

# 高精度测角仪的电信号处理系统

张 玉 茹

**摘要:** 本文介绍一种高精度测角仪的电信号处理方法。该仪器安置四个读数头, 采用五片8031单片机形成的网络, 统一处理这四个读数头的信号。完成了从数据采集、莫尔条纹电细分8192份、精粗码组合及显示等功能。四个读数头信号的数字量相加, 消除了轴系晃动和光栅盘偏心所造成的测角误差。给机械装调带来方便。测角仪的分辨率高于0.01角秒。

## 一、前 言

随着科学技术的发展, 尤其是自动化、空间科学和国防建设等方面, 对角度和长度高精度检测, 对测角仪的分辨率提出了越来越高的要求。靠制造上单纯刻制更精细的光栅来提高测角仪的分辨率是不行的。第一是受到加工工艺的限制; 第二, 如果刻线进一步细到能与光的波长相比拟时, 光的衍射作用会使信号质量变差。采用单片机细分技术可以提高测角仪的分辨率。

本文介绍一种高精度测角仪的电信号处理方法。系统选用五片8031单片机形成的网络对电信号进行处理。采用12位A/D转换芯片实现电信号从模拟量到数字量的转换, 莫尔条纹电细分高达8192份, 提高了测角仪的分辨率。

用单片机实现软件细分和粗码计数, 代替了以往纯硬件细分电路和计数电路, 大幅度减小了测角仪体积, 并使整个仪器的稳定性和可靠性得到提高。

该仪器安置四个读数头, 对这四个读数头抽取的信号进行数字量相加, 代替信号的模拟量相加, 大大放松对轴系精度和装调偏心的要求, 并对四个读数头之间的相位没有严格限制, 即每个读数头可独立进行装调, 给轴系加工和光机装调带来了方便。同时, 对四个读数头抽取信号的处理可以更好消除轴系晃动和光栅盘偏心造成的测角误差, 提高测角仪的精度。

## 二、系统组成及工作原理

高精度测角仪由信号采集和信号处理两部分组成, 其中信号采集部分包括轴系、光栅盘、光学系统、狭缝等, 信号处理部分则包括单片机、运算放大器、比较器、采样保持器、多路模拟开关、模数(A/D)转换器、锁存器、通用并行接口芯片、译码器及显示系统等。

系统的工作原理图如图1所示。

注: 本文作者的导师为熊经武

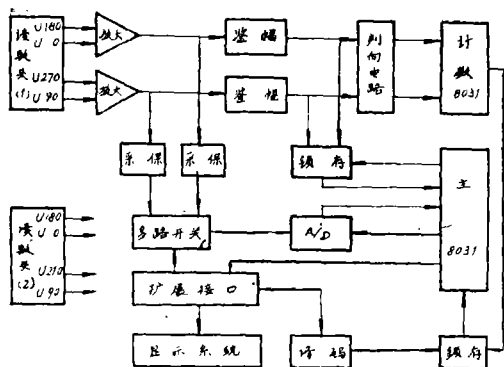


图 1

同时，放大后的信号经过鉴幅后送到判向电路进行判向，产生的加减计数脉冲由四片 8031 单片机同时进行计数，产生粗码。粗码送到外部锁存器。四个读数头的粗码计数电路完全一致，图 1 中仅给出一路。主 8031 单片机通过控制锁存器的输出允许端，取入粗码，经过精粗码组合后，送显示系统显示。

### 三、单片机细分原理

单片机细分是根据莫尔条纹信号的幅度变化判定相位差，从而决定位移的。在精密仪器测量装置中，一般采用四只光敏元件同时接收同一周期的莫尔条纹位移信息，以取得相位互差  $\pi/2$  的一组四相光电信号系统。假定四路信号拾取条件相同，四只光敏元件性能参数一致，并忽略原始信号中各次谐波的影响，则这组信号可表示成：

$$\begin{cases} U_0 = A \sin \theta \\ U_{90} = A \cos \theta \\ U_{180} = -A \sin \theta \\ U_{270} = -A \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

这是一组理想的四相交流信号系统，与实际信号有一定差异，所带来的细分误差将在后面讨论。单片机细分电路的设计和参数计算都是以此为根据的。

由式 (1) 得：

$$\begin{cases} U_c = U_0 - U_{180} = A' \sin \theta \\ U_c = U_{90} - U_{270} = A' \cos \theta \\ U_c / U_c = (A' \sin \theta) / (A' \cos \theta) = \text{tg} \theta \end{cases} \quad (2)$$

