

文章编号 1004-924X(2003)02-0193-05

# RS-485 总线网络应用中的安全与可靠性

穆 斌<sup>1</sup>, 罗 珣<sup>2</sup>

(1. 合肥华东电子工程研究所, 安徽 合肥 230031;  
2. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:**控制领域中的分布式监控系统,具有节点多、传输距离远以及现场工作条件恶劣等特点,因此需要一种能够支持多节点、远距离通信及接收灵敏度高的总线来构成网络。利用 RS-485 总线构成的网络符合这种要求,如 ARCNet、CAN、INTERBUS-S 等,其物理层都是基于 RS-485 总线标准。使用 RS-485 总线构成自动控制系统的网络,具有设备简单、成本低等优点,但是如果在实际的工程应用中对 RS-485 总线网络配置不当,将会影响整个网络通信的可靠性,甚至会损坏总线收发器(特别是接收器)而造成整个网络的瘫痪。作者结合 RS-485 总线在雷达分布式监控系统中的应用,提出了保证 RS-485 总线网络的安全性、提高通信可靠性的方法,在实际使用中收到了良好效果。

**关键词:**RS-485; 安全性; 可靠性; 分布式监控; 共模干扰

**中图分类号:**TP393.02 **文献标识码:**A

## Safety and reliability during application of RS-485 bus network

MU Bin<sup>1</sup>, LUO Xun<sup>2</sup>

(1. East China Research Institute of Electrical Engineering, HeFei 230031, China;  
2. School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** At present, the physical layers of commonly used field buses, such as ARCNET, CAN, INTERBUS-S are based on RS-485 bus standard. The automatic control network adopting RS-485 bus features simple structure and low cost. However, any misconfiguration of RS-485 bus network may reduce the reliability of communication over the whole network, and even damage the receiver and transmitter and disable the whole network. Some proposals have been made for the application of the RS-485 bus in the radar distributed supervisory control system to ensure the safety and reliability of communication. These methods proposed have been proved effective, as expected in practice.

**Key words:** RS-485; safety; reliability; distributed supervisory control; common mode interference

## 1 引言

RS-485 总线以其抗干扰能力强、支持多节点远距离通信和高接收灵敏度以及连线简单等优

点,在控制领域得到了广泛应用<sup>[1-2]</sup>。现代雷达的监控系统使用基于 RS-485 总线构成的分布监控方式,能够完成在恶劣的现场环境中对雷达的多种控制和监测功能。

收稿日期:2002-12-17;修订日期:2003-02-06.

