

机载 CAN 总线中继器的设计与实现

李盘文 王 亮

(中国飞行试验研究院 西安 710089)

摘要:针对机载 CAN 总线的测试需求,设计了采用 STM32F105 作为主控 CPU 的机载 CAN 总线中继器,实现了不同传输速率的 CAN 总线报文接收。主要阐述了中继器的功能,详细介绍了中继器的软硬件设计,分别在实验室和机载环境条件下进行了 CAN 总线数据采集,经试验验证机载 CAN 中继器对机载 CAN 总线无干扰,同时机载 CAN 总线与 CAN 中继器之间的电缆连接长度为 40 m 时,测试结果正确,整个测试系统工作稳定、可靠,可以满足机载 CAN 总线数据测试的要求。

关键词:CAN 总线;中继器;数据采集

中图分类号: TN721.1 **文献标识码:**A **国家标准学科分类代码:** 590.30

Design and realization for data acquisition of airborne CAN bus

Li Panwen Wang Liang

(China Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: Focus on the application requirement of airborne testing system on CAN bus, the scheme of CAN repeater design was proposed using STM32F105 as the master control CPU, and CAN bus message receiving with different transmitting rate was completed. The function of repeater was mainly stated, meanwhile the software and hardware design was introduced in detail. Data acquisition on CAN bus was carried on in the laboratory and airborne condition, where it was verified that the CAN repeater never disturbed the CAN bus and the testing result was correct with the 40m cable connection length between the airborne CAN bus and CAN repeater. The whole testing system worked so steadily and reliably that could satisfy the requirement of airborne CAN data test.

Keywords: CAN bus; repeater; data acquisition

1 引言

CAN 总线为串行通信协议^[1],能有效地支持具有很高安全等级的分布实时控制。NASA 兰利研究中心将 CAN aerospace 总线标准化,并作为通用航空总线应用于 2001 年的先进通用航空运输实验计划以及 Ae270 涡轮螺旋桨单引擎飞机的分布式航空电子系统网络中。CAN 总线在航空测试中的应用优势已初见成效,对于 CAN 总线技术在机载测试中的应用研究也显得愈发重要。

目前国内对于机载 CAN 总线的测试尚属首次,没有成熟的测试方案。机载环境对 CAN 总线主网与作为节点的总线数据的采集设备之间有距离限定有严格要求(ISO11898 国际标准的规定,在 125 kbps 总线速率条件下 CAN 节点与总线主网连接的分支线距离不能超过 0.4 m),因此需要通过 CAN 中继器来延长 CAN 总线信号的传输距

离,本文主要对 CAN 中继器的设计进行了详细介绍。

2 CAN 中继器硬件电路设计

CAN 中继器作为与机载 CAN 总线直接交互的测试设备,必须防止 CAN 中继器对机载 CAN 总线造成干扰,因此在设计时采用光电耦合器来保证 CAN 中继器与机载 CAN 总线之间的电气隔离。

CAN 中继器硬件电路包括微处理器、电源模块、波特率设置模块、CAN 收发器及其耦合电路模块。主要完成网络互联中物理层的功能,对数据信号的隔离放大转发。本文中选用了集成两路 CAN 接口的微控制器 STM32F105 作为主控 CPU,机载 CAN 总线信号经过 CAN 收发器将差分信号转化为 TTL 电平信号并进行光耦隔离后进入微控制器,微控制器将其发送到另一路 CAN 接口并输出到 KAM500 的 CBM 板卡进行数据采集

收稿日期:2016-05

记录^[2-3]。系统整体方案如图1所示。

2.1 主控电路模块

整个中继器的设计以微处理器 STM32F105 为核心,此芯片具有 ARMV7.0 内核和 256K 字节闪存的,集成两路支持 CAN2.0B 协议的 CAN 接口,并有 512 字节的专用 SRAM,相对于采用外置 CAN 控制器或单路 CAN 接

口的 CPU 方案,它提高了系统稳定性和可靠性,并减小了产品体积。此外,STM32F105 具有 80 个快速 I/O 端口可以方便地进行外围电路如波特率设置、状态显示、数据输入输出等功能的实现。

