

# 某型战车信息终端仿真器的设计

陈建明, 梁志成

(陆军装甲兵学院 信息通信系, 北京 100072)

**摘要:** 针对装备维修训练中存在的装备结构复杂, 价格昂贵, 维修训练成本高的问题; 设计了一个用于装备维修训练的信息终端仿真器; 以某型战车驾驶员任务终端的内部结构、工作原理、信号特征和维修流程为依据, 采用仿真技术、嵌入式设计技术等, 重新设计与实物相似的终端仿真器, 并以该仿真器为核心, 辅以信号发生器及上位机等软硬件设备构造用于维修训练的仿真平台; 该仿真器可进行信息终端的内部构造原理认知、维修过程训练和训练结果评估, 应用表明该仿真器可满足装备维修教学和培训需求, 提高维修人员的维修技能水平。

**关键词:** 装备维修; 仿真器; 仿真板设计; 信息终端; 维修训练; 故障设置

## Design of Information Terminator Simulator for a Combat Vehicle

Chen Jianming, Liang Zhicheng

(Department of Information and Communication, Academy of Armored Force for Land Army, Beijing 100072, China)

**Abstract:** According to the characteristics of complicated structure, expensive price and high maintenance training costs, an information terminator simulator is designed to realize equipment maintenance training. Based on the internal structure, working principle, signal characteristics and maintenance process of a combat vehicle driver's task terminal, the terminator simulator with similar physical equipment is reconstructed by using simulation technology and embedded design technology. With the simulator as the core and the hardware equipment such as signal generator and upper computer, the simulation platform is constructed to maintain training. Using the simulator it is easy to know internal structure, carry out maintenance process training and estimate training result. The application shows the simulator can meet the needs of maintenance teaching and training, and raise maintenance standards of the worker.

**Keywords:** equipment maintenance; simulator; simulation board design; information terminator; maintenance training; fault setting

## 0 引言

装备维修是军队装备保障工作的重要组成部分, 是装备保持、恢复乃至提高战斗力的关键。随着我军信息化建设的发展, 装备呈现出技术先进、结构复杂、价格昂贵等特点, 在实装上进行维修训练变得越来越困难, 用何种手段与方法“替代实装”开展训练, 成为维修训练研究的一个重要课题。目前装备维修训练主要存在以下问题<sup>[1-2]</sup>:

- 1) 实装的数量和训练场地有限, 所以受训人员数量和训练时间难以保证, 训练效率低。
- 2) 受训人员无法结合实装看到全部的故障现象, 只能从书本上进行抽象理解。
- 3) 受训人员结合实装的操作多限于分解、组装, 而对故障检测这一维修训练内容的实际操作甚少。
- 4) 新装备结构复杂, 价格昂贵, 维修训练成本甚高。

针对装备维修实际情况, 在实装上进行维修训练已不现实, 且故障不可能再现, 因此, 采用以实际装备为模型, 采用仿真技术、实物建模技术、嵌入式系统设计技术、电路设计技术等, 分析实装的结构特征、信号特性、功能模

块、维修流程等, 构造仿真平台, 在该平台上进行维修训练, 是本文的基本设计思想, 以满足日益增长的信息装备维修训练需要。本文以装甲车辆中的信息终端为例, 构造信息终端仿真器, 在仿真器中植入故障模型, 通过设计一套软硬件结合的电路方案, 开展信息终端的维修训练。

## 1 某型驾驶员终端基本原理

装甲车辆中的信息终端主要包括车载计算机、车载一体计算机(如: 驾驶员任务终端、车长任务终端)、便携式计算机和任务控制终端(如电台、PDA)等, 这些是装甲车辆的主要控制设备, 其运行好坏直接影响到车辆的完好性。某型战车的驾驶员任务终端完成状态指示信号、报警信号输入和仪表模拟信号采集, 将工况数据、车况数据信息等仪表信息显示, 实现传统仪表功能; 连接驾驶员辅助潜望镜, 实现电视辅助驾驶功能; 提供战场电子地图, 连接车长任务终端, 接收车长指挥命令及报告车辆工况; 接收、显示车辆定位导航信息及战场态势功能; 连接其他控制器, 实时接收并显示控制器工作状态及车况监测和报警功能。内部组成如图1所示, 主要由以下部分组成<sup>[3]</sup>。

