

文章编号:1007-2780(2009)03-0413-06

ANDON 系统显示调度软件及 SoC 控制方案

邓春健¹, 石建国¹, 李文生¹, 罗仁泽¹, 刘丽伟²

(1. 电子科技大学 中山学院, 广东 中山 528402, E-mail:dcj5880870@126.com;

2. 长春工业大学 计算机科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 围绕 ANDON 系统的显示调度软件、显示数据网络传输协议、嵌入式以太网网络构建等几个组成部分展开论述。提出显示模板映射方法, 实现显示信息的格式、布局、内容可再编辑功能, 从而为提高显示调度软件的兼容性、适应性提供解决办法; 提出基于 SoC 显示控制方案, 从而实现显示控制系统高效率的开发; 同时设计基于 100M 网的嵌入式以太网通信接口及显示数据传输协议, 实现显示信息更有效的传达。

关 键 词: ANDON 系统; 显示调度软件; 可编程的片上系统; 通信协议

中图分类号: TP391.72 **文献标识码:** A

1 引 言

ANDON 系统最早起源于日本丰田汽车公司, 是专门为汽车生产、装配线设计的信息管理和控制系统。采用 ANDON 系统后, 一旦发现与产品制造、质量相关的需要或问题, 可以通过拉下绳索或按下按钮等方式收集生产线上有关设备和质量管理的信息, 同时触发声音播放设备和显示设备, 将呼叫信息发布出去, 通知相关的质量、物料、维修等部门前去处理问题。实践证明 ANDON 系统对提高生产线的产量和质量有着很大的帮助, 目前已经成为汽车生产厂、大型装配线中不可缺少的一部分^[1]。

声光设备和 ANDON 显示设备是 ANDON 系统主要的信息传达手段。通过 ANDON 显示设备, 现场管理人员和生产人员在无法目视到计算机屏幕的情况下, 可以实时观察到车间当前的生产流程和设备状况, 方便地了解到自己下一步的工作信息。ANDON 显示设备一般采用 ANDON 显示看板或 LED 大屏幕显示器, 通常 ANDON 显示看板、大屏幕显示器显示控制软件、显示模式在交付使用前即确定下来, 如果需要改动显示模式或内容, 就需要重新喷绘面板和修改显示控制程序。而生产活动并不是一成不变的, 如

果最初设计的兼容性、适应力较差, 则意味着重新开发。因此, 提高 ANDON 显示系统适应性设计是本文重点解决的问题。

ANDON 系统一般采用现场控制总线和工业以太网两层总线。现场控制总线用以与控制级网络现场设备、生产线控制器等相连, 实现现场生产信息的采集和控制; 以太网实现操作级网络设备的主监控计算机、以及车间内各部门数据共享以及信息处理^[1,2]。因为显示设备直接与操作级网络设备信息交换, 为更有效的达到信息传达目的, 实现显示设备与以太网总线互联以及显示设备的控制方案是本文另一个着重解决的问题。

本文围绕 ANDON 系统显示调度软件、显示数据网络传输协议、显示控制方法和嵌入式以太网网络构建等几个组成部分展开论述。为提高 ANDON 显示系统的适应性, 提出在不修改程序的前提下为软件用户提供可再编辑显示格式、布局以及内容的可配置显示接口, 同时为实现操作级网络数据传输以及显示设备控制系统高效率的开发提出了基于 SoC 显示控制方案、100M 网通信接口和基于以太网络的显示传输通信协议。

2 ANDON 系统及显示调度软件

为便于日后系统升级、改造, 在设计显示系统

收稿日期: 2009-01-20; 修订日期: 2009-02-16

基金项目: 广东省自然科学基金(No. 8452840301001693)项目资助; 广东省科技计划项目(No. 2007B010200032); 中山市科技计划项目(No. 20073A162); 电子科技大学中山学院科研启动基金(No. 2007YKQ14)

