

CAN 总线网络测试研究*

徐 榕¹,何首文²,朱昌明¹(1.上海交通大学 机械与动力工程学院,上海 200240;
2.长沙中联重工科技发展有限公司,湖南 长沙 410013)

摘要:介绍了CAN总线网络开发方法,搭建了CAN总线集成开发测试环境,对实际网络进行了测试,给出了位定时参数计算方法,比较了不同模拟终端电阻下的总线的报文正确率和总线负载率等性能指标。

关键词:控制器局域网;位定时参数;总线终端电阻

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1674-7720(2010)22-0055-03

Research of CAN bus network test methods

XU Rong¹, HE Shou Wen², ZHU Chang Ming¹

(1.School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240; China;

2.Changsha Zoomlion Heavy Industry Science & Technology Development Co. Ltd, Changsha 410013, China)

Abstract: In this paper, CAN development procedure is introduced and an integrated environment is set up to test a real CAN. The BTR(Bit Timer Parameters) are calculated, and the bus performance, such as the bus load and frame rates are presented.

Key words: controller area network; bit timer parameters; bus terminal resistors

现场总线技术已成为当今工业自动化技术发展的热点。CAN(Controllor Area Network)即控制器局域网,是国际上应用最广泛的现场总线之一。1991年9月,Philips Semiconductors公司制订并发布了CAN技术规范(V2.0),该规范包括A、B两部分。此后,1993年11月,ISO正式颁布了道路交通运载工具——数字信息交换——高速通信控制器局域网(CAN)国际标准ISO 11898。CAN是一种多主从方式的串行数据通信总线,传输速率高,抗电磁干扰性强,能检测通信错误。作为一种技术先进、可靠性高、功能完善、成本合理的网络通信控制方式已被广泛应用到各个自动化领域,如汽车工业、工程机械、航空工业,被公认为几种最有前途的现场总线之一^[1]。

CAN总线网络系统的开发是在网络协议定义的框架下,对总线涉及的多个节点设备之间的数据交换的过程进行控制,涉及各个设备本身对数据交换的需求和响应,系统复杂,按照其功能可以划分为:总体设计、节点设计和测试验收。总体设计主要负责整个网络功能定义,传输协议的设计、仿真,系统节点模型的建立和仿

真,提出各节点的功能描述,包括节点电气特性和功能特性,并交付各节点设计人员实现;节点设计则根据提出的节点功能描述进行网络节点设备的开发,包括硬件设计和软件开发,并协助其他开发人员完成对本节点设备的调试和测试。测试验收根据网络功能定义描述,制定网络功能测试流程,建立网络测试平台,对各节点进行测试验收和全网络系统平台实验。

统一的开放式平台使得CAN网络设计人员和其他开发人员(如软件工程师,测试工程师等)共享成果,减少了重复工作,加快了开发进度。此外,在节点设计之前,对整个网络的协议和各节点功能进行全网络仿真,可以在设计的最初阶段发现和纠正设计中的错误或者疏漏;在硬件平台搭建之前进行功能仿真,减少了节点设备开发阶段由于软件设计缺陷带来的时间和资源的浪费;软件仿真阶段的成果可以直接用于对节点设备的测试检查。在整个网络系统实体构建完成前,通过CAN总线接口设备和残余总线技术,对已经实现的节点进行实物仿真。

* 基金项目:国家科技支撑计划(2006BAJ12B03)

网络与通信 Network and Communication

1 CAN 总线节点组成和功能

CAN 总线节点位于传感器和执行机构所在的工业现场,完成现场数据采集、控制和通信功能。典型 CAN 节点一般包括总线收发器和协议控制器、主控制器,以及传感器和执行器,如图 1 所示。CAN 协议通信由总线收发器和总线控制器完成,协议控制器完成 CAN 协议数据链路层(MAC)的报文分帧、仲裁应答、错误检测和标定,以及逻辑链路控制子层(LLC)的报文过滤、过载通知、恢复管理等具体服务;总线收发器完成 CAN 协议物理层功能,是 CAN 控制器和物理传输线路之间的接口。许多 CAN 节点采用了总线收发器(PCA82C250)、协议控制器(SJA1000)和主控制器(51 系列单片机)方案,也有不少节点采用了内嵌协议控制器的微处理器(P8XC592/ARM)和数字信号处理器(TMS320F2407F)方案。

