

## 光纤CAN总线自愈环网的研究

吴友宇 杨菊芳

武汉理工大学(430070)

2008-09-03

**摘要:** 介绍了光纤单环CAN网络的工作特点及其不足。为提高光纤CAN网络的生存性,设计了光纤CAN总线自愈环网。采用塑料光纤(POF)为传输介质,用波长为650nm的红光光电收发器件实现光/电转换。分析了CAN网络数据帧的结构特点,给出了基于CPLD的自愈接口电路的实现方法。通过组建车载光纤CAN总线自愈环网,证明该网络不但具有自愈功能,还能消除光纤CAN环形网络中的阻塞现象。

**关键词:** CAN 自愈环 CPLD 接口电路 塑料光纤

CAN总线是德国Bosch公司于20世纪80年代初为解决汽车中众多数据交换而开发的一种串行数据通信协议<sup>[1~2]</sup>。由于其具有卓越的特性,CAN总线成为目前公认的几种最有前途的现场总线之一<sup>[3]</sup>。CAN总线的传输介质可以是双绞线、光纤和同轴电缆。目前双绞线CAN总线已得到了广泛应用,各项技术已经成熟。双绞线CAN网络在技术上容易实现、造价低廉,且对环境电磁辐射有一定抑制能力。但是当工作环境特别复杂时,其抗干扰能力并不十分令人满意。如在电动汽车现场,情况较为复杂,车载电气系统会产生强电磁干扰,将导致双绞线CAN网络不能正常工作。与双绞线和同轴电缆相比,光纤的优越性能——强大的抗EMI能力引起人们的关注。为进一步提高CAN网络的性能,应采用光纤作传输介质。由于车载局域网传送距离短,同时为了降低车载光纤CAN网络的成本,可选用塑料光纤(POF)作为传输介质。塑料光纤在高速短距离通信传输中成本低、易连接、可绕性好、重量轻,故组网成本低。德国宝马公司在2002年3月上市的最高级新款轿车“BMW7系列”中采用了50m POF构筑车内局域网。

光纤CAN网作为一种工业底层控制局域网,其拓扑结构与常用局域网一样,基本拓扑结构有总线形、环形和星形。在光纤单环CAN网络中,由于器件的延时将导致环路信号自激,使环形CAN网络堵塞(或称为锁死)。为遵守CAN总线控制器在链路层的协议,应设计一种光纤CAN单环网专用逻辑控制单元LCU。该单元的功能是:对CAN总线数据实现收发控制,即主节点对接收到的数据不转发,当数据沿光纤环回到原发送节点时,立即被剔除;从节点对接收数据实现转发。同时还可消除环形光纤CAN总线网络的自激现象,保证环网不被堵塞<sup>[4]</sup>。

在光纤单环网络中,节点或链路的故障可能造成网络的瘫痪。为了提高光纤环网的生存性,应构成具有自愈功能的光纤双环自愈网<sup>[5]</sup>。

### 1 光纤自愈环CAN网总体设计

#### 1.1 光纤自愈环结构

光纤自愈环CAN网络如图1所示。该网络有两条光纤环路——顺时针环和逆时针环,各节点CAN控制器SJA1000通过接口电路与双环光纤网相连,接口电路由Altera公司出产的复杂可编程逻辑器件(CPLD)EPM7128S、两个光发送器LEDR和LEDL、两个光接收器PINR和PINL组成。

