

基于芯片 HI3110 的旋转导向 CAN 通信系统设计

贾建波 刘俊彦 孙师贤 尚捷

(中海油田服务股份有限公司油田技术研究院 北京 101149)

摘要: 旋转导向工具仪器工作在井下苛刻环境中,其内部通信系统需要具有耐高温、可靠性高、通信实时性强和扩展灵活等特性。设计了一种基于 HI3110 芯片的 CAN 总线通信系统,介绍了利用 CAN 总线控制驱动集成芯片 HI3110 及单片机实现 CAN 总线通信节点的系统硬件设计结构方案和软件工作流程。实验室测试表明,该通信系统在 125℃ 环境温度下,通信误码率可以达到 10^{-5} ,满足旋转导向仪器内部通信系统对耐高温、可靠性、实时性的要求,并且在旋转导向工具工程应用中取得了很好的效果。

关键词: 旋转导向工具;数据采集;CAN 总线

中图分类号: TE927 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.10

Design of CAN bus communication system of rotary steerable tool based on integrated chip HI3110

Jia Jianbo Liu Junyan Sun Shixian Shang Jie

(Well-Tech R&D Institutes China Oilfield Service Ltd., Beijing 101149, China)

Abstract: Rotary steerable drilling tool works in harsh environment underground. The communication system in tools need the following characteristics, such as high temperature resistance, high reliability, realtime capability and flexible expansion capability. This paper describes the design of CAN bus communication system based on HI3110 chip, introduces CAN bus communication nodes hardware structure and software work flow with HI3110 and MCU. Laboratory tests show that the communication bit error rate can reach 10^{-5} in ambient temperature 125℃. The communication system meets requirements of rotary steerable tool with high temperature resistance, high reliability and realtime capability, and obtained the good effect in engineering application of rotary steerable drilling tool.

Keywords: rotary steerable tool ;data acquisition ;CAN bus

1 引言

旋转导向工具由于其摩阻与扭矩小、井眼净化效果好,井眼轨迹平滑易调控等优点广泛应用于超深井、高难定向井、丛式井、分支井等特殊工艺井开发中。为了加快我国海上油气藏开发的步伐,降低勘探开发成本,中海油田服务股份有限公司开展了旋转导向钻井技术研究工作^[1-3]。在研发的旋转导向工具中,功能模块众多,如何解决众多模块间耐高温、实时、可靠通信,同时又具有便捷的可扩展性能,成为一个重要问题。CAN 总线是一种有效支持实时控制的串行数据通信网络,其检错能力强、通信硬件接口简单、通信介质选择灵活、可靠性高、实时性强备受青睐^[4-5]。鉴于 CAN 总线以上优点,设计了一种基于 CAN 总线的通信系统应用于旋转导向工具中,很好的满足了仪器的应用要求。

2 CAN 总线的特点

CAN (control area network)总线即控制器局域网络,是德国 Bosch 公司 1986 年为解决汽车中众多测量控制部件之间的数据交换而开发的一种数据通信总线,是一种具有国际标准的现场总线。CAN 总线由于其良好的实时性、可靠性、灵活性以及独特的设计,越来越受到人们的重视并被广泛应用于航海、航空、医疗及工业现场多个领域^[6-7]。CAN 总线通信方式灵活,通过报文滤波实现点对点、点对多点及全局广播等几种方式传送接收数据,无需专门的调度,节省资源;CAN 总线采用非破坏性仲裁技术,网络上的节点可分成不同的优先级,从而大大节省了总线冲突仲裁时间;CAN 总线在通信距离小于 40 m 时,通信速率最高可达 1 Mbps;CAN 上的节点数主要取决于总线驱动电路,

目前可达 110 个, 鉴于以上特点, 基于 CAN 总线的分布式通信系统是实现多子系统协同的理想途径, 因此在多领域得到了广泛的应用^[8]。

3 CAN 总线在旋转导向仪器中应用

旋转导向仪器中存在众多的子模块, 各个模块负责不同的功能, 协同工作完成旋转导向仪器导向功能。主控制模块完成命令接收、数据汇总上传功能; 子模块完成数据采集、命令执行等不同功能。为了能够满足模块间通信要求, 各个模块配备相同的 CAN 总线通信接口, 采用了相同的硬件结构电路、控制软件, 避免了重复性设计, 硬件结构简单, 扩展方便。

