

用于蔡司 Phocosin* 方法的 电子学插件系统

引 言

在工业上长度和角度测量技术中，目前使用着很多种不同的测量系统和电子外部仪器。现在第一次成功地采用按照蔡司 Phocosin 方法的光电位移测量技术，把统一的测量—数字化原理广泛应用于直到 μ 以下范围。

为了能使蔡司 Phocosin 系统适用于精密测量仪器，数字控制机床或是专门的测量设备等不同的任务，把电子学系统分成为容易组合的插件。在电子学研究中突出的要求是，即使是在高精度要求的情况之下，也不必专门调准电子插件以及不必一定要与 Phocosin 传感器的光电位移信号相匹配。可以用 5 个基本插件来实现测量系统，它的应用范围在长度测量和角度测量方面具有相对分辨率到 10^{-7} ，而数字间距分别为 $0.1\mu\text{m}$ 及 $0.5''$ 。

倘使这些在技术上要实现的话，则各个插件都是用集成电路来构成的。

下面梗概地介绍一下插件系统。对一些插件加以详述。

插件系统概要

图 1 和图 2 表示做成电子插件的数字位移测量装置的分配，各个插件都是隶属于蔡司 Phocosin 传感器。用蔡司 Phocosin 方法把已知的位移周期转换成光电余弦正弦信号列。信号实际上是无高次谐波的，它是通过特殊的光学措施来达到的〔1〕。该信号列

的周期一般为 $8\mu\text{m}$ 长，它相应于刻尺的光栅常数。光电信号在前置放大器 1 中得到放大，使得信号能够无干扰地经过长的导线到达下一个插件，即插补器 2 上。前置放大器是布置在直接靠近于蔡司 Phocosin 传感器旁。

因为在技术精密测量仪器中目前数字间距计有 $1\mu\text{m}$, $0.5\mu\text{m}$, $0.2\mu\text{m}$ 甚至有 $0.1\mu\text{m}$ ，而刻尺的光栅常数则由于物理上和技术上的原因不能刻得任意细〔2〕，所以有必要采用光电信号的电子插补法。这就成为整个系统最重要的电子插件，即插补器。必需用插补系数为 8, 16, 40 和 80 的插补器以适应于上述四种的数字间距。所有插补器都是这样构成的，使得输出信号按幅值和相位都是相等的。只是内部电路是与各插补系数相匹配。

插补器的输出信号则符号正确地在可逆计数器 3 中进行计数，而测量值在数码管上显示出来。

为了进一步处理测量数据，把这些测量值存储在可进行机械阅读的穿孔带或者磁带上，以便能够在以后的时间对之进一步处理。测量数据的资料也可以用最简单的方式用打印机记录下来。在大多数情况下，在计数器上的数据储存器通过一个交接面来匹配，这个交接面把用 BCD 码所规定的测量数据转换成数据处理设备可阅读的码。

最后二个插件是带有调节模型 5 的光电流控制的电源部件 4，该电源部件的任务是对蔡司 Phocosin 传感器的白炽灯泡的工作电压在老化时进行调节，使得刻尺扫描用的

* Phocosin—光电余弦正弦的缩写。

光电流始终保持稳定。为此，在传感器中装设一个光电二极管以观察未调制的光电流。光电流表示在电源部件的调节电路中的调节量。因为光是通过一根光导管来传到传感器的〔1〕，所以照明装置和电源部件合装在一个插件中。

这里所列举的蔡司 Phocosin 系统的电子插件，既适用于数字长度测量，也适用于数字角度测量。只是用于角度测量的计数器配备有六十进计数的十进制。

下面详细说明二个最重要的插件：插补器和可逆计数器。

插补系统

在光电位移信号电子插补方法中，基本上有二种可能性。一种是信号的线性插补法，另一种是非线性的或者叫匹配的插补法。这二种插补方法通过下列特征加以区别。

彼此相位移为 90° 的位移信号表示一个旋转场，其中场的旋转角度 φ 为插补位移 X 的一个函数。在线性插补法时，在等距的旋转角度位置上产生脉冲。在这种情况下，旋转角度与插补位移成比例。

$$(1) \varphi = nx \quad n = \frac{2\pi}{p}$$

P = 光栅周期的长度

X = 插补位移 $0 \leq X \leq P$

这个条件只有当位移信号无高次谐波情况下才能实现〔5〕。反之，如有高次谐波存在，则在 φ 与 X 之间不存在线性关系，而且插补器必须与信号相匹配。它也不能够是继续可更换的。

