



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102520715 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 27

(21) 申请号 201110446865. 7

(22) 申请日 2011. 12. 28

(71) 申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 冯文全 周淦 赵琦 孙桦 朱楠
张猛

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限
公司 11232

代理人 王顺荣 唐爱华

(51) Int. Cl.

G05B 23/02 (2006. 01)

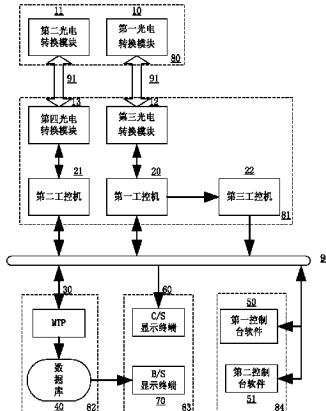
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种通用化的卫星地面总体控制测试系统

(57) 摘要

本发明涉及一种通用化的卫星地面总体控制测试系统，由前端光电转换模块、测控前端设备模块、中心处理单元模块、显示终端模块和控制台模块组成；前端光电转换模块是地面总体控制测试系统与被测系统的对外硬件接口，对内则与测控前端设备模块相连接；测控前端设备模块与前端光电转换模块完成数据交互，后端与中心处理单元模块和控制台模块通信；中心处理单元模块接收从测控前端设备模块的下行遥测数据，完成数据的分类存储，并将数据转发至显示终端模块，同时还需完成对控制台模块上行遥控信息的存储工作；显示终端模块从中心处理单元模块接收遥测数据，以实时分析和延时分析两种方式完成工作；控制台模块向测控前端设备模块上行遥控指令，并向中心处理单元模块转发指令上行信息报备。



1. 一种通用化的卫星地面总体控制测试系统,其特征在于:整个系统包含五部分:前端光电转换模块(80)、测控前端设备模块(81)、中心处理单元模块(82)、显示终端模块(83)和控制台模块(84),按照一定的流程完成对卫星测试过程中遥测数据的接收、处理、分类存储、显示、实时诊断和延时分析,遥控指令和指令序列的准确上行功能;各模块之间的连接关系如下所述:

前端光电转换模块(80)与星上设备互联,对内则通过光纤(91)与测控前端设备模块(81)相连接;测控前端设备模块(81)与前端光电转换模块(80)通过光纤完成数据交互,后端与中心处理单元模块(82)和控制台模块(84)通信;中心处理单元模块(82)接收从测控前端设备模块(81)的下行遥测数据,完成数据的分类存储,并将数据转发至显示终端模块(83),同时还需完成对控制台模块(84)上行遥控信息的存储工作;显示终端模块(83)从中心处理单元模块(82)接收遥测数据,以实时分析和延时分析两种方式完成工作;控制台模块(84)向测控前端设备模块(81)上行遥控指令,并向中心处理单元模块(82)转发指令上行信息报备;

所述的前端光电转换模块(80)由第一光电转换模块(10)和第二光电转换模块(11)组成,两模块配对使用,完成光信号与电信号的互换,将电信号传给被测系统,将光信号通过光纤下行传输;

所述的测控前端设备模块(81)由第三光电转换模块(12)、第四光电转换模块(13)、第一工控机(20)、第二工控机(21)和第三工控机(22)组成;每台工控机上都装有硬件板卡和工控机前端软件,其中硬件板卡包括:安装在第一台工控机(20)和第二台工控机(21)上的RS422串口卡,安装在第三工控机上的LVDS接口卡和校时板卡;第三光电转换模块(12)和第四光电转换模块(13)配对使用,完成电信号与光信号的互换,将光信号通过光纤远距离传输给前端光电转换模块(80),将电信号传给三台工控机上的硬件板卡;第一工控机(20)和第二工控机(21)实现对硬件板卡的驱动、数据调度的主要功能,在下行遥测数据的流程中从硬件板卡上完成数据采集、处理和显示,并组织数据以TCP/IP的方式发送至中心处理单元模块(82)的MTP(30);在上行遥控指令的流程中从控制台模块(84)接收上行遥控指令,在本地完成处理,并写入硬件板卡上行至前端光电转换模块(80);第一工控机(20)和第二工控机(21)同时处理下行遥测数据,均可处理上行遥控指令数据,实现了对下行数据的分离和备份和对上行数据通道选择的灵活性;第三工控机(22)接收从第三光电转换模块(12)传送的大容量导航数据,在LVDS板卡上完成数据采集和处理,并转发给中心处理单元模块(82)的MTP(30),同时第三工控机(22)装有校时板卡,完成对整个地面应用系统的校时工作;

所述的中心处理单元模块(82)由MTP(30)和数据库(40)组成,MTP 30实现的功能具体可包括接收第一工控机(20)和第二工控机(21)发送的遥测源码,对遥测源码进行处理分析,分类存储源码和处理分析的结果至数据库(40),并将遥测源码和解析后的工程值实时转发给显示终端模块(83)的C/S显示终端(60);接收控制台模块(84)的两个控制台软件发送的上行遥控指令信息,存储到数据库(40),并转发给各C/S显示终端(60)实时显示上行指令;接收第三工控机(22)发送的大容量导航数据,进行处理存储和转发的工作;数据库(40)采用MySQL数据库,以便于显示终端模块(83)的B/S显示终端(70)以Web形式对遥测数据进行延时的数据回放及分析;数据库(40)以序号-时间-整帧源码的表格式存

