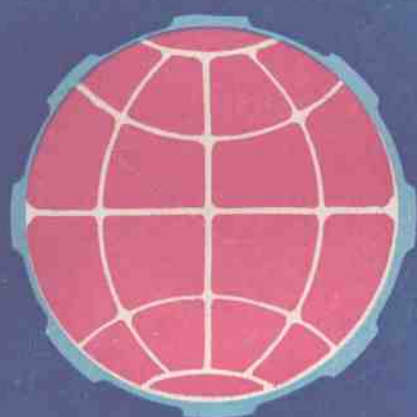


INDUSTRIAL TECHNOLOGY FROM ABROAD

国外工业技术



1984

1

目 录

微 处 理 机 应 用	微处理机与仪器仪表革命	1
	可编程序控制器的发展及其应用方向	5
	采用微处理机的互相关流量计	12
	微处理机的信号转换技术	18
	微处理机在工业过程气体色谱仪上的应用	20
	带微处理机的电磁流量计	25
	采用微型计算机的自整定和自选择调节器	29
	用微处理机控制激光波长	36
光 学 应 用	光学技术的过去和现在	41
	物理光学在照相机方面的应用	50
	激光在生产工艺中的应用	57
	红外光纤及其应用	62
检 测 技 术	半导体掩模缺陷自动检验装置	67
	超声测量在线硅片厚度	71
	热处理技术的最新动向	76
	采用粉末冶金制造无缝合金钢管	81
新 型 仪 器 仪 表	安全可靠的光学测速仪(11) 手提式焊接电流表(24)	
	稳定可靠的压力表(24) 改进的管道内径镜(40)	
	四合一测量仪表(40) 小型电视摄影机用的微电机(56)	
	数字面积仪(56) 微小尺寸的精密光测(75)	
	热点观察器(80) 安全销为电动机提供连续保护(82)	

微处理机与仪器仪表革命

吴 钦 炜

微处理机和微型计算机是七十年代科学技术发展的重大成果之一。八十年代将是它们大量普及应用的时期。

微型计算机的出现,促使了工程技术发生重要的转变,改变了应用计算机的观念,扩大了计算机应用的范围。现在电子计算机再不只是为大型系统工程、企业或复杂的科学试验计算所专用,而是已经渗透到人类生活的一切领域。

自晶体管问世以后,计算机技术出现了惊人的发展。而作为计算机技术基础的半导体技术更是突飞猛进。若按以往的进度为比较标准,预料半导体技术的应用和计算机功能在八十年代会发展到人们难以想象的地步。六十年代前,“晶体管化”这个词曾引起过人们的想象,而现今我们已经看到所有的电子仪器设备都已经实现了晶体管化。同样,在七十年代,“微处理机应用”对我们来说还是陌生的事情,然而,不久就可看到许多电器装置都带上了微处理机,并具有不同程度的智能。因此,我们对微处理机和微型计算机的作用的估计怎么也不会过高。特别在仪器仪表这个微处理机的典型应用领域里,由于微处理机的大量推广和应用,将使仪表灵巧化、智能化,最终导致仪器仪表的革命。

一、半导体技术的发展已使

微处理机进入第四代

微处理机是半导体大规模集成电路(LSI)技术发展的产物。因此,LSI技术的发展支配着微处理机的发展。在八十年代初,微处理机正在向第四代迅速发展。

随着LSI技术的发展,从1971年开始到

1977年的六年里先后研制出了4位和8位的微处理机。1978年作为第三代的16位微处理机开始研制,并于1979年获得成功。代表性的有英特尔公司的8086机、摩托罗拉公司的MC68000机、西洛格公司的Z-8000机和德克萨斯公司的TI9900机等。最近,各大公司又开始32位微处理机的研究设计,这种微处理机和存贮器的发展都是建立在超大规模集成电路(VLSI)和超高速集成电路(VHSI)技术基础上进行的,可以说已进入第四代。

VLSI和VHSI的出现,将成为八十年代半导体技术的主要标志。它将使每个单片所容纳的数字门电路提高到1~5万个。这么高的集成度对可靠性提出了更高的要求,预期是在1000小时操作中,在有着10万个门电路的系统里只容许其中一个失效。就是说,它的失效率将会是0.001%/门电路/1000小时。这种电路的另一个特点是降低了系统成本,节省了操作维修费用,延长了使用寿命。

半导体技术的未来是无限广阔的。现在所进行的VLSI和VHSI的研究设计还处在起步阶段。同时美、日、英等国正在进行所谓大面积集成电路(LAI)的研究,这就是在每平方英寸面积的单片上集成上百万个元件,把整个计算机系统的各种输入输出接口和很大容量的存贮器都集成在一块单片里面,因而将打开许多应用的大门。据资料介绍,目前能够做到的单片集成器件已经达到75000个晶体管,今后几年将再增长到50万个以上晶体管。这样做出来的单片微型计算机(SBC)将是把指令处理器、程序存贮器、数据存贮器、I/O接口和通讯器等都合并在一

块电路上,这时候的一台计算机已成为一个部件。将它们设计成通用部件,可以组合成智能数据管理系统、通讯系统等不同用途的系统。这种技术上的变革,肯定对今后的社会及计算机技术发展带来深远的影响。

二、微处理机在自动控制装置中的应用

现在,微型计算机与小型计算机的差别确实很小,以至于没有必要也不大可能在两者间划出明显区别,换句话说,微型计算机可以取代小型计算机了。最明显的是在自动控制领域里,采用微处理机的控制器在技术性能要求上,能够与早期的过程控制计算机相媲美。

近年来可编程序控制器正在大量地取代着用继电器逻辑或逻辑块做成的顺序控制器。它们的优点是:(1)硬件价格有竞争能力,通常不需要贮存备件;(2)可实现控制作用的范围很多,如定时器、计数器、数字定值控制、数字配比控制等;(3)程序编制简单灵活,操作者易懂并易掌握;(4)输入输出接口和部件在控制器之间可以互换。这种可编程序控制器的进一步发展,将具有更高级的类似计算机功能,可以引进并行多路扫描控制器,以缩短扫描时间,进行快速扫描测量记录;同时进一步改进设计,以提高可靠性。据报道,可靠性目标是:处理器和电源部件的MTBF达到3~5年,每个I/O点达到20~50年。

