

文章编号: 1004-4353(2016)03-0263-04

航标遥测遥控终端可靠性设计方法

彭井花¹, 蔡声镇²

(1. 阳光学院, 福建 福州 350015; 2. 福建师范大学软件学院, 福建 福州 350007)

摘要: 据航标遥测遥控终端的高可靠性要求,对影响航标遥测遥控终端可靠性的主要因素做了分析,并针对硬件可靠性设计和软件可靠性设计的要求,提出了采用双机热备份、终端远程在线升级的可靠性设计方法.采用 Lambda Predict、Relex Studio 可靠性预计软件,对终端硬件系统的可靠性进行评价,结果显示航标遥测遥控终端理论可靠度指标和有效度指标均满足电子设备和信息系统建设的可靠性要求.实际应用表明,该技术不仅能够显著提高终端的可靠性,还可提高系统升级与维护的便利性.

关键词: 航标遥测遥控终端; 可靠性; 双机热备份; 远程在线升级; Lambda Predict; Relex Studio

中图分类号: TP202

文献标识码: A

Methods for the reliability design of remote monitoring system of navigational marks

PENG Jinghua¹, CAI Shengzhen²

(1. *Yangguo College, Fuzhou 350015, China;*

2. Faculty of Software, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: According to the high reliable request for remote monitoring system of navigational marks, we analyze major influence factors of the reliability index for remote monitoring system of navigational marks, according to the hardware reliability design and software reliability design, we propose methods for the reliability design base on system redundancy backup, remote online upgrade of terminal, and we use the Lambda Predict and Relex Studio predict softwares to evaluate the reliability of terminal hardware system. The results show that remote monitoring system of navigational marks theory reliability and validity indicators meet the requirements of electronic equipment and information system reliability. The practical application proved that the technologies not only can enhance the terminal's reliability obviously, but also can enhance the convenience of system upgrade and maintenance.

Keywords: remote monitoring system of navigational marks; reliability; system redundancy backup; remote online upgrade; Lambda Predict; Relex Studio

随着各种海上活动的日益增长,海上用户对航标等助航设施的建设、管理和维护提出了更高的要求^[1].近年来,国内外航标遥测遥控终端的设计多侧重于对运行环境、电磁干扰、能源供应和元器件质量等因素的常规可靠性设计方面^[2-5],而对控制系统本身的可靠性及终端中多核系统软件的

远程升级问题关注得不多.鉴于此,本文在分析影响航标终端运行可靠性的主要因素的基础上,对硬件可靠性设计和软件可靠性设计分别采取双机热备份和终端远程在线升级的可靠性技术,以达到提高控制系统的可靠性和解决系统软件的批量远程在线升级与维护的目的.

收稿日期: 2016-08-18

作者简介: 彭井花(1983—),女,讲师,研究方向为智能检测技术.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2010J01326);福建省科技厅资助项目(2009H0018);福建省教育厅资助项目(JA10078)

1 影响终端可靠性的主要因素

由于航标遥测遥控终端的多样性及结构上的复杂性,终端可靠性的影响因素也表现出多样性,归纳起来主要包括以下几个方面:工作环境因素(工作环境十分恶劣,主要表现在昼夜温差大,空气湿度大、盐雾浓度高);电磁干扰因素(雷击、系统本身产生的电磁干扰);硬件电路的可靠性因素;软件系统的可靠性因素(稳定性、可维护性);能源供应因素。

2 终端可靠性预计

电子产品可靠性要根据其组成系统的元器件、组件、部件、设备的可靠性经验数据及可靠性模型,对电子部件、整机及其构成的电子系统可靠性水平进行预计^[6]。由于 Lambda Predict 支持所有常见的可靠性预计分析标准,支持广泛的元件库,Relex Studio 将可靠性设计分析系统和可靠性(信息)管理系统纳入了统一的软件平台,同时又提供了优秀的管理特性和接口特性,极大地方便了用户可靠性工作的标准化和规范化。因此,本文选用 Lambda Predict、Relex Studio 可靠性预计软件进行可靠性预计,其工作流程如图 1 所示^[7]。

