

船岸连接系统光通信数据 调制解调设计与实现

林建辉¹, 王炳轩¹, 孙杰²

(1. 中海油能源发展股份有限公司 采油服务分公司, 天津 300452; 2. 上海船舶设备研究所, 上海 200031)

摘要: 采用软件实现方式搭建船岸连接系统光通信信号调制解调方案, 并利用 Modelsim 模拟仿真对系统功能进行了测试, 研制出了船岸连接系统光纤通信模块, 实现了船岸连接系统船端与岸端的 3 路语音数据、1 路 MLM 数据及 1 路 ESD 信号的可靠双向传输功能。该技术突破了国外极少数厂家对船岸连接系统光通信技术的技术封锁。

关键词: 船岸连接系统; 调制解调; ESD; MLM

中图分类号: TN914.34 **文献标志码:** A **【DOI】** 10.13788/j.cnki.cbge.2020.S1.083

Design and Implementation of Ship Shore Link System's Signal Demodulation

LIN Jianhui¹, WANG Bingxuan¹, SUN Jie²

(1. CNOOC Energy Technology & Services-Oil Production Services Co., Tianjin 300452, China; 2. Shanghai Marine Equipment Research Institute, Shanghai 200031, China)

Abstract: The optical communication signal modulation and demodulation scheme of the ship-to-shore connection system is built by software implementation, and the system functions were tested by Modelsim simulation. The ship-to-shore connection system optical fiber communication module is developed to realize the ship-to-shore connection system. The reliable two-way transmission function of 3 channels of voice data, 1 channel of MLM data and 1 channel of ESD signal at the end. This technology breaks through the technical blockade of optical communication technology of ship shore connection system by a few foreign manufacturers.

Key words: ship shore link system; demodulation; ESD; MLM

0 引言

数字调制解调通常有硬件实现和软件实现两种方案。传统的数字信号调制解调工作大多是由专门的硬件电路实现, 这种实现方式导致其处理的信号类型单一, 缺乏灵活性^[1]。软件实现方式采用软件解码, 可实现对多种调制信号的解调, 在国产化船岸连接系统的使用中可以证明, 全数字软件调制解具有扩展性强、成本低、高性能的特点。

1 应用现状

船岸连接系统是一种广泛使用于 LNG 船舶装卸货作业的数据通讯设备, 其实现船端与岸端的 ESD 信号、MLM 信号以及语音通信数据的传输。通常模

式下船岸连接系统有电气连接、光纤连接以及气动连接 3 种模式, 目前广泛使用的则有电气连接和光纤连接。本文主要讨论光纤连接方式下的调制解调实现。

在国际上现有的 LNG 船舶及码头主要配备了英国 Trelleborg 集团和荷兰 Mampaey 公司的产品, 由于技术封锁, 其在光纤通信的调制解调方面采用何种方案并不为外界所知。而国产化船岸连接系统使用了全数字的软件调制解调方案可以实现 ESD 信号、MLM 信号以及语音通信数据的传输, 3 种产品的调制解调功能对比如表 1 所示。

2 工作原理

本项目的调制解调采用全数字方案, 输入的模式

收稿日期: 2020-03-12; 修回日期: 2020-05-20

作者简介: 林建辉 (1974—), 男, 高级工程师, 研究方向: 电机专业。

信号经 AD 电路采集转换成数字信号，在由 FPGA 软件实现数字调制，调制后的数据合路成 1 路数字经 DAC 电路转换成模拟调制复合信号输出^[2]。在解调端，复合调制信号经 AD 带通采样后由 FPGA 软件实现信号分离和解调，最后由 DAC 转换成模拟信号输出^[3]。其原理如图 1 所示。

表 1 不同产品调制解调功能支持对比表

序号	信号类型	Trelleborg 产品	Mampacy 产品	国产化船岸连接系统
1	ESD 信号	√	√	√
2	MLM 信号	√	√	√
3	语音信号	√	√	√

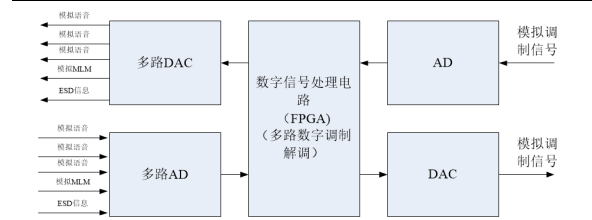


图 1 调制解调原理图

表 2 频移键控频率分配表

序号	信道号	信道定义	信道频率 RX/kHz	信道频率 TX/kHz
1	CH1	正常 ESD 安全模式	10	10
2	CH2	正常 ESD 故障安全模式	5	5

