 MHz。

PAC:每一种情况输入阻抗 $Z_{\text{in}} \geq 1\ 000.0\ \Omega$ 。

6.1.4 噪声抑制测试

噪声抑制测试验证 UUT 在噪声干扰环境下的正常工作能力,允许 UUT 最大的字差错率为 1×10^{-7} ,可采用图 12 或图 13 测试连接结构,在图 12 或图 13 的“A”处测量。UUT 接收的每 1 个字都应叠加频带为 1.0 kHz~16.0 MHz、有效均方根幅度为 140.0 mV 的高斯白噪声;接收信号的电压峰-峰值为 2.1 V,信号上升和下降时间为 45.0 ns~55.0 ns。采用消息间间隔大于或等于 25.0 μs 的消息连续进行该测试,直到 UUT 接收总字数的结果能够符合表 1 作出接收或拒收的判定结论为止。测试要求数据字的码型为随机码型,1 个消息内的每个数据字的码型都是唯一的,数据字的码型应随着消息随机改变。测试按变压器耦合方式进行,具有余度总线结构的 UUT 应在所有总线上进行噪声抑制测试。

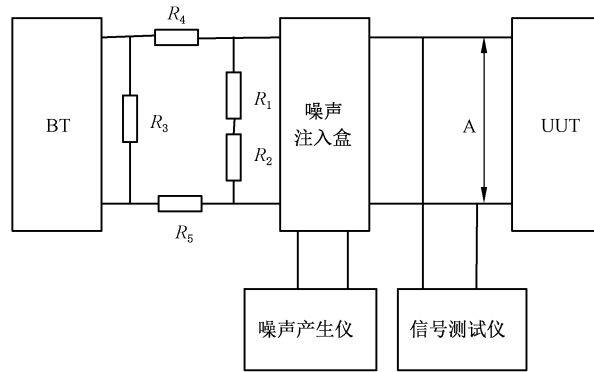
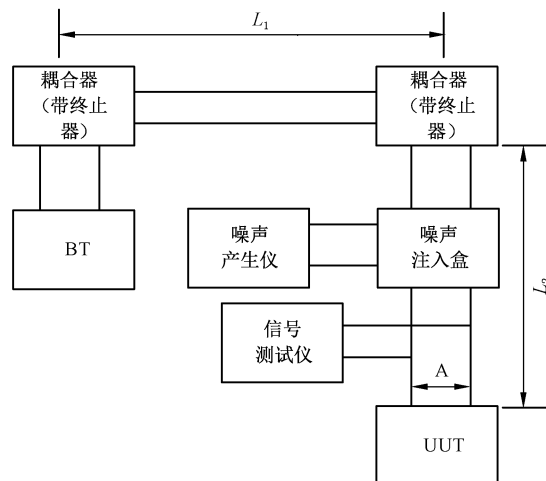


图 12 噪声抑制测试连接结构图 1



注:图中 L_1 为 40.0 m, L_2 小于 0.91 m。

图 13 噪声抑制测试连接结构图 2

表 1 UUT 噪声抑制测试的接收或拒收标准表

差错次数	拒收字数	接收字数	差错次数	拒收字数	接收字数
0	不适用	≥ 4.40	21	≤ 12.61	≥ 21.43
1	不适用	≥ 5.21	22	≤ 13.42	≥ 22.24
2	不适用	≥ 6.02	23	≤ 14.23	≥ 23.05
3	不适用	≥ 6.83	24	≤ 15.04	≥ 23.86
4	不适用	≥ 7.64	25	≤ 15.85	≥ 24.67
5	不适用	≥ 8.45	26	≤ 16.66	≥ 25.48
6	≤ 0.45	≥ 9.27	27	≤ 17.47	≥ 26.29
7	≤ 1.26	≥ 10.08	28	≤ 18.29	≥ 27.11
8	≤ 2.07	≥ 10.89	29	≤ 19.10	≥ 27.92
9	≤ 2.88	≥ 11.70	30	≤ 19.90	≥ 28.73
10	≤ 3.69	≥ 12.51	31	≤ 20.72	≥ 29.54
11	≤ 4.50	≥ 13.32	32	≤ 21.53	≥ 30.35
12	≤ 5.31	≥ 14.13	33	≤ 22.34	≥ 31.16
13	≤ 6.21	≥ 14.94	34	≤ 23.15	≥ 31.97
14	≤ 6.93	≥ 15.75	35	≤ 23.96	≥ 32.78
15	≤ 7.74	≥ 16.56	36	≤ 24.77	≥ 33.00
16	≤ 8.55	≥ 17.37	37	≤ 25.58	≥ 33.00
17	≤ 9.37	≥ 18.19	38	≤ 26.39	≥ 33.00
18	≤ 10.18	≥ 19.00	39	≤ 27.21	≥ 33.00
19	≤ 10.99	≥ 19.81	40	≤ 28.02	≥ 33.00
20	≤ 11.80	≥ 20.62	41	≤ 33.00	不适用

注：UUT 接收字数和拒收字数为表中数字 $\times 10^7$ 。

6.2 BC 端电气性能测试

BC 测试时由 UUT 向 BT 发出有效的发送指令。电气性能测试同 6.1。

6.3 BM 端电气性能测试

BM 测试时由 BT 向 UUT 发出指令，测试其输入特性，电气性能测试同 6.1。

7 协议特性与终端操作

7.1 协议特性

7.1.1 数据形式

总线上传输的数据应符合本文件定义的消息和字的格式。字中任何不使用的位应按逻辑“0”传输。

7.1.2 位优先权

在总线上传输的数据字,应每个字的最高有效位在先,后面按数值递减的次序跟着较低有效位。确定 1 个数值所需位的个数应符合所要求的分辨率或精度要求。如果在总线上发送的信息其精度或分辨率超过 16 位,应先发送最高有效位;超过 16 位的那些位再按数据递减的顺序组成第 2 个字发送。可将多个参数信息的位合并成 1 个数据字。

7.1.3 传输方法

7.1.3.1 调制方式

信号应以串行数字脉冲码的调制方式在数据总线上传输。

7.1.3.2 数据编码

在总线上传输的数据编码应是曼彻斯特 II 型双相电平码。逻辑“1”为双极编码信号 1/0(即 1 个正脉冲继之以 1 个负脉冲);逻辑“0”为双极编码信号 0/1(即 1 个负脉冲继之以 1 个正脉冲)。过零跳变发生在每 1 位的中点(如图 14 所示)。

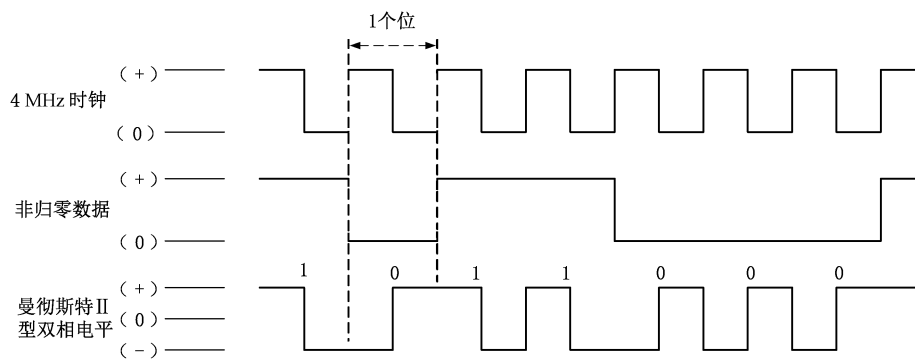


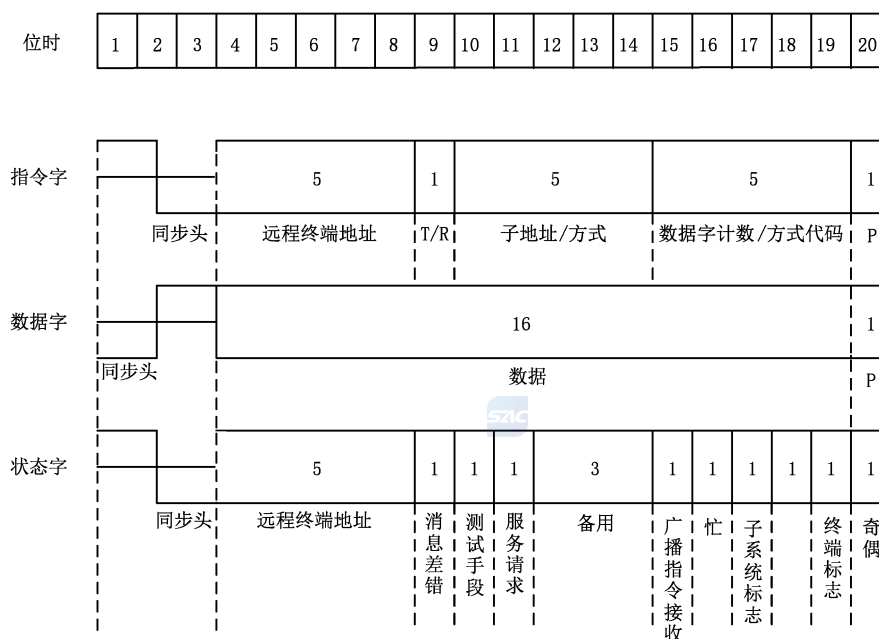
图 14 数据编码

7.1.3.3 位传输速率

总线上的位传输速率应是 4.0 Mb/s。用来发送编码数据的各个内部时钟的长期稳定性为 $\pm 0.1\%$ (即 $\pm 4\,000$ Hz)。短期稳定性(即在 1.0 s 间隔内的稳定性)应优于 $\pm 0.01\%$ (即 ± 400 Hz)。

7.1.3.4 字长

字长应为 16 位有效位加同步头加奇偶校验位,总共 20 位时,如图 15 所示。



注：T/R 为发送/接收位；P 为奇偶校验位。

图 15 字格式

7.1.3.5 字格式

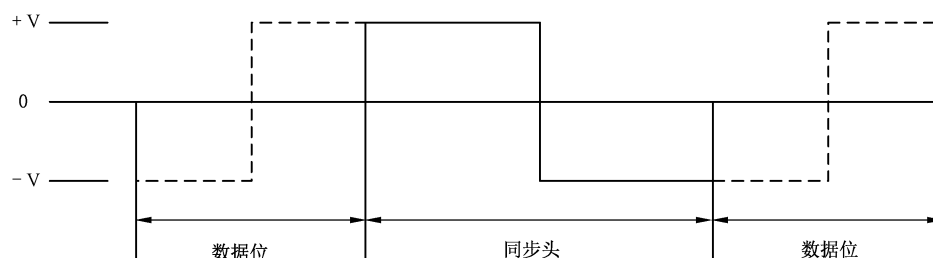
7.1.3.5.1 指令字

7.1.3.5.1.1 一般要求

指令字应由同步头、远程终端地址字段、发送/接收位(T/R)、子地址/方式字段、数据字计数/方式代码字段及奇偶校验位(P)组成(如图 15)。

7.1.3.5.1.2 同步头

如图 16 所示,指令字同步头应是 1 个无效的曼彻斯特波形。其宽度为 3 个位时,前 1½ 位时的波形为正,后 1½ 位时的波形为负,如果紧跟同步头后的 1 位是逻辑“0”,那么同步头的后半部分有 2 个位时的表观宽度。



注：+V:差分输出高电平；-V:差分输出低电平。

图 16 指令字和状态字同步头

7.1.3.5.1.3 远程终端地址字段

紧接同步头后的 5 位应为远程终端地址字段。每个远程终端应指定 1 个专有地址,从十进制地址

0~30 均可采用,但尽量不采用十进制地址“0”作为远程终端的专有地址。还应指定十进制地址 31 (11111)为远程终端的公用地址,供系统采用广播操作时使用。

7.1.3.5.1.4 发送/接收位

紧接远程终端地址后的为发送/接收位。逻辑“0”指定远程终端做接收操作,逻辑“1”指定远程终端做发送操作。

7.1.3.5.1.5 子地址/方式字段

紧接发送/接收位后的 5 位,用来区分远程终端的子地址,或者用作总线系统进行方式控制时的标记(00000 和 11111)。该字段为 00000 或 11111 时的用法按照 7.1.3.5.1.8 的规定,不用作任何其他功能。

7.1.3.5.1.6 数据字计数/方式代码字段

紧接子地址/方式字段后的 5 位,用来指定远程终端应发送或应接收的数据字的个数,或者是 7.1.3.5.1.8 规定的可任选的方式代码。在任何 1 个消息块内最多可以发送或接收 32 个数据字,全“1”表示十进制计数 31,而全“0”表示十进制计数 32。

7.1.3.5.1.7 奇偶校验位

字的最后 1 位应用作前 16 位的奇偶校验,采用奇校验。

7.1.3.5.1.8 可任选的方式控制

当系统进入方式控制时,由总线控制器发出的指令字中,子地址/方式字段是 00000 或 11111,且紧接的“数据字计数/方式代码”字段的内容是 5 位方式代码。它们仅用于总线系统有关硬件通信及信息流的管理,而不用于从子系统提取数据或向子系统送入数据。其专用功能规定在表 2 中,含有方式代码的指令中,相应的“发送/接收位”的分配、数据字的有无、广播与否均应按表 2 规定使用,方式代码的数据字仅有 1 个,具体组成如下。

- a) 动态总线控制(方式代码 00000):总线控制器向能执行总线控制功能的远程终端发出 1 个示意控制转让的发送指令字,该远程终端如果接受总线系统的控制,则按 7.1.3.5.3 规定的状态字,将“动态总线控制接受位”置为“1”,给出响应。在传输完该状态字后,总线系统的控制从提出要求的总线控制器转移到作出应答的远程终端。如果该远程终端拒绝接受对总线控制器的控制,则将“动态总线控制接受位”置为“0”,则现行的总线控制器仍维持对总线系统的控制。
- b) 同步(方式代码 00001):总线控制器使用这一方式指令,将某预定事件通知有关远程终端,使远程终端同步(例如,复位内部定时器,启动 1 个序列等)。其中,同步信息隐含在指令字内。该远程终端应回传符合 7.1.3.5.3 的规定的状态字。
- c) 发送上一状态字(方式代码 00010):总线控制器用这一方式指令使远程终端发回与该终端收到的上一有效指令字有关的状态字。远程终端在执行该方式代码操作时,不更新状态字。
- d) 启动自测试(方式代码 00011):总线控制器用这一方式指令使远程终端启动内部的测试电路。终端应回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字,并应在状态字传送之后的 5.0 ms 内完成自测试功能。
- e) 发送器关闭(方式代码 00100):这一方式指令仅在双余度总线系统中使用。用来使远程终端关闭与余度总线相连的发送器。该远程终端不应关闭正在接收指令字的发送器,且按 7.1.3.5.3 的规定响应状态字。
- f) 取消发送器关闭(方式代码 00101):这一方式指令仅在双余度总线系统中使用。用来使远程

