

电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	1394B 总线检查仪校准规范		
制定或修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	☐ 检定规程 ☒ 校准规范	计量技术规范类别	☐ 重点 ☒ 基础
主要起草单位	中航长城计量测试（南京）有限公司		
联系人	宋扬	联系电话	18652066581
任务年限	1 年	申请经费	5 万元
参加单位	/		
目的、意义和必要性	<u>1.指出该计量技术规范项目编制的目的、意义，解决产业的问题和编制必要性、迫切性：</u> 1394B 总线是面向高带宽、高实时性、高可靠性场景的高速串行总线，广泛应用于航空航电等高端装备领域，1394B 总线检查仪（仿真器）作为航电总线测试核心设备，可与 Arinc429、1553B、FC、AFDX 等主流航电总线模块协同组网，搭建高速航电总线模拟测试系统，是五代机航电系统研发、调试、检测、运维的关键配套设备，目前国内暂无适配 1394B 总线检查仪的国家、行业及部门检定/校准规范，行业仅依托 IEEE Std 1394™-2008、SAE AS5643 国际协议或企业内部标准开展判定，本规范旨再统一 1394B 总线检查仪物理层电气参数的校准方法，补齐计量技术依据，实现量值统一、可溯源、可复现，为航电装备研发测试、周期检查、故障排除提供计量支撑。 根据总线分层架构原理，总线检查仪本质是模拟、采集物理层差分信号的专用设备，本规范将国际协议中的电气指标转化为计量层面可落地的校准要求，以保障航电产品研发、调试、验收流程的数据真实性。近几年国产 1394B 总线及配套检查仪装机量、市场保有量逐年增长，应用场景从航空主机厂延伸至配套外协单位、维修保障单位。从业主体增多后，方法不统一、数据不一致、验收争议频发等问题凸显，补齐该规范缺失的短板，可以健全		

	航空电子领域计量技术体系。 <u>2.先进性和亮点、社会效益和推广应用前景：</u> 1394B 总线凭借高速率、高可靠性、长距离传输及灵活拓扑特性，成为航空航电系统的核心通信载体，尤其在大型客机、军用飞机及特种飞行器中广泛应用，不仅连接飞行控制计算机、座舱显示系统、导航设备、姿态传感器等关键部件，承担实时指令传输与高清数据交互任，同时通过等时传输模式为关键指令预留固定带宽，避免数据拥堵导致的指令延迟，这对低空飞行、复杂气象条件下的飞行控制也至关重要。近年来国产 1394B 仿真卡发展迅速，高校及研发机构使用广泛，因此本规范具有很强的产业链推广前景，可全方位赋能 1394B 航电总线上下游产业协同升级，不仅可助力国产总线芯片的性能核验，也可应用于检测机构的生产校准，其次可深度适配军工主机厂、科研院所、航空配套企业的装备研发、系统集成、试验验收、支撑弹载新型航电系统的迭代升级。 针对航空装备中总线传输系统和模块电磁安全性能保障的迫切需求，开展航电总线电磁敏感特性建模测试基础能力建设，搭建具备高传输速率的航电模拟总线平台非常重要，1394B 总线检查仪可以协同 ARINC429 总线模块、1553B 总线模块，AFDX 总线模块等其他航电总线一起构建模拟系统，用于测量和分析航空电子系统中的总线传输存在的电磁兼容问题隐患，通过模拟各类航空总线的信号特性，搭配使用不同模拟总线，可以观测传输的信号质量，用于评估和分析航空总线实际的敏感响应特性，具有很高的科研意义。首次提出 1394B 总线检查仪的校准方法，以满足对该设备的校准要求，可为各厂商以及计量校准人员提供参考。 <u>3.查新结果（国家、本行业或其他行业是否有相关技术规范）：</u> 目前国家、军工、行业与地方均没有 1394B 总线检查仪的检定规程或校准规范。
--	---