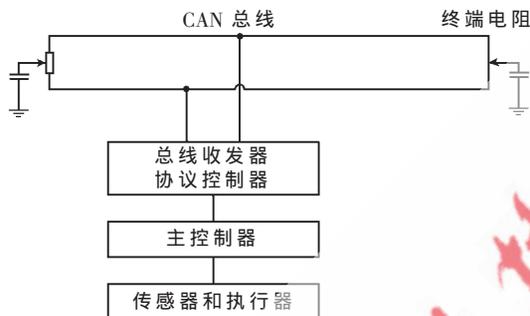


图 1 典型 CAN 总线和总线节点

2 CAN 总线测试平台的组成

本文采用了 Vector 公司出品的 CAN 总线开发测试集成环境和工具构建了开放式开发测试平台,对由 3 个节点组成的 CAN 总线通信网络进行测试,优化总线参数,提高了 CAN 通信抗干扰能力。CAN 总线测试网络由执行机构节点、远程传输节点、状态监测节点组成。执行机构节点控制器采用 TMS320F2407(内嵌 CAN 控制器),驱动执行机构完成相应功能,发送电机转角编码和瞬时转矩电流信息报文;远程传输节点是一个 CAN/GPRS 的网关,功能是将报文信息转发至远程节点。状态监测节点则是一个基于 PC 和虚拟仪器(LabVIEW)的操作面板,转换并显示报文的物理量信息,同时控制执行机构的运行。

CAN 总线测试环境和工具包括总线记录仪、总线干扰仪和开发测试仿真环境^[2-4]。总线记录仪和总线干扰仪作为节点接入测试总线,如图 2 所示。其中总线记录仪(Vector CANcaseXL)接收、录制、存储和评估不同的 CAN 总线网络信号和报文,记录其工作状态和故障情况,便于在随后的回放中分析故障原因,提出优化改进的方法和措施;总线干扰仪(Vector CANStressDR)生成总线信号、总线物理属性和逻辑电位的各种干扰,在实验室环境下模拟实际工况中可能出现的断路、短路,模拟不同长度的传输电缆,也可对报文特定位进行干扰以检

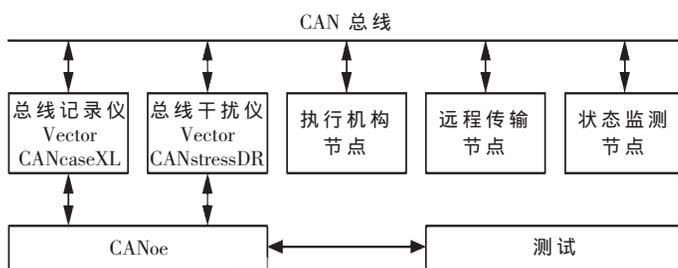


图 2 实测 CAN 总线网络组成

查总线的抗干扰能力;开发测试仿真环境(Vector CANNoe)集成了总线开发和测试,通过定义报文数据库,观测报文数据并换算为相应的物理量显示。通过仿真总线和实际总线的切换,不仅可以测试现场信号,还可对录制的信号进行回放分析,分析查找故障原因。

3 CAN 总线位定时参数的计算

在 CAN 通信协议中,波特率、每个位周期的采样位置和个数都可以自行设定,CAN 总线上不同节点之间通过约定的通信速率进行通信,通过调整位定时参数可以优化网络通信性能,例如,位周期内的采样位置偏后,能容忍较大的信号传输延迟,即总线传输距离可以延长;取样位置接近中间,则可以容忍 CAN 总线上节点间参考时钟的误差,显然两者是矛盾的,为了协调这种矛盾,必须对位定时参数进行优化设置。常用的通信速率有 100 kb/s、125 kb/s、250 kb/s、500 kb/s 和 1 Mb/s 等,对于常用的波特率,在一些 CAN 总线通信测试软件中可以通过列表框进行选择,对一些特殊的波特率,如本实测网络采用了 66.7 kb/s 的通信速率,又或虽然是常用的波特率,但出于优化网络通信性能的需要,选择特定的位定时参数时,就要计算并通过总线时序寄存器设置位定时参数。

总线时序寄存器 BTR0 和 BTR1 定义如表 1、表 2 所示。

表 1 总线时序寄存器 0(BTR0)定义

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
SJW.1	SJW.0	BPR.5	BPR.4	BPR.3	BPR.2	BPR.1	BPR.0

表 2 总线时序寄存器 1(BTR1)定义

Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
SAM	TSEG2.2	TSEG2.1	TSEG2.0	TSEG1.3	TSEG1.2	TSEG1.1	TSEG1.0

位定时参数按式(1)计算^[5-6]:

$$t_{bit} = 1/f_{bit} = t_{SYNC_SEG} + t_{TSEG1} + t_{TSEG2} = 2 \times BRP \times NBT / f_{clk} \quad (1)$$

其中: t_{bit} 为位周期长度, f_{bit} 为通信波特率, t_{SYNC_SEG} 为同步段周期, t_{TSEG1} 为相位缓冲段 1 周期, t_{TSEG2} 为相位缓冲段 2 周期, BRP 为波特率预设值, NBT 为位周期的标量值, f_{clk} 为参考时钟频率。

