

# 1394b 中继设备对总线的影响分析和研究

楼晓强,田 泽,王 治,徐文进

(中航工业西安计算技术研究所,陕西 西安 710068)

**摘要:**1394b 总线由于具有传输速率高、支持物理闭环拓扑等特点,广泛应用于实时性和可靠性要求较高的领域。在采用电缆作为传输介质时,1394b 总线的传输距离受到限制,需要采用中继设备来进行延长,但中继设备会引入自身的数据传输,影响总线初始化。文中描述了 1394b 总线的初始化过程,分析和研究了中继设备在初始化过程中对 1394b 总线形成的作用和影响,在此基础上,提出了一种对总线无影响的 1394 中继设备的实现方法,为非侵入式 1394 总线监控或数据采集设备的实现提供了参考。

**关键词:**1394b;中继器;非侵入式

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)04-0178-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.045

## Research and Analysis of Impact on 1394b Repeater to Bus

LOU Xiao-qiang, TIAN Ze, WANG Zhi, XU Wen-jin

(Aeronautics Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

**Abstract:**1394b has the features of high speed, supporting physical loop-connection detection, and it is widely used in fields which have high request of real-time and reliability. When repeater is used to extend the transmission distance, it impacts on the bus by participating the initialization process. It researches on the initialization process of 1394b, and analyzes the impact on initialization which is imposed by 1394b repeaters. Then brings forward the method of implementing non-intrusive repeaters based on the analysis. The method can further brings forward non-intrusive 1394b monitor device implementing.

**Key words:**1394b; repeater; non-intrusive

## 0 引言

IEEE1394 又被称作“火线”,是 1986 年由美国 Apple 公司进行起草,并于 1994 年提出的高速串行总线标准。IEEE 1394-1995<sup>[1]</sup>规范是 1394 总线最初的规范,它定义了 1394 的总线结构、数据传输协议和传输媒介,其后不久推出了修正的 IEEE 1394a-2000 标准,补充了原先 IEEE 1394-1995 标准中的不足<sup>[2]</sup>,增强了产品的兼容性,同时规定了增强仲裁性能的措施,并且对电源管理特性做了较大的改进。2001 年推出了 1394b<sup>[3]</sup>规范,它在 IEEE 1394-1995 和 1394a-2000 的基础上,进行了大量改进和创新,引入了新的物理层连接方式和传输介质,大大提高了传输速率和传输距离,同时允许物理闭环拓扑的出现,增加了 1394 总线的冗余可靠性<sup>[4-7]</sup>。IEEE 1394-1995 和 1394a-2000

支持 100 Mb/s、200 Mb/s 和 400 Mb/s 的传输速率,而 1394b 支持的传输速率为 800 Mb/s ~ 1.6 Gb/s,使用塑料光纤作为传输介质能提高到 3.2 Gb/s。IEEE 1394 支持点到点的传输,各个节点可以脱离主机自主执行事务。另外,它还支持热插拔、即插即用、等时和异步数据传输。每条 IEEE 1394 总线可连接 63 台 1394 设备。

在采用电缆进行传输时,1394b 总线的传输距离受到限制,需在总线加入中继设备,延长传输距离。通常 1394b 中继设备采用标准的 1394b 物理层实现,会参与 1394b 总线的初始化过程,并占用总线的物理 ID,对上层应用造成一定的影响。

文中介绍了 1394b 总线初始化过程,分析了中继设备在各个初始化阶段对总线造成的作用和影响,并在此基础上提出了一种对总线行为无影响的中继设备

收稿日期:2013-07-06

修回日期:2013-10-14

网络出版时间:2014-01-28

基金项目:国家“十二五”微电子预研(51308010601);中国航空工业集团公司创新基金(2010BD63111)

作者简介:楼晓强(1983-),男,浙江东阳人,硕士,研究方向为集成电路设计;田 泽,博士,研究员,研究方向为 SoC 设计、嵌入式系统设计、VLSI 设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140128.1131.005.html>