- 1) 液晶显示器: 显示虚拟仪表、报警及状态信息、CCD 视频图像、电子地图、发动机控制器状态信息等。
- 2) 电源开关及指示灯: 指示供电情况和报警指示灯闪烁。

收稿日期: 2018-08-06; 修回日期: 2018-08-24。

作者简介: 陈建明(1964-), 男, 湖南益阳人, 博士, 教授, 主要从事计算机应用、信号与信息处理方向的研究。

- 3) 按键: 用于对显示内容的操作。
- 4) 电缆插座: 分别为电源电缆插座、调试电缆插座、仪表信号电缆插座、报警信号电缆插座、通信信号电缆插座、CCD 视频信号电缆插座。
- 5) 系统电源模块: 用以将车上电气系统提供的 24V 电源转变为本装置所需要的电源。
- 6) 仪表信号模块: 包括仪表信号调理模块和仪表信号接口模块, 其中调理模块用以将各传感器信号及车况信号转换为接口模块所要求的标准信号; 接口模块将调理模块输出的信号经采集、编码传输给 CPU 进行处理。
- 7) 报警信号模块: 用于检测车内一些开关量的报警信号, 经采集、编码传输给 CPU 进行处理。
- 8) 通信信号模块: 用于实现驾驶员终端与车长终端、其他控制器、信息处理单元等部件之间的通信。
- 9) 主板模块: 主要是给其他模块提供载板的功能, 其自身实现按键监测、CCD 视频信号捕获、CF 卡接口、调试接口、液晶显示等功能。
- 10) CPU 模块: 采用嵌入式主板用以处理、显示、存储各种输入/输出信息, 是整个装置的核心。

航空插头

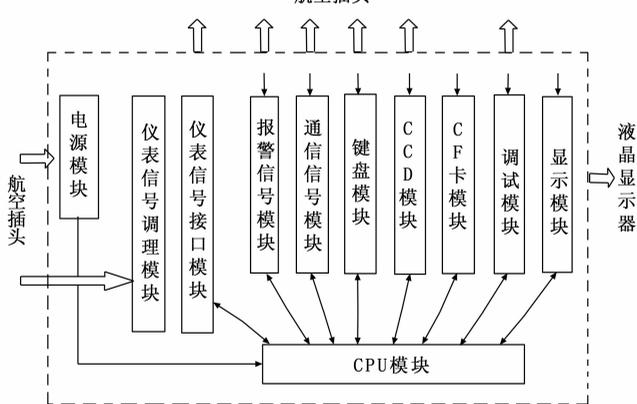


图 1 驾驶员任务终端内部结构框图

## 2 信息终端仿真器的设计

根据某型驾驶员任务终端的内部结构、工作原理和信号特征, 设计了一个用于维修训练的信息终端仿真器<sup>[4-6]</sup>, 如图 2 所示。

### 2.1 仿真器硬件总体设计

如图 2 所示, 仿真器的硬件模块包括 CPU 主板、电源组件仿真板、报警信号仿真板、虚拟仪表仿真板、通信信号仿真板、GPS 信号仿真板、CCD 组件仿真板、键盘显示接口仿真板、航空插头接口、RS485 总线、液晶显示屏和操作面板。这些模块构成了驾驶员任务终端仿真器的内部结构, 与实装内部的结构相一致, 在功能上也相似, 为了进行维修训练应用, 在内部各模块中增加了一项故障设置功能, 可以根据维修人员的要求进行故障设置, 便于维修训练。

**CPU 主板:** 用于模拟实装对内部各部件的数据采集与处理, 并将结果显示在液晶显示屏上, 或者通过操作面板

完成相关的输入操作。CPU 主板与其他仿真板之间分别通过串口总线 RS232 相连, 完成信息交互, 液晶显示屏和操作面板连接于 CPU 主板上。

**电源组件仿真板:** 用于模拟实装的电源供电方式, 提供 +12 V、-12 V、+5 V、-5 V 和 +3.3 V 电源, 供内部各部件使用, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。由于各仿真板的电路有两部分, 一部分是功能电路、另一部分是用于设置故障的电路, 后部分必须持续供电, 由电源组件仿真板分出一路 +5 V 电源供仿真板中的设置故障电路供电。

