

## 基于 DSP 和 CPLD 的实时光谱信息处理系统的设计

董大明,方勇华,熊伟,李大成,兰天鹤,叶松

(中国科学院安徽光学精密机械研究所,安徽合肥 230031)

**摘要:**在光谱识别系统中,如何及时处理干涉仪采集到的大量数据,是一个不易解决的难题。以 TMS320C6713 DSP 为核心处理器,用 CPLD 加以配合,提出了一种新的光谱信息处理系统的设计方案。从电源模块、存储器扩展模块,对系统硬件的构成和设计进行了描述,分析了系统设计时的主要环节。并提出了系统与干涉仪及上位机的通信方式。该系统完全可以完成实时光谱识别算法的运算,有较好的实用性。

**关键词:**光谱识别;DSP;干涉仪

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1002-1841(2007)02-0018-02

## Design of Real-time Spectrum Signal Processing System Based on DSP and CPLD

DONG Da-ming, FANG Yong-hua, XIONG Wei, LI Da-cheng, LAN Tian-ge, YE Song

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** It is a difficult problem to complete plenty of data from interferometer betimes in spectral pattern recognition system. A novel design of spectrum signal processing system was presented, using TMS320C6713 DSP with CPLD as its key processor. The structure and design of system that included the power supplying part and the memory expending part was introduced. The key problems during the system designing were analyzed. The communication method between interferometer, host computer and DSP was also presented. The real-time algorithm for spectral pattern recognition can be applied to the system. The method proposed was practical and effective.

**Key words:** spectral pattern recognition; DSP; interferometer

### 0 引言

随着信息处理技术和模式识别技术的发展,以及社会的需求,光谱识别系统越来越多地应用于科研和生产中,如大气污染的实时监测、汽车尾气监测,以及一些智能医疗仪器等。而对于光谱识别系统,采集数据量大、信息处理过程复杂、实时性要求高是其最明显的特点。高性能的数字信号处理器(DSP)的发展为满足实时光谱信息处理的要求提供了一条良好的途径。该设计采用高性能 DSP 为核心处理器,用复合型可编程逻辑电路(CPLD)加以配合的方式,实现了对干涉仪采集的干涉图信息的实时处理,用来识别大气中的有害成分。

### 1 系统构成

光谱信息处理系统由中央处理单元(CPU)、电源监测模块、时钟发生电路、可编程逻辑电路、存储器扩展模块、仿真器控制模块等部分组成。其核心部件为 DSP 和 CPLD, DSP 负责系统数据的高速运算, CPLD 为系统中的外围电路提供控制信号,并为一些信号做电平变换。

系统的 CPU 采用高性能 32 位浮点型数字信号处理器 TMS320C6713B。CPLD 选用 EPM7128E,它是高密度、高性能的 CMOS CPLD,完全可以满足干涉图数据实时高速处理的要求。为了保证整机工作的可靠性,光谱信息处理系统可以工作于 2 种模式:一种为仿真调试模式,即将程序通过仿真器加载到 DSP 中运行,一般用于系统的调试;另一种为并口引导模式,即指在软件调试通过后,将原代码固化到系统的 Flash 存储器

中,系统通电后,Flash 存储器会自动引导 DSP 执行其中的程序。

如图 1 所示,整体系统的工作过程:通电后,干涉仪采集干涉图数据,并将数据写入作为公共存储器的双口 RAM 中,同时向 DSP 系统发送中断信号。DSP 系统接到中断后,到双口 RAM 中读取数据,将数据存入做为临时存储器的 SDRAM 中。Flash 通过并口引导 DSP 执行预先写定的算法,对干涉图信息进行处理,转换为光谱图,并对谱图数据进行分析 and 识别。DSP 系统得出识别结论后,将结论信号通过串口发送给主控计算机。