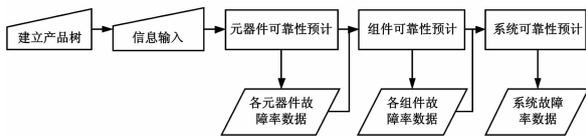


图 1 可靠性预计工作流程图

航标遥测遥控终端由数据采集器、蓄电池巡检器、控制器和控制机构 4 大模块组成。根据航标遥测遥控终端原理建立的产品树预计结果如图 2 所示。数据采集器的 MTBF(Mean Time Between Failure,故障间的平均时间)为 181 700 h,蓄电池巡检器的 MTBF 为 243 980 h,控制器的 MTBF 为 98 781 h,控制机构的 MTBF 为 772 920 h。从图 2 可以看出,控制器的 MTBF 值比其他模块的

80 of 85 System Hierarchy					
Name	Category	Failure Rate(t)	Failure Rate (=INF)	Quantity	MTBF
MIL+DBK-217F	MIL+DBK-217F	21.0194 FPPHM	21.01...	1	4.7575E+04 hrs
数据采集器	Block	5.5035	5.5035	1	1.8170E+05
蓄电池巡检器	Block	4.0987	4.0987	1	2.4398E+05
控制器	Block	10.1234	10.1234	1	9.8781E+04
控制机构	Block	1.2938	1.2938	1	7.7292E+05

图 2 航标遥测遥控终端产品树

MTBF 值少了一个数量级,这说明控制器的可靠性得到了很大的提高。

3 提高系统可靠性的方法

针对上述终端可靠性的主要影响因素和图 2 的可靠性预计结果,本文采取双机热备份和终端远程在线升级技术以提高系统的可靠性。

3.1 双机热备份

目前,双机备份的双主机与终端的连接方式主要分为两种:一种是双主机和终端直接并接在一条通讯总线上,另一种是双主机通过总线切换器汇聚为一条总线后再与终端连接。这两种方式虽均具有双机备份的功能,但在通讯总线发生故障(包括挂载在总线上的任一接口发生短路性故障)时,均会造成局部或全部数据无法传输的问题,即只做到主机备份而通讯上没有备份^[8]。在工业控制系统中,通信故障和供电电路故障较易发生,因此为提高终端的可靠性,本文采取在控制主机、通讯总线和供电电源上实现全面备份的“双机热备份”结构设计,如图 3 所示。该系统由主控制器、从控制器、通讯总线、数据终端、双电源电路和电源线组成。所谓双电源就是采用独立的双路电源,通过电源线向主控制器、从控制器和各数据终端供电,确保交、直流可靠供电。图 3 中,主控制器的第一通讯接口、从控制器的第二通讯接口和数据终端中各第一通讯接口均连接在第一通讯总线上;从控制器的第一通讯接口、主控制器的第二通讯接口和各数据终端的第二通讯接口均连接在第二通讯总线上,这样就构成了控制器与数据终端的双机、双通讯总线备份。该系统能在主控制器或第一通讯总线出现故障时,自动切换到从控制器及第二通讯总线上,并在切换方法上能够保证系统继续正常运行,从而提高系统的可靠性。

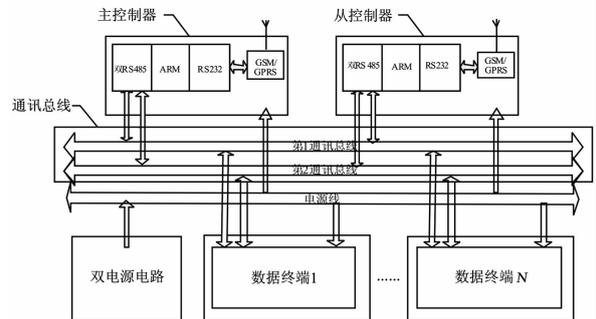


图 3 双机热备份系统结构

3.1.1 控制器供电电路设计 主控制器和从控制器在结构上完全相同,它们分别包括:ARM 内核的嵌入式处理器、GPRS/GSM Modem、电隔离式 DC-DC+LDO 电源等电路,其中 GPRS/GSM 模块 MC55 在发射状态时,需要一个很大的瞬时电流,因此需要对其电源进行重新设计.因为 GPRS/GSM 模块 MC55 的工作电源为 3.6 V,其在发射状态时需要约 350~400 mA 的工作电流,且为了应对模块死机现象,该模块电源必须受控于 ARM 主芯片,使之能够应要求重启;因此,该模块必须由独立的电源电路供电.其供电电路采用 DC-DC 模块 MP4462 产生 3.6 V 电源供给 GPRS/GSM 模块,具体电路如图 4 所示.

