

ADSP-BF548 在相关测速声呐系统上的应用

曹松军^{1,2}, 陈 龙¹, 汪玉玲¹, 邱 薇¹, 王长红¹

(1. 中国科学院声学研究所, 北京 100190; 2. 中国科学院大学, 北京 100190)

摘要: 相关测速声呐是一种适用于水面航行的船舶或者水下航行的潜器的设备, 主要用于获取载体速度信息、流速和海深, 与惯导联合可用于载体的导航定位。相关测速声呐基于“波形不变性”原理, 通过理论时空相关函数和数据时空相关函数的最小二乘拟合获取载体速度。构建了一套新的基于 ADSP-BF548 平台的软件控制系统。新系统实现了网络、串口、CAN 等通信方式; 完成了基于 FatFs R0.08b 文件系统的数据存储功能; 动态电源管理可以减小系统功耗, 在电池供电时能延长有效工作时间。从系统通信、数据存储、电源管理、系统工作等方面对新平台软件系统的特点进行了介绍。

关键词: 相关测速声呐; ADSP; 软件系统设计

中图分类号: TB556

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2014)-06-0544-04

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2014.06.013

An ADSP-BF548 based correlation sonar system

CAO Song-jun^{1,2}, CHEN Long¹, WANG Yu-ling¹, QIU Wei¹, WANG Chang-hong¹

(1. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: Correlation Sonar is usually used on the boat or the UUV for obtaining the velocity of vessel, current velocities and the depth of water. With the help of INS, it can help the vessel to locate its position and sail on the right direction. Correlation Sonar works on the principle of ‘waveform invariance’ and obtains the velocity of vessel by least-square fitting the theoretical correlation function and the data correlation function. In this paper, a new software control system is established on the platform of BF548. The new system has some communication modes, including TCP, UART, CAN. A file system based on FatFs R0.08b is built for storing data. The dynamic power system is used to reduce power consumption, which can help system to increase working time in using battery. The new system is introduced in the following aspects: system communication, data storage, power management and working process.

Key words: correlation sonar; ADSP; software design

0 引言

相关测速声呐是基于“波形不变性”原理^[1]的测速和测深设备。相关测速相比于多普勒测速, 具有以下优点^[2,3]: (1) 相关测速声呐测速与声速无关, 无需进行声速修正; (2) 相关测速声呐较多普勒测速声呐受载体姿态的影响小; (3) 相关测速声呐垂直向下发射, 功率小, 利于隐蔽; (4) 相关测速声呐工作频率相对较低, 适用于大深度海底。基于以上特点, 相关测速声呐在远洋船舶和 underwater 潜器的使用方面, 具有得天独厚的优势。中国科学院声学研究所研发相关测速声呐设备^[4]十几年, 产出了多种不同型号的设备。本文实现了其在 ADSP-BF548^[5]

平台的应用。

1 ADSP-BF548 简介

ADSP-BF548 是 ADI 公司出品的 blackfin 系列低功耗处理器, 广泛应用于各种低功耗移动数字平台。BF548 的最高运行时钟为 600 MHz, 可软件配置运行时钟频率, 支持各种低功耗运行模式, 以适应不同功耗要求。BF548 具有丰富的外部接口, 大部分引脚都具有复用功能, 既可配置成 IO 口, 也可配置成专用功能接口。内部集成 11 个计数器, 4 个 UART 接口, 支持内外存之间的 DMA 数据传输, 还集成了低功耗 mobile DDR SDRAM 控制接口。

2 系统工作

2.1 通信模块

相关测速声呐在工作的过程中, 需要实现以下

收稿日期: 2013-09-05; 修回日期: 2014-01-14

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2006AA09A313)。

作者简介: 曹松军(1990—), 男, 山东人, 硕士生, 研究方向为信号与信息处理。

通讯作者: 王长红, E-mail: wangch@mail.ioa.ac.cn

的通信过程^[6](见图 1): 与调试计算机通信, 接收计算机的命令和参数; 与姿态传感器的通信, 获取实时姿态信息, 用于速度计算; 与声多普勒计程仪 (ADL)通信, 实现组合测速工作模式, 为惯导系统提供全海深的速度信息; 实时工作过程中与上位机的通信, 实时传回工作结果。

