

学校编码: 10384
学号: X2008230082

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 AM1806 的船舶导航系统设计与实现

Design and Implementation of Ship Navigation System
Based on AM1806

王 维

指导教师姓名: 曾文华 教授

专业名称: 软件工程

论文提交日期: 2013 年 10 月

论文答辩日期: 2013 年 11 月

学位授予日期: 2013 年 12 月

指 导 教 师: _____

答 辩 委 员 会 主 席: _____

2013 年 10 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

近年船舶导航市场竞争激烈，设备成本日益成为厂家关注重点。本文介绍的是基于 TI 公司生产的 AM1806 应用处理器平台，设计并实现的船舶导航系统。AM1806 不仅具备价格优势，还拥有目前主流的外设功能，采用 AM1806 设计的船舶导航系统极具性能价格比。

本课题的主要任务是基于 AM1806，设计并实现一个高性价比的船舶导航系统。论文首先分析了船舶导航系统的发展现状，简要说明了论文的研究内容。其次对系统相关技术进行了介绍，包括 ARM 硬件平台、定位系统和 AIS 船舶自动识别系统。再次论文对船舶导航系统进行详细的需求分析，包括船舶定位、AIS 船舶避碰、桥梁报警、船舶导航、位置标记和航迹记录。接着论文详细描述硬件电路的设计与实现，最后分析了系统的软件实现，包括引导程序、安装程序和导航程序，并进行了系统测试的相关说明。

本文设计和实现的船舶导航系统，可以满足入门级船舶导航设备的需要，同时为其它嵌入式产品的实现提供了参考。

关键词：船舶导航；定位系统；船舶自动识别系统

Abstract

In recent years, there is now intense competition in marine navigation equipment market. The production cost of the equipment is becoming the focus by the manufacturers. This article discusses the design and implementation of a marine navigation system based on TI's application processor AM1806. AM1806 not only have the cost advantage, but also has the popular peripheral functions. By using the AM1806, the marine navigation equipment is very cost-effective.

The main task of this project is design and implement a cost-effective marine navigation system based on AM1806. Paper first analyzes the current development of ship navigation systems, and give a brief description of the contents. Then, system-related technologies were introduced, including the ARM hardware platform, positioning systems and Automatic Identification System. Again the paper analyzes the functions of marine navigation system, including ship positioning, AIS ship collision avoidance, bridges alert, ship navigation, location markers and track record. Then papers then describe the details of the hardware circuit design and implementation. Finally, it analyzes the software system, including the boot loaders, the installation program and the navigation program, and gives the system test results and related instructions.

The marine navigation system designed and implemented, meets the entry-level marine navigation equipment needs, as well as it provides a reference for design other embedded products.

Keywords : Ship Navigation System; Positioning System; Ship Automatic Identification System

