

北斗卫星系统在远洋船舶上应用的研究

朱伟康, 张建飞, 傅俊璐

(中国卫星海上测控部, 江苏 江阴 214431)

摘要 介绍了我国北斗卫星一代和二代卫星导航系统的主要技术特点、发展过程及其应用情况。根据远洋船舶对海上导航定位、时统对时以及应急通信的需求, 针对目前船舶所使用导航系统的局限性, 提出了北斗卫星导航系统在远洋船舶上应用的设想。该系统可提供导航定位、精密授时和报文通信等相关业务, 能充分满足远洋船舶的需求。对应用该系统的必要性和可行性进行了深入分析和探讨。

关键词 北斗卫星; 船舶; 导航定位; 时统对时; 应急通信

中图分类号 TN927.23 **文献标识码** A **文章编号** 1003-3106(2008)09-0035-04

Research on Application of BDSat Navigation System on Oceangoing Vessels

ZHU Wei-kang, ZHANG Jian-fei, FU Jun-lu

(China Satellite Maritime Tracking and Controlling Department, Jiangyin Jiangsu 214431, China)

Abstract The paper introduces the technical characteristics, development process and applications of BD-1 and BD-2 navigation systems. According to the oceangoing vessel's requirement on sea navigation, timing and emergency communication, aimed at the limitation of present GPS system which is used on the vessels, the paper puts forward the assumption that BDSat system can be applied on oceangoing vessels. The BDSat system can provide the service of navigation, accurate timing and short message communication, which can satisfy the need of oceangoing vessels. Finally, the paper discusses the necessity and feasibility of applying BDSat system on oceangoing vessels.

Key words BDSat; measurement ship; navigation and positioning; timing; emergency communication

0 引言

我国自 20 世纪正式开始使用全球定位系统至今已成为 GPS 应用大国, 鉴于我国现代化建设和国防战备的需要, 发展拥有独立自主权的卫星导航定位系统已成为必然。在中国发展卫星导航定位系统之前, 世界上卫星导航定位领域已然呈现出一定的局面, 它们是美国的 GPS、俄罗斯的 GLONASS 和欧盟的 GALILUO 卫星导航定位系统。以上各系统的发展过程、技术水平和功能特点不尽相同, 相对来说, GPS 发展较早, 技术比较成熟, 占据主导地位。而与 GPS 比较起来, 其他卫星定位导航系统也各有优势。GALILUO 卫星定位系统虽然目前还是停留在纸面上, 但是如果真正能够达到它能实现的状态, 定位精度将达到 1 m, 这在绘图方面与美国 GPS 相比有着绝对优势; 而对于 GLONASS 卫星导航系统而言, 其抗干扰能力很强, 在这方面与 GPS 相比具有一定优势。

中国的 BDSat 卫星导航系统分为 2 代: 第 1 代是北斗一号(代号 BD-1)卫星导航系统, 服务范围为亚洲区域, 目前, 该系统已经完成布局并开始运营,

在测绘、电信、水利、公路交通、铁路运输、渔业生产、勘探、森林防火和国家安全等诸多领域逐步发挥重要作用; 第 2 代是北斗二号(代号 BD-2 或 COMPASS)卫星导航系统, 服务范围为全球区域, 计划由 35 颗星组成, 目前正在建设, 计划在 2010 年开始组网并投入应用。BDSat 卫星导航系统可在服务区域内任何时间和任何地点, 为用户确定其所在的地理经纬度信息, 并提供双向短报文通信和精密授时服务。

1 BD-1 卫星导航系统

BD-1 导航系统是我国科研机构在 1983 年正式提出的, 借鉴了 1982 年美国 3 位科学家提出的名为 GEOSTAR 的“双星快速定位系统”。系统由空中卫星系统(2 颗地球静止卫星、1 颗在轨备份卫星)、地面控制系统(中心控制系统、标校系统)和各类用户终端等部分组成。经过 10 余年发展, 先后成功发射了多颗 BD-1 导航卫星, 建立起了 BD-1 导航系统。按照中国卫星导航系统的发展策略, BD-1 其实为中国全球卫星导航系统的前期试验系统。