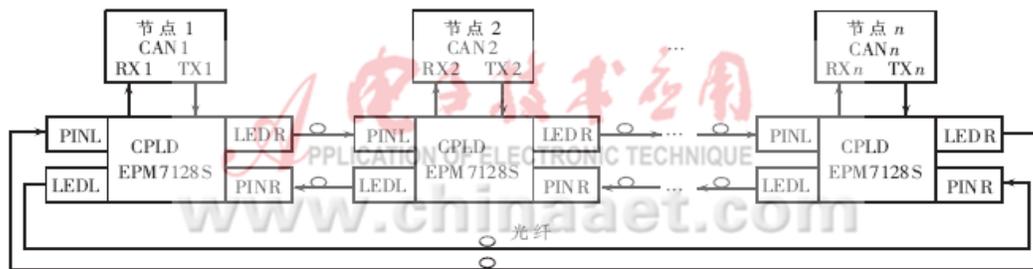


图1 光纤CAN总线自愈环网结构图

#### 1.2 接口电路的功能

光纤自愈环CAN网接口电路的功能是:(1)当光纤双环通信正常时(如图2(a)所示),各节点右端光发送器LEDR传送左端光接收器PINL的数据,信号顺时针传送;同理LEDL传送PINR的数据,信号逆时针传送,即发送器选择对侧数据转发。(2)当单根光纤故障时(如图2(b)所示),下游C节点接口电路实现环回,由于左侧光接收器PINL无信号,右端光发送器LEDR选择同侧光接收器PINR数据转发。(3)当任意节点间两根光纤故障时(如图2(c)所示),如BC节点间光纤被切断时,则B、C两个节点与光纤切断点相连执行环回功能。此时,从A到C的信号AC则先经顺时针环到B,再经逆时针环过A、D后到达C。而信号CA则仍经顺时针环传输。这种自愈功能保证在故障情况下仍能维持环的连续性。故障排除后,倒换开关自动返回原来位置。(4)实现节点CAN控制器数据选择接收。其原则为:对于各节点接收的顺、逆时针数据,选择PINL、PINR中先到达的数据接收。(5)实现节点数据选择发送。其原则为:当总线空闲时,选择本节点

### Altera公司

- 公司介绍
- 联系公司
- 公司新闻
- 加入收藏夹

### 热点专题

- 信心09,冬天来了,春天还会远吗?
- 低功耗技术,是鸡还是蛋?
- 华北计算机系统工程研究所(电子六所)总结表彰暨春节联欢会
- Powerwise高效能解决方案
- 2008Security China中国国际社会公共安全产品博览会
- 视频信号处理技术
- 2008嵌入式技术创新及...
- 2008飞思卡尔技术论坛
- Altera公司SOPC...
- 第十届高交会电子展
- 科技闪耀北京奥运
- ADLINK DAY—2008年量测与自动化技术国际高峰论坛
- 中国电子学会Xilinx杯开放源码硬件创新大赛
- 赛灵思公司Virtex-5系列FPGA
- 3G知识
- IPTV
- 触摸屏技术
- RoHS

### 杂志精华

- 基于CC2430的无线传感器...
- 无线传感器网络应用系统综述
- 无线传感器网络在野外测量中的...
- 基于竞争的无线传感器网络
- 用于矿井环境监测的无线传感器...
- 具有自适应通信能力的无线传感...
- 基于传感器网络技术的深孔测径...
- 基于无线传感器网络的家庭安防...
- 基于ATmega128L与C...
- 无线传感器网络中移动节点设备...

CAN控制器发送端TX发送数据,可消除环形光纤总线网络的自激现象,保证环网不被堵塞;当本节点CAN控制器为接收节点时,选择对侧数据发送;当本节点CAN控制器为接收节点时,且对侧光纤通道故障,则选择同侧数据发送。(6)判别各通道帧起始和帧结束,鉴别总线是否空闲,网络是否故障。如判断到左侧光接收器PINL有数据帧正在传送时,产生左侧发送数据标志flag\_l和网络通信状态标志sync\_l。

