



基于通用处理器平台的国产 Profibus 主站发展及应用

丁茂实, 苟成全

(南京科远智慧科技集团股份有限公司, 江苏 南京 211102)

摘 要:随着现场总线技术的广泛应用,现场总线控制系统即 FCS(Field-bus Control System)发展迅速,但是其中 Profibus 主站大多采用进口模块,国产化率较低。科远智慧结合自身技术能力,基于通用处理器平台开发出国产 Profibus 主站模块。作为 NT6000-FCS 的重要组成部分,经过三代发展,可以通过 NT6000 系统软件进行配置组态,通过上位机 syncAMS 软件实时获取 Profibus 从站非周期数据,实现对从站设备的远程管理,实现了对进口产品的完全替代。多个现场总线项目的大规模应用及多年稳定运行表明,NT6000-FCS 通信系统性能优越,工作稳定,实现了从 DP 到 PA,从 DPV0 到 DPV1 的全覆盖,满足项目应用需求。

关键词:国产 Profibus 主站; DPV1; DTM; NT6000; FR 冗余; SR 冗余

中图分类号: TP391.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2021) 01-0116-05

DOI: 10.19899/j.cnki.42-1669/Z.2021.01.021

一、国产 Profibus 主站研究现状

目前国产 Profibus 主站实现方案主要分为四种^[1]

[2][4][5]:

方案 1. 购买国外成熟模块进行集成开发;

方案 2. 采用 ASIC 芯片进行开发;

方案 3. 采用 FPGA 配合 MCU;

方案 4. 基于通用处理器平台开发。

方案 1 技术成熟开发难度较低,开发周期短^[1],但是技术受限于人,产品成本较高。方案 2 通过专用 ASPC2 芯片实现 DP 协议数据链路层的介质访问控制功能^[5],由于技术封锁国内用户无法获得相应固件,开发难度大。

方案 3 和 4 开发难度及工作量都较大,需要开发者熟悉整个协议,对开发者不仅需要开发嵌入式

产品还需要开发上位机配置软件。优点是不受制于国外公司,可扩展性维护性好,成本低。

科远智慧在 2007 年曾经采用方案 1 进行开发工作,初期开发较为顺利,但是用国外的嵌入式模块和 NT6000 系统进行深度系统集成时遇到一系列问题,技术上受到较多限制,系统集成费用高昂。综合考虑各个方案的优缺点,最终采用方案 4 即: MCU+RTOS 系统为平台,利用嵌入式软件实现 Profibus 一类主站的功能。

二、基于通用处理器平台的 Profibus 主站发展历程

科远智慧从 2009 年初开始开发第一代方案的研究开发,2012 年初进行第二代方案的研究;2013 年

收稿日期:2020-07-30

作者简介:丁茂实(1983-),男,江苏扬州人,南京科远智慧科技集团股份有限公司工程师,研究方向:现场总线、嵌入式系统、工业通信;

苟成全(1980-),男,甘肃天水人,南京科远智慧科技集团股份有限公司工程师,研究方向:现场总线、嵌入式系统、测控系统。

进行第三代产品的开发研究工作。经过三代方案/两代产品(KM622S、KM632 系列、KM633 系列)的技术积累和项目应用, NT6000 系统 Profibus 产品技术成熟性能稳定。

(一)第一代方案基于 AT91RM9200+RTEMS

硬件方案采用 AT91RM9200+ISO1176 接口电路的方案(如图 1 所示)。

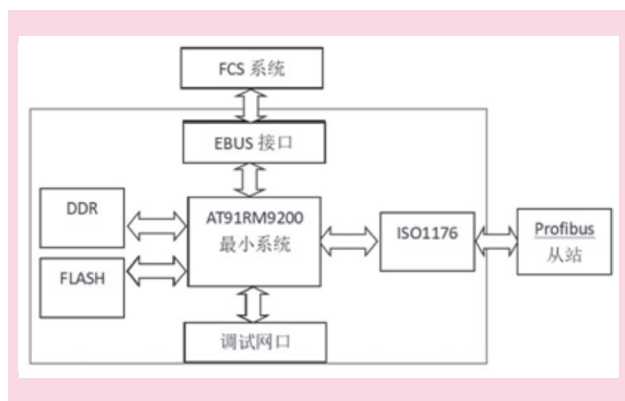


图 1 AT91RM9200 硬件示意图

在认真研读协议的基础上,利用 AT91RM9200 的高速 UART 和 DMA 实现了 Profibus FDL 层状态机。在此基础上实现 DDLM 层状态及和应用层状态机。如图 2 所示