目 录

| | |
|--------------------------|-----------|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 研究背景和意义 | 1 |
| 1.2 国内外研究现状 | 1 |
| 1.3 论文主要研究内容 | 2 |
| 1.4 论文结构安排 | 2 |
| 第二章 相关技术介绍 | 4 |
| 2.1 ARM 硬件平台 | 4 |
| 2.1.1 ARM 处理器 | 4 |
| 2.1.2 AM1806 处理器 | 5 |
| 2.2 定位系统 | 6 |
| 2.2.1 GPS 定位系统 | 6 |
| 2.2.2 GLONASS 定位系统 | 6 |
| 2.2.3 北斗卫星导航系统 | 7 |
| 2.3 AIS 船舶自动识别系统 | 8 |
| 2.4 本章小结 | 9 |
| 第三章 系统需求分析 | 10 |
| 3.1 系统功能简述 | 10 |
| 3.2 系统功能需求详细分析 | 10 |
| 3.2.1 船舶定位 | 10 |
| 3.2.2 AIS 船舶避碰 | 10 |
| 3.2.3 桥梁报警 | 10 |
| 3.2.4 船舶导航 | 11 |
| 3.2.5 位置标记 | 11 |
| 3.2.6 航迹记录 | 12 |
| 3.3 非功能性需求 | 12 |
| 3.4 本章小结 | 12 |
| 第四章 系统硬件设计 | 13 |
| 4.1 系统硬件总体框图 | 13 |
| 4.2 核心板电路设计 | 13 |
| 4.2.1 稳压电压电路 | 14 |
| 4.2.2 复位电路 | 15 |
| 4.2.3 启动配置电路 | 15 |
| 4.2.4 DDR 内存电路 | 16 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 4.2.5 NAND FLASH 存储器电路 | 16 |
| 4.2.6 信号指示电路..... | 17 |
| 4.2.7 外围接口电路..... | 17 |
| 4.3 功能板电路设计 | 18 |
| 4.3.1 核心板接口电路..... | 18 |
| 4.3.2 LCD 显示接口电路..... | 19 |
| 4.3.3 LCD 背光控制电路..... | 20 |
| 4.3.4 键盘接口电路..... | 20 |
| 4.3.5 音频电路..... | 21 |
| 4.3.6 SD 接口电路 | 21 |
| 4.3.7 USB 接口电路..... | 22 |
| 4.3.8 串口电平转换电路..... | 22 |
| 4.4 本章小结 | 23 |
| 第五章 系统软件设计 | 24 |
| 5.1 系统软件总体框架 | 24 |
| 5.2 安装盘引导程序 | 24 |
| 5.3 一级引导程序 | 33 |
| 5.4 二级引导程序 | 34 |
| 5.5 安装程序 | 36 |
| 5.6 导航程序 | 40 |
| 5.6.1 船舶定位功能..... | 40 |
| 5.6.2 AIS 避碰功能 | 44 |
| 5.6.3 桥梁报警功能..... | 45 |
| 5.6.4 航路点功能..... | 47 |
| 5.6.5 航线功能..... | 53 |
| 5.6.6 船舶导航功能..... | 56 |
| 5.6.7 航迹功能..... | 58 |
| 5.7 本章小结 | 62 |
| 第六章 系统测试 | 63 |
| 6.1 测试环境 | 63 |
| 6.2 测试方法 | 63 |
| 6.3 测试过程及结果 | 63 |
| 6.4 本章小结 | 66 |
| 第七章 总结与展望 | 67 |
| 7.1 总结 | 67 |
| 7.2 展望 | 67 |
| 参考文献 | 68 |
| 致谢..... | 70 |

Contents

| | |
|---|-----------|
| Chapter 1 Introduction..... | 1 |
| 1.1 Background and Significance | 1 |
| 1.2 Overview of Domestic and Foreign | 1 |
| 1.3 Main Content..... | 2 |
| 1.4 Organizational Structure..... | 2 |
| Chapter 2 Related Technology Introduction..... | 4 |
| 2.1 The ARM Hardware Platform..... | 4 |
| 2.1.1 ARM Processor | 4 |
| 2.1.2 AM1806 Processor..... | 5 |
| 2.2 Position System..... | 6 |
| 2.2.1 GPS System | 6 |
| 2.2.2 GLONASS System | 6 |
| 2.2.3 BeiDou Navigation Satellite System | 7 |
| 2.3 Ship Automatic Identify System | 8 |
| 2.4 Summary..... | 9 |
| Chapter 3 System Requirements Analysis..... | 10 |
| 3.1 System Introduction..... | 10 |
| 3.2 Detailed Analysis of System Function Requirements | 10 |
| 3.2.1 Ship Position Fix..... | 10 |
| 3.2.2 AIS Ship Collision Avoidance | 10 |
| 3.2.3 Bridge Alert..... | 10 |
| 3.2.4 Ship Navigation | 11 |
| 3.2.5 Location Mark..... | 11 |
| 3.2.6 Track Record..... | 12 |
| 3.3 Non-functional requirements | 12 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 Summary..... | 12 |
| Chapter 4 Hardware System Design | 13 |
| 4.1 Hardware System Overview | 13 |
| 4.2 Core Function Board | 13 |
| 4.2.1 Regulator Circuit..... | 14 |
| 4.2.2 Reset Circuit..... | 15 |
| 4.2.3 Boot Configure Circuit | 15 |
| 4.2.4 DDR Memory Circuit | 16 |
| 4.2.5 NAND FLASH Circuit | 16 |
| 4.2.6 Signal Circuit | 17 |
| 4.2.7 Peripheral Interface Circuit..... | 17 |
| 4.3 Peripheral Function Board | 18 |
| 4.3.1 Core Function Interface Circuit | 18 |
| 4.3.2 LCD Interface Circuit | 19 |
| 4.3.3 LCD Backlight Circuit..... | 20 |
| 4.3.4 Keyboard Interface Circuit | 20 |
| 4.3.5 Audio Circuit..... | 21 |
| 4.3.6 SD Interface Circuit | 21 |
| 4.3.7 USB Interface Circuit | 22 |
| 4.3.8 UART Signal Level Converter Circuit | 22 |
| 4.4 Summary..... | 23 |
| Chapter 5 Software System Design | 24 |
| 5.1 Overview | 24 |
| 5.2 Bootloader for Installation | 24 |
| 5.3 First Level Bootloader | 33 |
| 5.4 Second Level Bootloader | 34 |
| 5.5 Program for Installation..... | 36 |
| 5.6 Navigation Program..... | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 5.6.1 Ship Position Function | 40 |
| 5.6.2 AIS Ship Collision Avoidance Function | 44 |
| 5.6.3 BridgeAlert Function | 45 |
| 5.6.4 Waypoint Function | 47 |
| 5.6.5 Route Function..... | 53 |
| 5.6.6 Ship Navigation Function | 56 |
| 5.6.7 Track Function | 58 |
| 5.7 Summary..... | 62 |
| Chapter 6 System Test | 63 |
| 6.1 Test Environment | 63 |
| 6.2 Test Method | 63 |
| 6.3 Test Process and Result | 63 |
| 6.3 Summary..... | 66 |
| Chapter 7 Conclusions..... | 67 |
| 7.1 Summary..... | 67 |
| 7.2 Outlook..... | 67 |
| Reference..... | 68 |
| Acknowledgements | 70 |

