

基于 CAN 总线/LIN 总线的车身控制系统

黄曲菜 唐厚君 孟祥群 上海交通大学电气工程系(200240)

Abstract

This paper introduced the application of CAN bus and LIN bus in vehicle, present the low cost CAN/LIN mixed net for vehicle, and design a gateway for the conversion between CAN data and LIN data, which made the full share of data in vehicle possible.

Keywords: CAN bus, LIN bus, SJA1000, TJA1020, gateway

摘要

本文介绍了 CAN 总线和 LIN 总线在汽车上的应用, 提出了汽车内低成本的 CAN/LIN 混合网络体系, 并设计了 CAN/LIN 数据交换的网关, 使车内网络数据充分共享。

关键词: CAN 总线, LIN 总线, SJA1000, TJA1020, 网关

汽车电子化是现代汽车发展的重要标志。随着信息技术的发展, 电子技术为解决汽车所面临的诸多问题提供了最佳方案。但当汽车内部电子设备之间采用传统的一对一连线方式时, 电子设备的数量增加将导致连线大幅度增多, 致使车辆重量随之增加, 并削弱车辆性能。为适应汽车电子设备迅速增加的应用需要, 汽车电子网络应运而生。目前用于汽车电子的网络技术主要有 CAN、LIN、IDB 和蓝牙等。

1 LIN 总线介绍

LIN 总线是一种低成本的串行通讯网络, 目标是为现有汽车网络(例如 CAN 总线)提供辅助功能。在不需要类似 CAN 的高端汽车总线的带宽和多功能的场合, 使用 LIN 总线可以大大节省成本。在 LIN 技术规范中, 除了定义基本协议和物理层外, 还定义了开发工具和应用软件接口。LIN 总线基于通用 UART 接口, 无需硬件协议控制器, 几乎所有微控制器都具备 LIN 必需的硬件。LIN 通讯基于 SCI(UART)数据格式, 采用单主控制器/多从设备的模式, 无需仲裁机制。LIN 从节点不需晶振或陶瓷振荡器就能实现自同步, 节省了从设备的硬件成本。和 CAN 总线一样不需要改变 LIN 从节点的硬件和软件就可以在网络上增加节点。通常一个 LIN 网络上节点数目小于 16 个, 共有 64 个标志符。LIN 的传输速率最高可达 20Kbit/s。但为了使用低成本的 LIN 器件, 推荐使用下列位速率: ①低速时, 2400bit/s; ②中速时, 9600bit/s; ③高速时, 19200bit/s。典型的 LIN 总线应用是汽车中对速度要求不是很高的单元, 如车门、座椅、空调、照明灯、温湿度传感器等。对于这些成本比较敏感的单元, LIN 可以使那些元件(如智能传感器或光敏器件)得到较广泛的使用。这些元件可以很容易的连接到汽车网络中, 并得到十分方便的维护和服务。在 LIN 实现的系统中, 通常将模拟信号量用数字信号量所替换, 这将使总线性能得到优化。在车头、车顶、车门、方向盘等汽车电子控制系统中使用 LIN 总线, 将得到非常完美的效果。

2 CAN/LIN 混合网络的应用

2.1 一般应用

在车身电控系统的设计中, 首先应该从安全的角度来考虑, 对于关键控制部分, 如汽车引擎、刹车装置、安全气囊等单元采用 CAN 总线控制; 而对于那些与安全无关的单元, 如灯控单元、门控单元、座椅控制单元等出于成本的考虑可以采用 LIN 总线控制方式。这样, 汽车的通讯网络由 CAN 网络和 LIN 网络构成。系统框图如图 1 所示。