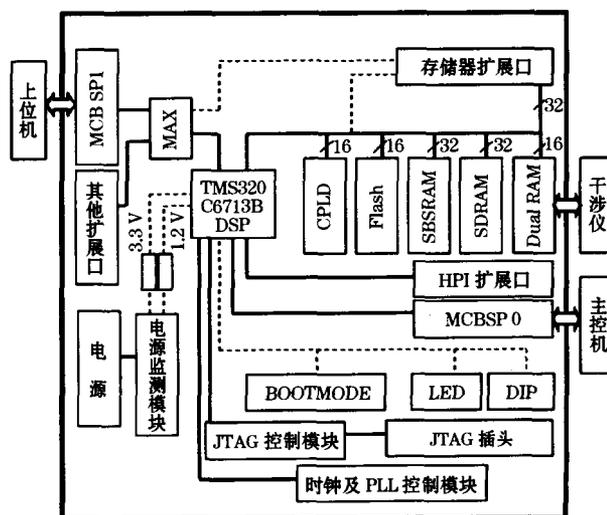


图 1 光谱信息处理系统结构图

## 2 系统实现

### 2.1 DSP 电源解决方案

C6000 的 DSP 需要两种电源,分别对 CPU 核心和 I/O 接口供电。对于供电的次序,应当保证内核电源先上电,I/O 接口电源后上电,或者二者同时供电(如果 I/O 先得电,等于 CPU 工作在一种未知状态,是非常危险的)。关闭电源时,先关闭 DVDD,再关闭 CVDD,如果系统中只能先给 DVDD 加电,那么必须保证在整个加电过程中,DVDD 不会超过 CVDD 2 V。在有一定安全措施保证的前提下,允许 2 个电源同时加电,2 个电源都必须在 25 ms 内达到规定电平的 95%。

TMS320C6713B 的内核电压 1.2 V,I/O 电压 3.3 V。为了满足电源供电要求,系统中利用一个电源驱动两个线性稳压模块,产生需要的 CVDD 和 DVDD。其中线性稳压模块采用电源检测专用芯片 TPS54310PWP,它的阻容补偿网络的计算,采用了 SWIFT Designer3.33 软件进行自动设计和选型。2 个电源之间串入二极管,以保证 I/O 接口不能提前于内核得电。此外,为了保证 DSP 器件,在 CPU 内核电源与 I/O 电源之间加了一个肖特基二极管。

这种供电方案可以满足 DSP 电源需求,使 DSP 芯片工作于安全、稳定的状态下。

### 2.2 临时存储空间的扩展

由于光谱信息处理系统采集和处理的数据量大,处理过程的算法复杂,所以需要比较大的程序存储空间和临时数据调度空间。DSP 自带的片内存储空间远远不能达到要求。因此,如图 2 所示,系统中采用大容量的 SDRAM、SBSRAM 和 Flash 存储器对临时存储空间进行了扩展。

TMS320C6713B 的 EMIF(外部存储器接口)可以访问 8/16/32 位宽度的存储器,支持 little-endian 和 big-endian 模式,对 ROM 和异步存储器接口不做区分。最低位逻辑地址规定由 EA 管脚输出,EMIF 内部会自动根据访问数据的字长,将逻辑地址作移位调整输出。

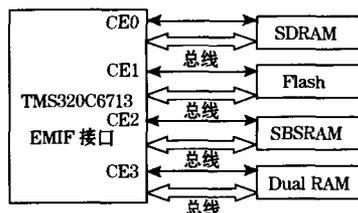


图 2 TMS320C6713B 外部存储器扩展示意图

为了满足光谱信息处理过程中的大量数据运算,以及大量的程序调度,系统中采用的大容量的 SDRAM 和 SBSRAM 进行临时存储空间的扩展。SDRAM 选用 2 片 K4S281632E,每片为 8 M×16 B 的规格,2 片进行位扩展。扩展后的 SDRAM,寻址空间为 8 M,数据格式为 16 B。由于 SDRAM 中的 16 位数据格式和 DSP 运算中采用的 32 位数据格式不符,为了提高调度效率,系统中扩展了一片 SBSRAM,选用 CY7C1339,规格为 128 K×32 B。

Flash 存储器用于存储信息处理的软件代码。源代码先利

用 DSP 软件开发平台 CCS 的 Command Line 功能进行 HEX 转化,变为 Flash 可以接受的 HEX 文件。再通过仿真器将得到的 HEX 文件烧写到 Flash 存储器中。Flash 存储器选用 K8D1716UTC,规格为 1 M×16 B,完全可以满足系统需求。

值得说明的是:TMS320C6713B 片内数据的存取总是按 32 bit 进行的,访问片外 16 B 数据时,EMIF 会自动完成打包和解包处理。利用向 16 B 的 SDRAM 中写入一个 32 B 数据时,EMIF 会自动将数据解包为 2 个 16 B。

系统中的总线信号和控制信号通过 CPLD 进行缓冲和调整,时序整齐。保证了系统运行的稳定性。

### 2.3 与干涉仪的通信方案

干涉仪作为系统中的数据采集部分,其采集数据量大,采集速率高。为了与干涉仪实时通信,及时处理干涉仪采集到的信息,光谱信息处理系统采用双端口 RAM 与干涉仪进行并口通信。