如前所述，蔡司 Phocosin 方法实际上提供的是无高次谐波的位移信号，这样，就可以应用线性插补。一系列的插补技术已为人们所知〔3, 4, 5〕。对于我们这一系统发展了一种插补方法，其特点是在于特别简单而工作可靠。插补方法将在图 3 中用信号

图对各个插补系数加以说明。

插补系数 8

在系数 8 时，采用原始信号

$$(2) U = \sin nx, U = \cos nx$$

在其过零点进行触发就够了。二个矩形电压的边沿依次相继跟随 $\frac{P}{4}$ 的距离，见图 3a, b。如图 4 表示的那样，这些矩形电压是通过一个“异-或”线路彼此这样连接，使得在输出端 A 仅产生一个矩形电压，其边沿距离恰等于 $\frac{P}{4}$ 。此外还产生了相位移 $\frac{P}{8}$ 的第二个矩形信号，其中，从二个原始信号通过全波整流构成其绝对值并且彼此相减，图 3c。近似三角形的差值信号可以通过付里叶级数

$$(3) U = \frac{8}{\pi} \left[\frac{\cos 2nx}{1.3} + \frac{\cos 6nx}{5.7} + \frac{\cos 10nx}{9.11} + \frac{\cos 14nx}{13.15} + \dots \right]$$

来表示。这些信号的过零点，其频率为原始信号的二倍频率，是在位置为 $X = (2m+1) \cdot \frac{P}{8}$, $m = 0, 1, 2, 3 \dots$ 上。这一近似三角形的信号在过零点上用比较器 K' 进行触发，这样，在八分之一电路的输出端 B 处产生一个矩形电压，同样具有 $\frac{P}{4}$ 的边沿距离并且对于在输出端 A 处的矩形电压来说相位移为 $\frac{P}{8}$ 。计数器的输入逻辑则符号正确地对二个矩形电压总的边沿数进行计数，刻尺的 $8 \mu\text{m}$ 光栅周期用电子学分为八分之一。

插补系数 16

通过“八倍”插补技术的适当的继续处理还能实现插补系数 16。它是从八分之一电路（在图 5 中以方块来表示）出发，并把其输出信号再连接成一个矩形信号，其边沿距离为 $\frac{P}{8}$ ，并产生在输出端 A' 处。

这时经过模拟运算产生第二个用于细分 $\frac{1}{16}$ 要求的信号。图 3d 是示意说明，如何得到这一同样是近似三角形的信号。图 5 表示

电路的原理结构。原始信号 $\sin nx$ 和 $\cos nx$ 分别在第1, 2级进行相加和相减, 这样就分别产生信号 $\sin\left(nx + \frac{\pi}{4}\right)$ 和 $\cos\left(nx + \frac{\pi}{4}\right)$ 。

该信号的负的绝对值与在 $\frac{1}{8}$ 电路的接点C, D处提供使用的原始信号的正的绝对值在5相加。这样产生的信号通过付里叶级数

$$(4) \quad U = -\frac{16}{\pi} \left[\frac{\cos 4nx}{3.5} + \frac{\cos 12nx}{11.13} + \frac{\cos 20nx}{19.21} + \frac{\cos 28nx}{27.29} + \dots \right]$$

来表示。该级数的零位是在 $X = (2m + 1) \cdot \frac{P}{16}$, $m = 0, 1, 2, \dots$ 处。通过这个式子所说明的电信号在过零点处通过比较器 K_1 进行触发, 则在 B' 处产生一个矩形信号, 其边沿距离为 $\frac{P}{8}$, 并与在 A' 处产生的矩形信号相位差为 $\frac{P}{16}$ 。因此通过刻尺的 $8 \mu\text{m}$ 的光栅周期产生16个矩形边沿, 所以光栅周期是电子细分了 $\frac{1}{16}$ 。从这四个细分 $\frac{1}{16}$ 所需要的模拟信号通过全部的绝对值的相加(如图3e和图5所表示的), 还附加产生一个少许调制的直流电压, 它在刻尺与传感器之间的任一相对位置都是存在的。这个直流电压的变化是正比于这二个原始信号的幅值和相位。当这个量达到不许可的变化时, 它会引起插补故障, 此直流电压就用来借助于比较器 K_2 产生一个告警信号。