第一章 绪论

1.1 研究背景和意义

刚刚过去的一年是我国发展进程中极不平凡的一年，也是我国海洋事业发展极不寻常的一年。这一年，我国周边海域暗流涌动，南海、东海不断出现海上争议和冲突；这一年，党的十八大提出“建设海洋强国”的战略目标，吹响了向海洋强国进军的号角，走向海洋、经略海洋成为国人的共识；这一年，重组国家海洋局成为国务院机构改革的热点之一，开启了海洋发展体制机制的历史性变革。今年5月17日，习近平、李克强等中央领导接见载人深潜先进集体和个人代表，充分体现了党中央、国务院对海洋工作的高度重视。这些都标志着我国已经开始进入海洋事业高速发展的新阶段^[1]。

在这种背景下，船舶导航设备也迅速普及，同时市场竞争也日益激烈。如何降低产品成本，开始成为各个厂家所关心的问题。本文所选的 AM1806 是一款以 ARM926EJ-S 为核心的工业级应用处理器，它是一款成熟的产品，它的产品价格不但很具有竞争力，同时它所具备的一些特性也能有效降低产品的总体成本：比如它支持主流的 DDR2 内存芯片，而且可以 16 位的连接方式接入 DDR2 内存，这样设计电路时，主板只需要一片 DDR2 内存，这样不但可节约内存物料成本还可节约 PCB 板面积、简化电路设计。同时 AM1806 还有丰富的外设，它不但有 UART、I²C、定时器等主流配置，它还包含 USB2.0 OTG 接口，使用它设计的产品可以接入 U 盘、鼠标、手写板等 USB 设备；它带有 LCD 控制器，并且分辨率可达 1024x768，已涵盖中低端导航设备的主流分辨率。AM1806 可以运行在 456MHz 的主频，经测试在 456MHz 的工作频率下，它的内存读写速度可达到 400MB/S 以上，AM1806 可以为系统带来不错的性能。本系统以 AM1806 为硬件平台设计的，是一款性价比很高的船舶导航系统。

1.2 国内外研究现状

在国外基于卫星导航的系统，较早成熟，其中以 ECDIS 较为先进。ECDIS

是指符合有关国际标准的船用电子海图系统。它以计算机为核心，连接定位、测深、雷达等设备，以 ENC 为基础，综合反映船舶行驶状态，为船舶驾驶人员提供各种信息查询、量算和航海记录专门工具，是一种专题地理信息系统 (GIS)^[2]。到目前为止国产的符合国际标准的 ECDIS 产品，仅有北京海兰信和广州海华。然而近几年，由于国家海事局的政策的要求，作为 ECDIS 的简化标准 ECS 在国内迅速普及，各大导航设备厂家都推出了自己的 ECS 产品。

