

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.03.12

# ARINC825 总线校准方法研究

肖彬, 王文健, 王德玲, 王建强

(中航工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

**摘要:** 为解决航空 ARINC825 总线设备在高速传输模式下的校准问题, 针对总线发送与接收特性提出了校准项目及方法, 通过常用标准器将总线设备的各项参数溯源至国家基准, 达到确保总线端口参数量值统一的目的, 并且为 ARINC825 总线设备的校准提供方法依据。

**关键词:** ARINC825; 总线校准; 波形参数校准

**中图分类号:** TP336.06; TB97      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5795 (2016) 03-0048-03

## Research on Calibration Method for ARINC825 Bus

XIAO Bin, WANG Wenjian, WANG Deling, WANG Jianqiang

(Changcheng Institute of Metrology &amp; Measurement, Beijing 100095, China)

**Abstract:** This article is to solve aviation ARINC825 bus device calibration problem in high-speed transmission mode. Aiming at the bus transmission and reception characteristics, calibration items and method are proposed. Using normal standard instruments, the parameters of the bus device are traceable to national standards in order to ensure unity of value for bus port parameters. And the method based on ARINC825 bus devices calibration is provided.

**Key words:** ARINC825; bus calibration; waveform parameter calibration

## 0 引言

随着航空电子系统的迅猛发展, 机载设备也随之飞速革新, 其中机载设备的控制与数据交互越来越受到人们关注。而航空总线技术是航空电子及控制系统的支撑技术, 使得航空总线在机载设备控制系统中的可靠性、稳定性变得尤为关键。针对目前航空 ARINC825 总线在现代飞机中应用量的不断增长, 如何准确可靠地对其进行综合校准, 已成为航空总线领域的研究热点。

本文针对航空系统中大量使用的 ARINC825 总线进行校准方法研究。目前 ARINC825 总线广泛应用在民航客机及部分军用飞机中, 机载航空电子系统的部分控制及数据传输也使用了该总线<sup>[1]</sup>。

美国作为航空工业领军国家, 无论是总线专用芯片还是集成系统, 均有整套的测试方案与系统。但目前并未出现专用的 ARINC825 总线校准仪器。

我国在 ARINC825 总线计量校准方面比较薄弱。

由于我国对总线校准的重视程度有所差异, 因此对总线设备的校准很不规范, 给测试系统的校准带来了很大困难。因此, 急需对该类设备的计量校准做必要的研究工作。

本文参照串行数据总线及相关国际标准对 ARINC825 总线的测量要求, 提出如何利用常用标准器具对该总线发送器和接收器进行校准, 以及校准时的注意事项。

## 1 校准方案

ARINC825 总线设备的电气特性校准部分包括发生器特性校准和接收器特性校准, 如图 1 所示。总线校准装置由计算机系统、标准设备和校准专用接口适配器三部分组成。计算机系统作为校准装置的控制中心, 通过运行校准软件完成校准数据的显示、处理和保存等功能; 标准设备是校准装置的核心组件, 由常用的标准设备通过模块化方式组成测量系统, 根据 ARINC825 总线的特性及校准方法进行二次开发, 并以单参数溯源的方式, 将被测总线参数溯源至国家最高标准; 校准专用适配器将标准仪器接口与被测总线设备接口进行匹配, 并且配合各测试项目提供模块化的

收稿日期: 2016-04-27; 修回日期: 2016-05-04

作者简介: 肖彬 (1989-), 男, 北京海淀人, 助理工程师, 主要研究方向为航空电子计量。

测试电路及切换开关，方便标准设备与被测总线设备的信号转接。测控计算机通过程控线缆控制标准仪器的测量与输出，标准仪器通过专用测试电缆连接至校准专用适配器中，与被测 ARINC825 总线设备接口相匹配。发生器和接收器通过标准表法与标准源法进行校准。

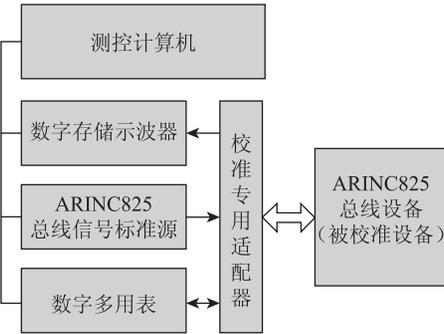


图1 ARINC825 校准方法示意图

发生器特性校准的基本方法是：由 ARINC825 总线被校准系统输出符合 ARINC825 数据总线规范的编码信号，数字存储示波器等标准设备接收到该信号后，将采集到的波形数据的各项参数通过标准器程控线缆传输到计算机处理，并判定发生器发出的数据是否符合 ARINC825 数据总线规范。