插补系数 40

在电子细分 $\frac{1}{8}$ 和 $\frac{1}{16}$ 情况下, 原始信号和由此而导出的近似三角形的信号在过零点上进行触发, 而在细分 $\frac{1}{40}$ 的情况下, 通过式子3所说明的近似三角形的信号附加地与比较器这样相交切(比较器的参考输入端是在已校正过的分压器上), 使得所规定的位移间距相应于插补间隔 $\frac{P}{40}$ 。图3c画出了这些相交点, 而图6则表示细分 $\frac{1}{40}$ 的方框

图。电路作用如下: 原始信号通过比较器 K_1, K_2 在过零点处触发; 近似三角形的信号通过比较器 K_3 在过零点处触发。此外近似三角形的信号各处于比较器 $K_4 - K_{11}$ 的输入端上, 其参考电压以及相交高度对于信号的正半部分是通过分压器 $R_1 - R_5$ 来确定的, 而对于信号的负半部分是通过 $R_6 - R_{10}$ 来确定的。这是此电路的一个重要的细节部分, 即在分压器上用参考电压来代替固定的直流电压, 参考电压是相当于在以前的段落内所叙述过的告警信号。这个直接产生于原始信号的参考信号, 其作用在于, 即使在原始信号的幅值和相位变化的情况下, 插补过程依然不受干扰地工作。这样就达到了插补器的高的工作可靠性。

在插补时, 在比较器的输出端产生一系列互相交错而又分层的矩形信号, 这些矩形信号在3中彼此在逻辑上这样相连接, 使得在插补器的输出端再产生二个矩形信号, 其边沿距离为 $\frac{P}{20}$, 彼此相位移为 $\frac{P}{40}$ 。因此通过 $8 \mu\text{m}$ 的光栅周期产生40个边沿, 光栅周期被分为 $\frac{1}{40}$ 。