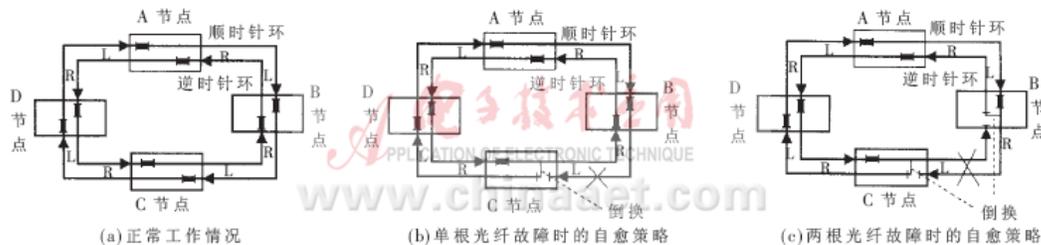


图2 自愈工作策略示意图

## 2 接口电路设计

光纤CAN自愈网的自愈功能及收发控制功能由可编程逻辑器件(ALTERA EPM7128SLC84—15)实现,编程采用VHDL语言。下面进行具体介绍。

### 2.1 输入输出设置

图3为接口电路CPLD的I/O口示意图。其中,输入输出pin\_l、led\_l、led\_r、pin\_r分别与光/电转换模块PINL、LEDL、LEDR、PINR相连;txd、rx\_d分别与CAN控制器的数据发送端TX、接收端RX相连;flag\_txd=1代表本节点CAN控制器TX0正在发送数据帧;flag\_l=1代表左侧通道正在发送数据帧;flag\_r=1代表右侧通道正在发送数据帧。sync\_l为左侧网络通信状态标志,sync\_r为右侧网络通信状态标志。当左通道正常时,输出sync\_l="1",驱动网络状态发光二极管D\_sl亮;当右通道正常时,输出sync\_r="1",驱动网络状态发光二极管D\_sr亮;若网络状态发光二极管D\_sr或D\_sl灭,表示网络对应光纤通道出了故障。当本节点CAN控制器选择左通道数据接收时,输出端rx\_l/r为高电平;当本节点CAN控制器选择右通道数据接收时,输出端rx\_l/r为低电平。输入端reset为复位端,低电平有效;clk0为时钟输入端,输入时钟的频率为20MHz。

