

微机在物理实验中的应用

尹 腾 孙家军

(鞍山钢铁学院数理系 辽宁 114002)

微机的应用使实验技术产生了巨大变革,促进了科学技术的发展。在实验研究中,各种以微机为核心的应用系统大量涌现。目前,国际上各大仪器厂家生产的新一代仪器设备,几乎全都配有微机或微处理器,用于数据处理或控制。这充分反映了在实验研究中微机应用迅速发展的趋势。在实验研究中,微机的应用大致可分为以下几个方面:

一、实验数据采集系统

在进行物理实验时,首先必须采集实验数据。利用某种检测技术将待测的模拟量由传感器和转换装置转变为数字信号收集到计算机中进行存贮、计算和处理的装置即为数据采集系统。它是重要的计算机应用系统之一。而且是自动控制、信号和数据处理、数据存贮和传输以及智能仪器设备等各种微机应用系统的组成部分。

以微机为核心构成的数据采集系统,可以在微机的控制下自动采集实验数据,并可自动设定。所谓自动设定是指微机通过接口给测量装置设定各种工作条件,如通道切换、量程选择、采样次数等等。同时,这种数据采集系统在速度、精度、抗干扰能力、灵活性、可靠性以及性能价格比等方面,比传统的电子学系统更为优越。

一般来说,只有很少几种传感器可以将待测的模拟量直接转换为数字信号,大部分传感器只能以模拟量输出。对于数据采集系统而言,由于被采集的电信号可以是模拟量,也可以是数字量或开关量,且各种信号在变化速度、幅度等性质上也有很大的不同,因而数据采集的具体方式可以是千变万化的,但数据采集的基本框图却大体相同,如图1所示。

在高速数据采集系统中,经常采用DMA方式将数据直接送入存贮器内,微机只用于设定参数和采集后的数据处理,以克服微机速度不够快的缺点。同样,还可以为每一路测量通道配置一个高速的A/D转换芯片和一个读写存贮器,实现多入口的数字缓冲存贮。数据采集完毕后,再根据需要逐路调入微机内的主存贮器进行处理。例如,我们可以用一

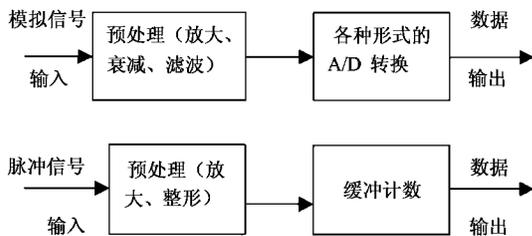


图1 微机数据采集系统

片采样速率为30MHz、精度为8位的A/D转换器和存取时间为30ns的存贮芯片构成一路视频信号的快速采集通道。由于每一通道有一个缓冲存贮器,因此可构成如图2所示的多路快速采集系统。

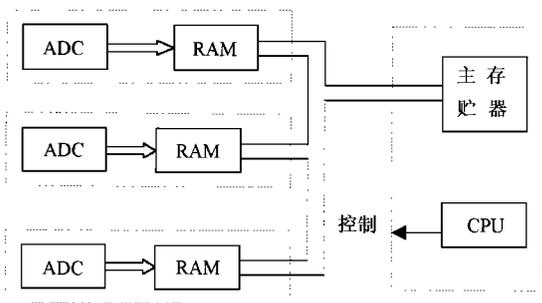


图2 微机控制的多通道高速数据采集系统

在这一系统中,如果采集通道数 $n=10$,每一路的采集速率为30MHz,则此系统每秒采集的数据总数可高达 3×10^8 个数据。

二、信号产生及信号处理系统

利用微机可以非常灵活地产生各种波形。因而可以作为灵活的频率合成装置和信号发生器使用。利用微机可以直接产生各种数字波形,也可通过D/A转换装置产生各种模拟波形。更重要的是与数据采集装置相结合的计算机数字信号处理装置。对阅读得的电信号不论是进行较简单的零点漂移扣除、系统误差补偿、平滑处理、微分、积分变换,还是进行较复杂的数字滤波、傅里叶变换、相关处理和取样平均,以提高信噪比、进行频谱分析,或从噪声中提取微弱信号,都属于信号处理的范畴。信号处理传