时,建议不同显示功能类别采用不同的 ANDON 显示设备。显示格式不再变换的采用显示看板,承载信息量大、显示格式可能变换的采用 LED 大屏幕显示器。图 1 是某装配车间结构示意图,车间由生产线、车间调度室、物料部门、维修部门等几个部门构成。根据生产需要,在车间显眼位置配备了主显示屏,装配线配备了生产计划看板,在物料部门配备了物料信息屏,在维修部门配备了维修信息屏。

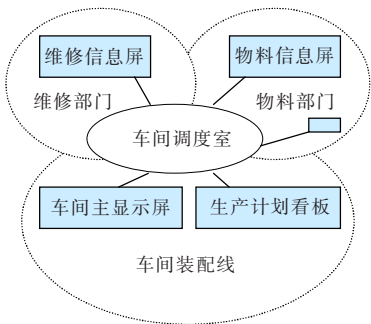


图 1 某装配车间结构示意图
Fig.1 Sketch map of a fitting shop

ANDON 系统具有实时监控和信息管理两部分系统功能,一方面实现生产线数据的采集与监控,另一方面对采集数据加工处理,然后通过显示设备把结果反馈到相关部门以及生产现场。现以物料信息屏为例对 ANDON 系统的运作过程加以说明。当某生产工位缺少物料时,工作人员可以通过安装在该工位的物料呼叫请求按钮通知 ANDON 系统,以此实现物料信息的采集,同时 ANDON 系统将加工编辑后的物料呼叫信息通过物料信息屏反馈到相关部门。在物料种类较多的工位,一般通过物料呼叫触摸屏,根据工位和车型的不同,在每个物料呼叫触摸屏上可以设置多个物料呼叫画面,在每个画面上还可设置多个物料触发按钮进行物料触发^[1-4]。

ANDON 系统是分布式集散控制系统结构,通过统一的生产信息数据库实现对生产在线信息统一记录、统一管理,同时 ANDON 显示控制系统借助生产信息数据库将在线生产信息反应给相关部门,因此生产信息数据库是实现监控系统和管理系统信息交互、信息反馈的接口,以此为生产管理人员和生产人员提供信息服务及决策支持。

2.1 生产信息数据库

ANDON 系统对生产现场物料状态、质量状

况、产量状况、设备状况等生产状态集中管理,通过实时生产信息数据库,把现场状况在显示设备上动态反映出来,从而做到现场设备与车间人员的第一时间信息交互,同时建立历史日志,将当前现场信息以及处理结果入库,作为日后的统计、查询。

在设计数据库时采用专门的数据库服务器,根据实时生产信息职责可以把实时生产信息数据库规划为当前产量计划信息表和当前物料信息表和当前故障信息表等几个数据库表,数据库表功能如下:

当前产量计划信息表:用来记录当前时间下实际完成的产量、预计产量、生产效率等信息;

当前物料信息表:记录每一次物料请求发生的时间、地点以及对物料请求的响应情况,并对此进行分析;

当前故障信息表:用来记录当前故障发生时间、设备名称、故障原因、故障描述、故障发生地点等故障信息。

生产信息历史数据库主要包括历史产量信息、历史物料信息、历史故障信息等现场环境信息,是对实时生产信息数据库的历史备份。

2.2 ANDON 系统显示调度软件

ANDON 系统显示调度软件通过访问生产信息数据库,决策当前显示信息发布的内容和发布目的地,并完成对显示程序的调度,把现场生产数据在显示设备上动态反映出来。ANDON 系统显示调度软件包括生产信息决策、显示图像的编辑和生成、显示数据的发送几个部分。

在生产过程中 ANDON 系统根据在线生产情况自动发布生产信息。为确保现场需求信息及时发布到相关部门,程序以 5 s 的周期定时查询数据库,从生产信息数据库读取相应内容来显示。ANDON 系统信息发布对象包括物料屏、维修屏、主显示屏,各显示屏显示内容、显示布局都不一致,而显示内容、显示布局在生产活动中存在变换的可能,因此需要显示调度软件具有一定的兼容性和适应性。另外生产现场数据库内容是动态变化的,在要求发布内容或记录较多的场合,如物料信息,当生产线有物料需求的时候要求物料屏显示该记录的呼叫时间、要货点、货品号、货品名等物料需求信息,由程控自动完成对图片的编辑和不同行文字的排版,存在一定的技术难度。因为