储遥测源码,以序号 - 时间 - 遥测参数详细信息的表格式存储解析后的遥测参数源码及对应的工程值,以序号 - 指令发送时间 - 指令代号 - 指令内容的表格式存储上行的遥控指令信息;

所述的显示终端模块 (83) 是地面总体控制测试系统与大部分用户的接口,该模块由 C/S 显示终端 (60) 和 B/S 显示终端 (70) 组成,以实时分析和延时分析两种模式完成对数据的友好显示及分析工作;其中 C/S 显示终端 (60) 可完成对遥测数据的实时接收、诊断和显示工作,具体流程是 C/S 显示终端 (60) 通过接收 MTP (30) 所发送的各种数据,包括固定遥测数据、重点遥测数据和用户关心的遥测数据,将这些数据按在用户定义的页面中显示出来;同时用户也能够根据需要自定义显示页面,使用户可以方便监视测试过程中各相关分系统的运行状态;对于接收到的实时数据,C/S 显示终端 (60) 可根据用户需要以不同的方式进行显示,并具备本地统计、分析及报表数据功能;此外 C/S 显示终端 (60) 还将以日志的方式显示控制台模块 (84) 的遥控指令上行记录信息;最后 C/S 显示终端 (60) 根据在本地配置的诊断先验知识信息,结合接收到的遥测工程值进行故障诊断的工作,并将诊断出现错误的数据通过着色和语音的报警方式提醒测试人员注意;所述的 B/S 显示终端 (70) 基于 JAVA 开发,采用 Web 方式,可在试验后对数据库中存储的数据以曲线或表格的形式进行回放分析;具体包括 B/S 显示终端根据测试人员给出的具体遥测参数名称、开始时间和结束时间,访问数据库 (40) 中相应的数据,以曲线或表格的形式将历史数据显示出来,并针对该段时间的数据计算最大值、最小值、方差;

所述的控制台模块 (84) 由第一控制台软件 (50) 和第二控制台软件 (51) 组成,用于在测试过程中进行上行指令的发送以及对其他地面设备的控制;其主要功能包括:发送上行的遥控指令,并通过双环比对确认数据是否正确发出;发送上行注入数据,并通过双环比对确认数据是否正确发出;发送有线遥控指令,并通过双环比对确认数据是否正确发出;具备序列化发送指令功能,用户可通过设置指令序列的方式定义一系列指令的执行,当满足触发条件时,系统自动将序列中的指令依次发出;向测控前端设备模块 (81) 发送控制指令,完成设备工作状态的设置;向中心处理单元模块 (82) 发送上行遥控指令信息报备;接收各设备定期的状态报告,显示设备工作情况。

一种通用化的卫星地面总体控制测试系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通用化的卫星地面总体控制测试系统。它能准确有效的完成卫星测试过程中遥控指令的上行及遥测数据的接收、处理、存储、分析和诊断等功能。该发明属于卫星地面系统仿真测试领域。

背景技术

[0002] 随着空间技术的不断发展，人造卫星被广泛用于电信、气象、资源普查、军事侦察等领域。由于卫星在轨运行的特殊性，对卫星故障的修复极为困难，因此，在卫星发射以前，必须通过地面综合测试对卫星的各项性能指标进行检验，发现并消除卫星上存在的各种故障及隐患。因此，测试已成为影响卫星质量、可靠运行的一个重要因素。

[0003] 目前自动化和平台化已成为军用设备测试系统的开发方向，由于历史原因，我国卫星测试还基本采用“量身定做”的专用系统开发方式。随着我国自主研发的卫星型号的增加，这种专用的卫星测试系统的开发模式已不能适应当前需要，其主要弊端体现在以下几个方面：

[0004] (1) 卫星整体研制周期的缩短造成系统研制时间紧迫，专用测试系统构建方案的周期过长，且准确性、可靠性得不到保证；

[0005] (2) 缺乏统一的标准，各个型号之间软硬件资源兼容性不强，资源浪费严重；

[0006] (3) 卫星测试过程中对系统的诊断和数据分析不足，大量遥测数据的分析诊断需要地面专家人员，加大了相关人员的工作强度；

[0007] 随着国防和空间科学的研究对航天器功能及数量需求的不断增加，要求提供的测试任务也逐渐增多，过去以型号为主线的自上而下的测试管理模式已逐渐不能满足要求，因此，卫星测试系统的通用化、自动化是必须面对的一个课题。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种通用化的卫星地面总体控制测试系统，它克服了现有技术的不足，能够完成卫星测试过程中遥控指令和指令序列的准确上行，遥测数据的接收、处理、存储、显示、实时诊断和延时分析等功能。

[0009] 如图1所示，本发明一种通用化的卫星地面总体控制测试系统，整个系统包含5部分：前端光电转换模块80、测控前端设备模块81、中心处理单元模块82、显示终端模块83和控制台模块84，按照一定的流程完成对卫星测试过程中遥测数据的接收、处理、分类存储、显示、实时诊断和延时分析，遥控指令和指令序列的准确上行等功能。各模块之间的连接关系如下所述：前端光电转换模块80与星上设备互联，对内则通过光纤91与测控前端设备模块81相连接；测控前端设备模块81与前端光电转换模块80通过光纤完成数据交互，后端与中心处理单元模块82和控制台模块84通信；中心处理单元模块82接收从测控前端设备模块81的下行遥测数据，完成数据的分类存储，并将数据转发至显示终端模块83，同时还需完成对控制台模块84上行遥控信息的存储工作；显示终端模块83从中心处理单元

