

基于CAN总线的拖拉机智能电器控制系统设计与实现

宋国风^{1,2} 裴高院^{1,2} 尹海峰^{1,2}

1. 洛阳拖拉机研究所有限公司 河南 洛阳 471039

2. 智能农业动力装备全国重点实验室 河南 洛阳 471039

摘要: 本文介绍了基于CAN总线的拖拉机智能电器控制系统的设计与实现。通过对拖拉机智能电器控制系统的需求分析,设计了基于CAN总线的网络结构模型,并详细阐述了硬件设计、软件设计以及系统测试与验证过程。该系统实现了拖拉机电器设备的集成化、智能化控制,提高了拖拉机的工作效率和可靠性。

关键词: CAN总线; 拖拉机; 智能电器控制系统; 硬件设计; 软件设计

引言

随着电子技术和微控制器技术的发展,越来越多的新技术应用于现代农业拖拉机上。现代拖拉机电子单元日益增多,大量数模信号需要实时交换,传统线束已难以满足需求。控制器局域网(CAN)作为一种高效、可靠的串行通信协议,已成为拖拉机信号实时交换的重要发展方向。本文旨在设计并实现一套基于CAN总线的拖拉机智能电器控制系统,以提高拖拉机的智能化水平和工作效率。

1 系统总体设计

1.1 系统需求分析

拖拉机智能电器控制系统旨在实现对拖拉机各类电器设备的全面、高效与智能化管理。具体而言,该系统需集成控制仪表系统,确保驾驶者能实时获取车辆运行状态信息;灯光系统,根据环境光线自动调节亮度,提高行驶安全;雨刮系统,根据降雨量智能调整刮水频率,保持视野清晰;喇叭系统,实现按需响应,提升警示效果;起动系统,确保发动机快速、可靠启动;以及充电系统,有效管理电池充放电,延长电池使用寿命。系统需具备高度的实时性,能够迅速响应驾驶者指令和环境变化;同时,要求极高的可靠性,确保在各种恶劣作业环境下稳定运行;此外,还需具备良好的可扩展性,以便未来根据需求增加新的控制功能或升级现有功能,满足不同作业场景和拖拉机型号的特定需求。

1.2 CAN总线网络结构设计

为了实现上述目标,拖拉机智能电器控制系统采用了基于CAN总线的分布式控制结构。在此结构中,拖拉机的各个电器设备不再独立存在,而是作为网络节点,通过CAN总线实现互联互通。系统由一个主控制器和多个从控制器组成,形成了层次清晰、协同工作的控制体系。主控制器作为系统的“大脑”,负责协调各从控制

器的工作,收集并处理来自各个节点的数据,同时根据处理结果下发相应的控制指令。这种集中式的数据处理与指令下发模式,提高了系统的整体效率和响应速度^[1]。CAN总线网络设计遵循ISO 11783国际标准,该标准专为农业机械的通信而制定,确保了不同设备之间的互操作性。这意味着,无论拖拉机上的电器设备来自哪个制造商,只要它们遵循ISO 11783标准,就能无缝接入系统,实现信息共享与协同工作。这种开放性的设计思路,为拖拉机的智能化升级和定制化配置提供了无限可能。

2 硬件设计

2.1 主控制器设计

主控制器作为整个智能电器控制系统的核心,承担着数据管理和指令控制的重任。经过深入研究和比较,选择了带有CAN控制器的STM32系列处理器作为主控制器的核心芯片。STM32系列处理器以其强大的处理能力、丰富的外设接口和出色的功耗表现,在工业自动化、汽车电子等领域得到了广泛应用。在主控制器设计中,充分利用了STM32处理器的CAN控制器功能,通过CAN总线与各从控制器实现数据通信。主控制器不仅负责接收来自传感器和其他输入设备的信息,还需要对这些信息进行实时处理,并根据处理结果发出相应的控制指令。为了确保数据通信的可靠性和实时性,采用了高速CAN总线,并配置了合适的波特率和通信协议。除了CAN通信功能外,主控制器还具备丰富的外设接口,如ADC(模数转换器)、DAC(数模转换器)、PWM(脉宽调制)输出等。这些外设接口使得主控制器能够直接采集模拟信号、输出模拟信号以及控制数字信号,从而满足系统对多种类型信号的处理需求。此外,主控制器还集成了大容量的存储器,用于存储程序代码、数据以及日志信息,方便后续的系统调试和维护。在主控制器的软件设计中,采用了嵌入式实时操作系统(RTOS),以提高

