

## 基于 AIDC 链路的多模式串口切换系统的设计与实现\*

王 匀<sup>1,2</sup>, 王蓓蓓<sup>1,2</sup>, 周禄华<sup>1,2</sup>

(1.南京莱斯信息技术股份有限公司,江苏 南京 210014;2.中国电子科技集团公司第二十八研究所,江苏 南京 210007)

**摘要:**目前,民航管制单位在与相邻管制单位进行 AIDC 移交时,如果采用的是 X.25 专线方式,则需要在本地区 2 套自动化系统之间共享一条物理链路。当自动化系统主备状态切换时,往往需要人工方式切换线缆连接,切换时间较长且增加了故障风险。提出了一种串口切换设备的设计方案,使 2 套自动化系统的 X.25 处理设备能够以切换的方式共享一条专线链路,并且支持 3 种切换模式。目前切换器样机已在北京区管测试平台上进行了功能测试,在主备自动化系统 AIDC 链路切换场景下能够实现物理链路的快速切换。

**关键词:**空管自动化系统;主备切换;AIDC

中图分类号: TP23

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.211990

中文引用格式: 王匀,王蓓蓓,周禄华. 基于 AIDC 链路的多模式串口切换系统的设计与实现[J]. 电子技术应用, 2022, 48(7): 86-90, 95.

英文引用格式: Wang Yun, Wang Beibei, Zhou Luhua. Design and implementation of multi-mode serial switching system based on AIDC link[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(7): 86-90, 95.

## Design and implementation of multi-mode serial switching system based on AIDC link

Wang Yun<sup>1,2</sup>, Wang Beibei<sup>1,2</sup>, Zhou Luhua<sup>1,2</sup>

(1.Nanjing LES Information Techology Co., Ltd., Nanjing 210014, China;

2.The 28th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** At present, the AIDC interconnection is based on the X.25 line between the civil aviation control units, and the physical line needs to be shared between main and standby automation systems. When the automation system state is switched, it is often necessary to manually switch cable connections. This increases switching time and increases the risk of failure. In this paper, a serial switcher design is proposed, so that the X.25 processing equipment of 2 sets of automation system can share a physical link by switching, and supports three switching modes. At present, the switcher prototype has been tested on the Beijing ACC test platform, and the rapid switching of physical links can be realized in the scenario of AIDC link switching of the automation systems.

**Key words:** ATC system; main and standby switching; AIDC

## 0 引言

空管自动化系统属于实时、安全和使命重大的系统,是空中交通管制部门进行日常工作、保障航空器安全有序飞行的管制指挥平台,对保障飞行安全起关键作用。为了提升空管自动化系统保障能力,我国民航部门建立了应急保障机制,在建设空管自动化系统时,配置了主用自动化系统和备用自动化系统,以便当空管自动化主用系统故障时,空管自动化备用系统能担负管制指挥工作<sup>[1-2]</sup>。

目前,新建空管自动化系统均具有主备工作模式,当主用自动化系统故障时,进行主备切换操作,备用自动化系统变为主用工作模式,从而可以进行管制指挥。在进行主备切换操作时,对于显示屏、键盘、进程单打印

机已实现了一键切换,但对于基于 X.25 的 AIDC 链路切换,需要通过人工拔插头线缆的方式实现,该方式可能存在线缆头故障,不能实现 AIDC 互联,增加了系统的运行风险<sup>[3]</sup>。

在我国空管自动化系统中,主要使用国际民航组织(ICAO)亚太地区使用的 AIDC 协议实现管制中心之间的电子化移交,电子化移交降低了语音频率的占用,减少了管制员的工作负荷,提高了管制工作效率<sup>[4-5]</sup>。随着飞行流量的快速增加,对空管自动化系统的自动化、智能化提出了更高的要求,开始研究基于 AIDC 链路的多模式串口切换系统技术,该切换技术采用 DTR 检测、人工、命令 3 种链路切换模式以及中间状态自动复位等技术,实现了一键切换主备自动化系统 AIDC 链路的的功能,避免因人工拔插线缆引发故障的风险,保障空管自动化系统主备切换过程中 AIDC 功能的成功互联<sup>[6-7]</sup>。