BD-1 卫星是全三轴稳定地球同步轨道卫星,其双星定位组网的卫星分别定点在 80°E、140°E、110.5°E(备用)赤道上空。覆盖范围是北纬 5°~55°,东经 70°~140°之间的亚洲心脏地区,其形状为上大下小,最宽处在北纬 35°左右。

1.1 基本工作原理

BD-1 导航系统的定位基于 3 球交会原理,即以 2 颗卫星的已知坐标为圆心,各以测定的本星至用户机距离为半径,形成 2 个球面,用户机必然位于这 2 个球面交线的圆弧上;中心站电子高程地图库提供的是一个以地心为球心、以球心至地球表面高度为半径的非均匀球面;求解圆弧线与地球表面交点,并已知目标在赤道平面北侧,即可获得用户的三维位置,其原理如图 1 所示。

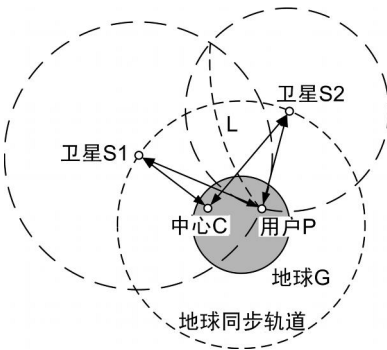


图 1 北斗一号双星定位系统原理

其基本工作过程是:首先由中心控制系统向卫星 S1 和卫星 S2 同时发送询问信号,经卫星转发器向服务区内的用户广播。用户响应其中一颗卫星的询问信号,并同时向 2 颗卫星发送响应信号,经卫星转发回中心控制系统。中心控制系统接收并解调用户发来的信号,然后根据用户的申请服务内容进行相应的数据处理。对定位申请,中心控制系统测出 2 个时间延迟:即从中心控制系统发出询问信号,经某一颗卫星转发到达用户,用户发出定位响应信号,经同一颗卫星转发回中心控制系统的延迟;和从中心控制发出询问信号,经上述同一卫星到达用户,用户发出响应信号,经另一颗卫星转发回中心控制系统的延迟。由于中心控制系统和 2 颗卫星的位置均是已知的,因此由上面 2 个延迟量可以算出用户到第 1 颗卫星的距离,以及用户到 2 颗卫星距离之和,从而知道用户处于一个以第 1 颗卫星为球心的一个球面,和以 2 颗卫星为焦点的椭球面之间的交线上。另外中心控制系统从存储在计算机内的数字化地形图查寻到用户高程值,又可知道用户出于某一与地球基准椭球面平行的椭球面上。从而中心控制系统可最终计算出用户所在点的三维坐标,这个坐标经加密由出站信号发送给用户。

1.2 主要特点

BD-1 卫星导航系统提供 2 种服务方式,即开放服务和授权服务。开放服务是在服务区免费提供定位、测速和授时服务,定位精度最高可达 20 m(标校区内),授时精度最高可达 20 ns,测速精度为 0.2 m/s。授权服务是向授权用户提供更安全的定位、测速、授时和通信服务信息。

BD-1 系统主要有 3 大功能:

快速定位,为服务区域内的用户提供全天候的实时定位服务,定位精度与 GPS 民用定位精度相当;

精密授时,精度可达 GPS 的水平;

短报文通信,一次可持续传送 1 680 bit(约 120 个汉字)或 480 个 BCD 码的信息。

BD-1 不仅能使用户知道自己的所在位置,还可以告诉别人自己的位置在什么地方,特别适用于需要导航与移动数据通信场所,如交通运输、调度指挥、搜索营救和地理信息实时查询等;

BD-1 采用双星定位技术,需要地面中心站的合作才能完成用户的空间定位。而经过地面站的转发,容易遭侦察曝光,且地面站一旦遭攻击,整个卫星系统将陷入瘫痪,这是其运行效率和系统安全方面存在的不足之处。