在生产过程控制方面,连续模拟量调节器的许多功能,现在都可以容易地换上程序形式,用新的数字调节器来实现直接数字控制,受到了用户的欢迎。这种带有微处理机的数字调节器,除可以作PID控制外,还具有高级控制和程序运算功能,以及程序控制功能;可以做成多回路或少数回路;并能适应传统习惯与模拟仪表混合安装,构成数字模拟混合系统。一般说来,它们具有高精

度、自行诊断、可以扩展与计算机系统相联使用。它们内部设计有标准程序包,能进行几十种运算调节功能,使用时只要利用操作按键来选定组成系统。它们能与上位计算机进行信息交换,实现各种程序控制操作和集中监视操作,并与CRT操作控制站配合,构成分散型综合控制系统。这样在技术性能要求上,完全代替早期的过程控制计算机。

自1975年美国霍尼威尔公司最早发表了综合数字控制系统TDC-2000以来,以微处理机为基础的数字控制系统的发展至今经历了三代的变迁。

第一代——集中分散型控制系统(1975年以后)。这是多回路调节控制器构成的系统装置,所用微处理机大多数是8位(少数是16位),控制回路数大多数是8个(也可有16、32、48个),具有多输入、多输出,备有几十种控制算法作为标准功能,同时装有模拟仪表作为后备,通过数据总线由CRT操作控制站进行集中监视操作。这种装置适用于较大的系统,实现多级递阶控制。

第二代——单回路数字调节器系统(1979年以后)。这是为实现更能灵活使用而设计开发的单回路调节器,所用的微处理机大都是8位,控制回路数是1个。它将各种调节功能和附加的控制算法都编制好程序存在仪表的半导体存储器内,充分发挥微处理机的灵活性和信息数据的存贮能力。它具备的调节控制功能都是模拟仪表难以实现的,所以特别适用于少回路的复杂控制系统。此外,它的监视操作功能和自诊断功能都超越模拟仪表的界限。这种系统既适用于小型控制系统,又具有可扩性,正受到用户的欢迎。

第三代——分离型数字控制系统(1982年)。这是采用新型结构的单板调节器控制系统,将单回路调节器的端子部分,控制功能部分和显示操作功能部分三者分开,控制功能部分做成单板插卡式组件,由不同组件构成所需要的控制系统,其集中监视装置和运

算控制装置是完全分开的。这种系统既保持单回路调节方式的简易性和独立性，又具有多回路调节方式的可扩性和灵活性，能与集中分散型控制系统相兼容。对用户来说，它还具备在线更换插卡组件、故障自行诊断、传输系统双重化等特点，有效地提高了可靠性和维修性。这种控制系统正在研制开发。

显然，采用微处理机为基础的数字控制系统正在发展之中，由于用户系统有大有小，要求控制功能有高有低，因此，系统构成如何定型才能满足各种各样要求，是需要研究并实践的。同时，人们普遍认为，数字控制系统的关键是要有可靠的数据通信和软件结构设计，这问题现在已成为微处理机在过程控制系统中应用研究的主要技术内容，外国的仪表公司都组织力量在这方面下功夫。

三、微处理机在测量方面的应用

目前新的测量技术几乎都考虑采用微处理机和微型计算机。采用微处理机的测量仪表与传统的仪表相比，有许多优越性，例如：

(1) 提高测量可靠性，测量数据可以存取；

(2) 扩展测量范围，或实现复合参数测量(如气体质量等)；

(3) 提高测量精度，对测量值进行各种校正和补偿；

(4) 可排除外界干扰，进行有选择性的测量；

(5) 灵敏度高，可进行微小信号的测量；

(6) 扩大测量功能，从单点测量发展到多点测量和线面测量，并具有固定的数据处理功能；

(7) 在一定程度上进行自诊断，确定故障位置和故障界限，状态的识别、恢复和改变等；

(8) 具有数字接口，能与计算机直接联接等等。

其实，从自动化技术来说也必须把测量

放在第一位。首先要保证获取正确的信息，然后才能实现有效的控制。目前在测量仪表中微处理机应用的途径大致有三个方面：

(1) 改进传感器的设计：精度和再现性是测量仪表的最主要特性，但检测传感器大都存在着非线性特征和转换后二次变量的响应问题。因为过去大都采用较复杂的机械装置或电气装置。现在将用微处理机应用于非线性校正及温度压力等条件补偿，可明显地提高精度和再现性，且使传感器结构设计简化，能较长期保持校正功能，提高MTBF可靠性。例如，新设计的气体质量流量仪表，采用8085型微处理机，精度可达 $\pm 0.05\%$ ，它可按照30种不同运算方式工作，便于与涡轮流量计或孔板差压流量计配用，带有温度、压力、密度校正，量程范围和刻度系数及各项常数值均通过键盘由操作者输入，计算机能自动校正并作出误差诊断。

(2) 显示方式的改变：目前采用模拟数字混合技术，已成为许多仪表设计者的主要课题，过去借机械位移的指针移动显示读数的方式，将被电子方式以光柱、图形、符号等表示来代替。新型微处理机式指示调节器都设计成由200根细丝光柱组成的刻度来做指示器，其读数精度达到0.5%。近年来，CRT显示与高可靠性、高密度的报警显示得到很普遍的采用。它配有数字键盘，容许操作者安排各种复杂的测量程序，只需按几下键盘符号，就可方便操作。这种显示方式的好处是面板简化和操作便利，所以智能式CRT显示装置被称为微处理机时代的自动平衡式显示仪表。

(3) 测量控制功能的一体化：由于微处理机体积小，可以隐蔽安装在仪表内来实现各种逻辑控制和运算控制，这样可使仪表按各种不同要求多样化起来。例如美国汽车设计人员面对着政府规定的减少污染和节省燃料的要求，现在新设计的汽车上都将装配微型计算机，实现发动机连续多变量控制。它

