

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.05.027

CTCS3-300T 列控车载人机界面的仿真研究

解红晨, 钱雪军*
(同济大学 电气工程系, 上海 200331)

摘要:针对如何有效借鉴已有 CTCS 列控车载显示装置(DMI)的成功开发的经验,从而快速、高效地建立起更为高级的 CTCS3 系统 DMI 的问题,分析了 DMI 在车载系统中的作用和功能后,设计实现了基于 Windows XP Embedded(XPE)的 CTCS-300T 列控车载人机界面。通过对系统所需软、硬件环境进行分析,将相关硬件配置组成合适的工控机,定制了 Windows XPE 作为仿真系统的软件环境,在重点介绍了环形速度表(CGS)和最限制速度曲线(MRSP)的生成原理以及实现方法后,采用 Visual C++ 作为开发软件对 CTCS-300T 车载 DMI 系统进行了开发。研究表明,该系统能完成既定的各项功能,最终成功实现了 CTCS3-300T 列控车载人机界面的仿真系统。

关键词:CTCS3-300T; 车载显示装置; 最限制速度曲线; 仿真系统

中图分类号:TP391.9

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)05-0667-05

Simulation and research of on-board DMI of CTCS3-300T

XIE Hong-chen, QIAN Xue-jun

(Department of Electrical Engineering, Tongji University, Shanghai 200331, China)

Abstract: Aiming at the problem of how to effectively learn from the successful experience of former CTCS driver machine interface(DMI), quickly and efficiently establish DMI of CTCS3, the functions of DMI were illustrated and the DMI of CTCS3-300T based on Windows XP Embedded(XPE) system was designed and implemented. Through the analysis of a software system and hardware environment, the appropriate Industrial Personal Computer was assembled and the Windows XPE system was custom-designed as the software system. After generating principle and implementation of circular speed gauge (CGS) and the most restrictive speed profile (MRSP) were introduced, the Visual C++ was chosen as the development tool to develop the DMI of CTCS3-300T. The results indicate that, the system can make the target functions and the on-board DMI of CTCS3-300T simulation system was implemented successfully.

Key words: CTCS3-300T; driver machine interface(DMI); most restrictive speed profile; simulation system

0 引言

CTCS3 列控车载显示装置是列车自动超速防护系统(Automatic Train Protection, ATP)的人机交互界面。它就像列车的一面窗口,通过图像、声音等其他方式向司机告知列车各种信息以及 ATP 的状态,提示驾驶员执行相应的操作,从而确保了列车的行车安全,所以车载 DMI 的作用是相当重要的^[1-8]。随着

中国铁路的发展,对于 CTCS3 开发和应用也有了新的发展和要求,因此,对于 CTCS3 系统 DMI 的开发和研究势在必行。

本研究介绍基于 Windows XPE 嵌入式操作系统的 CTCS3-300T 车载 DMI 的设计和实现过程。其目的是希望能在已有 CTCS 系统开发经验的基础上能更加高效地对 CTCS3 进行开发,通过对系统硬件进行分析、配置,对嵌入式系统 Windows XPE 进行定制。在

收稿日期:2013-12-27

作者简介:解红晨(1989),男,江苏兴化人,主要从事轨道交通模拟驾驶器方面的研究。E-mail:xiehongchen312@163.com

通信联系人:钱雪军,男,副教授,硕士生导师。E-mail:qian1966@163.com

介绍了 DMI 的各个区块功能以后,重点介绍环形速度表和最限制速度曲线的生成原理以及实现的方法。在以上分析的基础上采用 VC++ 进行编程开发。最后对 CTCS3-300T 列车车载 DMI 系统进行仿真。

1 硬件及软件系统的搭建

1.1 硬件平台的搭建

该仿真系统采用嵌入 Intel Atom N270 处理器的 Ekino_945GSEMini-ITX 主板。处理器主频为 1.6 GHz, 533 MHz 前端总线, 512 KB 的二级高速缓存。主板包含 VGA、DVI HDTV 和 18 位的双列直插式视频输出接口, 主板包含 6 个 USB2.0 接口, 一个 IDE 连接器和一个 PCI 扩展卡插槽, 支持 PS/2 键盘和鼠标接入。