接收器特性校准的基本方法是：由 ARINC825 总线信号标准源输出符合 ARINC825 数据总线规范的（参数可调的）脉冲波形信号，总线被校准设备接收该信号后，将接收的数据信息通过配套驱动软件传输到计算机，判定被校准设备接收端是否符合 ARINC825 数据总线规范，同时连续调节幅值、频率等波形参数，得到相应测试项目的极限参数数据。

## 2 校准项目及方法

### 2.1 发生器比特速率

设置 ARINC825 总线仿真器传输速率  $v_s$ ，使用数字存储示波器单次触发一段波形，使任意两个周期波形显示在示波器屏幕中，如图 2 所示。

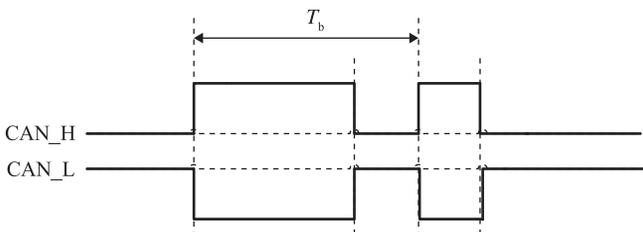


图2 比特速率测量示意图

测量其中一周期的波形的周期时间  $T_b$ ，并按公式

(1) 计算信号频率  $v_b$ ：

$$v_b = \frac{1}{T_b} \times 10^{-3} \text{ (kHz)} \quad (1)$$

设置传输速率  $v_s$  与测量得到的  $v_b$  之间包含了  $N$  个比特的数据，取系数  $k_N$  四舍五入至整数值（即包含的 bit 数），有

$$k_N = \left[ \frac{v_s}{v_b} + 0.5 \right] \quad (2)$$

将测量传输速率值转换为波形每比特传输速率  $v_r$ （即比特速率），有

$$v_r = k_N \times v_b \text{ (kbit/s)} \quad (3)$$

### 2.2 发送器电平

断开终端电阻，设置 ARINC825 总线仿真器发送任意数据，使用数字存储示波器单次触发一段波形，使任意两个周期波形显示在示波器屏幕中，如图 3 所示。

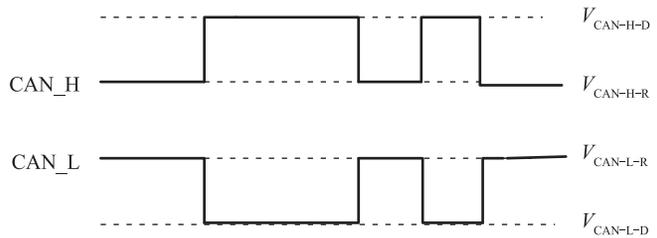


图3 电平测量示意图

分别测量波形幅度对地电压  $V_{CAN-H-D}$ ， $V_{CAN-L-D}$ ，根据公式 (4) 计算显性差分电压结果<sup>[2]</sup>：

$$V_{diff-D} = V_{CAN-H-D} - V_{CAN-L-D} \quad (4)$$

连接终端电阻，再次触发一段波形，使任意两个周期波形显示在示波器屏幕中，如图 3 所示，分别测量波形幅度对地电压  $V_{CAN-H-R}$ ， $V_{CAN-L-R}$ ，根据公式 (5) 计算隐性差分电压结果：