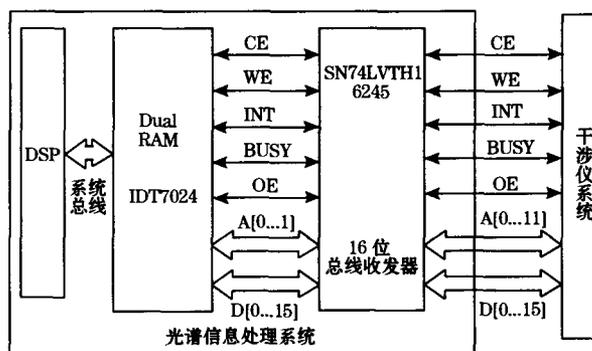


图 3 光谱信息处理系统与干涉仪通信示意图

双口 RAM 器件选用 IDT7024,与 DSP 芯片之间采取 16 位数据线的接口宽度,地址线 12 位,可寻址空间应为 4 K×16 B。即采用一片 IDT7024,未进行任何总线扩展。理论上数据传输可以达到 133 MB/s。

系统中,干涉仪(右方)主要负责发送数据,信息处理系统(左方)主要负责接受数据。通信部分的软件主要包括了两方面的内容:

(1)系统自检,即右方向信令字单元 0xFFH 写入“5AH”,左方接到中断后,到 0xFFH 中读取数据,如果是“5AH”,说明通信正常,反之为不正常。

(2)传输数据,右方向信令字单元 FFFH 写入“ASH”,在左方产生中断后,左方读信令字单元 FFFH,如果是“ASH”,说明在传输数据,读完数据后,向信令字单元 FFEH 写入“AAH”,表示读完。右方接到中断后,读信令字单元 FFEH,如果是“AAH”,表示传数据成功。

当双口 RAM 的 2 个端口同时对某个存储单元进行操作时,IDT7024 的忙逻辑(BUSY)将会有有一个硬件的指示,允许对其中的一个端口进行操作,将另一个端口置于等待状态。如果在接到 BUSY 信号时,已经进行写操作,那么 IDT7024 的内部机制可以阻止写操作的继续进行。

为了提高系统的稳定性,保证通信数据的正确,对 IDT7024

(下转第 44 页)

是这个隔离电源的供电线圈。由于这组隔离电源是在 DC/DC 的储能线圈上加的副线圈,结构为开环形式,因此它的输出稳定性相对比较差,在整体设计时必须从多角度统筹考虑,才能够获得满意的效果。

首先要确定它的输出功率。由于采用在储能线圈上“窃”电的方法,它的输出功率是受限制的,只能小于原边输出功率。这组隔离电源输出在具体变送器应用时主要为传感器转换电路、前端 A/D 转换器和隔离电路供电。差动电容传感器、热电偶传感器及热电阻等传感器的模拟测量电路耗电是  $\mu\text{A}$  级的,前端 A/D 一般采用多积分型或者  $\Sigma - \Delta$  型 A/D,耗电小于 1 mA,低功耗光电隔离整体也能够作到 1 mA 以下。因此,隔离绕组只要保证能提供 3 mA 的电流就能够满足实际需要,已经计算出在无副绕组情况下,电路最大输出为 8.6 mA,显然在有副绕组的情况下,完全可以为它提供 3 mA 电流。

其次,隔离绕组由于采用开环结构,原边负载的变化直接影响副边的稳定性,因此电路在实际使用时,要求原边的电路系统在运行时需要尽可能保证功耗的稳定性,尽量避免对功耗比较大的器件使用工作/休眠轮换的方式。电路能够为原边提供最大 5 mA 的使用电流,完全能够满足常用低功耗 MCU 控制系统的工作,不需要使用休眠方式,这样做还能够获得最大的系统运行速度。

最后,由于隔离电源绕组主要为前端小信号模拟电路供电,对电源的质量要求较高,因此设计时将低压差线性稳压器和 DC/DC 转换器配合使用。将经 DC/DC 转换的输出低电压经过低压差线性稳压器(LDO)的降噪和稳压处理,这样取长补短,

既可以提高供电效率,又可满足纹波电压小的要求,具体 LDO 采用了 MAX1726 芯片<sup>[5]</sup>,它的工作电流仅 2  $\mu\text{A}$ ,输出为 3.3 V。稳压前的输出幅度取决于原边的输出功率和  $L_2$  的电感量,经试验确定, $L_2$  为 3 mH,当原边电流在 3~5 mA 之间变化,副边电流为 2 mA 时,稳压前电压在 3.8~4.8 V 之间波动,满足 LDO 稳压对输入的要求。