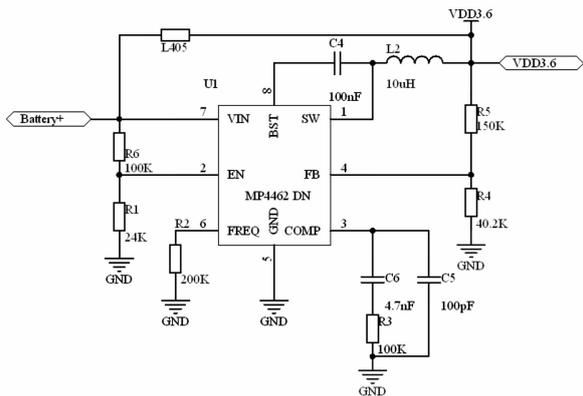


图 4 基于 MP4462 的 DC-DC 电路原理简化图

控制器电路中的 ARM 芯片、EEPROM 及传感器等的工作电压为 3.3 V,由于低压差线性稳压器 LDO 适用于输入电压和输出电压很接近的电源中,因此在 DC-DC 电源的基础上增加 LDO,以此将 3.6 V 的电源降为 3.3 V 的稳定电源. LDO 电路采用 XC6209 芯片实现,如图 5 所示.增加 LDO 可以有效抑制通信模块的射频干扰,从而进一步提高系统的稳定性.

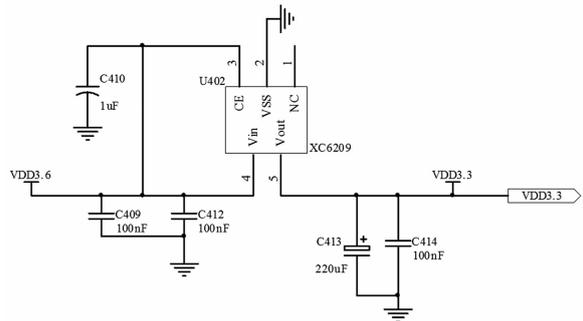


图 5 基于 XC6209 的 LDO 电路原理图

3.1.2 双机控制权切换原理 在正常的工作情

况下,主控制器定时发送巡查指令查询各个数据终端的数据,并根据现场的情况把控制指令发送给控制模块执行相关操作;同时,主控制器定时把系统的工作状态发送给从控制器,即主从控制器互相监测,从控制器收到主控制器工作正常的信息后,自动进入待机状态.当主控制器出现异常情况时,主控制器和从控制器对系统的双机备份控制权进行主动切换和被动切换.

主动切换流程图如图 6 所示.如果主控制器判断软件内部发生无法修复或发生致命错误(如配置数据丢失或软件异常等)、主控制器长时间无法登录到通信网络、主控制器判断 GPRS/GSM Modem 已经无法工作或监控中心强制要求启用从控制器时,则主控制器发出指令要求从控制器接受控制权继续对系统进行控制.

被动切换流程图如图 7 所示.如果主控制器长时间未进行总线操作、从控制器长时间未收到

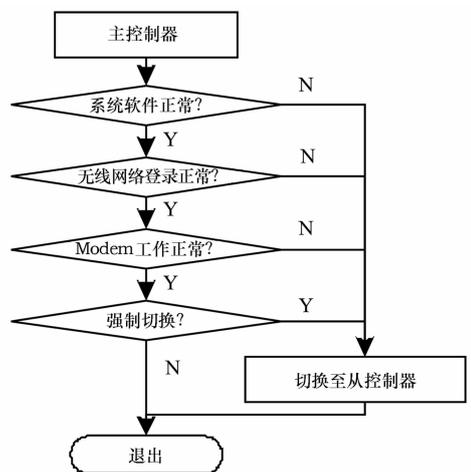


图 6 主动切换流程图

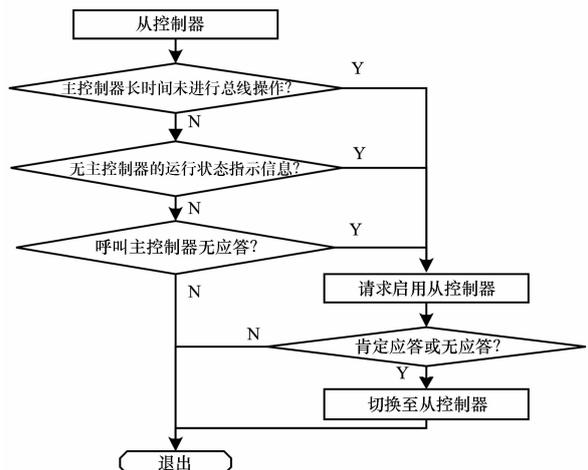


图 7 被动切换流程图

主控制器的运行状态指示信息或从控制器对主控制器的呼叫信息长时间未得到应答,则从控制器发出要求获取控制权,在主控制器未给予否定应答后(包括肯定应答和无应答),从控制器即启动工作。