模块 82 接收遥测数据,以实时分析和延时分析两种方式完成工作;控制台模块 84 向测控前端设备模块 81 上行遥控指令,并向中心处理单元模块 82 转发指令上行信息报备。

[0010] 所述的前端光电转换模块 80 由第一光电转换模块 10 和第二光电转换模块 11 组成,两模块配对使用,完成光信号与电信号的互换,将电信号传给被测系统,将光信号通过光纤下行传输。

[0011] 所述的测控前端设备模块 81 由第三光电转换模块 12、第四光电转换模块 13、第一工控机 20、第二工控机 21 和第三工控机 22 组成。三台工控机均采用现有通用的研华工控机,每台工控机上都装有硬件板卡和工控机前端软件,其中硬件板卡包括:安装在第一台工控机 20 和第二台工控机 21 上的 RS422(平衡电压数字接口电路的电器特性)串口卡,安装在第三工控机上的 LVDS(低压差分信号)接口卡和校时板卡。第三光电转换模块 12 和第四光电转换模块 13 配对使用,完成电信号与光信号的互换,将光信号通过光纤远距离传输给前端光电转换模块 80,将电信号传给三台工控机上的硬件板卡。第一工控机 20 和第二工控机 21 实现对硬件板卡的驱动、数据调度的主要功能,在下行遥测数据的流程中从硬件板卡上完成数据采集、处理和显示,并组织数据以 TCP/IP(传输控制协议/因特网互联协议)的方式发送至中心处理单元模块 82 的 MTP 30;在上行遥控指令的流程中从控制台模块 84 接收上行遥控指令,在本地完成处理,并写入硬件板卡上行至前端光电转换模块 80。第一工控机 20 和第二工控机 21 同时处理下行遥测数据,均可处理上行遥控指令数据,实现了对下行数据的分离和备份和对上行数据通道选择的灵活性。第三工控机 22 接收从第三光电转换模块 12 转送的大容量导航数据,在 LVDS 板卡上完成数据采集和处理,并转发给中心处理单元模块 82 的 MTP 30,同时第三工控机 22 装有校时板卡,完成对整个地面应用系统的校时工作。

[0012] 所述的中心处理单元模块 82 由 MTP(主测试服务器软件)30 和数据库 40 组成,运行在 Solaris 操作系统的 Sun 服务器上,完成状态维护及报告、遥测源码的接收转发和处理分析、遥控指令上行记录的存储、大容量导航数据的处理存储和转发、网络管理和测试平台调度管理等功能。MTP 30 实现的功能具体可包括接收第一工控机 20 和第二工控机 21 发送的遥测源码,对遥测源码进行处理分析,分类存储源码和处理分析的结果至数据库 40,并将遥测源码和解析后的工程值实时转发给显示终端模块 83 的 C/S 显示终端 60;接收控制台模块 84 的两个控制台软件发送的上行遥控指令信息,存储到数据库 40,并转发给各 C/S 显示终端 60 实时显示上行指令;接收第三工控机 22 发送的大容量导航数据,进行处理存储和转发的工作。数据库 40 采用体积小、速度快、总体成本低的 MySQL 数据库,以便于显示终端模块 83 的 B/S 显示终端 70 以 Web 形式对遥测数据进行延时的数据回放及分析。数据库 40 以序号-时间-整帧源码的表格式存储遥测源码,以序号-时间-遥测参数详细信息(参数源码:工程值)的表格式存储解析后的遥测参数源码及对应的工程值,以序号-指令发送时间-指令代号-指令内容的表格式存储上行的遥控指令信息。

[0013] 所述的显示终端模块 83 是地面总体控制测试系统与大部分用户的接口,其主要作用就是为用户提供方便、直观的测试信息显示界面。该模块由 C/S(客户端/服务器模式)显示终端 60 和 B/S(浏览器/服务器模式)显示终端 70 组成,以实时分析和延时分析两种模式完成对数据的友好显示及分析工作。其中 C/S 显示终端 60 可完成对遥测数据的实时接收、诊断和显示工作,具体流程是 C/S 显示终端 60 通过接收 MTP 30 所发送的各种数

据,包括固定遥测数据、重点遥测数据和用户关心的遥测数据,将这些数据按在用户定义的页面中显示出来。同时用户也能够根据需要自定义显示页面,使用户可以方便监视测试过程中各相关分系统的运行状态。对于接收到的实时数据,C/S 显示终端 60 可根据用户需要以不同的方式进行显示,如使用表格、曲线绘制、图形化显示等方式,并具备本地统计、分析及报表数据等功能;此外 C/S 显示终端 60 还将以日志的方式显示控制台模块 84 的遥控指令上行记录信息;最后 C/S 显示终端 60 根据在本地配置的诊断先验知识信息,结合接收到的遥测工程值进行故障诊断的工作,并将诊断出现错误的数据通过着色和语音的报警方式提醒测试人员注意。所述的 B/S 显示终端 70 基于 JAVA 开发,采用 Web 方式,可在试验后对数据库中存储的数据以曲线或表格的形式进行回放分析。具体包括 B/S 显示终端根据测试人员给出的具体遥测参数名称、开始时间和结束时间,访问数据库 40 中相应的数据,以曲线或表格的形式将历史数据显示出来,并针对该段时间的数据计算最大值、最小值、方差等。