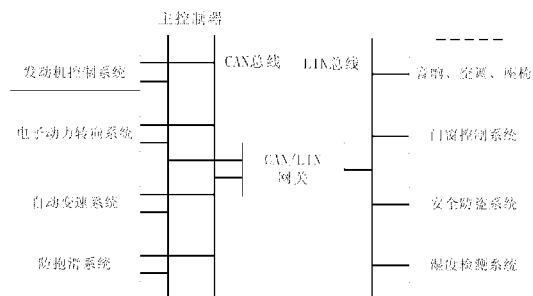


图 1 汽车 CAN/LIN 混合网络系统框图

为了实现 CAN、LIN 网络之间的通讯, 需要一个 CAN-LIN 网关。该网关允许将 CAN 数据帧透明传输到 LIN 网络, 也允许 LIN 数据帧透明传输到 CAN 网络。网关在这里作为 LIN 主设备工作。网关接收到 LIN 数据帧后, LIN 标志符将被转换为 CAN 标志符, 然后作为 CAN 数据在 CAN 网络中传送; 网关接收到 CAN 数据帧后, CAN 标志符将被转换为 LIN 标志符, 然后作为 LIN 数据在 LIN 网络中传送。

2.2 4 节点实验网络系统的构成和工作过程

根据上述构架, 设计了 4 个节点来模拟汽车内的 CAN/LIN 混合网络(见图 2)的工作情况。节点 1 和节点 2 为 CAN 节点, 其中节点 1 作为主控制器与 PC 机相连, 节点 2 模拟电机控制单元; 节点 3 为 CAN/LIN 网关节点; 节点 4 为 LIN 节点, 模拟汽车方向灯控制单元。

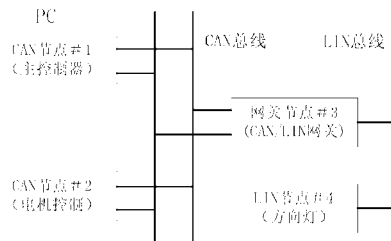


图 2 4 节点实验网络系统

PC 机通过串口向节点 1 发送控制信息, 并经由节点 1 将这些信息转换为 CAN 数据帧传送到 CAN 总线上。如果是传送给节点 2 的数据, 那么节点 2 将接收该帧并执行相应动作(电机左转/右转/停转); 如果是传送给节点 3(网关)的数据, 那么节点 3 将接收该帧并转换为 LIN 数据帧传送到 LIN 总线上, 节点 4 接

收该帧并执行相应动作(灯亮/灭/闪烁)。并且,节点 2 的状态信息定时地以 CAN 数据帧的形式传送到 CAN 总线上,通过报文滤波后,节点 1 将接收该帧,解析后通过串口传送到 PC 机,PC 机将显示节点 2 的当前状态。同样的,节点 4 的状态信息也定时地以 LIN 数据帧的形式传送到 LIN 总线上,网关节点将接收该帧,并转换为 CAN 数据帧传送到 CAN 总线上,通过报文滤波后,节点 1 将接收该帧,解析后通过串口传送到 PC 机,PC 机将显示节点 4 的当前状态。

3 硬件设计

出于产品兼容性、开发便利性、及成本上的考虑,系统 CAN 总线采用 PHILIPS 公司的 SJA1000 CAN 控制器与 PCA82C250 CAN 收发器。系统 LIN 总线采用 PHILIPS 公司的 TJA1020 收发器。CAN 总线节点的示意图如图 3。