既可测量显示汽车速度、引擎转速、里程、温度等,还可提供瞬时燃料效率(英里/加仑)、燃料消耗量、维修提示;甚至还可设想防止外来碰撞和故障诊断等特种功能。又如许多分析仪器都已配装着微处理机,对样品测量后的大量数据进行实时处理,实现数据处理自动化;同时对仪器操作进行顺序控制,实现测量操作自动化,大大提高分析仪器的效率和精度。当然,这些功能的实现,更多地要依靠软件,因此软件的重要性显得越来越为突出。

四、微型计算机的推广应用 与软件硬化技术

回顾过去电子计算机的发展,每当新一代的产品出现时,很多本来由软件执行的工作就会被硬件所替代,这种趋势称之为“软件硬化”,或称“硬软件”。

第一代硬软件,只实现顺序控制和乘除等组合运算功能;第二代硬软件,可实现指

数、浮点、三角函数、开方根等各种运算功能;到七十年代,第三代硬软件,就实现了执行操作控制、输入输出控制、信息处理系统等功能;进入八十年代的第四代硬软件,将实现各种应用功能,如人事管理、企业管理、财务管理、机械自动操作功能等。

微型计算机发展到今天,它的软件系统已经大大丰富,它在应用软件、操作系统软件、实用系统软件、高级算法语言等几个方面都有新的发展。人们预测八十年代微型计算机中软件硬化技术将发展得更快,特别是各种应用软件和实用系统软件都应该能以硬件的形式装进微型计算机内,然后根据系统的需要任意选配,使得采用微型计算机的各种仪器仪表进一步实现智能化。这时候,开发一个微型计算机应用系统的主要劳动(据估计将占90%的成本费用)将是编写软件或设计制作硬软件。显然,微型计算机的前景取决于软件硬化技术进展。

(上接第66页)

晶体做成的光纤是否理想。因此,休斯研究所作了把氯化铍玻璃作为用于 $10.6\mu\text{m}$ 波长纤维材料的评价性实验,日本电气综合研究所所以玻璃制的空腔波导管作为 $10.6\mu\text{m}$ 波长的传输介质,认为是可以的,理论值能达0.5分贝/公里,实验值达2分贝/公里。

硫族玻璃就是含有硫、硒、碲的硫族元素玻璃,这种玻璃的优点是性能稳定。但问题是,这些元素组成一起,其化学计量成份是不一致的,如硫化锗,锗与硫的成份比例是用 GeS_x 来表示的。即 x 不是固定值,而可取多个值,硫化锗实际上是一种成份比例不同的组合体,这是引起散射损失的重大原因。

有人提出,这是硫族玻璃的基本性质,硫族玻璃纤维的低损耗看来有限度。

人们一致认为,不管何种红外光纤,要获得超低损耗的光纤,是一件并不容易的事情。

七、结 束 语

石英光纤的丰硕成果,引起了人们对红外光纤的重视。能够获得含水量仅为1ppb以上的石英光纤及损耗为0.2分贝的光纤,在10年前是谁也没能预料到的。

陶祥元译自《O Plus E》1982年9月70~77页

可编程序控制器的发展及其应用方向

去年以来,可编程序控制器(PC)已经发展了几种不同型号的装置,如一些工厂生产的小型PC,可经济地代替电器机械控制中继电器的功能。PC进入了一个新的应用领域。在此大型的PC是不经济也不合理的。

与此同时,PC的计算能力和控制功能比以前更进一步加强了。某些供应厂商推荐了用于分散系统中多个控制器间互相联络的数据通讯系统,它们在复杂性、数据校核、冗余校验和其它先进功能方面,是可以与分散型控制器的数据通讯系统相匹敌。

目前的PC都普遍带有模拟控制功能,越来越多的PC设计成可以同时接收模拟量、数字量和开关量,并提供P、PI或PID控制和逻辑控制。

这些模拟量的研究成果反映在分散型过程控制中,它引入了包括可编程序逻辑控制,同时又有传统的模拟量控制的过程系统。

大型可编程序控制器和分散的控制器发展的相似性,未必意味着它们一定会合并成同一种控制器,或直接与另一方相竞争,用户正发现它们是相互补充的,好几种现有的可编程序控制器的装置已与分散控制系统相连接。

尽管现代程序控制器可以完成复杂的功能,但设计人员仍然继续力求达到使编程容易,排除故障方便和维修简便。对一般的控制顺序使用“模块”或“功能块”式的预编程软件,就能使相当复杂的数据处理、存贮和控制程序由用户使用传统的继电器梯级图来完成。微处理器功能的增强和半导体数据存贮器的日趋便宜,使得这样的编程方法得以实现。

在故障检修方面,现在许多控制器采用

自诊断和易懂的故障性质和位置的自动显示,大多数程序控制器都采取可以用更换插入式的电路板来确定故障的结构形式。

对任何用户来说可靠性是一个重要的因素,幸而现在在所有各种类型的生产过程、制造厂和应用厂中有许多种PC装置,因而正在积累在各种条件下的可靠性记录数据。

一、小规模的控制

加拿大Entertron公司制造的用微处理器控制的SK-1600控制器代替5~50个继电器。Davis Controls公司提供的分散型控制器,采用一个便携式编程器可以对任意顺序操作进行编程,为防止掉电引起的程序掉失,这些程序存入一种紫外线可擦去的可编程序只读存储器(PROM)中。该装置包括16个光隔离DC或AC输入和16个光隔离及全保护的三端双向可控硅输出。

由Scarborough Out.公司制造的和Promac Controls公司销售的ILC400控制器用一个中央处理单元控制47个可保持的继电器,4个计时器和能容纳512条指令的可改写的可编程序只读存储器(EAPROM)。它可替代大约12个继电器。通过一个插入式的键盘,编制程序采用梯级图形式输入程序,这些程序暂存在随机存取存储器(RAM)中以备检查和修改,然后由机内PROM熔丝熔断器将程序转写入PROM中,装置对特殊需要的适应性由组件结构来保证,在这种结构中,中央处理器接受插入式组件的信号,如输入/输出组件(最少是16点输入和16点输出)、计时器组件、计数器组件和模拟器组件,同时也有可编程序器的。