上述显示设备显示模式只与控制软件有关,为解决如上问题,下面来寻找显示信息编辑、发布的解决途径,以提高显示调度软件的适应性和扩展能力。

一幅生产信息显示图像可以看作是多条显示文字等信息单元拼接构成,显示信息单元可能是固定的描述信息,也可能是来自生产信息数据库动态变化的信息。以物料信息屏为例说明如下:

图 2 所示为一幅物料信息屏显示图像,“发布时间”、“顺序号”等显示单元为固定描述信息”;“08-12-18 13:50”、“A-106 工位”等显示单元为从数据库读取的动态变化信息。当发布下一幅物料需求图像时,显示图像改变的是动态变化信息的显示内容。

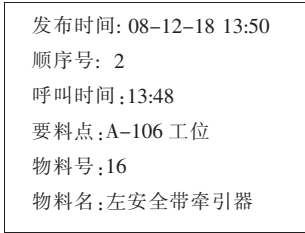


图 2 显示图像实例

Fig. 2 Example of display image

软件实现上,只要提供所有显示信息单元在图像中的显示内容、具体位置、具体属性,即显示模板,就可以通过程序控制按显示模板把各显示单元合成到显示图像中。在不同的物料需求显示图像中,动态变化信息内容是不断变化的,但该图像中的位置、文字显示属性却没有变化,那么显示模板的动态变化信息则用特殊的标识来代替,如表 1 所示,以{*n*},[*n*],*n*= (0,1,2…)作为表示一定意义的识别符号,如{1}表示年;{2}表示月;{3}表示日;[*n*]表示数据库里的记录。

表 1 标识映射符

Table 1 Identification mapping symbol

<i>n</i>	{ <i>n</i> }	[<i>n</i>]
1	顺序号	数据库记录 1
2	当前日期	数据库记录 2
3	当前时间	数据库记录 3
4	星期	数据库记录 4
⋮	⋮	⋮
<i>N</i>	保留	数据库记录 <i>N</i>

显示模板的编辑界面就是用来获得显示模板的模块。图 3 所示为显示模板编辑的实例,用户首先在模板编辑界面上排版、编辑描述信息和代表动态变化信息的标识符,并调整显示信息单元的位置、属性,调整满意后用配置文件如 INI 配置文件保存显示模板,即将编辑界面上每条显示单元的位置和文字属性记录存储。

在物料信息屏工作时,当 ANDON 系统显示调度软件检测到有物料需求信息后,程序将显示模板所有显示单元信息读出,并按照该显示单元对应的位置、文字属性写入空白图片。若读出的显示单元是识别符号,则把数据库里对应项填写到识别符号位置,从而合成一幅显示图像。如图 3 所示模板,在标识映射符位置填写对应的信息即可形成图 2 的显示图像。如果需要改变显示内容和显示布局,只需要重新编辑显示模板即可。

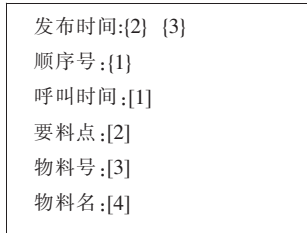


图 3 显示模板编辑实例

Fig. 3 Display template editing example

可以看出显示模板映射方法,ANDON 系统显示调度软件的显示内容与数据库的具体字段名称无关,只与该字段的索引号相关,显示屏发布的记录与数据库字段的索引号相对应,并且软件通过显示模板自动对显示信息显示布局进行编排。因为允许软件使用者对显示内容、布局进行再编辑,对显示控制软件来说,具有极大的灵活性和生命力。

显示图片按照显示模板映射方法合成,获得显示屏显示所需的点阵显示信息常用的方法是借助文字、图像在位图上的点阵信息来提取图模、字模。参考文献[5]给出了两种文字、图像位图化方法:显示图片拷屏法和显示图片文字图标幕后植入法。其中显示图片文字图标幕后植入法是通过预先生成空白 BMP 图片文件,然后在图片里设定的位置写入文字、植入图标。图片的生成可以完全“幕后操作”,显示图片文字图标幕后植入法为显示图片自动化生成提供了一套切实可行的方法。