图 2 Profibus 协议栈结构图

图 2 中 FDL 层实现硬件驱动及 FDL 层状态机; DDLM 层实现协议规定的 diag1、prm、cfg 等从站状态的轮转;调度层实现上层 offline、stop、clear、operate 等状态的转换^[3]。

NT6000 系统配置过程:上位机软件通过 CCM 软件实现了 GSD 文件的解析及从站组态。模块上电后处于 OFFLINE 状态自检完成后切换到 STOP 状态, FCS 系统检测到卡件上电后通过 ebus 接口发送配置报文给模块,收到第一个有效 IO 报文后模块进行相应的配置并切换到 operate 状态,然后 FCS 通过 EBUS 周期获取从站的状态及数据。

在此方案的基础上成功开发出了第一代 Profibus 主站产品 KM622S,该产品物理层为 DP,支持 Profibus DPV0 协议,最多支持 30 个从站,波特率范围 9.6kbps~3Mbps,支持设备冗余及飞跃型冗余(FR)。

(二)第二代方案基于 SAM3U4E+FREERTOS

方案一经过系统测试证明产品可靠,性能稳定。但是存在如下不足:

第一,如图 1 所示,硬件方案较为复杂,影响制造性及可靠性。

第二,软件较为庞大占用 RAM 较多,硬件资源上可以支持 125 个从站,但是实际项目中由于风险防范、传输距离、循环时间等方面的考虑,很少一条总线上连接如此多的设备。

第三,数据在 FDL 层及 DDLM 层之间多次拷贝影响系统效率。

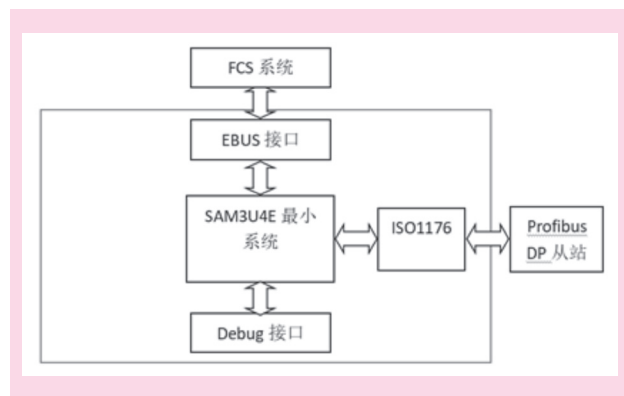


图 3 SAM3U4E 硬件示意图

针对方案一的缺点第二代方案做了如下优化:

第一,如图 3 所示硬件上采用 SAM3U4E 为核心的方案,删除了 DDR、FLASH、以太网等外设简化了硬件及外围电路设计,降低成本提高了系统的可制造性。

第二,裁剪协议站中数据结构,将每个从站分配 244×4 字节的缓存区(input/output/diag/cfg)改成按照最大长度进行分配。

第三,采用链表结构取代原来的数据结构,减少拷贝提高系统运行效率。

经过优化后 Profibus 协议栈成功运行在 SAM3U4E 平台上,波特率范围 9.6kbps~3Mbps,最多 16 个从站,最大输入输出各 1000 字节。

(三)第三代方案基于 K60+MQX

经过一段时间的项目使用,项目反应 KM622S 模块性能稳定,但是不支持非周期通信,无法实现远程设备管理,影响用户使用体验,另外其不支持系统冗

余(SR)影响高可靠性情况下的应用,不支持 Profibus PA 需要另外购买模块进行扩展。针对这几个问题从 2013 年开始第三代方案的研发工作。该方案可以实现双路 Profibus-DP 通信。

