

经验交流

文章编号:1671-251X(2012)11-0056-05

杨生元. 波特率自适应 RS485 隔离中继器设计[J]. 工矿自动化, 2012(11):56-60.

波特率自适应 RS485 隔离中继器设计

杨生元

(中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要:针对传统 RS485 隔离中继器收发状态转换需要等待时间等问题,提出一种以单片机可编程计数器阵列为控制核心的波特率自适应 RS485 隔离中继器设计方案;分析了 3 种传统 RS485 隔离中继器的设计原理及其缺点,详细介绍了波特率自适应 RS485 隔离中继器的原理、计算波特率及字节实际发送时间的方法。实际应用表明,在通信波特率小于 100 kbit/s 的条件下,该中继器数据传输稳定可靠,完全满足矿用产品的远程数据通信要求。

关键词:RS485 隔离中继器;波特率自适应;可编程计数器阵列

中图分类号:TD679

文献标志码:A

网络出版时间:2012-11-01 14:53

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1453.017.html>

收稿日期:2012-08-09

作者简介:杨生元(1975-),男,湖北荆州人,工程师,现从事煤矿井下电力监控系统以及煤矿电气自动控制方面的研究工作。
E-mail:yangshengyuan00@126.com

且趋于一条直线,说明各网络节点间数据的端到端传输非常稳定。

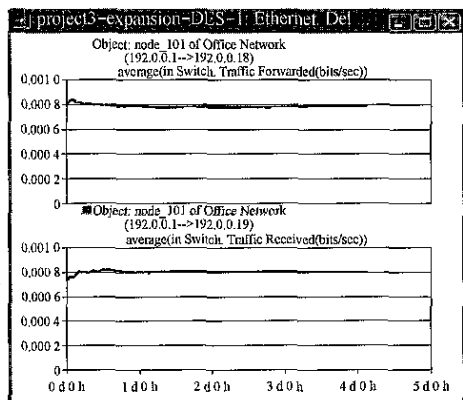


图 6 随机抽取 2 个网络节点的端到端的延时

4 结语

基于交换式以太网的区域联锁保护方案无需改动原有井下供电系统结构,将智能联锁装置串联在各个综合保护装置脱扣信号回路中,具有改造方便、连线简单等优点。通过 OPNET Modeler 仿真软件对交换式以太网进行实时性研究,结果表明,在同时

有 64 个网络节点收发数据的极端情况下,网络整体延时最大值不超过 0.65 ms,端到端最大延时不超过 1 ms,整体数据收发流量比较平稳,说明交换式以太网具有很高的稳定性和可靠性,能够满足本区域联锁保护系统的实时性要求,防止越级跳闸事故发生。

参考文献:

- [1] 宁传文. 煤矿井下供电短路保护新设想[J]. 煤炭技术, 2005, 24(9): 29.
- [2] 冯建勤, 冯巧玲. 级联线路的链式过电流保护方案研究[J]. 继电器, 2006, 34(8): 80-83.
- [3] 张根现, 马星河, 张传书, 等. 井下高压电网防越级跳闸系统研究[J]. 煤矿机电, 2009(2): 56-58.
- [4] 官丽宁. 交换式工业以太网的实时性研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2008.
- [5] 胡俊. 组建实时可靠安全的工业以太网[J]. 工业控制计算机, 2003, 16(10): 10-12.
- [6] 胡晓姬, 朱德森, 汪秉文. 基于交换式以太网的网络控制系统仿真平台[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(10): 89-91.

Design of Baudrate Adaptive RS485 Isolating Repeater

YANG Sheng-yuan

(Changzhou Automation Research Institute of CCTEG., Changzhou 213015, China)

Abstract: For the problem that traditional RS485 isolating repeater needs waiting time for state conversion of sending and receiving, the paper proposed a design scheme of baudrate adaptive RS485 isolating repeater with programmable counter array of single-chip microcomputer as control core. It analyzed design principles and disadvantages of three kinds of traditional RS485 isolating repeaters, and introduced principle, calculation of baudrate and actual byte sending time of the baudrate adaptive RS485 isolating repeater. The practical application shows that data transmission of the repeater is stable and reliable under the condition of communication baudrate less than 100 kbit/s and can meet requirements of remote communication of mine-used products.