实测总线通信速率为 $f_{bit}=66.7 \text{ kb/s}$, 预设的位定时参数为: $t_{SYNC_SEG}=1, t_{TSEG1}=9, t_{TSEG2}=5, SJW=3, SAM=1, NBT=15$,而 BRP 则由于节点的参考时钟频率不同而不同。位周期的标量值(NBT)取值区间为 3~25,在 1 个采样点时,最小值一般取 4;在 3 个采样点时,最小值一般取

网络与通信 Network and Communication

5, 实测网络取为 $NBT=15$ 。当 CAN 总线控制器 SJA1000 采用不同的参考时钟频率时, $BTR0$ 和 $BTR1$ 取值也不同。例如, 当时钟频率为 24 MHz 时, 根据式(1)计算可得:

$$BRP=f_{clk}/(2 \times f_{bit} \times NBT)=24 \times 10^6/(2 \times 66.7 \times 10^3 \times 15)=12$$

根据表 1 和表 2 的定义可知可得: $BTR0=0x8b$,

$BTR1=0xc8$ 。同理, 当参考时钟频率为 16 MHz 时, 则:

$$BRP=f_{clk}/(2 \times f_{bit} \times NBT)=16 \times 10^6/(2 \times 66.7 \times 10^3 \times 15)=8$$

$BTR0=0x87$, $BTR1=0xc8$ 。

4 CAN 总线网络测试

首先利用开发测试仿真环境 (CANoe) 定义 CAN 总线测试网络, 如图 3 所示, 其中 Door Controller 表示执行机构节点, Performance Meter 代表状态监测节点, Remote Gateway 代表远程传输节点; 系统则自动生成 Basic CAN 代表总线, 以及 Bus Scope 总线记录仪和 Replay Block 总线回放“虚拟”节点。采用 CANcaseXL 记录运转过程中总线上的报文信息和总线负载, 并在 CANoe 环境下进行回放、分析, 如图 4 所示。

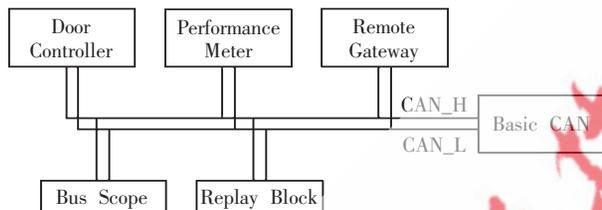


图 3 CAN 网络开发环境

CAN 总线在不同的应用场合, 其总线长度、总线负载、终端电阻、环境各不相同, 导致无法针对实际工况进行优化, 提高数据通信的可靠性。利用本文所述的测试工具和平台, 可以对现场工况进行记录回放, 或在实验室进行模拟测试, 帮助开发人员和测试人员尽可能准确地定位故障, 从而提高开发的效率。本文的模拟测试结果表明, 电气和参数对 CAN 总线上通信性能影响较大, 通过测试工具模拟发现, 终端电阻对提高通信质量, 降低报文差错影响较大。通过测试工具分别模拟了 CAN 总线短路、75 Ω、120 Ω、开路等终端电阻, 通信过程中正确帧和错误帧速率测试数据如表 3 所示, 可以看出终端电阻为 120 Ω 时通信差错率最小。

参考文献

[1] 邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京: 北京



图 4 CAN 总线记录和回放

表 3 不同终端电阻下差错率

终端电阻/Ω	正确报文速率/(帧/s)	错误报文速率/(帧/s)	正确率/%
0	0	0	/
75	280	340	45.2
120	400	220	64.5
∞	370	240	60.7

航空航天大学出版社, 1996.

[2] Vector Informatic GmbH. CANoe User manual, Version 4.1[S].

[3] Vector Informatic GmbH. CANcaseXL/log, Version 3.0[S], User Manual.

[4] Vector Informatic GmbH. CANStress Manual, Version 2.1[S].

[5] PHILIPS. Determination of bit timing parameters for the CAN Controller SJA1000[S], 1997.

[6] 吴永. CAN 总线位定时参数的确定[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2003(10): 19-22.

(收稿日期: 2010-06-22)

作者简介:

徐榕, 男, 1968年生, 博士, 副教授, 主要研究方向: 机械系统和物流装备系统分析设计、开发, 计算机辅助分析和设计, 嵌入式控制系统。

何首文, 男, 1964年生, 本科, 高级工程师, 主要研究方向: 工程机械电气控制。

朱昌明, 男, 1950年生, 本科, 教授, 主要研究方向: 电梯控制。