

Doi: 10.3969/j.issn.1003-5060.2011.05.014

基于 DSP 的光电探测器数据采集

蔡钧璞, 陆亦怀

(中国科学院安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: 文章介绍了以 DSP 芯片 TMS320F2812 为核心开发的光谱仪数据采集和控制硬件系统, 在 DSP 开发环境 Code Composer Studio v3.3 下编程实现对滨淞公司 NMOS 线阵探测器的驱动、数据采集和其它辅助控制。由于该型号的 DSP 芯片具有高效率的硬件和指令集、丰富的外设配置、灵活的中断设置以及良好的稳定性, 系统在光谱仪数据获取中具有良好的应用前景。

关键词: TMS320F2812; NMOS 线阵探测器; A/D 转换; 数据采集

中图分类号: TP274+.2 文献标识码: A 文章编号: 1003-5060(2011)05-0700-05

Data collection of multichannel photodetector based on DSP

CAI Jun pu, LU Yi huai

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

Abstract: This paper presents a hardware system of data collection and control of spectrograph with the DSP chip TMS320F2812 as the core. Under the DSP developing environment of Code Composer Studio v3.3, DSP chip TMS320F2812 can drive CCD of the NMOS linear image sensor of Binsong Company through programs and conduct the collection of data and other auxiliary control. In virtue of its efficient hardware and instruction set, various external equipment, flexible interrupt devices and high stability, TMS320F2812 has broad application prospect in data collection of spectrograph.

Key words: TMS320F2812; NMOS linear image sensor; A/D converter; data collection

数字信号处理(Digital Signal Processing, 简称 DSP)技术是基于可编程超大规模集成电路技术和计算机技术发展起来的一门重要技术。DSP 芯片的快速数据采集与处理功能以及片上集成的各功能模块为 DSP 广泛应用提供可能。数据采集是 DSP 的最基本应用领域,也是控制过程中的重要环节,因此有必要对基于 DSP 的数据采集系统的设计方法进行研究。本文采用 TI 公司的 TMS320F2812 DSP 芯片实现了对滨淞公司的 NMOS 线阵器件数据采集系统,系统软件在 CCS3.3 平台下开发。

TMS320F2812 是 TI 公司推出的功能强大的定点 DSP,它最大的特点是速度相比之前的

DSP 芯片有了质的飞跃,达到 150 MHz,指令周期为 6.67 ns,处理数据位数达到 32 位定点。此外 TMS320F2812 拥有 EVA、EVB 事件管理器和配套的 12 位 16 通道的 AD 数据采集,以及丰富的外设接口,如 SPI、SCI 等^[1]。

1 系统总体结构

数据采集系统应具备驱动光电探测器,将光电探测器输出的模拟信号转换为数字信号,接收数字信号以及完成数据上传功能。

TMS320F2812 事件管理器的通用定时器产生 PWM 波形来驱动光电探测器 C5964-0910,探测器输出的数据通过 A/D 转换芯片 MAX195 进

收稿日期: 2010-05-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60908018); 公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY200806028)

作者简介: 蔡钧璞(1984-),男,安徽合肥人,中国科学院安徽光学精密机械研究所硕士生;