Key words: RS485 isolating repeater, baudrate adaptive, programmable counter array

0 引言

RS485 是一种串行数据接口标准,是由美国电子工业协会(EIA)在 1983 年制订并发布的。它最初命名为 TIA/EIA-485-A,是一个推荐标准。RS485 在 TIA/EIA-422-A 的基础上增加了多点、双向通信能力,同时增加了发送器的驱动能力和冲突保护特性,扩展了总线共模范围^[1],目前的标准版本为 TIA/EIA-485-C。由于 RS485 标准只规定了接口的电气特性,用户使用十分简单,而且在波特率小于 100 kbit/s 的情况下有效通信距离可达 1 219 m^[2],抗干扰能力强,因此在现代煤矿仪器仪表以及矿用监测监控系统中应用极为广泛。为保证数据通信系统的本安特性或增加有效传输距离,需采用 RS485 安全隔离器来实现非安 485 设备与本安 485 设备之间的数据通信。但是各矿用设备制造商所采用的 RS485 驱动芯片、通信协议、通信主控器等各不相同,在实际工程应用中常出现因插入隔离器而导致通信不可靠或者不能正常通信的情况,因此隔离器的设计尤为重要。本文分析了 3 种传统的 RS485 隔离中继器设计方式,提出了一种以单片机可编程计数器阵列(Programmable Counter Array, PCA)为控制核心的波特率自适应 RS485 隔离中继器设计方案。

1 传统的 RS485 隔离中继器设计

由于 RS485 普遍采用两线制半双工通信方式,因此 485 驱动芯片必须在收发状态之间来回转换。按收发转换的控制方式,可将 RS485 隔离中继电路分为 3 种。

(1) 单片机普通中断控制

采用单片机普通中断控制收发转换,即将 485 差分信号转换成 TTL 电平后采用中断接收,在中断服务程序中采用 I/O 口控制 485 驱动芯片的收发使能端^[3]。电路原理如图 1 所示。当 485 驱动芯片 U_5 的 1 脚出现从高到低的跳变时,立即在 CPU (C8051F410)的 P0.1 脚触发中断;CPU 在中断服务程序中将 P0.3 脚拉低,使 U_{10} 处于发送状态,并立即启动定时器开始计时;计时结束后将 P0.3 脚变高,将 U_{10} 恢复成接收状态,反之亦然。

这种电路的弊端是不能同时兼顾高波特率和低波特率,并且收发状态转换需要等待时间,否则有可能丢失数据。

(2) 单稳态触发器控制

采用 2 个单稳态触发器进行收发转换控制:485 驱动芯片接收到数据后变成低电平,触发单稳态触发器输出翻转,控制对端的 485 驱动芯片启动发送,当发送完 1 个字节后恢复成接收状态。字节发送时间一般用 RC 时间常数来调整。常用的单稳态触发器有 74HC123 或 NE555。本文采用 74HC123 设计 RS485 中继电路,如图 2 所示,图中省略了隔离电路。空闲时 U_{7A} 、 U_{7B} 经过一个固定的时间常数(由 R_{12} 、 C_1 以及 R_{14} 、 C_2 的值决定)后回到稳定状态,此时 U_{7A} 、 U_{7B} 的 Q 端均为低,确保 U_5 、 U_6 都处在接收状态。如果 U_5 先收到数据,则 U_5 的 1 脚首先变成低电平,触发 U_{7B} 翻转,启动 U_6 发送;此时 U_{7B} 的 $\bar{Q}$ 端变成低电平,使 U_{7A} 稳定在初始状态,保证 U_5 能够可靠接收数据,并将数据送往 U_6 进行发送。数据反向时原理与之相同。