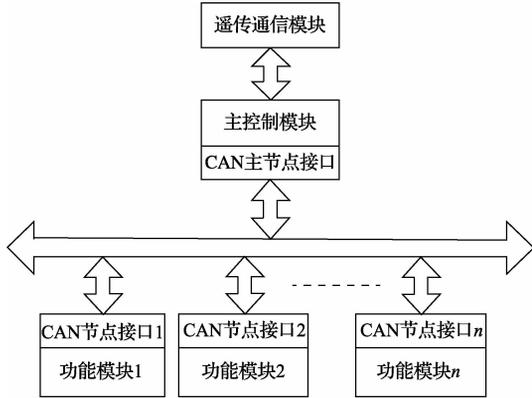


图 1 旋转导向仪器 CAN 总线通信结构示意图

图 1 为旋转导向仪器的 CAN 总线通信结构示意图。

4 CAN 节点设计

考虑旋转导向仪器本身的结构特点, 在节点设计中采用以“专用 MCU + CAN 控制驱动器”为核心, 辅以必要的外围器件构成通信控制系统, 优点在于硬件结构清晰, 可靠性高, 扩展便捷^[9]。

4.1 硬件设计

CAN 节点接口电路主要由 3 部分组成: CAN 通信接口电路、MCU 控制器电路、接口电源电路;

CAN 通信接口电路设计中采用了 HOLT 公司 HI3110 芯片作为 CAN 接口实现的主要器件。HI3110 是一款集成了总线驱动功能的航空级 CAN 控制器, 该芯片支持 CAN2.0B 标准, 能够接收、发送标准数据帧、扩展数据帧和远程帧。内部的收发器允许芯片直接连接 CAN 总线不需要额外的器件, 芯片通过 SPI 总线与主控制器连接, 最高接口速率可以达到 20 MHz。HI3110 可以提供一种最小开销的应用解决方案, 提供可以保存多达 8 条信息的 FIFO 寄存器。MCU 通过发送使能管脚触发一次信息发送, 同时芯片提供监听模式, 低功耗睡眠模式, 循环自检模式。HI3110 芯片内部功能模块结构如图 2 所示。

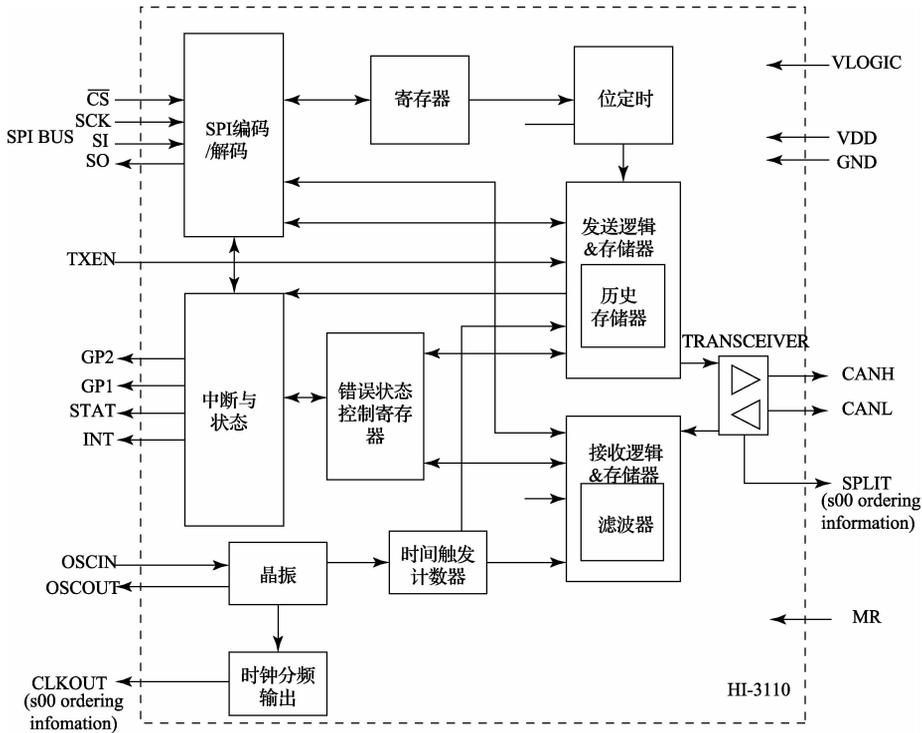


图 2 HI3110 内部结构

HI3110 芯片内部有 15 个功能寄存器, 通过配置寄存器, 可以实现 CAN 功能的配置与控制功能。控制器 MCU 通过 SPI 总线访问 HI3110 的寄存器, 配置相关的参数控

制 CAN 总线通信。采用 HI3110 设计的 CAN 总线接口电路图如图 3 所示。


```

HI3110SetFilterMask(0x1, 0x011, 0xff);
HI3110SetFilterMask(0x2, 0x080, 0xff);
HI3110_WRITE_CTRL1 ( HI3110_CTRL1_TXEN |
HI3110_CTRL1_OSM|HI3110_CTRL1_FILTON);
HI3110_WRITE_CTRL0(0x00); // Set HI3110 into the
normal mode
}