终端启动已关闭的发送器。该远程终端不用它来启动正在接收该指令字的通道上的发送器,且按照 7.1.3.5.3 的规定响应状态字。

- g) 禁用终端标志位(方式代码 00110):总线控制器用这一方式指令使远程终端按 7.1.3.5.3 规定的状态字,将终端标志位置为逻辑“0”,直到另有指令为止,该远程终端应回传符合 R7.1.3.5.3 规定的状态字。
- h) 取消禁用终端标志位(方式代码 00111):总线控制器用这一方式指令撤消禁用终端标志位(方式代码 00110)规定的禁用功能,远程终端应回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字。
- i) 复位远程终端(方式代码 01000):总线控制器用这一方式指令使远程终端复位到通电的初始状态。该远程终端先回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字,再复位。
- j) 备用的方式代码(01001 到 01111):这些方式代码留作备用。
- k) 发送矢量字(方式代码 10000):总线控制器用这一方式指令使远程终端回传 1 个符合 7.1.3.5.3 规定的状态字及 1 个符合状态字服务请求位规定的含服务请求信息的数据字。
- l) 带数据字的同步(方式代码 10001):总线控制器发出含有方式代码的指令字及 1 个数据字,将某预定事件通知有关远程终端(同步信息包含在数据字中),使远程终端同步。指令字与数据字以无字间间隔方式传送,远程终端应回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字。
- m) 发送上一指令字(方式代码 10010):总线控制器用这一方式指令使远程终端将上一次收到的指令字中的第 4 位~第 19 位内容,在回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字之后,紧接着回传 1 个无字间间隔的且符合 7.1.3.5.2 规定的的数据字给总线控制器,远程终端在执行该方式代码操作时,不更新自己的状态字。
- n) 发送自检测字(方式代码 10011):总线控制器用这一方式指令使远程终端在回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字之后,紧接着回传 1 个无字间间隔的且含有终端内部自检测结果的数据字给总线控制器,远程终端中的测试结果不应受执行其他指令操作而改变,该功能不应用来传送有关子系统的自测试数据。
- o) 关闭选定的发送器(方式代码 10100):这一方式指令对双余度以上的总线系统有效。总线控制器发出含有该方式代码的指令字,紧接着发送 1 个含有打算关闭的发送器的标志的数据字到远程终端,使远程终端关闭选定的余度数据总线上的发送器。远程终端应回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字。
- p) 启动已关闭的发送器(方式代码 10101):这一方式指令对双余度以上的总线系统有效。总线控制器发出含有该方式代码的指令字,紧接着发送 1 个含有打算启动的发送器的标志的数据字到远程终端,使远程终端启动先前已关闭的发送器。远程终端应回传符合 7.1.3.5.3 规定的状态字。
- q) 备用的方式代码(10110 到 11111):备用方式代码留作以后使用。

7.1.3.5.2 数据字

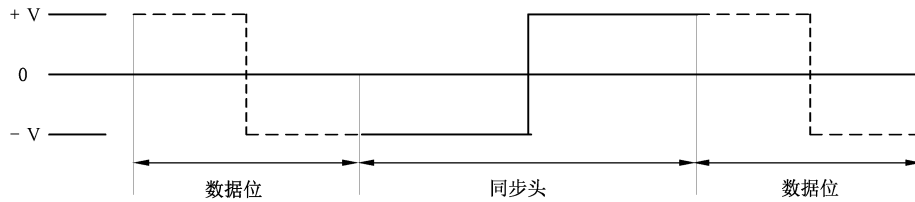
7.1.3.5.2.1 一般要求

数据字应由同步头、数据字段和奇偶校验位组成(如图 15 所示)。



7.1.3.5.2.2 同步头

如图 17 所示,数据字同步头应是无效的曼彻斯特波形,其宽度为 3 个位时,前 1½ 位时的波形为负,后 1½ 位时的波形为正。如果该同步头的前后位为逻辑“1”,则同步头的表观宽度将增加到 4 个位时。



注：+V：差分输出高电平；-V：差分输出低电平。

图 17 数据字同步头

7.1.3.5.2.3 数据字段

紧接同步头的 16 个位应按 7.1.2 的规定进行数据传输。

7.1.3.5.2.4 奇偶校验位

字的最后一位应用作前 16 位的奇偶校验，采用奇校验。

7.1.3.5.3 状态字

7.1.3.5.3.1 一般要求

状态字应由同步头、远程终端地址字段、消息差错位、测试手段位、服务请求位、备用位、广播指令接收位、忙位、子系统标志位、动态总线控制接受位、终端标志位及奇偶校验位组成(如图 15 所示)。

7.1.3.5.3.2 同步头

如图 16 所示，状态字同步头应是 1 个无效的曼彻斯特波形。其宽度为 3 个位时，前 1½ 位时的波形为正，后 1½ 位时的波形为负，如果紧跟同步头后的 1 位是逻辑“0”，那么同步头的后半部分有 2 个位时的表观宽度。

7.1.3.5.3.3 远程终端地址字段

紧接同步头后的 5 位是符合指令字远程终端地址字段规定的、正在发送状态字的那个远程终端的地址。

7.1.3.5.3.4 消息差错位

该位在状态字的第 9 位(如图 15 所示)，用来表示本远程终端在之前已收到的消息中是否有 1 个字或多个字没有通过按照 7.2.1.1、7.2.1.2、7.2.3.4 和 7.2.3.6 规定的有效性测试。逻辑“1”表示消息有差错，逻辑“0”表示消息无差错。所有的终端应提供消息差错位。

7.1.3.5.3.5 测试手段位

状态字的第 10 位(如图 15 所示)作为测试手段位之用。在一般条件下为逻辑“0”。该位为可选位。如果使用，指令字中的相应位为逻辑“1”，用来区分是指令字还是状态字。

7.1.3.5.3.6 服务请求位

状态字的第 11 位(如图 15 所示)是服务请求位，表示本远程终端需要服务，要求总线控制器启动与本远程终端或子系统有关的预定操作。当与单一远程终端相连的多个子系统分别请求服务时，远程终

端应将它们各自的服务请求信号逻辑“或”成状态字中的单一服务请求位。逻辑“或”完成后,设计者需准备 1 个数据字,并以相应位置“1”标志具体的请求服务子系统。状态字中的“服务请求位”,应维持到几个请求信号都处理完为止。该位仅用来激发随机发生的而不是周期发生的数据传输操作,逻辑“1”表示有服务请求,逻辑“0”表示无服务请求。该位为可选位。

7.1.3.5.3.7 备用状态位

状态字的第 12 位、第 13 位、第 14 位是备用的状态位。应将它们置为逻辑“0”,这些位留作今后使用。

7.1.3.5.3.8 广播指令接收位

状态字的第 15 位(如图 15 所示)置为逻辑“1”,表示本远程终端接收到的上一有效指令字是广播指令字。当系统中未采用广播方式时,置该位为逻辑“0”。

7.1.3.5.3.9 忙位

状态字的第 16 位(如图 15 所示)置为逻辑“1”,表示远程终端处在忙状态,表示它不能按照总线控制器的指令要求将数据移入子系统或从子系统取出数据。如果远程终端在响应发送指令时置忙位,则只发出它的状态字。该位为可选位,逻辑“0”表示不存在忙状态。

7.1.3.5.3.10 子系统标志位

状态字的第 17 位(如图 15 所示)用来向总线控制器指出存在子系统故障状态,且警告总线控制器本远程终端提供的数据可能无效。如果与 1 个远程终端相连的几个子系统都呈现故障状态时,应将它们各自的信号逻辑“或”,形成状态字中的子系统标志位,并将事先准备的 1 个数据字中的位置“1”,记录它们的故障报告,以供进一步检测、分析用。该位为可选位。逻辑“1”表示有标志,逻辑“0”表示无标志。

7.1.3.5.3.11 动态总线控制接受位

状态字的第 18 位为动态总线控制接受位(如图 15 所示)若置为逻辑“1”,用来表示本远程终端接受符合动态总线控制(方式代码 00000)规定的动态总线控制的授命。逻辑“0”表示不接受,该位为可选位。

7.1.3.5.3.12 终端标志位

状态字的第 19 位是终端标志位(如图 15 所示)留作终端标志功能。逻辑“1”表示本远程终端内部存在故障,请求总线控制器干预。逻辑“0”表示不存在故障。该位为可选位。

7.1.3.5.3.13 奇偶校验位

字的最后 1 位应用作前 16 位的奇偶校验,采用奇校验。

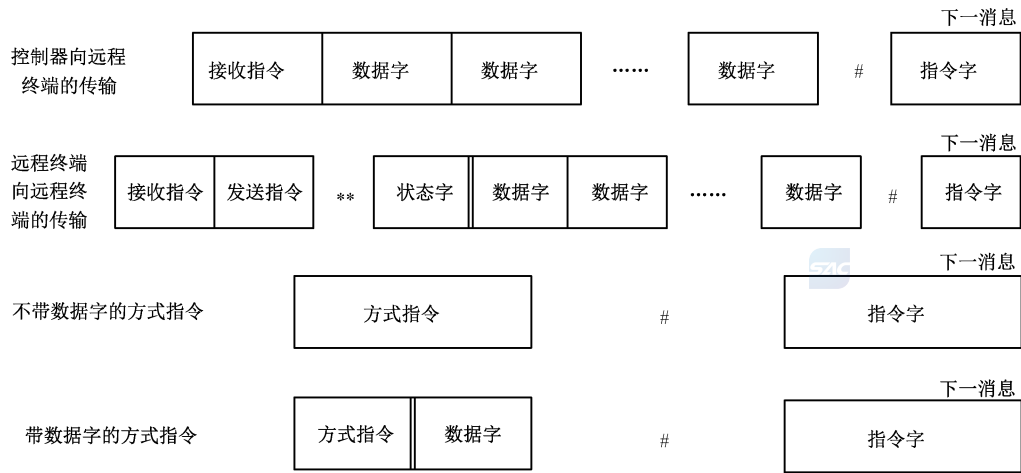
7.1.3.5.4 状态字复位

为使总线控制器获得远程终端的最后状态信息,状态字中除远程终端地址字段外的其余位,在远程终端接收到有效指令后(除“发送上一状态字”“发送上一指令字”2 条方式指令外),都应置为逻辑“0”,如果状态字中的某些位(如“终端标志位”“服务请求位”“子系统标志位”)被置位的条件继续存在,则状态字中的这些位应再次置位。

7.1.3.6 消息格式

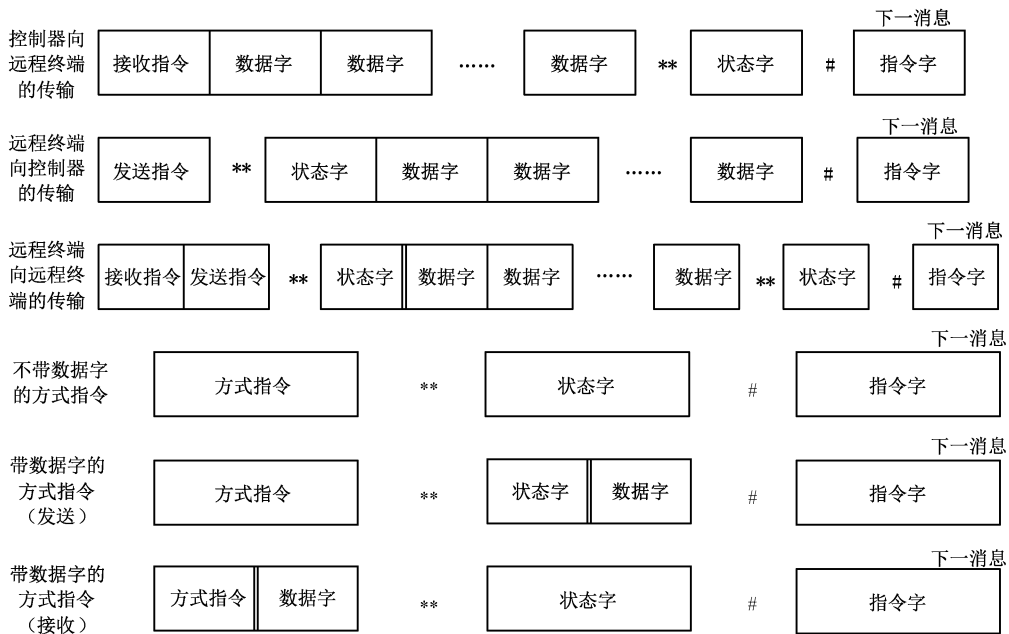
7.1.3.6.1 总线控制器向远程终端的传输

总线控制器应发出 1 个接收指令字及规定数目的数据字到远程终端,后者在核实消息之后,应发回 1 个状态字给控制器,指令字和数据字应以无字间间隔的连续形式发出。在总线系统中传输的消息应与图 18 和图 19 所示的格式一致,不使用任何别的消息格式。消息间间隔和响应时间应符合 7.1.3.7 和 7.1.3.8 的规定。



注：“#”表示消息间隔；“**”表示响应时间。

图 18 信息传输形式



注：“#”表示消息间隔；“**”表示响应时间。

图 19 广播信息的传输格式

7.1.3.6.2 远程终端向总线控制器的传输

总线控制器应向远程终端发出 1 个发送指令字,该远程终端在核实指令字之后,应发回 1 个状态字给总线控制器,紧接着发送规定数目的数据字。状态字和数据字应以无字间间隔的连续形式发出。

7.1.3.6.3 远程终端向远程终端的传输

总线控制器应向远程终端 A 发出 1 个接收指令字,接着向远程终端 B 发出 1 个发送指令字,远程终端 B 在核实指令字之后,应发送 1 个状态字,紧接着发送规定数目的数据字。状态字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。远程终端 B 发出的数据传输结束时,且远程终端 A 在接收到规定数目的数据字后,分别按 7.1.3.8 的规定响应状态字。

7.1.3.6.4 不带数据字的方式指令

总线控制器应使用表 2 中规定的方式代码向远程终端发出 1 个发送指令字,该远程终端在核实指令字之后,回传 1 个状态字。

7.1.3.6.5 带数据字的方式指令(发送)

总线控制器应使用表 2 中规定的方式代码向远程终端发出 1 个发送指令字,该远程终端在核实指令字之后,回传 1 个状态字,紧接着再回传 1 个数据字。状态字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。

7.1.3.6.6 带数据字的方式指令(接收)

总线控制器应使用表 2 中规定的方式代码向远程终端发出 1 个发送指令字,紧接着再发送 1 个数据字。指令字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。该远程终端在核实指令字和数据字之后,应回传 1 个状态字。

表 2 方式代码的分配

发/收位	方式代码	功能	是否带数据字	是否允许广播指令
1	00000	动态总线控制	否	否
1	00001	同步	否	是
1	00010	发送上一状态字	否	否
1	00011	启动自测试	否	是
1	00100	发送器关闭	否	是
1	00101	取消发送器关闭	否	是
1	00110	禁用终端标志位	否	是
1	00111	取消禁用终端标志位	否	是
1	01000	复位远程终端	否	是
1	01001	备用	否	待定
1	↓ ^a	备用	否	待定
1	01111	备用	否	待定
1	10000	发送矢量字	是	否

表 2 方式代码的分配 (续)

发/收位	方式代码	功能	是否带数据字	是否允许广播指令
0	10001	同步	是	是
1	10010	发送上一指令字	是	否
1	10011	发送自检测字	是	否
0	10100	选定的发送器关闭	是	是
0	10101	取消选定的发送器关闭	是	是
1 或 0	10110	备用	是	待定
1 或 0	↓ ^b	备用	是	待定
1 或 0	11111	备用	是	待定
^a 由 01001 增大至 01111 之间的方式代码。 ^b 由 10110 增大至 11111 之间的方式代码。				

7.1.3.6.7 可任选的广播指令

7.1.3.6.7.1 总线控制器向各远程终端的广播传输(广播)

总线控制器发出 1 个远程终端地址字段为 11111 的接收指令字,紧接着发送规定数目的数据字,指令字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。具有接收广播指令能力的各远程终端在核实消息之后,应按照 7.1.3.5.3.8 的规定在状态字中将广播指令接收位置位,但不回传状态字。

7.1.3.6.7.2 远程终端向各远程终端传输(广播)

总线控制器应发出 1 个远程终端地址字段为 11111 的接收指令字,紧接着使用远程终端 A 的专有地址向远程终端 A 发出 1 个发送指令字。远程终端 A 在核实指令字之后,应回传 1 个状态字,紧接着回传规定数目的数据字。状态字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。具有接收广播指令能力的各远程终端(除远程终端 A 之外)均应在核实消息之后,按照 7.1.3.5.3.8 的规定在状态字中将广播指令接收位置位,但不回传状态字。

7.1.3.6.7.3 不带数据字的方式指令(广播)

总线控制器应发出 1 个含有方式代码(按表 2 规定)的且远程终端地址字段为 11111 的发送指令字。具有接收广播指令能力的各远程终端应在核实指令字之后,按照 7.1.3.5.3.8 的规定在状态字中将广播指令接收位置位,但不回传状态字。

7.1.3.6.7.4 带数据字的方式指令(广播)

总线控制器应发出 1 个含有方式代码(按表 2 规定)远程终端地址字段为 11111 的接收指令字,紧接着发送 1 个数据字。指令字和数据字应以无字间间隔的连续形式发送。具有接收广播指令能力的各远程终端应在核实消息之后,按照 7.1.3.5.3.8 的规定在状态字中将广播指令接收位置位,但不回传状态字。