产业链应用	<u>1.重点产业链方向：</u> 1394B 总线检查仪服务于航空航天等高可靠装备的研发与制造环节。是保障机载总线网络（如航电系统）可靠性与符合性的必备工具。它贯穿于新型军工装备的研发、测试、验收与维护按全生命周期。 <u>2.对本行业重点产业链的支撑作用。</u> 1394B 总线检查仪通过深度解析总线数据，确保复杂系统内部通信的绝对可靠。攻克高速总线协议分析与解码等核心技术，实现高端测试仪器的国产化替代。为研发人员设计和验证新一代更先进的航电架构提供底层数据支撑。																																						
范围和主要 计量特性	<u>1.计量技术规范的适用范围：</u> 本规范适用于 1394B 总线检查仪（也称为 1394B 总线仿真器、1394B 总线测试仪，以下简称检查仪）S400B 工作模式下的校准，检查仪需内嵌或外接专用隔离变压器，若未接隔离变压器则不适用。 <u>2 以典型仪器或试验设备等（注明仪器型号）为依据，提出计量特性的技术指标，包括其名称、测量范围和最大允许误差：</u> 2.1 典型仪器： 2.1.1 型号： TWCMF070D 厂家：成都天微微电子有限公司 技术参数： a) 遵循MIL1394B(AS5463)协议规范 b) 支持CC、RN或BM模式； c) 具有发送缓存和接收缓存。 2.1.2 型号： PCI MIL-1394B 厂家：正鸿科技 技术参数： a) 遵守MIL1394B(AS5463)协议规范 b) 支持CC、RN； c) IEEE-1394b物理层。 2.2 计量特性 <table><tr><th colspan="3">参数</th><th>技术要求</th></tr><tr><td rowspan="9">输出特性</td><td colspan="2">波特率</td><td>标称值:491.52MBd 最大允许误差：±100ppm</td></tr><tr><td rowspan="2">差分信号 幅度</td><td>有源变压器</td><td>(1300~1800) mV 典型值：1400mV</td></tr><tr><td>无源变压器</td><td>(635~1271) mV 典型值：794mV</td></tr><tr><td colspan="2">关断幅值</td><td>≤20mV</td></tr><tr><td colspan="2">上升/下降时间(10%~90%)</td><td>(80~600)ps</td></tr><tr><td colspan="2">共模输出阻抗</td><td><55Ω</td></tr><tr><td colspan="2">共模输出电压</td><td>≤2.415V</td></tr><tr><td colspan="2">总体抖动（TJ）</td><td>≤557ps</td></tr><tr><td rowspan="3">输入特性</td><td colspan="2">差分信号幅度</td><td>(504~1795) mV</td></tr><tr><td colspan="2">输入阻抗</td><td>标称值:110Ω 最大允许误差：±10Ω</td></tr><tr><td colspan="2">共模输入阻抗</td><td>>550Ω</td></tr></table>	参数			技术要求	输出特性	波特率		标称值:491.52MBd 最大允许误差：±100ppm	差分信号 幅度	有源变压器	(1300~1800) mV 典型值：1400mV	无源变压器	(635~1271) mV 典型值：794mV	关断幅值		≤20mV	上升/下降时间(10%~90%)		(80~600)ps	共模输出阻抗		<55Ω	共模输出电压		≤2.415V	总体抖动（TJ）		≤557ps	输入特性	差分信号幅度		(504~1795) mV	输入阻抗		标称值:110Ω 最大允许误差：±10Ω	共模输入阻抗		>550Ω
参数			技术要求																																				
输出特性	波特率		标称值:491.52MBd 最大允许误差：±100ppm																																				
	差分信号 幅度	有源变压器	(1300~1800) mV 典型值：1400mV																																				
		无源变压器	(635~1271) mV 典型值：794mV																																				
	关断幅值		≤20mV																																				
	上升/下降时间(10%~90%)		(80~600)ps																																				
	共模输出阻抗		<55Ω																																				
	共模输出电压		≤2.415V																																				
	总体抖动（TJ）		≤557ps																																				
	输入特性	差分信号幅度		(504~1795) mV																																			
输入阻抗		标称值:110Ω 最大允许误差：±10Ω																																					
共模输入阻抗		>550Ω																																					