该电路中 R_{12} 、 C_1 (R_{14} 、 C_2) 的时间常数应根据

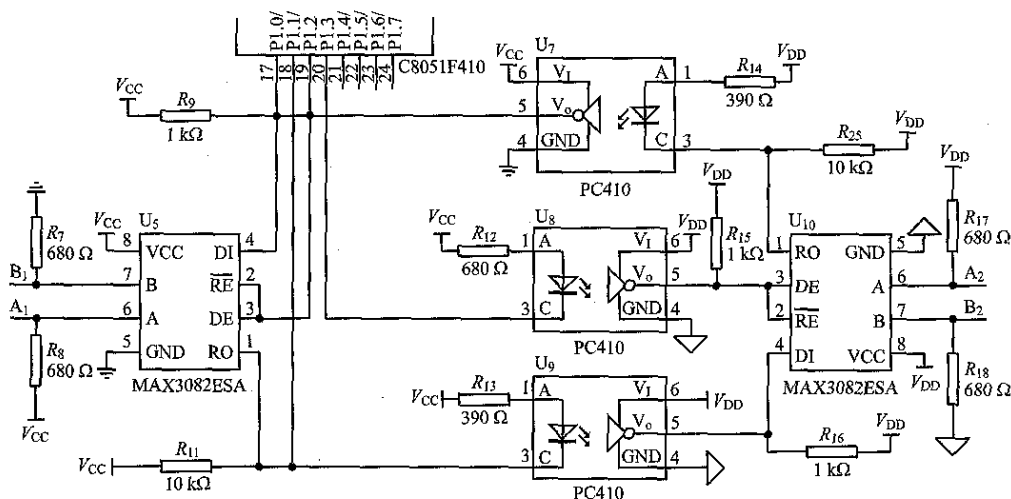


图1 采用单片机普通中断控制的 RS485 中继电路

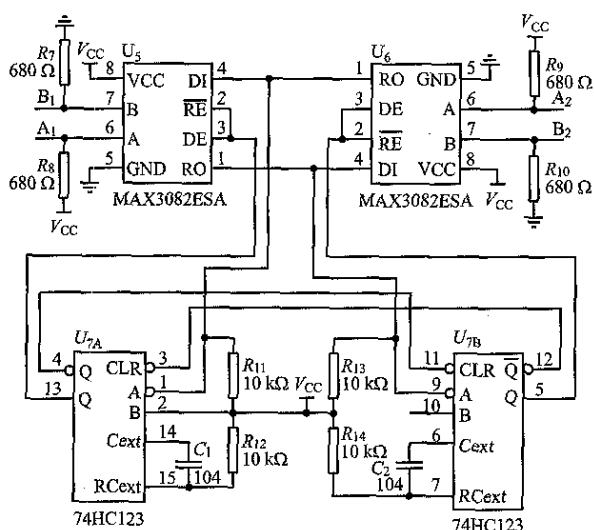


图2 单稳态触发器控制的 RS485 中继电路

不同的波特率进行适当调整,且应略大于1个字节的传输时间。对于这种可连续触发的单稳态控制电路,为确保不丢失数据,2个字节之间的通信时间间隔也要求大于1个字节的传输时间,而这种要求在某些情况下(比如采用带16C550工业标准URAT的主控制器通信)是不能容忍的。

(3) 反相器控制

直接采用反相器控制收发转换的 RS485 中继电路如图3所示,图中省略了隔离部分。

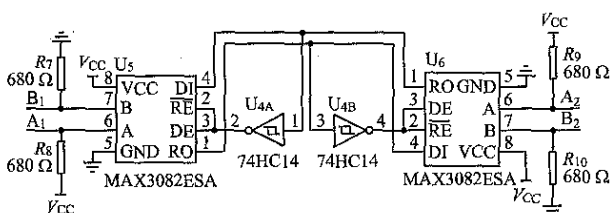


图3 反相器控制的 RS485 中继电路

该电路的优点是设计简单、无延时、成本低。以数据从左到右传输为例说明其通信中继过程。如果 U_5 收到的数据为0,则驱动 RO 引脚上的电平为低,经过 U_{4B} 反向后驱动 U_6 进入发送状态,将0顺利发送出去。如果 U_5 收到的数据为1,则驱动 RO 引脚上的电平为高,经过 U_{4B} 反向后驱动 U_6 进入接收状态;此时 U_6 相对总线 A_2 、 B_2 呈现高阻状态,依靠电阻 R_9 、 R_{10} 构成的强上、下拉将总线钳位,导致总线电压差表现为 RS485 的逻辑1;远端的接收器一旦接收到起始位0会继续对总线进行侦测,只要2根总线上的电位差在0.2V以上,即可确保远端的接收器能正确接收到1^[4]