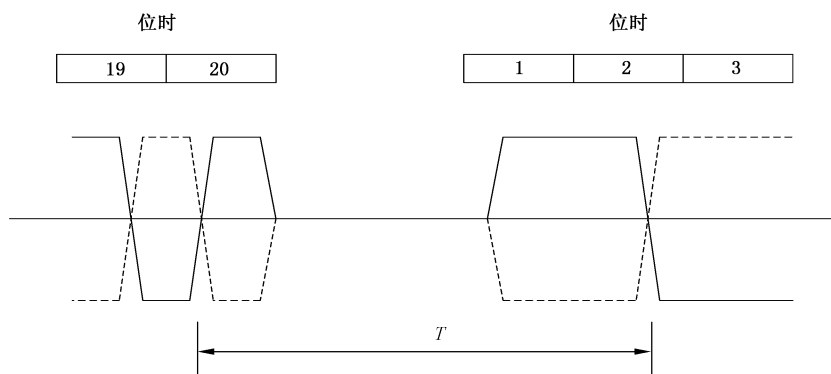
7.1.3.7 消息间间隔

总线控制器不发出无字间间隔的连续消息。如图 18 和图 19 所示。消息之间的最小间隔时间为

1.0 μs 。在图 20 中以 T 表示的这个时间间隔应在图 2 所示的总线控制器的 A 处测量。该时间为前一消息最后 1 位的中间过零点到相邻的消息中指令字同步头的中间过零点的时间差。

7.1.3.8 响应时间

按照 7.1.3.6 规定的所有消息传输中,远程终端响应有效指令字的间隔时间为 1.0 μs ~3.0 μs 。在图 20 中,以 T 表示的这个时间间隔应在图 2 所示的远程终端的“A”处测量。如图 18 和图 19 所示,该时间为状态字之前的最后 1 个字的最后 1 位的中间过零点到状态字同步头中间过零点的时间。



注: T 是响应时间。

图 20 消息间隔和响应时间

7.1.3.9 最小无响应超时

总线控制器在一路总线上启动传输时,应测量从它发出的最后 1 个字的最后 1 位的中间过零点起,到期望的状态字同步头的中间过零点的时间。当该时间超过 3.5 μs 时,应作无响应超时处理。

7.2 终端操作

7.2.1 公共操作

7.2.1.1 字的核实

终端每个字应符合下列要求,具体如下:

- a) 以有效同步头开始;
- b) 各个位是有效曼彻斯特 II 形码;
- c) 信息字段 16 位,外加奇偶校验位;
- d) 字的奇偶校验为奇校验。

不符合 a)~d) 任一项规定的字,即是无效字。

7.2.1.2 传输连续性

终端应符合 7.1.3.6 规定的连续格式,如果不符合则认为是消息差错。

7.2.1.3 超时暂停

为确保系统的传输安全,终端应设置超时暂停的硬件,以阻止超过 200.0 μs 的信号传输。该硬件不应妨碍正确传输的响应指令。通过终端在已发生超时的总线上接收 1 个有效指令字来取消超时暂停,恢复通信。

7.2.1.4 总线活动监测

根据需要,终端应通过“总线活动监测”硬件,判定总线上的信息流动状况,宜避免向处于活动状态下的总线再发出任何信息,防止在同一路总线上发生多个传输,引起冲突。

7.2.2 总线控制器操作

终端执行总线控制器操作时,应负责发送指令,参与数据传输,接收状态响应和监控系统的状态。总线控制器的功能可含在 1 个子系统内,也可含在唯一的控制数据总线的终端内。在任一时刻只应有 1 个终端对总线系统实行控制。

7.2.3 远程终端操作

7.2.3.1 操作

远程终端应对来自总线控制器的有效指令字作出响应,并按有效指令字所规定的方式进行操作。当指令字符符合 7.2.1.1 的规定,且指令字中的终端地址与远程终端的专有地址或公用地址(系统若采用广播操作)相符时,则远程终端应承认该指令字有效。指令字中的远程终端地址字段、发送/接收位、子地址/方式字段、数据字计数/方式代码字段的不适当组合,将导致远程终端的无效传输及响应。

7.2.3.2 更换有效指令字

远程终端接收到 1 个指令字,并完成了操作,但未在 7.1.3.8 规定的时间间隔内,发出状态字到总线上,且已超过 7.1.3.7 规定的最小消息间间隔时间的情况下,又在同一路数据总线上接收到第 2 个有效指令字时,则前 1 个指令字无效。远程终端开始按第 2 个指令字操作,并按照 7.1.3.8 的规定响应状态字。

7.2.3.3 对于无效指令字

远程终端不响应符合 7.2.3.1 规定的无效指令字。

7.2.3.4 对于非法指令字

非法指令字是符合 7.2.3.1 规定的但不适应系统能力的有效指令字。其中子地址/方式字段,数据字计数/方式代码字段及发送/接收位呈现出系统不曾设计的状态,则不管该指令字后是否存在有效的数据字,远程终端只用 1 个状态字响应,并将符合 7.1.3.5.3 规定的状态字中的消息差错位置位,不使用接收到的数据。总线控制器不应发送出任何非法指令字。远程终端对非法指令的监视功能可任选。

7.2.3.5 有效数据的接收

当远程终端接收到在有效指令字后的规定数目的连续有效数据字时,或者接收到 1 个与方式代码有关的有效数据字时,远程终端应使用 1 个状态字响应,之后响应的每个数据字应符合 7.2.1.1 的规定。

7.2.3.6 无效数据的接收

当远程终端接收到有效指令字且接收到数据字不符合 7.2.1.1 或 7.2.1.2 规定的任何数据,或数据字的个数不符合指令字中的字计数字段时,则整个消息无效。远程终端仅将状态字中的消息差错位置位,不回传状态字。

7.2.4 总线监控器操作

当终端作为总线监控器时,应记录总线上传输的信息,以供脱机分析之用(如维修记录或任务分

析);或者也应对系统起“监测”作用,用以给备用总线控制器提供信息源,接替现行的总线控制器。如果系统已指派专有地址,则总线监控器应响应专有地址的消息,且不响应其他消息。

8 RT 端协议测试

8.1 测试要求

按图 5 或图 10 测试,在“A”处测量变压器耦合方式下 BT 发出信号电压的峰-峰值为 $2.1\text{ V} \pm 0.1\text{ V}$ 。如果 UUT 具有冗余总线结构,协议测试应在总线上完成。

8.2 RT 端的操作

8.2.1 测试目的

验证 UUT 完成的 RT 操作是否符合 7.1 和 7.2 的规定。

8.2.2 指令的响应

8.2.2.1 指令字的响应

8.2.2.1.1 有效的非广播指令

除 8.2.6、8.3.2 与 8.3.5 中方式指令不测试外,BT 在 S2 中应采用由指令字中各个位取不同值而组合出的各种指令。BT 在 S2 中采用有效的非广播指令时,有效的非广播指令测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效、非广播、非方式代码的指令;
- b) S2:BT 发一组合出的指令;
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令。

PAC:S1——CS;S2——CS;S3——CS,且数据字同 S2 中的指令字。

8.2.2.1.2 有效、非法的非广播指令

测试步骤同 8.2.2.1.1,其中 S2 中有两种情况如下:

- a) 若 UUT 可检测非法指令;
- b) 若 UUT 不能检测非法指令。

PAC:对 a) S1——CS;S2——ME,S3——ME,且数据字同 S2 中的指令字。对 b) S1——CS;S2——CS;S3——CS,且数据字同 S2 中的指令字。

8.2.2.1.3 无效的非广播指令

BT 在 S2 中采用无效的非广播指令时,测试步骤同 8.2.2.1.1。

PAC:S1——CS;S2——NR;S3——CS,且数据字同 S1 中的指令字。

8.2.2.1.4 未定义的非广播方式指令

BT 在 S2 中采用未定义的非广播方式指令时(如表 3 所示),测试步骤同 8.2.2.1.1。

PAC:当 S1——CS;S2——CS;S3——CS,且数据字同 S2 中的指令字。当 S1——CS;S2——ME;S3——ME,且数据字同 S2 中的指令字。当 S1——CS;S2——NR;S3——CS,且数据字同 S1 中的指令字。当 S1——CS;S2——NR;S3——ME,且数据字同 S2 中的指令字。

8.2.2.1.5 UUT 将广播指令作为有效指令

UUT 将广播指令作为有效指令时,测试步骤同 8.2.2.1.1,其中 S2 中有 3 种情况如下:

- a) 有效指令；
- b) 非法指令(UUT 能检测)；
- c) 非法指令(UUT 不能检测)。

PAC:对 a) S1——CS; S2——NR; S3——BCR, 且数据字同 S2 中的指令字。对 b) S1——CS; S2——NR; S3-BCR, 同时 S3——ME, 且数据字同 S2 中的指令字。对 c) S1——CS; S2——NR; S3——BCR, 且数据字同 S2 中的指令字。

8.2.2.1.6 UUT 将广播指令作为无效指令

UUT 将广播指令作为无效指令时,测试步骤同 8.2.2.1.1。

PAC: S1——CS; S2——NR; S3——CS, 且数据字同 S1 中的指令字。

8.2.2.1.7 未定义的广播方式指令

BT 在 S2 中采用未定义的广播方式指令(如表 3 所示)时,测试步骤同 8.2.2.1.1。

PAC:当 S1——CS; S2——NR; S3——BCR, 且数据字同 S2 中的指令字。当 S1——CS; S2——NR; S3——ME, 与 BCR 且数据字同 S2 中的指令字。当 S1——CS; S2——NR; S3——CS, 且数据字同 S1 中的指令字。

表 3 未定义的广播方式代码

T/R	方式代码 ^a	是否带数据字
0	00000	否
0	↓ ^a	否
0	01111	否
0	10000	是
0	10010	是
0	10011	是
1	10001	是
1	10100	是
1	10101	是

^a 由 00000 增大至 01111 之间的方式代码。

8.2.2.2 RT—RT 指令字对的响应

在 RT—RT 消息中,UUT 一半时间作为接收 RT,BT 作为 BC 发送消息,另一半时间 UUT 作为发送 RT,BT 作为另一个 RT 接收消息。BT 在下面的 S2 中发出 RT—RT 指令对,其中接收指令字/发送指令字中 RT 地址域固定等于 UUT 地址,而接收指令字/发送指令字则为该指令字中各个位取不同值而组合出的各种指令字(不包含指令字中 RT 地址域等于 UUT 地址的这一类指令),要求 BT 发出的接收指令字/发送指令字的数据字计数域值应匹配接收指令字/发送指令字的数据字计数域值。RT—RT 指令字对的响应测试项目及通过准则同 8.2.2.1,RT—RT 指令字对的响应测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发出一有效、非广播、非方式代码的指令；
- b) S2:BT 发出可能形成的 RT—RT 消息指令对组合；
- c) S3:BT 向 UUT 发出“发送上一指令字”方式指令。

8.2.3 消息间间隔



8.2.3.1 最小时间间隔

验证 UUT 对最小时间间隔的响应能力。消息的具体类型如下:

- a) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 BC 端向 UUT 端发送消息；
- b) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 UUT 端向 BC 端发送消息；
- c) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 UUT 端向 RT 端发送消息；
- d) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 RT 端向 UUT 端发送消息；
- e) 不带数据字的方式指令消息；
- f) 带数据字的发送方式指令消息；
- g) 带数据字的接收方式指令消息；
- h) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 BC 端向 UUT 端发送广播消息指令；
- i) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 UUT 端向 RT 端发送广播消息指令；
- j) 带 UUT 允许的最大个数数据字的 RT 端向 UUT 端发送广播消息指令；
- k) 不带数据字的广播方式指令消息；
- l) 带数据字的广播方式指令消息。

按 a)~l)12 种所需测试的消息对,每个消息对的间隔时间 T (如图 20 所示)应等于消息间最小时间间隔 $1.0 \mu\text{s}$ 。若 UUT 未实现以上某种消息,则不应进行相关消息的测试。

PAC:每种消息测试至少重复 1 000 次,UUT 对每一消息响应 CS。

8.2.3.2 传输速率

验证 UUT 对 BT 连续发送消息间隔为 $1 \mu\text{s} \sim 2.5 \mu\text{s}$ (如图 20 所示)的消息的接受能力,每 1 步至少测试 30.0 S,传输速率测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效的发送指令后再发一有效的发送指令；
- b) S2:BT 向 UUT 发一有效的接收指令后再发一有效的接收指令；
- c) S3:BT 向 UUT 发一有效的发送指令后再发一有效的接收指令。

PAC:UUT 对每一消息响应 CS。

8.2.4 消息错误模式

8.2.4.1 测试步骤

验证 UUT 对消息中存在错误的处理能力。除另有规定外,可在下列步骤中的 S2 注入错误,具体如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发出一有效的非方式指令；
- b) S2:BT 向 UUT 发出包含规定错误的消息；
- c) S3:BT 向 UUT 发出一“发送状态字”方式指令。

8.2.4.2 奇校验

测试目的是验证 UUT 检测消息中出现奇校验错误的的能力。奇校验测试步骤如下:

- a) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 的发送指令字中注入该种错误；
- b) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 的接收指令字注入该种错误；
- c) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 中发送带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,并分别在第 i ($i=1,2,\dots,N$) 个字中注入该种错误,共需测试 N 次。

PAC:对 a)、b) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——CS; 对 c) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.3 字长

测试目的是验证 UUT 检测消息中发生字长错误的的能力,测试除去发送指令字和接收消息的最末

1 个数据字出现多数数据位的错误情况,字长测试步骤如下。

- a) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 的发送指令字中注入少 1 位、少 2 位这 2 类字长错误,共需测试 2 次。
- b) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 的接收指令字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位这 4 类字长错误,共需测试 4 次。
- c) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤,BT 在 S2 发送带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 在 S2 的数据字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位这 4 类字长错误。少 1 位、少 2 位这两类,BT 分别在 S2 中的第 $i(i=1,2,\dots,N)$ 个字中注入错误,需进行 N 次测试;多 2 位、多 3 位这两类,BT 分别在 S2 中的第 $i(i=1,2,\dots,N-1)$ 个字中注入错误,需进行 $N-1$ 次测试。共需测试 $(4N-2)$ 次。

PAC:对 a) S1——CS, S2——NR, S3——CS。对 b) 少 1 位、少 2 位测试 S1——CS, S2——NR, S3——CS;多 2 位、多 3 位测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME 或 CS。对 c) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.4 双相编码

测试目的是验证 UUT 检测双相码位错误的能力,该错误定义为在位时中间缺少过零。除同步头外,字的每 1 位依次注入一双相编码错误,错误分为选定位维持逻辑高电平或逻辑低电平两种情况,且每次仅允许 1 位出错。双相编码测试步骤如下。

- a) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 分别在发送指令字的各个位中注入该错误,共需 34 次测试。
- b) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 分别在接收指令字的各个位中注入该错误,共需 34 次测试。
- c) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 发出带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别第 $i(i=1,2,\dots,N)$ 个字中注入 34 个错误,共进行 $34N$ 次测试。

PAC:对 a)、b) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——CS;对 c) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.5 同步头编码

测试目的是验证 UUT 对同步头编码出现错误的检测能力。同步头占 3 个位时(6 个 125.0 ns),指令字和状态字的正确同步头为 111000,数据字的正确同步头为 000111。同步头编码测试步骤如下。

- a) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 发出的发送指令字中分别注入 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式,共进行 5 次测试。
- b) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 发出的接收指令字中分别注入 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式,共进行 5 次测试。
- c) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2,BT 发出带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别第 $i(i=1,2,\dots,N)$ 个字中注入 000011,001111,000110,100111,111000 这 5 种无效同步头模式,共进行 $5N$ 次测试。当注入“111000”无效同步头时,该同步头后的 5 个数据位值不应等于 UUT 所选的 RT 地址值或者“11111”。

PAC:对 a)、b) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——CS;对 c) 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.6 消息长度

