

# 基于现场总线的 RFID 生产线集成控制系统

田景贺<sup>1,2</sup>, 范玉顺<sup>3</sup>, 朱云龙<sup>1</sup>

(1. 中国科学院沈阳自动化研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 清华大学自动化系, 北京 100084)

**摘要:** 提出基于现场总线的无线射频识别技术(RFID)与生产线控制系统的集成架构, 分析了该架构中 RFID 数据采集单元的功能组成, 开发了具有 CAN 总线接口的 RFID 数据采集单元, 建立了一个基于 CAN 总线的 RFID 生产线集成控制实验系统。与现有的 RFID 在生产线上的应用相比, 该系统结构简单, RFID 标签所承载的信息更加丰富, 信息交互更为直接、快捷, 具有更高的可靠性和实时性。

**关键词:** 无线射频识别技术; 现场总线; 集成控制; 标签

## RFID Integrated Production Line Control System Based on Field-bus

TIAN Jing-he<sup>1,2</sup>, FAN Yu-shun<sup>3</sup>, ZHU Yun-long<sup>1</sup>

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039; 3. Dept. of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084)

**【Abstract】**This paper presents a field-bus based architecture of RFID integration with production line control system, and analyzes functions of the RFID acquisition processor in the architecture. Then a RFID acquisition processor with CAN(Control Area Network) interface is developed. After that, a production line control system which integrates RFID by CAN bus is built. Compared with traditional RFID applications in production line control, the system architecture is simpler, the information carried on tag is more abundant, and the data exchange is more direct and quicker. The experimental results show that the RFID integrated production line control system based on field-bus possesses high reliability and good real-time performance.

**【Key words】** RFID; field-bus; integrated control; tag

近年来, 随着无线射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)的逐渐成熟, RFID在工业控制领域的应用正在成为研究热点。如国外的Ford, Toyota, Seagate等公司采用RFID技术进行产品生产过程的跟踪与监控、国内的Dell厦门组装厂、联合利华等企业已经采用了RFID技术进行生产线物料跟踪<sup>[1]</sup>。这些应用尽管提高了产品生产加工过程的监控水平, 但也存在着局限性。现场总线是以具备数字计算与数字通信能力的现场设备作为网络节点, 以总线作为节点间实现数字通信的纽带, 构成的数字式、双向传输、全分散、多分支结构的控制网络<sup>[2]</sup>。本文针对现场总线的特点以及现有的RFID与工业控制集成应用中存在的问题, 提出了一种基于现场总线的RFID与自动化生产线控制系统的集成架构, 分析了该架构下的RFID数据采集单元的功能结构, 在此基础上设计开发了具有CAN总线接口的RFID数据采集单元, 最后建立了一个基于CAN总线的RFID生产线控制的模拟实验系统。

### 1 基于现场总线的 RFID 与控制系统的集成

在现有工业控制领域的RFID应用中, RFID标签大多只保存产品ID数据, RFID系统与工业控制系统在数据与功能集成方面要在后台数据库系统及软件中实现, 数据的传递、查询环节多, 影响整个控制系统的实时性能<sup>[3-4]</sup>。

#### 1.1 基于现场总线的 RFID 集成控制体系结构

本文提出基于现场总线的 RFID 与生产线控制系统集成架构, 如图 1 所示。其中 RFID 数据采集单元具有现场总线接口, 它与其他仪表及控制器(现场总线设备)等一起组成现场总线网络, 工作于现场设备层, 采集工件或零件所携带的标签信息, 通过现场总线网络为控制系统的控制器或执行器

提供 RFID 数据报文, 为控制器和执行器提供数据支持, 同时当某一道工序加工完成后, 控制器或执行器可通过现场总线网络传递工序完成信息, 以便 RFID 单元向标签内写入状态更新数据。

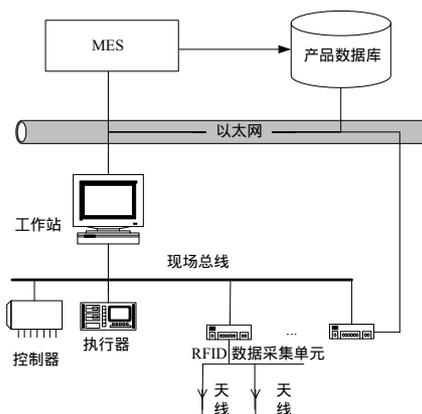


图1 基于现场总线的 RFID 与控制系统集成架构

在此集成架构下, RFID 数据采集单元采集到的标签数据经过相应的数据处理与格式转换后可以直接为控制系统所用, 并且工件加工状态的更新(标签数据的更新)也可在工序