系统的实时性和多任务处理能力。通过RTOS,可以将系统任务划分为多个优先级不同的线程,并根据任务的紧急程度和重要性进行合理调度。这样,即使系统同时处理多个任务,也能保证关键任务的实时响应和处理。

2.2 从控制器设计

从控制器负责具体电器设备的控制,是智能电器控制系统中的重要组成部分。根据系统的需求,设计了多种类型的从控制器,如仪表显示控制器、灯光开关控制器、雨刮电机驱动控制器等。这些从控制器都采用带有CAN接口的微控制器作为核心芯片,通过CAN总线接收主控制器的指令,并控制相应电器设备的运行。在从控制器的设计中,充分考虑了电器设备的特性和控制需求。例如,在仪表显示控制器中,采用了高精度的ADC来采集传感器的信号,并通过PWM输出或数码管驱动电路来显示仪表信息。在灯光开关控制器中,设计了灵活的开关控制电路,可以根据主控制器的指令或手动开关来控制灯光的亮灭。在雨刮电机驱动控制器中,采用了H桥驱动电路和PWM控制技术,以实现雨刮电机的正反转和速度调节^[2]。此外,从控制器还具备AD转换、PWM输出等功能,以满足系统对模拟信号采集和数字信号控制的需求。为了提高系统的可靠性和稳定性,还在从控制器中加入了看门狗电路和故障自检功能。看门狗电路可以监控微控制器的运行状态,当微控制器出现异常时及时复位;故障自检功能可以在系统启动时或运行过程中对从控制器的硬件和软件进行自检,确保从控制器的正常工作。

2.3 CAN总线通信电路设计

CAN总线通信电路是智能电器控制系统中的关键部分,它负责将主控制器和从控制器连接起来,实现数据通信和指令传输。在CAN总线通信电路的设计中,采用了高速CAN收发器和隔离电路等组件。CAN收发器负责将微控制器的数字信号转换为CAN总线上的差分信号,并实现信号的接收和发送。选择了具有高速传输速率、低功耗和抗干扰能力强的CAN收发器芯片,以确保CAN总线的通信质量和稳定性。同时,还对CAN收发器的电路进行了优化设计,如采用合适的阻抗匹配和终端电阻配置,以减少信号反射和干扰。隔离电路用于提高系统的抗干扰能力,保护微控制器免受总线上的干扰信号影响。采用了高速光耦隔离器或磁耦隔离器来实现微控制器与CAN总线之间的电气隔离。隔离电路不仅可以有效抑制总线上的共模干扰和差模干扰,还可以防止微控制器因总线上的过电压或过电流而损坏。此外,还对CAN总线通信电路进行了布线和布局优化,以减少线路之间

的串扰和电磁干扰。采用了双层或多层PCB板设计,将CAN总线信号线与其他信号线分开布置,并采用了地线包围、电源滤波等措施来提高电路的抗干扰能力。

2.4 电源电路设计

电源电路为整个智能电器控制系统提供稳定的直流电源,是系统正常工作的基础。在电源电路的设计中,采用了蓄电池供电方式,并通过DC-DC转换器将蓄电池电压转换为各模块所需的电压等级。为了确保电源电路的稳定性和可靠性,选择了具有高效率、低纹波和低噪声的DC-DC转换器芯片。同时,还对DC-DC转换器的电路进行了优化设计,如采用合适的电感、电容和二极管等组件来组成滤波电路,以减少电源输出中的纹波和噪声。此外,电源电路还具备过流、过压等保护功能。当系统出现过流或过压情况时,保护功能可以及时切断电源输出,防止系统因过流或过压而损坏。还设计了电源指示灯和故障指示灯,方便用户随时了解电源电路的工作状态和故障情况。

3 软件设计

3.1 CAN总线通信协议设计

CAN总线通信协议是拖拉机智能电器控制系统各节点之间数据通信的基础。为了确保通信的高效性和可靠性,依据ISO 11783标准,精心设计了CAN总线通信协议。协议首先定义了数据帧格式,包括帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC校验场和帧结束等部分。其中,仲裁场用于确定数据帧的优先级,确保高优先级数据能够及时传输;数据场则用于携带实际的控制指令或传感器数据。在标识符分配方面,根据系统的需求和功能,为每个节点分配了唯一的标识符。这样,当数据帧在CAN总线上传输时,各节点可以根据标识符判断数据帧的来源和目的,从而实现准确的数据接收和发送。数据域定义是协议设计的另一个重要方面。根据电器设备的控制需求和传感器数据的特性,定义了数据域的具体内容和格式。例如,对于灯光系统的控制指令,数据域可能包括灯光的开关状态、亮度调节等信息;对于传感器的数据,数据域则可能包括传感器的测量值、状态标志等信息^[3]。此外,还设计了合理的错误处理机制和重发机制。当CAN总线通信过程中出现错误时,节点能够及时发现并处理错误,确保通信的可靠性。