3.2 远程在线升级

由于航标终端所处地理位置和工作条件的复杂性,一旦航标终端系统软件存在缺陷或用户提出新的监测功能和指标要求时,其维护、升级的困难程度比对航标本身的维护还要大。为了解决终端中多核系统软件的升级问题,终端采取远程在线升级方法^[9-10],此方法采用应答机制、断点续传和 IAP 等技术,可兼容终端中 ARM 和 PIC 单片机的多核系统软件批量远程升级的需求,确保数据传输的准确性和可靠性,实现对分散型航标遥测遥控系统中终端系统软件的远程在线升级。

4 终端可靠度的测定

在系统没有采取双机热备份结构的前提下,将终端每个模块的 MTBF 值输入到 Relx Studio 软件可靠性框图的各个单元,由此计算出可靠性框图的预计结果。如图 8 所示,MTTF(Mean Time To Failure,平均失效前时间)为 47 575 h,系统的可靠度为 0.979。



图 8 航标遥测遥控终端可靠性框图预计结果

在系统采取双机热备份结构的前提下,按同样方法预计的结果如图 9 所示。此时的 MTTF 为 63 040 h,系统的可靠度为 0.989,该结果满足电子设备和信息系统建设可靠性的要求。

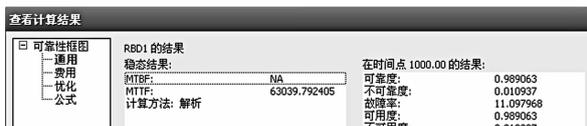


图 9 航标遥测遥控终端可靠性框图预计结果

由以上可知,系统采取双机热备份结构后可靠度仅提高了 0.01,但 MTTF 提高了 15 465 h。如

果把双机热备份结构的软件因素和远程在线升级方法考虑进去,则可靠性将得到更大的提升,因为当主控制器出现故障后,可以随时启用从控制器,或者通过远程在线升级软件来提高航标故障的反应能力、系统的及时性以及可靠性。

5 结论

本文采用双机热备份、远程在线升级、电隔离式 DC-DC+LDO 电源等技术,实现了双控制主机和双通讯总线的冗余备份,解决了分散型航标遥测遥控终端中多核系统软件的批量远程在线升级和维护问题,提高了系统的可靠性。双机热备份和远程在线升级方案已经成功地应用在南京航道局的航标自动监测系统中。实践证明,该方案的实施可以减少航标盲目巡检次数,延长巡检周期,提高航标故障反应能力,缩短故障反应时间,增强航标设备管理与维护的计划性与针对性,降低管理成本,可为航运经济发展提供有力的支持与服务。

参考文献:

- [1] 程洪. 北斗遥测系统在西沙海域的应用[EB/OL]. 2015. [2016-01-15]. <http://www.aton.gov.cn>.
- [2] 蔡声镇,吴允平,苏伟达,等. 双 MCU 架构航标监控终端的研制[J]. 微电子学与计算机, 2005(10): 92-95.
- [3] 潘永跃,丁武学. 电子产品的贮存可靠性研究[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2002(1): 31-34.
- [4] 秦绪伟. 浅析单片机抗干扰技术[J]. 今日科苑, 2008(20): 63-64.
- [5] 张辉,樊亚妮. 嵌入式自控系统软件抗干扰技术[J]. 广东教育学院学报, 2008(5): 64-66.
- [6] 张增照,潘勇. 电子产品可靠性预计[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-5.
- [7] 陈晓彤. 可靠性预计方法—PRISM 简介[J]. 质量与可靠性, 2004(5): 1-8.
- [8] 蔡声镇,李汪彪,吴允平,等. 一种水上助航设施遥测遥控系统的双机备份装置及备份方法[P]. 中国, 200810071830. 8. 2009-03-04.
- [9] 陈聪慧,吴允平,彭井花,等. 一种基于 GPRS 网络的 ARM 嵌入式终端远程升级装置[P]. 中国, 200720009338. 9. 2008-11-05.
- [10] 彭井花,蔡声镇,吴允平,等. 一种分散型测控系统中终端的远程在线升级方法[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2012(4): 42-45.