该系统采用基于 STC11F32XE 单片机的 PS/2 矩阵键盘, 由单片机完成矩阵键盘的扫描、PS/2 接口通信和串行下载程序。外接晶振为单片机提供稳定的时钟信号, PS/2 接口连接单片机和嵌入式计算机, 作为键盘与嵌入式的通信通道并提供单片机所需的 +5 V 电源。5×5 矩阵键盘占用单片机 10 个通用 I/O 口, 每个键对应唯一的硬件地址, 单片机通过查询方式获取其地址。PS/2 接口中的时钟线 and 数据线直接和单片机 I/O 口相连。该系统采用 MAX232 作为串行通信电路的电平转换芯片, 实现 RS232 和 TTL 信号的通信。仿真系统采用 10inch TFT 显示器, 实时显示限速曲线和实际运行曲线以及预告信息等内容, 显示效果理想。

1.2 XPE 操作系统的定制

XPE 是桌面操作系统 Windows XP 的组件化版本, 可根据目标设备的要求快速定制操作系统。XPE 系统内核配置为 4.8 MB、内存 14 MB, 可提供基本的 Windows32 系统的应用能力。XPE 采用与 Windows XP 相同的二进制代码, 使得嵌入式开发人员能够只选择那些小范围覆盖嵌入式设备所需要的驱动组件, 真正实现嵌入式操作系统平台与主流操作系统的统一。

嵌入式操作系统的生成过程复杂, 与编译一般的应用程序不同, 通常生成的操作系统还需通过一些接口下载或部署到目标设备上。XPE 的系统制定比 Windows CE 或 μ CLinux 的制定相对要简单, 使用 Windows XP Embedded Studio 设计工具构建 XPE 系统的具体步骤如下:

- (1) Ekino_945GSEMini-ITX 主板信息检测;
- (2) 添加运行中所需的特性与功能;

(3) 构建运行映像;

(4) 将运行映像部署到 Ekino_945GSEMini-ITX 中。

2 DMI 的仿真实现

2.1 DMI 显示功能介绍

根据车载 DMI 屏幕的大小及相关设计要求^[9], 车载列控显示装置显示屏的主界面分为 6 个区域, 分别是: A 区距离监控信息; B 区速度信息; C 区补充驾驶信息; D 区运行计划信息; E 区监控信息(除去 C 区部分); F 区功能键信息; DMI 界面区域划分如图 1 所示。

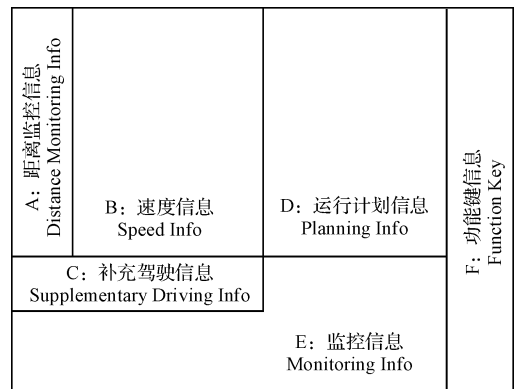


图 1 DMI 界面区域划分

A 区制动预警时间以矩形图标显示, 矩形图标的大小反映了距离触发制动预期时间的长短, 颜色反映了当前速度与允许速度的大小关系。目标距离通过数字和图形两种表示方法同时表示。