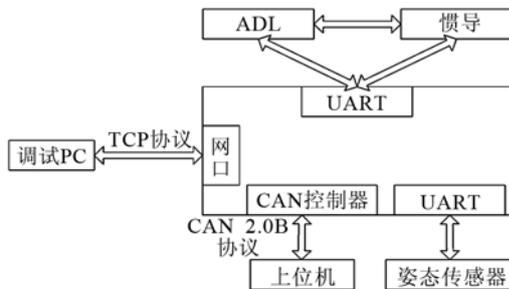


图 1 相关测速声呐系统通信示意图
Fig.1 The communication modes of correlation sonar

BF548 控制板使用 W5300 芯片, 以完成控制板与调试计算机之间的网络通信, W5300 内部集成了 10/100M 以太网控制器以及 MAC 和 TCP/IP 协议栈。通信过程中使用 TCP 协议, 主控制板作为客户端, 调试计算机的 superlog 软件作为服务器端(见图 2)。调试计算机通过 superlog 软件给主控制板发送相关命令, 如设置工作参数、进入 ADIO 系统、数据回放、Flash 擦除等。

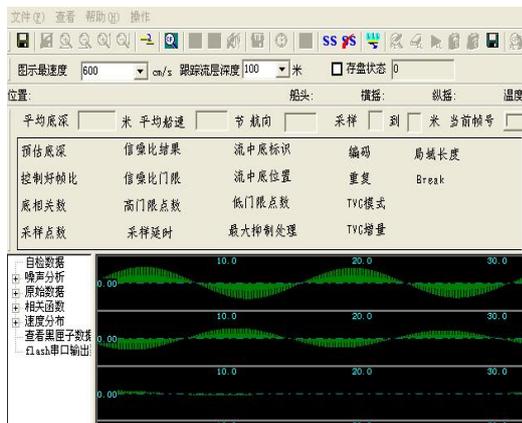


图 2 TCP 通信服务器端-superlog
Fig.2 Server of TCP mode-superlog

BF548 具有 4 个 UART 接口, 使用 UART0 与姿态传感器通信, 使用 UART3 与 ADL 通信, 串口发射程序使用查询方式, 接收子程序使用中断方式, 发射接收子程序见图 3。

控制器局域网(CAN)^[7]是一种有效支持分布式控制系统的串行通信网络, 在自治水下潜器(AUV)的通信设计方面得到广泛应用。CAN 协议引入了数据的 CRC 校验, 使其具有突出的可靠性, 可以保证船舶和潜器准确地获取航行速度和水域水深。

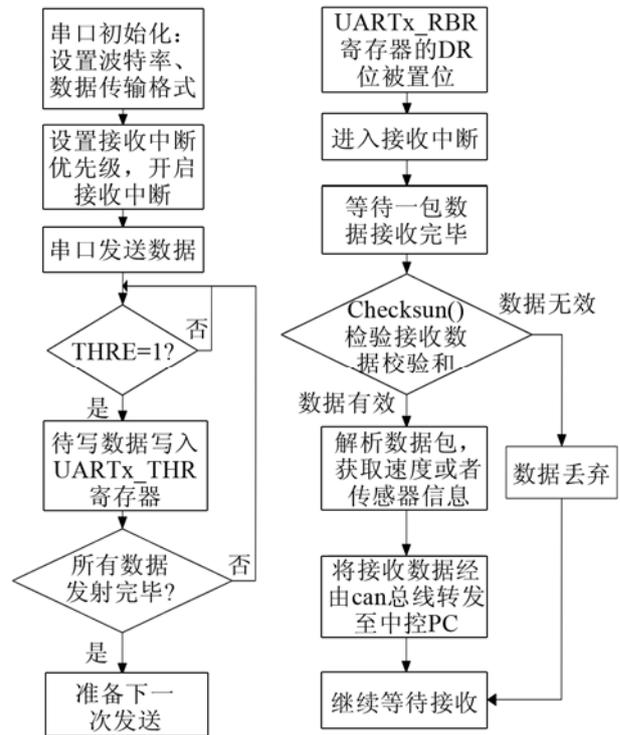


图 3 串口发射和接收子程序
Fig.3 UART transmitting and receiving operations

BF548 控制板具有 CAN 控制器模块, 可以实现控制板与上位机的 CAN 通信。CAN 模块遵从 CAN2.0B 标准, 最大支持 1 Mbps 的数据传输率。声呐通信使用标准数据帧, 通信协议见表 1。