## 2 雷达监控系统的结构

雷达监控系统为层叠的分布式结构,由远程

监控计算机、本地主控计算机、远端监控单元、分布在各分系统中的雷达状态/故障传感电路及通信信道等组成,其示意图见图 1。

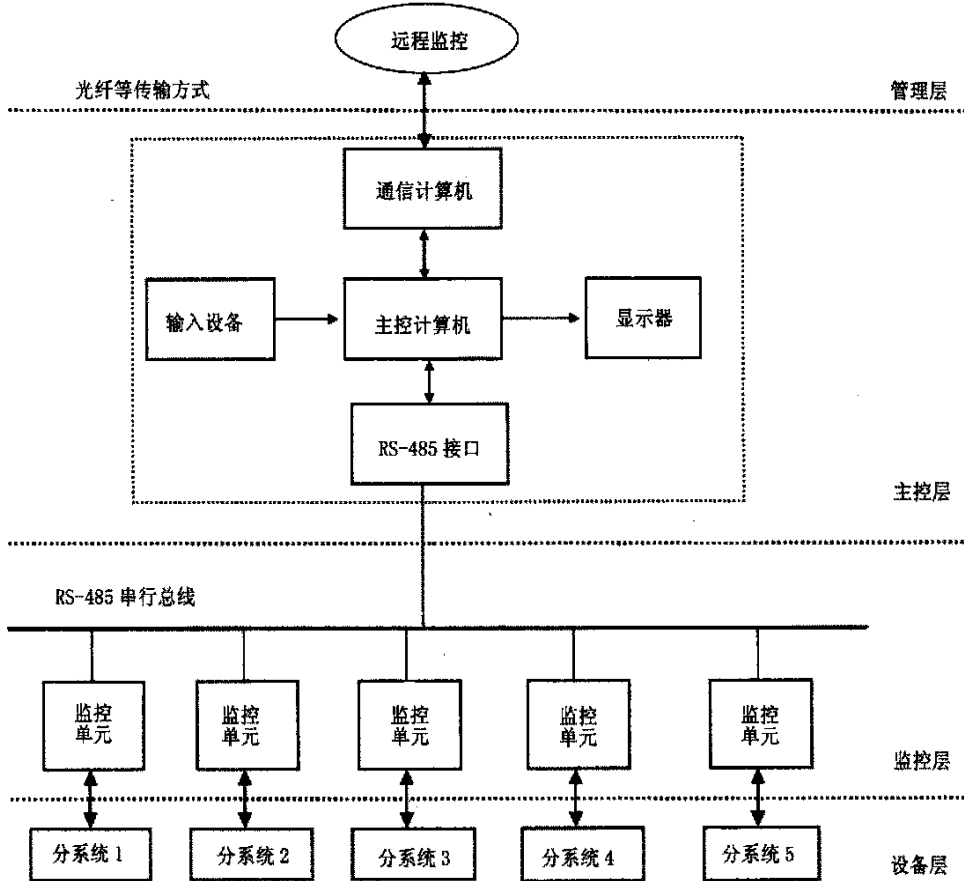


图 1 雷达监控系统组成

Fig. 1 Structure of radar supervisory control system

在分布式雷达监控系统中,主控计算机和远端监控单元都挂入 RS-485 总线,物理上只使用一对双绞线和一根地线来连接,组成一个 RS-485 总线网络,并采用主-从通信方式,以简单的 ASCII 格式来传送命令及响应信息,避免了使用大量电缆长距离传输现场采集信号和控制命令而可能带来的虚警和误动作,在很大程度上提高了雷达系统的可靠性和稳定性。但是如果在实际的工程应用中对 RS-485 总线网络配置不当,将会影响整个网络通信的可靠性,严重时甚至会损坏总线收发器(特别是接收器),造成整个网络的瘫痪。下面将根据实际应用中的经验对 RS-485 总线网络的安全性和通信可靠性加以讨论。

## 3 EIA RS-485 标准

RS-485 标准是 EIA (电子工业协会) 在 RS-422 标准的基础上推出的一种支持多节点、远距离传输及接收高灵敏度的总线标准<sup>[3]</sup>。

RS-485 标准采用平衡式发送,差分式接收的数据收发器来驱动总线,具体规格如下:

- 节点数:1 发 32 收
- 最大传输速率:10 Mb/s
- 最大传输距离:1 219.2 m
- 最大驱动输出电压:-7 ~ +12 V
- 驱动器共模电压:-1 ~ +3 V

- 接收器共模电压:  $-7 \sim +12 \text{ V}$
- 接收器输入电压范围:  $-7 \sim +12 \text{ V}$
- 接收器输入门限:  $\pm 200 \text{ mV}$
- 接收器输入电阻:  $12 \text{ K}$

RS-485 总线网络可以采用二线与四线方式, 二线制网络可实现真正的多点双向通信(如上述雷达分布式监控系统中的 RS-485 总线网络), 其连接示意图参见图 2。