该电路的缺点是只能依靠强上、下拉来发送逻辑1,其可靠性、传输距离以及连接到总线上的设备数量都受到很大限制。为改善这种设计方案,有人提出采用反相器与 RC 相结合的方式控制收发转换,其电路如图4所示。如果 TXD 线上的电平为低,电容 C_1 通过二极管迅速放电,将 U_{4A} 的输入端拉低,反向后驱动 U_6 进入发送状态。如果 TXD 线上的电平为高,则二极管 D_1 截止, C_1 通过 R_8 缓慢充电,只要 R_8 、 C_1 的时间常数稍大于1个字节的传输时间,在字节传输过程中仍可保证 U_{4A} 的输入端为低,使 U_6 保持在发送状态,将1个字节完整地发

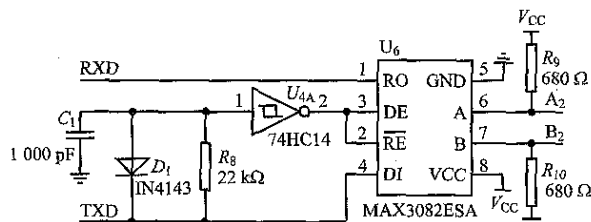


图4 反相器与 RC 相结合的发收转换控制电路

送出去。但这种调整 RC 时间常数的方式同样要求 2 个字节之间有等待时间间隔,实际上是不可取的。

2 波特率自适应 RS485 隔离中继器设计

2.1 设计原理

波特率自适应 RS485 隔离中继器采用单片机 PCA 作为控制核心,其电路如图 5 所示。该电路硬件设计与通常的单片机控制方法类似,但控制方法(软件)不同。空闲时 U_5 、 U_{10} 均处在接收状态,如果 U_5 接收到 1 个起始位,则 1 脚变为低电平,一方面驱动 U_{6B} (与非门)的输出为高,使 U_{10} 进入发送状态;另一方面在 CPU 的 P1.3 脚触发 PCA 中断,中断服务程序驱动 P1.5 脚为低,使 U_{10} 保持发送状态的时间正好能发送完 1 个字节,保证下一个字节的起始位到来时可再次触发 PCA 中断。如果数据反

向流动,则由 P1.2 触发 PCA 中断,P1.4 脚控制 U_5 的收发状态,这样既可以实现波特率自适应,也不需要字节之间的延时。具体实现方法:设置 CPU 的 P1.2、P1.3 脚为 PCA 比较捕捉输入引脚,跳变沿(上升沿和下降沿)均触发中断^[5];每触发 1 次 PCA 中断,就保存 1 次比较捕捉模块寄存器的数据;每保存 60 个数据计算 1 次发送 1 bit 数据的最短时间,确定数据传输的波特率。为适应大范围变化的波特率,应根据数据传输的波特率自动调整 PCA 的时钟源(系统时钟或系统时钟的 12 分频)。也就是说,在通信刚开始的一小段时间内需要进行自学习。自学习过程分 5 步:(1) 设置初始 PCA 时钟源,计算波特率;(2) 确定 PCA 时钟源;(3) 重新计算波特率;(4) 计算传输 1 个字节的数据位数是 8 位还是 9 位;(5) 计算发送 1 个字节的时间。