3 基于 SoC 显示控制方案及以太网通信接口设计

LED 大屏幕显示控制方案一般采用 MCU+ FPGA 的硬件结构,另外由于 ANDON 显示设备是直接 与操作级网络相连,显示设备通过工业以太网网络与操作级系统交互将降低 ANDON 系统网络的复杂度。SoC 是随着半导体产业发展兴起的一种新技术,开发者在设计时可以通过使用 IP 核技术完成 LED 显示控制器系统硬件的设计,SoC 设计技术不仅给开发带来极大的方便,而且大幅缩短了开发周期,SoC 技术应用到 LED 显示控制领域也成为了一种趋势。SOPC 是 Altera 率先提出的一种灵活、高效的 SoC 解决方案,它将处理器、存储器、I/O 口等系统设计需要的功能模块集成到一个可编程器件上,构成一个可编程的片上系统。开发时利用 SOPC Builder 对 NiosII 及其外围系统进行构建,可以方便地集成包括 UART、SPI、Ethernet、SDRAM、Flash、DMA 等控制器的 IP 核,使该嵌入式系统在硬件结构、功能特点、资源使用等方面全面满足 LED 显示控制器系统在设计上的需求^[5]。

3.1 显示控制方案

图 4 为显示控制方案包括 SoC 内部配置情况、外围设备的连接情况,用到了 NiosII 核、Flash 接口、SDRAM 接口等 IP 模块。其中 NiosII 核是整个系统运行控制的核心,NiosII 核以及所有外设的接口通过 Avalon 总线连接;Flash 接口提供对外设 Flash 的时序控制接口;SDRAM 接口提供外设 SDRAM 的时序控制接口;LED 显示控制器为自行设计 IP 模块,工作时利用 DMA 控制器

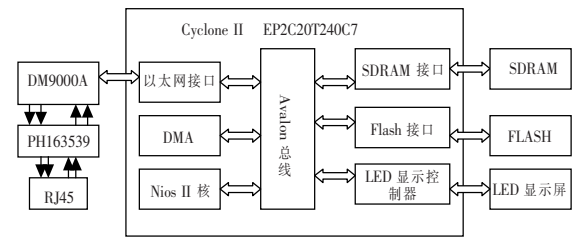


图 4 显示控制硬件结构

Fig. 4 Hardware structure of display control scheme

在 LED 显示控制器和显示存储器 SDRAM 之间的 DMA 传输通道,通过 DMA 控制器自动读取显示数据,同时按 LED 显示屏硬件结构输出显示时序、图像帧。通信模块采用 DAVICOM 半导体公司生产的 10/100M 高速以太网控制器 DM9000A,ALTER 公司没有提供相应的 IP 核,因此通过自定义的以太网接口来实现对 DM9000A 的控制。

3.2 显示信息传输网络硬件接口

DM9000A 负责 NiosII 核和 PC 机之间的传话作用,程序按网络协议格式解析和填充数据即可实现显示调度程序端、显示屏之间的信息传输。图 5 为网络硬件接口原理图,DM9000A 支持 8/16 位数据模式,EECS 引脚用来决定 DM9000A 内存访问总线数据宽度为 16 位还是 8 位操作模式,当 EECS 接地时表示 16 位操作模式,这样 NiosII 核通过数据端口按 16 位方式实现与 DM9000A 的数据交换。当检测到接收数据等网络事件,DM9000A 可以产生中断请求。图 5 中 EECK 接地时表示中断引脚 INT 是低电平有效。