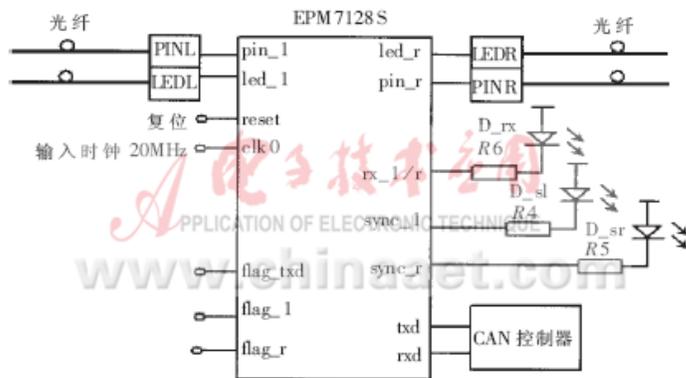


图3 CPLD的I/O口示意图

### 2.2 CPLD功能结构

CPLD为控制环网自愈接口单元,控制电路由分频器、中心状态机、发送数据选择器、接收数据选择器组成,如图4所示。

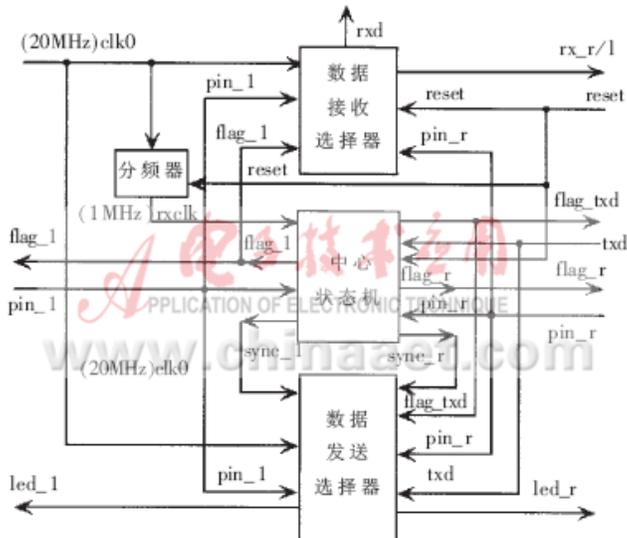


图4 基于CPLD环网的自愈控制接口电路的结构框图

### 2.3 分频器

通讯接口CPLD时钟频率为20MHz。在光纤CAN自愈环网中,各节点CAN控制器SJA1000和CPLD接口采用独立的工作时钟。为使状态机产生的flag的信号与CAN控制器数据传送同步,以保证两个数据选择器的切换和数据传送同步,应正确选择状态机的时钟。本文中CAN网数据传送波特率是125kbit/s,状态机时钟rxclk的速率设计为数据传送波特率的8倍,即1Mbit/s,保证在一个CAN数据位周期中可对数据读取多次,提高抗干扰能力。所以分频器的功能为产生1MHz的时钟频率。

#### 2.4 中心状态机

依据CAN 2.0B协议,CAN网络数据帧由7个不同的位场组成,即帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC场、应答场、帧结束。数据场长度可为0-8个字节。帧起始位是一个显性位低电平“0”;帧结束是由7个隐性位“1”组成的序列;在数据帧传送中,使用位填充技术编码,保证数据帧位流中不会出现5个连续的“1”或“0”。

中心控制状态机是本设计的核心单元。中心状态机的功能是:(1)检测CAN数据帧的帧起始和帧结束,产生相应的发送数据标志信号flag\_txd、flag\_r和flag\_l。(2)产生网络通信状态标志sync\_r和sync\_l。中心状态机由三个状态机组成:本节点CAN控制器状态机、左通道状态机和右通道状态机。它们分别判别各通道(TX、PIN\_L和PIN\_R)是否有数据传送。下面对各处状态机的解释均以本节点CAN控制器状态机为例。

各状态机设置了61个状态,即idle、S1、S2、S3...S60。当总线空闲时,状态机处于空闲态idle,此时rxclk上沿到来,检测到txd=0时,状态机转向S1,同时发送数据标志置位信号flag\_txd="1";第二上沿时,状态机无条件转向S2;第三上沿时,状态机无条件转向S3;第四上沿时,状态机无条件转向S4;第五上沿到来时,此时是数据位的中央位置,数据稳定,对数据再次读取,若txd="0"的条件仍成立,表示帧起始到来,状态机转向S5;否则flag\_txd="0",同时状态机转向空闲态idle,等待帧起始的到来。

当状态机处于S5时,此后rxclk(1MHz)每过一个时钟周期,状态机状态前进一步(S6、S7、S8、S9、S10、S11、S12、.....、S58、S59、S60);每过8个时钟周期,对CAN总线上的数据位进行一次检测(S12、S20、S28、S36、S44、S52、S60),保证每次检测在数据位(位周期)中央。当连续7次txd="1"时,检测到“1”表示“帧结束”到来,发送数据标志复位flag\_txd="0",等待下一次帧起始的到来;否则状态机返回状态S5,等待帧结束的到来。

网络通信状态sync\_r、sync\_l是进行环网自愈的重要依据。如上所述,当左右通道发送数据状态标志flag="1"时,各通道网络通信状态sync="1",网络状态发光二极管D\_sr、D\_sl亮;当帧结束到来时,flag="0",启动网络通信状态计数器count,其时钟为rxclk=1MHz,当计数器为30000时(30ms),sync="0",网络状态发光二极管D\_sr、D\_sl灭。这表示某数据帧传输后,如果再也检测不到其它数据帧起始,则网络出了故障。如果在30ms内能检测到数据帧起始(flag置位),网络通信状态标志sync持续为“1”。计数器达到满值的时间应为估算的帧间最短时间间隔。