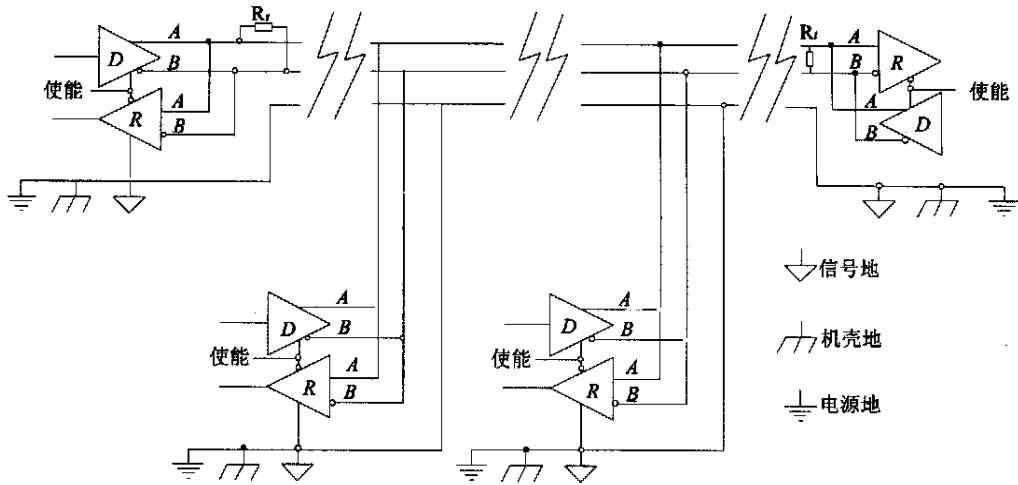


图 2 二线制 RS-485 总线网络

Fig.2 RS-485 Bus Two Wire Network

## 4 RS-485 总线网络的安全性

### 4.1 接地

接地对于电子系统是非常重要的, 如果处理不当往往会导致系统不能稳定工作甚至危及系统安全<sup>[4-5]</sup>。虽然 RS-485 总线标准采用的是差分方式传输信号, 但如果只是简单地用一对双绞线连接各个接口, 而忽略了信号地的连接, 那么将存在极大的安全隐患。尤其是在工作环境比较恶劣和传输距离较远的情况下, 甚至会损坏接口, 造成网络瘫痪。这有下面 2 个原因: (1) 共模干扰: 用 RS-485 总线构成多节点网络时, 不同节点之间的共模电压可能会很高, 而 RS-485 总线收发器是有一定的共模电压范围, 即  $-7 \sim +12 \text{ V}$ 。只有满足上述条件, 整个网络才能正常工作。如图 3 所示, 当节点 1 的驱动器  $D$  向节点 2 的接收器  $R$  发送数据时, 虽然按 RS-485 标准规定, 驱动器  $D$  的输出共模电压  $V_{OC}$  最高为  $3 \text{ V}$ , 但是由于两个节点具有各自独立的接地系统, 地电位差值  $V_{GND}$  可能会有高达数十伏的幅度。那么, 接收器  $R$  输

入端的共模电压  $V_{IC}$  ( $V_{IC} = V_{OC} + V_{GND}$ ) 就会超出规定范围, 从而影响正常通信甚至损坏接口电路。

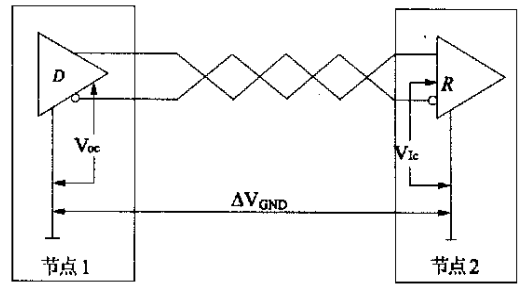


图 3 RS-485 总线网络中的共模电压

Fig.3 Common mode voltage in RS-485 network

(2) 电磁干扰 (EMI): RS-485 总线驱动器输出信号中的共模部分需要一个返回通路, 如果没有一个低阻的返回通道, 共模部分就会以辐射的形式返回源端, 整个总线就会像一个巨大的天线一样向外辐射电磁波而导致整个网络不能正常工作。