2.2 CAN 收发电路及光电隔离电路

设计电路如图2所示。

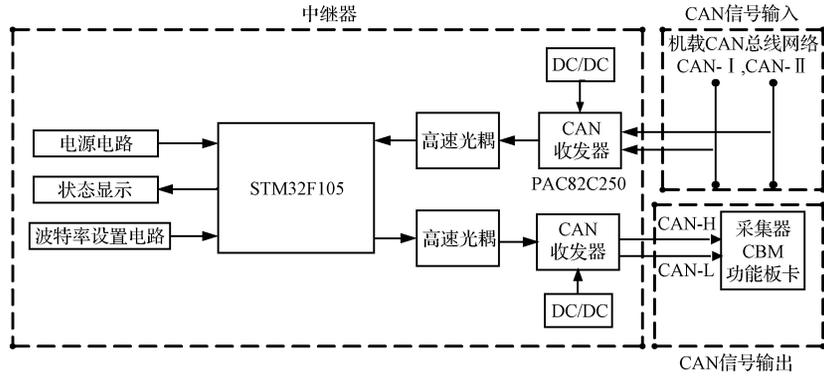


图1 系统整体方案

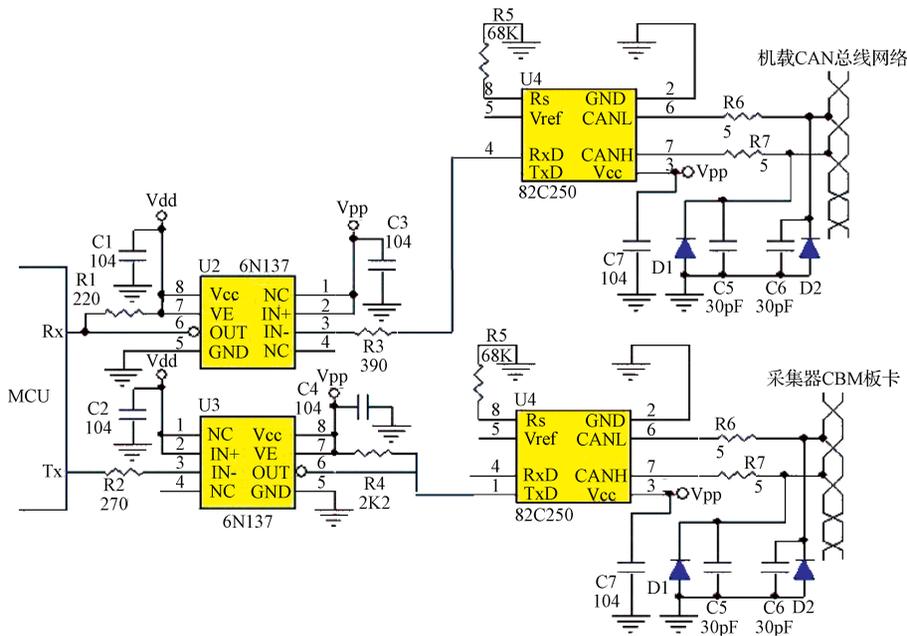


图2 CAN 收发电路和光电耦合电路

CAN 收发电路作为 CAN 控制器和物理总线之间的接口,主要功能是对总线信号提供差分发送驱动能力和对 CAN 控制器提供差分接收驱动能力。设计选用了两路 PHILIPS 公司的 PCA82C250,它具有抗瞬间干扰、高达 2 500 V 的隔离功能以保护总线设备等优点^[4-5]。

为了增强系统的抗干扰能力,在 CAN 收发器和控制器之间加入光电耦合器,为了减小耦合器对传输信号的延迟,选用了高速光电耦合器 6N137,相较于普通耦合器具有传输速率快,延迟时间短,10 MBd 的情况下只有 40 ns 延迟,满足设计需求^[6]。