#### 2.5 数据选择器

发送数据选择器和接收数据选择器的功能是实现链路搭建(即通道选择)。为保证网络正常工作,CAN网络延时小于一个数据宽度(位周期)。为使链路搭建时间尽可能短,使用最高时钟频率(20MHz)控制两个数据选择器。

在发送数据选择器中,CPLD检测三路通道数据txd、pin\_l、pin\_r。各通道数据具有不同的优先级。优先级的设置为:当本节点发送数据(txd="0"或flag\_txd="1")时,左右通道发送CAN控制器发送端TX的数据,即led\_r=txd,led\_l=txd。若本节点不发送数据,则依据sync\_r和sync\_l选择发送数据,当左右通道均正常时,选择对侧数据发送,led\_r=pin\_l,led\_l=pin\_r。如果某通道故障,接收不到对侧数据,则选择本侧数据发送,led\_l=pin\_l,led\_r=pin\_r。据此,不仅实现了网络自愈,也消除了环网阻塞问题。

在接收数据选择器中,设定左通道为首选接收通道;当左通道数据未到时(flag\_l="0")或左通道故障时,不需人为干预,自动选择右通道接收。据此实现了接收优化(选择优先到达通道数据接收)以及光纤CAN总线双环网的自愈功能。

在电动车内组建光纤CAN自愈环网,采用塑料光纤作为传输介质,塑料光纤在可见光区有低损耗窗口,选用工作波长为650nm(红光)的光/电转换模块——Agilent公司生产的光发送器HFBR-1528和光接收器HFBR-2528。各节点CAN控制器选用SJA1000或带CAN控制器的TMS320LF2407 DSP芯片,组成4个节点车载光纤CAN自愈环网。CAN网络的数据传送速率设置为125kbit/s,当设置某条通道故障时,网络能实现图2(b)所示的自愈功能;当设置任意节点之间的两根光纤故障时,网络能实现图2(c)所示的自愈功能。当CAN节点故障时,接口电路仍能保证双环网正常工作;但当接口电路故障时,将导致本节点脱离总线,其它节点实现网络自愈,构成单环网。通过示波器观测波形,发送节点通过总线竞争发送数据;接收节点能向总线上发送应答信号;节点数据通过4节点光纤CAN自愈环返回原节点的时间小于100ns。经测试,通道故障网络自愈时间为30ms。

#### 参考文献

- 1 郭宽明. CAN总线原理和应用系统设计. 北京:北京航空航天大学出版社,1995
- 2 程军. 车辆控制系统CAN总线通信的实施方法. 汽车工程,2001;23(5)
- 3 阳宪惠. 现场总线技术及其应用. 北京:清华大学出版社,1998
- 4 吴友宇,杨菊芳,梁红. 光纤CAN网络节点数计算方法. 武汉大学学报(理学版),2003;49(5):629~632
- 5 邓文栋,王传启,陈晓苏等. 光纤自愈环网在变电站自动化系统中的设计和实现. 电子技术应用,2002;28(1):29~32

#### 在线联系

[添加到收藏夹](#)

关于“[光纤CAN总线自愈环网的研究](#)”,我有如下需求或意向:

用户名:  密码:  验证码:   [欢迎注册](#)

#### 相关应用

- 图像的二维提升小波变换的FPGA实现
- 一种高速RS译码器的FPGA实现
- 基于状态机和流水线技术的3DES加密算法及其FPGA设计

ALTERA FPGA在微处理器系统中的在应用配置

- 基于FPGA的直接数字频率合成器的设计和实现
- DS/FH混合扩频接收机解扩及同步技术的FPGA实现

《电子技术应用》编辑部版权所有

地址：北京海淀区清华东路25号电子六所大厦

联系电话：82306084 / 82306085 传真：62311179 京ICP备05053646号

推荐分辨率1024\*768 IE6.0版本