Eagle Signal公司生产一个系列的控制

器,最近推荐一种代替 5~128 个继电器的 PC。这种 PC 的处理器在提供常规的继电器功能、计时和计数功能(包括 32 个计时器或计数器)的同时还包括移位寄存器和计算电路,使它能够完成 6 种数值比较和算术功能。多达 420 条的程序语句可通过一个便携式键盘和采用继电器梯级图的显示单元进行输入。已送入的程序还可以回送到编程器,以便整理编辑。“搜索”功能使用户能找出和检查任意的控制单元,而无须去通入一个 Cntuze 程序。

Modicon Canada 公司最近推荐一种 PC,它可代替 4~60 个继电器,这种 Miczo 84 可对多达以 8 点为一组的 64 个 I/O 编程,采用一个用液晶显示梯级图的编程器输入程序。或者,也可使用与这家公司生产的其它 PC 相兼容的阴极射线管(CRT)编程器。为便于迅速地修改程序,程序可存放在容易拔出和更换的插入式的 EPROM 中,寄存器和计算线路可承担数据处理。各种搜索功能、禁止和使能功能、误码显示和其它功能有助于编程和排除程序中的错误。

德克萨斯仪器公司的 510 型 PC 应用于需要 4~20 个继电器的场合。它特别适用于需要有计时鼓功能的应用场合。继电器梯级图或计时鼓顺序图都可以借助一个能存取 256 字内存容量的手动编程器将程序编入装置内。由于每一条鼓指令可模拟一个有 15 个输出、16 步的电机计时鼓,故四条内部计时鼓指令中使用其中一条就可提高内存的效率。功能很强的诊断程序、功率通量和触点状态指示和其他功能也有助于编程。这种程序控制器包括有 12 点输入和 8 点输出的 I/O,它们的安装都设计得很简单。一个把控制系统相连的计算机通讯组件正在开发之中。

Allen-Bradley's 公司在小型 PC 领域中的产品是 Mini PLC-2/15。它的容量适应多至 128 个 I/O 装置。它的最大内存容量 2K

RAM 作为 2K EPROM 的后援。它允许程序从 RAM 向 EPROM 在内部传送。可执行 4 种算术功能和使用一种扩充数据表格。现有的程序功能包括文件指令,“转移到”标号或子程序,块传送和逻辑指令。多达 488 个计时器或计数器可编入程序。在一个系统中为了与其它 PC 相连,还具备一个数据公用通道的能力。

Omron 公司的一种小型 PC 称为 Sysmac MO,是另一种用于代替至少 4 个继电器的程序控制器。它由一个装有可编程面板的中央控制器和显示器组成,按数码字键和功能键,用继电器梯形图或逻辑符号图的方式输入程序。插入组件可提供 I/O(一块板 8 点输入和 8 点输出)和逻辑功能,另外还有 16 个计时器,48 个计数器,48 个暂存寄存器点和对控制器的内部移位寄存器。

二、模拟量控制

各种控制器和附加的组件可用来改变模拟控制的级别使其与逻辑控制相结合。

例如 Strnthers-Dunn 公司的 Director 4001 PC 产品采用了模拟量设定点组件和程序信息部(PID)软件。每一个模拟量设定点组件提供 2 个完全隔离的 4~20 毫安,0~1 伏或 0~10 伏的模拟量输入,对每个输入都有可单独调整的设定点。每个设定点可在组件上调整,并可以作为一个触点写入继电器梯级程序。在 PC 内可以增加 PID 回路控制软件,以便管理多达 8 个相互独立的回路。它具有取平方根,不相关控制和抗积分饱和的性能。

德克萨斯仪器公司 PM550 控制器使用 2 个微处理器,一个用于顺序逻辑,另一个用 PID 回路功能,专用功能和通讯功能。PID 功能可控制 8 个回路,可用英语语句进行编程、调整 and 改变。“回路存取组件”提供通常的常规模拟量定点调节器所具有的控制和管理功能,操作员可调整每个回路,修改设定值、

手动操作和监视过程变量,输出偏压、偏差和设定值。另一些存取组件即计时器,计数器组件提供对99个计数器和99个计时器的监视和修改功能,专用功能由第二个微处理器完成,包括浮点运算、查表、移位寄存器和自动选择控制器(ASC)II码变换。

Eagle Signal 公司在他的 Eptak 700 产品中设计了三种新的12位模拟量输入组件,每一种均可接受多达8个不同的模拟量信号,这个系列组件可提供作一般的毫伏、毫安和伏的测量及用于对输入要求高阻抗和快速响应时间的场合。典型的应用包括转速输入信号,各种类型的变送器信号,不同的压力传感器和滑线电阻输入值。另一种最近推荐的12位模拟量组件可接受8点热电偶的输入信号。控制器本身可用软件实现三种采样速率的PID控制,采样速率可按模拟量组别进行选择。

Moaicon 公司在前几个月发表了584型PC的PID控制器,在已运行的PC软件中增加了多达128个回路的PID控制程序,它需要446字的内存。块传送,正、反作用模式、抗积分饱和和报警限均可通过“功能块”在梯形图上编程。所有设定值和输出参数都以工程量进行管理,工程量标尺由用户在程序中指定。也可用一台彩色CRT将PID控制功能全部管理起来。

Barber-Colman 公司研制成功了在模拟量控制中的PC装置,用于热处理行业。这个EDAC系统将模拟量和顺序功能结合起来用于控制热处理、玻璃退火、熔炉和类似的生产过程。程序编排通过机上的面板,用阴极射线管(CRT)显示程序步长和过程监控信息。模拟量控制功能包括对直接连接的热电偶信号的控制。设定值可以通过逻辑控制或按斜率和保温周期自动地调整,也可远距离调整。顺序逻辑、计时、计数、移位寄存器和其它的逻辑控制功能作用到模拟量控制。各种报警和模拟量监控功能也可以编成程序。