ESD 信号闭合，逻辑输出为 H，频移键控输出频率为 10 kHz；当 ESD 开路，逻辑输出为 L，频移键控输出频率为 5 kHz。DA 输出对应的频率载波，由光电转换器换变成波长为 850 nm 的光信号，由多模光纤传输至船端^[4]。当光接收器接收到岸端输出的光信号后，光电转换器将光转换成电信号，经放大后由 AD 采集输出到数字信号处理单元对 FSK 信号进行解调，解调原理框图如图 3 所示。

AD 采集数据经输入滤波器滤波，滤除高频干扰杂波，再由带通滤波器进行选频，由包络检波器对信号幅度进行数字检波处理，检波输出的结果经判决电路识别后转换成正常逻辑输出，完成信号 FSK 解调。

表 2 频分复用定义表

序号	信道号	信道定义	岸→船信道频率 RX/kHz	船→岸信道频率 TX/kHz
1	CH1	MLM 数据信号	18	78
2	CH2	热线电话	30	90
3	CH3	公共电话	42	102
4	CH4	内部电话	54	114

频分多路复用技术主要用于模拟信号，多路复用器接收来自多个源的模拟信号，每个信号都有自己独立的带宽^[5]，接着这些信号被组合成另一个具有更大带宽更加复杂的信号，产生的信号通过某种媒体被传

送到目的地，在那里另一个多路复用器完成分解工作，把各个信号单元分离出来。其中数字调制解调原理框图如图 4 所示。

2.1 FSK 调制解调

根据软件功能要求，其需要具有 FSK 调制解调功能和多载波双边带调制解调功能其具体实现如下。ESD 信号只有接收到 10 kHz 或 5 kHz 频率才是正常的，其余的频率为异常信号。ESD 信号采用 FSK 调制模式，数字处理单元将 AD 采集的 ESD 信号进行 FSK 调制，FSK 调制原理如图 2 所示。ESD 频移键控频率分频如表 2 所示。

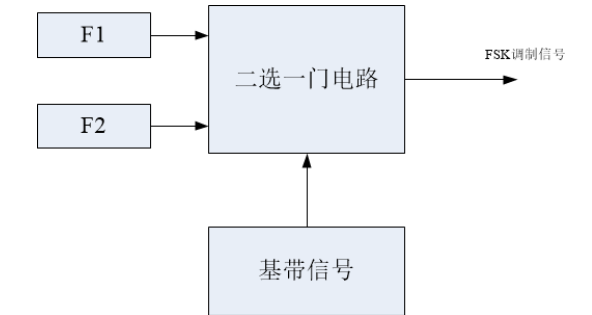


图 2 FSK 调制原理框图

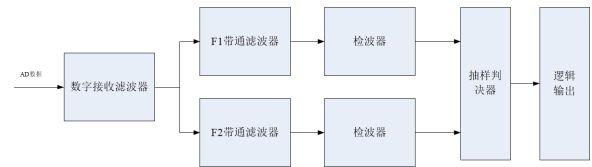


图 3 FSK 解调原理框图

2.2 多载波双边带调制解调

光纤连接模块对输入的 3 路电话、1 路 MLM 复视器信号进行频分复用电平调理。经过调理的信号在频分复用调制解调器中进行载波调制，频分调制解调器设置各信道频率见表 2。

在调制端，模拟语音和 MLM 信号经 AD 转换后

输入 FPGA 分别进行载波双边带调制, 将多路调制信号合成一路输出经过 DAC 转换成模拟信号通过光纤传输出去。在解调端, 模拟调制信号通过 AD 转换后输入 FPGA 解调电路, 分别经过不同载波的带通滤波器选出对应的载波信号, 再经解调器检测出调制信号, 经过滤波器后输出信号, 最后再经过 DAC 转换还原出模拟信号。