由于 ECDIS 和 ECS 系统较为复杂，设备一般都采用 x86 PC 工控主板设计，成本较高，售价也较高，并且系统的海图在国内由海事局发行，需要收费，相对其它导航系统普及率较低。目前在国内，作为入门级的船舶导航系统，采用厂家订制的海图，采用嵌入式系统，价格低廉，较为流行。这种由国内厂家自行研发的船舶导航系统，配合 AIS 收发模块、渔探模块做成一体机的产品也很普及。目前国内厂家设计生产的船舶导航系统，不但已经满足国内需求，还在东南亚一带热销起来。

1.3 论文主要研究内容

本文研究了一种以 TI 公司生产的 AM1806 应用处理器为硬件平台的船舶导航系统。本文通过对船舶导航系统进行需求分析，确定本系统需求实现的功能。根据船舶导航系统需要实现的硬件功能，以 AM1806 为核心，将本系统需要的硬件功能分为核心板和功能板电路进行设计，讨论了各部分电路的实现。根据系统功能实现，论述了 AM1806 引导程序、安装程序以及导航程序主要功能的设计和实现。

1.4 论文结构安排

本文以在 AM1806 硬件平台为基础的船舶导航系统为研究对象，详细描述了主流船舶导航系统的需求分析、AM1806 平台核心电路的设计以及系统包含的引导程序、安装程序、导航程序的设计与实现。论文的结构安排如下：

第一章，绪论。讲述本课题的研究背景和意义、国内外发展概况、论文的研究目标和主要研究内容。

第二章， 相关技术分析。介绍和本课题相关的 ARM 处理器、AM1806 处理器、主要卫星定位系统、AIS 船舶自动识别系统。

第三章， 系统需求分析。对船舶导航系统进行需求分析，包括系统简述和详细的系统需求分析。

第四章， 系统硬件设计。本系统 AM1806 硬件核心电路的详细设计。

第五章， 系统软件设计。叙述基于本系统涉及的软件设计，包括：安装盘引导程序、两级引导程序、安装程序各导航程序的设计。

第六章， 系统测试。针对本文论述的系统，描述了测试方法、测试环境和测试过程和结果。

第七章， 总结与展望。对设计与实现基于 AM1806 船舶导航系统进行总结，并对其未来发展方向进行展望。

第二章 相关技术介绍

2.1 ARM 硬件平台

2.1.1 ARM 处理器

ARM 架构，过去称作高级精简指令集机器（Advanced RISC Machine，更早称作：Acorn RISC Machine），是一个 32 位精简指令集（RISC）处理器架构，其广泛地使用在许多嵌入式系统设计。由于节能的特点，ARM 处理器非常适用于移动通信领域，符合其主要设计目标为低成本、高性能、低功耗的特性^[3]。

RISC 结构优先选取使用频率最高的简单指令，避免复杂指令；将指令长度固定，指令格式和寻址方式种类减少；以控制逻辑为主，不用或少用微码控制等 RISC 体系结构具有如下特点：

1. 采用固定长度的指令格式，指令归整、简单、基本寻址方式有 2~3 种。
2. 使用单周期指令，便于流水线操作执行。
3. 大量使用寄存器，数据处理指令只对寄存器进行操作，只有加载/存储指令可以访问存储器，以提高指令的执行效率。

除此以外，ARM 体系结构还采用了一些特别的技术，在保证高性能的前提下尽量缩小芯片的面积，并降低功耗：

1. 所有的指令都可根据前面的执行结果决定是否被执行，从而提高指令的执行效率。
2. 可用加载/存储指令批量传输数据，以提高数据的传输效率。
3. 可在一条数据处理指令中同时完成逻辑处理和移位处理。
4. 在循环处理中使用地址的自动增减来提高运行效率。

ARM 微处理器的在较新的体系结构中支持两种指令集：ARM 指令集和 Thumb 指令集。其中，ARM 指令为 32 位的长度，Thumb 指令为 16 位长度。Thumb 指令集为 ARM 指令集的功能子集，但与等价的 ARM 代码相比较，可节省 30%~40% 以上的存储空间，同时具备 32 位代码的所有优点^[4]。