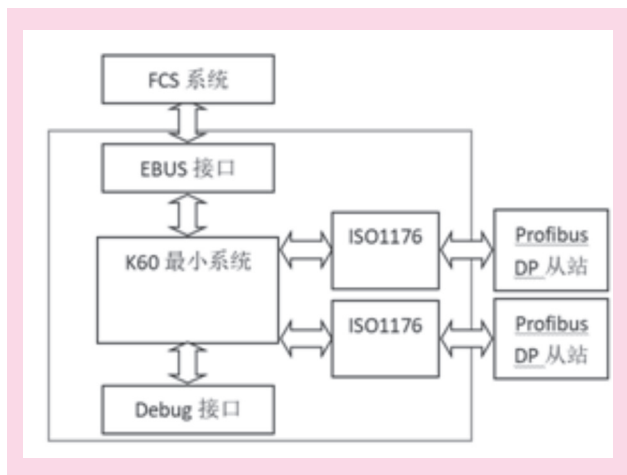


图 4 K60 方案硬件原理图

1. 系统冗余(SR)的实现

Profibus 规范规定了两种冗余方式:飞跃型冗余(FR)和系统冗余(SR),但是 NT6000 系统下 SR 模式一直没有实现。SR 模式的具体实现过程参见文献^[2]。

2. 非周期通信的实现

(1)MSAC2M 状态机的实现

按照 Profibus DPV1 协议,原协议栈中需要加入二类非周期通信状态机。因此对原协议栈(详见图 2)做了如下修改:

A. FDL 层软件中加入对低优先级 request 及 response 队列的操作接口函数。

B. DDLM 层中加入非周期 SAP 的处理函数,处理非周期报文

C. 调度层中加入 MSAC2M 状态机,每个轮询周期检测缓存区中是否有上位机的请求报文

D. API 层加入接口函数,通过 ebus 接口收发非周期数据

(2)非周期服务工作流程



图 5 非周期处理流程图

首先上位机 DTM 软件 syncAMS 解析相关从站设备 DTM,然后配置设备 DTM 组件对应的控制器号分支号槽位号从站地址。上位机软件首先发送非周期请求给控制器,控制器根据报文中的地址转通过 ebus 转发到相应的模块,模块 API 函数响应 ebus 报文将请求发送到 MSAC2M 的缓存区。MSAC2M 状态机处理完成后,将结果通过 API 模块返回给控制器,继而转发到上位机软件。

3. Profibus PA 主站的实现

Profibus PA 相对 DP 最大的区别是编码方式采用波特率为 31.25k 的曼彻斯特编解码,并且提供总线供电。因此原理图和 DP 略有区别,原先通过两路 uart 与外部 485 电路相连改为内存总线和 FPGA 相连,通过 FPGA 连接外围调制解调电路和供电电路。曼彻斯特编解码由 FPGA 芯片实现。原理图如下图所示。

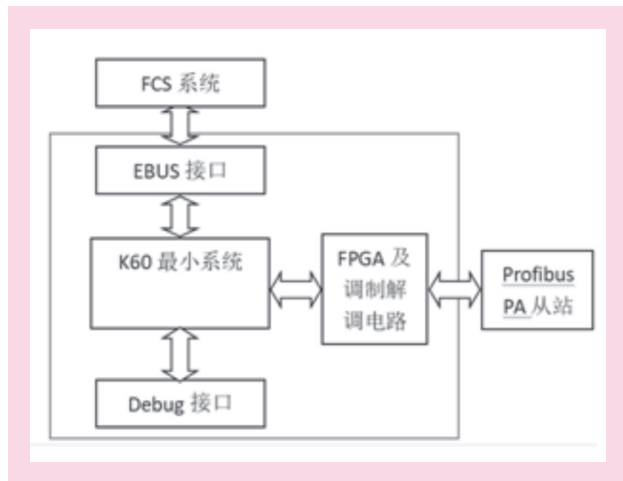


图 6 PA 主站硬件原理图

在第三代方案的基础上开发了 KM632A(DP)/KM632C(SR 冗余)和 KM633A(PA)系列模块。DP 模块可以最多支持 30 个从站,波特率范围 9.6kbps~3Mbps,PA 模块最多支持 25 个从站。

三、NT6000-FCS 系统 Profibus 模块的使用方法

(一)Profibus 模块及从站的组态

采用 CCM 软件对 Profibus、modbus、FF 等现场总线设备进行组态。不同类型的现场总线组态、配置与常规 IO 组态均使用同一软件,简单易用。

(二)DTM 非周期通信的配置与使用

NT6000 系统配备了智能设备管理软件 SyncAMS 设备管理软件,应用了 FDT/DTM 技术,支持多种现场总线(Profibus、HART 等),数据透明访问,支持不同网络的复杂嵌套通讯,支持复杂设备描述,包括高级