B 区中列车的当前速度采用两种方法表示, 一是速度表的指针指向当前速度, 二是速度表圆心以数字形式表示出当前速度值。同时以不同颜色表示目标速度、允许速度的值。

C 区显示了列车运行等级和要确认的模式, 以便向驾驶员确认下一有效模式, 并以图标显示了列车制动状态。

D 区显示了桥梁、隧道、车站等预告、速度变化、坡度和机车信号等信息以及最限制速度曲线 MRSP。

E 区中以文字方式显示了设备系统状态、紧急信号、机控或人控优先、车站名称、车次号和公里标。

F 区为扩展功能按钮, 列车司机通过该区域完成数据输入和指令下达。

由于 B 区和 D 区是 DMI 实现的主要难点, 下面重点介绍如何实现这些区域的功能。

2.2 B 区速度信息区

B 区中列车的当前速度采用双显示备份表示,一是速度表的指针指向刻度盘的当前速度,二是速度表圆心以数字形式表示出当前速度值^[10]。目标速度、允许速度、常用制动干预限值、紧急制动干预限值等通过环形速度表来表示。在 CSG 中通过不同区域的颜色来区分这些数据。该区域编程实现的关键就是如何将列车速度值与图形显示中的坐标值相对应。其对应关系图如图 2 所示。

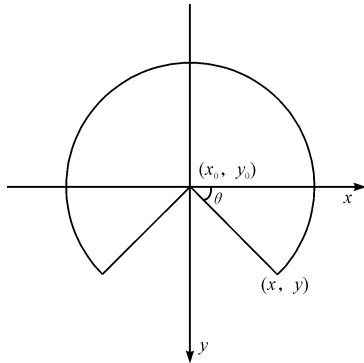


图 2 速度值与屏幕坐标对应关系图

坐标系—屏幕坐标系;圆心坐标 (x_0, y_0) —速度指针的中心点; θ —速度指针与 X 轴正方向的夹角,单位为 $^\circ$; (x, y) —速度指针所指向的屏幕坐标点; R —绘制速度表盘的半径

定义 $\theta = 225^\circ$ 时,速度值 $v = 0 \text{ km/h}$;定义 $\theta = -45^\circ$ 时,速度值 $v = 400 \text{ km/h}$ 。从而得到列车速度 V 与屏幕显示中坐标值 (x, y) 的对应公式,公式如下所示:

$$\theta = 225 - 270v/400 \quad (1)$$

$$(x, y) = \begin{cases} x = X_0 + R \cdot \cos(\theta \cdot \pi/180) \\ y = Y_0 - R \cdot \sin(\theta \cdot \pi/180) \end{cases} \quad (2)$$

在绘制 CSG 时,研究者可通过设备描述表类(Class of Device Context, CDC)的对象函数 AngleArc(), moveto() 和 lineto() 等函数,同时选择不同颜色的画笔,对 CSG 进行绘制,以达到最后的显示效果。

2.3 D 区运行计划信息区

D 区中显示了各种预告及其他信息,其中最限制速度曲线(MRSP)是最为重要和最难实现的部分。下面重点介绍一下 MRSP 的生成原理和仿真实现。

2.3.1 最限制速度曲线的生成原理

最限制速度曲线处在 D 区运行计划信息区,是列车在运行过程中要严格遵守的速度监控曲线,最限制速度曲线(MRSP)是由静态速度曲线和动态速度曲线综合计算出来的一条最严格的速度监控曲线^[11]。该曲线考虑了线路允许速度、临时限速、列车参数等多方

面的因素,是所有速度限制因素中最不利限制部分(最低值)的集合。

(1)静态速度监控曲线是通过比较线路速度曲线和限速区间速度曲线(Speed Restriction Section, SRS)而得出的一条静态曲线,如图 3 所示。该曲线与线路自身参数以及线路限速区间有关。

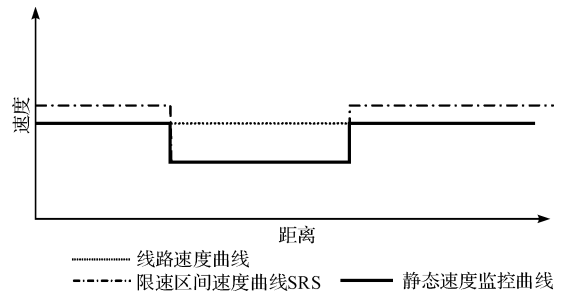


图 3 静态速度曲线

(2)动态速度监控曲线是 CTCS-3 级列控车载设备根据列车运行的各种限制生成动态的列车制动限制曲线。由目标距离模式可以得到列车在线路上的允许速度曲线并由此得出报警曲线、常用制动曲线及紧急制动曲线。因此着重研究允许速度曲线的生成原理。

