

EAST 激光汤姆逊散射的数据采集

Data Acquisition of EAST Thomson Scattering System

(中国科学院等离子体物理研究所) 贾燕庆 臧庆 赵君煜
JIA Yan-qing ZANG Qing ZHAO Jun-yu

摘要: EAST 是我国自主研发的世界第一个非圆截面全超导托卡马克装置,汤姆逊散射诊断系统用来测量 EAST 放电时等离子体的电子温度和密度。目前已经布置了 5 个采集点,计划完成 25 个采集点。本文讨论了 EAST 的汤姆逊散射诊断系统的数据采集部分。包括系统结构、工作原理、硬件组成和软件设计等。

关键词: 汤姆逊散射; 光谱; 数据采集; 模块

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

Abstract: EAST is the world's first non-circular cross section superconduct tokamak device developed by China ourselves, and the Thomson Scattering system is used to get the electronic temperature and density. Five test points have been achieved, and our purpose is to realize twenty-five points. The data acquisition system of the Thomson Scattering system is discussed in this paper, including the system structure, work way, hardware constitute, software design, and so on.

Key words: Thomson Scattering; spectrum; data acquisition; module

1 引言

EAST 是我国自主研发的世界第一个非圆截面全超导托卡马克装置,用于受控核聚变事业的研究。汤姆逊散射诊断是目前国际公认的最准确的测量等离子体电子温度的方法,对强度标定后还可以测量电子密度。目前 EAST 上的汤姆逊散射诊断系统已经初步布置了 5 个采集点,计划完成 25 个采集点。然而由于汤姆逊散射的散射光信号脉冲持续时间短,信号强度小,如何有效的采集到散射信号便成了一个重要的问题,本文所讨论的即是汤姆逊散射系统的数据采集问题。

2 硬件组成

1 系统结构和工作原理

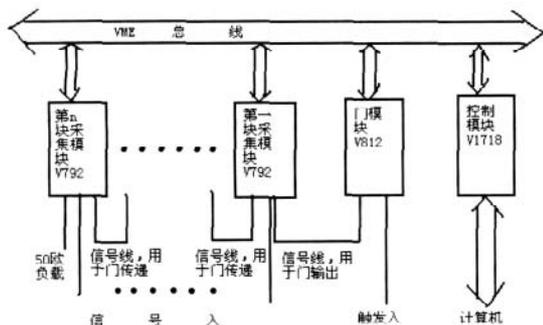


图 2-1-1 EAST 汤姆逊散射数据数据采集系统框图

EAST 汤姆逊散射的数据采集系统如图 2-1-1 所示,采集机箱的各模块间采用 VME 总线相连。控制模块位于采集机箱

贾燕庆: 硕士

基金项目: 基金申请人: 臧庆; 项目名称: H-模放电模式下 EAST 边界等离子体电子“基座”特性研究; 基金颁发部门: 国家自然科学基金委(10805056)

的第一槽,通过 USB 总线与计算机相连,完成对控制模块的初始化和数据传递。门模块的触发来自激光光路监测信号,门信号输出宽度和延迟可由程序控制,门输出通过信号线连至采集板卡的 COMM 口,用以控制采集模块的打开与否和采集门宽。每块采集板卡有两个并联的 COMM 口,采用如图的“串联”方式进行门传递,最后用一 50 欧的电阻做负载连成一触发回路。

每块采集板卡可以采集 32 道信号,本系统有 10 块采集板卡,如果按每个谱仪 12 道信号输出计算,本采集系统可满足 45 台谱仪的采集需求。完全能够实现 EAST 上进行 25 个测量点的实验目标。

2 系统各部分介绍

1) VME 机箱

VME 机箱在实验中为各模块提供电源和 VME 总线进行数据传输,使各模块能正常工作并实现数据传递。VME 机箱基于 VME 总线技术,是一种通用的计算机总线,有多个总线周期,地址宽度和数据宽度有多种,可根据需要在程序中动态的选择。VME 的数据传输机制采用异步传输,因此只受限于信号交换协议,不依赖于系统时钟。

我们选用的是意大利 CAEN 公司的 VME8010 机箱,21 个插槽,可提供短路保护和温度保护,其数据传输速率为 0~500Mb/s。

2) 控制模块

控制模块用来与计算机连接,完成对整个采集系统的初始化和程序控制。

我们选用的是意大利 CAEN 公司的 CAEN V1718 控制模块。支持 VME64 总线协议,内部有 128kbyte 缓存,支持常用 Windows 和 Linux 操作系统,与计算机连接接口为 USB2.0。