2.3 波特率设置模块

此中继器可进行 16 种不同波特率的设置,主要是通过微控制器读取两个 4 位的拨码开关的编码值来实现。

2.4 电源模块

电源电路主要是将机上 28 V 直流电压转化为 5 V 和 3.3 V 电压给高速耦合电路、CAN 收发器电路和微处理器供电。采用 LM1117-3.3 将 28 V 转化为 3.3 V 以供微处理器使用。28 V 转 5 V 电路主要采用芯片 LM2576^[7],此芯片的优点为具有电流限制和热切换,无需另加散热片且所用外围电路较少^[8]。对于两路 CAN 收发器采用独立的 DC/DC 模块,以实现总线和控制电路的电气隔离^[9]。

3 CAN 中继器软件程序设计

CAN 中继器的主要功能是实现 CAN 总线信号的转发,为了尽量转发造成的时间延迟,软件程序设计通过精简代码长度,CPU 中断收发的方式实现^[10]。

整个软件分为主程序和子程序的设计。

3.1 主程序的设计

总线中继器的主程序流程如图 3 所示,主要由 CPU 引脚的初始化、bxCAN 控制器初始化程序、看门狗的“喂狗”程序和中断初始化程序组成。

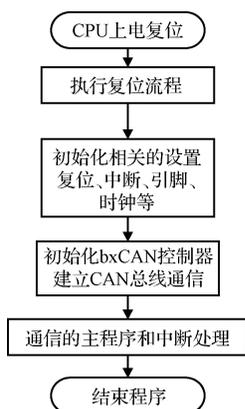


图 3 主程序流程

下面分别介绍 CPU 的初始化和 bxCAN 控制器的初始化。

1) CPU 的初始化

CPU 的初始化包括以下方面:堆栈初始化、控制器的发送与接收缓冲区初始化、控制器的访问方式初始化、CPU 的各功能引脚初始化、中断标志位初始化、中断优先级初始化等。

2) bxCAN 控制器初始化

bxCAN 控制器有 3 个主要的工作模式:初始化、正常和睡眠模式。软件通过对 CAN_MCR 寄存器的 INRQ 置“1”请求 bxCAN 控制器进入初始化模式。一旦进入初始化模式,bxCAN 控制器就对 CAN_MCR 寄存器的 INAK 位置“1”进行确认。软件对 bxCAN 的初始化主要包括位时间特性、中断、控制和状态寄存器的初始化,流程如图 4 所示。

3.2 接收中断子程序

如果 bxCAN 控制器接收到机载 CAN 总线的报文,就向主控制器发出中断信号。主程序在接到中断信号后,进入中断服务子程序去执行中断处理,将来自机载 CAN 总线的报文接收,并存储在 3 级邮箱深度的 FIFO。在中断服务子程序中首先要关中断,判断是否是接收中断,如果是则把新报文暂时在存储器里并设置一个标志,最后释放接收缓冲器并开中断为下一次接收做好准备,流程如图 5 所示。

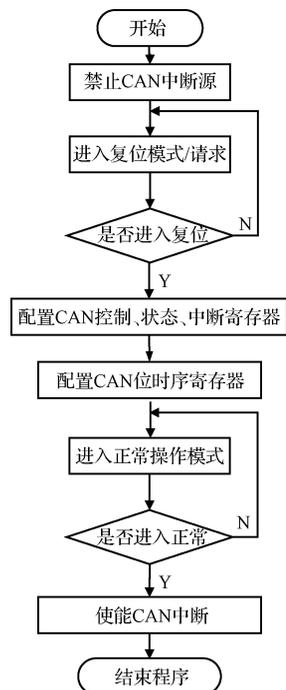


图 4 bxCAN 控制器初始化流程

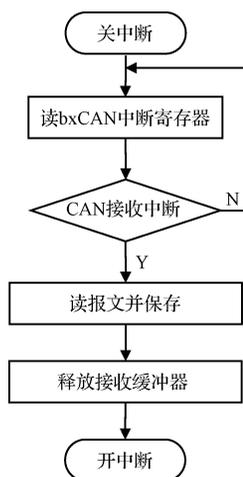


图 5 接收中断子程序流程

3.3 发送子程序

CAN 总线中继器的数据的发送,采用查询的方式进行。CPU 一直查询接收中断子程序中设置的标志位,如果标志位有效,才开始组织待发送的数据,判断发送缓冲器状态是否释放,如果释放,将接收到的报文装载到发送邮箱中,最后请求 bxCAN 控制器的发送,将帧报文通过 CAN 总线发送出去,流程如图 6 所示。