根据目标距离模式可得两种速度制动曲线,分为目标速度非 0 km/h (SRS) 和目标速度为 0 km/h 两种情况。

①目标速度非 0 km/h 的制动曲线(SRS),是指根据线路、车辆及其他原因决定的静态速度曲线而得到的制动曲线,如图 4 中曲线 b 所示。

②目标速度为 0 km/h 的制动曲线,是指列车到站或者由于前方区间有车占用,所以必须制动到某目标点,速度降为 0 km/h 的曲线。如图 4 中曲线 a 所示。

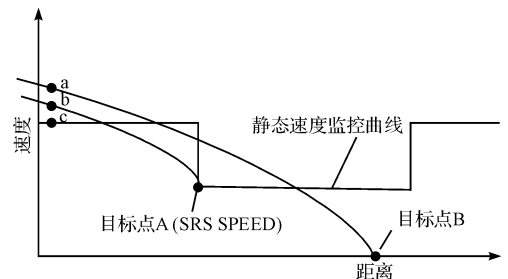


图 4 制动限制曲线

根据轨道线路参数,SRS 限速,还有目标点的速度限制,线路上每一点的允许速度都是要经过计算的,计算公式如下:

$$V = \sqrt{V_{\text{Dest}} + 2 \cdot (abr_k + agr_d) \cdot (s_{\text{Dest}} - s_{\text{Tposition}})} \quad (3)$$

式中: V_{Dest} —目标点的速度; abr_k —列车减速度; agr_d —轨道坡度; s_{Dest} —目标点的位置; $s_{\text{Tposition}}$ —列

车位置。

取3条曲线中的最小值作为允许速度的值。

(3)MRSP 曲线:得到允许速度曲线 p 后,就可得到其他曲线,当列车速度小于 250 km/h 时,报警曲线、常用制动曲线、紧急制动曲线与允许速度曲线的依次递增分别为 15 km/h,13 km/h 和 10 km/h。当列车速度大于 250 km/h 时,上述差值分别为 10 km/h,8 km/h 和 5 km/h。MRSP 曲线就取允许速度曲线 p ,如图 5 所示。

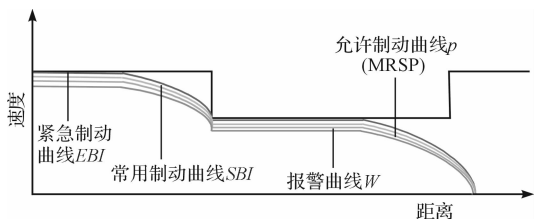


图5 MRSP 曲线

2.3.2 最限制速度曲线的仿真实现

根据已有最限制速度曲线,可根据 DMI 界面在 D 区的显示范围进行 MRSP 曲线的仿真实现。

建立坐标轴:纵坐标为速度,0 ~ 500 km/h。横坐标为距离 0 ~ 32 km,0 ~ 1 km 为线性坐标,1 km 以上为对数坐标,1 km 取在整个横坐标的 1/3 处。

在 MRSP 曲线上进行采样,取 n 个点,分别为 $(z_1 v_1) (z_2 v_2) \dots (z_n v_n)$,记下采样点的坐标。根据速度 v 与 MRSP 显示区纵坐标呈线性关系,由 0 km/h 处坐标 S_0 和 500 km/h 处坐标 S_{500} ,可得 $v - y$ 转换关系为:

$$y = S_0 - \frac{S_0 - S_{500}}{500} \cdot v$$

当距离 z 小于 1 000 m 时, x 坐标和 z 为线性关系;当距离 z 大于 1 000 m 时, x 坐标和 z 为对数关系。 x 为 MRSP 显示区横坐标, z 为距离, A, B, C, D 为待定参数, $z - x$ 坐标转换的待定公式为:

$$x = \begin{cases} Az + B, & 0 \leq z \leq 1\ 000 \\ C \lg z + D, & 1\ 000 \leq z \leq 32\ 000 \end{cases}$$