Leeas和Northrup公司也提供一种装置,它可以通过可编程的顺序控制来实现模拟量控制,或者可以提供附带有模拟量控制的顺序控制。通过机器上的前面板,将控制要求编成程序,使设定值、设定点的斜坡时间(ramp times)、保温时间和其它模拟量参数能方便地设定。标准的热电偶的线性化曲线的输入信号值永久性地在装置内。插入模板可为其它类型的变送器提供附加曲线,顺序控制可提供40个内部继电器和16点逻辑输入,其中3点用于键盘功能的远距离操作(起动、停止和复位),而其它的点则用于从行程开关来的开关量输入信号,有8路继电器逻辑输出可供使用,用梯级图从前面的编程板输入程序,模拟量和逻辑程序可存储在插入的EAPOM组件中,因而可快速更换程序。1300型的控制器可以单独使用,或者作为大型PC的一个步骤。

三、加拿大的新产品

西门子公司设计的Simatic S5程控器安装、编程和操作都很简单,它由一些尺寸统一的装在一个组件箱中的组件组成。它们包括一块中央处理组件(上面带有可插入的EPROM,存放着多达4000条语句的用户程序),一块电源组件、一块带4种模拟计时器组件(计时范围从10毫秒~100秒),一块带8个数字计时器或计数器的计时/计数器组件,两种输入组件,其中一种可接受8个AC或DC输入信号,而另一种可接受立即断顺序操作的输入信号,还有一个输出组件。另外还附加了一种用于故障诊断的测试组件。可用三种终端编制程序。一种是可接受表格形式编码语句的编程器,一种是可接受继电器梯形图的编程器,还有一种可接受流程图的CRT装置。

西屋公司现在有一种通用的Numa-Logic PC系列产品,700型和900型都采用通用的I/O系统。它能接受I/O组件的信号

范围包括 5~250 伏的 AC 或 DC I/O, 一般检测仪表信号范围的模拟量 I/O, 每一路有一个 16 位寄存器的数字量 I/O, 多寄存器的 I/O 和一个本地/远程接口。它能将 I/O 与在 2 英里之内的 PC 相接, 处理器提供 16 位字长的 256~8196 的存储容量, 具有运算、计算控制、模拟数字转换、寄存器之间的数据传送和其它操作功能。三种类型编程装置都可用梯形图形式编程, 这个公司开发的最新的程序控制器是一种价格低廉的小型输入器, 它采用一个能显示瞬时信息的 CRT 和一些专用键进行全自由方式的编程, 用户可以预先编排 200 个按键动作的程序, 然后按一个单键可重新调用它们。程序也可重新记录在盒式磁带上。

100 型和 200 型两种程序控制器是加拿大 GEC 公司 GEM 80 系列的产品, 它能提供以 100 型为基础的不同程度的控制功能, 可用于逻辑控制、顺序控制、计时、计数、简单的算术和数字处理, 甚至可用于分散型通讯控制网络, 实现数字和 PID 逻辑控制。两种控制器都可接受 512 点逻辑 I/O 或 32 个数字量 I/O (也就是 32 个 16 位字的 I/O), 或者逻辑和数字的结合。它们都采用梯级图形式编程。小型的 100 型采用三种型式提供基本的功能和通讯功能, PID 模拟控制和文本信息的存贮, 将这些信息送到一台扩充的打印机, 就可获得测试数据和各种数字量数据的硬拷贝。200 型安装在一个 19 英寸封闭式的组件箱内, 它采用插入式组件, 比 100 型更灵活。组件包括快速 I/O, 如热电偶输入, 电阻输入, 隔离式 I/O 和脉冲输入。除了 100 型式的功能外, 200 型还可以驱动一台 8 种颜色的彩色图象显示器 CRT。

四、顺序控制器

顺序控制器完成了 PC 的基本功能, 并以高价格性能比在小范围得到了应用, 因此它是值得引起重视的。

长期生产计时器和计数器的 Veeder-Root 公司最近推荐一种“生产程序装置” 79201 系列。这是一种基于计数和计时的顺序控制器, 它可存贮 100 条编排好的顺序指令, 如 4~25 个独立的程序, 每个程序可有 25~4 步。顺序操作由微处理机控制, 它执行以下面程序功能为基础的顺序: 计数到某个预置设定值; 计数到在预置设定值之前的一个“预先”数值; 间歇计时和延迟计时; 重复程序中某些语句和将一个“结束语句”送到一个循环操作。采用一个简单的前面板式的键盘和 LED 显示来编程。输入信号来自行程开关和脉冲输出的变送器, 如流量计或其它装置, 并提供 16 个分离的集电极开始输出。

Tenor PSC 763 型可编程序的顺序控制器基本上是一个步进顺序控制器。它可由一个外部输入脉冲或数字计数器组件驱动。装置的程序容量可达 127 步。程序的编写和输入采用矩阵图。一个手提式的程序输入器借助一个装有按钮开关的面板送入程序, 程序可存入 EPROM。现有的 EPROM 能存贮 16 种功能。可控硅或晶体管输出组件可送出多达 96 个 AC 或 192 个 DC 的输出信号, 这家公司类似的另一种控制器是 763-TC 型可编程序时间/计数组件, 它可通过一个组件上的键盘对 128 个计时或计数步编程, 可以在任何时间, 甚至正在运行中都可修改程序, 两个 LED 显示程序步数、计时和计数。

用以专用控制功能命名的彩色编码键进行编程的方法已经由 Eaton 公司用在它的 Durant 6500 可编程序顺序控制器的计数控制/系统部件中。这个系统是 Eaton 公司为适应一种智能式控制器的需要而研制的, 它可代替梯形逻辑系统, 用于需要比梯形逻辑更容易编程的场合中, 它提供 200 条可编程序级 (一级表示一个计时和计数操作顺序), 这些级可以分成一个主程序和 16 个子程序, 所以输入信号中的一个信号有效时, 就能使控制器中断它的主程序并转入子程序, 然后返

回主程序断点。装置的16个可编程的开/关量输出编成12个为一组,4个为另一组,前一组可以直接控制或者用“变量”控制(包括寄存器和通信口),后一组仅可用“变量”编程,新的软件把I/O口扩充到100个以上。用户对控制器编制程序只要了解需要控制的机器和过程、键的编码程序和标号程序,就可以方便地将机器顺序翻译成程序。