\* 基金项目:民航华北空管局科技项目(202006)

## 1 空管自动化系统 AIDC 链路切换场景

管制中心 A 的自动化系统 A1 和 A2 通过 1 条 X.25 专线链路与管制中心 B 的自动化系统 B1 和 B2 互联。同一时刻,只有处于主用系统状态的自动化系统使用专线链路,如图 1 所示。

通过物理链路切换的方式,每个管制中心只有主用状态的自动化系统可以与传输设备连接,从而与相邻管制中心的主用自动化系统建立 X.25 传输链路,进行 AIDC 移交报文的传输。

目前,大部分管制中心还在采用人工插拔线缆的方式进行物理链路切换,这种方式需要较长的操作时间,并且容易造成设备端口或线缆的损坏,影响自动化系统的 AIDC 移交功能。因此,迫切需要为自动化系统 AIDC 链路切换设计一种满足上述使用场景的串口切换系统。

## 2 多模式串口切换系统的设计

### 2.1 串口切换系统需求设计

#### 2.1.1 需求分析

(1)串口切换设备用于 X.25 传输链路,因此需要采用同步串口,接口符合 ITU-T V.24 建议。同时,为了最大程度兼容各类 X.25 设备,切换器必须提供完整的串口引脚信号(地、控制、时钟和数据)的传输和切换;

(2)2 套自动化系统通过切换器共享 1 条传输链路,因此切换器提供 1 个上行接口和传输设备连接;

(3)切换器需要提供 2 个切换单元,分别对应 2 套自动化系统,并能够通过物理按键选择其中一个单元与上行接口连通;

(4)每个切换单元提供 2 个下行接口,连接同一套自动化系统的 2 台 X.25 处理设备;

(5)切换单元可通过 3 种模式进行切换选择,使其中一个下行接口与上行通道连通,从而实现 X.25 处理设备与传输设备的连接。

#### 2.1.2 人工切换模式

最基本的切换模式为“人工切换模式”,运维人员可通过物理按键选择切换单元内某个下行接口与切换器的上行接口连通。

#### 2.1.3 命令切换模式

操作人员可通过物理按键设置切换单元处于“命令切换模式”,此时切换器可通过 console 接口接收外部的指令,选择切换单元内某个下行接口与切换器的上行接口连通。

同时,切换器也可通过 console 接口将设备工作状态和接口选择状态输出给外部监控设备。

#### 2.1.4 DTR 自动检测模式

同一切换单元的 2 个接口对应连接了自动化系统的 2 个串口。当其中 1 个串口所对应的 X.25 处理设备失效或线缆故障时,自动化系统的监控模块需要一定的时间发现和确认故障,再通过 console 接口进行命令切换,或通知运维人员人工切换。对此,切换器可实时监测下行接口的 DTR 引脚的状态,当发现接口状态异常时自动进行切换,从而极大地缩短故障切换时间。

### 2.2 串口切换设备硬件设计

#### 2.2.1 切换器工作场景

根据前述需求,串口切换设备需提供 1 个上行接口和 2 个切换单元。上行接口用于 AIDC 专线链路传输设备的连接。每个切换单元提供 A、B 通道两个下行接口,连接自动化系统的 X.25 处理设备。另外,每个切换单元需提供独立的 console 接口。切换器的工作场景如图 2 所示。

#### 2.2.2 切换器硬件架构

切换器硬件架构上,1 个上行接口(主通道)通过“单元二选一”模块与 2 个切换单元在内部连接,2 个切换单元各自对外提供 2 个下行接口(A、B 通道),如图 3 所示。

MCU(微控制单元)通过选通信号控制“单元二选一”模块和“通道二选一”模块的切换。MCU 通过面板按键接收设置指令,并通过状态指示灯显示设备工作状态和单元、通道选择状态。同时,MCU 通过控制串口与外部监控主机交互。