将坐标起点 D_{s1} 、终点 D_{s2} 和 1 km 位置点 D_1 代入上述参数公式中,可解得参数 A, B, C, D 。

由 MRSP 的 $(z_1 v_1) (z_2 v_2) \dots (z_n v_n)$ 得到 DMI 的横、纵坐标 $(x_1 y_1) (x_2 y_2) \dots (x_n y_n)$,根据 DMI 的设计要求可以对 MRSP 曲线进行仿真。流程图如图 6 所示。

2.4 仿真结果展示

根据以上对于车载 DMI 的区域设定,特别是 B 区和 D 区的规划研究,笔者采用 VC++ 作为开发平台,实现了 CTCS3-300T 列控车载人机界面显示功能,DMI 界面如图 7 所示。

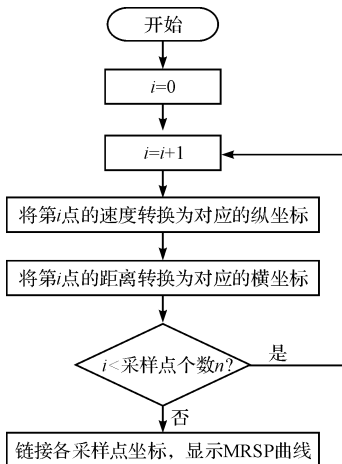


图6 MRSP 绘制流程

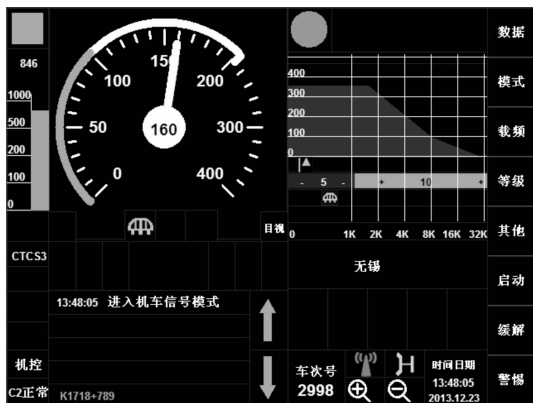


图7 DMI 界面

3 结束语

本研究通过对 CTCS-3 级车载 DMI 系统的技术标准和功能需求的分析,利用 VC++ 软件对系统进行开发,并且在嵌入式系统 Windows XPE 下进行仿真运行,最终实现了车载 DMI 的各种功能,完成了对所设计的仿真系统的功能性验证,证明了车载 DMI 仿真运行的有效性和实用性。

基于 Windows XPE 的 CTCS3-300T 列控车载人机界面 DMI 的仿真研究在嵌入式开发中具有很广泛的应用价值,对当前 DMI 及今后 CTCS-3 级列控系统车载 DMI 的设计和研发有一定的借鉴作用。同时对于模拟驱动器嵌入式开发有很大的学习和借鉴作用。如应用到相关课程的教学以及相关课程的实验仿真环节中,可以直接进行相关课堂教学和实验操作。

参考文献 (References):

[1] DONG Hai-rong, NING Bin, CAI Bai-gen, et al. Automatic train control system development and simulation for high-

speed railways [J]. **Circuits and Systems Magazine**, 2010,10(2):6-18.

[2] HROVAT D, POWERS W F. Computer control system for automotive power trains [J]. **Control System Magazine**, 1988,8(4):3-10.

[3] POLLACK M W. Communications-based signaling advanced capability for mainline railroads [J]. **Aerospace and Electronic Systems Magazine**, 1996,11(11):13-18.

[4] ZIMMERMANN A, HOMMEL G. Towards modeling and evaluation of ETCS real-time communication and operation [J]. **Journal of Systems and Software**, 2005,77(1):47-54.

[5] HO T K, MAO B H, YUAN Z Z, et al. Computer simulation and modeling in railway applications [J]. **Computer Physics Communications**, 2002,143(1):1-10.

[6] 刘朝英. 列控车载设备:CTCS2-200C 型 [M]. 北京:中国铁道出版社,2011.