3) 电荷积分模块

经过谱仪光电转换电路后输出的汤姆逊散射信号的脉宽一般只有 10~40ns,如果用一般的采集卡不失真的还原出信号,则采集频率至少要 300MHz 以上,虽然一些特殊的采集卡可以满足要求,但此类采集卡的市场价格非常昂贵,难以应用到汤姆

逊散射大规模的采集中去。不过幸运的是,我们从汤姆逊散射的原理可以知道,我们需要的是总的散射光能量信号,而不需要知道完整的信号形状,这样我们就可以用一个积分模块来完成任务,而不用选择昂贵的高速采集卡。

我们选用的是意大利 CAEN 公司的 CAEN V792 电荷积分模块,32 路采集通道,12 bit 分辨率,微分非线性误差 1.5%,积分非线性误差 0.1%,最短工作间隔 6 μ s,远超过 200HZ 的汤姆逊散射诊断要求,低采样速率下可采用即读即清的方式读取数据,不需要放入缓存,以免发生数据丢失。V792 通过开门信号触发所有通道的采集,门信号由门模块提供,由前面板上的 COMM 口输入,为 NIM 信号。

4)门模块

对于汤姆逊散射,为提高时间分辨率,激光脉冲的时间一般都很短,即使通过谱仪后,输出的脉冲也只有 15~40ns 的时间。散射信号是通过采集模块 V792 进行采集的,V792 的采集状态直接受到门信号的控制,这就要求我们有和很好的门信号,宽度不能过宽或过窄,以减少不必要的电路噪音的采集或影响散射信号的收集。同时我们还要求能有段 dead time,在这段时间内门模块对收入无相应,即使对门模块有输入,门模块也无输出。

我们选用的是意大利 CAEN 公司的 CAEN V812 门模块,触发信号可从 -5mV 到 -5V 由程序设置。输出 ECL 电平,门宽和延迟均可有程序设置。V812 的输入信号来自激光光路监测信号,监测信号由光路上的一个探头触发,再经过整形传递给 V812 做为输入。V812 输出除 OR 口输出 NIM 信号外其他都是输出 ECL 信号,如果要用其他口的话需要进行 ECL-NIM 信号转换,以符合 V792 对输入门信号的要求。

3 软件设计

本系统程序基于 Windows xp 系统,VC2003 编程环境,程序包括各板卡初始化部分和数据采集部分。采集后的数据包含所用采集板卡号,放电炮号,激光脉冲数,采集道数量等信息,采集后的数据被存入与以放电炮号命名的文本文档中。

1 程序开发工具

程序开发主要是要完成对系统的初始化和对数据的读取,是通过对各寄存器的读写实现的,程序开发工具分两种,一种是随采集系统控制模块 V1718 自带的 CAENVMELib.lib 函数库,库里面提供了可对任意寄存器进行操作的读写函数,可以用其直接进行读写。

另一种是 CAEN 公司开发的 SDK 工具包 CAENVMETool,其里面的函数能更方便的对寄存器进行操作,而且可以进行批处理,方便了编程和提高了效率。

针对实际实验中数据量较大的特点,本文主要采用 CAEN-VMETool 做为主要开发工具,同时在个别对寄存器进行单独读写的地方采用 CAENVMELib.lib 做为辅助开发工具。

2 程序开发流程

1)系统初始化

由于汤姆逊采集系统的系统信息基本不需要修改,所以为了程序使用的方便和参数的管理,将采集系统的系统信息和基本的用户设置以结构体的方式分别存放在两个文件中,主程序运行的时候预处理这两个文件,然后由 CAENVMETool 将信息写进寄存器,进行系统的初始化。但由于采集时采集炮号和每次放电的激光脉冲数是经常变的,所以这两个参数在主程序运行

时手动输入,然后根据这两个参数创建存储文件。

2)读取 V792 缓存

门模块 V812 在激光光路监测信号的触发下会输出门信号,V792 在有门信号的作用下采集各道的光信号。采集到的数据是个计数,对应着各道的光子数,具体对应关系通过放电实验前标定实验测定。这些数据以一定格式存放在 V792 的缓存中,CAENVMETool 提供了工具函数可以成块的将所有缓存中的数据读到内存中,并返回内存指针,以便进行后续的原始数据处理。