## 2 结论

两线制变送器隔离式电源具有使用温度范围宽、输入电压范围宽、输出效率高、集成度高、隔离性能好、体积小、成本低等特点,是一种稳定可靠的两线制变送器电源,能够满足各种具有复杂要求的两线制变送器的使用。该电源目前已经在一体化智能温度变送器上获得应用,经过长时间的现场应用考验,性能优良,完全达到了隔离型两线制变送器的使用要求。

## 参考文献:

- [1] 郝祖龙. 基于 HART 总线智能变送器的电源分析与设计. 现代电力, 2005, 22(6): 53-56.
- [2] Semiconductor Components Industries. LM317L DATA SHEET, REV 8. 2005: 1-12.
- [3] 唐慧强, 黄惟, 李萍. 精密仪表用隔离电源系统设计. 仪表技术与传感器, 2002(6): 30-32.
- [4] MAXIM. MAX639 DATA SHEET, REV 3. 1997: 1-12.
- [5] 范立青. DC/DC 变换器的设计. 电子元器件应用, 2005, 7(2): 24-26.
- [6] MAXIM. MAX1726 DATA SHEET, REV 1. 2003: 1-7.

作者简介: 梁伟(1966—), 教授, 主要从事检测技术、智能仪器及计算机控制等方面的开发、研究、设计及教学工作。

(上接第 19 页)

原有的忙逻辑进行了修改。硬件方面, 将双口 RAM 原有的 2 个 BUSY 信号求逻辑或, 这个结果再与中断信号 INT 求逻辑或。这样, 只要通信双方同时读写一个存储单元, 系统就认为读写非法, 同时中断双方的读写操作。这样可以提高双方交换数据的正确性。

## 2.4 与上位机的通信方案

系统与上位机的通信采用串口模式, 即将 DSP 的 McBSP (Multichannel Buffered Serial Port) 外部引脚配置为 RS-232 串口协议标准, 与上位机的串口进行通信。

由于 McBSP 属于同步串口, 而 RS-232 为异步串口, 所以要考虑到同步串口转异步串口的扩展。

同步-异步转换的基本原理就是对异步信号过采样得到同步信号, 串口的发送和接收都采用 DMA 方式, Buffer 的大小为:  $1 + 8 + 1$  (无校验位, 结束位长度为 1) = 10 word。

发送较简单, 就是对每个 Byte 的每个 B 用 1 个 word (16 B) 代替, 加上开始位、结束位。然后判断是否可以发送 (通过发送完毕标志), 如果可以则把这 10 个 word 放入 Buffer, 启动 DMA 即可。在发送中断服务程序中需要停止发送 DMA, 并置发送完毕标志有效。

接收比较麻烦, 需要对接收到的每个字进行判断从而恢复到一个 bit, 例如, 可以认为收到 0000 1111 1111 0000b 为 '1', 其余为 '0'。过滤掉开始位 ('0') 和结束位 ('1'), 恢复的 8 个 B 就

合成一个 B。

## 3 结束语

针对光谱识别系统的特点, 提出了一种新的光谱信息处理系统的设计方案。系统以 TMS320C6000 系列 DSP 为核心处理器, 用 CPLD 实现时序的调整和电平变换, 扩展了大容量的外部存储器, 可以高速度处理实时数据。系统与干涉仪之间采用高速并口通讯, 可以与之良好协调工作。整个系统运行稳定、构成合理, 完全满足了光谱识别系统的需要, 对相关系统的设计有一定的参考价值。

## 参考文献:

- [1] 李方慧. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] 熊伟. 基于 DSP 的红外实时信号处理软件设计: [学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2003.
- [3] 郭卓峰, 丁艳. 基于 DSP 的实时图像处理系统的设计. 光学技术, 2004(1): 78-79.
- [4] 王念旭. DSP 基础与应用系统设计. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.
- [5] 王旭宇, 赵越进, 周愉斌. 基于 DSP 的实时数字图像处理平台. 光学技术, 2004(9): 630-632.
- [6] Texas Instruments, TMS320C6000 Peripherals Reference Guide Literature Number: SPRU190D[D]. Texas Instruments Incorporated, 2001.

作者简介: 董大明(1983—), 硕士研究生, 从事基于 DSP 的光谱识别系统的设计与研究。