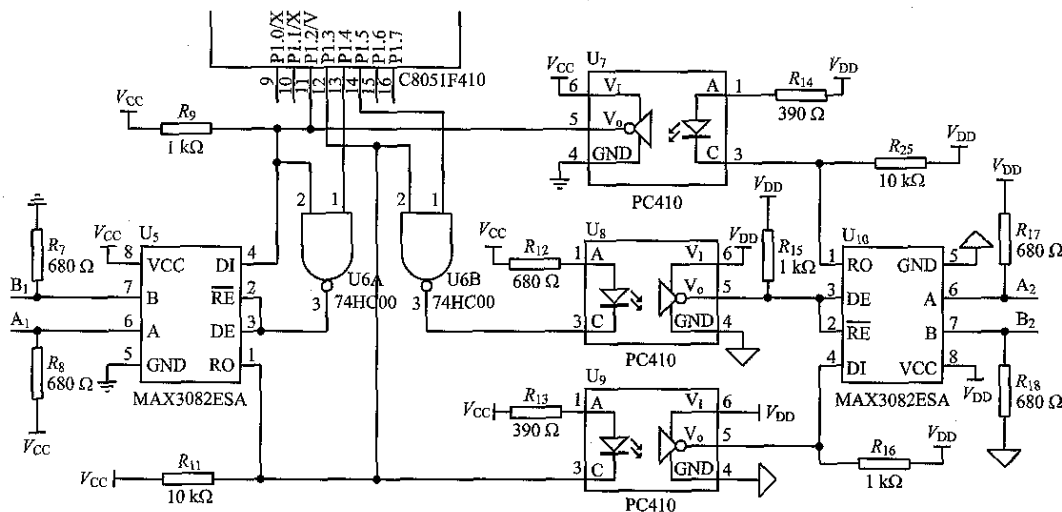


图 5 波特率自适应 RS485 隔离中继器电路

2.2 关键问题分析

(1) 波特率计算

由于串行通信是按位发送的,如果 PCA 设置成边沿触发中断,相邻 2 次中断之间的时间间隔可能不同。但是经过多帧数据传输过程后,总能找到相邻 2 次中断之间的最短时间间隔,这个最短时间间隔就是 1 bit 数据的传输时间,从而可以确定波特率的大小。不过单片机测试得到的位传输时间是有误差的,通常情况下波特率是个特定的数值。有效的波特率计算方法是事先在程序中设置好每种波特率的误差容限,只要计算出的波特率数据落在某个波特率的误差容限范围内,即可判定当前波特率为这个特定波特率。另外只要通信不中断即可认为波特

率一直不变,当通信中断超过 5 s 时启动新一轮波特率计算,以自适应波特率的在线变更。

(2) 字节实际发送时间计算

一般情况下传输的 1 个字节包含 1 个起始位、8 个或 9 个有效数据位以及至少 1 个停止位。要想精确控制 1 个字节的发送保持时间,就必须知道 1 个字节的有效数据是 8 位还是 9 位。有效数据位数的确定方法:考虑中断延迟、中断服务程序执行过程延迟以及确保在下 1 个字节的起始位到来之前恢复成接收状态,含 8 位有效数据的字节的发送保持时间按 9.8 位的时间长度(标准波特率的 1 位传输时间的 9.8 倍)设置;含 9 位有效数据的字节的发送保持时间按 10.8 位的时间长度设置。最初按 8 位

有效数据计算发送保持时间。正常通信时如有中断产生,则立即检测发送控制引脚(图 5 中的 P1.4 或 P1.5)的电平。如果该引脚为高电平,则认为是 1 个字节的开始,驱动控制引脚变成低电平,同时启动定时器开始计时,计时时间长度为 9.8 位的发送时间;如果该引脚为低电平,则认为 1 个字节传输过程正在进行,继续计时。一旦计时时间到则触发定时中断,定时器中断服务程序驱动控制引脚为高,使 RS485 芯片恢复成接收状态,并保存此时的 PCA 计数值。对该数据与下一个字节起始位到来时产生 PCA 中断的计数值求差,所得结果即可近似认为是 2 个相邻字节传输过程中的时间间隔。如果该时间间隔大于 2 个标准的位时间,则可判定字节的有效数据位为 9 位(即使实际通信格式是 8 位有效数据也是可行的,这说明 2 个字节之间通信有延时,与中继器无关);如果时间间隔大于 0.5 个标准的位时间且小于 2 个标准的位时间,则改变当前的有效数据位数设置,即从 8 位改为 9 位,或从 9 位改为 8 位;如果时间间隔小于 0.5 个标准的位时间,则保持当前状态不变。总之,经过一段时间的自适应过程后,总能准确判定 1 个字节的实际发送时间。