Omron公司的一种顺序控制器(即闻名的SYSMAC-PO型)可以将三个顺序控制器互相连在一起并行操作。程序通过前面板上的键盘输入,有12种指令,每个程序64步。这种控制器也有计时和计数的功能,包括两个数据设定,用于计数、计时和输入信号。并且可以比较这两种数据中的每一种内容,作逻辑“或”、条件转移,间隔计时器检查(Interval timer check)或其它功能。

五、计算和通讯

执行数据处理、数据管理的能力、PC、计算机或数据通讯的能力,不仅给PC用户带来了高级的控制功能,而且其编程仍可用比较简单的语句。本文前面已介绍的一些PC就具有这些功能,下面再评述一些例子。

一种由加拿大人开发和制造的PC(Sonotek公司的SDS502型控制器),与一般的PC不同,它可以组装成通用的数据系统,包括有带显示的微型计算机、控制面板、I/O及其它组件,它们组合在一起可编程执行一些程序控制功能,多回路模拟量控制功能和数据记录。这种可编程序控制器可组合成4路模拟量输出,16路数字量输入和16路数字量输出。程序输入用梯级图或布尔表达式,模拟量顺序作为级和梯级程序段输入。同一系列的SDS 302控制器没有编程,但可由SDS 502进行编程。这种PC和其它类型的系统都由8种组件构成,其中一种必须是带存储器的微处理器,其它7种组件可以是扩充内存板、实时时钟、磁带和软盘控制器、模拟

量和数字量I/O、计时器和控制器、为用于与其它装置进行数据通讯的8位I/O口、IEEE-488接口和RS232C串行口等。

加拿大ISSC公司最近介绍它的PC和通讯辅助设备IPC-3005型的规模,可应用于需要128~256点I/O的场合。如若采用这个公司的“COP”通讯处理器,这种控制器就具有通讯功能,而不必占用控制器的内存。这种系统可提供生产报表,由打字机打出硬拷贝或CRT显示,也可以与其它类型的装置连接。“COP”最近已发展成一种“通用型的COP”,它可与其它生产厂制造的PC产品连用,也可与计算机和其它类型的数字装置相连。数据通讯控制所需要的一些处理功能可由通讯处理器承担,这就减轻了与这处理器相连的每个控制器的负担。微处理器构成的“COPNET”和通用型的COP是一口多口总线,可支持254个可寻址的装置。为校验数据,高速数据传送要考虑冗余传送。它用HDLC数据格式,使它能与许多不同型号的计算机相兼容。

加拿大Square D公司已经为它的8881型可编程序控制器推荐两种新的I/O结构,这些I/O单元可接受128个和64个I/O,使它的线路板从以前的7种减少到2种,可降低成本和减少占用空间。8881型控制器适用于需要多达2048个I/O的大型应用。处理器提供991个数据寄存器,1023个内部继电器,可执行运算功能和PID控制功能,可驱动彩色CRT图象显示器。带通讯诊断功能的远程I/O允许I/O与处理器相距5000英尺。为提高可靠性,该系统还采用一个传送组件作支撑,一旦主处理器失效,它可以当作一个后备处理器将危险期的功能接过来。该公司的SYMAX-20可用于稍为小型的应用,它相当于15个继电器的功能,可提供运算、数据处理和数据传送功能,并提供一个计算机接口,相当于511个内部继电器和80个计时器、计数器、移位寄存器和数字存储寄存器。

当PC按它的主存储器运行时,可以对试验用的存储器写入和修改,PC可以接通试验用的存储器试验新的程序,然后PC返回到主存储器或将新程序从试验存储器传送到主存储器,这是非常独特的功能。

数字计算和闭环控制是Gidding & Lewis公司最近研制成的PC-400型控制器所具有两种功能。4种专用功能语句用按键打出继电器梯级图的标准形式。大容量装置可编排500条运算语句的程序,运算功能可执行24位的高精度运算,编程可灵活地实现采样控制、作出运算判断和子程序调用。装在控制器内的伺服传动器用于闭环反馈,可驱动一个精密的分相器和/或线性定位器。在一部机器的多位伺服运转定位器的不同位的控制中,分相器的数字变换或基准线路为16个无刷分相器提供激励。

瑞士Landis & GYT公司设计和制造的SAIA控制器由Eastern Controls公司引进到加拿大,它有64或256个I/O和1K或2K存储器两种型号。它们都可用一个象袖珍计算器大小的编程器,采用操作流程图、梯级图或逻辑图进行编程。程序存放在RAM中,并可由处理器在内部转写入EPROM。基型中的两个微处理器在16条并行程序中提供712个标志,32个软件计数器和计时器。对某些应用范围,以数字代码形式送入程序步长,仅有5条指令就足够了,而整个系统提供32条指令,还可使用子程序,并行程序和变址寻址。备有通讯接口,可与一台计算机相连接。

Relianu Electric公司的Toldeo Scale分部研制了一种新型的PC——Automate 35,它采用两个微处理器,一个用于逻辑控制,另一个用于数据操作、模拟量控制和通讯。可以用梯级图或为工业控制而专门设计的语言对PC编程,程序可以使用它们两者的混合形式,到底采用哪一种方法取决于功能的要求。PC的I/O可从64点扩到2048点,存储器可从4K扩到24K字。该产品独一无二的

特点是用于存放程序的EPROM(程序可用紫外线擦去)装在装置上,可以通过盖板上一个小孔进行写入,只要让紫外线通过这个小孔,而不必移动存储器件就可擦去存储器的内容。远程I/O与控制器可以相距1000米,通讯组件使PC连接到分散网络上。