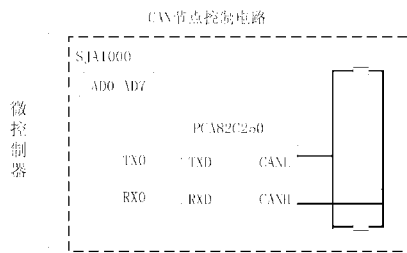


图 3 CAN 总线节点硬件连接图

SJA1000 是一种独立控制器,是 CAN 控制器 PCA82C200 (Basic 模式)的替代产品,电子模块、传感器、制动器等通讯网络中将发挥更大的作用。

LIN 总线节点的示意图如图 4。TJA1020 收发器是一个物理媒体连接,适合用于最高 20kBaud 的 LIN 传输速率,网络中的节点数可多达 16 个。它的引脚 TXD 和 NSLP 减小了输入阈值,输出引脚 RXD 和 TXD 为漏极开路。因此它可以和使用 3.3V 或 5V 电源的微控制器兼容,而且收发器本身不需要额外的 VCC 电源。为使引脚 RXD 和 TXD 达到高电平,当微控制器的端口引脚没有集成上拉电阻时,要加外部上拉电阻。微控制器由 TX0 向 TJA1020 的 TXD 引脚发送数据,TJA1020 的 RXD 引脚向微控制器的 RX0 发送数据。LIN 收发器的睡眠控制输入 NSLP 可以通过微控制器的端口引脚来控制。TJA1020 还有一个内部从机端电阻。因此,从机应用不需要外部的 LIN 总线端电阻。CAN/LIN 网关既是 CAN 节点又是 LIN 节点,因此它的硬件结构将由 CAN 节点控制电路和 LIN 节点控制电路组成,如图 5。

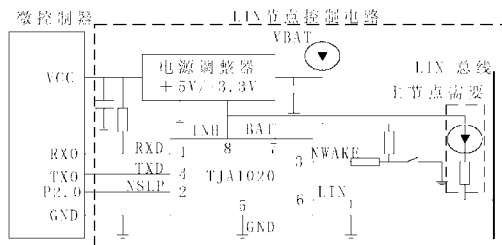


图 4 LIN 总线节点硬件连接图

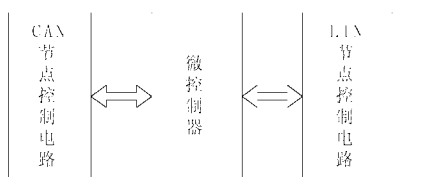


图 5 CAN/LIN 网关示意图

4 软件设计

CAN 节点软件都包含 SJA1000 初始化、CAN 发送数据、CAN 中断服务(包含 CAN 接收数据)等子程序。SJA1000 的初始化程序,实际上就是对时钟分频寄存器、接收代码寄存器、接收屏蔽寄存器、总线时序寄存器、输出控制寄存器等这些寄存器进行访问。需要明确,只有进入复位模式时,对寄存器的访问才被允许,否则无法进行初始化。CAN 发送数据子程序中,只有当发送缓冲器为空时才能发送数据,否则将运行其他任务直到发送缓冲器为空。

CAN 中断服务

子程序流程图见图 6。

通过检测中断寄存器值,就可知道是哪一种中断,然后采取相应的中断处理措施。当检测到接收中断时,由于 CAN 总线上传来的数据经过底层协议后,实际收到的报文已经没有报头和报尾了,所以要进行成帧处理,即要计算有效字节,2/4/8 个数据字节和一个校验码所组成。起始报文

和应答部分构成一个完整的报文帧。若是接收任务,则解析接收到的数据并执行相应的动作。

网关既是 CAN 节点,又是 LIN 主节点,它除了上面作为独立节点的子程序外,还包括 CAN 数据和 LIN 数据相互转换的子程序,即转换它们的数据帧格式。

本系统 CAN 应用层协议主要参考 SAE J1939 标准。它对 CAN 扩展帧的 29 位标志位做了定义(如表 1):整个扩展数据帧(29 位标志位+数据场)称为一个协议数据单元(PDU)。

根据 CAN 数据帧格式,统一定义保留位 R 为 0、数据页 DP 为 0、SRR 为 0、IDE 为 1 (表示扩展帧)、PDU 格式场 PF 为 0xFF、RTR 为 0。优先级根据节点安全级别定义,数据块长度 DLC 根据实际数据字节定义,源地址 SA 和目标地址 DA 根据各个节点的地址定义(这里定义节点 1 地址为 0x80,节点 2 地址为 0x82,节点 3 地址为 0x84,节点 4 地址为 0x86)。当目标地址为网关地址时,定义第 1 个数据字节为最终目标地址,其余字节定义为纯数据字节。例如,节点 1 向节点 4 发送控制方向灯指令时,首先节点 1 发送一个 CAN 数据帧(如表 2)到节点 3。其中第 2 和第 3 个数据字节表示控制指令(如控制灯闪烁)。

表 1 SAE J1939 的 29 位标志位定义

S	11 位标志位	S	18 位标志位	R
0		R	D	T
CAN 扩展帧格式		R	F	
S	优先级	R	数据页	R
0		R	D	T
J1939 帧格式		R	F	
J1939 帧格式		R	F	
CAN ID 位		R	F	