式 (2) 基本上消除了振幅波动的影响，同时又隐含了确定的位移信息。单片机通过计算  $(A' \sin \theta) / (A' \cos \theta) = \text{tg} \theta$  的值，求出相角  $\theta$ ，从而确定位移。

### 四、整体硬件设计

在硬件电路设计过程中，兼顾软件与硬件，在满足系统要求的基础上，力争减少硬件，

系统所采用的光栅盘刻划中径为 310 mm，上面刻有 64800 条刻线，角栅距为 20 角秒。为了克服轴的晃动及码盘偏心所造成的误差，在码盘上均匀安置了四个结构完全相同的光栅读数头。

每个读数头对应四个光敏元件，送出一组相位彼此相差  $\pi/2$  的莫尔条纹信号。将每组中相位差为  $\pi$  的信号做为运放的输入信号，进行差分放大，放大后的信号送到采样保持电路存贮，经模拟开关分时送入 A/D 转换电路，转换成数字量，存入单片机的内存单元，进行细分。

使之成为最小系统。

硬件电路的设计分为两部分，即粗码计数电路部分和细分电路部分。

在细分电路设计中着重介绍运算放大器和A/D转换芯片的选取及其电路的设计，同时对采样保持电路、多路模拟开关电路的设计加以介绍。

粗码计数电路设计中则重点讨论计数器的选取及计数方案的确定。介绍比较电路和判向电路的设计，并对判向电路的工作原理进行分析。

## 五、系统软件设计

软件主要用来支持和协调硬件电路的工作。本系统软件是用MCS-51汇编语言编写的。编写原则是：在更好完成工作任务的前提下，充分利用软件功能，尽可能地节省硬件，降低成本。

由于系统中采用了一片8031单片机做为主控器，实现总体控制；四片8031单片机完成计数工作，为粗码计数器。所以根据8031单片机实现功能的不同，这里将程序设计相应分为主8031单片机程序设计和计数8031单片机程序设计两部分。实现主8031单片机控制功能的程序可分为系统初始化、数据采集、A/D转换、细分、取入粗码、精粗码组合，显示结果等部分。

计数8031单片机的程序则主要完成对计数脉冲进行计数，形成粗码，并将粗码送到外部锁存器的功能。计数8031单片机受主8031单片机的控制。

系统程序约占6k的内存，并已由实验验证该程序从数据采集到六十进制的显示，所需最长时间为25ms，符合要求。

## 六、细分误差的分析

在光栅盘中，由于光栅透光不均匀、黑白比不等、光栅盘与读数头间隙变化；光敏元件的非线性及灵敏度、温度特性、暗电流不一致；线性电路的漂移和失真；以及装调误差等等原因，都会使信号波形偏离理想波形，造成信号不纯，引起细分误差。

## 七、结 论

1. 信号数字量相加代替模拟量相加，放松了对轴系精度和装调偏心的要求，给高精度测角仪的光机装调带来很大方便。

2. 12位 A/D 转换芯片的使用，增加了莫尔条纹细分份数，提高了测角仪的分辨率。

3. 用五片单片机分别实现软件细分和粗码计数，提高了处理电路对测角仪转速的响应，减少了测角仪的体积，增加了测角仪的稳定性和可靠性。

4. 该测角仪从数据采集到结果显示，软件运行 25ms 左右，若想缩短运行时间，可采用98系列单片机。

### 参 考 文 献

[1] The United States paten., No. 4225931, Interpolation apparatus for digital electronic

position measuring instrument.

[2] The British patent No. 1215970, Improvements in and relating to digital angle measuring apparatus.

## A Electronic Processing System for High-precision Goniometer

Zhang Yuru

### Abstract

This paper introduces a electronic processing method for high-precision goniometer. This goniometer, which is made of four scanning heads and five 8031-single-chip microcomputers, can process signals from the four heads. It's capable of collecting data, 8192-portion dividing (corresponding to the resolution of  $1/8192$  of the grating pitch), combining accurate codes with the coarse codes and displaying. The errors of the measured angle, due to the axle awaying and eccentric of the grating disc, is eliminated by the summation of the digital signals from the four scanning heads. It is convenient for mechanical mounting and adjusting. The resolution of the goniometer is higher than 0.01 arc second.