由Struthers Dunn公司新开发的产品(包括软件)是以解决编程中遇到的最大问题之一——缺少用户提供的文件作为目标,该软件现在可以在办公计算机上运行,今年迟些时候将发表,以供公司的PC程序员使用。它可以打印出多到6个书写符号来标记每一种图例的梯级图。该公司的Director 4001 PC带有新型的诊断硬件,包括一个RAM的测试片,它附加在处理器内,便于准确地找出故障。还有一个CPU测定器,它可插入到所有的通讯口,识别一个指定的区域或一组片子的故障。测定器测试处理器的执行软件、系统RAM、程序员通讯、I/O通讯、看门狗时钟和这种执行数据处理的PC的其它部分。另一种新产品包括有一个带锁存输入的组件、舌簧继电器模块、步进马达驱动器、高速计数器和高密度的I/O。每一个新型的通讯单元提供128个远离PC 4000米的I/O。

欧洲最大的PC制造商——法兰西Merlin Gerin公司生产的PC的主要特点,就象一种用极其严密和简洁的流行语言所描述的那样,操作指令用英文语句书写,由PC内部的16位微处理器将指令和单元(或地址位)转换成单一的数码,这就加快了操作速度并提高了内存利用效率。据说,采用语言操作的方式,在不到1K的存储器内可以写入没有数目限制的时序计时器。典型的指令执行时间是4毫秒。PB-100, PB-3和PB-6三种型号的PC使用I/O模板可接受所有的标准输入输出信号,包括快速计数器,模拟卡片机。所有设备均可通过异步耦合器连接到其它设备上。这三种型号的产品提供1K到16K的内存系列和64到2000多个I/O。

Engle Signal 公司最近研制了一种通讯组件,使它的 Eptak PC 能够与任何一个带有 RS-232C 通讯接口和电流环的设备相连,在 10000 英尺距离之内可以实现高达 9600 波特率的全双工通讯。两种数据交换格式可以传送地址、一组 BCD 码、PID 参数、计时器设定值、输入/输出状态和其它信息等。采用周期性冗余校验 (CRC) 以及标准的奇偶校验,越限和画面误差检测,可以实现误码检测, CRC 可在 64K 位中检出 1~2 位的误码和多到 16 位的噪音脉冲。

其它几种 PC 产品为它们的设备提供了通讯功能。例如德克萨斯公司的 PM550 提供了与 IBM 2260 规程兼容的通讯能力(一个 9600 波特率口和两个 RS232C 口),使 PC 能在计算机过程控制系统的远方操作站使用。

由 Allen-Bradley 公司提供的高速数据公路能够把多到 64 台控制器、小型计算机和其它 RS232C 设备连接到采用“浮动主设备”技术的控制网络上。采用该技术,使网络上的每一个设备在一定周期内或当有控制操作请求时,承担网络的控制功能。这个公司的一种新产品是一个与本公司的 PLC-2 小型控制器兼容的远方 I/O,它使 I/O 机架能安装在远离处理器 10000 英尺的地方,以前该公司只有大型的 PC 才具有这种能力。

Modrcon 公司最近发表的一种软件可使 584 可编程序控制器在该公司的 Modbus 系统相连的 PC 网络中用作上位控制器或主控

制器,这就意味着性能稳定的 PC 可以处理大量采集的数据和完成监控功能,这类通讯系统要达到上述功能原先需要一台小型计算机。该公司已经研制了一个通用的通讯系统——Modway,拟用作工厂一级的通讯设备,它将各种产品如计算机和其它数字设备与 PC 连接在一起。

从本文可以看出可编程序控制器硬件和软件的一些发展趋势,然而最显著的倾向可能是使用 PC 控制的生产过程和工厂的数量增加及供应厂商的增多。

大量微处理机的出现和半导体存储器价格、性能的逐步改善,使 PC 在各种控制应用中比以前更为广泛,包括小型机械控制系统中的应用到具有现代通讯技术的昂贵的分散网络中的应用。

但是,PC 成功的最重要关键是它对工业环境的实用性,使大多数 PC 设计方面的一般性论文对那些没有专门编程知识的人也适用。而为了增加处理复杂控制方案的效率和能力,有的产品也采用不同于梯级图的其它形式来编程。另一点是硬件设计可靠,技术人员和电子技师操作维修方便。

PC 的发展已经进入了真正的工业型控制器的阶段,这些控制器具有电子技术能够提供的全部功能。

潘树富译自

«Caradian Controls & Instruments»

1982年2/3月26~43页

安全可靠的光学测速仪

SKF(英国)公司的数字测速仪用光学法安全可靠地测量转速,仪表很轻便,量程为 50~199930 转/分,工作距离在与目标成 $\pm 45^\circ$ 角时为 10~1000 毫米。LED 显示表较大,在光线暗弱处仍能明亮可读,存储器将仪表自动切断前 15 秒的最后读数保留下来,以便有适当的时间记录结果。对于空间有限的场

合,如装在后部或内部的机构,仪表中可装入光学传感器来测量,传感器上再加装转接器,可实现转速或线速的接触测量,得出米/分,码/分,转/分的读数。仪表由电池供电,典型工作寿命为 6~9 月。

王明冲译自«What's New In Industry» 1983 年 3 月 16 页

采用微处理机的互相关流量计

本文论述了一种具有高分辨能力、宽量程、快速响应、低成本、高精度的带有微处理机的“寻峰”式相关仪。微处理机用来确定相关峰值近似位置,然后将一个“两测定点”式相关仪引向这个位置。这种相关仪能对互相关峰值精确地定位及跟踪。

文中还提供了夹装在管道上的非插入式超声传感器所获得的结果,以证明这种流量计所具有的潜力。

引言

多年来人们早已熟知,对于流体的测量,使用互相关流量计是个理想的解决办法。互相关流量计可以制成夹装在管道上的式样,从而避免了磨损与腐蚀,减少了安装及维护的费用;同时,在一定限度内,这种仪表与管道的尺寸无关,其性能也不受流体性质(如粘度、电导率及温度)的影响。其主要局限性在于缺少一种廉价而精确的相关仪。然而,随着微处理机的出现,现在设计及制造一种适合于工业用的相关流量计是可能的。