$$V_{diff-R} = V_{CAN-H-R} - V_{CAN-L-R} \quad (5)$$

### 2.3 终端电阻

由于 ARINC825 仿真器的终端电阻安装方式不同，因此对各种不同形式的终端电阻需要不同方法测量<sup>[3]</sup>，连接方式大致分为以下两种：

#### 1) 外接形式终端电阻

利用数字多用表，两线测电阻方式测量终端电阻阻值。

#### 2) 内置形式终端电阻

内置形式终端电阻通常会以开关方式控制接通或断开。

设置总线仿真器不发送数据,并按图4所示方式测量内置形式终端电阻。

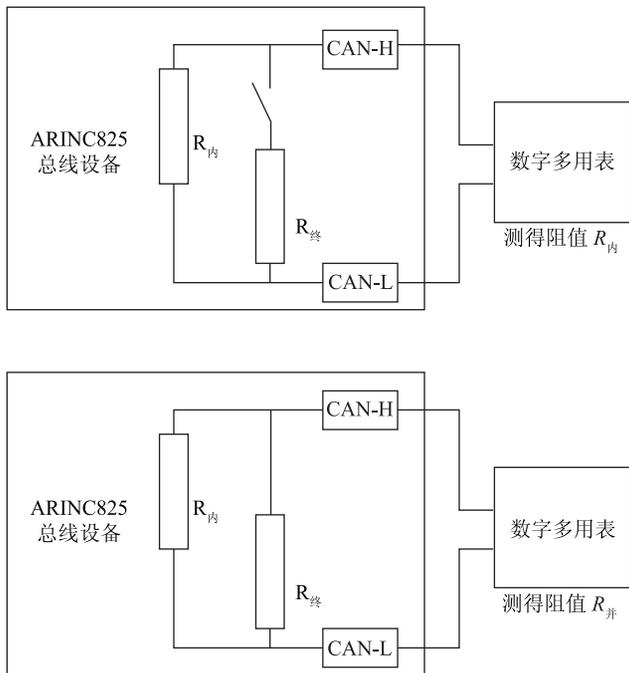


图4 终端电阻(内置)测量示意图

通过开关接通或断开终端电阻,利用数字多用表测得  $R_{内}$  和  $R_{并}$ ,并按公式(6)计算终端电阻  $R_{终}$ ,有

$$R_{终} = \frac{R_{并} \times R_{内}}{R_{内} - R_{并}} \quad (6)$$

## 2.4 接收器比特速率

设置 ARINC825 总线仿真器为高速传输模式,调节 ARINC825 总线信号标准源,并设置各参数为正常参数,使总线信号标准源与仿真器可以正常通讯。

1) 设置 ARINC825 总线设备为 1 Mbit/s 高速传输模式,在信号波形其他参数不变的情况下,设置 ARINC825 总线信号标准源比特率变化范围为 985 kbit/s 至 1015 kbit/s,观察接收器能否接收并正确地识别。

2) 设置 ARINC825 总线设备为低速传输模式,在 83.3~500 kbit/s 之间选择一传输速率,在信号波形其他参数不变的情况下,设置 ARINC825 总线信号标准源的比特率变化范围为选定比特率的 98.5% 至 101.5%,观察接收器能否接收并正确地识别。

## 2.5 接收器电平

设置 ARINC825 总线仿真器为高速传输模式,调节 ARINC825 总线信号标准源,并设置各参数为正常

理想参数,使标准信号发生器与仿真器可以正常通讯。

1) 在信号波形其他参数正常并且不变的情况下,设置 ARINC825 总线信号标准源隐性差分电压在 -120~12 mV 内连续变化,观察接收器能否接收并正确地识别。

2) 在信号波形其他参数正常并且不变的情况下,设置 ARINC825 总线信号标准源显性差分电压在 1.2~3 V 内连续变化,观察接收器能否接收并正确地识别。

3) 在信号波形其他参数正常并且不变的情况下,设置 ARINC825 总线信号标准源偏置电压在 -1~6 V 内连续变化,观察接收器能否接收并正确地识别。

## 2.6 接收器输入阻抗

断开终端电阻,利用数字多用表,两线测电阻方式,分别测量 CAN-H 线对地电阻值  $R_{in,H}$ , CAN-L 对地电阻值  $R_{in,L}$ , CAN-H 对 CAN-L 电阻值  $R_{in,diff}$ 。

## 2.7 规约特性

规约特性校准主要用于检测 ARINC825 总线数据的通讯协议是否能正确完成。由于总线设备同时具有接收与发送功能,既可以作为接收器也可以作为发送器使用,因此对总线设备规约的校准也应分别进行校验。

### 1) 通讯能力正常性检测

将两台被校准总线设备通讯端口连接,设置通讯相关参数一致,使设备间可以正常通讯。单台被校准设备可以启用“LoopBack”模式检测。

### 2) 总线设备作为发送器

通过总线设备发出指令和数据,使用示波器记录并分析数据,参照设置参数及 ARINC825 协议相关标准,判断所发出命令的正确性。

### 3) 总线设备作为接收器

通过总线信号标准源匹配相关通讯参数,使之与被校准 ARINC825 总线设备通讯参数一致。发送波形数据,校验总线设备是否正确响应;

通过总线信号标准源将数据包中注入数据位、校验和、丢包等类型错误,验证接收器对消息流中出现已注入错误的辨别或正确处理能力。

## 3 试验结果

校准试验验证过程中,使用标准设备对 ARINC825 测试卡的其中一个通道进行测量,得到试验结果如表 1 所示。

(下转第 71 页)