[0014] 所述的控制台模块 84 由第一控制台软件 50 和第二控制台软件 51 组成,用于在测试过程中进行上行指令的发送以及对其他地面设备的控制。其主要功能包括:发送上行的遥控指令,并通过双环比对确认数据是否正确发出;发送上行注入数据,并通过双环比对确认数据是否正确发出;发送有线遥控指令,并通过双环比对确认数据是否正确发出;具备序列化发送指令功能,用户可通过设置指令序列的方式定义一系列指令的执行,当满足触发条件时,系统自动将序列中的指令依次发出;向测控前端设备模块 81 发送控制指令,完成设备工作状态的设置;向中心处理单元模块 82 发送上行遥控指令信息报备;接收各设备定期的状态报告,显示设备工作情况。

[0015] 3、优点及效果:从以上的描述可以看出,该卫星地面总体控制测试系统自动化、通用化显著,并在引入了实时诊断和延时分析等功能,丰富了终端软件,极大提高了测试的效率,保障了测试的稳定性。实现了如下的技术效果:

[0016] (1) 将不同的业务数据分离,对重要支路数据进行冗余备份,保障了测试的稳定性;

[0017] (2) 在遥控指令上行中,引入了小环、大环双重验证比对,提高了指令上行的可靠性;

[0018] (3) 丰富了遥测显示终端的功能。在 C/S 模式的客户端中,增加了基于规则的实时故障诊断;并引入了基于浏览器的 B/S 模式的客户端用于延时的数据分析。

[0019] (4) 各部分相互独立,功能可配置可扩展,可重用性高。

附图说明

[0020] 图 1 卫星地面总体控制测试系统结构图;

[0021] 图 2 有线遥测采集接口电路热备份设计图

[0022] 图 3 有线遥控指令接口热备份设计图

[0023] 图 4RS422 总线通信接口(测试设备接收部分)设计图

[0024] 图 5RS422 总线通信接口(测试设备发送部分)设计图

[0025] 图 6 指令电源供电接口电路设计图

[0026] 图 7 数管指令发出的数据流程图

[0027] 图 8 有线指令发出的数据流程图

[0028] 图中符号说明如下：

[0029] 10、第一光电转换模块；11、第二光电转换模块；

[0030] 12、第三光电转换模块；13、第四光电转换模块；

[0031] 20、第一工控机；21、第二工控机；22、第三工控机；

[0032] 30、MTP；40、数据库；

[0033] 50、第一控制台软件；51、第二控制台软件；

[0034] 60、C/S 显示终端；70、B/S 显示终端；

[0035] 80、前端光电转换模块；81、测控前端设备模块；

[0036] 82、中心处理单元模块；83、显示终端模块；

[0037] 84、控制台模块；90、以太网；91、光纤

[0038] 图中代号说明如下：

[0039] MTP 主测试服务器软件；C/S 客户端 / 服务器模式；B/S 浏览器 / 服务器模式

[0040] 具体实施方法

[0041] 下面结合附图，对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0042] 如图 1 所示，本发明一种通用化的卫星地面总体控制测试系统，整个系统包含 5 部分：前端光电转换模块 80、测控前端设备模块 81、中心处理单元模块 82、显示终端模块 83 和控制台模块 84，按照一定的流程完成对卫星测试过程中遥测数据的接收、处理、分类存储、显示、实时延时诊断分析，遥控指令和指令序列的准确上行等功能。各模块之间的连接关系如下所述：前端光电转换模块 80 是地面总体控制测试系统与被测系统的对外硬件接口，对内则与测控前端设备模块 81 相连接；测控前端设备模块 81 与前端光电转换模块 80 完成数据交互，后端与中心处理单元模块 82 和控制台模块 84 通信；中心处理单元模块 82 接收从测控前端设备模块 81 的下行遥测数据，完成数据的分类存储，并将数据转发至显示终端模块 83，同时还需完成对控制台模块 84 上行遥控信息的存储工作 83；显示终端模块 83 从中心处理单元模块 82 接收遥测数据，以实时分析和延时分析两种方式完成工作；控制台模块 84 向测控前端设备模块 81 上行遥控指令，并向中心处理单元模块 82 转发指令上行信息报备。

[0043] 下面将参考附图并结合实施例，来详细说明本发明。

[0044] (1) 下行遥测数据工作流程

[0045] 整个地面总体控制测试系统就绪后，第一光电转换模块 10 和第二光电转换模块 11 将从被测系统接收的电信号转换为光信号通过光纤传播，第三光电转换模块 12 和第四光电转换模块 13 接收光纤上的光信号，并将光信号恢复为电信号。

[0046] 第一工控机 20 与第三光电转换模块 12 交互，接收遥测数据。第二工控机 21 与第四光电转换模块 13 交互，接收遥测数据，完成遥测数据的备份工作。第三工控机 22 与第三光电转换模块 12 交互，接收大容量导航数据。

[0047] 第一工控机 20 与第二工控机 21 采用双机热备的方式工作，且第一工控机 20 的优先级更高。MTP 30 同时连接第一工控机 20 和第二工控机 21，遵守“主份优先，有谁用谁”的原则，优先接收第一工控机 20 的数据，当第一工控机 20 出现异常状况时，MTP 30 自动切换到第二工控机 21 继续接收遥测数据，若第一工控机 20 恢复工作，MTP 30 又会自动切换到