	<u>3.主要测量标准的技术指标:</u> 1) 数字示波器 频带宽度: 2.5GHz; 采样速率: 5GSa/s 幅度测量范围: -10V~+10V, 最大允许误差: $\pm 2\%$; 时基最大允许误差: $\pm 2 \times 10^{-5}$。 2) 差分探头 频带宽度: 2.5GHz 幅度最大允许误差: $\pm 2\%$。 3) TDR 阻抗分析仪 频带宽度: 5GHz 测量阻抗范围: $20\ \Omega \sim 150\ \Omega$ 最大允许误差: $\pm 5\%$ 4) 数字多用表 电阻测量范围: $10\ \Omega \sim 1\text{k}\ \Omega$, 最大允许误差: $\pm 0.5\%$; 直流电压测量范围: 10mV~10V, 最大允许误差: $\pm 0.01\%$。 5) 标准电阻 数量: 2个 电阻值: $55\ \Omega$, 最大允许误差: $\pm 1\%$ 6) 1394B总线信号发生器 输出电压: 400mV~1800mV 以上仪器和技术指标只作为参考, 可根据具体被测仪器选取适当标准。 <u>4.简要描述主要计量项目的技术原理。</u> 4.1 输出特性 4.1.1 波特率 a) 按图 1 所示, 设置被校总线检查仪的 BUSx-A(x 为校准通道号)通道发送任意据; b) 设置示波器单边沿触发, 触发电平设置为 500 mV, 并开启余晖显示模式; c) 选择距离触发点最近的后续边沿并设置示波器开启纵向小直方图分析模式; d) 开始触发并观察小直方图统计超过 3500 样本数量后停止, 记录触
--	--

发点至直方图分布中心值处的周期值 T_{Nbit} 。

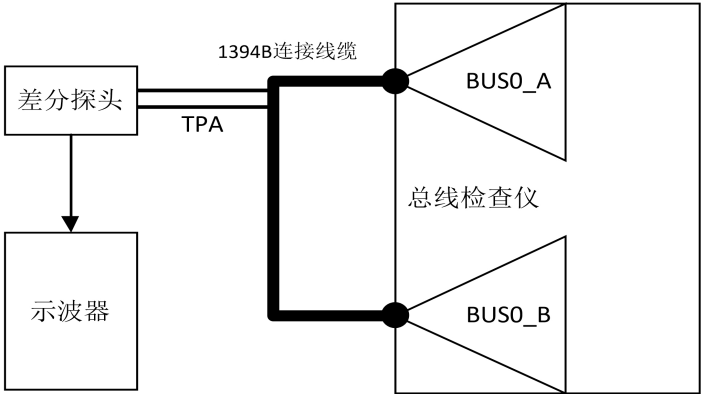


图 1 波特率、幅度校准接线图

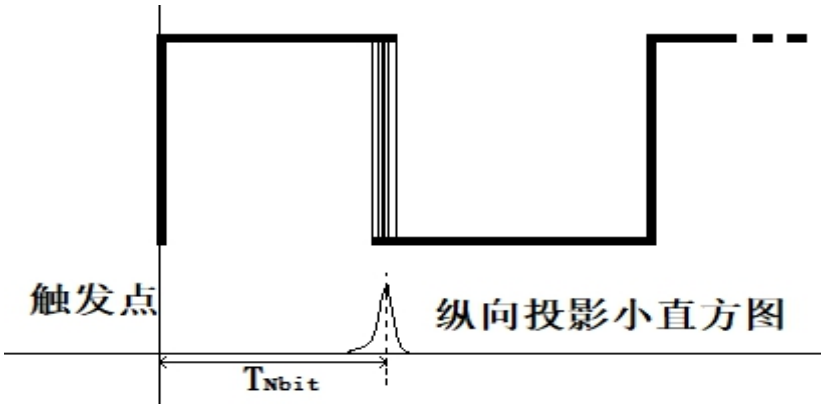


图 2 波特率测量原理

按下式计算波特率 V_T :

$$N_{bit} = [T_{Nbit} \times 491.52 \times 10^6 + 0.5], N_{bit} \in N^* \quad (1)$$

$$V_T = \frac{N_{bit}}{T_{Nbit}} \times 10^{-6} \quad (2)$$

式中:

T_{Nbit} ——触发点至直方图中心值间的周期, s;

N_{bit} ——物理波形所包含的比特数量;

V_T ——传输波特率测量结果, MBd/s。

4.1.2 差分信号幅度

a) 按图 1 所示连接仪器;

- b) 通过产品手册或变压器型号，查看变压器源类型（有源或无源）；
- c) 设置被校总线检查仪的 BUSx_A（x 为校准通道号）通道发送任意数据；
- d) 设置示波器单边沿触发，触发电平设置为 500mV；
- e) 调节示波器，使信号幅值占示波器垂直量程的 70%~90%，并使信号在屏幕中显示 8~10 个周期波形；
- f) 开启示波器幅值测量功能，对显示波形进行幅值测量 V_{Ai} 。

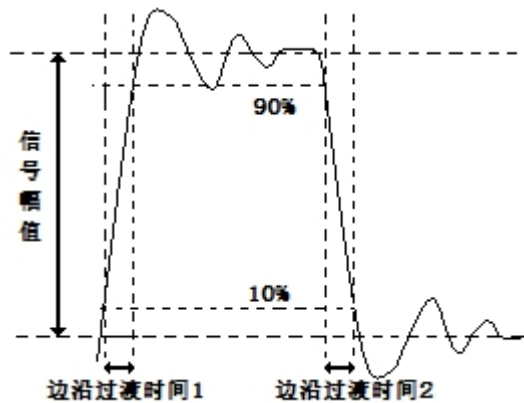


图 3 信号幅值示意图

- g) 对数据帧前、中、后段不同位置分别测量，测量 n 次（ $n \geq 6$ ）后取值按以下公式

计算校准结果 V_{AMP} 。

$$V_{AMP} = \frac{\sum_{i=0}^n V_{Ai}}{n}, n \geq 6 \tag{3}$$

式中：

V_{AMP} ——差分信号幅值测量结果，V；

V_{Ai} ——差分信号幅值单侧测量值，V；

n ——测量次数。

4.1.3 关断幅度

- a) 按图 1 中校准原理连接校准线路；
- b) 设置被校总线检查仪的 BUSx_A（x 为校准通道号）通道停止发送数据并关闭驱动信号；
- c) 示波器设置为自动触发，捕获模式为平均取值，测量静态条件下的

幅度值作为仪器的关断幅值 V_{OFF}

4.1.4 上升/下降时间

- 按图 1 所示连接仪器；
- 设置被校总线检查仪的 BUSx_A (x 为校准通道号) 通道发送任意数据；
- 设置示波器单边沿触发，触发电平设置为 500mV；
- 调节示波器垂直偏转系数，使数据信号波形幅度占据示波器满量程的 80%；
- 开启示波器时间测量功能，分别对显示波形过渡持续时间 1 (T_R) (上升时间) 与过渡持续时间 2 (T_F) (下降时间) 进行测量。