表 2 节点 1(主控制器)控制节点 4(方向灯)闪烁的 CAN 数据帧

符号	帧长度	SA	DA	DLC	数据字节	P
1_LIN_CAN	0x04	0x80	0x84	3	1 2 3	8387A24008022001
					0x86 0x02 0x20	

一个完整的 LIN 数据帧包括同步帧、消息标志符 ID、数据字节和校验码。同步帧的格式为 0x55, ID 参照 LIN 规范的 ID 场有效值表和数据字节数量定义。校验码是数据场所有字节之和的反码, 数据字节的和按照带进位加 ADDC 方式计算, 每个进位都被加到本次结果的最低位 LSB, 这就保证了数据字节的可靠性。接收的节点使用相同的加法机制检查所有数据字节之和与校验码的和是否为 0xFF, 不是的话则产生校验和错误。数据字节的第一个字节定义为源地址 (SA), 第二个字节定义为目标地址 (DA), 其余字节定义为纯数据字节。例如, 节点 4 将方向灯的状态反馈给节点 1 时, 首先节点 4 发送一个 LIN 数据帧 (如表 3) 到节点 3。其中第 3 和第 4 个数据字节表示节点 4 的状态 (如灯闪烁)。

表 3 节点 4 向节点 1 (主控制器) 反馈方向灯闪烁状态的 LIN 数据帧

符号	同步帧	ID	数据字节				校验码
LIN	0x55	0x64	1 (SA)	2 (DA)	3	4	0xEF
			0x86	0x80	0x01	0x10	

网关收到 CAN 数据帧后, 根据其源地址和第 1 个数据字节, 配置 LIN 数据字节的第一个字节和第二个字节, 并根据纯数据字节的长度配置 ID; 然后将 CAN 的纯数据字节相应的配置成 LIN 的纯数据字节。这样, 加上同步帧 0x55 和相应的校验码, CAN 数据帧就转换为 LIN 数据帧了。例如, 将表 2 的 CAN 数据帧转换后, 将得到表 4 的 LIN 数据帧。节点 4 收到该帧后, 由第 1 和第 2 个数据字节判断可知是节点 1 发给节点 4 的数据, 则执行第 3 和第 4 个数据字节指示的动作 (如控制灯闪烁)。不然就抛弃该帧。

网关收到 LIN 数据帧后, 根据第 1 个数据字节配置 CAN 数

表 4 节点 1 (主控制器) 控制节点 4 (方向灯) 闪烁的 LIN 数据帧

符号	同步帧	ID	数据字节				校验码
LIN	0x55	0x64	1 (SA)	2 (DA)	3	4	0xD3
			0x80	0x86	0x02	0x20	

据优先级; 根据第 1 和第 2 个数据字节配置 CAN 数据的 SA 和 DA; 根据纯数据字节个数定义 CAN 数据 DLC, 最后把纯数据字节配置为 CAN 数据场字节。再加上 CAN 数据帧的统一定义位, LIN 数据帧就转换为 CAN 数据帧了。例如将表 3 的 LIN 数据帧转换后, 将得到表 5 的 CAN 数据帧。通过报文滤波后, 节点 1 将接收该帧, 并由数据字节判断节点 4 的当前状态 (如灯闪烁)。

表 5 节点 4 向节点 1 (主控制器) 反馈方向灯闪烁状态的 CAN 数据帧

符号	优先级	SA	DA	DLC	数据字节		PID
CAN	0x06	0x86	0x80	2	1	2	0x07 (0x0F001101)
					0x01	0x10	

5 结束语

对此 4 节点实验网络系统进行了实验测试, 结果表明: 整个系统设计合理, 通讯可靠, 能实现数据的完全共享。随着汽车电子技术的网络化发展趋势, 低成本的 CAN/LIN 混合网络将会得到越来越广泛的应用。

参考文献

- 1 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计. 北京航空航天大学出版社, 1996
- 2 LIN 规范 (V1.2). 广州周立功单片机发展有限公司

[收稿日期: 2004.5.26]