主通道和 A、B 通道串口采用 DB-25 连接器,信号地、数据、时钟和控制信号引脚全部引出,并在内部根据切换逻辑连通。这样,主通道接口和选中的下行通道接

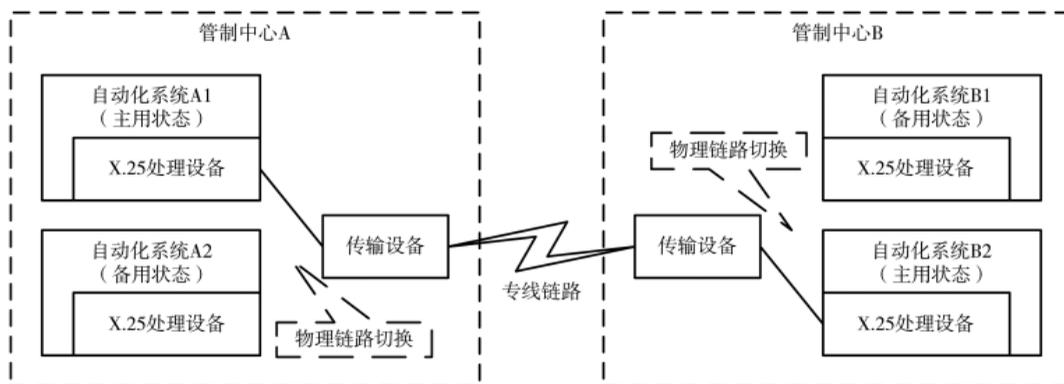


图 1 自动化系统 AIDC 链路切换场景

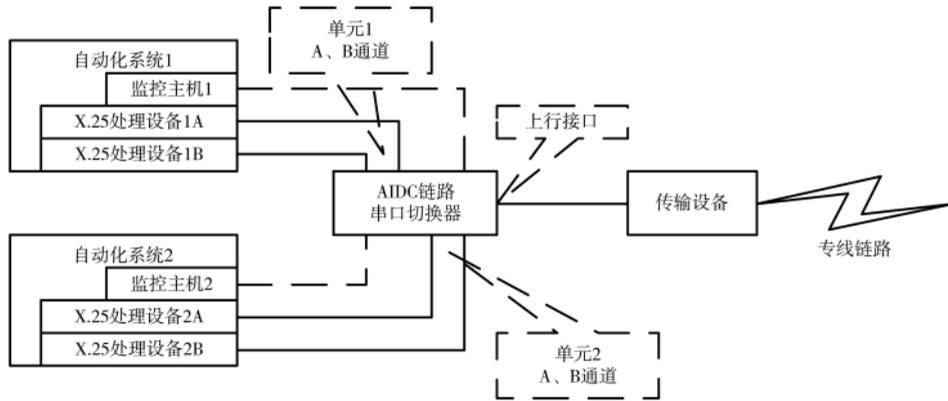


图 2 切换器工作场景

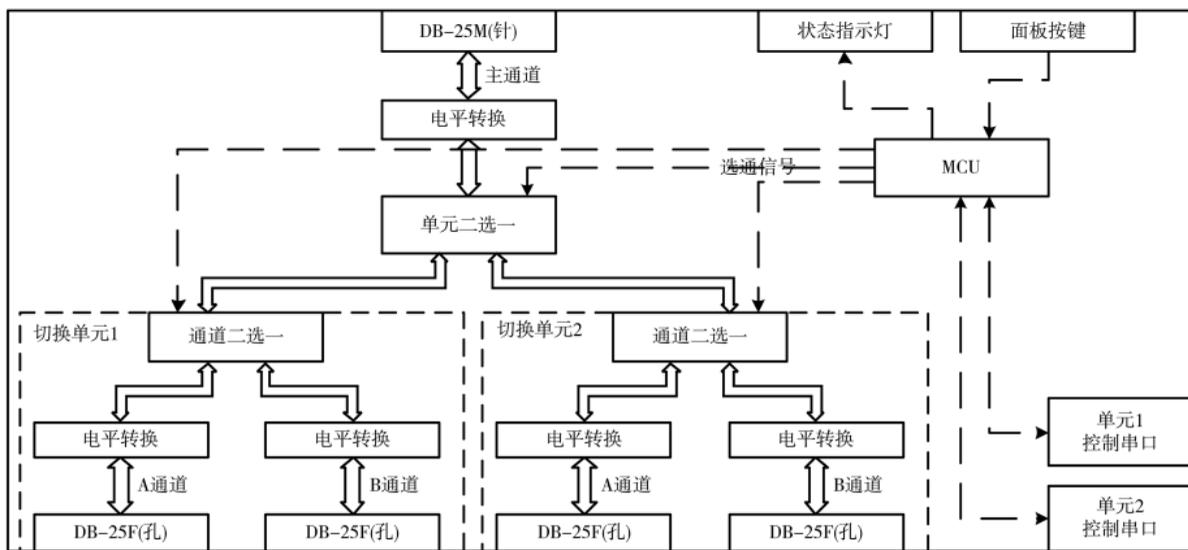


图 3 切换器硬件架构示意图

口之间,各数据、时钟、控制信号是直接连通的。因此,切换器提供的串口从外部看来是完全透明的,不需要在输入、输出端做额外的引脚转换电缆。

2.2.3 X.25 链路复位机制

AIDC 链路两端的 X.25 处理设备通过 X.25 虚电路来建立逻辑传输链路,进行分组数据交换。X.25 协议可通过下述两种方式检测到链路失效:

- (1)物理层故障;
- (2)在数据链路层通过 RR 帧周期性轮询对端,如果无响应且一定重试次数后仍没有响应,则复位并断开链路。

然而,不同的 X.25 处理设备轮询周期各有长短。因此,当切换器切换物理通道后,X.25 处理设备可能需要经过较长时间才能够检测到链路故障,或者在发送 AIDC 报文时才能检测到链路故障。

普通的串口切换设备由于物理通路的切换时间非常短,当 A、B 通道切换发生时,由于控制引脚状态未发生变化,直连的 X.25 处理设备不能检测到物理层故障,