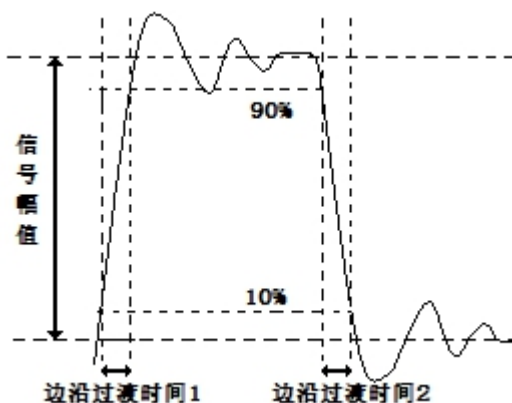


图 4 上升时间/下降时间示意图

4.1.5 共模输出阻抗

- 关闭被校总线检查仪驱动信号；
- 按图 5 所示连接共模输出阻抗测量电路；
- 设置数字多用表电阻测量模式；利用数字多用表测量直流电阻值

R_{CO} ，该值为共模输出阻抗测量结果

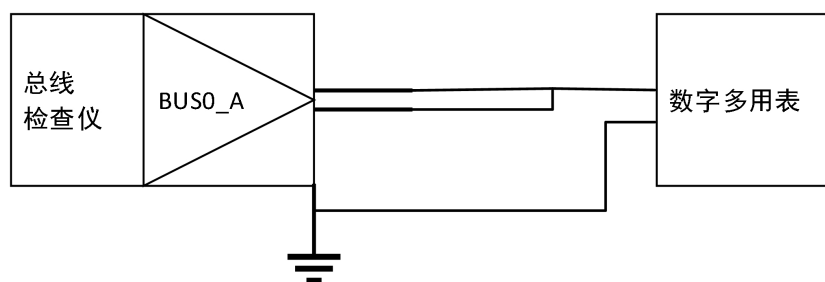


图 5 共模输出阻抗接线图

4.1.6 共模输出电压

- 按图 6 所示连接校准电路 ($R_2=R_3=55\Omega$);
- 设置被校检查仪输出任意数据;
- 设置数字多用表为直流电压测量功能;
- 测量电压值即为共模输出电压校准值 V_{CO} 。

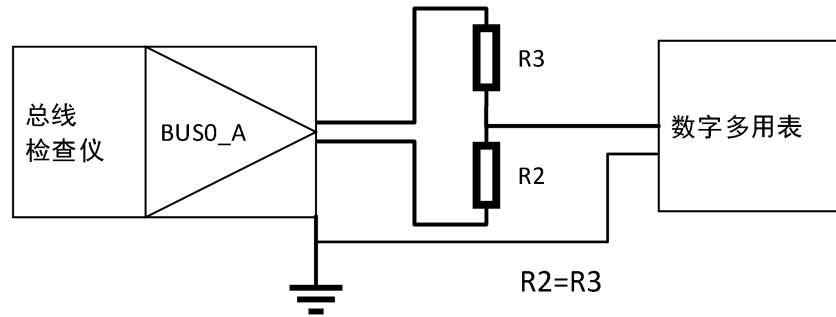


图 6 共模输出电压接线图

4.1.7 总体抖动

重复 4.1.1 节 a)~d) 步骤，选取小直方图中心 250 个样本进行统计，得到统计中的最大值 TJ_{Max} 、最小值 TJ_{Min} 以及中心值 TJ_{Med} ，按公式 3 计算信号总体抖动 TJ_{pp} 。

$$J_{pp} = \text{Max}[J_{Max} - J_{Med}, J_{Med} - J_{Min}] \quad (4)$$

式中：

J_{pp} ——总体抖动，ps；

J_{Max} ——抖动统计值最大值，ps；

J_{Min} ——抖动统计值最小值，ps；

J_{Med} ——抖动统计值中值，ps。

4.2 输入特性

4.2.1 差分信号幅度

- 按图 7 所示连接仪器；
- 设置标准总线信号发生器发送符合协议标准规定的数据帧信号，配置总线信号发生器的通讯参数使其可以正常通讯；
- 对被校总线检查仪进行信号幅度范围的校准并用示波器观察幅度变化看是否达到接收极限值并观察接收端接收状态是否稳定。

