

文章编号:1000-582X(2006)12-0034-03

基于 CPLD 教学 CT 实验仪数据采集系统的设计与实现*

张平,周日峰,刘丽莎
(重庆大学 ICT 研究中心,重庆 400030)

摘要:教学 CT 研制的目的,是为了更直观地演示 CT 扫描的全过程,其中数据采集系统的设计是整个教学 CT 系统研制的重点之一.文中主要介绍了 CD-50BG 教学 CT 实验仪数据采集系统的设计与实现,利用 CPLD 器件高集成度等特点,将其应用于数据采集系统的设计中,以达到减小系统体积、提高系统可靠性的目的;并针对 CD-50BG 教学 CT 机在采集数据过程中数据易丢失的现象,对数据采集系统进行了改进性的设计,增加了 FIFO 缓冲电路,在高速的数据采集过程中减少了数据的丢失,提高了数据传输的质量.

关键词:CT 系统;数据采集;FIFO 缓冲;信号处理
中图分类号:TP336

文献标识码:A

教学 CT 实验仪是为适应我国高校教学实验目的而研制的,在这个系统中,计算机采集系统是整个系统设计的重点,它的可靠性、稳定性和所采集数据的有效性都直接影响到 CT 系统重建图像的质量.在国外,尚未有相关报道;而在国内,对此进行过一定的研究,其采集原理是将模拟信号通过 A/D 变换后通过缓存器、计算机接口卡进入计算机,其缓存大小为 16 K. 而由重庆大学研制的 CD-50BG 教学实验仪是单探头低价位的 CT 系统,为了更好的获得图像数据,笔者在分析了工作时序的基础上,利用 CPLD 进行设计并增加了 FIFO 缓冲,获得了满意的图像数据.

1 CT 系统及原理

CT 系统的主要组成,如图 1 所示.

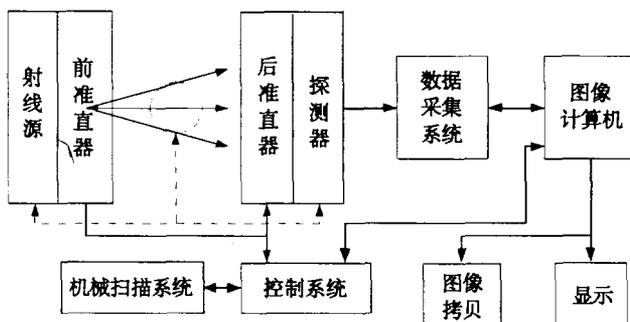


图 1 CT 系统基本组成

CT 系统主要由射线源防护系统、探测器系统、数据采集系统、机械扫描运动系统、控制系统、计算机图像系统等 6 部分组成. CT 扫描方式有平行束扫描方式、窄角扇形束扫描、广角扇形束扫描 3 种基本的扫描方式. CD-50BG 采用最基本的平行束扫描方式,其特点:射线源产生一束截面很小的射线;每个单位检测时间里检测空间只存在这束截面很小的射线. 仅有一个探测器检测该射线强度. 此扫描方式如图 2 所示.

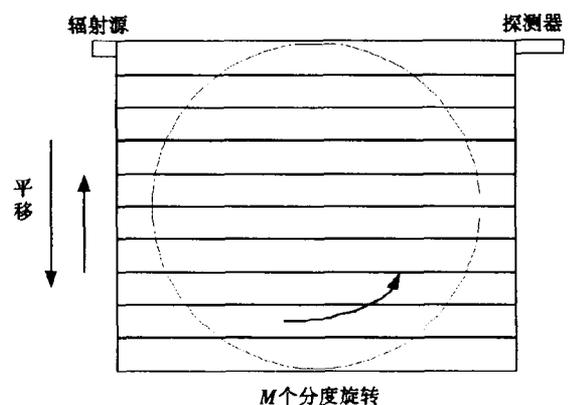


图 2 平行束扫描方式

CD-50BG 教学 CT 其运动方式采用了“平移 + 旋转”方式,在每个检测方位上,“射线源 - 探测器”组合与被测体间,按等距步进量及单位检测时间,相对于平行移动 $(N-1)$ 次,逐步形成由 N 束射线构成的平行射

* 收稿日期:2006-07-21

作者简介:张平(1957-),四川营山人,重庆大学高级工程师,主要从事计算机应用与工业 CT 研究.