2.1.2 AM1806 处理器

AM1806 是一款由 TI 公司生产的应用处理器。

AM1806 以 ARM926EJ-S 为处理器核心。ARM926EJ-S™处理器具有如下特点：Jazelle® 技术得到增强的 32 位 RISC CPU、灵活的大小指令和数据缓存、紧密耦合内存 (TCM) 接口和内存管理单元 (MMU)。它还提供单独指令和数据 AMBA® AHB™接口，适合基于多层 AHB 的系统。ARM926EJ-S 处理器可执行 ARMv5TEJ 指令集，其中包括功能得到增强的 16 x 32 位乘法器，可进行单周期 MAC 运算，以及 16 位定点 DSP 指令，可增强多个信号处理应用程序的性能并支持 Thumb® 技术。AM1806 上的 ARM926EJ-S 核心包含了 16KB 的代码缓冲和 16KB 的数据缓冲。^[5]

AM1806 拥有丰富的外设接口，其中包含：

1. 一个 USB2.0 OTG 接口
2. 两个 I²C 接口
3. 一个包含 16 字节串行 FIFO 缓冲的多通道音频串行端口 (McASP)
4. 两个包含 FIFO 缓冲的多通道缓冲串口端口 (McBSP)
5. 两个 SPI 接口
6. 4 个可配置的 64 位定时器 (其中一个可以配置为看门狗, WatchDog)
7. 一个可配置的主机接口
8. 多达 9 组, 每组 16 个的通用 I/O 口 (GPIO), 每组都可配置为中断和事件触发模式。这些 I/O 口和其它外置的引脚利用
9. 三个 UART 接口 (都包含了 $\overline{\text{RTS}}$ 和 $\overline{\text{CTS}}$)
10. 两个增强型高精度的脉宽调制模块 (eHRPWM)
11. 三个增强型信号采集模块 (eCAP), 每个模块可配置为采集输入和辅助脉宽调制模块输出 (APWM)
12. 两个外部内存接口, 其中包含一个用于 SDRAM 内存和慢速存储器或外设的内存总线接口 EMFIA 和一个高速 DDR2、mDDR2、DDR 的 DDR 内存总线控制器
13. 一个包含两个通道的通用并行端口 (uPP), 用于和 FPGA 或其它并行接

口的外设进行高速数据传输。

14. 一个视频端口 (VPIF) 用于提供灵活的视频输出

AM1806 丰富的外设提供了控制各种外部器件、和其它处理器通信的能力^[5]。

2.2 定位系统

2.2.1 GPS 定位系统

全球定位系统 (英语: Global Positioning System, 通常简称 GPS), 又称全球卫星定位系统, 是一个中距离圆型轨道卫星导航系统。它可以为地球表面绝大部分地区 (98%) 提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。系统由美国国防部研制和维护, 可满足位于全球任何地方或近地空间的军事用户连续精确的确定三维位置、三维运动和时间的需要。该系统包括太空中的 24 颗 GPS 卫星; 地面上 1 个主控站、3 个数据注入站和 5 个监测站及作为用户端的 GPS 接收机。最少只需其中 3 颗卫星, 就能迅速确定用户在地球上所处的位置及海拔高度; 所能收联接到的卫星数越多, 解码出来的位置就越精确^[6]。

该系统由美国政府于 1970 年代开始进行研制并于 1994 年全面建成。使用者只需拥有 GPS 接收机即可使用该服务, 无需另外付费。GPS 信号分为民用的标准定位服务 (SPS, Standard Positioning Service) 和军规的精确定位服务 (PPS, Precise Positioning Service) 两类。由于 SPS 无须任何授权即可任意使用, 原本美国因为担心敌对国家或组织会利用 SPS 对美国发动攻击, 故在民用讯号中人为地加入选择性误差 (即 SA 政策, Selective Availability) 以降低其精确度, 使其最终定位精确度大概在 100 米左右; 军规的精度在十米以下。2000 年以后, 克林顿政府决定取消对民用讯号的干扰。因此, 现在民用 GPS 也可以达到十米左右的定位精度。GPS 系统拥有如下多种优点: 使用低频讯号, 纵使天候不佳仍能保持相当的讯号穿透性; 全球覆盖 (高达 98%); 三维定速定时高精度; 快速、省时、高效率; 应用广泛、多功能; 可移动定位; 不同于双星定位系统, 使用过程中接收机不需要发出任何信号增加了隐蔽性, 提高了其军事应用效能^[6]。

2.2.2 GLONASS 定位系统

GLONASS 系统由卫星、地面测控站和用户设备三部分组成, 目前的系统由 21

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库