表 1 CAN 总线标准 ID 格式
Table 1 Standard identifiers of CAN module

ID10~ID9	ID8~ID5	ID4~ID0
通信方式	从节点地址	数据内容模式

表 1 中:

- (1) ID10 为 0 代表主从通信方式, 为 1 代表广播方式。
- (2) ID8~ID5 为从节点地址, 即声相关计程仪地址, 设为 1。
- (3) ID4~ID0 为数据内容模式, 上位机发送给声相关计程仪的数据帧包括工作指令包(数据内容模式为 0)、参数配置包(数据内容模式为 1)、时间参数包(数据内容模式为 2), 声相关计程仪发送给上位机总共 8 类数据帧(数据内容模式从 0 到 7), 具体数据帧内容模式的含义见表 2。

表 2 CAN 总线数据内容模式含义
Table 2 Types of data frames of CAN module

00000	00001	00010	00011	00100	00101	00110	00111
启动信息包	内部传感器数据包	有效底跟踪数据包	有效未修正底跟踪数据包	有效流跟踪数据包	无效底跟踪数据包	无效未修正底跟踪数据包	无效流跟踪数据包

2.2 存储模块

相关测速声呐在工作过程中需要存储相关工作参数和结果，包括 AD 采样数据、实时速度信息等。使用 NANDFLASH 存储数据，需记录工作过程中产生的坏块信息，而且读取速度较慢。BF548 控制板的 SD 存储卡增加数据存储的便捷性。

设备中 SD 卡基于 FatFs R0.08b 文件系统(见图 4)。SD 卡存储文件系统^[8]分为三部分：SD 卡底层驱动，FatFs 文件系统和应用层函数。(1) 底层驱动系统使用了 DMA 通道实现数据的读取和写入，具有单块(一块大小为 512 字节)读写和多块读写两种方式，使用 TIME0 实现了日历系统，为文件系统提供准确的时间信息；(2) FatFs 文件系统采用了开源文件系统 FatFs R0.08b；(3) 应用层函数，实现了 FatFs_Read()和 FatFs_Wrie()两个函数，实现对实时处理结果的储存和回放功能。

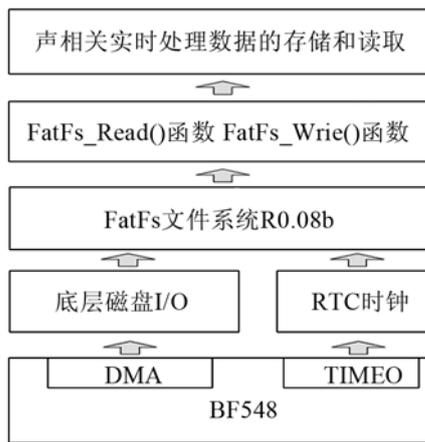


图 4 SD 卡文件系统结构图
Fig.4 Structure of SD file system

2.3 动态电源管理

BF548 控制板具有四种不同的运行方式：全速、激活、休眠和深度休眠。通过外部电源管理控制器能够操纵 DSP 的内部电压，从而减小功耗。当潜器浮出水面航行或者在水下待命状态时，可以软件切换声呐的工作模式，使其处于深度休眠状态，关闭核心时钟和系统时钟，保留 RTC 时钟信息，可在一定程度上减少功耗，增加设备在水底的工作时间。

2.4 工作类型

相关测速声呐的主要工作目标是测量流速剖面 and 底跟踪测量载体速度，其工作类型主要分为底搜索、底跟踪测速、流层跟踪测速、流速剖面测量。另外，为了对系统性能进行考核，还有自检和噪声分析等任务^[9]。图 5 给出了软件系统的整体工作流程图。