综合上述原因, 在实际应用中, 首先采用光电隔离的方式对接口进行了电气隔离, 再用一根低

阻的地线(额外的一条非屏蔽双绞线或者是屏蔽双绞线的屏蔽层)来连接网络中各个接口隔离侧的信号地,使共模干扰电压  $V_{GND}$  被短路,并克服了共模干扰源内阻较低时易出现较大接地环路电流的情况,在有效保护了接口电路的同时保证了正常的网络通信,收到良好效果,如图 4 所示。

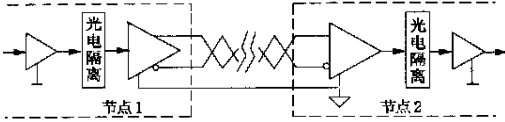


图 4 RS-485 总线接口的光电隔离  
Fig. 4 Optoisolated interface of RS-485

### 4.2 瞬态保护和抗静电放电(ESD)冲击

在系统工作时,存在着许多高频瞬态干扰的可能,如切换大功率感性负载(电机)、变压器、继电器等或闪电过程中都会产生幅度很高的瞬态干扰,如果不加以适当防护就会损坏 RS-485 总线的通信接口。对于这种瞬态干扰同样可以使用电气隔离的方法,即采用高频变压器、光耦等元件来实现接口的电气隔离以达到保护接口的目的。

设计者需要考虑的另一安全问题就是抗静电放电(ESD)冲击。由于人体在接触集成电路引脚时产生的静电放电可能高达几十千伏,会使工作中的器件产生闭锁而不能运行甚至损坏器件。所以在工程应用中,要尽量选用带静电放电保护的器件,如 MAX1487E、MAX483E 等,以有效保护器件在安装和使用过程中可能受到的静电放电冲击。

## 5 RS-485 总线网络通信的可靠性

在多节点构成网络时,RS-485 网络拓扑一般采用终端匹配的总线型结构,即提供一条单一、连续的信号通道作为总线,同时对传输线加以适当的阻抗匹配,并对网络进行失效保护,保证 RS-485 总线网络通信的可靠性。

### 5.1 传输线阻抗匹配

在 RS-485 总线网络通信过程中,阻抗不连续和阻抗不匹配都可能会导致信号反射,反射的信号会触发接收器输入端的比较器,使接收器产生错误的信号,导致 CRC 检验错误或整个数据帧错误而影响数据传输,降低通信可靠性。

因此,除非是短距离与低速率情况,否则在 RS-485 总线网络中都要进行终端匹配,消除传输线阻抗不连续和阻抗不匹配的情况,减弱反射信号对通信线路的影响。消除这种反射的方法是:在电缆的末端跨接一个与电缆的特性阻抗同样大小的终端电阻(双绞线的特性阻抗在 110~130 之间,因此该电阻一般取值为 120 ),使电缆的阻抗连续。由于信号在电缆上的传输是双向的,所以在通信电缆的另一端也要跨接一个同样大小的终端电阻,如图 2 中的  $R_t$ 。

需要指出的是,这种匹配方法虽然简单有效,但有一个缺点,匹配电阻要消耗较大功率,不太适合功耗限制比较严格的系统。这时可以采用图 5 所示的二极管匹配方法,这种方案虽未实现真正的“匹配”,但它利用二极管的钳位作用能迅速削弱反射信号,达到改善信号质量的目的,节能效果显著。