**基金项目:** 国家科技重大支撑计划基金资助项目(2006BAH02A09)

**作者简介:** 田景贺(1979 -), 男, 博士研究生, 主研方向: RFID 技术及应用; 范玉顺, 教授、博士生导师; 朱云龙, 研究员、博士生导师

**收稿日期:** 2007-08-05 **E-mail:** tianjinghe@ms.sia.ac.cn

本地进行。与现有的 RFID 在工业控制中的集成应用方式相比具有明显的优点：(1)网络结构简化了，充分利用了 RFID 标签的存储能力，状态数据在工序本地更新，只有最后一道工序的 RFID 数据采集单元连接到网络中，向上层系统传送产品工序加工的历史记录；(2)具有现场总线接口的 RFID 数据采集单元具有跟其他现场设备一样的组网和组态能力，这样 RFID 系统与控制系统可以按照预制的用户控制协议，通过现场总线网络来直接进行信息交互，避免现有应用中频繁的网络传输以及数据库操作，从而可以提高整个集成应用系统的实时性和可靠性。

### 1.2 RFID 数据采集单元的功能结构

RFID 数据采集单元是基于现场总线的 RFID 与控制系统中的关键设备。在本文提出的集成框架中，RFID 数据采集单元不仅能可靠识读标签数据，还要能够对采集到的标签数据进行解析与语义表达，并按照一定的协议通过现场总线网络实现与控制系统的信息交互。为此，建立 RFID 数据采集单元的功能结构如图 2 所示，主要由采集与控制模块、嵌入式数据处理模块及现场总线接口模块组成。

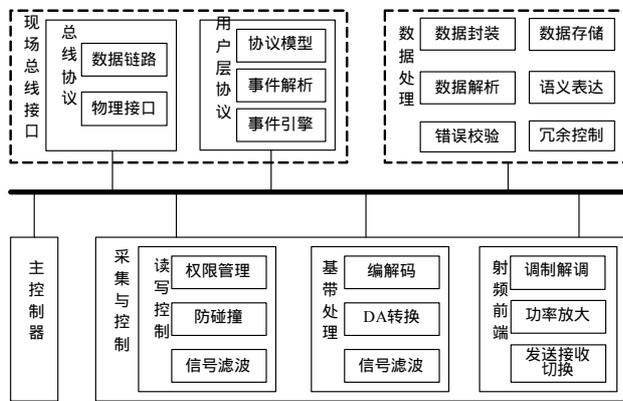


图 2 RFID 控制单元的功能结构

#### 1.2.1 采集与控制模块

该模块主要包括射频前端子模块、基带信号处理子模块、读写控制子模块。射频前端主要负责与标签建立空中通信接口的连接；基带信号处理模块主要实现基带信号的编码解码、信号滤波和 DA 转换功能；读写控制模块主要生成与标签通信过程中的控制指令，用以实现基本的读写动作，防碰撞识别算法以及读写权限管理。

#### 1.2.2 嵌入式数据处理模块

该模块主要负责标准数据的智能识别与解析，并对其进行语义表达。同时对采集的标签数据进行校验，提供对 RFID 数据冗余采集的辨别与控制，提高 RFID 数据采集系统的效率和精度，减小后续的数据传输负载。对经过协议解析及冗余处理后的标签数据进行用户协议封装，将 RFID 数据打包成可在现场总线网络上传输的数据报文，该报文可以被同一现场总线网络上的其他控制器或仪表依据用户控制协议在语义上进行识别。

#### 1.2.3 现场总线接口模块

该模块由总线协议接口和用户控制层协议包组成。总线协议接口部分包括总线通信物理层协议和链路层协议。物理层主要定义信号的编码与传送方式、硬件接口电气特性、信号传输速率。链路层协议主要负责对传输介质传送的信号进行发送和接收控制。用户控制层协议是使基于现场总线的 RFID 集成控制系统开放与可互操作性的关键。用户控制层协

议通过软件编程实现，定义了向 RFID 控制单元读写信息以及向现场总线网络中其他控制设备或仪表分派所读取的 RFID 标签数据的方法，即提供用户组态应用的标准的功能程序实现。

## 2 具有 CAN 接口的 RFID 数据采集单元设计实现

根据前述的 RFID 数据采集单元的功能结构，开发了具有 CAN 总线接口的 RFID 数据采集单元，该单元可读写符合 EPC Class-1 Gen-2 标准的标签。下面介绍 RFID 数据采集单元的设计实现。