2 BD-2 卫星导航系统

对于我国 BD-1 卫星导航定位系统而言,其最大优势就是具有多功能、用户终端设备简单价廉等特点,能实现一定区域的导航定位和通讯等多用途。但是该系统只能主动式定位,且需中心控制系统提供用户高程数据,不能满足高动态和保密的军事用户要求,用户数量受限,这些缺点使得其与 GPS 系统差距较大。因此,必须在发展 BD-1 的基础上,借鉴国外 GPS、GLONASS 的成功经验,有必要开发我国的二代卫星导航系统。目前二代卫星导航系统工程已经启动,一代工程与二代工程是有机结合和联系的,一代系统只是试验性的,二代系统才是真正目的。

BD-2 分 2 步实施:先区域系统和后全球系统。

计划在 2010 年左右,建成能向全球扩展的 BD-2 区域卫星导航系统,在我国及周边地区、海域实现连续实时三维定位测速、高精度授时和部分地区的用户位置报告及双向报文通信。BD-2 区域卫星导航系统空间段由 5 颗地球静止轨道(GEO)卫星、7 颗非静止轨道卫星(3 颗倾斜同步轨道(IGSO)卫

星和 4 颗中圆轨道 (MEO) 卫星) 组成,能保证用户在其服务区内任何时间均能收到 4 颗以上卫星的信号。

在未来的几年,BD - 2 系统将逐步增加卫星数量,对其进行完善,最终完成空间部分 5 颗静止轨道卫星和 30 颗的非静止轨道卫星的系统布局,卫星数量超过 GPS 系统,成为真正的全球卫星导航系统。预计到 2015 年前后,我国的 BDsat 将初步建成并进入可用阶段,此后将会可同时跟踪 12 颗卫星。整个系统建成后,开放服务模式将免费为用户提供定位、测速和授时服务,定位精度为 1 ~ 10 m,测速精度为 0.2 m/s,而授权服务模式则可以为用户提供更安全的定位、测速和授时服务。

世界上 3 大卫星导航定位系统及中国 BDsat 的主要性能如表 1 所示。

表 1 各卫星导航定位系统主要性能表

指标	GPS	GLONASS	GAL-ILEO	BD - 1	BD - 2
组网卫星	24MEO	24MEO	30MEO	2GEO	5GEO + 30MEO
定位精度/m	3 ~ 15	2 ~ 30	1	20 ~ 100	1 ~ 10
授时精度/ns	20		20 ~ 100	10 ~ 50	
测速精度/(m/s)	0.10	0.15		0.20	0.20

3 某远洋船导航定位设备

目前, GPS 系统是世界上应用最为广泛的全球卫星导航定位系统,远洋船舶上大都使用该系统实现定位和导航的功能。例如,某远洋船在导航定位和时间授时比对方案中均采用 GPS 卫星导航定位系统。

3.1 航海 GPS

该船航海气象系统目前应用的导航定位设备有美国 GARMIN 公司的 GPSMAP232C、日本 JRC 公司的 GPS112 等卫星导航定位设备,它们的定位精度均为 15 m。其信息用户为船舶电子海图、卫星通信船载地球站和卫星电视接收站等设备。

3.2 科研 GPS

该船科研考察系统导航定位所用的某型号 GPS 接收机,其定位精度为 15 m,实时差分定位精度为

5 m,其信息用户为惯导;给时统提供的时间精度为 500 ns。

4 BDsat 在远洋船舶上应用探讨

BDsat 有着一些 GPS 不可比拟的优势: 它不需要其他系统支持就具备定位与通讯功能; 适合于集团大范围监控管理、资料获取以及用户资料传输; 融合了卫星增强系统后应用更加广泛; 由于这个系统我国拥有自主产权,使用起来更加安全、可靠、稳定,保密性强。目前国内一些大型企业和交通运输等产业已逐步装备我国自主研发的 BDsat。

首先就远洋船舶自身安全性来讲,拥有自主知识产权的导航定位系统是非常必要的;其次就海上科学考察系统可靠性来讲,有必要开拓新的途径作为系统的备份,同时增加新的扩展功能,以进一步提高远洋船舶完成任务的能力。随着 BDsat 的不断发展完善,其在远洋船舶上实现定位导航、精密授时正逐步成为现实,同时其还可以实现 GPS 所不具备的其他应用业务。

4.1 定位导航

在运用船舶用户接收设备监测船舶航行的过程中,通过 BDsat 提供的实时高精度船位,结合接收机的航迹显示、防撞报警和航迹偏差告警等功能,正确引导船舶按计划航线航行。一旦船舶偏离计划航线,及时修正航向返回计划航线,以保证船舶的航行安全。