因此也不能及时地复位并断开 X.25 链路。

切换器在硬件设计上,当切换单元或 A、B 通道时,会先将相关上、下行接口的控制引脚置于 DOWN 状态,经过一个可设定时间(默认 500 ms)后再与选定的通道连接。这样,外部 X.25 处理设备有足够的时间检测到物理层故障,并断开对应的 X.25 链路,进而触发 X.25 应用重新建立连接。这样,在切换器的切换动作完成后,涉及的 X.25 逻辑链路会快速恢复至可用状态。

2.3 串口切换设备软件设计

2.3.1 3 种通道切换模式

切换器提供 1 个主通道(上行接口)和 2 组单元 A、B 通道(下行接口),并可通过按键选择当前工作单元。主端口为 DTE 模式,与 X.25 专线传输设备连接;A、B 通道为 DCE 模式,与自动化系统 X.25 处理设备连接。

串口切换单元提供 3 种通道切换模式: DTR 检测模式、人工模式和命令模式。

当通过按键启用“DTR 检测”时,设备根据 A、B 通道串口上的 DTR 引脚电平状态自动进行通道切换。

当通过按键关闭“DTR 检测”时,可再通过按键选择“人工”或“命令”切换模式。人工切换模式时,通道选择按键置于 A 就选择 A 通道与主通道连通,通道选择按键置于 B 就选择 B 通道与主通道连通。命令切换模式时,A/B 通道的选择由控制口接收到的指令设置。