陆亦怀(1954-),男,浙江宁波人,中国科学院安徽光学精密机械研究所研究员,博士生导师。

行 A/D 转换, 由 DSP 的 SPI 串行 I/O 模块采集并储存在片上存储器内, 最后通过串行通信接口

(SCI) 上传给 PC 机。
系统总体结构如图 1 所示。

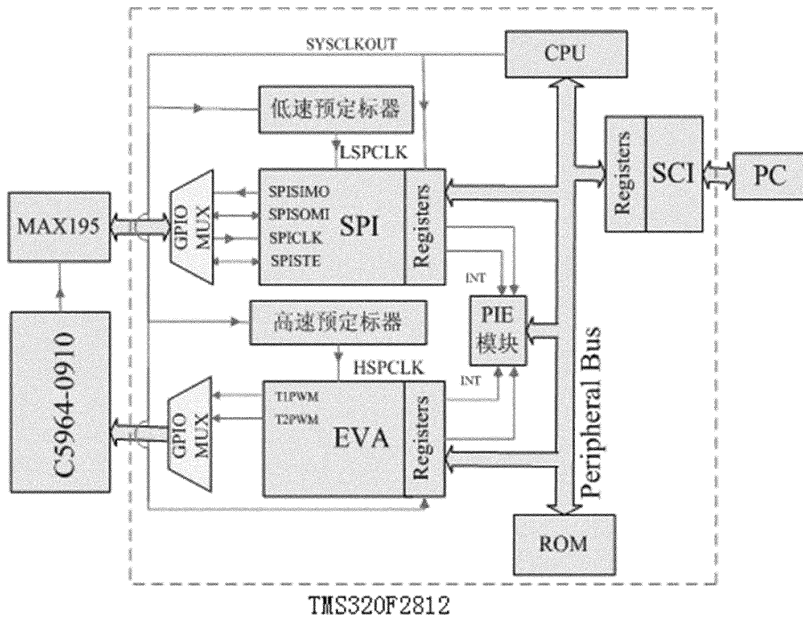


图 1 系统总体结构图

2 光电探测器的驱动和控制

系统采用 HAMAMATSU 公司 C5964 系列 512 像素的 C5964-0910 型 NMOS 线阵探测器, 测量波长范围覆盖紫外至近红外区域(最大达到 1 000 nm), 其主要信号引脚包括模拟信号输出脚 DATA VIDEO、探测器的时钟信号管脚 CLK、探测器数据输出起始信号管脚 START、中断触发信号管脚 TRIGGER 以及停止信号管脚 EOS。

2.1 C5964-0910 型探测器的硬件连接

为完成对光电探测器的驱动和控制, 需要生成 2 路 PWM 波形作为探测器的 CLK 和 START 输入信号。TMS320F2812 包含 EVA 和 EVB 2 个事件管理器, 每个事件管理器都有 2 个通用计时器, 而每个通用计时器都可以独立生成 PWM 波。本采集系统中, 使用的是 EVA 事件管理器的 2 个定时器。图 2 所示为光电探测器与 DSP 主要管脚的硬件连接, T1PWM 为定时器 GP1 生成波形的输出脚, T2PWM 为定时器 GP2 生成波形的输出脚。DSP 的 T1PWM 管脚与探测器的 CLK 管脚相连, 为探测器提供周期为 4 μ s、占空比为 50% 的方波信号。DSP 的 T2PWM 管脚与探测器的 START 管脚相连, 为探测器提供周期为 25 ms, 脉宽为 2 个 CLK 周期 (8 μ s) 的信号。

TRIGGER 脚与 TMS320F2812 的非可屏蔽中断引脚(NMI) 相连, 触发中断采集程序, 进行数据采集; EOS 脚与 XINT2 中断引脚相连, 当光电探测器数据输出完毕后将发出该中断, 在中断服务程序中关闭数据采集程序。

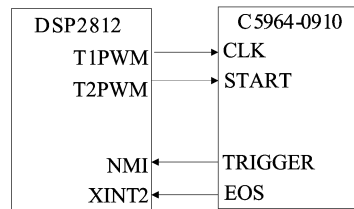


图 2 DSP2812 与 C5964-0910 的硬件连接示意图

2.2 探测器驱动的软件设计

TMS320F2812 用 30 M 外部晶体提供时钟, 使能片上 PLL 电路后通过对 PLL 控制寄存器 PLLCR 低 4 位控制, 确定 PLL 倍频系数。根据设计要求, 通过 PLL 倍频及高速外设时钟预定标分为 EVA 的定时器提供频率为 60 MHz 的时钟信号。每个定时器都有各自独立的计数寄存器 (TxCNT)、比较寄存器 (TxCMPR)、周期寄存器 (TxPR) 和控制寄存器 (TxCON)。下面通过对这些寄存器进行配置, 生成驱动光电探测器所需的 2 路 PWM 信号^[2]。