接收第一工控机 20 的数据。

[0048] MTP 30 接收第一工控机 20 和第二工控机 21 的遥测源码数据，并将遥测源码直接转发至 C/S 显示终端 60。然后按照本地配置文件的选择的格式（帧格式或包格式）进行遥测源码解析，将解析后的遥测工程值对照遥测参数名称存入数据库 40，并按照 XML 格式发送至 C/S 显示终端 60。

[0049] C/S 显示终端 60 接收 MTP 30 分发的遥测源码数据和遥测工程值数据，按照各分系统页面进行再次分发，各页面根据自己维护的参数进行参数源码和工程值的更新，以表格、曲线和硬件布局图的形式丰富显示各参数最新状况。同时针对各参数结合本地配置的阈值信息进行数据诊断，将诊断结果故障的参数以红色警告的方式高亮显示同时可选择是否语音报警。

[0050] B/S 显示终端 70 可辅助测试人员对数据库 40 中已的历史数据进行延时的分析。测试人员在 B/S 显示终端 70 的 Web 页面中输入参数名称、开始时间和结束时间，B/S 显示终端 70 即可直接访问数据库 40 寻找该时间段内该参数的源码或工程值，将获取的源码或工程值以表格和曲线的方式显示出来并进行分析。

[0051] 整个链路中针对遥测数据和遥控指令数据的重要性和导航数据的大容量高速率的特点，采用了独特的设计，对重要支路的数据进行了热备份工作，并将大容量导航数据独立出来处理，减轻重要支路数据处理的负荷，使得地面总体控制测试系统稳定健壮。主要涉及的模块包括前端光电转换模块 80 和测控前端设备模块 81 中的四个光电转换模块的接口电路热备份设计、测控前端设备模块 81 中三台工控机上的硬件板卡接口电路热备份设计、三台工控机的功能分离冗余设计和中心处理单元模块 82 中遥测接收链路的热备份，后两种热备份在上述流程介绍中已简述，现介绍接口电路热备份设计，包括有线遥测采集接口设计、有线遥控指令接口设计、RS422 总线通信接口设计和指令电源供电接口设计。

[0052] 图 2 给出了有线遥测采集接口电路热备份设计图。有线遥测采集接口的实质可看作是 AD 采集，同一个遥测量可以被多个 AD 采集，可以直接并联实现热备份。

[0053] 图 3 给出了有线遥控指令接口热备份设计图。有线遥控指令接口为达林顿管 OC 输出，可以直接采用线与的形式备份。达林顿管采用 SG2003，指令电流可达 500mA。另外为了提高设备的可靠性，在有线遥控指令接口的输出端增加自环监控电路，测试设备在发出指令的同时，可以监测指令电缆上的状态。

[0054] 图 4 给出了 RS422 总线通信接口测试设备接收部分设计图，图 5 给出了 RS422 总线通信接口测试设备发送部分设计图。RS422 总线通信接口不能直接实现两个驱动器并联，可以采用如下方式解决：当发送数据为 0 时驱动总线，RS422 总线上表现为电平 0；当发送数据为 1 或者不发送数据时不驱动总线，RS422 总线上依靠上下拉电阻表现为电平 1。这样既能保证 RS422 通信，又可以实现两个驱动器分时驱动总线，而不会造成冲突。当然需要总控保证同一时刻只有一个端口发送数据。

[0055] 图 6 给出了指令电源供电接口电路设计图。第一光电转换模块 10 或第二光电转换模块 11 指令电源供电输出端串联二极管输出，指令电源供电接口可以直接并联备份。

[0056] (2) 上行遥控指令工作流程

[0057] 上行遥控指令包括数管指令和有线指令，对遥控指令的上行工作，通过大环路和小环路双重验证保障上行的准确性。两台控制台软件地位平等，均可完成指令上行的操作，

硬件上的冗余是为了提高系统的可靠性,保证测试顺利进行。

[0058] 图 7 给出了数管指令发出的数据流程图,具体工作流程如下:

[0059] a) 第一控制台软件 50 通过以太网 90,向第一工控机 20 发出数管指令命令;

[0060] b) 第一工控机 20 接收到网络数据,将数管指令数据写入到串口,如果写入成功,则向第一控制台软件 50 返回成功状态,否则返回失败状态,实现小环路比对;第一工控机 20 将数据写入串口的同时,对写入数据字节数进行统计;

[0061] c) 数管指令数据从第一工控机 20 串口发出,经第三光电转换模块 12、光纤链路到达第一光电转换模块 10,第一光电转换模块 10 将数管指令信号恢复为 RS422 电气特性的形式,直接向被测系统输出;

[0062] d) 同时,第一光电转换模块 10 中的单片机接收输出的数管指令数据,将接收到的数据打包到有线遥测数据帧里面,下发给第一工控机 20 和第二工控机 21;

[0063] e) 第一工控机 20 和第二工控机 21 接收到有线遥测数据帧,并分离出数管指令数据,再将数据通过网络发给第一控制台软件 50 和第二控制台软件 51,两控制台将回环的和发出的数管指令数据进行比对,如果完全相同则提示指令发送成功,否则提示发送失败,实现了大环路比对;