**报警信号仿真板:** 从航空插头接口接收输入信号, 模拟实装的报警信息处理方式, 在液晶显示屏上显示报警信息, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**虚拟仪表仿真板:** 从航空插头接口接收输入信号, 模拟实装的虚拟仪表信息处理方式, 在液晶显示屏上实时显示各仪表数据, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**通信信号仿真板:** 模拟实装的通信连接方式, 构成 2 个 RS232 接口、2 个 RS422 接口、1 个 RS485 接口, 分别与航空插头接口相连, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**GPS 信号仿真板:** 模拟实装的 GPS 接收方式, 通过内置 GPS 模块接收信息, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**CCD 组件仿真板:** 模拟实装的 CCD 连接方式, 与航空插头接口相连, 完成视频信息的传输, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**键盘显示接口仿真板:** 接收操作面板的键盘操作信息, 完成相应的动作, 另一方面, 通过故障设置单元设置所需的故障, 通过 RS232 总线接口与 CPU 主板连接, 通过 RS485 总线接口与外部连接。

**航空插头接口:** 与外部信号部件相连, 内部分别与电源组件仿真板、报警信号仿真板、虚拟仪表仿真板、通信信号仿真板、GPS 信号仿真板、CCD 组件仿真板相连, 完成内、外信息的交互。

**RS485 总线:** 用于仿真器内部各仿真板之间以及与外部命令的交互, 故障设置命令通过 RS485 总线传送。

**液晶显示屏:** 用于显示报警信息、仪表数值、通信信息和各种提示信息, 连接在 CPU 主板上。

**操作面板,** 与实装一致的键盘按钮, 用于界面的切换, 连接在 CPU 主板上。

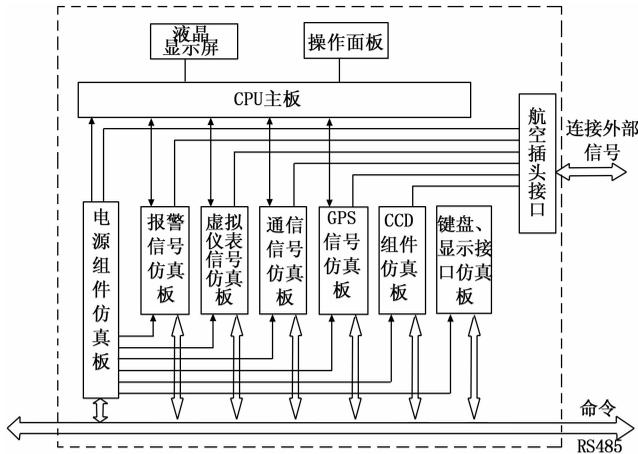


图2 信息终端仿真器的模块结构

### 2.2 仿真板硬件设计

仿真板的硬件结构如图3所示，包括功能单元，故障模型和故障设置单元。功能单元，是根据实装对应部件分析出结构特征、信号特征，完成各功能部件的特征模拟，通过RS232总线与CPU主板相连并交互；故障模型，是根据实装对应部件分析出故障模式以及故障设置策略，提供给故障设置单元，当需要设置故障时提供指导。

仿真板的设计是本仿真器的重点，各仿真板的功能单元并不需要对实装各对应部件的复现，只需把功能特征和信号特征体现出来，然后分析电路中可能会出现故障点引起的故障现象找出来，经过重新设计电路板，保持相同的输入输出接口，最后设计新的仿真板。

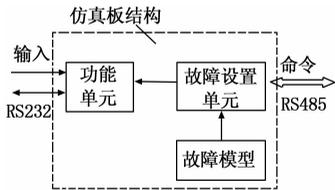


图3 仿真板模块结构

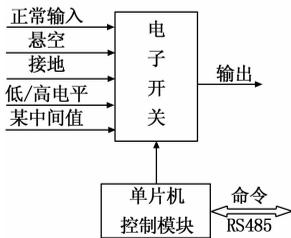


图4 仿真板故障设置单元模型

### 2.3 仿真板故障设置单元设计

故障设置单元的结构如图4所示，包括单片机控制模块和电子开关，其中，单片机控制模块，通过RS485总线从外部接收故障设置命令，根据故障模型完成故障设置，单片机使用MSP430F149，也可以是其他单片机。电子开关为模拟开关（组），低导通电阻、宽电源电压（±4.5~