测试目的是验证 UUT 检测消息中接收的数据字个数错误的的能力,消息长度测试步骤如下。

- a) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2, BT 发出的发送指令后带有 1 个数据字。
- b) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2, BT 发出有效定义带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数; 而 BT 实际发送的数据字个数分别为 $N+1$ 、 $N-1$ 、 \dots 、 0 , 共测试 $N+1$ 次。
- c) 按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2, BT 分别发送含错误的消息, 具体如下:
 - 1) 向 UUT 发一有效、规定带数据字的接收方式指令, 但实际发送的数据字个数等于指令字中方式代码规定的数据字个数;
 - 2) 向 UUT 发一有效、规定带数据字的方式指令, 但实际不发送数据字;
 - 3) 向 UUT 发一有效、发送型的方式指令, 但实际又发送了 1 个数据字。
- d) RT—RT 指令测试步骤如下:
 - 1) S1: BT 在向 UUT 发送一有效的 RT—RT 指令对, 间隔 $1.0 \mu\text{s} \sim 3.0 \mu\text{s}$ 后, 发送一有效状态字和 N 个数据字给 UUT, N 为发送指令中规定的数据字;
 - 2) S2: BT 向 UUT 发出同样的 RT—RT 指令对, 间隔 $1.0 \mu\text{s} \sim 3.0 \mu\text{s}$ 后, 发送一有效状态字和 $N-1$ 个数据字, N 为发送指令中规定的数据字;
 - 3) S3: BT 向 UUT 发出“发送状态字”方式指令;
 - 4) S4: 重复 S1~S3, 但在 S2 中 BT 发出一有效状态字和 $N+1$ 个数据字。

PAC: S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.7 数据不连续

验证 UUT 对消息中数据字不连续错误的检测能力。按 8.2.4.1 规定的测试步骤 S2, BT 发一带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数, BT 在指令字与数据字或相邻数据字之间分别加入 $1.0 \mu\text{s}$ 的时间间隔, 共进行 N 次测试。

PAC: 每一测试 S1——CS, S2——NR, S3——ME。

8.2.4.8 终端故障

验证 UUT 是否具有终端故障持续发送安全计时的能力。当 UUT 连续发送 1 个消息的时间超时 $200.0 \mu\text{s}$ 时, 应使该发送器关闭, 但不影响其他发送器的工作。当 UUT 在该超时总线上接收到 1 条有效指令时, 自动使能该关闭的发送器, 终端故障测试步骤如下:

- a) S1: 使故障安全计时器溢出, 测量传输持续时间;
- b) S2: 移去 S1 中的条件;
- c) S3: BT 在超时总线上向 UUT 发出一有效消息。

PAC: S1 在连续发送 $165.0 \mu\text{s} \sim 200.0 \mu\text{s}$ 范围内关闭发送器; S3 为 UUT 响应 CS。

8.2.5 替换指令

8.2.5.1 测试目的

验证 UUT 能够区分并正确响应各种替换指令。

8.2.5.2 BC—RT 替换指令

在 BC—RT 传输中, 验证 UUT 能够区分并正确响应各种可能的替换指令, BC—RT 替换指令测试步骤如下。

- a) S1: BT 向 UUT 发出一有效带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。
- b) S2: 在 S1 结束前, BT 发一替换指令, 具体如下:

- 1) 当 S1 已传输至少 1 个数据字且在最末 1 个数据字发送前,在预先选定的数据字后间隔时间 T (如图 20 所示)为 $1.0 \mu\text{s}$ 时,BT 向 UUT 发出要求 N 个数据字的发送型指令作为替换指令, N 是 UUT 最大可发送的数据字个数;
 - 2) 同 1),除 BT 发出“发送状态字”方式指令作为替换指令外;
 - 3) 同 1),除替换指令与预先选定的数据字间不存在 $1.0 \mu\text{s}$ 间隔外;
 - 4) 当 S1 的最末 1 个数据字发送完,BT 连续发送 1 条要求 N 个数据字的发送指令作为替换指令, N 是 UUT 最大可发送的数据字个数。
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。
 PAC:对 1)S1——NR,S2——CS,S3——CS;对 2)S1——NR,S2——ME,S3——ME;对 3)S1——NR,S2——NR,S3——ME 或 S1——NR,S2——CS,S3——CS;对 4)S1——NR,S2——CS,S3——CS 或 S1-NR,S2——NR,S3——ME。

8.2.5.3 RT—RT 替换指令

在 RT—RT 传输中,验证 UUT 作为接收 RT 能够区分并正确响应各种可能的替换指令,RT—RT 替换指令测试步骤如下:

- a) S1:BT 在向 UUT 发送一有效的 RT—RT 指令对 $1.0 \mu\text{s} \sim 3.0 \mu\text{s}$ 后,发送一有效状态字和 N 个数据字给 UUT, N 为发送指令中规定的数据字;
- b) S2:BT 在向 UUT 发送 1 个同 S1 的有效的 RT—RT 指令对 $1.0 \mu\text{s} \sim 3.0 \mu\text{s}$ 后,发送一有效的 RT 地址域等于 UUT 地址的发送指令字;
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。
 PAC:S1——CS,S2——CS,S3——CS。

8.2.6 要求的方式指令

8.2.6.1 测试目的

验证 UUT 对要求的方式指令的响应能力。对指令字为全“0”和全“1”两种情况下的每一要求的方式指令,应分别进行测试。

8.2.6.2 发送状态字

发送状态字测试步骤如下:

- a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发一有效的指令;
- b) S2:BT 在主总线上向 UUT 发一“发送状态字”的方式指令;
- c) S3:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- d) S4:BT 在余度总线上向 UUT 发一“发送状态字”方式指令;
- e) S5:BT 在主总线上向 UUT 发一有效但 1 个数据字有奇校验错的接收消息;
- f) S6:BT 在主总线上向 UUT 发一“发送状态字”方式指令;
- g) S7:重复 S6;
- h) S8:重复 S4;
- i) S9:重复 S1;
- j) S10:重复 S2;
- k) S11:重复 S4。

PAC: S1——CS, S2——CS, S3——CS, S4——CS, S5——NR, S6——ME, S7——ME, S8——ME, S9——CS, S10——CS, S11——CS。

8.2.6.3 发送器关闭与取消发送器关闭

验证 UUT 响应“发送器关闭”与“取消发送器关闭”方式指令的能力,对双余度总线结构,每一总线应分别作为主、余度总线进行测试,发送器关闭与取消发送器关闭测试步骤如下:

- a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发一有效的指令;
- b) S2:BT 在余度总线向 UUT 发一有效指令;
- c) S3:BT 在主总线上向 UUT 发一“发送器关闭”的方式指令;
- d) S4:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- e) S5:BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;
- f) S6:BT 在余度总线上向 UUT 发一“取消发送器关闭”方式指令;
- g) S7:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- h) S8:BT 在主总线上向 UUT 发一“取消发送器关闭”方式指令;
- i) S9:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- j) S10:BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令。

PAC: S1——CS, S2——CS, S3——CS, S4——NR, S5——CS, S6——NR, S7——NR, S8——CS, S9——CS, S10——CS。

8.2.6.4 复位远程终端

如果 UUT 的复位时间是变化的,应将 UUT 设置在最大的复位时间条件,复位远程终端测试步骤如下。

- a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发一“复位远程终端”方式指令。
- b) S2:与 S1 间隔时间 T (如图 20 所示)后,BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令, T 应从不小于 5.0 ms 开始,每次以不大于 $10.0\ \mu\text{s}$ 的递减量减小,重复 S1 与 S2 的测试,在 S2 中 UUT 响应为 CS,且忙位为“0”时,应记录 S1 与 S2 之间最小的时间间隔 T_R 。
- c) S3:BT 在主总线上向 UUT 发一“发送器关闭”方式指令。
- d) S4:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令。
- e) S5:BT 在主总线上向 UUT 发一“复位远程终端”方式指令。
- f) S6:在间隔时间 T_r ,BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令。
- g) S7:在确立 UUT 为完成复位功能所需要的 T_R 后,BT 在主总线上向 UUT 发一“复位远程终端”方式指令。
- h) S8:与 S7 的状态字间隔时间 T 后, T 的范围是: $T_R - 10.0\ \mu\text{s} < T < T_R - 5.0\ \mu\text{s}$,且 $T \geq 1.0\ \mu\text{s}$,在同一总线上 BT 向 UUT 发一有效的接收指令。
- i) S9:若 S8 有状态字响应则与该字间隔时间 T ,反之则与 S8 的最末数据字间隔时间 T , T 的范围为 $1.0\ \mu\text{s} \sim 1.2\ \mu\text{s}$,在同一总线上 BT 向 UUT 发一有效的指令。

PAC: S1——CS。S2: $T \geq 5.0\text{ ms}$ 时, S2——CS,且忙位为“0”; $T < 5.0\text{ ms}$ 时, S2——CS 或 NR。S3——CS。S4——NR。S5——CS。S6——CS。S7——CS。S8——CS 或 NR。S9——CS。

8.2.7 数据环绕

验证 UUT 实现数据环绕的能力,该测试应进行 10 000 次,数据环绕测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 子地址 30 或相应的环绕子地址发一带有 N 个数据字接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,消息中的数据应是随机数;
- b) S2:BT 向 UUT 相应的发送环绕子地址发一发送指令(该指令的字计数值等于 S1 中接收指令字计数值)。

PAC; S1——CS; S2——CS 且每一数据字应分别等于 S1 中对应的数据字。

8.2.8 RT—RT 消息错误

8.2.8.1 测试目的

在 RT—RT 传输中,验证 UUT 作为接收型 RT 检测消息中存在某些错误的的能力。

8.2.8.2 RT—RT 超时

在 RT—RT 传输方式下,验证 UUT 作为接收 RT,如果在 T 为 $16.0\ \mu\text{s}\sim 17.5\ \mu\text{s}$ 之间收不到数据字时,不应响应 BC 的能力, T (如图 20 所示)是从接收指令字奇校验位过零点至第 1 个数据字同步头中过零点的时间间隔,RT—RT 超时测试步骤如下。

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效的 RT—RT 指令对,并在之后间隔 T (如图 20 所示)从 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 起发送有效状态字和数据字。
- b) S2:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。
- c) S3:要求每次以不大于 $125.0\ \text{ns}$ 的增量增加 T ,在 S1 中延长发送指令字与状态字之间的时间间隔,直到该时间间隔等于 $7.5\ \mu\text{s}$,重复 S1 和 S2 的测试。应记录当 UUT 停止响应时的 T_i , T_i 定义为:接收指令字奇校验位的过零点与第 1 个数据字同步头的过零点之间的时间间隔。

PAC:当 $T_i\leq 16.0\ \mu\text{s}$ 时,S1——CS;当 $16.0\ \mu\text{s}<T_i\leq 17.5\ \mu\text{s}$ 时,S1——CS 或 NR;当 $T_i>17.5\ \mu\text{s}$ 时,S1——NR。当 S1 结果为 CS 时,S2——CS;当 S1 结果为 NR 时,S2——ME。

8.2.8.3 RT—RT 消息格式错误

在 RT—RT 传输中,验证 UUT 作为接收型 RT 检测并正确处理消息中错误的的能力。RT—RT 消息格式错误测试步骤如下。

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效的 RT—RT 指令对,并间隔 T (如图 20 所示)在 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 之间再发送有效的状态字和 N 个数据字, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。
- b) S2:如同 S1,BT 发出 RT—RT 消息,每次分别注入 1 个错误,需注入的错误类型如下:
 - 1) 无效的发送指令字,即 BT 在发送指令字中注入无效同步头,并间隔 T (如图 20 所示)在 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 之间再发送接收指令字(其 RT 地址域等于前面发送指令字的 RT 地址域)与 N 个数据字;
 - 2) 无效的发送型 RT 状态字,即 BT 在发送型 RT 状态字中注入无效同步头;
 - 3) 发送型 RT 状态字的同步头类型错误,即 BT 发一有效的 RT—RT 指令对后,间隔 T (如图 20 所示)在 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 之间再发送 $(N+1)$ 个数据字。
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。

PAC:每一情况 S1——CS,S2——NR,S3——ME。

8.2.8.4 发送 RT 错误

在 RT—RT 传输中,验证 UUT 是否具备检测正确的发送型 RT 指令字和状态字能力;验证 UUT 作为接收型 RT 检测并正确处理消息中错误的的能力,发送 RT 错误测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效的 RT—RT 指令对后,并间隔 T (如图 20 所示)在 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 之间再发送有效的状态字和 N 个数据字, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数;
- b) S2:BT 向 UUT 发出一有效的 RT—RT 指令对后,并间隔 T (如图 20 所示)在 $1.0\ \mu\text{s}\sim 3.0\ \mu\text{s}$ 之间再发送 1 个状态字(其 RT 地址域与前面的发送型指令字的地址域和 UUT 的 RT 地址均

不同)和 N 个数据字;

c) S3:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。

PAC:S1——CS。S2——CS 或 NR。S3:当 S2 结果为 CS 时,S3——CS;当 S2 结果为 NR 时,S3——ME。

8.2.9 总线切换

8.2.9.1 测试目的

验证具有双余度总线的 UUT 应具备 UUT 正在 1 条总线上处理消息,如果又收到另 1 条总线上的有效指令,UUT 应复位且响应后来的指令;如果收到的是无效指令,则不影响原总线上指令接收的能力。

8.2.9.2 UUT 作为发送 RT

UUT 作为发送 RT 测试步骤如下。

a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发一有效的发送指令,要求 UUT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 最大可发送的数据字个数。

b) S2:BT 于第 1 条指令开始发送 $1.0 \mu\text{s}$ 后在余度总线上发送 1 条“中断”指令,指令具体如下:

- 1) 有效指令;
- 2) 指令字中含有奇校验错;
- 3) 有效指令,但指令字中 RT 地址域不等于 UUT 地址。

c) S3:BT 在 2 条总线上消息均传输完后,BT 在主总线上向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。

d) S4:BT 以小于或等于 62.5 ns 步长增加 S1 与 S2 间的时间间隔来发送消息,直到两消息不再重叠为止,重复 S1~S3。

PAC:对 1)类测试 S1——NR、截断的消息或 CS,S2——CS,S3——CS;对 2)、3)类测试 S1——CS;S2——NR,S3——CS。

8.2.9.3 UUT 作为接收 RT

UUT 作为接收 RT 测试步骤如下。

a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发 1 个带有 N 个数据字的 RT—RT 消息, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,UUT 作为接收 RT。

b) S2:BT 于第 1 条命令开始发送 $1.0 \mu\text{s}$ 后在余度总线上发送 1 条“中断”指令,具体指令如下:

- 1) 有效指令;
- 2) 指令字中含有奇校验错;
- 3) 有效指令,但指令字中 RT 地址域不等于 UUT 地址。

c) S3:BT 在 2 条总线上消息均传输完后,BT 在主总线上向 UUT 发一“发送状态字”的方式指令。

d) S4:BT 以小于或等于 62.5 ns 步长增加 S1 与 S2 间的时间间隔来发送消息,直到两消息不再重叠为止,重复 S1~S3。

PAC:对 1)类测试 S1——NR 或 CS,S2——CS,S3——CS;对 2)、3)类测试 S1——CS,S2——NR,S3——CS。

8.2.10 RT 地址唯一性

验证 UUT 对可能分配的 RT 地址的唯一确认能力,RT 地址唯一性测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效指令;
 - b) S2:BT 重复 S1 共 30 次,每次仅改变指令字中的 RT 地址域值(不含分配给 UUT 的 RT 地址和广播地址 11111),其他不变;
 - c) S3:UUT 改变地址为分配的任意可能的组合(00000~11110),重复 S1 与 S2;
 - d) S4:UUT 模拟 RT 地址验证错误(如地址奇校验位错),重复 S1 与 S2。
- PAC:S1——CS;S2——任意地址组合 NR;S3 与 S1 和 S2 通过准则相同;S4——任意地址组合 NR。

8.3 选择性的 RT 操作

8.3.1 要求

若 UUT 实现以下选择性的 RT 操作,则应进行相应的测试。

8.3.2 选择性的方式指令

8.3.2.1 测试目的

验证 UUT 对实现选择性方式指令的正确响应能力。

8.3.2.2 动态总线控制

BT 向 UUT 发一“动态总线控制”方式指令。

PAC:若 UUT 允许作为 BC,则响应 DBA,否则响应 CS。

8.3.2.3 同步

同步测试步骤如下:

- a) BT 向 UUT 发一“不带数据字的同步”的方式指令;
- b) BT 向 UUT 发一“带数据字的同步”的方式指令。

PAC:UUT 响应 CS。

8.3.2.4 启动自测试

如果 UUT 的自测试时间是变化的,则应将 UUT 设置在最大的自测试时间条件下完成测试,启动自测试测试步骤如下。

- a) S1:BT 向 UUT 发一“启动自测试”的方式指令。
- b) S2:与 S1 间隔时间 T (如图 20 所示)后,BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;应从 T 不小于 100.0 ms 开始,每次以不大于 1.0 ms 的递减量减小 T ,重复 S1 与 S2 的测试;为更精确地确定自测试时间,应以 10.0 μ s 的递减量减小 T ,重复 S1 与 S2 的测试。在 S2 中,UUT 响应 CS,且忙位为“0”时,记录下 S1 与 S2 之间最小的间隔时间 T_s 。
- c) S3:BT 在主总线上向 UUT 发一“启动自测试”方式指令。
- d) S4:与 S3 的状态字间隔时间 $T(T_s - 10.0 \mu\text{s} < T < T_s - 5.0 \mu\text{s}$,且 $T \geq 1.0 \mu\text{s}$)后,在同一总线上 BT 向 UUT 发一有效的接收指令。
- e) S5:若 S4 有状态字响应则与该字间隔时间 T ,反之则与 S4 的最末数据字间隔时间 T , T 要求 1.0 $\mu\text{s} \sim 1.2 \mu\text{s}$,在同一总线上 BT 向 UUT 发一有效的指令。

PAC:S1——CS。S2:当 $T \geq 100.0$ ms 时,S2——CS,且忙位为“0”;当 $T < 100.0$ ms 时,S2——CS 或 NR。S3——CS。S4——CS 或 NR。S5——CS。

8.3.2.5 发送自测试字

BT 向 UUT 发一“发送自测试字”的方式指令。

PAC: UUT 响应 CS, 且带 1 个内容为 UUT 自测试结果的数据字。

8.3.2.6 选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭

验证具有多余度总线的 UUT 正确响应选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭方式指令的能力。在多余度总线系统中, 每一总线分别作为主总线, 其他总线依此分别作为被测的余度总线。UUT 各条总线采用以下测试模式组合, 选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭测试步骤如下:

- a) S1: BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;
- b) S2: BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- c) S3: BT 在主总线上向 UUT 发一“选定的发送器关闭”方式指令, 其所带的数据字编码值为另一要关闭的总线;
- d) S4: BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- e) S5: BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;
- f) S6: BT 在余度总线上向 UUT 发一“取消选定的发送器关闭”方式指令, 其所带的数据字编码值等于 S3 的数据字编码值;
- g) S7: BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- h) S8: BT 在主总线上向 UUT 发一“取消选定的发送器关闭”方式指令, 其所带的数据字编码值等于 S3 的数据字编码值;
- i) S9: BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令;
- j) S10: BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;
- k) S11: BT 在主总线上向 UUT 发一“选定的发送器关闭”方式指令, 但其所带的数据字编码值为主总线(类似在余度总线上关闭主总线一样);
- l) S12: 重复 S4;
- m) S13: 重复 S5。

PAC: S1——CS, S2——CS, S3——CS, S4——NR, S5——CS, S6——NR, S7——NR, S8——CS, S9——CS, S10——CS, S11——CS, S12——CS, S13——CS。

8.3.2.7 禁用终端标志位与取消禁用终端标志位

禁用终端标志位与取消禁用终端标志位测试步骤如下:

- a) S1: BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- b) S2: UUT 应置终端标志位, BT 再向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- c) S3: BT 向 UUT 发一“禁用终端标志位”的方式指令;
- d) S4: 重复 S1;
- e) S5: BT 向 UUT 发一“取消禁用终端标志位”的方式指令;
- f) S6: BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- g) S7: UUT 应复位终端标志位;
- h) S8: 重复 S1。

PAC: S1——CS, S2——TF, S3——CS 或 TF, S4——CS, S5——CS 或 TF, S6——TF, S8——CS。

8.3.2.8 发送矢量字

BT 向 UUT 发一“发送矢量字”方式指令。

PAC: UUT 响应 CS, 且带一内容为矢量字的数据字。

8.3.2.9 发送上一指令字

发送上一指令字测试步骤如下:

- a) S1: BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- b) S2: BT 向 UUT 发一不同于 S1 的至少带 1 个数据字的接收指令, 且在第 1 个数据字中含有奇校验错误;
- c) S3: BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令;
- d) S4: BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令;
- e) S5: BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令;
- f) S6: 重复 S5;
- g) S7: BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- h) S8: BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令;
- i) S9: BT 向 UUT 发一有效发送指令;
- j) S10: BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令。

PAC: S1——CS; S2——NR; S3——ME, 且带有与 S2 发出指令字相同的数据字; S4——ME, S5——ME, 且带有与 S4 发出指令字相同的数据字; S6——ME, 且带有与 S4 发出指令字相同的数据字; S7——CS; S8——CS, 且带有与 S7 发出指令字相同的数据字; S9——CS; S10——CS, 且带有与 S9 发出指令字相同的数据字。

8.3.3 状态位



8.3.3.1 测试目的及步骤

验证 UUT 对设计实现的状态位置位与复位能力。除消息差错位外, 状态字中其他状态位的实现是可任选的。对服务请求位、忙位、子系统标志位、终端标志位, 除应单独进行测试外, 还应进行以下情况的测试, 状态位测试步骤如下:

- a) UUT 状态字中这些状态位置位的条件;
- b) UUT 状态字中这些状态位复位的条件;
- c) 若 UUT 无需收到指令, a) 规定的条件会出现和消失, 需列出 UUT 在响应有效的非方式指令时状态位被置位与复位的情况;
- d) 若 UUT 某状态位已置位, 且该状态位置位的条件被取消后, 需列出 UUT 在响应第 2 个、有效的、非方式指令时状态位仍置位的情况。

8.3.3.2 服务请求位

服务请求位测试步骤如下:

- a) S1: BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- b) S2: UUT 置服务请求位后, BT 向 UUT 发一有效指令;
- c) S3: BT 向 UUT 发一有效指令;
- d) S4: UUT 复位服务请求位;
- e) S5: 同 S1。

PAC: S1——CS, S2——SRB, S3——SRB, S5——CS。

8.3.3.3 广播指令接收位

广播指令接收位测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效的广播接收指令；
- b) S2:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令；
- c) S3:BT 向 UUT 发一非广播、有效指令；
- d) S4:重复 S1；
- e) S5:重复 S3。

PAC:S1——NR;S2——BCR,且带有与 S1 发出指令字相同的数据字;S3——CS;S4——NR;
S5——CS。

8.3.3.4 忙位

忙位测试步骤如下：

- a) S1:UUT 置忙位后,BT 向 UUT 发一有效的发送指令；
- b) S2:UUT 复位忙位；
- c) S3:BT 向 UUT 发一有效的发送指令。

PAC:S1——BUSY,S3——CS。

8.3.3.5 子系统标志位

子系统标志位测试步骤如下：

- a) S1:UUT 置子系统标志位后,BT 向 UUT 发一有效的发送指令；
- b) S2:UUT 复位子系统标志位(不包括上电来复位子系统标志位的情况)；
- c) S3:BT 向 UUT 发一有效的发送指令；
- d) S4:重复 S3。

PAC:S1——SF,S3——SF 或 CS,S4——CS。

8.3.3.6 终端标志位

终端标志位测试步骤如下：

- a) S1:UUT 置终端标志位后,BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效的接收指令；
- b) S2:UUT 复位终端标志位；
- c) S3:BT 向 UUT 发一有效的发送指令；
- d) S4:重复 S3。

PAC:S1——TF,S3——CS 或 TF,S4——CS。

8.3.4 非法指令

若 UUT 能够识别非法指令,则要验证 UUT 检测非法指令的能力,非法指令测试步骤如下：

- a) S1:BT 向 UUT 发一非法的接收指令；
- b) S2:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令；
- c) S3:BT 向 UUT 发一有效的发送指令；
- d) S4:BT 向 UUT 发一非法且在数据字中含有奇校验错的接收指令；
- e) S5:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令；
- f) S6:重复 S3；
- g) S7:BT 向 UUT 发一非法的发送指令字；
- h) S8:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令；
- i) S9:重复 S3；
- j) S10:BT 向 UUT 发一非法且在指令字中含有奇校验错的指令；

k) S11:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”的方式指令。

PAC;S1——ME;S2——ME;S3——CS;S4——NR;S5——ME;S6——CS;S7——ME,且无数据字发送;S8——ME;S9——CS;S10——NR;S11——CS,且带有与 S9 的指令字相同的数据字。

8.3.5 广播方式指令

8.3.5.1 测试目的

验证 UUT 对广播方式指令的响应能力。对指令字中方式域为全“0”和全“1”两种情况的方式指令,分别进行测试。

8.3.5.2 不带数据字同步的广播

不带数据字同步的广播测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效接收指令;
- b) S2:BT 广播“不带数据字同步的”方式指令;
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令。

PAC;S1——CS;S2——NR;S3——BCR,且带有与 S2 的指令字相同的数据字。

8.3.5.3 带数据字同步的广播

带数据字同步的广播测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一有效接收指令;
- b) S2:BT 广播一“带数据字同步的”方式指令;
- c) S3:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令。

PAC;S1——CS;S2——NR;S3——BCR,且带有与 S2 指令字相同的数据字。

8.3.5.4 广播启动自测试

广播启动自测试测试步骤如下:

- a) S1:BT 广播一“启动自测试”方式指令;
- b) S2:与 S1 间隔时间 T (如图 20 所示)后,BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令;
- c) S3:应从 T 不小于 100.0 ms 开始,每次以不大于 1.0 ms 的递减量减小 T ,重复 S1 与 S2 的测试;为更精确地确定自测试时间,应以 10.0 μ s 的递减量减小 T ,重复 S1 与 S2 的测试。在 S2 中,UUT 响应 CS 且忙位为“0”时,记录 S1 与 S2 之间最小的间隔时间 T_s 。

PAC;S1——NR。S2: $T \geq 100.0$ ms 时,S2——CS,且忙位为“0”; $T < 100.0$ ms 时,S2——CS 或 NR。

8.3.5.5 广播发送器关闭与取消发送器关闭

验证 UUT 响应广播“发送器关闭”与广播“取消发送器关闭”方式指令的能力,对双余度总线结构,每一总线应分别作为主、余度总线进行测试,广播发送器关闭与取消发送器关闭测试步骤如下:

- a) S1:BT 在主总线向 UUT 发一有效指令;
- b) S2:BT 在余度总线向 UUT 发一有效指令;
- c) S3:BT 在主总线广播一“发送器关闭”方式指令;
- d) S4:BT 在主总线向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令;
- e) S5:BT 在余度总线向 UUT 发一有效指令;

- f) S6:BT 在主总线向 UUT 发一有效指令；
- g) S7:BT 在余度总线广播一“取消发送器关闭”方式指令；
- h) S8:BT 在余度总线向 UUT 发一有效指令；
- i) S9:BT 在主总线广播一“取消发送器关闭”方式指令；
- j) S10:BT 在主总线向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令；
- k) S11:BT 在余度总线向 UUT 发一有效指令；
- l) S12:BT 在主总线向 UUT 发一有效指令。

PAC:S1——CS;S2——CS;S3——NR;S4——BCR,且带有与 S3 指令字相同的数据字;S5——NR;S6——CS;S7——NR;S8——NR;S9——NR;S10——BCR,且带有与 S9 指令字相同的数据字;S11——CS;S12——CS。

8.3.5.6 广播选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭

验证具有多余度总线的 UUT 正确响应广播选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭方式指令的能力。在多余度总线系统中,每一总线分别作为主总线,其他总线依次分别作为被测的余度总线,UUT 各条总线采用以上测试模式组合,广播选定的发送器关闭与取消选定的发送器关闭测试步骤如下:

- a) S1:BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令；
- b) S2:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令；
- c) S3:BT 在主总线上广播一“选定的发送器关闭”方式指令,其所带的数据字编码值为另一要关闭的总线；
- d) S4:BT 在主总线向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令；
- e) S5:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令；
- f) S6:BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令；
- g) S7:BT 在余度总线上广播一“取消选定的发送器关闭”方式指令,其所带的数据字编码值等于 S3 的数据字编码值；
- h) S8:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令；
- i) S9:BT 在主总线上广播一“取消选定的发送器关闭”方式指令,其所带的数据字编码值等于 S3 的数据字编码值；
- j) S10:重复 S4；
- k) S11:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令；
- l) S12:BT 在主总线上向 UUT 发一有效指令；
- m) S13:BT 在主总线上广播一“选定的发送器关闭”方式指令,但其所带的数据字编码值为主总线(恰似在余度总线上去关闭主总线一样)；
- n) S14:重复 S4；
- o) S15:重复 S5；
- p) S16:重复 S6。

PAC:S1——CS;S2——CS;S3——NR;S4——BCR,且带有与 S3 指令字相同的数据字;S5——NR;S6——CS;S7——NR;S8——NR;S9——NR;S10——BCR,且带有与 S9 指令字相同的数据字;S11——CS;S12——CS;S13——NR;S14——BCR,且带有与 S13 指令字相同的数据字;S15——CS;S16——CS。

8.3.5.7 广播禁用终端标志位与取消禁用终端标志位

广播禁用终端标志位与取消禁用终端标志位测试步骤如下:

- a) S1:BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- b) S2:UUT 置终端标志位,BT 向 UUT 发一至少带 1 个数据字的有效接收指令;
- c) S3:BT 广播一“禁用终端标志位”方式指令;
- d) S4:BT 向 UUT 发一“发送上一指令字”方式指令;
- e) S5:重复 S1;
- f) S6:BT 广播一“取消禁用终端标志位”方式指令;
- g) S7:重复 S4;
- h) S8:重复 S1;
- i) S9:UUT 复位终端标志位;
- j) S10:重复 S1。

PAC:S1——CS;S2——TF;S3——NR;S4——BCR 或 BCR,与 TF 且带有与 S3 指令字相同的数据字;S5——CS;S6——NR;S7——BCR 或 BCR,与 TF 且带有与 S6 指令字相同的数据字;S8——TF;S10——CS。

8.3.5.8 广播复位远程终端

广播复位远程终端测试步骤如下。

- a) S1:BT 在主总线上广播一“复位远程终端”方式指令。
- b) S2:与 S1 间隔时间 T (如图 20 所示)后,BT 在主总线上向 UUT 发一有效的发送指令。
- c) S3: T 是 S1、S2 间的消息间间隔,从 $4.0\ \mu\text{s}\sim 100.0\ \text{ms}$ 变化,其中在 $6.0\ \text{ms}\sim 100.0\ \text{ms}$ 之间,每次变化不大于 $1.0\ \text{ms}$;在 $4.0\ \mu\text{s}\sim 6.0\ \text{ms}$ 之间每次变化不大于 $10.0\ \mu\text{s}$;当 $5.0\ \text{ms}\leq T\leq 100.0\ \text{ms}$ 时,BT 执行 S2 前,在与 S1 间隔 $4.0\ \text{ms}$ 后应再发一消息长度短的、有效的指令。
- d) S4:BT 在主总线上向 UUT 发一“发送器关闭”方式指令。
- e) S5:BT 在余度总线上向 UUT 发一有效指令。
- f) S6:BT 在主总线上广播一“复位远程终端”方式指令。
- g) S7:在 $5.0\ \text{ms}$ 后重复 S4。

PAC:S1——NR。S2: $T\geq 5.0\ \text{ms}$ 时,S2——CS,且忙位为“0”; $T<5.0\ \text{ms}$ 时,S2——CS 或 NR。S3——CS。S4——NR。S5——NR。S6——CS。

8.3.5.9 广播动态总线控制

广播动态总线控制测试步骤如下:

- a) S1:BT 广播一“动态总线控制”方式指令;
- b) S2:BT 向 UUT 发一“发送状态字”方式指令。

PAC:S1——NR;S2——CS,与 BCR 且动态总线接受位为“0”时,S2——ME 或 BCR,且动态总线接受位为“0”。

8.3.6 广播消息的错误注入

8.3.6.1 测试目的及步骤

验证 UUT 对广播消息中存在各种错误的检测能力。广播消息错误注入测试步骤如下:

- a) S1:BT 广播一有效的指令;
- b) S2:BT 向 UUT 发一“发送上一指令”的方式指令;
- c) S3:BT 向 UUT 发出一有效的接收指令;
- d) S4:BT 在广播消息中注入规定的错误;

- e) S5:重复 S2;
- f) S6:重复 S3。

8.3.6.2 奇校验错误

测试目的是采用 BC—RT 广播接收消息,在指令字或数据字中注入奇校验错误。奇校验错误测试步骤如下:

- a) 按 8.3.6.1 规定的测试步骤,BT 在 S4 的广播指令字中注入奇校验错;
 - b) 按 8.3.6.1 规定的测试步骤,BT 在 S4 中广播一带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别在第 $i(i=1,2,\dots,N)$ 个字中注入奇校验错,共需测试 N 次。
- PAC:对 a) S1——NR;S2——BCR,且带有与 S1 指令字相同的数据字;S3——CS;S4——NR;S5——CS,且带有与 S3 指令字相同的数据字;S6——CS。对 b) S1——NR;S2——BCR,且带有与 S1 发出指令字相同数据字;S3——CS;S4——NR;S5——ME(广播指令接收位可为“1”),且带有与 S4 发出指令字相同的数据字;S6——CS。

8.3.6.3 消息长度错误

按 8.3.6.1 规定的测试步骤,在 S4 中,BT 广播一有效规定带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数;而 BT 实际发送的数据字个数分别为 $N+1,N-1,\dots,0$,共测试 $N+1$ 次。

PAC:S1——NR;S2——BCR,且带有与 S1 指令字相同的数据字;S3——CS;S4——NR;S5——ME(广播指令接收位可为“1”),且带有与 S4 指令字相同的数据字;S6——CS。

9 BC 端协议测试

9.1 测试要求

使用图 5 连接结构测试。在变压器耦合方式下,BT 应答信号的电压峰-峰值为 $2.1\text{ V}\pm 0.1\text{ V}$ 。如果 UUT 具有冗余总线结构,协议测试应在总线上完成。

9.2 BC 端的操作

9.2.1 测试目的

验证 UUT 完成的 BC 操作是否符合 7.1 和 7.2 的规定。

9.2.2 指令集验证

验证 UUT 正确发出其设计能够发出其设计要求实现的各种指令,其中接收指令应带有规定个数的数据字。

PAC:设计能够实现的各种指令。

9.2.3 识别 SMS 状态字的 RT 地址域正确

9.2.3.1 BC—RT 传输

测试 UUT 能够检测出 SMS 的状态字中 RT 地址域与 CMS 的指令字中 RT 地址域不匹配的错。对 UUT 设计能够通信的某一 RT 地址,UUT 向 BT 发出 32 个相同的接收型 CMS(其指令字的 RT 地址域固定等于此刻通信的 RT 地址)和 32 个相同的发送型 CMS(其指令字的 RT 地址域固定等于此刻通信的 RT 地址);BT 对每个 CMS 响应各种 SMS,这些 SMS 状态字中 RT 地址域为 00000~

11111 所有可能的组合。对 UUT 设计能够通信 RT 地址(除 11111 外),重复以上测试过程,共需测试 $64N$ 次,其中 N 是 UUT 设计能够通信的 RT 个数。

PAC:UUT 对状态字中 RT 地址域不正确的 SMS 确认 ISMS。UUT 对状态字中 RT 地址域正确的 SMS 确认 VSMS。

9.2.3.2 RT—RT 传输

在 RT—RT 消息传输中,验证 UUT 能够检测 SMS 的状态字中 RT 地址域与 CMS 相应的指令字中 RT 地址域不匹配错误。针对 UUT 设计能够通信的某一特定 RT 地址,分为两种情况,RT—RT 传输测试步骤如下。

- a) UUT 向 BT 发出固定的接收指令字(其 RT 地址域等于该特定 RT 地址)和变化的 30 种发送指令字(这些指令字的 RT 地址域从 00000~11110 中选择,但不应选择等于该特定 RT 地址的情况),这 30 种指令对分别发送 31 次,每次 BT 响应的接收型 RT 状态字中 RT 地址域正确,而响应的发送型 RT 状态字中 RT 地址域为每一可能的 RT 地址(范围为 00000~11111,但不应选择等于该特定 RT 地址的情况),共需测试 930 次。
- b) UUT 向 BT 发出固定的发送指令字(其 RT 地址域等于该特定 RT 地址)和变化的 30 种接收指令字(这些指令字的 RT 地址域从 00000~11110 中选择,但不应选择等于该特定 RT 地址的情况),这 30 种指令对分别发送 31 次,每次 BT 响应的发送型 RT 状态字中 RT 地址域正确,而响应的接收型 RT 状态字中 RT 地址域为每一可能的 RT 地址(范围为 00000~11111,但不应选择等于该特定 RT 地址的情况),也需测试 930 次。因此共需测试 1 860 次。设 N 是 UUT 设计能够通信的 RT 个数,则综合以上测试要求,共需测试 $1\ 860\ N$ 次。

PAC:UUT 对两种状态字中任意 1 个 RT 地址域不正确的 SMS 确认 ISMS,UUT 对两种状态字中 RT 地址域均正确的 SMS 确认 VSMS。

9.2.4 最小响应时间

9.2.4.1 测试目的

验证 UUT 正确处理 RT 消息并及时作出响应的能力。

9.2.4.2 BC—RT 传输

UUT 向 BT 发一发送指令,BT 应在收到发送指令字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0\ \mu\text{s}$ 时,响应状态字和相应的数据字,至少重复 1 000 次测试。

UUT 向 BT 发一接收指令字及相应数据字,BT 应在收到最末 1 个数据字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0\ \mu\text{s}$ 时响应状态字,至少重复 1 000 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 VSMS。

9.2.4.3 RT—RT 传输

UUT 向 BT 发 1 个 RT—RT 的指令对,BT 在收到接收指令字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0\ \mu\text{s}$ 时,响应发送型 RT 的状态字和相应数据字,并在发出最末 1 个数据字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0\ \mu\text{s}$ 时,发出接收型 RT 的状态字,至少重复 1 000 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 VSMS。

9.2.5 最小无响应时间

9.2.5.1 测试目的

当 RT 在最小无响应时间 $3.5\ \mu\text{s}$ 时刻(超过该时间应作为无响应超时处理)响应 UUT 的指令

时,验证 UUT 是否正确响应。

9.2.5.2 BC—RT 传输

UUT 向 BT 发一发送指令,BT 在收到发送指令字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $3.5 \mu\text{s}$ 时,才响应状态字和相应的数据字,至少重复 1 000 次测试。

UUT 再向 BT 发一接收指令及相应的数据字,BT 在收到最末 1 个数据字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $3.5 \mu\text{s}$ 时,才响应状态字,至少重复 1 000 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 VSMS。

9.2.5.3 RT—RT 传输

UUT 向 BT 发 1 个 RT—RT 指令对,BT 在收到发送指令字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $3.5 \mu\text{s}$ 时,才响应状态字和相应数据字,并在发出最末 1 个数据字后间隔 T (如图 20 所示)等于 $3.5 \mu\text{s}$ 时,才发出第 2 个状态字,至少重复 1 000 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 VSMS。

9.2.6 无响应超时

9.2.6.1 测试目的

验证 UUT 检测 RT 不响应的能力。

9.2.6.2 BC—RT 传输

UUT 向 BT 发送至少 6 个消息,其中 3 个为接收指令和相关的数据字,另 3 个为发送指令。BT 不响应这些指令。UUT 应重复发送这些消息,BT 在收到 CMS 的最末 1 个字后,从间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0 \mu\text{s}$ 开始响应 SMS,然后不断增加 T 值后响应 SMS,直到 UUT 首次确认 SMS 为 NR,停止测试并记录下此时的 T 值。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 NR。

9.2.6.3 RT—RT 传输

UUT 向 BT 发送至少 9 个 RT—RT 的指令对,RT—RT 传输测试步骤如下。

- a) BT 不响应前 3 个指令对中的任何 1 个指令。
- b) 响应其次 3 个指令对的发送指令但不响应接收指令。
- c) 响应最后 3 个指令对的接收指令而不响应发送指令。
- d) UUT 应重复发送这些消息,首先 BT 在收到 CMS 的发送指令字后,从间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0 \mu\text{s}$ 开始响应状态字和数据字,然后不断增加 T 值后响应状态字和数据字,直到 UUT 首次确认 SMS 为 NR(此测试条件下 BT 应正确响应 CMS 的接收指令字),停止测试并记录下此时的 T 值;然后 BT 应正确响应 CMS 的发送指令字,但 BT 在发出最末 1 个数据字后,从间隔 T (如图 20 所示)等于 $1.0 \mu\text{s}$ 开始响应状态字,再不断增加 T 值后响应状态字,直到 UUT 首次确认 SMS 为 NR,停止测试并记录此时的 T 值。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 NR。

9.2.7 BC—RT 传输的错误注入

9.2.7.1 测试目的

验证 UUT 检测 BC—RT 传输中存在错误的的能力。

9.2.7.2 奇校验

9.2.7.2.1 发送指令的状态字

发送指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令；
 - b) S2:BT 在应答的状态字中包含奇校验错误。
- PAC:UUT 确认 SMS 为 ISMS。

9.2.7.2.2 接收指令的状态字

接收指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一接收指令；
 - b) S2:BT 在应答的状态字中包含奇校验错误。
- PAC:UUT 确认 SMS 为 ISMS。

9.2.7.2.3 数据字

数据字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令；
 - b) S2:BT 在应答的每一数据字中注入奇校验错误；
 - c) S3:设 UUT 设计的最大可接收的数据字个数 N , 则需重复以上测试 N 次, 每次 BT 仅在第 i ($i=1, 2, \dots, N$) 个字中注入 1 个奇校验错误。
- PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.3 字长

9.2.7.3.1 测试目的

验证 UUT 检测消息中出现字长错误的的能力。测试除去发送指令字和接收消息的最末 1 个数据字出现多数据位的错误情况。

9.2.7.3.2 发送指令的状态字

发送指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令；
- b) S2:BT 分别以包含下面字长错误的状态字响应, 错误包含少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位, 共需测试 4 次。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.3.3 接收指令的状态字

接收指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一接收指令；
 - b) S2:BT 分别以包含下面字长错误的状态字响应, 错误包含少 1 位、少 2 位, 共需测试 2 次。
- PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.3.4 数据字

数据字测试步骤如下：

- a) S1: UUT 向 BT 发一发送指令, 要求 BT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够接收的最大数据字个数;
- b) S2: BT 在每一数据字分别注入下面定义的错误, 错误包含少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位, BT 每次仅在第 i ($i=1, 2, \dots, N$) 个字中注入少 1 位或少 2 位错误, 需重复测试 $2N$ 次, 然后 BT 每次仅在第 i ($i=1, 2, \dots, N-1$) 个字中注入多 2 位或多 3 位错误, 再重复测试 $(2N-2)$ 次, 共需测试 $(4N-2)$ 次。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.4 双相编码

9.2.7.4.1 测试目的

验证 UUT 检测双相码位错误的能力, 该错误定义为位时中缺少过零跳变。除同步头外, 字的每 1 位依次注入双相编码错误, 错误分为选定位维持逻辑高电平或逻辑低电平两种情况, 但每次仅允许 1 位出错。

9.2.7.4.2 发送指令的状态字

发送指令的状态字测试步骤如下:

- a) S1: UUT 向 BT 发一发送指令;
- b) S2: BT 在响应发送指令的状态字中, 每 1 位分别注入该错误;
- c) 按 a)、b) 重复测试 34 次。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.4.3 接收指令的状态字

接收指令的状态字测试步骤如下:

- a) S1: UUT 向 BT 发一接收指令;
- b) S2: BT 在响应接收指令的状态字中, 每 1 位分别注入该错误;
- c) 按 a)、b) 重复测试 34 次。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.4.4 数据字

数据字测试步骤如下:

- a) S1: UUT 向 BT 发一发送指令, 要求 BT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够接收的最大数据字个数;
- b) S2: BT 在响应发送指令的每一数据字的每 1 位分别注入双相编码错误;
- c) 按 a)、b) 重复测试 $34N$ 次。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.5 同步头编码

9.2.7.5.1 测试目的

验证 UUT 对同步头编码错误的检测能力, 同步头占 3 个位时 (6 个 125.0 ns), 状态字正确的同步头为 111000, 数据字正确的同步头为 000111。

9.2.7.5.2 状态字

状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令；
- b) S2:BT 在响应 UUT 指令时,分别采用 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步编码的状态字响应。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.5.3 数据字

数据字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令,要求 BT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够接收的最大数据字个数；
- b) S2:BT 在发送的第 i ($i=1,2,\dots,N$) 个字中分别注入 000011,001111,000110,100111,111000 这 5 种模式的同步头错误,共进行 $5N$ 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.6 消息长度

9.2.7.6.1 接收指令的状态字

接收指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一接收指令；
- b) S2:BT 以 1 个状态字和 1 个数据字应答。

PAC:UUT 确认 SMS 为 ISMS。

9.2.7.6.2 发送指令的状态字

发送指令的状态字测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令,要求 BT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够接收的最大数据字个数；
- b) S2:BT 响应指令,发出的数据字个数分别为 $N+1,N-1,\dots,0$,以上 S2 的错误模式共有 $N+1$ 个,因此共需进行 $N+1$ 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.7.7 数据不连续

数据不连续测试步骤如下：

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令,要求 BT 发送 N 个数据字, N 是 UUT 设计能够接收的最大数据字个数；
- b) S2:BT 响应指令,但在状态字与数据字或相邻数据字之间依次加入 T (如图 20 所示)为 $1.0\ \mu\text{s}$ 的时间间隔；
- c) S2 测试中每次仅允许插入 1 个错误,因此共进行 N 次测试。

PAC:UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.2.8 RT—RT 传输的错误注入

9.2.8.1 测试目的

验证 UUT 检测 RT—RT 消息流中出现错误的的能力。除另有规定外,以下测试序列通用于 RT—

RT 错误注入测试,在 S2 和 S3 中注入错误,错误类型及通过标准在具体测试项中说明,RT—RT 传输的错误注入测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一有效的 RT—RT 指令对;
- b) S2:BT 按测试规定响应发送指令;
- c) S3:BT 按测试规定响应接收指令。

9.2.8.2 奇校验

验证 UUT 检测 RT—RT 消息中包含奇校验错误的的能力,奇校验具体测试如下。

- a) RT—RT 发送指令的状态字测试步骤如下:
 - 1) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应的状态字包含有奇校验错,在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应的状态字包含有奇校验错,在 9.2.8.1c) 中 BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求,进行 2 次测试。
- b) RT—RT 接收指令的状态字测试步骤为 BT 在 9.2.8.1b) 中响应 CS,在 9.2.8.1c) 中响应带奇校验错的状态字。按 9.2.8.1 规定的测试步骤进行 1 次测试。
- c) RT—RT 数据字测试根据 UUT 设计可发送的最大数据字个数 N ,重复测试 N 次,且仅在第 i ($i=1,2,\dots,N$) 个字中注入 1 个奇校验错,测试步骤如下:
 - 1) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应的第 i 个数据字注入奇校验错,在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应的第 i 个数据字注入奇校验错,在 9.2.8.1c) 中 BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求,进行 $2N$ 次测试。

PAC:UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.3 字长度

9.2.8.3.1 测试目的

验证 UUT 检测 RT—RT 消息中出现字长度错误的的能力。测试除去发送指令字和接收消息的最末 1 个数据字数据位超出规定的错误情况。

9.2.8.3.2 RT—RT 发送指令的状态字

在 9.2.8.1b) 中,BT 响应的状态字中应分别注入少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位这 4 类字长错误,每一错误对应测试步骤如下:

- a) 在 9.2.8.1b) 中,BT 响应的状态字中注入以上 4 种错误中的 1 种,在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
- b) 在 9.2.8.1b) 中,BT 响应的状态字中注入以上 4 种错误中的 1 种,在 9.2.8.1c) 中 BT 则不响应;
- c) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 4 类错误测试要求,共需进行 8 次测试。

PAC:UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.3.3 RT—RT 接收指令的状态字

在 9.2.8.1b) 中,BT 响应 CS,在 9.2.8.1c) 中 BT 响应的状态字应分别注入错误,每一错误与对应测试步骤如下:

- a) 少 1 位;
- b) 少 2 位;
- c) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 a)、b) 测试要求,共需进行 2 次测试。

PAC:UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.3.4 RT—RT 数据字

在 9.2.8.1b) 中, BT 响应的数据字中分别注入少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位这 4 类错误, 每一错误与对应测试步骤如下。

- a) 9.2.8.1b) 包含以上 4 种错误的 1 种, 在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS。
- b) 9.2.8.1b) 包含以上 4 种错误的 1 种, 在 9.2.8.1c) 中 BT 不响应。
- c) 根据 UUT 设计允许的最大数据字个数 N , 对 1 位、少 2 位两种情况, BT 分别在第 i ($i=1, 2, \dots, N$) 个数据字中注入错误, 各需重复 $4N$ 次。对多 2 位、多 3 位两种情况, BT 分别在第 i ($i=1, 2, \dots, N-1$) 个数据字中注入错误, 各需重复 $4(N-1)$ 次。按 9.2.8.1 规定的测试步骤和以上 4 类错误测试要求, 共需进行 $8N+8(N-1)$ 次测试。

PAC: UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.4 双相编码

验证 UUT 检测双相码位错误的能力, 该错误定义为在位时中间缺少过零。除同步头外, 字的每 1 位依次注入 1 个双相编码错误, 错误分为选定位维持逻辑高电平或逻辑低电平两种情况, 但每次仅允许 1 位出错。双相编码测试具体如下。

- a) RT—RT 发送指令的状态字测试步骤为在 9.2.8.1b) 中, BT 响应状态字的每 1 位分别注入双相编码错误, 测试步骤如下:
 - 1) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应带双相编码错误的状态字, 在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中 BT 响应带双相编码错误的状态字, 在 9.2.8.1c) 中 BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求, 共需进行 68 次测试。
- b) RT—RT 接收指令的状态字测试步骤为在 9.2.8.1b) 中, BT 响应 CS; 在 9.2.8.1c) 中, BT 响应状态字的每 1 位分别注入双相编码错后, 按 9.2.8.1 规定的测试步骤共进行 34 次测试。
- c) 数据字测试步骤为在 9.2.8.1b) 中, BT 响应的第 i ($i=1, 2, \dots, N$) 个数据字的每 1 位分别注入 1 个双相编码错误, 其中 N 为 UUT 设计允许的最大数据字, 每次仅允许出现 1 个双相编码错误, 数据字测试步骤如下:
 - 1) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带双相编码错误的的数据字, 而 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带双相编码错误的的数据字, 而 9.2.8.1c) BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求, 共进行 $68N$ 次测试。

PAC: UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.5 同步头编码

验证 UUT 检测 RT—RT 消息中状态字和数据字同步头错误的的能力。同步头占 3 个位时 (6 个 125.0 ns), 状态字的正确同步头为 111000, 数据字的正确同步头为 000111, 同步头编码测试具体如下。

- a) RT—RT 发送指令的状态字测试步骤为在响应 UUT 的发送指令时, 在 9.2.8.1b) 中 BT 分别采用 111100, 110000, 111001, 011000, 000111 这 5 种无效同步头编码的状态字响应。对以上每一无效同步头编码的测试步骤如下:
 - 1) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带无效同步的状态字, 在 9.2.8.1c) 中 BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带无效同步的状态字, 在 9.2.8.1c) 中 BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求, 共进行 10 次测试。
- b) RT—RT 接收指令的状态字测试步骤为在 9.2.8.1b) 中 CS, 在 9.2.8.1c) BT 分别采用 111100, 100000, 111001, 011000, 000111 这 5 种无效同步头编码的状态字响应。按 9.2.8.1 规定的测试步骤共进行 5 次测试。

- c) 数据字测试步骤为在 9.2.8.1b) 中, BT 响应的第 i ($i=1, 2, \dots, N$) 个数据字分别注入 1 个同步头编码错误, 其中 N 为 UUT 设计允许的最大数据字个数, 无效数据字同步头编码为 000011, 011111, 000110, 100111, 111000。测试步骤如下:
- 1) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带无效同步头的数据字, 而 9.2.8.1c) BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应带无效同步头的数据字, 而 9.2.8.1c) BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求, 共进行 $10N$ 次测试。

PAC: UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.6 消息长度

验证 UUT 检测 RT—RT 的 SMS 中数据字个数错误的的能力, 消息长度测试具体如下。

- a) RT—RT 发送指令测试步骤为在响应 UUT 发出的 RT—RT 指令对(要求 BT 发送 N 个数据字, N 为 UUT 设计允许的最大数据字个数)时, BT 发出的数据字个数却分别为 $N+1$, $N-1, \dots, 1, 0$ 。测试步骤如下:
- 1) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应正确数据个数的数据, 而 9.2.8.1c) BT 响应 CS;
 - 2) 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应正确数据个数的数据, 而 9.2.8.1c) BT 不响应;
 - 3) 按 9.2.8.1 规定的测试步骤和 1)、2) 测试要求, 共进行 $2(N+1)$ 次测试。
- b) RT—RT 接收指令测试步骤为在 9.2.8.1b) 中 BT 响应 CS, 在 9.2.8.1c) BT 响应 1 个状态字连续 1 个数据字后, 按 9.2.8.1 规定的测试步骤进行 1 次测试。

PAC: UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.2.8.7 数据不连续

UUT 向 BT 发一 RT—RT 指令对(要求 BT 发送 N 个数据字, N 为 UUT 设计允许的最大数据字个数); 在 9.2.8.1b) 中, BT 响应的状态字与数据字或相邻数据字之间依次加入 T (如图 20 所示) 为 $1.0 \mu\text{s}$ 的时间间隔, 9.2.8.1c) BT 响应 CS 后, 按 9.2.8.1 规定的测试步骤共进行 N 次测试。

PAC: UUT 对每一 SMS 均确认 ISMS。

9.3 BC 端的选择操作

9.3.1 要求

根据 UUT 设计依据不同, 应按以下规定选择相关测试。

9.3.2 方式指令

9.3.2.1 测试目的

验证 UUT 处理方式指令的能力, 在本条中用到的方式代码见表 4, 分别测试发出方式指令字的方式域为全“0”和全“1”两种情况。

9.3.2.2 动态总线控制

动态总线控制测试步骤如下:

- a) S1: UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令, BT 响应 DBACC 为“0”的正确状态字;
- b) S2: UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令, BT 响应 DBACC 为“1”的正确状态字;
- c) S3: UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令, BT 不响应;
- d) S4: UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令, BT 响应 DBACC 为“1”, 且奇校验错误的状态字;

- e) S5:UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令,BT 响应 RT 地址错误的状态字;
- f) S6:UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令,BT 响应 DBACC 为“1”的正确状态字和 1 个数据字;
- g) S7:UUT 向 BT 发一“动态总线控制”方式指令,BT 在余度总线上响应 DBACC 为“1”的正确状态字。

PAC:S1——UUT,确认 SMS 为 VSMS,且检测到 DBACC 为“0”;S2——UUT,确认 SMS 为 VSMS,且检测到 DBACC 为“1”;S3——UUT,确认 SMS 为 NR;S4——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S5——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S6——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S7——UUT,确认 SMS 为 NR 或 ISMS。

9.3.2.3 不带数据字的方式指令

对表 4 中的 MC1~MC8,不带数据字的方式指令测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字;
- b) S2:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 不响应;
- c) S3:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应带奇校验错误的状态字;
- d) S4:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应 RT 地址错误的状态字;
- e) S5:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字和 1 个数据字;
- f) S6:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 在余度总线上响应正确状态字。

PAC:S1——UUT,确认 SMS 为 VSMS;S2——UUT,确认 SMS 为 NR;S3——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S4——重复 S3;S5——重复 S3;S6——UUT,确认 SMS 为 NR 或 ISMS。

表 4 方式代码

方式代码	方式代码域值	功能描述
MC0	00000	动态总线控制
MC1	00001	同步
MC2	00010	发送状态字
MC3	00011	启动自测试
MC4	00100	发送器关闭
MC5	00101	取消发送器关闭
MC6	00110	禁用终端标志
MC7	00111	取消禁用终端标志
MC8	01000	复位远程终端
MC16	10000	发送矢量字
MC17	10001	同步(带数据字)
MC18	10010	发送上一指令字
MC19	10011	发送自测试字
MC20	10100	选择发送器关闭
MC21	10101	取消选择发送器关闭

9.3.2.4 带数据字的发送型方式指令

对表 4 中的 MC16,MC18 和 MC19 方式代码,带数据字的发送型方式指令测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字和 1 个数据字;
- b) S2:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 不响应;
- c) S3:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应带奇校验错误的状态字和 1 个数据字;
- d) S4:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应 RT 地址错误的状态字和 1 个数据字;
- e) S5:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字但无数据字;
- f) S6:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字和 2 个数据字;
- g) S7:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 响应正确状态字和带有奇校验错的 1 个数据字;
- h) S8:UUT 向 BT 发一选定的方式指令,BT 在余度总线上响应正确状态字和 1 个数据字。

PAC:S1——UUT,确认 SMS 为 VSMS;S2——UUT,确认 SMS 为 NR;S3——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S4——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S5——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S6——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S7——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S8——UUT,确认 SMS 为 ISMS 或 NR。

9.3.2.5 带数据字的接收型方式指令

对表 4 中的 MC17,MC20 和 MC21 方式代码,带数据字的接收型方式指令测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 响应正确的状态字;
- b) S2:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 不响应;
- c) S3:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 响应带奇校验错误的状态字;
- d) S4:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 响应 RT 地址错误的状态字;
- e) S5:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 响应正确状态字和 1 个数据字;
- f) S6:UUT 向 BT 发一选定的方式指令和数据字,BT 在余度总线上响应正确状态字。

PAC:S1——UUT,确认 SMS 为 VSMS;S2——UUT,确认 SMS 为 NR;S3——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S4——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S5——UUT,确认 SMS 为 ISMS;S6——UUT,确认 SMS 为 NR 或 ISMS。

9.3.3 状态位

9.3.3.1 测试目的

验证 UUT 检测状态字中各个状态位数值的能力。UUT 可任选 9.3.3 下的测试项。如果选择某项测试,则每次仅允许置状态字中的 1 个状态位(按 7.1 中状态字定义,状态位占位 9~占位 19)为“1”,其余状态位为“0”。

9.3.3.2 接收指令的状态字

接收指令的状态字测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一接收指令和相应的数据字;
- b) S2:BT 响应状态字且分别置状态字中的第 i ($i=9,10,\dots,19$) 位为“1”。

PAC:按以上测试步骤,共测试 11 次,UUT 每次应检测出状态字相应位的数值。

9.3.3.3 发送指令的状态字

发送指令的状态字测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发一发送指令;
 - b) S2:BT 响应状态字和相应的数据字(状态字的忙位为“1”时无数据字发送),且每次分别置状态字中的第 $i(i=9,10,\dots,19)$ 位为“1”。
- PAC:按以上测试步骤,共测试 11 次,UUT 每次应检测出状态字相应位的数值。

9.3.3.4 RT—RT 发送指令的状态字

RT—RT 发送指令的状态字测试步骤如下。

- a) S1:UUT 向 BT 发 1 个 RT—RT 的指令对。
- b) S2:BT 响应发送指令时,每次分别置状态字的第 $i(i=9,10,\dots,19)$ 位为“1”,然后发出相应的数据字(状态字的忙位为“1”时无数据字发送)。BT 响应接收指令时,发出状态字的状态位全部清零。

PAC:按以上测试步骤,共测试 11 次,UUT 每次应检测出状态字相应位的数值。

9.3.3.5 RT—RT 接收指令的状态字

RT—RT 接收指令的状态字测试步骤如下:

- a) S1:UUT 向 BT 发出 1 个 RT—RT 的指令对;
- b) S2:BT 响应发送指令,发送状态位全部清零的状态字和相应的数据字,响应接收指令时,分别置状态字的第 $i(i=9,10,\dots,19)$ 位为“1”。

PAC:按以上测试步骤,共测试 11 次,UUT 每次应检测出状态字相应位的数值。

9.3.3.6 方式指令

方式指令测试步骤如下:

- a) S1:UUT 按已实现的方式代码(见表 4)分别向 BT 发送方式指令;
- b) S2:BT 响应方式指令,分别置状态字的第 $i(i=9,10,\dots,19)$ 位为“1”。

PAC:按 UUT 设计实现的方式代码数量 $N(0 \leq N \leq 15)$ 和以上测试步骤,共测试 $11N$ 次,UUT 每次应检测出状态字相应位的数值。

9.3.4 广播指令



9.3.4.1 测试目的

验证 UUT 对广播指令的处理能力。按本文件设计的 UUT,需通过 9.3.4.2、9.3.4.3 和 9.3.4.4 这 3 项测试;9.3.4.5 的方式代码 MC4、MC5 和 MC8 需测试通过,而方式代码 MC1、MC3、MC6、MC7、MC20 和 MC21 可任选测试;9.3.4.6 测试项的方式代码 MC4、MC5 和 MC8 需测试通过,而方式代码 MC1、MC3、MC6、MC7、MC20 和 MC21 可任选测试通过。

9.3.4.2 无响应的广播接收指令

UUT 发一广播接收指令,BT 不响应该指令。

PAC:UUT 确认 SMS 为 NR。

9.3.4.3 有响应的广播接收指令

UUT 发一广播接收指令,BT 用 1 个有效状态字响应该指令。

PAC:UUT 确认 SMS 为 ISMS。

9.3.4.4 广播 RT—RT 指令

验证 UUT 对 RT—RT 广播指令的响应能力。测试步骤如下：

- a) 无响应的广播 RT—RT 指令测试步骤为 UUT 发一广播 RT—RT 指令, BT 不响应；
- b) 错误响应的广播 RT—RT 指令测试步骤为 UUT 发一广播 RT—RT 指令, BT 响应发送指令时, 响应 1 个正确状态字和相应的数据字, 但又响应接收指令的 1 个状态字；
- c) 正常响应的广播 RT—RT 指令测试步骤为 UUT 发一广播 RT—RT 指令, BT 响应发送指令时, 发送 1 个正确状态字和相应的数据字, 但不发送响应接收指令的状态字。

PAC: 对 a)、b) UUT 确认 SMS 为 ISMS; 对 c) UUT 确认 SMS 为 VSMS。

9.3.4.5 无响应的广播方式指令

UUT 应分别发送表 4 中的 MC1、MC3~MC8、MC17、MC20 和 MC21 共 10 种允许的广播方式指令, BT 不响应这些指令。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 NR。

9.3.4.6 有响应的广播方式指令

UUT 应分别发送表 4 中的 MC1、MC3~MC8、MC17、MC20 和 MC21 共 10 种广播方式指令, BT 响应有效状态字。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 ISMS。

9.3.5 在余度总线上的响应

验证 UUT 把 BT 在余度总线上的响应作为错误响应的能力, 在余度总线上的响应测试步骤如下：

- a) S1: UUT 在主总线上向 BT 发一接收指令和相应数据字, BT 在余度总线上响应状态字；
- b) S2: UUT 在主总线上向 BT 发一发送指令, BT 在余度总线上响应状态字和相应数据字；
- c) S3: UUT 在主总线上向 BT 发出 RT—RT 指令对, BT 在余度总线上响应发送指令状态字和相应数据字, 而在主总线上响应接收指令的状态字；
- d) S4: UUT 在主总线上向 BT 发出 RT—RT 指令对, BT 在主总线上响应发送指令的状态字和相应数据字, 而在余度总线上响应接收指令的状态字。