生成 CLK 信号的部分配置代码如下:

EvaRegs. T1PR= 240; // PWM 周期为 4 μ s。输入时钟频率是 60 MHz, 预定标为 1, $T1PR \times (1/60 \text{ MHz}) = 4 \mu\text{s}$, $T1PR = 240$

EvaRegs. T1CMPR= 120; // 因为要得到方波, 故比较寄存器中的值为周期寄存器中的 1/2

生成 START 信号的部分配置代码如下:

EvaRegs. T2PR= 46 875; // PWM 周期为 25 ms。输入时钟频率是 60 MHz, 预定标为 32, $T2PR \times (32/60 \text{ MHz}) = 25 \text{ ms}$, $T2PR = 46 875$

EvaRegs. T2CMPR = 46 860; // 设置脉冲宽度为 8 μ s。 $(T2PR - T2CMPR) \times (32/60 \text{ MHz}) = 8 \mu\text{s}$, $T2CMPR = 46 860$

EvaRegs. EVAIMRB.bit. T2PINT= 1;

EvaRegs. EVAIFRB.bit. T2PINT= 1; // 使能定时器 2 的周期中断

配置时设置了定时器 2 的周期中断, 这样 START 信号的每个脉冲下降沿都会产生一个中断, DSP 将在这个中断里采集和上传数据^[3]。

3 光电探测器数据的 A/D 转换和采集

给光电探测器输入符合要求的 CLK 信号和 START 信号后, 在 DATA VIDEO 管脚上会有模拟数据输出。这些数据需要经过 A/D 转换后才能被 DSP 的 SPI 模块采集并且上传给 PC 机。

3.1 TMS320F2812 的 SPI 模块简介

TMS320F2812 提供的串行外设接口 (SPI) 是一个高速同步的串行输入输出接口, 其通信速率和通信数据长度都是可编程的。在简单工作模式下, SPI 通过移位寄存器实现数据交换, 即通过 SPIDAT 寄存器移入和移出数据。此外还可以通过可编程寄存器设置 SPI 接口的工作方式及工作时的各个参数。

在本系统中, 使用 SPI 模块的主动工作方式, SPISOMI 作为输入引脚, 用来锁存 ADC 输出的每一位数据; SPISIMO 作为输出引脚将其悬空; SPICLK 引脚为整个串行通信网络提供时钟, ADC 的 CLK 由 SPICLK 提供时钟脉冲, 从而保证其与 SPI 工作的周期匹配; SPISTE 引脚作为对 ADC 的片选信号, 可以由 SPI 自动驱动, 在本系统中选择用软件手动驱动^[4]。

3.2 MAX195 的功能及工作方式

本系统中使用 Maxim 公司生产的 16 位逐次逼近式串行模数转换器 MAX195 作为转换工具。MAX195 有异步转换传输方式和同步转换传输方式, 本系统中使用同步转换传输方式, 即在转换周期中以 CLK 时钟频率将转换好的上一个数据

位输出。这种工作方式可以实现最大的转换传输速度。

3.3 MAX195 的硬件连接

根据同步转换传输方式的需要及采集系统时序的要求, 将 SCLK 管脚和 EOC 管脚接地、参考电压输入端 (R_{EF}) 接 4.096 V 电压、 A_{in} 管脚与光电探测器的模拟数据输出端相连、 D_{out} 管脚与 DSP 的 SPI 串行模块数据输入管脚 (SPISOMI) 相连、时钟信号 CLK 接 DSP 的 SPI 模块 SPI-CLK 管脚 (保证 MAX195 与 SPI 模块时序同步)、CS 片选信号与 SPI 的 SPISTE 信号相连、转换开始控制信号 (CONV) 及复位信号 (RESET) 分别与 DSP 上的自定义 I/O 管脚 GPIOA15 和 GPIOA14 相连, 如图 3 所示^[5]。