3)存储文件的创建

在实际进行实验的时候,为了将数据存储文件与放电炮号对应,采用了以放电炮号做为文件名的方式。程序初始时输入放电炮号,同时输入每次放电的激光脉冲数,当放电脉冲达到所输入的脉冲数后,程序关闭当前文件,创建一个新的文件,同时放电炮号自动加一,以新的放电炮号做为新文件的文件名。

4)V792 原始数据的处理

V792 缓存中所存储的采集数据是以 32 位字存储在缓存中的,分为头信息字,数据信息字和尾信息字,每种信息字都通过标志位包含有各自的特征信息,数据处理时先将缓存中的数据读入内存,同时返回内存指针,然后再进行数据处理。数据处理预先设定多个四字节的标志字,程序中将标志字与所采集到的数据进行位与运算从而识别数据,然后再通过一个 switch 分支进行相应的处理,将数据信息输出到文件。

程序的流程图如图 3-2-1 所示。

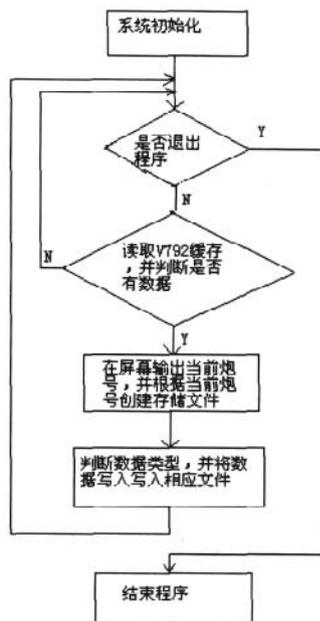


图 3-2-1 EAST 汤姆逊散射采集系统软件流程图

4 实验结果

本系统已经完成了系统的工程调试,已于 2008 年 7 月份的 EAST 放电实验,顺利的完成了汤姆逊散射系统的数据采集任务,并在无人值守的情况下稳定工作,图 4-1 为系统工作时的程序显示界面。

本文作者创新点:

硬件上信号采集简化为对能量的采集。软件上实现多块采集板卡的自动采集和存储,并以放电号做为保存数据的文件名。

(下转第 119 页)

7 结论

Qt 为各平台提供了统一的 API, 这些 API 功能强大, 拥有 400 多个 C++ 类库, 基本可以满足电法仪软件开发的需要, 并且为嵌入式开发环境增加了很多专用的类库, 更加适合于嵌入式的运行环境, Qt 源代码可以在不经修改的情况下运行于其他操作系统, 为跨平台开发带来了极大的便利, 使用 Qt 可以方便的开发安全稳定, 界面美观, 交互性良好的电法仪软件。

本文作者创新点: 在 Linux 下使用 Qt 开发电法仪软件, 可以使用 Qt 强大的 GUI 图形界面设计, 大大提高了工作效率, 降低了开发周期, 并且有大量的公用授权代码可以使用, 能够方便的创建安全稳定功能强大的电法仪软件, 对后期开发带来很大的方便性。Qt 强大的跨平台支持, 方便了日后电法仪的升级维护。

参考文献

[1] (加) 布兰切特 (Blanchette, J), (英) 萨默菲尔德 (Summerfield, M) 著, 闫锋欣等译. C++ GUI Qt 4 编程 (第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.08.01

[2] 游燕珍, 赵国锋, 徐川. 基于 Qt/E 的嵌入式 GUI 的研究及其移植. 微计算机信息 (嵌入式与 SOC) [J]. 2008, 5-2: 61-63

作者简介: 黎慈军 (1983.12), 男, 土家族, 中国地质大学 (武汉) 硕士研究生, 研究方向为智能仪器; 董浩斌 (1964.12), 男, 汉族, 教授, 主要从事智能化仪器的研究和教学工作, 及、地球物理等微弱信号采集处理等方面的研究。

Biography: LI Ci-jun (1983.12), Male, the Tujia nationality, postgraduate in China University of Geosciences (Wuhan), Research area include intelligent instrument.