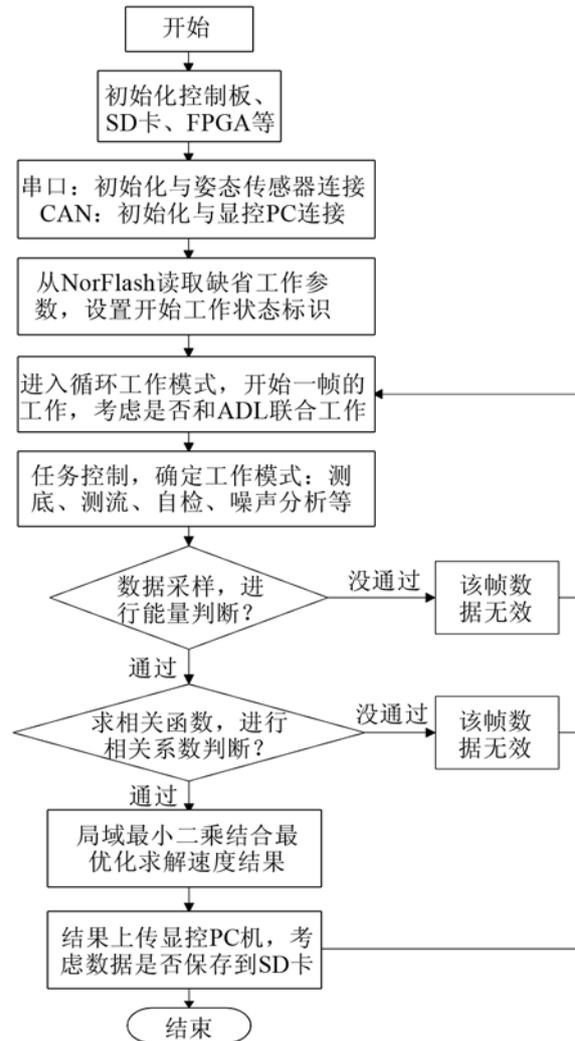


图5 系统工作流程图
Fig.5 Working process of correlation sonar

3 测试结果

系统首先进行仿真测试。测试过程中使用串口调试助手 CommAssistant、CANalyst 软件对系统的通信功能加以测试，使用 8GTF 卡对数据存储进行测试，测试流程如图 6 所示。使用 CommAssistant 串口调试助手代表 ADL，每秒钟向控制主板发送四组串口数据，同时接收控制主板的参数配置包和开始停止工作命令；控制主板接收到串口发过来的数据包，首先存储在主板的 TF 存储卡上，然后经由 CAN 总线发送给 CANalyst；使用 CANalyst 代表上位机，给控制主板发送启动信息包和参数配置包，同时接收和显示控制主板发送过来的数据包，仿真测试结果如图 7 所示。经过长时间(大于 72 h)的测试，收发数据正常，保存信息完整正确。