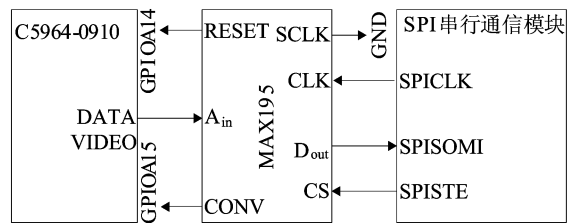


图 3 MAX195 硬件连接示意图

3.4 MAX195 进行 A/D 转换的时序控制

图 4 所示为 MAX195 工作时序图。CS 信号与 CONV 信号并为一路, 可以简化硬件连接及程序设计。A/D 转换从 CS 的下降沿开始, 在第 2 个时钟脉冲的下降沿输出转换数据的第 1 个数据位 MSB, 并锁存在输出端口 D_{out} , 往后的每个时钟脉冲下降沿输出一位转换后的数据位, 直至将数据的第 16 位 (最低位) 输出至 D_{out} 后, CS 与 CONV 信号置为高电平, EOC 信号置低, 完成一个输入数据的 A/D 转换^[6]。

因为 MAX195 的最大工作频率为 1.7 MHz, 而其时钟信号使用的是 SPI 的 SPICLK 信号, 所以必须将 SPI 工作频率限制在 1.7 MHz 以内。配置 SPI 波特率寄存器: SpiaRegs. SPIBRR= 19, 由波特率计算公式, 波特率= $LSPCLK / (spibrr + 1) = 30 \text{ M} / 20 = 1.5 \text{ M}$, 其中 LSPCLK 为低速外设时钟。

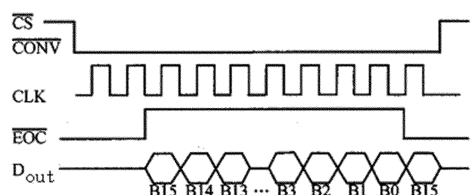


图 4 MAX195 同步转换传输方式时序图

其次, MAX195 要求 CONV 信号的下降沿出现在 CLK 信号为低电平时, 因此, 需要将 SPI 配置为数据在上升沿输出且输入数据锁存在下降沿, 当无 SPI 数据发送时, SPICLK 处于低电平。寄存器设置如下:

```
SpiaRegs. SPICCR. bit. CLOCK POLARITY = 0;
```

```
SpiaRegs. SPICL. bit. CLOCK PHASE = 0;
```

此外, 一个转换周期结束到下一个转换周期开始, 必须经过至少 3 个 CLK 周期的等待时间。

在实际应用中, 将 EOC 管脚与 CONV 管脚直接相连, 因此当一次转换结束后, EOC 变为低电平, CONV 脚也将被拉低, 从而启动下一次转换。

4 DSP 综合设计及功能实现

在完成光电探测器的驱动控制以及 MAX195ADC 与 DSP 的 SPI 串行模块时序协调的基础上, 通过设置中断和循环控制进一步综合编程, 并最终实现将数据上传 PC 机。图 5 所示为完整的采集系统流程。