2.3.2 软件处理流程

图 4 为单个切换单元 A、B 通道切换处理的流程图,微控制器的处理流程包括初始化、按键及控制口处理、通道切换处理三部分。

初始化阶段,微控制器读取拨码开关状态,获取延时设置时长;同时,微控制器控制二选一选通模块,使主通道与 A 通道连接,初始的通道选择模式为命令模式,初始的通道选择状态为 A 通道。

运行过程中,面板按键通过中断方式通知微控制器并触发按键状态读取,同时,微控制器通过控制串口接收控制命令。当人工/命令按键被触发时,新的通道选择

模式被设置;当通道选择按键被触发时,若当前通道选择模式为人工模式,则新的 A、B 通道选择结果被设置;当从控制串口读取到通道选择指令且当前通道选择模式为命令模式,则新的 A、B 通道选择结果被设置;若新的通道选择结果与当前状态不一致,则微控制器进行通道切换处理;微控制器发送选通信号,使二选一选通模块将主通道各引脚与信号地连接,等待预设时间后,微控制器再次发送选通信号,使二选一选通模块将主通道各引脚与选定的 A 或 B 通道对应引脚连通;通道切换完成后,微控制器根据新的通道选择结果设置状态指示灯。

2.3.3 自动化系统监控处理

自动化系统内的监控主机可通过串口线连接切换器的控制口,以“命令”方式对切换器单元进行状态监视和 A、B 通道切换控制。

2 个单元的控制口均实时输出设备工作状态及通道切换状态。但是,仅当切换单元处于“选中”状态时,才

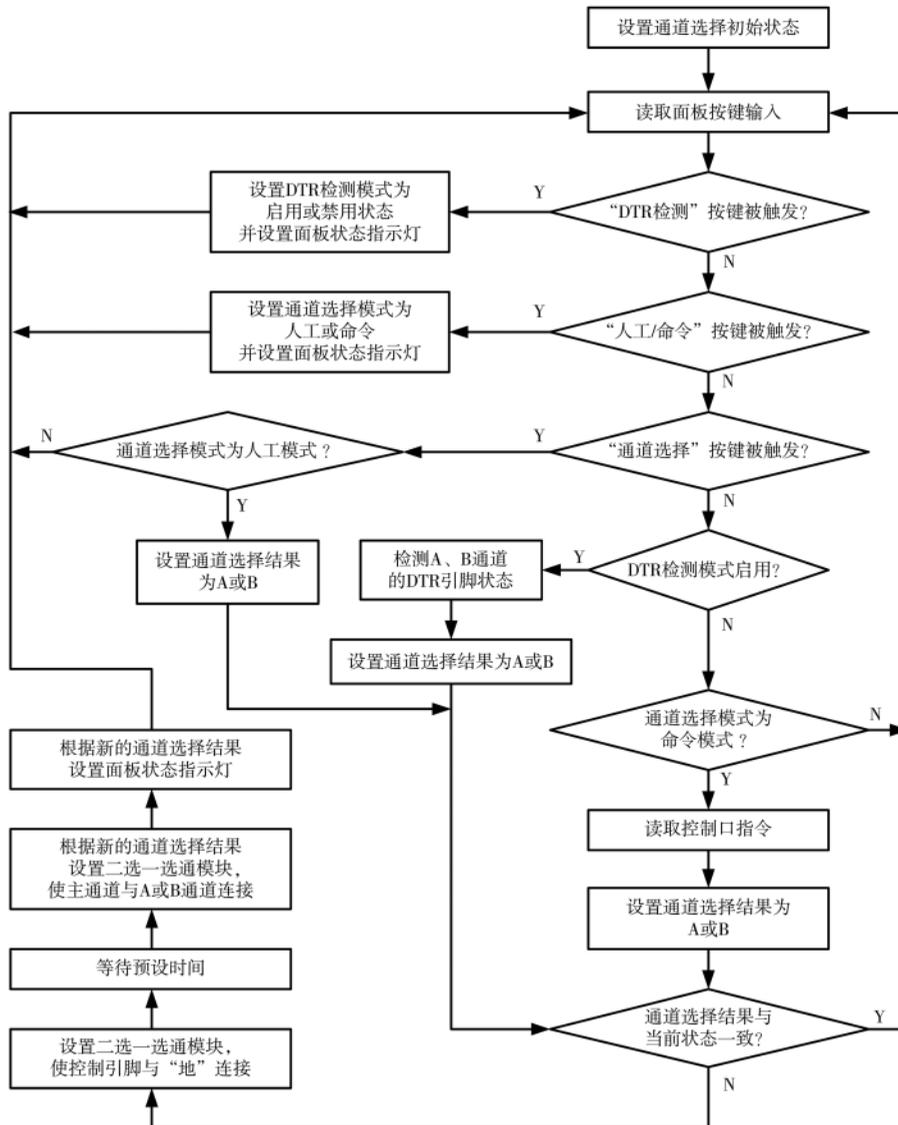


图 4 微控制器软件处理流程示意图

接收并处理来自控制口的指令,非“选中”状态的切换单元不能进行“命令”方式的切换控制。这样,主用状态自动化系统能够监视并控制切换单元,备用状态自动化系统只能监视切换单元状态。