复杂条件下的航行泛指在沿岸、狭水道、能见度不良、冰区和极区等复杂的地理条件及复杂的气象条件下的航行。为了确保船舶在复杂条件下航行的安全,可以充分利用 BDsat 地面控制中心掌握用户位置等有关导航信息的特点,再结合地面控制中心的数字化海图,由地面控制中心将船舶位置与船舶航行海区附近碍航物的方位距离,及时通过通信信道传输给用户,以使用户随时掌握船舶与碍航物之间的方位距离,及时采取避让措施,绕开暗礁、险滩等危险区,从而正确引导船舶在复杂条件下的航行。

4.2 精密授时

目前,设在中国计量科学研究院的国家授时中心使用的是被称为“激光冷却 - 铯原子喷泉频率基准”的铯钟,我国的授时基准——UTC(NIM)都是由它提供并不断同国际基准校正的,而 BDsat 的时间基准也是由此而来。BDsat 支持单向定时方式(即广

播方式) ,BDsat 授时用户量是不受限制的 ,完全可以满足远洋船舶用户的需求。此外 BDsat 系统的安全性、广播信号及信号的可用度和可靠性指标也完全能够达到远洋船舶用户要求的最高水平。因此 ,远洋船舶通过 BDsat 可获得接近 GPS 精度的定时信号 ,完全可以为时统对时或其他设备提供精准定时。

4.3 报文通信

BDsat 的快速短信通信功能与其快速定位功能基本相似 ,也采用主从请求响应模式 ,用户首先使用用户机发起通信请求(含通信电文内容) ,地而控制中心在完成必要的鉴权后对通信报文进行转发处理。系统响应时间非常快 ,通常用户机以点对点方式完成电文通信仅需要 1 s 左右的时间。此外 ,BDsat 提供的通信功能是双向的 ,用户机既可以发送短信也可以接收短信。双向短信通信功能非常适合远洋船舶用户对短数据业务的应用。在双向短报文通讯方面 ,按每秒发射 1 次通信信息 ,每次发送 120 汉字的发射频度计算 ,可获得的信息速率为 1.92 kbps。该信息传输速率相对于其他通信信道来说虽然比较低 ,但却是非常实用的。

BDsat 所具有的短报文通讯功能是 GPS 所不具备的 ,这在远洋船舶上有着非常实际的用途 ,不但可以作为应急救生通信的有益补充 ,还可以作为科研任务通信的应急备份手段之一。

(上接第 26 页)

4 结束语

通过对二维超混沌 IM 进行过抽样运算 ,提出了一种新的映射 OIM(Over-sampled Ikeda Map) ,并由此生成了超混沌二值序列 OIMBS。OIMBS 在同步和非同步 2 种情况下都较 IMBS 有更好的相关特性和平衡性 ;又因为在序列的产生过程中引入新的参量 ,使 OIM 对应 Lyapunov 指数的增加及序列的保密性得到加强。另外 ,根据一维扩频码的最优筛选策略优选出若干组 Logistic Map 二值序列、IMBS 和 OIMBS 应用于 DS - CDMA 系统 ,在多种信道中仿真了系统误码情况 ,结果验证了采用 OIMBS 的系统误码率明显低于采用 Logistic Map 二值序列和 IMBS 的系统。✧

参考文献

[1] PROAKIS J G 数字通信[M]. 北京:电子工业出版社, 2003:643 - 669.

5 结束语

尽管目前运行中的 BD - 1 导航试验系统还存在着一定的局限性 ,如覆盖区域、定位精度和安全保密等方面都还有待完善 ,但有理由相信 ,在发展 BD - 1 的基础上 ,借鉴国外 GPS 和 GLONASS 的成功经验 ,在不久的将来 ,具备先进性、适用性、军民两用、抗干扰性和抗继毁性等特征的、适合我国的国情的 BD - 2 将会展现在大家面前 ,更加完善的我国卫星导航系统也必将建立 ,其将在船舶运输和公路交通等众多行业以及军队和公安等特殊单位发挥越来越重要的作用。针对远洋船舶工作需求和体制特性 ,目前有必要对国产的卫星导航定位系统进行技术跟踪和研究 ,一旦该系统发展完善后 ,即可采用这一安全可靠的国产卫星导航定位系统 ,确保海上科研任务的圆满完成和船舶航行的绝对安全。✧

参考文献

[1] 吴广华,张兴谷. 卫星导航[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
[2] 干国强,邱致和. 导航与定位[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
[3] 冉承其,蔚保国. 卫星导航系统技术和产业发展战略研究. 无线电工程,2005,35(6):42 - 44.