3.4 实验室测试

CAN 总线中继器设计完成后,在实验室进行了测试,首先将中继器输入端与 CAN 总线模拟器相连,将该中继器输出端与机载测试系统相连接,经采集数据显示正确,满足测试需求,测试数据如图 7 所示。为了进一步验证该系统在机载环境下工作的稳定性和可靠性,对机载 CAN

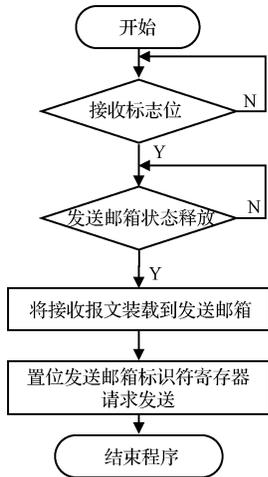


图6 发送子程序流程

序号	接收方向	源ID	时间标识	数据ID	帧格式	帧类型	数据长度	数据
30002975	接收	0	0x01-094604	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002976	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002977	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002978	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002979	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002980	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002981	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002982	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002983	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002984	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002985	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002986	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002987	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002988	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002989	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002990	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002991	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002992	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002993	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002994	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002995	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002996	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002997	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002998	发送	0	无	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07
30002999	接收	0	0x01-094498	0x09-020004	扩展帧	扩展帧	0x00	00 01 02 03 04 05 06 07

图7 实验室测试数据

中继器进行了飞行验证,结果表明,CAN 中继器对机载 CAN 总线无干扰,同时机载 CAN 总线与 CAN 中继器之间的电缆连接长度 40 m 时,CAN 中继器的测试数据结果正确,整个测试系统工作稳定、可靠,可以满足机载 CAN 总线数据测试的要求。

4 结论

针对飞行试验中 CAN 总线数据采集的需求,设计了基于嵌入式内核的 CAN 中继器与 CBM/101 采集板卡的测试方案。该测试方案已经在实验室和机载条件下进行了验证及应用,能够稳定地进行 CAN 总线数据的接收、发送。下一步主要将其升级为另一种网络互连设备——网

桥,主要增加标识符过滤功能以及将 CAN 报文数据打包成以太网包数据,使其能够融入现有的机载网络测试系统,不仅能够采集 100% 的 CAN 总线数据而且具备进行部分采集的功能。

参考文献

- [1] 邹继军,饶运涛. CAN 中继器设计及其应用[J]. 电子技术应用,2009,29(8):39-41.
- [2] 潘铜,叶小荣,张娜,等. STM32 的 CAN 总线中继器设计及应用[J]. 单片机与嵌入系统应用,2011,11(1):46-48.
- [3] 戴敏,曹杰. 基于 ARM 的单芯片 CAN 总线中继器设计[J]. 测控技术,2010,29(5):64-68.
- [4] 艾萱. 基于独立双 CAN 控制器的中继器设计与实现[J]. 现代电子技术,2007,30(21):9-11.
- [5] 刘鑫,林兆华,杜壁秀. 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):44-48.
- [6] 杨华伟,方正权. CAN 总线在船舶结构安全监测系统中的应用[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(5):553-559.
- [7] 林海军,赵晓娜,杜雪珍. 基于 C8051F041 的 CAN 口操控器的研制[J]. 电子测量技术,2011,34(6):51-54.
- [8] 叶明傲,谭剑波,熊毅. CAN 总线技术在某大型雷达控制系统中的应用[J]. 国外电子测量技术,2011,30(6):75-78.
- [9] 王少军,刘琦,仲雪洁,等. 一种解线性最小二乘问题的 FPGA 计算方法[J]. 仪器仪表学报,2012,33(3):701-707.
- [10] 刘鑫,林兆华,杜壁秀. 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):44-48.

作者简介

李盘文,1984 年出生,男,硕士,工程师,主要研究方向为机载测试工作以及测试设备研制。

王亮,1985 年出生,男,硕士,工程师,主要研究方向为机载测试工作以及测试设备研制。

E-mail:464844451@qq.com