诊断和预测维护等功能描述。

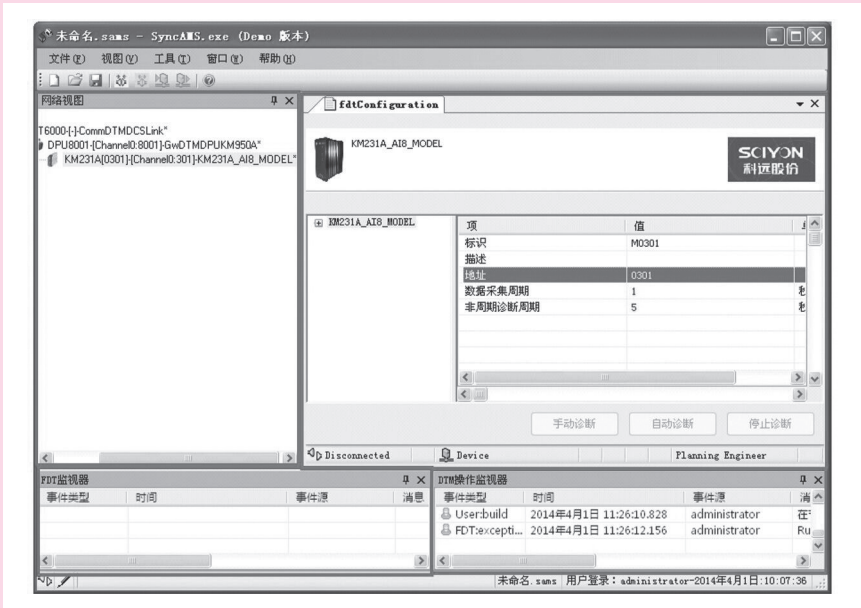


图7 CCM 软件

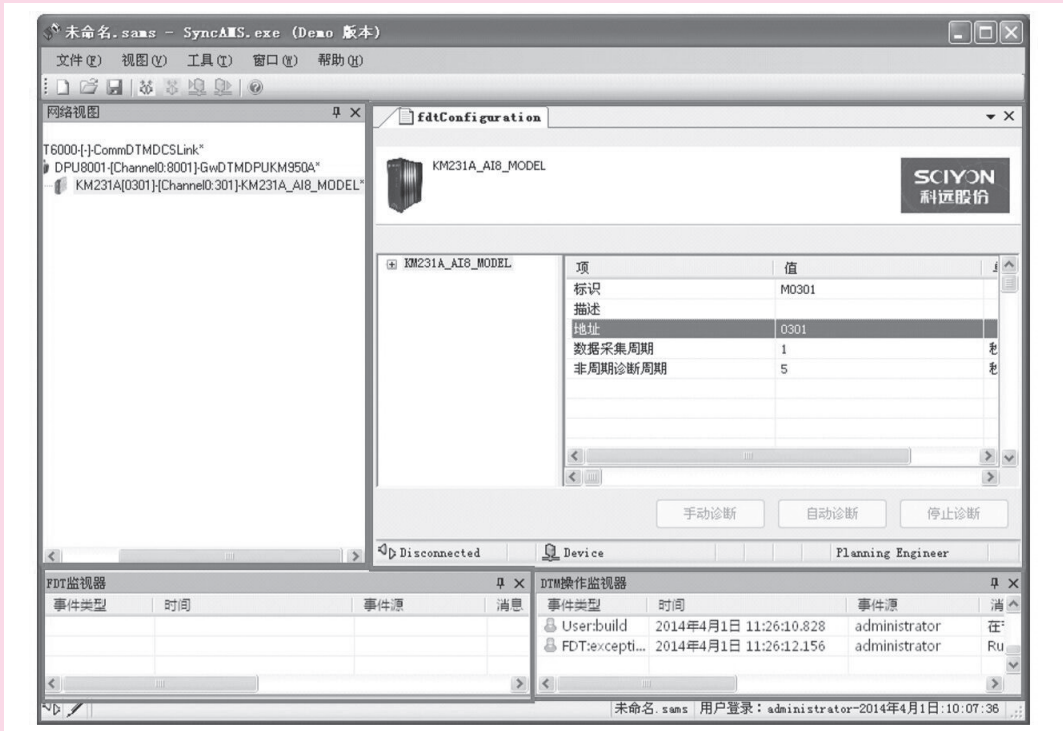


图8 syncAMS 软件

四、NT6000-FCS 通信系统在中部某电厂的应用简介

NT6000-FCS 系统自从 2010 年通过系统测试以来,取得了大量成功应用业绩。

本文以某 2×350MW 电厂 #1 机组为例,介绍其在电厂的应用。

该电厂主控系统配置 29(单元机组)+3(公用)对控制器设计了 25 面现场总线柜, 53 条冗余 Profibus

DP 网段, 75 条 Profibus PA 网段, 其中 Profibus DP 设备 396 台, Profibus PA 设备 483 台, 辅控系统配置了 28 对控制器, 59 条冗余 Profibus DP 网段, 27 条 Profibus DP 网段, 41 条 Profibus PA 网段。辅控系统设备如表 1 所示。

表 1 现场总线设备统计表

系统分类	仪表	阀岛	马保设备	电动门	合计
锅炉补给水	83	22	27	4	136
综合水	20	0	6	16	42
工业废水	24	3	14	0	41
再生水系统	32	8	16	0	56
精处理系统	135	10	4	0	149
输灰系统	32	50	15	2	99
脱硫系统	78	0	96	150	324

上表中仪表为 PA 设备, 阀岛为非冗余 DP 设备, 其余均为冗余 DP 设备, 1# 机组主控加辅控总计 1726 台 Profibus DP/PA 设备(含共用设备), 包括冗余(SR)及非冗余, 有 20 多个品牌 40 多个型号, 涵盖火电厂每一个子系统。

两台机组总计包括了 2700 多台 Profibus 设备, 上位机软件配备了结合 FDT/DTM 技术的 syncAMS

软件实现对设备的远程管理。项目自从 2018 年 12 月投运以来, 到目前(2020.2)为止 NT6000-FCS 及 Profibus 通信系统工作稳定可靠, 得到业主的高度肯定。

五、总结

经过三代技术方案两代产品十余年时间的展, 科远智慧基于通用处理器平台开发的 Profibus 主站产品, 实现了从 DP 到 PA, 从 SR 到 FR 冗余, 从 V0 到 V1 协议的完整覆盖。大量的项目成功应用案例表明, 国产 Profibus 主站产品技术成熟, 能够在工业现场多年稳定运行, 满足工业现场应用要求。

参考文献:

- [1] 唐意, 叶顺流. DCS 系统中 Profibus-DP 主站模块的研发[J]. 化工自动化及仪表, 2013, (40): 905-909.
- [2] 刘国耀, 沈德明. 冗余 Profibus DP 主站的设计与实现研究[J]. 电力与能源, 2015, (5): 645-648.
- [3] PROFIBUS international. EN50170 PROFIBUS Specifications[S]. Karlsruhe: European Standard, 1998.