作者简介

朱伟康 男,(1961 -) ,中国卫星海上测控部高级工程师。主要研究方向:航天海上测控通信总体工程。

[2] SEBESTA V. Chaotic Spreading Sequences [C] . IEEE 7th Int. Symp. on Spread Spectrum Tech. & Appl. ,2002:585 - 587.
[3] HEIDARFATANI G, MCGLLEM C D. A Chaotic Direct-Sequence Spread-Spectrum Communication System [J] . IEEE Transaction on Communications ,1994,42(2/3/4):1524 - 1527.
[4] MAZZINI G, SETTI G, ROVATTI R. Chaotic Complex Spreading Sequences for Asynchronous DS-CDMA—Part I: System Modeling and Results[J]. IEEE Transaction on Circuits and System ,1997,44(10):937 - 947.
[5] IKEDA K. Multiple-valued Stationary State and Its Instability of Transmitted Light by a Ring Cavity System [J] . Optimal Communication ,1979,30(2):257 - 261.
[6] 张晓丹,李志萍,张丽丽. 一类基于奇异值分解的 Lyapunov 指数计算方法[J]. 北京科技大学学报,2005,27(3):371 - 374.

作者简介

段凌杰 男,(1986 -) ,哈尔滨工业大学电子与信息技术研究院攻读本科学位。主要研究方向:混沌理论、扩频通信、多用户检测。

嵌入式资源免费下载

总线协议:

1. [基于 PCIe 驱动程序的数据传输卡 DMA 传输](#)
2. [基于 PCIe 总线协议的设备驱动开发](#)
3. [CANopen 协议介绍](#)
4. [基于 PXI 总线 RS422 数据通信卡 WDM 驱动程序设计](#)
5. [FPGA 实现 PCIe 总线 DMA 设计](#)
6. [PCI Express 协议实现与验证](#)
7. [VPX 总线技术及其实现](#)
8. [基于 Xilinx FPGA 的 PCIE 接口实现](#)
9. [基于 PCI 总线的 GPS 授时卡设计](#)
10. [基于 CPCI 标准的 6U 信号处理平台的设计](#)
11. [USB30 电路保护](#)
12. [USB30 协议分析与框架设计](#)
13. [USB 30 中的 CRC 校验原理及实现](#)
14. [基于 CPLD 的 UART 设计](#)
15. [IPMI 在 VPX 系统中的应用与设计](#)
16. [基于 CPCI 总线的 PMC 载板设计](#)
17. [基于 VPX 总线的工件台运动控制系统研究与开发](#)
18. [PCI Express 流控机制的研究与实现](#)
19. [UART16C554 的设计](#)
20. [基于 VPX 的高性能计算机设计](#)
21. [基于 CAN 总线技术的嵌入式网关设计](#)
22. [Visual C 串行通讯控件使用方法与技巧的研究](#)
23. [IEEE1588 精密时钟同步关键技术研究](#)
24. [GPS 信号发生器射频模块的一种实现方案](#)
25. [基于 CPCI 接口的视频采集卡的设计](#)
26. [基于 VPX 的 3U 信号处理平台的设计](#)
27. [基于 PCI Express 总线 1394b 网络传输系统 WDM 驱动设计](#)
28. [AT89C52 单片机与 ARINC429 航空总线接口设计](#)
29. [基于 CPCI 总线多 DSP 系统的高速主机接口设计](#)
30. [总线协议中的 CRC 及其在 SATA 通信技术中的应用](#)
31. [基于 FPGA 的 SATA 硬盘加解密控制器设计](#)
32. [Modbus 协议在串口通讯中的研究及应用](#)
33. [高可用的磁盘阵列 Cache 的设计和实现](#)
34. [RAID 阵列中高速 Cache 管理的优化](#)