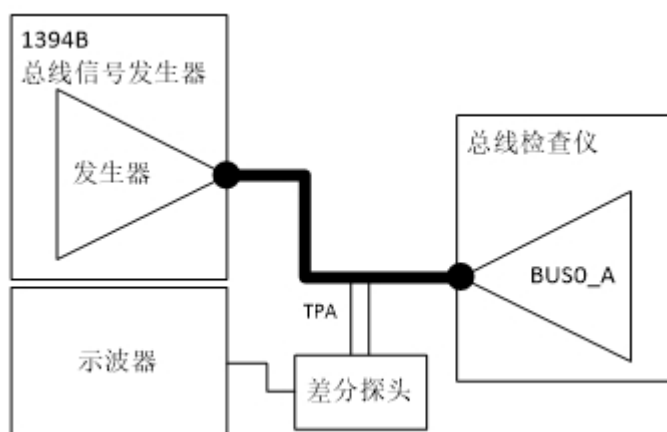


图 7 工作正常性检查接线图

4.2.2 输入阻抗

- 关闭被校总线检查仪驱动信号；
- 调节测试仪的水平刻度、垂至刻度和显示阻抗参考值，使差分阻抗波形显示在屏幕中央位置，一般选取 30%至 70%位置为阻抗测量范围，读取测量范围内的阻抗平均值 R 。

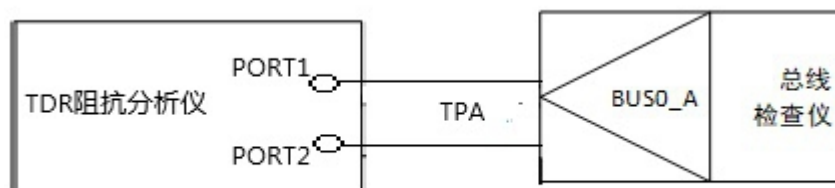


图 8 输入阻抗校准接线图

4.2.3 共模输入阻抗

- 关闭被校总线检查仪并断电；
- 按图 9 所示连接校准仪器；
- 设置数字多用表为两线直流电阻测量功能；
- 读取数字多用表测量值即为共模输入阻抗值 R_{COM} 。

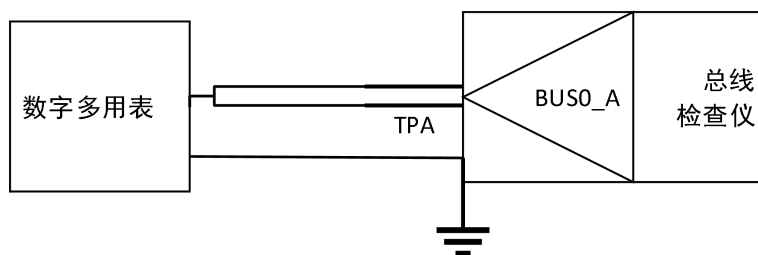


图 9 共模输入阻抗校准接线图

水平		☐ 国际先进 ☒ 国内先进			
国内外情况 简要说明		<u>1.与国内相关技术规范之间的关系：</u> 对于 1394B 总线检查仪的校准，目前国内还没有相应的国家检定规程、部门检定规程或者校准规范可供参考，与之相关的总线类型中，目前有 JJF(军工)266-2020 ARINC429 总线检查仪校准规范、JJF(军工)267-2020 1553B 总线检查仪校准规范、JJF（军工）306-2021 航空电子全双工交换式以太网测试仪校准规范。 <u>2.指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况：</u> 未发现知识产权问题或涉及专利的情况。			
推荐意见		1394B 总线检查仪是机载装备总线性能检测必须的专用测试仪器，随着新一代飞机的研制、生产、应用越来越广泛，其量值的准确与否，直接影响 1394B 总线质量评定、性能评价、鉴定验收的结论。但目前国家及行业没有相应的计量技术规范，不能满足计量需求，因此有必要编制本规范。建议书给出的计量特性和技术方案基本合理，可满足 1394B 总线检查仪的校准需求。			
主要 起草 单位	(签字、盖公章) 月 日	技术 委员 会	(盖公章) 月 日	部委托 支撑 单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写“☒”的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。