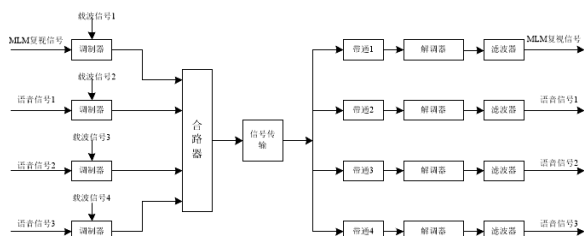


图4 多载波双边带调制解调

3 硬件实现

光纤连接模块主要模拟信号调理单元、模数转换单元、信号数字处理单元、光电转换单元、BIT 检测电路组成。其中调制解调模块功能框图如图5所示。

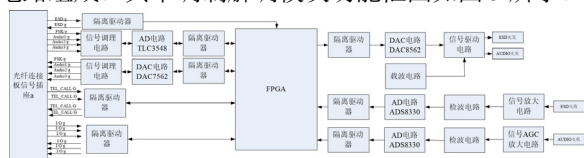


图5 调制解调单元组成框图

调制解调软件主要包含了模拟信号调理单元、模数转换单元、信号数字处理单元、光电转换单元和 BIT 检测电路。对模拟输入信号进行数据采集采用的是多通道转换 AD 芯片, 其功能框图如图6所示。

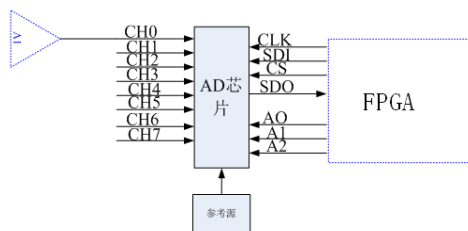


图6 数据采集电路原理框图

4 系统测试

为了检测调制解调模块的性能, ESD 信号闭合, 逻辑输出为高, 频移键控输出频率为 10 kHz; 当 ESD 开路, 逻辑输出为低, 频移键控输出频率为 5 kHz。为更直观的观察调制波形, 利用 Modelsim 模拟仿真输出的调制信号, 如图7所示, 图中模拟输入信号为低电平时, 输出的调制信号为 5 kHz, 输入的 ESD 信号为高电平时, 输出调制信号为 10 kHz。

ESD 调制信号经 DA 转换后, 通过光纤传输出去,

在解调端, 利用 ChipScope 抓取调制后的输出信号如图8和图9所示。图中 U1/ESD_in 为输入的 ESD 触发信号, U1/ESD_out 为调制后 16 位的调制信号, 调制信号在解调端经过滤波器和包络检波器解调出来的信号为 U6/ESD_out。从图8和图9分别给出 ESD 信号闭合和开路的情况下调制的结果。

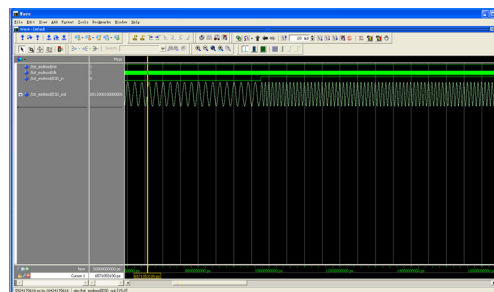


图7 ESD 信号调制信号图

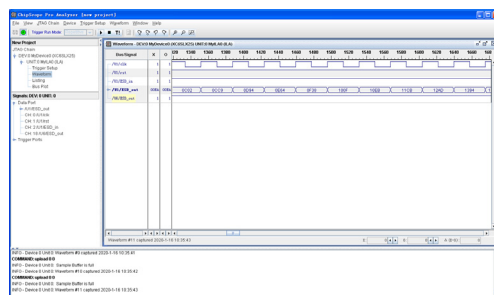


图8 ESD 信号调制解调信号图

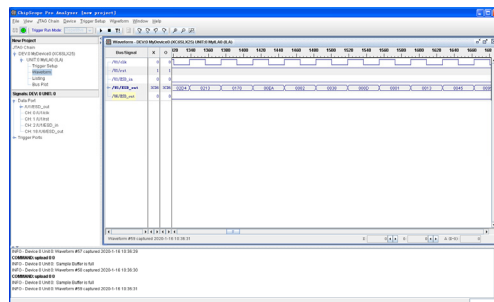


图9 ESD 信号调制信号图

为了检测调制解调模块的性能, 测试系统模拟输入 2 kHz 的正弦信号模拟信号源, 将其通过调制到 18 kHz、30 kHz、42 kHz、54 kHz 的中频频率上, 如图10所示。经过调制后, 调制信号通过合路合成一路, 再通过 DA 芯片转换成模拟信号, 通过光纤传出去。