统上是由模拟系统实现的。目前随着 LSI 技术、微机和信号处理技术的发展,由数字电路与计算机实现信号处理的数字信号处理系统,在许多领域中占据了重要的地位,甚至取代了传统的模拟系统。一切由数字电路和计算机对电信号进行的处理都可称为数字信号处理,从这个意义上讲,各种数字式的测量仪器和各种谱仪本质上都是数据采集和处理系统。

在物理量的测量中,有时信号十分微弱,而且往往淹没在很强的背景噪声和严重的漂移之中。对这些微弱信号的提取,实验室中常用模拟式的锁相放大器或取样积分器来完成。但由于模拟系统不可能兼有高的信噪比和强的漂移抑制能力,难于满足一些特殊实验的要求。而且,在进行数据处理时,还要进行 A/D 转换,用数字方式进行处理,这就增加了系统的级数,从而引入更多的噪声和误差。采用微机技术就能克服上述缺点。提取微弱信号和数字化的工作是一起进行的,不必分成两步,因此能大大减少系统本身带来的噪声、漂移、非线性畸变等等。此外,当信号弱至一定程度时,信号本身就呈现量子化的数字性质。例如,在微弱光信号的检测中,当光信号的功率减弱到一定程度时,便成为具有一定能量的光子组成的光子流。如光的功率为 10^{-17} W 时,则光子流为 100 光子/秒。若此时仍采用模拟技术,则要将本来可以直接计数的微弱信号加以积累,变换为模拟信号,处理后再转变为数字信息,这就更加显得不合理了。对具有这种性质的微弱信号,现在大多采用光子计数的方法来检测,利用微机进行处理。

通常,DSP 是指对信号进行高速实时处理(包括高速数据处理)。低速的、非实时的处理称为数据处理。利用微机可将很多原先由硬件完成的功能改用软件实现,如曲线的拟合,平滑、数字滤波及谱分析中确定峰位、扣除本底、计算峰面积等各种处理和分

析。一般的通用微机,如 8 位机,有时速度和精度不够,因而使它在信号产生,特别是信号处理设备中的应用受到一定的限制。例如,以微机作为信号发生器输出的信号,其频率上限受到指令执行速度的限制,而用通用微机进行 FFT 频谱分析时,也感觉计算时间过长。为此,通常采用运算速度高的位片式专

用处理机来实现。不过,选用速度较快的微机配以高速的集成芯片,或应用改进的处理方法,上述缺点正在逐渐克服。例如,将通用计算机与 ECL 电路构成的数字信号发生器,用于脉冲电子自旋共振谱仪计算机控制系统,其脉冲信号频率可达 100MHz 利用 WFTA 算法以 FORTRAN 语言编写的 840 点傅里叶变换频谱分析程序,在主频为 5MHz 的微型机上的执行时间已缩短为 10 秒。

三、实验过程控制系统和智能仪器设备

在进行物理实验研究的过程中,经常需要对测量环境或实验过程的一些条件,如温度、压力、流量和机械运动等进行控制。以微机为核心的数字式控制系统对实验过程的自动控制多采用直接数字控制(DDC),即由微机按照一定的数学模型进行直接控制。在控制过程中,根据一定的模型还能随时按实际情况对参数甚至模型本身进行修改,直至得到最佳的控制条件。与传统的模拟控制方法比较,具有操作灵活、可靠性高、易于实现各种先进的控制模型等一系列优点。

测量、分析仪器等各种电子仪器设备,由于微机的引入而向“智能化”的阶段发展。所谓“智能化”就是使电子仪器具有一定程度自己管理自己的能力。美国自 1975 年开始设计的先进电子仪器,几乎全部采用了微处理器或微机。

利用各种仪器标准接口,就能以微机为中心,根据不同实验的需要,将实验室的仪器设备配套组合,联成整体。在微机的控制下自动地协调工作。在这种自动控制实验系统中,从实验数据的采集、处理和计算到实验过程的控制,都是在微机的统一管理下自动进行的。对于较简单的实验,只需要一级控制;对于复杂的实验,则可由一台或数台微机对各个部分进行控制和数据的预处理,利用小型或中型计算机作为中央控制机或主处理机,组成分布式的或具有分层管理结构的系统,从而实现实验过程的全面自动化,极大地提高实验的可靠性和工作效率。

总之,将微机应用于实验物理研究,不仅能使传统的实验技术和仪器设备的性能得到很大的提高,而且可以发展出在新概念下的新型实验技术和仪器设备,进而必将给实验研究本身带来巨大的变革,对实验研究的发展起到巨大的推动作用。