实现方法,禁止其参与总线的树标识、自标识等过程,保证了中继设备的独立性。

## 1 1394b 总线初始化

中继设备对 1394b 总线的影响,反映在其参与了总线初始化阶段的数据传输活动。1394b 总线的初始化是一个漫长而复杂的过程,其中包括端口连接、速度协商、总线复位、树标识和自标识几个阶段,其具体初始化过程如下。

### 1.1 端口连接

对于 1394b 总线来说,在形成端口之间的物理连接后,按照固定的算法确定端口连接模式,并等待

CONNECT\_TIMEOUT(约 330 ms ~ 350 ms)的时间来确认连接是否稳定。

### 1.2 速度协商

1394b 总线支持 100 Mb/s ~ 3 200 Mb/s 的传输速率,当两个节点建立连接后,端口之间需要进行速度协商,将两者支持的最大速率中的较小值作为最终的端口连接速率。

速度协商是一个握手的过程,每个节点发送 speed tone 来表示自身支持的最大速率;在完成握手后,再次发送 speed tone 来表示速度协商完成。speed tone 的定义如图 1 所示。

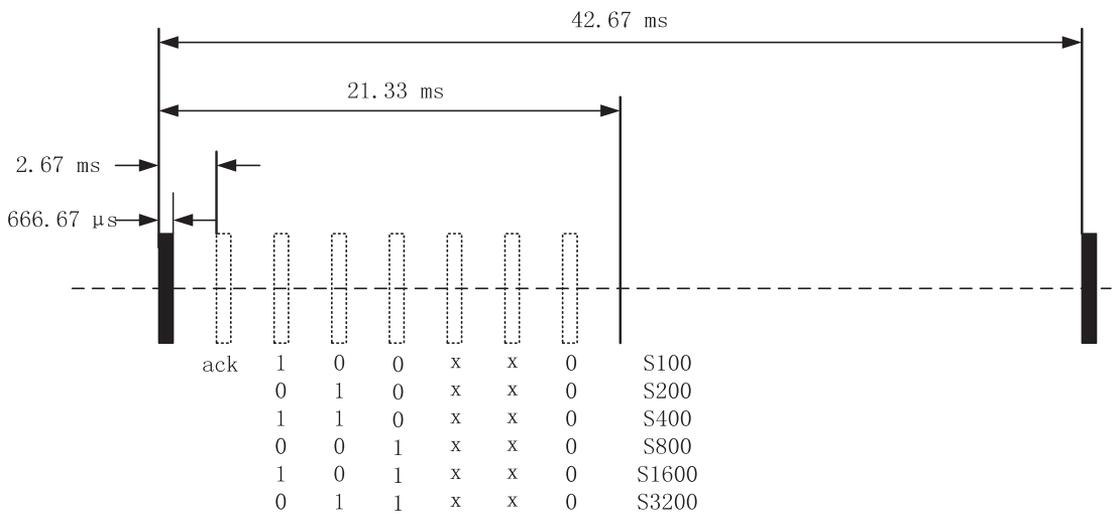


图 1 speed tone 的定义图

图中黑色的矩形表示初始化 tone, speed tone 的开始;ack 表示节点在完成速度协商的握手后需要发送的 tone。如果节点 A 的最大速率大于节点 B 的最大速率,那么节点 A 需要在发送自身最大速率后,再次发送节点 B 的最大速率,以完成速度协商。在最好的情况下,两个最大速率相同的节点同时向对方发送 speed tone,此时完成速度协商的时间为  $42.67 \text{ ms} * 2$ , 为 85.34 ms。

速度协商完成后,端口之间通过相互发送 TRAINING 和 OPERATION 来进行位同步和字符同步。端口间完成同步后,还需要进行环检测。如果不存在环拓扑,则节点将各自的端口状态从 DISCONNECTED 标记为 ACTIVE 状态,并产生一次总线复位,意味着总线的真正形成。

### 1.3 总线复位

总线复位既可以指节点所处的一个仲裁状态,也可以指总线上传的一个 8B 编码字符。总线复位动作使总线上所有的节点进入一个相同的状态,为后续的树标识和自标识过程做好准备。总线复位分为长总线复位和短总线复位,两者持续的时间不同,长总线复