### 3 测试验证

#### 3.1 测试环境搭建

完成切换器的设计和开发后,项目组在北京区管中心的测试平台上对其进行了功能测试。测试环境包含主用自动化系统和备用自动化系统各一套,并申请了一条至上海区管中心测试平台的 X.25 专线链路,按照图 5 搭建测试环境,即北京区管中心使用泰雷兹(Thales)系统 SSF 平台和莱斯(LES)自动化系统测试平台与上海泰雷兹测试平台进行 AIDC 专线测试。北京泰雷兹 SSF 平台、莱斯测试平台均连接至切换器,通过切换器的切换功能选择不同系统建链。

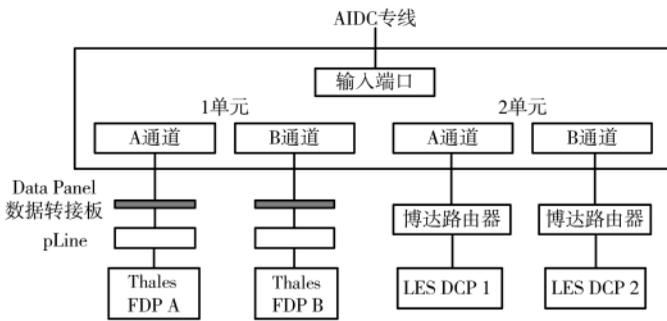


图 5 切换环境测试连接示意图

#### 3.2 测试验证方式

##### 3.2.1 选择第一单元为主通道进行测试

测试条件设置:硬件连接完成后,两组单元均选择 DTR 检测灯启用,人工/命令指示灯为灭。

###### (1)选择一单元 A 通道进行测试

测试方式:通过“单元选择”按键选择一单元,通过通道 A 输出,单元选择指示灯一单元橙色常亮,一单元通道 A 指示灯橙色常亮。一单元数据显示区 A 通道的输入、输出数据灯均绿色常亮,主通道的数据输入输出灯绿色常亮。二单元的所有指示灯均为灭。AIDC 专线主通道通过一单元的 A 通道输出给泰雷兹 SSF 平台 FDP A 服务器,即实现 AIDC 专线连接至泰雷兹 SSF 平台 FDP A,通过平台查看至上海 AIDC 状态,FDP A 为主用,显示 OK,AIDC 收发报文正常,FDP B 为备用,链路状态显示 Unknown。通过莱斯测试平台 DCP1、DCP2 查看至上海 AIDC 状态均 Unconnected,链路中断。

(2)进行泰雷兹自动化系统做 FDP 服务器主备切换条件下的测试

测试方式:一单元通道 B 输出,单元选择指示灯一单元橙色常亮,一单元数据显示区 B 通道的输入、输出数据灯均绿色常亮,主通道的数据输入输出灯绿色常亮。二单元的所有指示灯均为灭。AIDC 专线主通道自动