[7] 孙朝辉,刘 帅,孙世良. 新型车载自动补油系统 [J]. 液压气动与密封,2013,41(6):47-49.

[8] 杨 光. CTCS3 级列控车载 ATP 研究与仿真 [D]. 成都:西南交通大学信息科学与技术学院,2007.

[9] CTCS3-300T 列控车载设备 DMI 司机操作手册 V1.5 [Z]. 2009.

[10] 黄仕明. CTCS-3 级车载系统的仿真与研究 [D]. 甘肃:兰州交通大学自动化与电气工程学院,2012.

[11] 王耀东. 基于 Windows CE 的 CTCS3 级列控系统车载人机界面 DMI 的设计与实现 [D]. 北京:北京交通大学电子信息工程学院,2008.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

解红晨,钱雪军. CTCS3-300T 列控车载人机界面的仿真研究 [J]. 机电工程,2014,31(5):667-670.

XIE Hong-chen, QIAN Xue-jun. Simulation and research of on-board DMI of CTCS3-300T [J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(5):667-670.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第 657 页)

强大的通讯能力,成功设计了一套电厂远程监测系统,利用多个服务器就地储存数据,通过 DataSocket 服务器发布数据,局域网客户端可以通过 TCP 协议与服务器通讯,同时利用 DataSocket 的 dstp 协议接受数据和 file 协议下载故障数据,实现远程监测与故障分析,从而大大提高了故障检测效率,减少了存储空间。

参考文献 (References):

[1] 郝 丽,赵 伟. MAX,DAQ 助手及 DAQmx VI 之间的逻辑关系 [J]. 实验室研究与探索,2012,31(6):82-85.

[2] 邓宏康,郁燕东,吉训生,等. 锅炉水总碱度在线检测系统设计 [J]. 自动化仪表,2013,34(8):50-52.

[3] 韩翠娥,刘东升,米双山,等. 基于 LabVIEW 的某型液压系统在线检测仪设计 [J]. 液压与气动,2012(10):26-29.

[4] 张贤明,潘诗浪,陈 彬,等. 驻波场中油包水型乳化液分散相液滴运动 LabVIEW 仿真分析 [J]. 流体机械,2011,39(1):25-28.

[5] ANJOS J M S, CORACINI G K. A proposal and verification of a software architecture based on LabVIEW for a multifunctional robotic end-effector [J]. **Advances in Engineering Software**, 2013,55(1):32-44.

[6] WANG Zhong-yuan, SHANG Yong-heng, LIU Jia-rui. A LabVIEW based automatic test system for sieving chips [J].

Measurement, 2013,46(1):402-410.

[7] 武 政,严学文. 基于 LabVIEW 和 DSP 的容型设备介损在线检测 [J]. 现代电子技术,2011,34(18):154-157.

[8] 张 涛,陈於学,杨曙年. 基于 LabVIEW 的半轴齿轮径向及端面跳动在线测量系统 [J]. 机电一体化,2012,18(11):44-48.

[9] 李晓亚. 基于 LabVIEW 和 CRIO 技术的液压 AQC 伺服缸的加载动态性能测试台 [J]. 液压气动与密封,2012(5):77-79.

[10] 曾 睿,陈於学,杨曙年. 圆锥滚子轴承实际宽度高速在线检测仪 [J]. 自动化与仪表,2013,28(7):14-17.

[11] 刘世杰,王雅萍,朱自成,等. 基于 LabVIEW 平台的数据采集与处理系统 [J]. 煤矿机械,2010,31(1):155-157.

[12] 张 宇,黄伟志,郝 岩. 基于 LabVIEW 的多功能数据采集系统的设计与实现 [J]. 自动化仪表,2013,34(8):24-26.

[13] 陈 雷,王忠东,陈 爽. 基于 LabVIEW 的机床振动信号数据库访问技术的研究 [J]. 组合机床与自动化加工技术,2013(7):92-94.

[14] 李文斌,张建宇. LabVIEW 和 Matlab 混合编成在齿轮箱故障诊断系统中的应用 [J]. 机械设计与制造,2011(4):71-73.

[编辑:李 辉]