[0064] f) 第一工控机 20 和第二工控机 21 接收到有线遥测数据帧,并分离出数管指令数据,同时在软件日志区打印数据,并对接收数据的字节数进行统计,通过和之前写入数据字节数的比对,可以简单判断是否正确发送。

[0065] 图 8 给出了有线指令发出的数据流程图,具体工作流程如下:

[0066] a) 第一控制台软件 50 通过网络,向第一工控机 20 发出有线指令命令;

[0067] b) 第一工控机 20 接收到网络数据,将数管指令数据写入到串口,如果写入成功,则向控制台返回成功状态,否则返回失败状态,实现小环路验证;第一工控机 20 将数据写入串口的同时,先假设第一光电转换模块 10 的指令发送计数、指令接收计数会加 1,软件界面待发送、待执行都会加 1;

[0068] c) 有线指令数据从工控机串口发出,经第三光电转换模块 13、光纤链路到达第一光电转换模块 10,第一光电转换模块 10 对有线指令数据进行校验,如果正确则发送指定通道的有线指令,且该通道的指令发送计数加 1;

[0069] d) 同时,第一光电转换模块 10 对所有通道的有线指令进行监控,如果监控到有线指令,该通道的指令接收计数加 1,单片机定期将所有通道的指令发送计数、指令接收计数打包到有线遥测数据帧里面,下发给第一工控机 20;

[0070] e) 第一工控机 20 接收到有线遥测数据帧,并分离出指令发送计数、指令接收计数;如果判断出指令发送计数加 1,将之前的待发送值减去 1,表明第一光电转换模块 10 正确收到有线指令数据,并成功发送;如果判断出指令接收计数加 1,将之前的待执行值减去 1,表明第一光电转换模块 10 监控到有线指令,可以确认指令发出并执行成功;

[0071] f) 第一工控机 20 将监控到的有线指令通道号,通过网络发送给第一控制台软件 50,第一控制台软件 50 将接收指令的通道号和之前发送的通道号进行比对,如果相同则指令正确发出并执行成功,日志区提示状态,实现了大环路比对。