在仿真测试以后，控制软件与某潜器的上位机

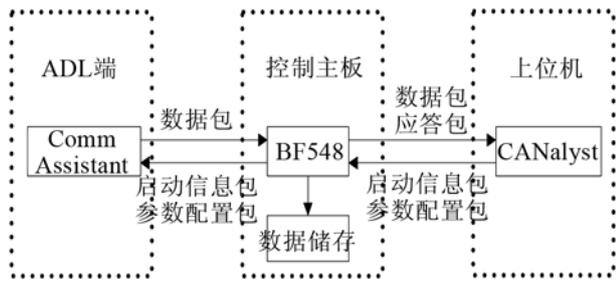


图 6 仿真测试流程
Fig.6 Simulation process

序号	传输方向	时间标识	名称	帧ID (十六进制)	帧格式	帧类型	数据长度	数据 (十六进制)
1443	接收	16:51:40.718		0x00000001	数据	扩展帧	08	01 00 01 00 01 00 45 1e
1444	接收	16:51:40.734		0x00000004	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1445	接收	16:51:40.765		0x00000002	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1446	接收	16:51:40.781		0x00000003	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 00 00 03 00
1447	接收	16:51:41.718		0x00000001	数据	扩展帧	08	01 00 01 00 01 00 45 1e
1448	接收	16:51:41.734		0x00000004	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1449	接收	16:51:41.765		0x00000002	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1450	接收	16:51:41.781		0x00000003	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 00 00 03 00
1451	接收	16:51:42.718		0x00000001	数据	扩展帧	08	01 00 01 00 01 00 45 1e
1452	接收	16:51:42.734		0x00000004	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1453	接收	16:51:42.765		0x00000002	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1454	接收	16:51:42.781		0x00000003	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 00 00 03 00
1455	接收	16:51:43.718		0x00000001	数据	扩展帧	08	01 00 01 00 01 00 45 1e
1456	接收	16:51:43.734		0x00000004	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00
1457	接收	16:51:43.765		0x00000002	数据	扩展帧	08	01 00 02 00 14 00 03 00

图 7 仿真测试结果
Fig.7 Simulation results

和 ADL 设备进行了联合调试, 各种通信功能良好, 数据存储器完整。

4 结论

本文对相关测速声呐软件控制系统在 ADSP-BF548 平台上面的应用进行了介绍。新平台丰富了声呐工作的功能, 使之更好地与主控电脑之间交互, 在工作效率和系统健壮性方面得到一定程度的

提升。

参 考 文 献

- [1] 朱维庆, 冯雷, 王长红, 等. 声相关流体速度测量理论和信号处理方法[J]. 声学学报, 2007, 32(2): 144-150.
ZHU Weiqing, FENG Lei, WANG Changhong. Theory and signal processing of acoustic correlation techniques for current velocity measurement[J]. Acta Acustica, 2007, 32(2): 144-150.
- [2] Bradley S E, Deines K L. Acoustic correlation current profiler [J]. IEEE Journal of Oceanic Engineering(S0364-9059), 1991, 16(4): 408-414.
- [3] Bradley S E, Kuo S Y. Long Range Acoustic Correlation Current Profiler[C]// Proceedings of IEEE conference Oceans' 92, 1992: 648-653.
- [4] 王长红, 邱薇, 汪玉玲, 等. 大深度声相关流速剖面仪样机研制[J]. 声学技术, 2002, 21: 421-422.
WANG Changhong, QIU Wei, WANG Yuling. Development of long range acoustic correlation current profiler(ACCP)[J]. Technical Acoustics, 2002, 21: 421-422.
- [5] Analog Devices, Inc. ADSP-BF54x Blackfin processor hardware reference [EB/OL].
- [6] 易卉芹, 邱薇, 陈龙, 等. 相关测速声呐软硬件系统设计[J]. 微计算机应用, 2011, 32(8): 43-46.
YI Huiqin, QIU Wei, CHEN Long, et al. The hardware and software design of correlation sonar system[J]. Microcomputer Application, 2011, 32(8): 43-46.
- [7] 徐袭, 石敏. 无人水下航行器控制系统 CAN 总线通信设计与仿真研究[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(9): 98-100.
XU Xi, SHI Min. Study on design and simulation of CAN bus communication for unmanned underwater vehicle control system[J]. Ship Electronic Engineering, 2012, 32(9): 98-100.
- [8] 李世奇, 董浩斌, 李荣生. 基于 FatFs 文件系统的 SD 卡存储器设计[J]. 测控技术, 2011, 30(12): 79-81.
LI Shiqi, DONG Haobin, LI Rongsheng. Design of SD memory card based on FatFs file system[J]. Measurement & Control Technology, 2011, 30(12): 79-81.
- [9] 冯雷, 王长红, 汪玉玲, 等. 相关测速声呐工作原理及海试验证[J]. 声学技术, 2005, 24(2): 70-75.
FENG Lei, WANG Changhong, WANG Yuling, et al. Velocity measurement with correlation sonar and sea test verification[J]. Technical Acoustics, 2005, 24(2): 70-75.