跳转至一单元的 B 通道输出给泰雷兹 SSF 平台,即实现 AIDC 专线连接至泰雷兹 SSF 平台,通过平台查看至上海 AIDC 状态,FDP B 为主用,显示 OK,AIDC 收发报文正常,FDP A 为备用,链路状态显示 Unknown。通过莱斯测试平台 DCP1、DCP2 查看至上海 AIDC 状态均 Unconnected,链路中断。

##### 3.2.2 选择第二单元为主通道进行测试

测试条件设置:硬件连接完成后,两组单元均选择 DTR 检测灯启用,人工/命令指示灯为灭。

###### (1)选择二单元 A 通道进行测试

测试方式:通过“单元选择”按键选择二单元,通过通道 A 输出,单元选择指示灯一单元橙色常亮,二单元通道 A 指示灯橙色常亮。二单元数据显示区 A 通道的输入、输出数据灯均绿色常亮,主通道的数据输入输出灯绿色常亮。一单元的所有指示灯均为灭。AIDC 专线主通道通过二单元的 A 通道输出给莱斯平台 DCP1 服务器,即实现 AIDC 专线连接至莱斯平台 DCP1,通过平台查看至上海 AIDC 状态,DCP1 为主用,显示 OK,AIDC 收发报文正常,DCP2 为备用,链路状态显示 Unknown。通过泰雷兹测试平台 FDP A、FDP B 查看至上海 AIDC 状态均 Unconnected,链路中断。

(2)进行莱斯自动化系统做 DCP 服务器主备切换条件下的测试

测试方式:二单元通道 B 输出,单元选择指示灯二单元橙色常亮,二单元数据显示区 B 通道的输入、输出数据灯均绿色常亮,主通道的数据输入输出灯绿色常亮。一单元的所有指示灯均为灭。AIDC 专线主通道自动跳转至二单元的 B 通道输出给莱斯测试平台,即实现 AIDC 专线连接至莱斯测试平台,通过平台查看至上海 AIDC 状态,DCP2 为主用,显示 OK,AIDC 收发报文正常,DCP1 备用,链路状态显示 Unknown。通过泰雷兹测试平台 FDP A、FDP B 查看至上海 AIDC 状态均 Unconnected,链路中断。

#### 3.3 测试结论

依据以上两类 4 种测试方式,选取了全天不同时段、不同航班量的情况下进行切换系统的测试,测试结果满足系统切换的要求,AIDC 链路都能正常进行切换,具体测试数据如表 1 所示。

#### 4 结论

本文根据空管自动化系统 AIDC 链路切换场景提出了多模式串口切换设备的设计与实现方案,并在北京区管测试平台进行了样机功能测试和可靠性测试。与当前的人工切换物理线缆方式相比,本切换器可极大减少链路切换时间,保证 AIDC 移交功能的可用性。并且,切换器完全国产化,生产成本低,使用方便且稳定可靠,在民航空管行业具有很好的应用推广价值。

#### 参考文献

[1] 郑楷文.空管自动化系统主备切换模式下 AIDC 功能的

(下转第 95 页)