位持续约 166.6 μs,而短总线复位仅持续约 1.26 ~ 1.40 μs。

### 1.4 树标识

树标识的过程是形成总线的树拓扑结构,确定总线的根节点。对于仅有两个节点形成的总线,节点之间会形成对根节点的竞争。形成竞争时,节点内部随机选择一个等待时间,等待时间较长的节点最终成为根节点。

### 1.5 自标识

自标识过程是每个节点将自身的状态和能力信息发送到其他节点,由根节点进行收集。自标识过程中形成每个节点唯一的物理 ID,此 ID 作为以后异步数据通信的目的地址。

## 2 中继设备的作用和影响

中继设备<sup>[8-10]</sup>是为了延长节点间的通信距离而在节点间加入的设备,它使数据信号在经过远距离的传输后不会衰减,保证了远距离通信的正确性。中继设备的应用示意图如图 2 所示。

中继设备通常使用标准的 1394 PHY 芯片来实

现,由于 PHY 芯片会正常地参与总线初始化过程,因此会给总线造成影响:



图 2 中继设备应用示意图

a. 在速度协商过程中,如果中继设备的端口速率小于相连节点的速率,会导致端口工作速率的下降,从而对总线上数据包的传输速率产生影响;

b. 中继设备会参与树标识过程。以图 2 为例,如果节点 0 和节点 1 没有强制各自的 RHB 位为 1,那么最终中继器将成为根节点。作为根节点,要求周期性地发起 Cycle Start 包,而中继器显然没有这样的能力;

c. 中继设备会参与自标识过程。一旦参与自标识过程,中继设备就将获得总线上的一个物理 ID,此物理 ID 的作用是作为异步包的目的地,而中继设备仅仅转发数据包,物理 ID 对其而言毫无意义;并且,在中继设备获得物理 ID 的同时,也造成了其他节点物理 ID 的变化。

### 3 无影响中继设备的实现方法

首先,为了完成中继设备正常地转发功能,必须遵守 1394 定义的以下功能:

a. 每个端口正常地参与端口连接和速度协商过程。1394b 总线定义的端口状态类型不仅包括 ACTIVE 状态,而且还包括 DISABLED、STANDBY、SUSPEND 和 DISCONNECTED。为了保证数据能够正常转发,中继设备必须参与总线初始化过程的端口连接和速度协商,直到中继设备与其相连的端口均处于 ACTIVE 状态;

b. 中继设备每个端口的最大速率必须大于等于其相连端口的最大速率,否则会导致节点端口连接速率的下降,将对数据包的传输速率造成影响;

c. 正常参与总线复位过程,并且在检测端口连接发生变化时,能够主动地发起总线复位。

其次,要使得中继设备不对总线造成影响,例如不影响其他节点的物理 ID、不允许作为总线根节点等等,必须对 1394 定义的功能进行修改:

a. 修改树标识状态机。根据 1394b 定义的树标识状态跳转,节点从总线复位等待 Reset Wati 跳入树标识开始 T0 状态,开始树标识过程。为了禁止中继设备参与树标识,使其不得主动发起 PARENT\_NOTIFY 和 CHILD\_NOTIFY 信息,只允许其转发来自相连节点的 PARENT\_NOTIFY 和 CHILD\_NOTIFY 等信息,应修改状态跳转如图 3 所示;

b. 修改自标识状态机。根据 1394b 定义的树标识状态跳转,节点从 T2 状态跳入自标识开始 S0 状态,

开始自标识过程。为禁止中继设备参与自标识过程,使其不得发起自身的自标识包,只允许转发来自其他端口的 GRANT 信息、自标识包内容以及表示端口标识完成的 IDENT\_DONE 信息,应修改状态跳转如图 4 所示;