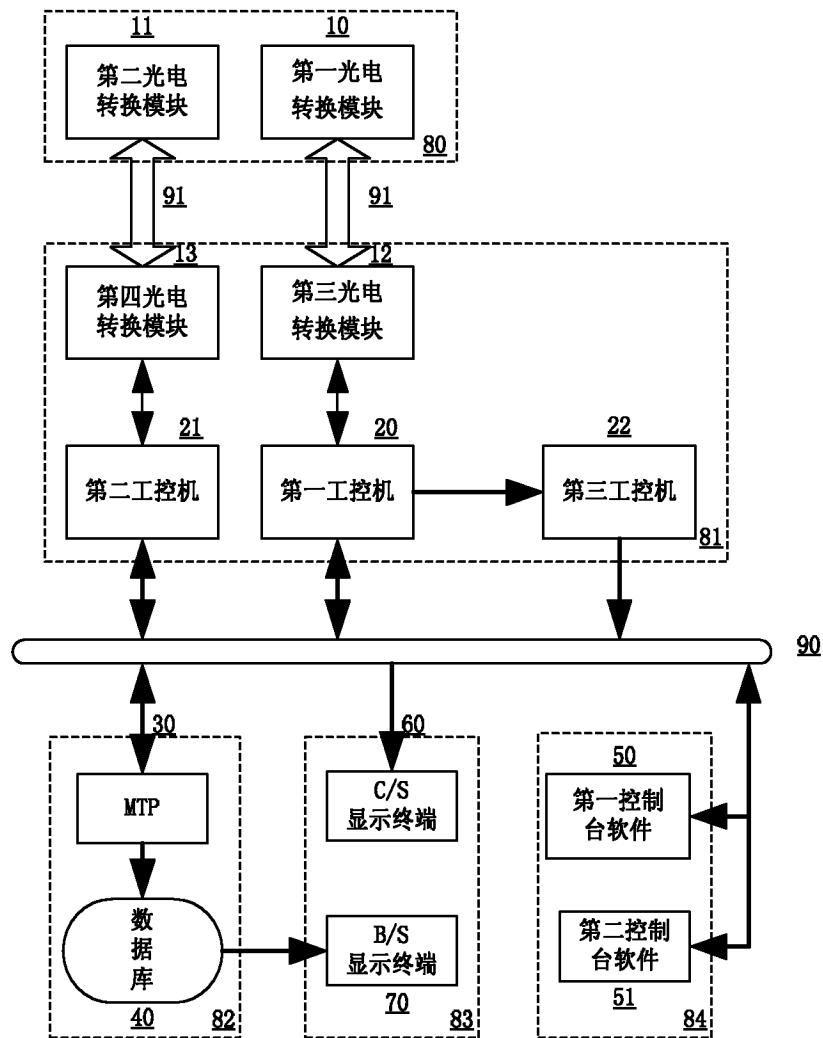


图 1

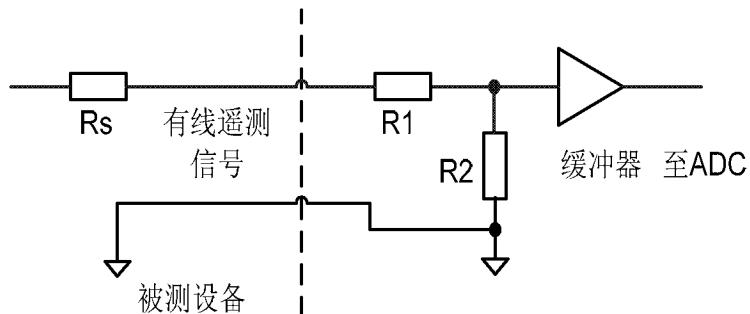


图 2

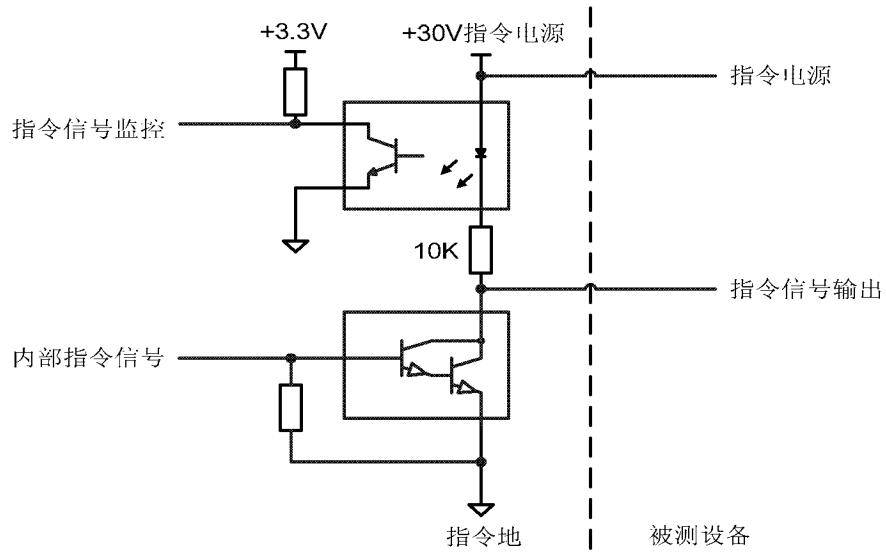


图 3

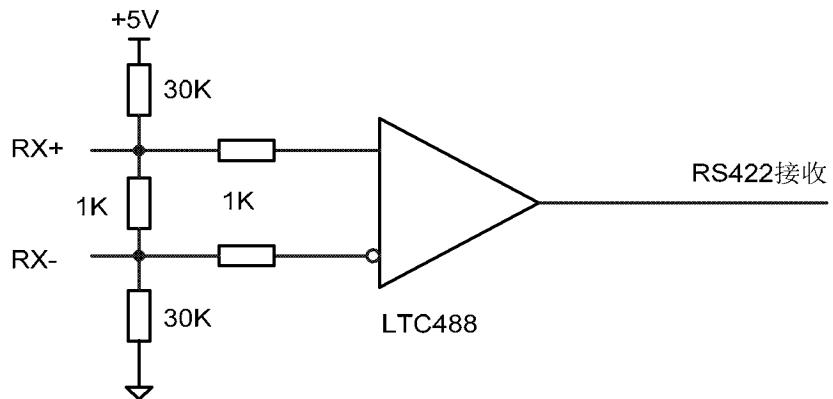


图 4