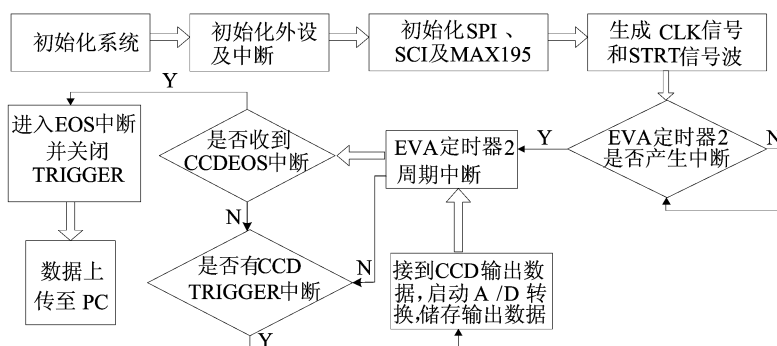


图 5 完整的光电探测器数据采集流程图

4.1 DSP 系统初始化及中断设置

在 DSP 上电后对其进行一系列初始化过程, 在初始化中断向量表之后, 要根据程序中具体使用到的中断重新分配中断服务的中断向量, 这样才能保证相应的中断被触发后能正确进入中断服务子程序。在该数据采集系统中, 一共用到了 3 个中断, 分别是 EVA 定时器 2 的周期中断、光电探测器发出的 TRIGGER 中断和 EOS 中断。因此, 要将中断向量表中相应的向量与中断服务子程序建立一一对应的关系, 并通过软件使能这些中断。部分设置代码如下:

```
EALLOW;
```

```
PieVectTable. T2PINT = &eva_timer2; // eva_timer2 为 EVA 的 GP2 周期中断服务程序
```

```
PieVectTable. XNMI = &NMI_ISR; // NMI_ISR 为 TRIGGER 信号中断服务程序
```

```
PieVectTable. XINT2 = &XINT2_ISR; // XINT2_ISR 为 EOS 信号中断服务程序
```

```
EDIS;
```

```
PieCtrl. PIEIER3.all = 0x0001; // 在 PIE 中断向量表中使能各中断
```

```
PieCtrl. PIEIER1.all = 0x0010;
```

```
IER1 = 0x0004; // 使能 CPU 中断
```

```
IER1 = 0x0001;
```

根据图 5 的流程, 在整个采集系统中会出现

中断嵌套, 即在 EVA 的 GP2 周期中断服务程序中产生 TRIGGER 信号中断及 EOS 信号中断, 故在相应的中断程序中要正确地禁止或使能中断, 以保证整个流程运行正常, 不会因出现非法中断而导致程序停滞^[7]。

4.2 数据初步处理

SPI 模块接收到的 MAX195A/D 转换结果数据, 并不是需要的准确数据, 还需要进行一些简单的处理。MAX195 是 16 位 A/D 转换器, 其输出数据为 16 位二进制数。SPI 模块的串行接收缓冲寄存器 (SPIRXBUF) 及用来发送和接收数据的位移寄存器 (SPIDAT) 均为 16 位, 然而根据图 5 所示的 MAX195 转换时序, 其每次转换都要在 2 个时钟周期之后的第 3 个脉冲下降才输出第 1 位转换数据, 当脉冲信号出现后 SPI 模块就会在每个脉冲下降沿锁存 SPISOMI 引脚上的数据。因此, 为读取 MAX195 转换的 16 位二进制数据, 需要通过 SPI 的 SPIDAT 寄存器向 SPIRXBUF 寄存器移入 2 组数据, 再将这 2 组数据中相应的有效数据位进行组合, 得到 16 位 A/D 转换的输出结果。

4.3 数据上传

采集到数据后, 由 DSP 的 SCI 串行口将数据上传给 PC 机, 数据可以在收到每个 EOS 中断信

号后自动上传也可以通过设置 DSP 的 SCI 接收中断,由 PC 机给 DSP 发出指令,DSP 收到指令后将缓冲区的数据上传。注意将 DSP 的 SCI 串行口的传输速率设置成与 PC 机上串口接收工具相吻合,否则会接收到不正确的数据^[8]。

5 结束语

本文设计的采集系统可以实现光电探测器数据自动采集上传,也可根据需要发送命令进行手动数据采集。如果将程序中的诸如 CCD 的 START 信号周期用变量来表示,可以方便地更改探测器的积分时间,使采集系统在使用上更加灵活,也更易控制。

该数据采集系统也有需要改进的地方。由于串行口的传输速率较慢,通过 DSP 的 SCI 上传数据给 PC 机会占用很多的时间,如果需要连续采集数据,会出现 DSP 缓冲区不够用,这样有的数据还未上传就被新的数据覆盖。因此,可以尝试使用 DSP 片上携带的以太网芯片,通过与 PC 机进行网络连接来实现数据上传。

[参 考 文 献]