- [3] 杨婷婷, 顾梅花, 章为川, 等. 彩色图像边缘检测研究综述[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(9): 2566-2571.
- [4] WORNSON D P, WORNSON M M, HEGSTROM E L. Defect detection lighting system and methods for large glass sheets[P]. United States Patent: US7551274B1, 2009-06-23.
- [5] 胡佛. 基于面阵 CCD 的玻璃缺陷检测分析系统研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2016.
- [6] 华显立, 许贵阳. 数字图像中值滤波技术研究[J]. 电子设计工程, 2013, 2(11): 191-193.
- [7] 纪平, 胡学友, 张瑞琦. 基于直方图均衡算法的图像增强技术研究[J]. 蚌埠学院学报, 2019, 10(2): 167-173.
- [8] Liu Jing. Feature recognition method for similar key points of human face based on adaptive median filter[J]. International Journal of Biometrics, 2018, 13(1): 307-316.
- [9] Sun Xiaoxin, Qu Wei. Comparison between mean filter and median filter algorithm in image denoising field[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 3468(1294): 4112-4116.
- [10] RAO G S, SRIKRISHNA A. Image pixel contrast enhancement using enhanced multi histogram equalization method[J]. Ingénierie Des Systèmes d'Information, 2021, 26(1): 95-101.
- [11] PARK J, RIAZ H, KIM H, et al. Advanced cover glass defect detection and classification based on multi-DNN model[J]. Manufacturing Letters, 2020, 23: 53-54.
- [12] Jian Chuanxia, Gao Jian, Ao Yinhui. Automatic surface defect detection for mobile phone screen glass based on machine vision[J]. Applied Soft Computing, 2016, 52: 346-347.
- [13] 吴雨祥. 基于光学三维成像的镜面物体表面质量检测方法研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2017.
- [14] 韩少刚, 江巨浪. 基于图像分割的双直方图均衡化算法[J]. 安庆师范大学学报(自然科学版), 2021, 27(1): 67-69.
- [15] Huang Zhenghua, Wang Zhicheng, Zhang Jing, et al. Image enhancement with the preservation of brightness and structures by employing contrast limited dynamic quadri-histogram equalization[J]. Optics-International Journal for Light and Electron Optics, 2021, 226(1): 1-7.
- [16] 张偌雅, 李珍珍. 数字图像质量评价综述[J]. 现代计算机(专业版), 2017, 29(19): 78-81.
- [17] SARA U, AKTER M, UDDIN M S. Image quality assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—a comparative study[J]. Journal of Computer and Communications, 2019, 7(3): 8-18.

(收稿日期: 2021-07-13)

## 作者简介:

巩玉奇(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 电工理论与新技术。

陶晋宜(1965-), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 电工理论与新技术。

杨刚(1967-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 物联网、嵌入式系统设计。



扫码下载电子文档

(上接第 90 页)

表 1 测试验证数据表

测试方式		时间: 8 点; 航班: 约 300 个	时间: 10 点; 航班: 约 500 个	时间: 12 点; 航班: 约 900 个	时间: 16 点; 航班: 约 800 个	时间: 20 点; 航班: 约 500 个
一单元为主通道	A 通道为主	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常
	切换 FDP 服务器	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常
二单元为主通道	A 通道为主	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常
	切换 DCP 服务器	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常	链路正常

实现[J]. 工程建设与设计, 2020(20): 228-229.

- [2] 陈小宇. EUROCAT-X 系统中 AIDC 移交的实现[J]. 科技创新导报, 2012(23): 42-43.
- [3] 周飞. 东北地区管制 AIDC 网络移交实现[J]. 信息通信, 2020(9): 123-125.
- [4] 袁贵宏. 空管信息交互在南昌空管自动化系统中的应用浅析[J]. 科技广场, 2017(7): 95-98.
- [5] 王子位. 浅析空管自动化系统 AIDC 测试失败的原因[J]. 电脑知识与技术, 2019, 15(10): 270-272.
- [6] 庄青, 雷馥鸣, 叶鑫鑫. 基于 MH/T4029.3 标准的管制移交技术应用进展[J]. 航空计算技术, 2021, 51(3): 131-134.
- [7] 王鑫. C 类移交技术在空管分局管制单位间的应用[J].

电子世界, 2020(20): 121-122, 125.

(收稿日期: 2021-07-30)

## 作者简介:

王匀(1979-), 男, 本科, 高级工程师, 主要研究方向: 空管自动化系统平台技术。

王蓓蓓(1981-), 女, 本科, 高级工程师, 主要研究方向: 空管自动化系统平台技术。

周禄华(1975-), 通信作者, 男, 硕士, 研究员级高级工程师, 主要研究方向: 空管自动化系统总体技术, E-mail: zlh\_28@163.com。



扫码下载电子文档

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所