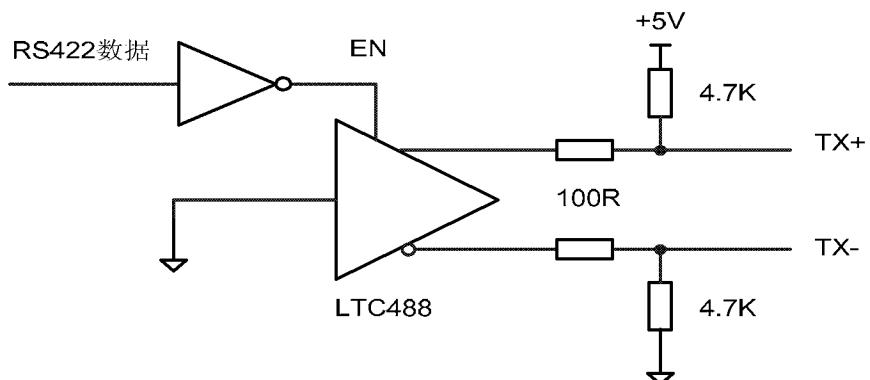


图 5

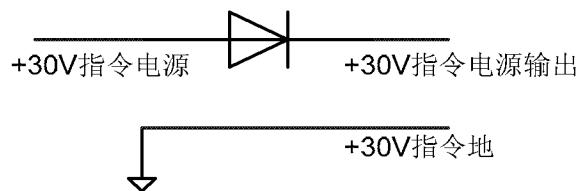


图 6

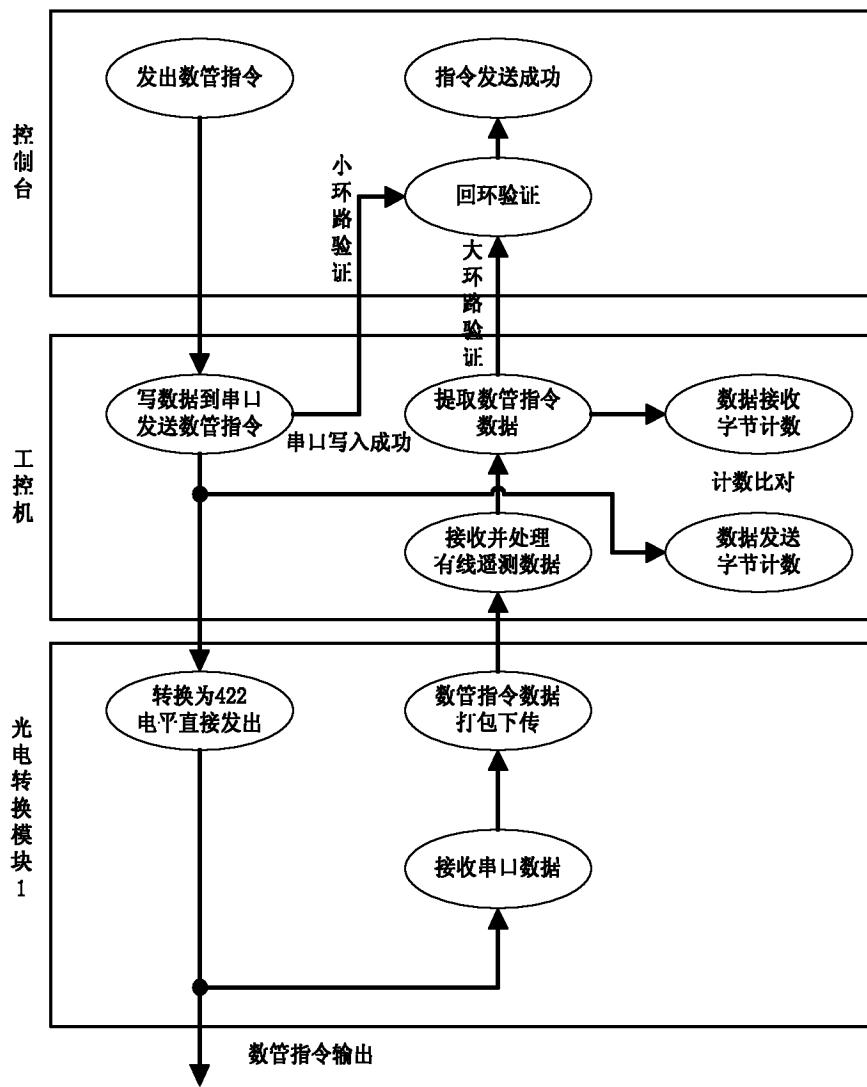


图 7

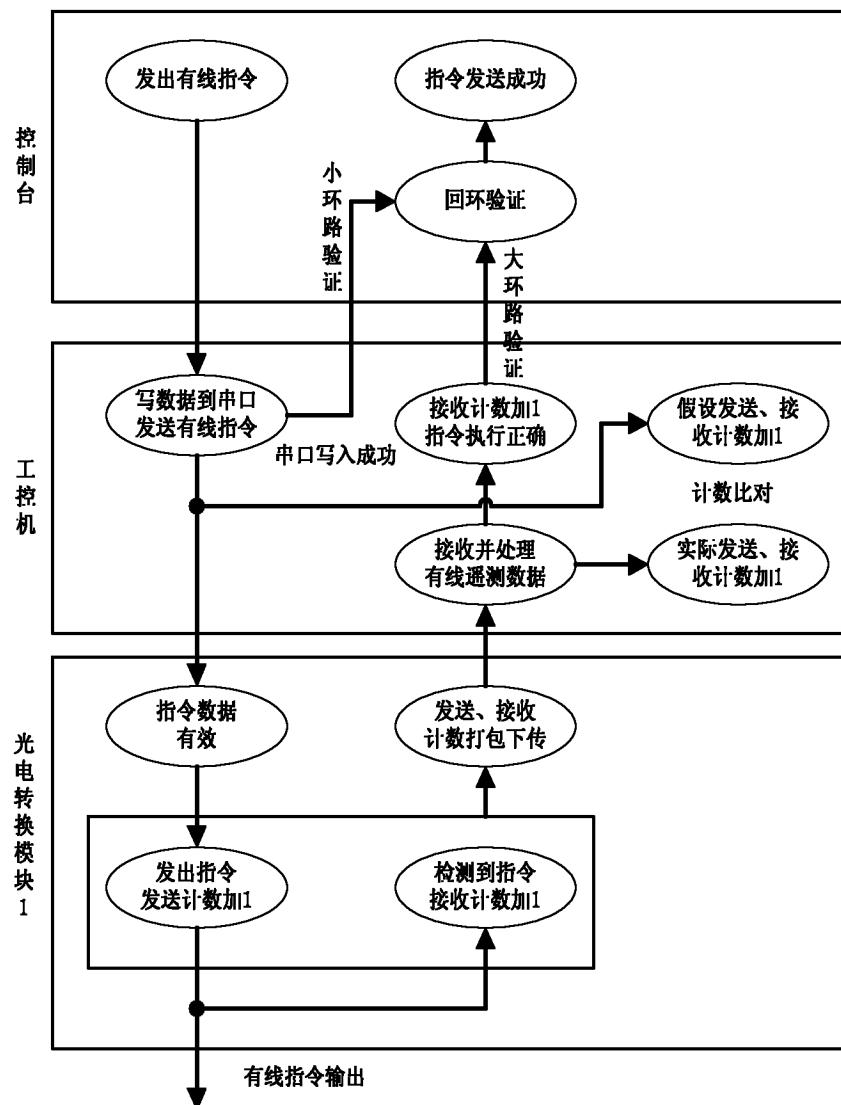


图 8