(430074 武汉 中国地质大学) 黎慈军 董浩斌

通讯地址: (430074 湖北武汉中国地质大学研 0618 班) 黎慈军
(收稿日期: 2009.04.10)(修稿日期: 2009.07.10)

(上接第 93 页)

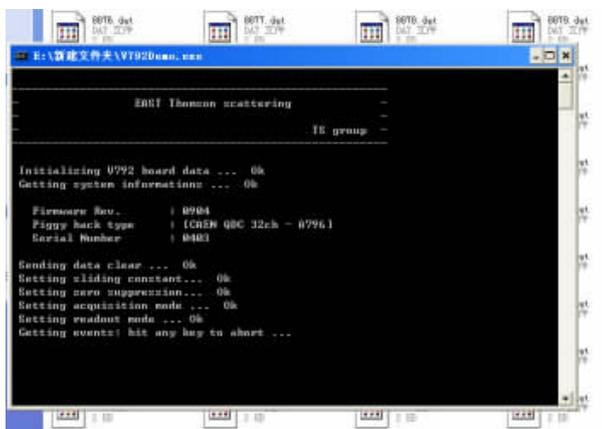


图 4-1 EAST 汤姆逊散射采集系统工作时的程序显示界面

参考文献

[1] H.J. van der Meiden, Dynamics of Mesoscale Structures in Tokamak Plasmas studied by Multi-pulse Thomson Scattering(2005)

[2] CAEN VME Tool REV3

[3] J. Sheffield, The Incoherent Scattering of Radiation From a High Temperature Plasma(1972)

[4] K.R. Middaugh, DIII-D Thomson Scattering Diagnostic Data Acquisition, Processing, and Analysis Software(2005)

[5] 席晓琦 赵君煜 张涛. 基于 ICCD 的高分辨率汤姆逊散射系统

分析. 微计算机信息, 2009, 02-1-0126-03: 126-128

作者简介: 贾燕庆 (1983-), 男 (汉族), 辽宁省朝阳市人, 中科院等离子体物理研究所, 硕士, 主要从事国家大科学工程 EAST 托卡马克装置激光汤姆逊散射诊断研究工作。

Biography: JIA Yan-qing (1983-), Gender (male), Liao Ning Province Chao Yang city, Institute of Plasma Physics, CAS, Master, Main interest in EAST Tokama's Thomson Scattering Diagnostic System.

(230031 合肥 中国科学院等离子体物理研究所) 贾燕庆 臧庆 赵君煜

通讯地址: (230031 安徽省合肥市科学岛 1126 信箱中科院等离子体物理研究所 6 室) 贾燕庆

(收稿日期: 2009.04.10)(修稿日期: 2009.07.10)

(上接第 100 页)

5 总结与展望

红外技术已经在森林防火等诸多领域得到了广泛应用, 本篇所介绍的基于红外与可见光相结合的智能视频监控系统克服了普通监控系统的一些缺陷, 实现了智能化, 基本可以满足一些公共场所的监控要求, 并对安保工作起到了一定的强化作用。随着计算机网络和数字图像处理技术的不断提高, 视频监控必将得到更好的发展。

本文作者创新点: 采用红外与可见光相结合的方法, 使两种状态的视频效果取长补短, 更有效地实现了智能化监控跟踪。

该项目可产生经济效益 10 万元。

参考文献

[1] 员天佑, 谢阅. 基于 GSM 的远程住宅智能监控系统的设计与实现 [J]. 微计算机信息, 2006(22), 13: 95-96.

[2] 刘其真, 姚剑, 孙薇等. 红外成像运动目标识别与跟踪方法研究 [J]. 遥感技术与应用, 1999(14), 02: 27-33.

[3] 张忠诚, 孟庆华, 沈振康. 红外目标特征分析 [J]. 激光与红外, 1999(6), 29, 3.

[4] 蒋东兴. Windows Sockets 网络程序设计大全 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999(4).

[5] 阮秋琦. 数字图像处理学 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001(1).

作者简介: 高玉瑞 (1985-), 男, 山东省滨州市人, 青岛理工大学计算机工程学院硕士研究生, 主要研究领域: 红外热辐射与图像处理; 王德兴 (1954-), 男, 教授, 青岛理工大学现代通信技术研究所所长, 主要研究领域: OFDM 无线通信, 视频编码等。

Biography: GAO Yu-rui (1985-), male, Binzhou Shandong, Department of computer engineering Qingdao technological university, M.S. candidate, research area: Infrared heat radiation and image processing.

(266033 青岛 青岛理工大学计算机工程学院) 高玉瑞 王德兴 (Computer Engineering Institute, Qingdao Technological University, Qingdao, 266033, China) GAO Yu-rui WANG De-xing
通讯地址: (266033 山东省青岛市抚顺路 11 号青岛理工大学图书科技楼 1005 室) 高玉瑞

(收稿日期: 2009.04.13)(修稿日期: 2009.07.13)

您的才能 + 阅读本刊 = 您的财富