±20 V），满足电子开关（组）的设计要求。

故障设置单元是仿真板中智能部分，当接收到设置故障的命令时，根据已分析出的故障模型，在单片机的控制下，通过电子开关的动作倒向相应的故障源，故障源分为4种：悬空、接地、高/低电平和某一电平值。

### 2.4 软件设计

信息终端仿真器的软件设计包括显示界面软件设计和仿真板软件设计<sup>[7]</sup>，配合硬件完成某型装甲车驾驶员任务终端的基本功能及维修训练时的故障设置等。

#### 2.4.1 显示界面软件设计

仿真器显示界面软件主要以某型装甲车驾驶员任务终端为样本，对实装界面进行了研究和仿真实现，软件将仿真器采集的物理信号经处理后显示在液晶屏上，其界面与实装完全一样。完成的主要功能包括：虚拟仪表显示、报警信号显示、通信信号显示、视频信号显示、地图导航、按键响应（面板按键功能响应）等。

虚拟仪表：驾驶员任务终端将传感器采集过来的车况信息通过虚拟仪表显示出来，仪表的指针让驾驶员对车况有直观地定性的认识，同时每个仪表上显示具体的数值大小使得驾驶员能够精确的知道车况信息。

电子地图：电子地图为驾驶员提供地形地貌等信息，同时通过GPS导航、北斗导航提供驾驶员的行车路线。程序完成电子地图缩放，经纬度显示，地形地貌显示，GPS数据的显示、定位标记、导航等功能。

视频监控：两栖装甲车在水上行进时，主要依靠CCD采集视频图像进行辅助驾驶。程序采用Intel公司提供的开源计算机视觉库OpenCV插件，开发出CCD视频采集模块，能够实现视频监控、图像采集等功能。

超限报警：当车内传感器检测到某一特征信号超过限定值时，将传送对应的报警信号给驾驶员任务终端，程序控制报警指示灯进行闪烁报警，同时以文字的方式显示对应的报警信号。对于需要进行超限报警的仪表盘（如机油压等），一旦指针指示到达报警界限，则指针立刻变为红色，同时报警指示灯闪烁，以起到警示的作用。

通信信号显示：驾驶员任务终端需要与车长终端及其他控制器、信息处理单元等模块之间进行通信，终端程序依据串口传输过来的数据帧进行解析，得到具体的通信命令，然后显示在终端界面的指定位置。

#### 2.4.2 仿真板软件设计

仿真板软件嵌入在单片机内的FLASH存储器中，接收RS485串行总线传送的故障设置命令，按照命令的样式，根据故障模型的要求，模拟出与实际故障现象相似的故障，该部分嵌入式软件必须与硬件配合才能满足要求。

当接收到设置故障命令时，各仿真板与本身的识别码比较，若是发给本仿真板的，则接收命令后设置相应故障，故障现象即出现；当接收到撤销故障命令时，各仿真板与本身的识别码比较，若是发给本仿真板的，则接收命令后撤销相应故障，故障现象即消失，可重新设置故障或撤销

故障。

### 3 信息终端仿真器的应用

#### 3.1 装备维修训练平台设计

设计信息终端仿真器的目的是为了进行装备的维修训练, 以提高维修人员的实际水平。利用该仿真器构建了如图 5 所示的装备维修训练平台<sup>[8-9]</sup>。

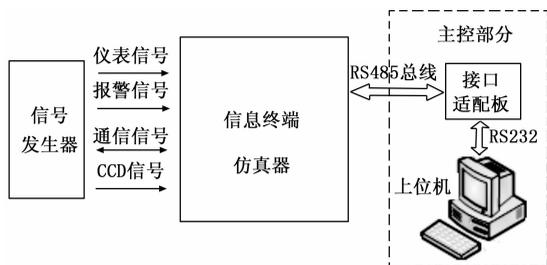


图 5 维修训练平台

由三部分组成:

- 1) 信息终端仿真器, 依据实际装备(驾驶员任务终端设备)的各部件的样式、尺寸、功能及信号特征来构建, 其内部结构与实装相似;
- 2) 信号发生器, 产生信息终端仿真器所需的各种信号;
- 3) 主控部分, 由上位机和接口适配板组成。上位机为普通 PC 机, 通过主界面对系统进行监控, 完成故障设置、维修训练和训练效果评估等功能。接口适配板一方面通过串口接收上位机的控制参数, 另一方面通过 485 总线与各仿真板进行组网连接, “转发”上位机的故障设置和其他控制信息。