```

CAN 是一种采用无破坏性位竞争机制实现串行多主通信的现场总线^[10]。需要发送数据时,首先配置帧头信息,然后将数据加载到标准帧或扩张帧的数据区,将配置好的帧数据通过 SPI 总线写入 CAN 控制驱动器 HI3110,设置 HI3110 的 TXEN 管脚为“高”,CAN 控制驱动器自动将发送 FIFO 中的数据加载到发送缓冲区,并在总线空闲状态时开始发送数据。CAN 总线在开始发送每条信息时,标识符场会建立该信息的优先级,如果 2 个节点同时开始发送,高优先级节点会在按位比较仲裁中获胜,低优先级

节点会停止发送^[11]。CAN 总线接收程序配置为中断模式,当 CAN 总线控制驱动器正确接收到帧时,会根据配置信息产生中断信号,主控制器检测到中断信号,通过 SPI 总线读取 HI3110 接收缓冲区中的数据,完成 CAN 总线接收功能。

5 测试结果

为了检测设计的 CAN 总线网络通信质量,设计了高温环境下通信误码率实验。设置一个主节点,3 个从节点,节点间通过 CAN 总线连接,每个节点同时通过串口连接到 PC 端。被测试节点置于高温测试箱中,高温箱环境温度达到 125℃后,启动测试。PC 通过串口发送 2 bytes 随机测试数据到主节点,主节点通过 CAN 总线将数据发送到从节点,从节点将接收到的数据通过串口发送回 PC 端,PC 端通信控制软件负责通信测试控制,并统计通信性能。通讯测试软件界面如图 4 所示。

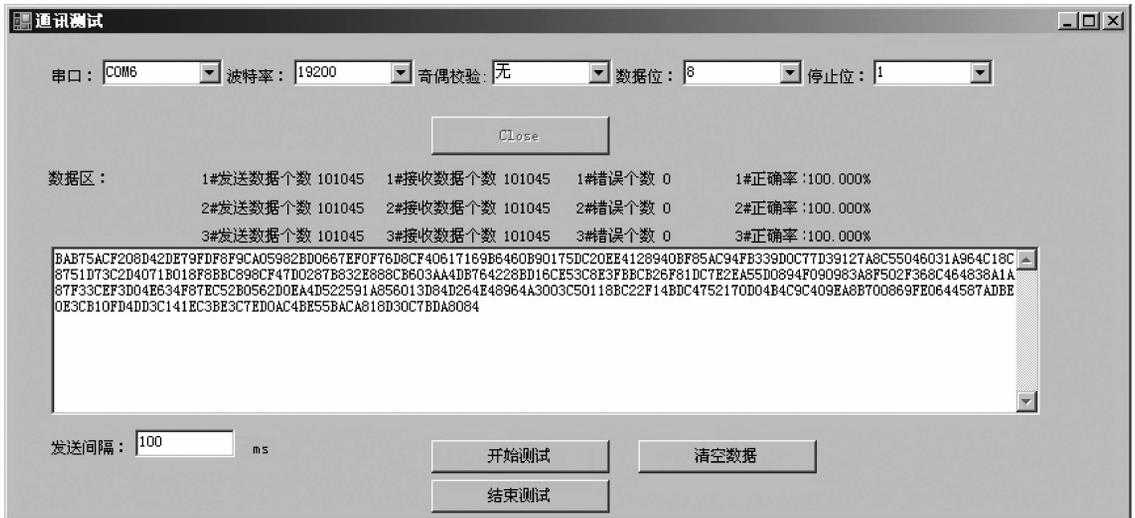


图 4 测试软件界面

测试中通信速率为 125 Kbps,每个节点通信数据量达到 $101\ 045 \times 2 = 202\ 090$ bytes 时,没有出现错误数据。对通信结果进行通信置信度分析可以知道在置信度 99.999%下,设计的 CAN 通信网络可以达到 10^{-5} 误码率要求。

6 结 论

基于 CAN 总线控制驱动器 HI3110 设计的 CAN 通信网络,具有集成度高、抗干扰性强、高温环境下工作稳定的特点。在设置通信速率为 125 Kbps,环境温度为 125℃情况下测试发现,CAN 总线通信误码率可以达到 10^{-5} (置信度 99.999%)。优越的高温性能、便捷的可扩展性、使得其成为旋转导向仪器内部模块间通信较佳的通信网络选择,并且在实际的工程应用中取得了很好的效果。