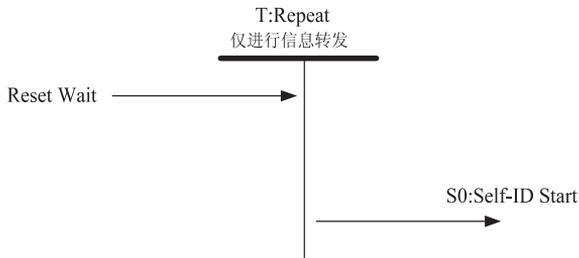


图 3 修改后的树标识状态机

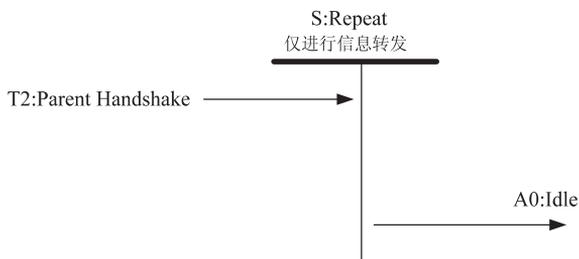


图 4 修改后的自标识状态机

c. 修改仲裁状态机。中继设备应只允许进行数据转发,为禁止其主动发起仲裁请求和数据包,必须修改仲裁状态机。禁止仲裁状态 A1 和 TX 可以实现上述目的,但是 A1 不仅用于发起自身请求,而且也用于转发其他端口的请求,同时,中继设备在进行环检测过程中,也需要进行仲裁总线和发送 LTP。因此,更为有效的方法是将 PHY-LINK 接口的 Lreq 信号常接 0,这样 Link 层无法产生有效请求,也无法通过写 PHY 寄存器实现总线复位。

在满足上述条件时,中继设备既不会占用总线的物理 ID,也不会成为总线的根节点,更不会主动发起仲裁请求和数据。在此基础上,为中继设备增加一个 1394 Link 芯片或者 FPGA,用于数据的接收,就能够实现非侵入式的 1394 总线监控或数据采集设备<sup>[11-13]</sup>。

### 4 结束语

文中描述了 1394b 总线的初始化过程,分析和研究了中继设备在初始化过程中对 1394b 总线形成的作用和影响,并据此提出了一种对总线无影响的 1394 中继设备的实现方法,为非侵入式的 1394 总线监控或数据采集设备实现提供了参考。

#### 参考文献:

[1] IEEE standard for a high performance serial bus[S]. [s. l.]: IEEE,1995.

逐渐变大,这就导致了航位推算的定位误差随时间累积的缺点。但是,这种定位手段不受复杂环境的影响,另外,如果采用集成有三轴陀螺仪和三轴加速度传感器的节点,使其能够提供三个方向( $X$ 轴, $Y$ 轴, $Z$ 轴)的航向角和加速度,就能把坐标计算由二维扩展到三维,突破 ZigBee 技术二维定位的限制。

综上所述,两种定位方法各有优缺点,如果将两种方法相结合,利用 ZigBee 技术进行初始定位,行人航位推算进行辅助定位,就可以使两种定位手段实现优势互补,得到更精确的定位服务。

## 5 结束语

CC2431 是一款集成有定位引擎的无线传感器节点,它可以结合其他的 ZigBee 节点构成无线传感器网络。以 CC2431 和 CC2430 为核心,文中设计和搭建了 ZigBee 无线传感器网络室内定位系统,首先部署参考节点,对参考节点进行测试分析,初步验证系统的正确性,然后在待定位区域中搜索到盲节点,表明组网成功,该系统满足低功耗、低成本的要求。通过定位实验,测量出带有定位引擎的 CC2431 可以实现 5 m 以内的定位精度。随着通信技术的发展,目前的定位服务已经满足不了人们的需求,鉴于 ZigBee 定位存在的缺陷和不足,可以用其他的方法辅助 ZigBee 定位,例如行人航位推算的方法,以实现更为精确和完美的定位服务。

## 参考文献:

[1] Instruments T. CC2431 system-on-chip for 2.4 GHz ZigBee/IEEE 802.15.4 with location engine [EB/OL]. 2007. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2431.html>.