### 2.1 采集与控制电路

图 3 为 RFID 控制单元的硬件结构框图。主控制器选择 ATMEL 公司的高性能、低功耗的 AVR 8 位微处理器 ATmega128，数据吞吐率高达 1 MIPS/MHz。具有 128 KB 的系统内可编程 Flash，4 KB 的内部 SRAM，具有独立片内振荡器的可编程看门狗定时器，两个串行 USART。采用 XILINX 的 CPLD 芯片 XCV9536 用于外围接口扩展、基带信号的编/解码以及 CRC 校验的硬件实现。

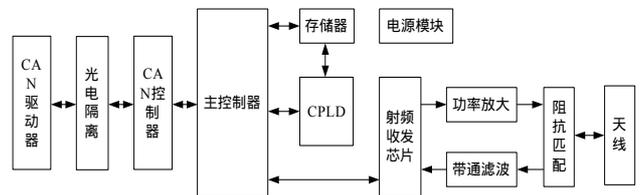


图 3 具有 CAN 接口的 RFID 数据采集单元硬件框图

射频电路主要采用 Analog Devices 公司的 ADF7020 收发器芯片提供基本的射频功能，它是一种低功耗的 IFISM 频段收发器，可以工作在 433 MHz、868 MHz 和 915 MHz(本设计中采用 915 MHz)，2.3 V ~ 3.6 V 供电，其他特性包括 VCO，分数 NPLL，数字接收信号强度指示(RSSI)。ADF7020 芯片自带 SDATA、DATA I/O 两个串行接口实现数据收发功能，能够与多种单片机直接连接。ATmega128 和 ADF7020 收发器芯片之间通过串行通信口相连。当 RFID 数据采集单元向标签发射信号时，由 RF2162 芯片组成功率放大电路，对 ADF7020 的射频信号的放大，接收信号时由陶瓷滤波器组成带通滤波电路对接收到的标签射频信号进行滤波处理后给 ADF7020。

### 2.2 防碰撞识别

多标签识读防碰撞算法采用 EPC Class-1 Gen-2 标准中的防冲突算法<sup>[5]</sup>，如图 4 所示。

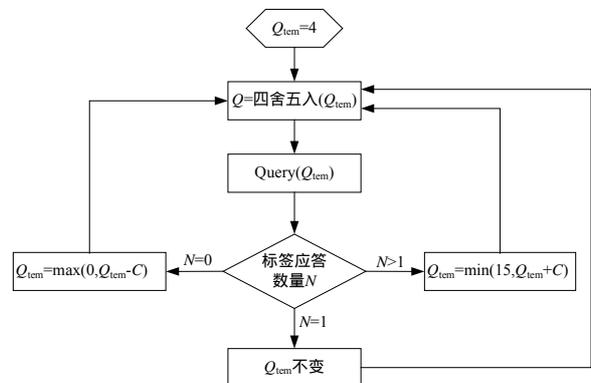


图 4 防冲突识别过程中的 Q 值选择

其算法的实现与标签的 ID 无关。当读写器要对标签进行读写操作时，先向标签发送 Query 命令，在此命令中包含一

个参数  $Q$  ( $Q$  为 0~15 之间的整数), 当处于读写区域中的所有标签收到此命令后便会产生  $0 \sim 2^Q - 1$  之间的随机数并存入各自槽计数器中。若某标签中的槽计数器值为 0, 则该标签发送数据给读写器; 若没有标签响应, 则发送命令改变  $Q$  值或使槽计数器中的值进行减 1 操作; 若有两个或两个以上的标签中的槽计数器值同时为 0, 这时便产生了多标签读取冲突, 这时读写器发送命令改变  $Q$  值, 使得它们的槽计数器中的值不同时为 0, 从而解决多标签应答冲突问题。

### 2.3 数据处理模块

数据采集单元读取到标签数据后, 要对读取的数据进行 CRC 校验, 然后对读取到的标签数据(ID 和 UD)进行解析后按照既定的用户控制协议进行标签数据的语义表达, 最后进行 CAN 通信报文封装提供给 CAN 接口发送到 CAN 网络中。电子标签数据的 CRC 校验主要是基于 CRC-5 和 CRC-16, 采用 CPLD 硬件并行方式实现, 上述 CRC5 和 CRC16 这些 CRC 的产生和检查都是通过 CPLD 硬件按并行方式进行计算的, 每次处理的数据并行输入的位数按字节(8 位)进行。