PAC: UUT 确认每一 SMS 为 NR 或 ISMS。

10 BM 端协议测试

10.1 测试要求

应采用图 5 或图 10 测试连接结构。在图 5 或图 10“**A**”处测量, 变压器耦合方式, BT 发出信号电压的峰-峰值为 $2.1\text{ V} \pm 0.1\text{ V}$, 如果 UUT 具有余度总线结构, 协议测试应在总线上完成。

10.2 具备响应能力的 UUT 操作

10.2.1 BM 消息的接收

验证 UUT 是否具有对设计允许接受的有效消息的消息段正确接收、而对设计不允许接受的消息拒收的能力。如果 UUT 设计能分配 1 个特定 RT 地址响应指令, 则不能使用指令字中 RT 地址域值等于该特定 RT 地址值的指令字进行测试, BM 消息的接收测试步骤如下：

- a) S1: BT 向 UUT 发出由指令字各种组合而形成消息的指令字与数据字, 且发送相应的正确状

态字；

- b) S2:BT 向 UUT 发出由指令字各种组合而形成消息的指令字与数据字,但不发送状态字。
PAC:对 S1,UUT 对包含设计允许接受消息段的各个有效消息确认 AMS,对包含设计不允许接受消息段的各个有效消息确认 UMS。对 S2,当设计不允许接受无状态字的消息时,UUT 确认为 UMS,反之 UUT 对包含设计允许接受消息段的各个有效消息确认 AMS,对包含设计不允许接受消息段的各个有效消息确认 UMS。

10.2.2 BC—RT 传输的错误注入

10.2.2.1 测试目的

验证 UUT 对消息中存在错误的处理能力。除另有规定外,下列步骤适用于各种错误注入,在 S2 中注入具体规定的错误,BC—RT 传输的错误注入测试步骤如下:

- a) S1:BT 发一 BC—RT 或 RT—BC 有效消息,该消息含 UUT 设计允许接受的消息段;
- b) S2:BT 发一同 S1 的消息,但在消息中注入规定错误。

10.2.2.2 奇校验

验证 UUT 检测消息中存在奇校验错误的的能力,奇校验测试步骤如下。

- a) 发送指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 应答发送指令的状态字中注入奇校验错误。
- b) 接收指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 应答接收指令的状态字中注入奇校验错误。
- c) 数据字测试分为 2 类,共需测试 $2N$ 次,具体如下:
 - 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1a)、b) 中发送带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,并分别在 10.2.2.1b) 的第 j ($j=1,2,\dots,N$) 个字中注入奇校验错误,需测试 N 次;
 - 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1a)、b) 中发送带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,并分别在 10.2.2.1b) 的第 j ($j=1,2,\dots,N$) 个字中注入奇校验错误,需测试 N 次。
- d) 指令字测试分为 2 类,具体如下:
 - 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 的发送指令字中注入奇校验错误;
 - 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 的接收指令字中注入奇校验错误。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.2.3 字长

验证 UUT 检测消息中存在字长错误的的能力。该测试不包含消息最末 1 个字多数数据位的错误情况。字长测试步骤如下。

- a) 发送指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 发送指令的状态字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类错误,共需测试 4 次。
- b) 接收指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 接收指令的状态字中注入少 1 位和少 2 位这 2 类错误,共需测试 2 次。
- c) 数据字测试分为 2 类,两类测试共计测试 $(8N-4)$ 次,具体测试步骤如下。
 - 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.2.1b) 发送带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 在 10.2.2.1b) 的数据字中注入少 1 位、少 2 位、多

2 位和多 3 位这 4 类错误。少 1 位及少 2 位两种情况, BT 每次分别在 10.2.2.1b) 中的第 j ($j=1, 2, \dots, N$) 个字中注入错误, 应进行 $2N$ 次测试。多 2 位和多 3 位两种情况, BT 每次分别在 10.2.2.1b) 中的第 j ($j=1, 2, \dots, N-1$) 个字中注入错误, 应进行 $2(N-1)$ 次测试。共需测试 $(4N-2)$ 次测试。

- 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, BT 在 10.2.2.1b) 发送带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 在 10.2.2.1b) 的数据字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类错误。少 1 位及少 2 位两种情况, BT 每次分别在 10.2.2.1b) 中的第 j ($j=1, 2, \dots, N$) 个字中注入错误, 应进行 $2N$ 次测试; 多 2 位和多 3 位两种情况; BT 每次分别在 10.2.2.1b) 中的第 j ($j=1, 2, \dots, N-1$) 个字中注入错误, 应进行 $2(N-1)$ 次测试。共需测试 $(4N-2)$ 次测试。

d) 指令字测试分为 2 类, 具体测试步骤如下:

- 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, BT 在 10.2.2.1b) 发送指令字中注入少 1 位及少 2 位这两类字长错误, 需测试 2 次;
- 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, BT 在 10.2.2.1b) 接收指令字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误, 需测试 4 次。

PAC: 每一测试 S1——AMS, S2——UMS。

10.2.2.4 双相编码

测试目的为验证 UUT 检测双相码位错误的能力, 该错误定义为在位中间缺少过零。除同步头外, 字的每 1 位依次注入 1 个双相编码错误, 错误分为选定位维持逻辑高电平或逻辑低电平两种情况, 但每次仅允许 1 位出错。双相编码测试步骤如下。

- a) 发送指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 分别在发送指令的状态字的各个位中注入该错误, 共需 34 次测试。
- b) 接收指令的状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 分别在接收指令的状态字的各个位中注入该错误, 共需 34 次测试。
- c) 数据字测试需完成以下 2 点, 两类测试共计测试 $68N$ 次, 具体如下:
 - 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 发出带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别在第 j ($j=1, 2, \dots, N$) 个字中注入 34 个错误, 进行 $34N$ 次测试。
 - 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 发出带有 N 个数据字的接收指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别在第 j ($j=1, 2, \dots, N$) 个字中注入 34 个错误, 进行 $34N$ 次测试。
- d) 指令字测试需完成以下两点, 两类测试共计测试 68 次, 具体如下:
 - 1) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 分别在发送指令字的各个位中注入该错误, 需 34 次测试;
 - 2) 按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中 BT 分别在接收指令字的各个位中注入该错误, 需 34 次测试。

PAC: 每一测试 S1——AMS, S2——UMS。

10.2.2.5 同步头编码

测试目的是验证 UUT 检测同步头编码存在错误的能力。同步头占 3 个位时(6 个 125.0 ns), 指令字和状态字的正确同步头为 111000, 数据字的正确同步头为 000111。同步头编码测试步骤如下。

- a) 状态字按 10.2.2.1 规定的测试步骤, 在 10.2.2.1b) 中, BT 发出带有 N 个数据字的发送指令, N

是 UUT 最大可接收的数据字个数,并在发出的发送指令状态字中分别注入 111100, 110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式,共进行 5 次测试。

- b) 数据字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,在 10.2.2.1b)中,BT 发出带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数。BT 分别在第 j ($j=1,2,\dots,N$)个字中注入 000011, 001111,000110,100111,111000 这 5 种无效同步头模式,共进行 $5N$ 次测试。
- c) 指令字按 10.2.2.1 规定的测试步骤,在 10.2.2.1b)中,BT 发出带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,并在发出的发送指令字中分别注入 111100,110000, 111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式,共进行 5 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.2.6 数据不连续

验证 UUT 对消息中数据字不连续错误的检测能力。按 10.2.2.1 规定的测试步骤,在 10.2.2.1b)中,BT 发一带有 N 个数据字的发送指令, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,BT 在状态字与数据字或相邻数据字之间分别加入 $1.0 \mu\text{s}$ 的时间间隔(如图 20 所示的 T),共进行 N 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.3 RT—RT 传输的错误注入

10.2.3.1 测试目的

验证 UUT 对 RT—RT 消息中存在错误的处理能力。除另有规定外,下面的测试步骤通用于 RT—RT 传输的错误注入测试,在下面的 S2 中需注入的错误、错误类型在具体测试项中说明。RT—RT 传输的错误注入测试步骤如下:

- a) S1:BT 发一 RT—RT 有效消息,该消息含 UUT 设计允许接受的消息段;
- b) S2:BT 发一同 S1 的消息,但按测试要求注入规定的错误。

10.2.3.2 奇校验

测试目的是验证 UUT 检测 RT—RT 消息中存在奇校验错误的的能力。奇校验测试步骤如下。

- a) RT—RT 发送指令的状态字测试分两种情况进行,具体如下:
 - 1) 在 10.2.3.1b)中 BT 响应发送指令的状态字包含有奇校验错,响应接收指令的状态字为 CS;
 - 2) 在 10.2.3.1b)中 BT 响应发送指令的状态字包含有奇校验错,不响应接收指令;
 - 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,进行 2 次测试。
- b) RT—RT 接收指令的状态字在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字注入奇校验错误,响应发送指令的状态字为 CS,按 10.2.3.1 规定的测试步骤,进行 1 次测试。
- c) RT—RT 数据字根据 UUT 设计可接收的最大数据字个数 N ,重复 10.2.3.1a)和 10.2.3.1b)测试 N 次,每次仅在第 j ($j=1,2,\dots,N$)个字中注入 1 个奇校验错,测试情况具体如下:
 - 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的第 j 个数据字注入奇校验错,响应接收指令的状态字为 CS;
 - 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的第 j 个数据字注入奇校验错,不响应接收指令;
 - 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,进行 $2N$ 次测试。
- d) RT—RT 指令字测试情况具体如下:
 - 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的发送指令字包含有奇校验错;
 - 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的接收指令字包含有奇校验错;
 - 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,进行 2 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.3.3 字长

测试目的为验证 UUT 检测 RT—RT 消息中存在字长错误的的能力,消息最末 1 个字出现多数数据位的错误情况不包含在该测试中。字长测试步骤如下。

- a) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应发送指令的状态字中应分别注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误,每一错误又对应两种测试,在 10.2.3.1b)中 BT 响应接收指令的状态字为 CS;在 10.2.3.1b)中 BT 不响应接收指令。按 10.2.3.1 规定的测试步骤和少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误测试要求,共需进行 8 次测试。
- b) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字中应分别注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误。按 10.2.3.1 规定的测试步骤和少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误测试要求,共需进行 4 次测试。
- c) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的数据字中分别注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类错误,每一错误又对应两种测试,在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字为 CS;在 10.2.3.1b)中,BT 不响应接收指令。根据 UUT 设计允许的最大数据字个数 N ,对少 1 位和少 2 位两种情况,BT 分别第 j ($j=1,2,\dots,N$) 个数据字中注入错误,需重复 $4N$ 次;对多 2 位、多 3 位两种情况,BT 分别第 j ($j=1,2,\dots,N-1$) 个数据字中注入错误,需重复 $4(N-1)$ 次。按 10.2.3.1 规定的测试步骤和少 1 位、少 2 位、多 2 位、多 3 位这 4 类字长错误测试要求,共需进行 $4N+4(N-1)$ 次测试。
- d) 指令字测试分为以下 2 类,具体测试步骤如下:
 - 1) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.3.1b)接收指令字中注入少 1 位和少 2 位这 2 类字长错误,需测试 2 次;
 - 2) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤,BT 在 10.2.3.1b)发送指令字中注入少 1 位、少 2 位、多 2 位和多 3 位这 4 类字长错误,需测试 4 次。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.3.4 双相编码

测试目的是验证 UUT 检测 RT—RT 消息中双相码位错误的的能力,该双相码位错误定义为在位中间缺少过零。除同步头外,字的每 1 位依次注入 1 双相编码错误,错误分为选定位维持逻辑高电平或逻辑低电平两种情况,但每次仅允许 1 位出错,双相编码测试步骤如下。

- a) RT—RT 发送指令的状态字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 响应状态字的每 1 位分别注入双相编码错误。这一测试情况具体如下:
 - 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应发送指令的状态字包含有双相编码错误,响应接收指令的状态字为 CS;
 - 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应发送指令的状态字包含有双相编码错误,不响应接收指令;
 - 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共需进行 68 次测试。
- b) RT—RT 接收指令的状态字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字的每 1 位分别注入双相编码错误,按 10.2.3.1 规定的测试步骤,共需进行 34 次测试。
- c) 数据字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 发出的第 j ($j=1,2,\dots,N$) 个数据字的每 1 位分别注入 1 个双相编码错误,其中 N 为 UUT 设计允许的最大数据字个数,每次仅允许出现 1 个双相编码错误,测试情况具体如下:
 - 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出带双相编码错误的的数据字,响应接收指令的状态字为 CS;
 - 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出带双相编码错误的的数据字,不响应接收指令;

3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共进行 $68N$ 次测试。

d) RT—RT 指令字测试情况具体如下:

- 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的发送指令字每 1 位分别注入双相编码错误;
- 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的接收指令字每 1 位分别注入双相编码错误;
- 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共进行 68 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.3.5 同步头编码

测试目的是验证 UUT 检测 RT—RT 消息中指令字、状态字和数据字同步头错误的的能力。同步头占 3 个位时(6 个 125.0 ns),状态字的正确同步头为 111000,数据字的正确同步头为 000111。同步头编码测试步骤如下。

a) RT—RT 发送指令的状态字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 在响应发送指令的状态字中分别注入下面 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式。对以上每一无效同步头编码的测试情况具体如下:

- 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应带无效同步的状态字,响应接收指令的状态字为 CS;
- 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应带无效同步的状态字,不响应接收指令;
- 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共进行 10 次测试。

b) RT—RT 接收指令的状态字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字中分别注入 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式。按 10.2.3.1 规定的测试步骤,共进行 5 次测试。

c) 数据字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 发出的第 j ($j=1,2,\dots,N$)个数据字分别注入 1 个同步头编码错误,其中 N 为 UUT 设计允许的最大数据字个数;无效数据字同步头编码为 000011,001111,000110,100111,111000。这一测试情况具体如下:

- 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字为 CS;
- 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 不响应接收指令;
- 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共进行 $10N$ 次测试。

d) RT—RT 指令字测试步骤为在 10.2.3.1b)中,BT 发出的 1 个指令字中分别注入 111100,110000,111001,011000,000111 这 5 种无效同步头编码模式,这一测试情况具体如下:

- 1) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的发送指令字包含无效同步头;
- 2) 在 10.2.3.1b)中,BT 发出的接收指令字包含无效同步头;
- 3) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 1)、2)测试要求,共进行 2 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.2.3.6 数据不连续

验证 UUT 对 RT—RT 消息中字不连续错误的检测能力。

在 10.2.3.1b)中,BT 发一带有 N 个数据字的 RT—RT 指令对, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数,BT 在响应发送指令的状态字与数据字或相邻数据字之间分别加入 $1.0\ \mu\text{s}$ 的时间间隔 T (如图 20 所示)。测试步骤具体如下:

- a) 在 10.2.3.1b)中,BT 响应接收指令的状态字为 CS;
- b) 在 10.2.3.1b)中,BT 不响应接收指令;
- c) 按 10.2.3.1 规定的测试步骤和 a)、b)测试要求,共进行 $2N$ 次测试。

PAC:每一测试 S1——AMS,S2——UMS。

10.3 可选的 BM 替换消息操作

具有在双余度总线上接收消息能力的 UUT,若设计具备当 UUT 正在 1 条总线上接收消息,又收到余度总线上的有效消息,UUT 能中止当前总线消息的处理转而接收余度总线上的消息的功能。可选的 BM 替换消息操作测试步骤如下:

- a) S1:BT 在某一总线上向 UUT 发一有效消息,该消息带有 N 个数据字, N 是 UUT 最大可接收的数据字个数;
- b) S2:BT 于 S1 的第 1 条指令开始发送至少 $1.0 \mu\text{s}$ 后,在余度总线上发送 1 条“卡断”的有效消息;
- c) 双余度总线的每一总线应分别按 S1、S2 要求测试,共测试 2 次。

PAC:每一测试 S1——不要求,S2——AMS。

10.4 具有响应能力的 BM 操作

具有响应能力的 UUT 的协议测试,除进行第 10 章测试外,设计验证测试时,还需完成第 8 章中的协议测试。

中华人民共和国
国家标准
4 Mb/s 数字式时分制指令/响应型
多路传输数据总线测试方法
GB/T 43940—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 4.25 字数 118 千字
2024年4月第一版 2024年4月第一次印刷

*

书号: 155066·1-75711 定价 103.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 43940-2024