线束,相应地逐步遍及并穿过所测断层,取得 N 个检测数据;按设定的角步进量,以被测体的某一固定回转轴线为中心,在检测断层平面内相对转动一个步进量角度,在回到起始位置的条件下,重复同步等距平移的过程,完成第二个方位上对断层的检测,又获得 N 个检测数据,按此重复进行;最终获得由 $N \times N$ 个检测数据构成的数据集,经校正处理后获得一幅重建的图像数据。

2 数据采集系统结构

数据采集系统主要用以获取和收集信号,它将探测器获得的信号转换、收集、处理和存储,以获取最佳的图像数据,重建出清晰的图像。因此,采集系统是 CT 设备关键部分之一。其主要性能包括:信噪比、稳定性、动态范围、采集速度及一致性等。CD-50BG 教学 CT,其工作平台 Windows98。在设计上为了节约成本,采用了数据采集与步进电机驱动控制合二为一的设计方案,降低了成本,同时也提高了整个系统的可靠性。计数器使用了 74LS590,使其计数频率可达 20 MHz,采用了 16 位 ISA 总线接口,步进电机的驱动采用开环控制方法,同时增加了 FIFO 缓存,数据采集使用了中断驱动程序,即 VXD 技术,大大提高了系统数据采集的正确性,同时也适应 Windows98 平台下的多任务并行处理特性。其结构如图 3 所示。

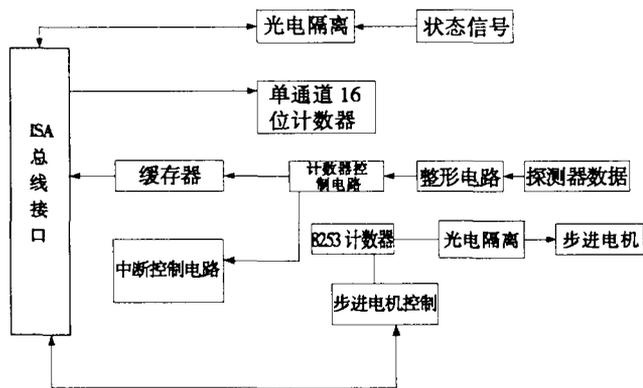


图3 采集卡系统结构

从数据采集卡结构图可知,由于来自外部探测器的信号是数字脉冲信号,CD-50BG 教学 CT,采用的是计数器直接计数方式进行数据采集,将探测器获得的数字脉冲信号直接经过相关电路将信号输入到采集卡上进行计数处理,转换成计算机所需的数据保存到计算机内供图像重建使用。控制及电机驱动电路主要实现平移、旋转信号的时序控制,这 2 个信号在步进电机驱动部分经过相应的分频处理获得,此信号的主要功能是为了获取加密了的图像数据。对于单探头 CD-50BG 教学 CT 要获得 64×64 图像矩阵,在数据采集中,需平移 64 次,每一次平移要旋转 64 个角度。

3 采集系统工作原理

采集系统使用了开环控制,旋转和平移电机均使用的是四通两相混合式步进电动机细分驱动器 SH-20503,主要特点是提供了最大 64 细分的 8 种运行模式在线可选。由于该电机是以脉冲的形式将电能转换为转子的功能,由此产生了固有的振动和噪音。两相电机整步运行的角度为 90° ,使振动的脉冲能量达到了最大的幅值。从而导致振动和噪音都十分严重,在系统固有频率附近的强烈振动很容易导致电机失步,影响电机的正常使用。为了克服这种现象的产生,利用三十二细分运行模式改变了能量传递的方式,从而使振动脉冲能量大幅度减少,在三十二细分下振动能量降低了 99.88%。从而极大地改善了电机的运行性能,尤其是低速下的运行,通过减小每步的角度,提高了电机的机械分辨率,同时可以简化系统的减速箱及机械传递机构的设计、提高精度、降低成本。

为了节约成本 CD-50BG 设计采用的是单源单探头的结构形式,在控制时序上采用了连续旋转信号(FD),这样缩短了采集时间,提高了机械的定位精度。根据 CT 扫描原理,通常旋转和平移运动都必须协调的进行,当平移(PY)到位后,被检物从某一角度开始作一周旋转运动。根据 I 代 CT 扫描原理,对于 CD-50BG 系统来说,要做 64×64 的 CT 图像,一周就需做 64 个角度的旋转运动。旋转一周后,被检物停在上次起始的角度位置处,探测器再做下一次的平移运动,平移到位后,被检物又从同一个角度开始作旋转运动,如此反复直到采集完所有的数据。在采集系统中设计了 16 位的 FD 计数器,当 PY 信号到位,FD 脉冲有效时,就启动数据采集,读取分度计数器和数据采集通道的值,当数据采集完成后,通过软件按照分度计数值进行后续处理,最后可获得一幅完整的标准图像数据。