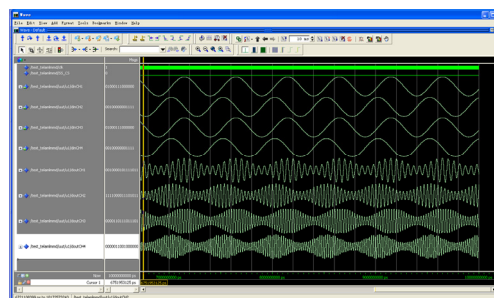


图10 频分复用信号调制信号图

在解调端，将输入的调制信号经过 AD 转换成数字信号后，在 FPGA 中处理数字信号，数字信号通过四个不同带通滤波器将四路不同载波频率的信号分别滤出后，经包络检波器和低通滤波器后输出调制信号如图 11 所示，图 11 中前四路为输入的待传输信号，后四路为解调出来的信号。

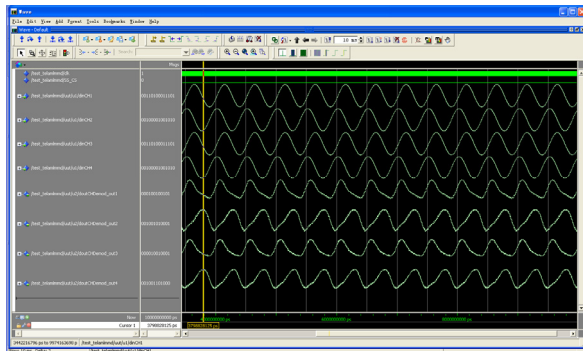


图 11 频分复用信号调制信号图

5 结论

本文使用了全数字的调制解调软件实现方案，实现了 3 路语音数据，1 路 MLM 数据以及 1 路 ESD 信号的调制解调。经测试，该系统实现了系统指定的全部功能。

参考文献:

[1] 毛小燕. 基于 DSP 软件无线电数字调制解调技术的应用研究[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(10): 2510-2512.
[2] 孟玲丽, 黄建国, 李力. 数字调制信号解调分析软件的设计[J]. 电子测量技术, 2008(4): 127-130.
[3] 张松华, 陆秀令. 调制解调软件实验建设的研究[J]. 中国教育技术装备, 2012(12): 124-126.
[4] 杨媛. 基于 FPGA 的 PPM 调制解调系统优化设计[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2019, 33(2): 99-102.
[5] 陈仁杰. 无线光通信混合调制解调技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.

(上接第 265 页)

3)需要动力定位设备厂家提供准确的设备发热量数据。

显然，采用 2×75%的空调配置，在设备成本、电力负荷、冷却水耗量等方面有一定的益处，但需要空

调设备厂家、动力定位系统厂家的配合。最终确定空调设备时，由于设计流程、设备采购各方面的因素，未必能实现 2×75%的理想配置。

表 2 不同蒸发温度下的压缩机制冷量 (R407C)

压缩机	蒸发温度/℃ (露点温度)	冷凝温度/℃ (露点温度)	制冷量/kW	备注
HRP051T4 涡旋式压缩机	5	40	14.88	蒸发温度不能超过 12.8 ℃， 表中结果为软件估算值
	15	40	21.35	
MTZ-505-6 活塞式压缩机	5	40	12.77	—
	15	40	19.42	

注：选型软件为丹佛斯 Coolselector®2，版本 2.3.2，数据库 34.34.1.13.3.15

4 结论

综上所述，大洋勘探船动力定位设备舱室的空调通常采用间接式系统的风机盘管或独立性较强的立柜式空调，一般单独采用其中一种形式。为满足冗余要求，通常采用 2×100%或 3×50%的配置。采用立柜式空调时，也可结合动力定位设备的发热量和立柜式空调的性能，采用 2×75%的配置。风机盘管或立柜式空调的配置，需根据 DP2 或 DP3 系统的要求，注意冷媒水或冷却水的来源；管系走向，也需按照 DP 分区布置，以满足相应的 DP 要求。

参考文献:

[1] 何进辉, 张海彬, 朱仁传, 等. 某深海钻井船 DP3 动力定位能力分析[J]. 船舶, 2018(5): 11-17.
[2] 胡世江, 畅家海. 双体半潜式居住平台 DPS-3 动力定位系统设计和应用[J]. 海峡科学, 2016(12): 53-57.
[3] 李楠. 风帆助航船主机冷却水系统节能潜力研究[D]. 辽宁大连: 大连海事大学, 2012.
[4] 吴业正. 制冷原理及设备[M]. 1 版. 西安: 西安交通大学出版社, 1987.
[5] 郭涛. 某舰船封闭式桅杆舱内热环境控制技术的模拟实验研究[D]. 上海: 东华大学, 2016.