### 2.4 CAN 接口

RFID 数据采集单元采用现场总线 CAN 进行通信。控制器局域网 CAN 作为现场总线的一种, 以其时分多主、非破坏性总线仲裁和自动检错重发等灵活、可靠的通信技术及低廉的价格, 已成为国际上公认的最有发展前途的几种现场总线之一。RFID 数据采集单元的 CAN 接口电路主要由 SJA1000 控制器芯片和收发器芯片 82C250 构成。光电隔离电路采用两片光电隔离器件 6N137, 其开 10M 的开关速率完全能满足 CAN 通信速度要求, 6N137 双侧电源的供给采用 DC-DC 电源隔离器件 B0505S-1W, 隔离效果达到 1 500 V。此外, CAN 总线两端使用 120  $\Omega$  终端匹配电阻, 该电阻用于吸收端点反射, 提供稳定的物理链路。

## 3 基于 CAN 总线的 RFID 生产线集成控制系统

基于开发的具有 CAN 接口的 RFID 数据采集单元, 建立了生产装配流水线 RFID 集成控制实验系统。该系统由马达控制器、传送带、RFID 数据采集单元、各工位智能设备(由触摸屏模拟)组成。

### 3.1 系统配置

RFID 标签选用飞利浦公司的 UCODE EPCG2 SL3 IC, 它包含 96 位的 EPC 代码, 128 位的用户可编程存储空间标签。在应用中, 标签的 EPC 代码段用作工件身份的唯一标识, 用户存储空间按用途划分为两部分, 一部分用于标识工件的属性, 另一部分用于记录对应于该工件的工序信息。用户存储空间(UD)的具体分配如表 1 所示。

表 1 标签 UD 码段分配

用途	型号	流水号	工序序列	工序状态	工序质量	保留
码段	0~7	8~17	18~47	48~77	78~107	108~127

CAN 网络中所有的 CAN 节点都工作在 PELICAN 模式, 系统中 CAN 总线上的数据采用标准帧, 以点对点方式进行数据传输。表 2 为系统中各个 CAN 节点的地址。

表 2 系统中 CAN 节点的地址

节点设备	工作站	控制器 1	控制器 2	控制器 3	RFID 采集单元
地址	0x0000	0x0020	0x0040	0x0060	0x0080

### 3.2 系统运行

通过 MCGS 组态软件将包括 RFID 采集单元在内的系统中各个设备组态成一个控制系统, 组态后的系统主监控界面如图 5 所示。



图 5 系统主监控画面

工作过程简述如下: 贴有标签的工件在传送带上移动到某个工位时, RFID 数据采集单元通过设置在工位上的天线读取标签的用户信息(UD), 并发送一个 CAN 报文到马达控制器使其停止传送带运动以便于各工位控制器对工件进行加工, 数据处理程序从 UD 中解析出工件的类别及型号以及工序队列码, 并封装成控制报文后通过 CAN 总线传至相工位的控制器, 控制器根据用户控制协议完成对工件的加工后, 通过 CAN 总线向 RFID 采集单元回传加工完成状态报文, RFID 单元向标签 UD 中相应的工序完成状态位写入“1”, 然后向马达控制器传递加工完成状态报文, 马达控制器在接收到所有工位都处于写入完成状态后, 重新启动马达使流水线继续运动, 当再有某个工件进入任何一个工位区域时, 就发生下一次 RFID 读取动作, 进入一个新的工序加工过程。当一个工件完成所有加工退出流水线后, 标签里就记录下了工件生产线上所有的加工工序信息。在整个装配过程中, 信息传递完全在车间控制层内部进行。

## 4 结束语

目前国内对 RFID 技术在工业控制领域的应用研究还处于起步阶段, RFID 的技术优势还没有得到完全发挥, 本文提出的基于现场总线的 RFID 生产线集成控制方法与现有的 RFID 生产线应用系统相比, 网络结构简化了, 标签所承载信息更加丰富, 信息交互更加直接、快捷, 可以实现 RFID 系统与自动化生产线控制系统的高效集成, 是一种较好的 RFID 生产线集成控制解决方案。

### 参考文献

- [1] 游战清, 刘克胜, 张义强, 等. 无线射频识别技术(RFID)规划与实施[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 阳宪惠. 现场总线技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] Michael R Liu, Q L Zhang, Lionel M Ni, et al. An RFID-based Distributed Control System for Mass Customization Manufacturing[C]//Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer, 2004: 1039-1049.
- [4] Vrba P, Macûrek F, Mařík V. Using Radio Frequency Identification in Agent-based Manufacturing Control Systems[C]//Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer, 2005: 176-187.