Avalon 总线为了方便外设的设计,地址、数据和控制信号使用分离的、专用的端口。外设不

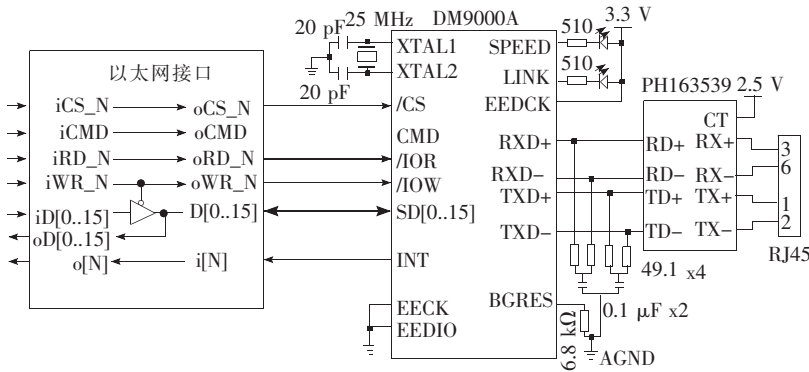


图 5 网络硬件接口原理图

Fig. 5 Schematic diagram of network hardware interface

需要识别地址总线周期和数据总线周期,也不需要未被选中时使输出无效。分离的地址、数据和控制通道还简化了与片上用户自定义逻辑的连接。因此根据针对与处理器有关的管脚(SD[0..15]、CMD、INT、/IOR、/IOW、/CS)设计以太网接口模块,信号端口映射及逻辑关系如图 5 所示,NiosII 核通过以太网接口实现对 DM9000A 的控制。

DM9000A 主机接口提供了两个寻址端口,一种是索引(INDEX)端口,设地址分配为 DM9000A_index。另一种是数据端口(DATA),设地址分配为 DM9000A_data,通过这两个端口 NiosII 核才能实现对 DM9000A 的读写控制。当 CMD 接高电平时表示选择数据端口,为低表示选择索引端口。如果要对某个寄存器进行读写操作,首先通过索引端口写入该寄存器索引值,然后在数据端口读出或写入欲设置值。读索引号为 index 的寄存器的方法为:

```
unsigned short ior( unsigned short index)
{
    DM9000A_index= index;
    return DM9000A_data;
}
```

向索引号为 index 的寄存器写值为 value 的方法为:

```
void iow( unsigned short index, unsigned short value)
{
    DM9000A_index= index;
    DM9000A_data=value;
}
```

4 ANDON 系统显示数据传输协议

参考文献[6]给出了获得显示数据的图片点阵化方法。ANDON 系统显示调度软件通过局域

网将显示数据传输到 ANDON 显示设备需要遵循一定的网络通信协议,由于 UDP 协议实现代码量少,对系统资源占用较少,非常适合嵌入式系统相关的应用,所以在 UDP 协议之上,定义了兼容 TFTP 的显示数据传输协议(DDTP)。

图 6 是 DDTP 协议数据包结构。通信时显示屏控制端显示调度软件以图 6(a)数据格式发起请求,ANDON 显示设备程序总以图 6(c)数据格式应答,发送方和接收方通过操作码识别操作或命令的类型。数据传输以请求读写文件开始,当对方(显示屏)同意接收请求,则以图 6(b)数据格式正式开始传输数据。数据每次以 512 byte 的固定长度传送,每个数据包包含了一个用来识别数据块标识的块号,在发送下一个数据包前,数据块必须得到确认响应包的确认。如果接收到少于 512 byte 的数据包则说明这是最后一个数据包,传输数据完毕。如果数据包在网络中丢失或发生错误,超过 50 ms 未收到正确应答则重发,重发 5 次仍错误则报警。DDTP 协议通过启动错误重发机制、数据块号标识因此纠正了 UDP 通信存在报文的丢失、重复、乱序等现象,确保数据完整正确地传输。

与 TFTP 的不同在于图 6(a)数据格式“文件名”处,DDTP 协议给予了新的涵义,表示当前传输数据类型,格式为“标志+数据类型符”,当数据类型符为 48 时表示当前请求发送控制信息;为 49 时表示随后传输的数据包为红色显示数据;为 50 时表示随后传输的数据包为绿色显示数据。

操作码值:1 读请求;2 写请求;3 数据传输;4 数据传输应答;5 错误指示;