参考文献

- [1] 薛启龙,丁青山,黄蕾蕾. 旋转导向钻井技术最新进展及发展趋势[J]. 石油机械,2013,41(7):1-6.
- [2] 吴超,菅志军,郭云,等. 旋转导向钻井系统关键技术研究及实钻实验[J]. 中国海上油气,2012,24(3):52-53.
- [3] 姜伟. 旋转导向偏心稳定器井壁推靠力学特性及影响因素研究[J]. 中国海上油气,2010,22(6):397-402.
- [4] 孙慧贤,张玉华,罗飞路. 采用 USB 和 CAN 总线的电力监控数据采集系统[J]. 电力系统及其自动化学报,2009,21(1):99-103.
- [5] 牛广文. 基于 CAN 总线的分布式智能温度采集系统设计[J]. 低压电器,2012,7:43-47.

- [6] 刘鑫,林兆华,杜璧秀. CAN 总线分布式自动调焦控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(8): 44-47.
- [7] 郝勃,刘衍珩,曲良东,等. CAN 网络的分组合并策略研究及实现[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(9): 2137-2142.
- [8] 尹安东,朱云骁,江昊,等. CAN 总线混合调度算法在 HEV 控制系统中的应用[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(1): 31-35.
- [9] 王跃飞,侯亮,刘菲. 基于 FPGA 的汽车 CAN 网络实时管理系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(8): 721-726.
- [10] 魏丰,潘小虎,曾勇,等. 光纤 CAN 总线集线器及其组网研究[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(12): 2840-2843.
- [11] 葛中芹,威海峰,张衡,等. 一种基于 CAN 总线的 CO 气体检测系统[J]. 电子测量技术, 2013, 36(7): 102-105.

作者简介

贾建波, 1982 年出生, 工学硕士。主要研究方向为旋转导向钻井仪器、随钻测井仪器。

E-mail: Jiajb@cosl.com.cn

PXI 平台迎接高性能应用挑战服务最前沿测试领域

第十二届 PXI 技术和应用论坛北京站报道

一、2015 PXI TAC 北京站活动

2015 年 5 月 26 日,第十二届 PXI 技术和应用论坛(2015 PXI TAC)如期在北京万达索菲特大酒店成功举行。今年的 PXI TAC 覆盖了北京、广州、西安、上海四个城市,为全国各地的工程师提供更多了解 PXI 最新技术和最前沿应用,以及参与特色专题讨论的机会。每个城市设置了不同热门应用领域的专题讨论,包括射频应用、国防与航空航天、汽车电子、半导体等。更具吸引力的是每一站都设置了动手课程,参会者可来自不同厂家、不同领域的专家面对面交流,深入探讨利用最新技术解决应用难题的方案,并亲手构建基于 PXI 的完整自动化测试系统,完成自定义测量任务。



图 1 2015 PXI TAC 北京站主题报告会会场

5 月 26 日上午,大会在 NI PXI 平台和仪器研发副总裁 Robert Canik 先生的主题演讲中拉开了序幕,Robert 先生着眼于未来测试领域更复杂化、更短时间、更高品质的发展趋势,分析了对自动化测试系统性能的需求。他表示,PXI 平台凭借其灵活开放的特性、更高的测量品质、较低延迟及高吞吐率、软件 LabVIEW 自定义功能且集成定时和同步功能等优势,实现了不断增长的市场份额,并在

今年推出了引入 PCIe 3.0 技术的控制器和机箱的最新产品,以实现更高的系统带宽,轻松满足未来需求。



图 2 Robert Canik 先生在主题报告上演讲

随后,NI 大区销售经理徐山、NI 产品市场经理陈宇睿分别做了题为“基于 PXI 平台提高生产力、降低总体成本”及“PXI 平台在各行各业的广泛应用”的报告。最后,作为应用案例,NI 邀请了中科华核电技术研究院关济实所长介绍了 PXI 平台在大亚湾板卡测试系统及大型实验室测试系统中的使用情况和效果,使参会者更直观地了解了 PXI 平台的高性能和低成本在此领域的应用优势。

在主题报告后的媒体见面会上,副总裁 Robert Canik 先生、中国市场经理汤敏女士、中国产品市场主管刘旭阳先生、自动化测试产品市场经理陈宇睿先生接受了媒体代表的采访,解答了媒体所关心的 PXI 产业发展方向、NI 对物联网时代的理解及应对、PXI 新产品的优势及应用领域、PXI 的客户推广服务等方面的问题。

北京站的讨论专题是射频应用,专题围绕无线技术的最新发展,关注不同无线设备的测试方案,深入探讨如何通过测试策略的优化来提升测试效率。在 PXI 产品应用展示区和数十场主题分论坛中,参会的学者、工程师和技