参考信号是相应于在 $\frac{1}{16}$ 细分所叙述过的告警信号, 这里也是通过一个比较器 K_{12} 来监视的。

电子细分 $\frac{1}{80}$ 的电路, 原则上与 $\frac{1}{40}$ 电路结构相同。只在于近似三角形以18个相交点来代替8个相交点。

可逆计数器

在这个插件的输入逻辑中, 对于通过插补器所产生的矩形信号的全部边沿进行计

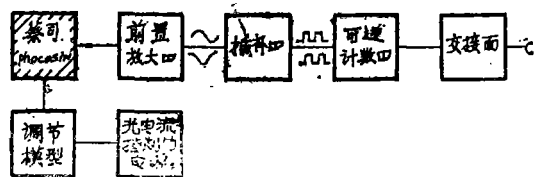


图 1

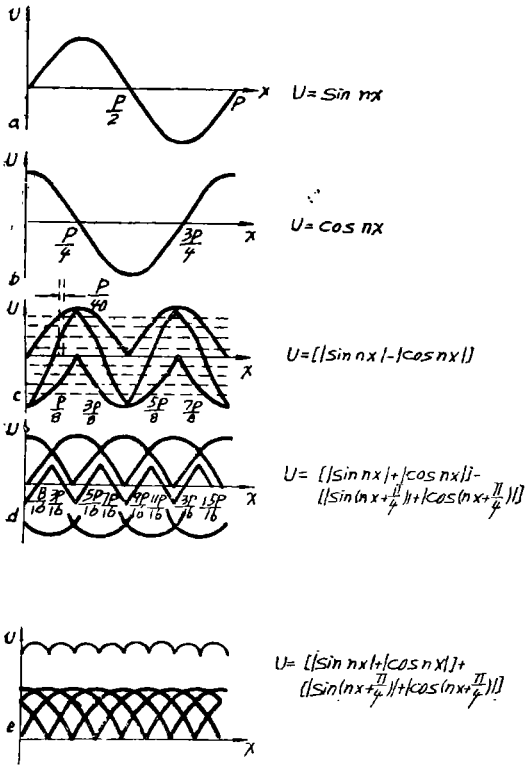


图 3

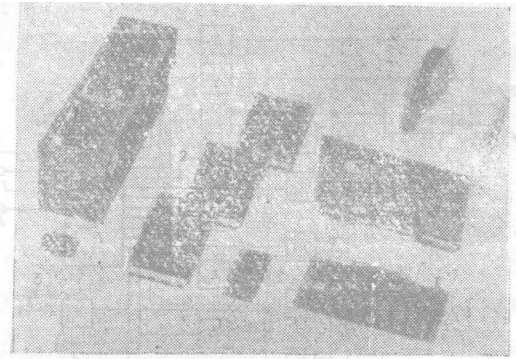


图 2

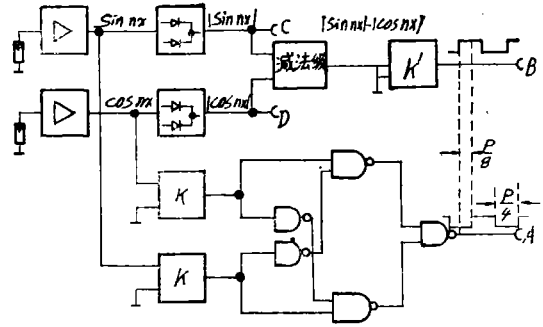


图 4

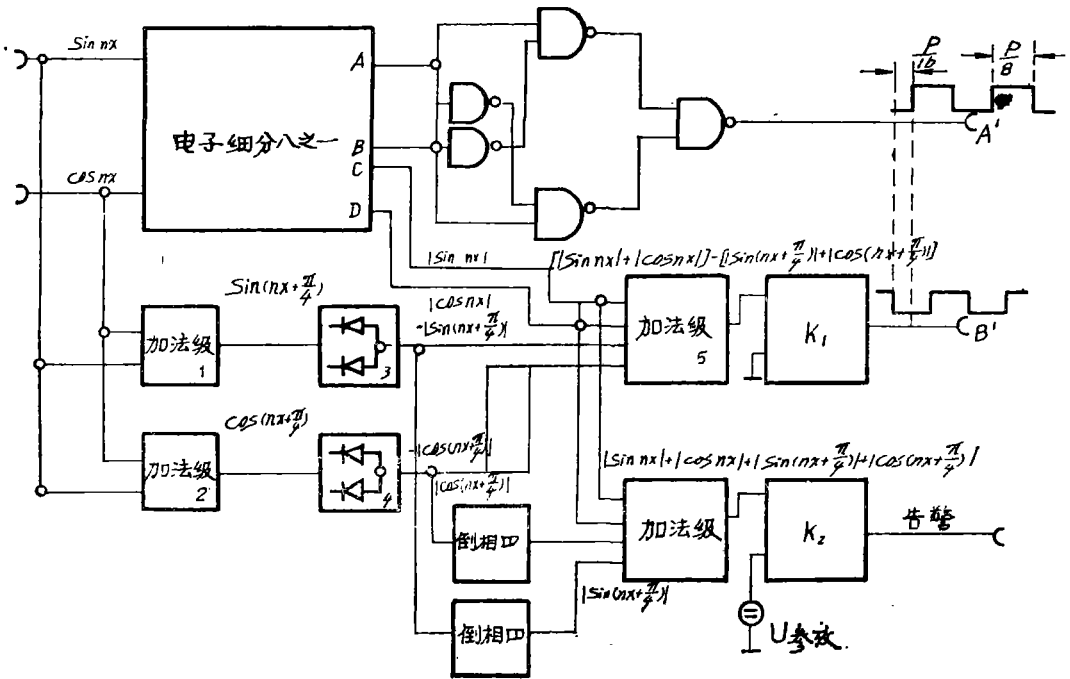


图 5

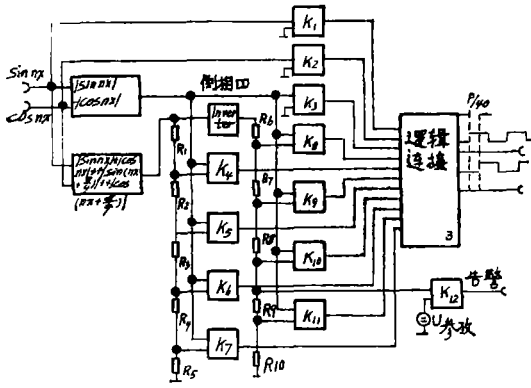


图 6

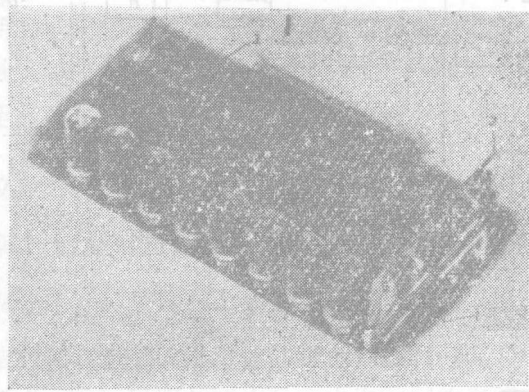


图 7

算，并且在一个专门的计数器内符号正确地进行计数。计数器部件是做成同步计数器，它采用 TTL-技术并具有全部集成的可逆十进制。输入逻辑是周期工作的。这就是说：当一个脉冲发生器的一个时钟脉冲释放电路的输入端时，插补器的矩形信号才被接收在计数器中。这些情况仅仅发生在约30毫微秒的时间内。在其余的时间内输入端是阻塞的，这样使得到达计数器输入端的干扰脉冲不能发生作用。

计数器是由三块线路板组成的紧凑的插件，见图7。在基板1上有着数码管及指示管的全部十进位计数，但是第一个十进数除外，它是作成可插的线路板2。用于长度测量的是装有符号指示的7个位数。通过更换

第一个十进位计数，可以有选择地实现 0—1—2…，0—2—4…或 0—5—0…的计数方式。线路板3有输入逻辑，脉冲发生器及符号逻辑。这块板同样是插在基板上的。在输出插头上有着以 BCD 码表示的计数状态可供检查。

结 论

把电子学插件系统用于蔡司 Phocosin，在数字间距分别为 $0.1\mu\text{m}$ 及 $0.5''$ 的情况下，可以实现测量位移的相对分辨率到 10^{-7} 的测量系统。插件基本上是用集成电路技术组成的，其优点是高的工作可靠性及实际上寿命无限。由于采用插片结构，系统是易于维修。插件用简单的操作就可以更换。在蔡司 Phocosin 传感器上插补器的调整是没有必要的。