(上接第 180 页)

- [2] IEEE standard for a high performance serial bus—Amendment 1[S]. [s.l.]:IEEE,2000.
- [3] IEEE standard for a high-performance serial bus—Amendment 2[S]. [s.l.]:IEEE,2002.
- [4] Wolfram K. A new radiation-hardened satellite onboard LAN based on IEEE Std 1394[C]//Proc of space 2004 conference and exhibit. [s.l.]:AIAA,2004.
- [5] 李世平,戴凡,汪旭东. IEEE-1394(Fire Wire)系统原理与应用技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [6] 万月亮,段大高,史洁琴,等. 航天电子系统 IEEE1394 总线可靠性模型研究[J]. 计算机工程与设计,2012,33(8):2943-2946.
- [7] 周庆瑞,孙辉先. IEEE1394 网络拓扑结构的可靠性研究

- [2] 任小洪,乐英高. ZigBee 技术在物联网系统中的应用研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2011,11(4):10-12.
- [3] Eunchan K, Kim K. Distance estimation with weighted least squares for mobile beacon-based localization in wireless sensor networks[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2010, 17(6):559-562.
- [4] Gustafsson F, Gunnarsson F. Mobile positioning using wireless networks: Possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2005, 22(4):41-53.
- [5] Goldoni E, Savioli A, Risi M, et al. Experimental analysis of RSSI-based indoor localization with IEEE 802.15.4[C]//Proc of 2010 European wireless conference. [s.l.]:[s.n.], 2010:71-77.
- [6] 王静,张会清. 基于 ZigBee 的无线网络定位技术的研究与实现[J]. 传感器与微系统,2010,29(2):13-15.
- [7] Andreas L, Christian W. A comprehensive approach for optimizing ToA-localization in harsh industrial environments[C]//Proc of position location and navigation symposium (PLANS). [s.l.]:[s.n.], 2010:516-525.
- [8] 宋保业,田国会,周风余. 基于 CC2431 的智能空间定位系统[J]. 山东大学学报:工学版,2011,41(1):40-44.
- [9] Ssu K F, Ou C H, Jiau H C. Localization with mobile anchor points in wireless sensor networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2005, 54(3):1187-1197.
- [10] 朱巧妃. 用于仓储定位的 Zigbee 技术与设计[D]. 南京:南京理工大学,2012.
- [11] Wang C, Xiao L. Sensor localization under limited measurement capabilities[J]. IEEE Networks, 2007, 21(3):16-23.
- [12] 许睿. 行人导航系统算法研究与应用实现[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.

- [J]. 宇航学报,2008,29(4):1408-1413.
- [8] 陈奇,张大海,陈卫明,等. 并行中继器在海底锥探数据传输 CAN 总线中的应用[J]. 机床与液压,2006(4):151-153.
- [9] 陈可群. 基于单片机控制的 RS-485 中继器[J]. 可编程控制器与工厂自动化(PLC-FA),2005(8):67-68.
- [10] 王伟,吴海涛. 基于 FPGA 的高速数据中继器设计[J]. 微计算机信息,2008(5):187-189.
- [11] 刘义先,宋申民,陈兴林,等. 基于 IEEE1394 总线的图像采集处理系统实现[J]. 控制工程,2006,13(S1):110-113.
- [12] 聂浩,许敬旺,康晓军,等. IEEE1394 总线接口设计[J]. 航天返回与遥感,2011,32(4):59-67.
- [13] 刘铭星,宫亮,杨煜普. 基于 DSP 的 1394 总线在伺服控制系统中的应用[J]. 计算机工程,2009,35(10):226-228.

# 1394 b中继设备对总线的影响分析和研究

作者: [楼晓强](#), [田泽](#), [王治](#), [徐文进](#), [LOU Xiao-qiang](#), [TIAN Ze](#), [WANG Zhi](#), [XU Wen-jin](#)  
作者单位: [中航工业西安计算技术研究所, 陕西 西安, 710068](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)

---

ISTIC

英文刊名: [Computer Technology and Development](#)

---

年, 卷(期): 2014(4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201404045.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201404045.aspx)