4 CPLD 的使用及 FIFO 缓冲的设计

4.1 CPLD 的使用

由于在设计过程中分离器件太多,造成了 PCB 板面积较大,芯片间连接焊点太多,易产生寄生电容及噪声引起的功耗加大,从而使系统稳定性、可靠性下降,为此,采用了集成度高的大规模 CPLD 器件,以缓解上述矛盾。

CPLD 器件大多采用菊花链编程方式,无需编程高压,在 TTL 电平下随时可进行在线编程,编程方式简便先进;CPLD 的时钟延迟可达纳秒级,在超高速应用领域和实时测控方面有非常广阔的应用前景;对 CPLD 通过合理设计,几乎可将整个系统下载于一个

芯片中,减小系统体积,使系统更加可靠.

在设计中选择了 Altera 公司的 FLEX6000 系列 CPLD 器件来实现对整个电路图中的 TTL 电路进行了芯片集成化设计,考虑到芯片的容量和成本,选用了型号 EPF6016TC144-3 的 FLEX6000 系列芯片.

4.2 FIFO 缓冲的设计

FIFO 缓冲电路的使用主要是为了避免在高速采集过程中产生数据的丢失的现象. 使用了 MAX + PLUS II 10.0 软件直接生成一个 FIFO 缓冲,并把它集成 FLEX6000 系列芯片中,这样减少了数据采集卡的布线密度.

在设计中,采用了 74LS590 作为计数器,74LS590 是片内自带三态和输出锁存器,计数频率最高可达 20 MHz 的八位计数器. 为了达到计数范围 216,将 2 片 74LS590 通过级联形成十六位的计数器. 由于存在各种干扰,从探测器来的脉冲信号往往带有“毛刺”或“尖峰”,容易造成计数器的误计数,为了克服这个问题,在每个计数通道前加了具有施密特特性的 74LS14 芯片,利用它的电路特性,可以滤掉干扰“毛刺”,保证脉冲计数的准确.

5 结束语

CD-50BG CT 教学实验仪设计过程中,对整个数据采集系统进行了详细的分析,解决了图像数据采集不完全,数据不精确造成的图像分辨率低,画面带划

痕,图像模糊等质量问题. 其具体的改进措施如下:

1) 在数据采集卡上增加了 FIFO 缓冲,藉此来暂存采集到的数据.

2) 在数据采集控制卡上增加了中断控制逻辑,底层软件采用 VXD 中断技术,提高了采集过程中对数据传输的响应速度.

3) 同时在设计上使用了 CPLD 器件,采用了可编程芯片,大大降低了芯片的总体数量,减小了印制电路板的尺寸,提高了系统的可靠性和灵活性.

该实验仪已在十几所高校得到使用,为高校学生的实验打下了良好的基础,获得了一致好评.

参考文献:

- [1] 先武,李时光. 工业 CT 的基本原理与性能[J]. 无损检测,1996,18(2):57-60.
- [2] 黄正谨,徐坚,章小丽,等. CPLD 系统设计技术入门与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] KAREN HAZZAH. 孙喜明译. Windows VxD 与设备驱动程序权威指南[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [4] 杨俊峰,何浩,武杰. 多通道同步高速数据采集系统及其 Windows 程序设计[J]. 电子技术,2002,39(9):54-57.
- [5] 马建明,周长城. 数据采集与处理技术[M]. 西安:西安交通大学,1997.
- [6] 徐问之,张平,曾理. 一种工业 CT 机的计算机系统设计[J]. 重庆大学学报,1997,(6):103-107.

Study and Design on Teaching Experiment Instrument of CT Data Acquisition System Based on CPLD

ZHANG Ping, ZHOU Ri-feng, LIU Li-sha

(Industrial Computer Tomography Research Center, Chongqing University 400030)

Abstract: The purpose of developing Teaching Experiment Instrument of CT is to demonstrate the whole process of CT scanning more intuitively, therefore the design of data acquisition system is one of the emphases in the developing of the CT system. This paper mainly introduces the design and implement of the data acquisition system of CD-50BG, using CPLD apparatus which have the characteristic of high integration, in the design of data acquisition system to achieve the target of minishing system bulk and improving system reliability. Aiming at the data loss of CD-50BG during acquiring data, the data acquisition system is reformatively redesigned, the data loss in the high speed data acquisition process is reduced so that the stability of transmission has been improved by using FIFO.

Key words: CT system; data acquisition; FIFO; signal processing.