最大测量速度在 $8\mu\text{m}$ 系统时目前为 400mm/秒 。原始信号的幅值下降到理论值的 50%，或者相位偏移 45° ，电子学部分保证正常工作。数据输出是用 BCD-1248 码。

图 1：位移测量装置，方框图

图 2：插件系统

- 1) 前置放大器
- 2) 插补器
- 3) 可逆计数器
- 4) 光电流控制的电源部件
- 5) 调节模型
- 6) 交接面

图 3：插补—信号列

图 4：电子细分八分之一，方框图

图 5：电子细分十六分之一，方框图

图 6：电子细分四十分之一，方框图

图 7：可逆计数器

参 考 文 献

- [1] A. Weyrauch, Eine neue Lichtelektrische Digitalisierungseinrichtung für Längenmessungen mit $0.1\mu\text{m}$

- Digitalschritten. ZEISS-*Inform.* **18**, 82(1970, Heft 77).
- [2] A. H. McLraith; An Introduction to the Theory of Crossed Diffraction Gratings and Their Application to Linear Measurement. *Machine Shop Mag.*, **23** April 1962; **24**, Jan. 1963.
- [3] J. Neumann; Ein elektrisches Interpolationsverfahren für Lichtinterferenzen. *ZEISS-Mitt.*, **5**, 5. (1969. 1—2 Heft).
- [4] A. T. Shepherd; Recent Developments in Moiré fringe Measuring Systems for Machine Tool Control. *Int. J. Mach. Tool. Des. Res.* **3**, Pergamon Press 1963.
- [5] O. Trötscher; über Fragen der digitalen Wegmessung mit photoelektrischen Wegmessgeräten hoher Auflösung, *Optik* **28**. 210. (1968/69, Heft 3).
译自: "Opton Information" 20Jg, Heft 80, s11—14.