3 波特率自适应 RS485 隔离中继器的软件实现

实现 RS485 隔离中继器的函数主要有 2 个,第 1 个用于计算波特率并确定字节位数,第 2 个为 PCA 中断服务函数,主要功能是获取 PCA 计数值、驱动控制输出引脚变位等。函数声明:

```
uchar CCFTTime(uint xdata *p, uint xdata *q1);
void PCA_int(void) interrupt 11;
```

根据电路设计,1 个 RS485 中继器需使用 PCA 的 2 个比较捕捉模块,每个比较捕捉模块都有 1 个 CCFTTime 函数与之对应,本文只以模块 0 对应的函数来说明设计方案的具体实现。PCA 中断服务函数比较简单,这里不再赘述,而 CCFTTime 函数才是关键,其流程如图 6 所示。

4 结语

以单片机 PCA 为控制核心的波特率自适应 RS485 隔离中继器已经应用于煤矿现场。实践证

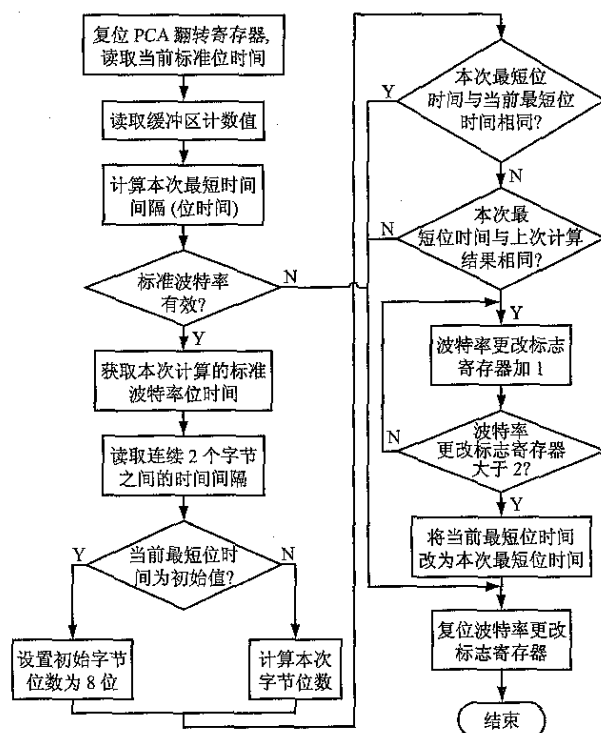


图 6 波特率及字节位数计算程序流程

明,该中继器运行稳定可靠,适应性强,对通信主控器及通信协议没有任何额外要求,且没有明显传输延迟,也不需要相邻 2 个字节之间的等待延时,可适应波特率小于 100 kbit/s 的 RS485 隔离通信。如果希望中继器能适应更大的波特率范围,可通过提高单片机晶振频率或采用 Cortex-M3 芯片的 PCA 功能模块来实现。波特率自适应 RS485 隔离中继器克服了以往 RS485 中继器的缺陷,为煤矿安全隔离 RS485 通信提供了一个全新的解决方案。

参考文献:

- [1] 虞颖. RS-485 标准及应用技术[J]. 现代电视技术, 2003(12):136-138.
- [2] 卞德森, 郑国灿, 张毅. RS232、RS422 与 RS485 接口标准及应用技术[J]. 现代电视技术, 2001(3):35-47.
- [3] 赵重明. 几种 RS485 接口收发方向转换方法[J]. 微型机与应用, 2000, 19(10):22.
- [4] 林和志, 黄联芬. 零延时 RS-485 接口电路的设计与应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005(11):31-33.
- [5] 胡伟. 单片机 C 程序设计及应用实例[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.