3.2 主控制器软件设计

主控制器软件是拖拉机智能电器控制系统的“大脑”,它负责协调各从控制器的工作,实现数据的集中处理和集中控制指令的下发。在软件设计中,采用了模块化设计思想,将主控制器软件划分为多个功能模块,包括

初始化模块、数据采集模块、数据处理模块和控制指令下发模块等。初始化模块负责在系统启动时对各硬件模块进行初始化设置,确保系统能够正常工作。数据采集模块则负责定时从各传感器和从控制器采集数据,并将数据存入缓冲区供后续处理。数据处理模块是主控制器软件的核心部分。它负责对采集到的数据进行实时处理和分析,提取出有用的信息,并根据处理结果生成相应的控制指令。为了处理大量的实时数据,采用了高效的数据处理算法和优化的数据结构,确保数据处理的实时性和准确性。控制指令下发模块负责将生成的控制指令通过CAN总线下发给各从控制器。在下发控制指令时,考虑了指令的优先级和时效性,确保高优先级指令能够及时下发并执行。此外,主控制器软件还设计了定时中断机制,用于定时接收各从控制器的数据并触发数据处理流程。通过定时中断方式,可以确保数据的实时性和系统的响应速度。

3.3 从控制器软件设计

从控制器软件负责具体电器设备的控制,是拖拉机智能电器控制系统的重要组成部分。在软件设计中,根据具体电器设备的控制需求,设计了相应的从控制器软件。从控制器软件同样采用了模块化设计思想,包括初始化模块、CAN通信模块和控制算法模块等部分。初始化模块负责在系统启动时对从控制器的硬件进行初始化设置;CAN通信模块则负责通过CAN总线与主控制器进行数据通信,接收主控制器的指令并发送传感器数据。控制算法模块是从控制器软件的核心部分。它根据接收到的主控制器指令和传感器数据,运用相应的控制算法实现对电器设备的精确控制。例如,对于灯光系统的控制,控制算法可能根据环境光线和主控制器指令调整灯光的亮度和开关状态;对于雨刮系统的控制,控制算法则可能根据降雨量和主控制器指令调整雨刮的速度和间歇时间^[4]。在设计从控制器软件时,还考虑了软件的可靠性和可维护性。采用了良好的编程规范和注释方式,使

得软件易于理解和修改;同时,还设计了错误处理机制和故障自检功能,确保从控制器在出现异常时能够及时报警并采取相应的处理措施。

4 系统测试与验证

一是硬件测试:在硬件设计阶段完成后,对各模块进行单独测试,确保硬件电路的正确性和可靠性。测试内容包括电源电路测试、CAN总线通信电路测试、从控制器功能测试等。二是软件测试:在硬件测试通过后,进行软件测试。测试内容包括CAN总线通信协议测试、主控制器软件功能测试、从控制器软件功能测试等。通过模拟实际工作环境,验证系统的实时性、可靠性和稳定性。三是系统集成测试:在硬件和软件测试通过后,进行系统集成测试。将各模块连接到一起,组成完整的拖拉机智能电器控制系统。通过田间试验等方式,验证系统在实际工作环境下的性能表现。

结语

本文设计并实现了一套基于CAN总线的拖拉机智能电器控制系统。系统采用分布式控制结构,实现了电器设备的集成化、智能化控制。通过硬件设计和软件设计的详细描述,以及系统测试与验证的结果,证明了该系统的可靠性和实用性。该系统不仅提高了拖拉机的工作效率,还为未来拖拉机智能化控制技术的发展奠定了基础。

参考文献

- [1]李国欣,王熙.基于CAN总线的拖拉机远程故障监测系统研究[J/OL].农机化研究,1-7[2025-02-11].
- [2]潘为华.浅论大马力拖拉机动力换挡和CAN总线技术[J].南方农机,2020,51(03):52.
- [3]王峰.拖拉机发动机故障诊断系统设计——基于虚拟仪器和CAN总线[J].农机化研究,2019,41(07):264-268.
- [4]王伟,王建华,赵珣.基于MC9S12XDP512拖拉机高低速CAN总线研究[J].拖拉机与农用运输车,2022,49(06):67-71.