- [1] 苏奎峰,吕强,耿庆锋,等. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京:电子工业出版社,2006: 1- 55.
- [2] 宋正勋,胡贞,许红梅. DSP 器件的原理及应用[J]. 长春光学精密机械学院学报,1999,22(2): 62- 67.
- [3] 赵峰,罗俊卿. 一种基于 PC 机的多 DSP 系统设计[J]. 电子技术,1998,35(8): 34- 36.
- [4] 苏奎峰,吕强,常天庆,等. TM S320X281X DSP 原理及 C 程序开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008: 124- 145.
- [5] 李慧,马宝甫,徐小平. A/D 转换器 MAX195 的应用[J]. 电子元器件应用,2001,3(9): 16- 18.
- [6] 孙丽明. TMS320F2812 原理及其 C 语言程序开发[M]. 北京:清华大学出版社,2008: 66- 95.
- [7] 陆幼青,潘宏侠. 基于 DSP 的数据采集系统的开发与实现[J]. 机械工程与自动化,2007,140(1): 68- 72.
- [8] 苏祖辉,陈钟鸣,唐伟. DSP Builder 实现 MP3 音频解码中的 IMDCT[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2005,28(2): 168- 170.

(责任编辑 何晓雄)

(上接第 682 页)

算法的学习速率,加快了 BP 学习算法的收敛速度,提高了模糊神经网络的智能化水平,并将该算法应用到模糊神经网络 PID 控制器的设计中。理论分析及仿真结果表明,该控制器具有响应速度快、控制输出稳定、抗干扰能力强以及鲁棒性好等特点,在造纸、纺丝等工业控制领域中具有广泛的应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 杜贞斌,胡寿松. 一类复杂非线性系统的模糊控制[J]. 控制理论与应用,2008,25(4): 780- 782.
- [2] 刘涵,刘丁. 基于支持向量机的参数自镇定 PID 非线性系统控制[J]. 控制理论与应用,2008,25(3): 468- 474.
- [3] 胡包钢,应浩. 模糊 PID 控制技术回顾及其面临的若干重要问题[J]. 自动化学报,2001,27(4): 567- 584.
- [4] 潘学军,张兆惠. 基于模糊 PID 的智能汽车控制系统[J]. 控制工程,2009,16(5): 618- 623.
- [5] 田淑杭,姜丽鹃. 一种参数自整定模糊 PID 控制器的研究[J]. 电气传动自动化,2003,25(6): 282- 301.
- [6] 王建平,邵威,金铁江. 模糊自适应 PID 控制器及其在电子万能实验机中的应用[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(9): 1343- 1347.
- [7] 周峰. 神经网络 PID 控制在工业过程控制中的应用研究

[D]. 合肥:合肥工业大学电气与自动化工程学院,2006.

- [8] 宋杨,顾煜祺. 基于神经网络 PID 的蒸汽涡轮实验系统转速控制[J]. 仪表技术,2009,(12): 25- 27,30.
- [9] 孙增圻. 智能控制理论与技术[M]. 北京:清华大学出版社,2002: 169- 175.
- [10] 吕俊,张兴华. 几种快速 BP 算法的比较研究[J]. 现代电子技术,2003,24(3): 96- 100.
- [11] 王晓萍,黄海,蒋化冰. BP 神经网络 Vogl 快速算法的改进[J]. 浙江大学学报:自然科学版,2000,34(2): 143- 146.
- [12] 张国忠. 智能控制系统原理及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007: 94- 344.
- [13] 夏长亮,刘丹,王迎发. 无刷直流电机免疫反馈自适应学习神经网络控制[J]. 天津大学学报:自然科学版,2007,40(10): 1235- 1240.
- [14] Freitas A A, Timm J. Revisiting the foundations of artificial immune systems for data mining[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2007, 11(4): 521- 541.
- [15] Hart E, Timmis J. Application areas of AIS: the past, the present and the future[J]. Applied Soft Computing, 2008, 8(1): 191- 201.
- [16] 石辛明,郝整清. 模糊控制及其 MATLAB 仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2008: 127- 245.

(责任编辑 张淑艳)