35. [一种新的基于 RAID 的 CACHE 技术研究与实现](#)
36. [基于 PCIE-104 总线的高速数据接口设计](#)
37. [基于 VPX 标准的 RapidIO 交换和 Flash 存储模块设计](#)

VxWorks:

1. [基于 VxWorks 的多任务程序设计](#)
2. [基于 VxWorks 的数据采集存储装置设计](#)
3. [Flash 文件系统分析及其在 VxWorks 中的实现](#)
4. [VxWorks 多任务编程中的异常研究](#)
5. [VxWorks 应用技巧两例](#)
6. [一种基于 VxWorks 的飞行仿真实时管理系统](#)
7. [在 VxWorks 系统中使用 TrueType 字库](#)
8. [基于 FreeType 的 VxWorks 中文显示方案](#)
9. [基于 Tilcon 的 VxWorks 简单动画开发](#)
10. [基于 Tilcon 的某武器显控系统界面设计](#)
11. [基于 Tilcon 的综合导航信息处理装置界面设计](#)
12. [VxWorks 的内存配置和管理](#)
13. [基于 VxWorks 系统的 PCI 配置与应用](#)
14. [基于 MPC8270 的 VxWorks BSP 的移植](#)
15. [Bootrom 功能改进经验谈](#)
16. [基于 VxWorks 嵌入式系统的中文平台研究与实现](#)
17. [VxBus 的 A429 接口驱动](#)
18. [基于 VxBus 和 MPC8569E 千兆网驱动开发和实现](#)
19. [一种基于 vxBus 的 PPC 与 FPGA 高速互联的驱动设计方法](#)
20. [基于 VxBus 的设备驱动开发](#)
21. [基于 VxBus 的驱动程序架构分析](#)
22. [基于 VxBus 的高速数据采集卡驱动程序开发](#)

Linux:

1. [Linux 程序设计第三版及源代码](#)
2. [NAND FLASH 文件系统的设计与实现](#)
3. [多通道串行通信设备的 Linux 驱动程序实现](#)
4. [Zsh 开发指南-数组](#)
5. [常用 GDB 命令中文速览](#)
6. [嵌入式 C 进阶之道](#)

7. [Linux 串口编程实例](#)
8. [基于 Yocto Project 的嵌入式应用设计](#)
9. [Android 应用的反编译](#)
10. [基于 Android 行为的加密应用系统研究](#)
11. [嵌入式 Linux 系统移植步步通](#)
12. [嵌入式 C++ 语言精华文章集锦](#)
13. [基于 Linux 的高性能服务器端的设计与研究](#)
14. [S3C6410 移植 Android 内核](#)
15. [Android 开发指南中文版](#)
16. [图解 Linux 操作系统架构设计与实现原理（第二版）](#)
17. [如何在 Ubuntu 和 Linux Mint 下轻松升级 Linux 内核](#)
18. [Android 简单 mp3 播放器源码](#)
19. [嵌入式 Linux 系统实时性的研究](#)
20. [Android 嵌入式系统架构及内核浅析](#)
21. [基于嵌入式 Linux 操作系统内核实时性的改进方法研究](#)
22. [Linux TCP IP 协议详解](#)
23. [Linux 桌面环境下内存去重技术的研究与实现](#)
24. [掌握 Android 7.0 新增特性 Quick Settings](#)
25. [Android 应用逆向分析方法研究](#)
26. [Android 操作系统的课程教学](#)
27. [Android 智能手机操作系统的研究](#)
28. [Android 英文朗读功能的实现](#)
29. [基于 Yocto 定制嵌入式 Linux 发行版](#)

Windows CE:

1. [Windows CE.NET 下 YAFFS 文件系统 NAND Flash 驱动程序设计](#)
2. [Windows CE 的 CAN 总线驱动程序设计](#)
3. [基于 Windows CE.NET 的 ADC 驱动程序实现与应用的研究](#)
4. [基于 Windows CE.NET 平台的串行通信实现](#)
5. [基于 Windows CE.NET 下的 GPRS 模块的研究与开发](#)
6. [win2k 下 NTFS 分区用 ntldr 加载进 dos 源代码](#)
7. [Windows 下的 USB 设备驱动程序开发](#)
8. [WinCE 的大容量程控数据传输解决方案设计](#)
9. [WinCE6.0 安装开发详解](#)
10. [DOS 下仿 Windows 的自带计算器程序 C 源码](#)
11. [G726 局域网语音通话程序和源代码](#)
12. [WinCE 主板加载第三方驱动程序的方法](#)
13. [WinCE 下的注册表编辑程序和源代码](#)

14. [WinCE 串口通信源代码](#)
15. [WINCE 的 SD 卡程序\[可实现读写的源码\]](#)
16. [基于 WinCE 的 BootLoader 研究](#)
17. [Windows CE 环境下无线网卡的自动安装](#)
18. [基于 Windows CE 的可视电话的研究与实现](#)

PowerPC:

1. [Freescale MPC8536 开发板原理图](#)
2. [基于 MPC8548E 的固件设计](#)
3. [基于 MPC8548E 的嵌入式数据处理系统设计](#)
4. [基于 PowerPC 嵌入式网络通信平台的实现](#)
5. [PowerPC 在车辆显控系统中的应用](#)
6. [基于 PowerPC 的单板计算机的设计](#)
7. [用 PowerPC860 实现 FPGA 配置](#)
8. [基于 MPC8247 嵌入式电力交换系统的设计与实现](#)
9. [基于设备树的 MPC8247 嵌入式 Linux 系统开发](#)
10. [基于 MPC8313E 嵌入式系统 UBoot 的移植](#)
11. [基于 PowerPC 处理器 SMP 系统的 UBoot 移植](#)
12. [基于 PowerPC 双核处理器嵌入式系统 UBoot 移植](#)

ARM:

1. [基于 DiskOnChip 2000 的驱动程序设计及应用](#)
2. [基于 ARM 体系的 PC-104 总线设计](#)
3. [基于 ARM 的嵌入式系统中断处理机制研究](#)
4. [设计 ARM 的中断处理](#)
5. [基于 ARM 的数据采集系统并行总线的驱动设计](#)
6. [S3C2410 下的 TFT LCD 驱动源码](#)
7. [STM32 SD 卡移植 FATFS 文件系统源码](#)
8. [STM32 ADC 多通道源码](#)
9. [ARM Linux 在 EP7312 上的移植](#)
10. [ARM 经典 300 问](#)
11. [基于 S5PV210 的频谱监测设备嵌入式系统设计与实现](#)

12. [Uboot 中 start.S 源码的指令级的详尽解析](#)
13. [基于 ARM9 的嵌入式 Zigbee 网关设计与实现](#)
14. [基于 S3C6410 处理器的嵌入式 Linux 系统移植](#)
15. [CortexA8 平台的 \$\mu\$ C-OS II 及 LwIP 协议栈的移植与实现](#)
16. [基于 ARM 的嵌入式 Linux 无线网卡设备驱动设计](#)
17. [ARM S3C2440 Linux ADC 驱动](#)
18. [ARM S3C2440 Linux 触摸屏驱动](#)
19. [Linux 和 Cortex-A8 的视频处理及数字微波传输系统设计](#)

Hardware:

1. [DSP 电源的典型设计](#)
2. [高频脉冲电源设计](#)
3. [电源的综合保护设计](#)
4. [任意波形电源的设计](#)
5. [高速 PCB 信号完整性分析及应用](#)
6. [DM642 高速图像采集系统的电磁干扰设计](#)
7. [使用 COMExpress Nano 工控板实现 IP 调度设备](#)
8. [基于 COM Express 架构的数据记录仪的设计与实现](#)
9. [基于 COM Express 的信号系统逻辑运算单元设计](#)
10. [基于 COM Express 的回波预处理模块设计](#)
11. [基于 X86 平台的简单多任务内核的分析与实现](#)
12. [基于 UEFI Shell 的 PreOS Application 的开发与研究](#)
13. [基于 UEFI 固件的恶意代码防范技术研究](#)
14. [MIPS 架构计算机平台的支持固件研究](#)

Programming:

1. [计算机软件基础数据结构 - 算法](#)