数据类型符:48 控制信息;49 红色显示数据;50 绿色显示数据。

由协议可知,图像信息传输控制协议兼容了 TFTP 协议,这样计算机显示信息传输端实现显

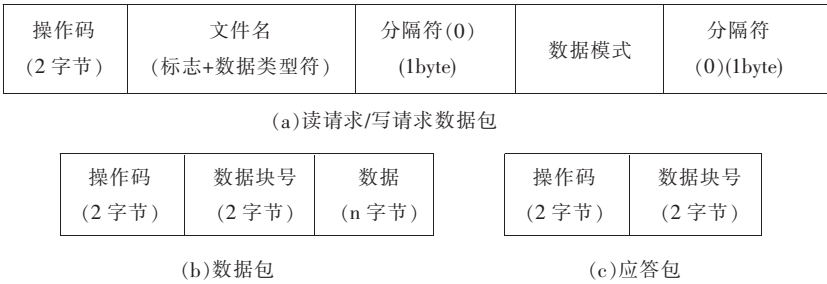


图 6 DDTP 数据包结构

Fig. 6 Structure of DDTP data packet

示数据的传输有两种方法,一种是 UDP 协议上根据 DDTP 协议实现程序;另一种是不需要编写程序,而是直接调用计算机操作系统现有的 TFTP 程序来实现显示信息的传输,这种方法提供了一种依靠操作系统程序即可完成数据传输、测试的方法^[7]。

5 结 论

ANDON 系统是一个复杂的系统工程,系统

建设往往需要多方面的参与和协作,随着 ANDON 系统的研究、推广和应用,其内容日趋完善和丰富。本文分析了 ANDON 系统的应用背景,从显示调度软件、显示数据网络传输协议、显示控制方法、嵌入式以太网路构建等几个部分展开论述,形成了一套完整的显示系统方案,提出了许多有参考意义的设计。本系统已在某大型总装车间成功使用运行,实践证明,该系统具有较好的适应性和可扩展能力。

参 考 文 献:

[1] 混流轿车总装配线上物料配送的研究与实践 [J]. 计算机集成制造系统,2006,12(2):285-291.
 [2] 王力生,梅岩,曹南洋. 用于优化生产线及装配线的 Andon 系统 [J]. 机电工程,2007,5(24):31-34.
 [3] 程义,王继华. 提高效率和管理水平的物料自动化信息系统 [J]. 汽车制造业,2004,(8):16-19.
 [4] 赵春海. 一汽大众总装车间实时监控系统 [J]. 现代制造,2005, 24:92-95.
 [5] 田秀伟,郑喜凤,丁铁夫. 基于 SOPC 的 LED 显示屏控制器设计 [J]. 液晶与显示,2007,22(6):738-740.
 [6] 郑喜凤,邓春健,冯永茂. 一种实现 LED 显示屏显示信息的方法 [J]. 液晶与显示,2007,22(3):331-334.
 [7] 邓春健,李文生,黄杰勇,等. 嵌入式以太网接口及精简网络协议的非常实现[J]. 通信技术,2009,(1):149-151.

Display Scheduling Program and SoC Control Scheme of ANDON System

DENG Chun-jian¹, SHI Jian-guo¹, LI Wen-sheng¹, LUO Ren-ze¹, LIU Li-wei²

(1. Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China, Zhongshan 528402, China, E-mail: dcj5880870@126.com;

2. Department of Computer Science and Engineering, Changchun Industrial University, Changchun 130012, China)

Abstract

Constituent parts of ANDON system, display scheduling software, communication protocol, the construction of embed ethernet network interface are illuminated. Display template mapping method, which can realize re-edit of content, format or layout of display information, is presented to give solution to promote compatibility and adaptability of the display scheduling software. SoC-based display control scheme is presented, which gives high efficiency development to the design. And,100M embed ethernet network interface and display data transport protocol are designed, which realize more effective transportation of display information.

Key words: ANDON system; display scheduling software; SOPC; communication protocol

作者简介:邓春健(1980—),男,广东乐昌人,博士,研究方向为信息显示技术、嵌入式操作系统的应用。