表1 复现性实验数据

序号	第一次测试/ $\Omega$		第二次测试/ $\Omega$	
	10001	68119	10001	68119
1	25.233274	25.495613	25.233370	25.495595
2	25.233279	25.495616	25.233369	25.495603
3	25.233280	25.495612	25.233376	25.495597
4	25.233277	25.495614	25.233370	25.495602
5	25.233284	25.495623	25.233366	25.495597
6	25.233279	25.495619	25.233370	25.495595
$s(x)/\text{mK}$	0.03	0.04	0.03	0.03

表2 稳定性实验数据

序号	实测电阻值/ $\Omega$	参考标准瓶电阻值/ $\Omega$	差值/ $\text{mK}$
1	25.49003	25.49000	0.3
2	25.49002	25.49000	0.2
3	25.49003	25.49000	0.3
4	25.49003	25.49000	0.3
5	25.48995	25.49000	0.5
6	25.48996	25.49000	0.4

等标准铂电阻温度计 (No. 68119, No. 26536) 对四支水三相点瓶分别进行复现测试, 然后将同一支标准铂电阻温度计测得的 4 个  $R_{tp}$  值中的最大值与最小值作差,

选两支标准铂电阻温度计中最大差值作为该实验结果。结果显示不同瓶子之间的温度差值不大于 0.4 mK, 实验数据见表 3。

表3 适用性实验数据

标准铂电阻	参数	NIM		昆明大方	
		NIM-1-89	NIM-1-560	01	03
68119	实测值/ $\Omega$	25.49507	25.49508	25.49505	25.49507
	温度差值/ $\text{mK}$	0.3			
26536	实测值/ $\Omega$	25.26032	25.26034	25.26032	25.26030
	温度差值/ $\text{mK}$	0.4			

### 3 结束语

CIMM-TH-0230 水三相点瓶自动冻制保存装置适用于不同厂家生产的水三相点瓶, 水三相点的温坪在 48 h 内变化不大于 0.2 mK, 复现性优于 0.04 mK, 完全能够满足各类型温度检定计量器具对水三相点的测量需求。

### 参考文献

- [1] 国家质量技术监督局计量司. 1990 年国际温标宣贯手册 [M]. 北京: 中国计量出版社, 1990.
- [2] 闫小克, 张哲, 王玉兰. 不同复现方法对熔点温度的影响 [J]. 计量技术, 2004(5): 18-20.

(上接第 50 页)

表1 试验测量结果记录表 (传输速率: 1 Mbit/s)

测试参数			下限	测量值	上限	不确定度 $U_{rel} (k=2)$	
发送端	电平测试	隐性	$V_{CAN-H-R}/V$	2.00	2.41	3.00	3%
			$V_{CAN-L-R}/V$	2.00	2.42	3.00	
	显性		$V_{diff-R}/\text{mV}$	-500	-15.5	50	
			$V_{CAN-H-D}/V$	2.75	3.29	4.56	
			$V_{CAN-L-D}/V$	0.50	1.38	2.25	
			$V_{diff-D}/V$	1.50	1.92	3.00	
		比特速率 $V_r/(kbit \cdot s^{-1})$	985	1000	1015	0.1%	
	终端电阻 $R_{终}/\Omega$	100	117	130	1%		
接收端	电平测试		/	通过	/	/	
	比特速率 $V_r/(kbit \cdot s^{-1})$		985	通过	1015	/	
	输入阻抗		$R_{in-H}/k\Omega$	5	26.9	50	/
			$R_{in-L}/k\Omega$	5	26.7	50	
			$R_{diff}/k\Omega$	10	51.5	100	
规约特性		/	通过	/	/		

其中不确定度包含标准设备、适配器接口和重复性等因素, 且仅代表本次测量结果的不确定度。

### 4 结束语

通过试验对本文所述校准方法进行可行性评估, 从数据可以看出, 校准结果符合 ARINC825 标准要求。通过对 ARINC825 总线设备进行校准, 可以将总线数据端口的量值通过通用标准设备溯源至国家基标准, 从而确保 ARINC825 总线参数量值统一, 并且为 ARINC825 总线设备的验收、周期校准提供方法依据。

### 参考文献

- [1] 冯源, 豆海利. CAN 总线在航空领域应用的探讨 [J]. 航空工程进展, 2011, 2(2): 231-235.
- [2] Aeronautical Radio, INC. ARINC825 General standardization of CAN bus protocol for airborne use [Z]. 2007.
- [3] ISO11898-2 High-Speed medium access unit [S]. International Organization for Standards, 2003.