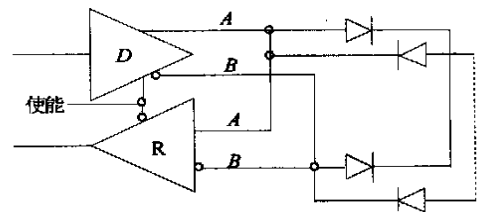


图 5 RS-485 总线传输的二极管匹配  
Fig. 5 Diode matching for RS-485 bus transmission

### 5.2 网络失效保护

RS-485 标准规定接收器的输入门限为  $\pm 200$  mV,即差分输入端 A 电平比 B 电平高 +200 mV,输出为逻辑“1”,反之,则输出为逻辑“0”,这能够提供比较高的噪声抑制能力。但是由于第三态的存在,即 A 电平与 B 电平之差在  $-200 \sim +200$  mV 时,输出状态不确定,那么在接收器输入端开路、短路或总线浮空(总线上所有驱动器输出为高阻)的情况下,如果接收器的输出为 0 V,网络中从机将把其解释为一个新的启动位,并试图读取后续字节,由于永远不会有停止位,将产生一个帧错误结果,不再有设备请求总线,网络就会陷于瘫痪状态,所以必须采取一定的措施避免接收器处于不确定状态,即提供网络失效保护。

通常的办法是在总线上加偏置电阻,当总线空闲或开路时,利用偏置电阻将总线偏置在一个确定的状态。如图 6,将 A 拉到 5 V, B 拉到地,

电阻的典型值是  $1\text{ k}\Omega$ ,具体数值随电缆的电容变化而变化。

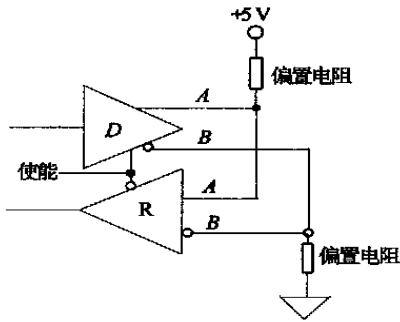


图 6 RS-485 总线的偏置电阻

Fig. 6 Bias resistors in RS-485 bus

上述的经典方法并不能解决总线短路时可能出现的问题,在工程应用中直接采用带故障保护功能的器件,如 MAXIM 公司的 MAX3089,它将接收器输入门限移到  $-200\sim -50\text{ mV}$ ,这样不仅省去了外部偏置电阻,而且解决了总线短路时的失效保护问题。

## 6 结束语

在雷达的分布式监控系统中,充分利用了上述方法,保证了 RS-485 总线网络的安全性、提高了其通信的可靠性。随着各芯片厂商对新器件的开发,在工程应用中采用经典方法与新器件联合使用的措施,可以收到良好的效果。

## 参考文献:

- [1] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2001.  
YANG X H. *The technology and application of field bus* [M]. Beijing: The Tsinghua University Press, 2001. (in Chinese)
- [2] 苏庆东. 集散控制系统发展概况与趋势[J]. 电子与信息化,1997,(5):6-8.  
SU Q D. An overview and trend of collectiondistribution control system[J]. *Electronization and Informationization*, 1997,(5):6-8. (in Chinese)
- [3] MAXIM 产品资料全集[Z]. 2000.  
MAXIM Product Catalog[Z]. 2000. (in Chinese)
- [4] 李洁. 计算机控制系统的可靠性分析[J]. 光学 精密工程,2000,8(6):582-586.  
LI J. Reliability analysis of cmputer cntrolled system[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2000,8(6):582-586. (in Chinese)
- [5] 吴占民,肖沙里,钟先信,等. 工业沸腾炉微机自动监控系统[J]. 光学 精密工程,2001,9(4):388-392.  
WU ZH M, XIAO SH L, ZH X X, et al. Computer monitoring system of industrial boiler[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2001,9(4):388-392. (in Chinese)

作者简介:穆 斌(1973-),男,北京市人,1994年毕业于安徽机电学院电气工程系,进入合肥华东电子工程研究所工作,目前从事雷达终端和监控系统的开发与研究,Tel:0551-5162424;

罗 珣(1972-),女,安徽合肥人,1994年毕业于安徽机电学院电气工程系,进入合肥工业大学工作,2000年获得合肥工业大学计算机与信息学院硕士学位,目前在合肥工业大学计算机与信息学院从事教学工作及自动控制方面的研究。Tel:0551-2909546