- [4] 李哲毓, 张博威. 国产 Profibus-DP 现场总线主站系统设计[J]. 热力发电, 2014, (1): 122-124.
- [5] 胡建中, 李开成. 基于 ASPC2 的 Profibus-DP 主站的研究[J]. 计算机测量与控制, 2004, (12): 1185-1187.

[责任编辑: 刘骋]

Development and Application of Domestic Profibus Master Station Based on General Processor Platform

DING Mao-shi, GOU Chen-quan

(Nanjing Sciyon Intelligent Technology Group Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: With the widespread application of fieldbus technology, fieldbus control system (FCS) has developed rapidly. However, most of the Profibus master stations are using imported modules, and the localization rate is low. Based on the SOC platform, Sciyon developed a domestic PROFIBUS master station module. After three generations of development, as an important part of nt6000-fcs, it can be configured through NT6000 system software, and the aperiodic data of PROFIBUS slave station can be obtained in real time through syncAMS software. This module can manage the slave devices remotely and completely replace the imported products. The large-scale application of multiple fieldbus projects and years of stable operation show that the NT6000-FCS communication system has superior performance and stable operation, and has achieved full coverage from DP to PA, from DPV0 to DPV1, and meets project application requirements.

Key words: domestic Profibus master station; DPV1; DTM; NT6000; FR; SR