可实现如下功能<sup>[10]</sup>:

- 1) 学习演示。系统提供所选维修任务的相关理论知识介绍, 并由教员演示该维修任务执行的流程和方法。
- 2) 教员指导。受训者在教员或系统的提示和引导下完成维修活动的训练, 系统以适当方式分步给出维修过程的相关知识描述和维修提示信息, 直至整个维修任务顺利完成。
- 3) 自主训练。受训者在没有提示信息情况下执行维修任务。自主训练模式中操作过程与实际系统的维修完全一致, 系统不主动提供相关维修知识和帮助信息, 但受训者可通过请求获取系统帮助。
- 4) 考核。受训者在没有提示和帮助的情况下, 自主完成维修任务。系统将对维修操作过程和情况进行记录, 并根据记录生成训练效果评价报告, 以考评受训者的训练效果。

#### 3.2 维修训练实验过程

该型信息终端仿真器内部通过各仿真板的设置, 按照维修训练要求共设计有 346 个故障点, 涵盖内部各功能部件的常见故障类型, 故障可重置和再现。下面以电源组件为例说明利用信息终端仿真器进行维修训练的实验过程。电源组件由 EMC 模块、电源转换模块(26 V 入 12 V 出)、

电源适配器(26 V 入, 输出±5 V、±12 V)、开关、线缆等组成, 故障点建立的模型如图 6 所示。图中所标数字为可能发生的故障点, 表 1 为电源组件故障设置情况。训练教学中, 图 6 的某故障点通过故障注入, 产生某故障现象, 例如表 2 中以“开机后电源指示灯亮, 显示器不亮, 系统不启动”故障现象为例, 教员可按照表 2 中维修步骤利用信号发生器、检测工具进行测试, 指导学员进行维修训练。

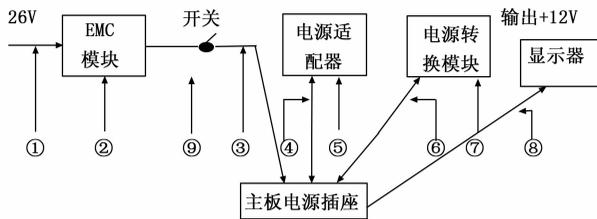


图 6 电源系统故障设置图

#### 3.3 实验说明

本实验过程是在仿真器内进行的。仿真器内各模块的位置、功能、信号特征、硬件上的主要维修点与实装类似, 其目的是通过维修训练后便于实装维修。

实验过程中, 电源组件的例子是以表 1 通过维修训练平台的主控机设置故障, 然后按照表 2 的故障维修过程对终端仿真器进行相关的软、硬件操作, 包括关机、拆板、电压表检测、信号发生器输入信号等, 直到找到故障。然后通过维修过程演示来对比实际维修过程, 进一步掌握和理解维修过程步骤。由于故障可在故障集内任意设置并可再现, 对维修训练教学具有十分有效的意义。

该类仿真器的设计必须深刻理解内部构造、信号特征、故障机理以及维修过程, 还需通过嵌入式设计技术重新构造一个与实装相似的仿真模型。对于非常复杂的实物系统实现起来难度较大。

表 1 电源组件故障设置

故障点序号	故障类型	故障原因
①、③、④、⑥、⑧	线缆故障	断线
②	EMC 模块故障	断线或无输出; 内部接地; 电压输出非 26V 的某一电平。
⑤	电源适配器故障	断线或无输出; 内部接地; 电压输出非 ±5V、±12V 的某一电平。
⑦	电源转换器故障	断线或无输出; 内部接地; 电压输出非 12V 的某一电平。
⑨	开关、灯故障	断线、灯坏、短路

### 4 结论

- 1) 该仿真器内部的仿真板模拟实装的功能并增加了故障设置功能, 操作界面和外部接口连接与实装一致, 维修人员能利用该仿真器进行单人或多人的维修训练操作, 解决实际操作缺乏装备的问题, 提高了装备保障能力。

(下转第 134 页)