互相关流量计的原理

互相关流量计能测量管道中流体自然扰动的渡越时间,这种扰动发生在管道中已知间距的两点之间。流量计由一对传感器组成(见图1)。传感器把流动的随机不连续性变换成沿流动方向上两点处的电信号。扰动可由下列因素引起:即空气泡、悬浮状态的固体、密度变化或紊流状态。可以采用多种技术来检测这种扰动,包括电导率及电容测量、热电偶、光学传感器以及超声传感器。如果某些应用必须优先考虑非插入式流量测量,那么,采用超声传感器是理所当然的。

如果两个传感器之间的距离 d 是较短的,下游传感器处的信号与上游传感器处的信号相似,但有一个时间延迟 β ,它等于流体从上游检测点到下游检测点所需的时间。

如果流体以平均速度流动或已知部分的流动速度,那么,根据已知的传感器节距 d 及时间延迟 β 便可确定流速,

$$v = d/\beta \quad (1)$$

时间延迟 β 不能以一般采用示踪粒子的技术直接测知,这是由于示踪物也反映了流动液体本身所产生的随机变化。然而,这个时间延迟可以由两个传感器输出的互相关作用来确定。

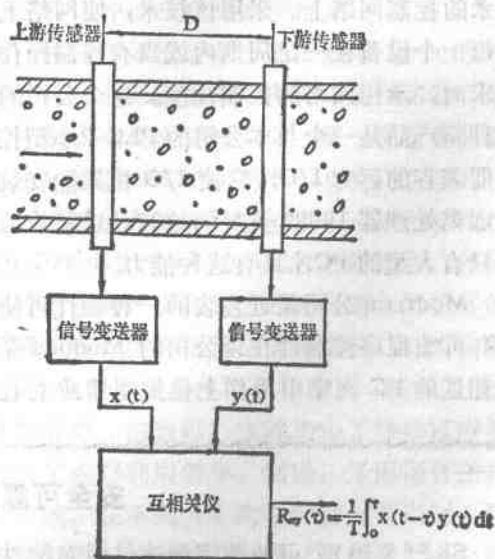


图1 互相关流量测量原理

互相关仪的框图示于图2;图3表示了一个典型的互相关曲线。随机扰动的渡越时间 β 可以由下游信号 $y(t)$ 乘以上游信号时间延迟的变形 $x(t-\tau)$ 来取得。此处 τ 代表一个可调节的时间延迟, $x(t-\tau)$ 与 $y(t)$ 的乘

积就是时间延迟 τ 的互相关函数值。重复计算延迟 τ 的多个值就得到了互相关函数 $R_{xy}(\tau)$ ，这个过程在数学上可表达为

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t-\tau)y(t)dt \quad (2)$$

当流体的渡越时间 β 不等于相关仪的时间延迟 τ 时，互相关系数是较小的，当互相关仪时间延迟趋近于流体渡越时间时，互相关系数就增大；当时间延迟相等时（即当 $\tau = \beta$ 时）则信号 $x(t-\tau)$ 与 $y(t)$ 就非常相似，而且它们的乘积的平均值将达最大值，因此可以使互相关函数达最大值的时间延迟就表示了二个传感器之间的流体扰动的渡越时间。

的传感器。

(2) 互相关仪，其作用为测量两个传感器位置之间流体的渡越时间，并能提供一个正比于流速的输出信号。

鉴于传感器的唯一功能就是把流体的随机扰动变换成电信号，因此其设计要求并不严格。流体性质的变化或传感器本身都不影响互相关流量计的性能。

互相关函数的测量是一个耗费时间的复杂过程。对于工业上可被接收的相关流量计来说，相关仪必须设计得可靠、精确、价格合理，并能以快速响应及高分辨能力对互相关波峰加以定位及跟踪，还需具有宽量程 (20:1) 及好的复现性。

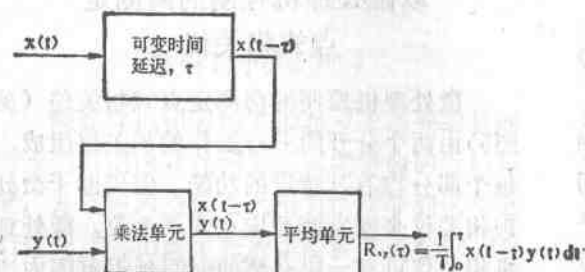


图2 互相关仪框图

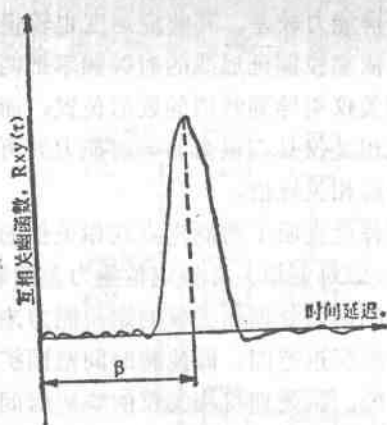


图3 典型互相关曲线

互相关流量计的技术要求

互相关流量计的组成包括下列两部分：

(1) 带有产生流量信号的辅助电子器件

对相关仪的评述

测量互相关函数可采用多种技术。串行相关仪能顺序地计算许多时间延迟下的相关函数，这种相关仪比其他型式的相关仪便宜，但是当需要以高分辨能力来覆盖较宽的时间延迟时，其响应时间就显得太长了。此外，

这种相关仪没有峰值定位及跟踪的能力。并行相关仪能同时处理一系列时间延迟的互相关函数，故具有快速时间响应，但是要处理宽程的时间延迟则需要高分辨能力，这样的相关仪所需的硬件成本过高。与串行相关仪一样，它不具有峰值定位及跟踪能力。串-并

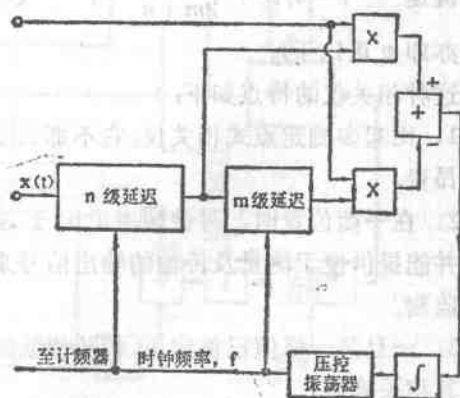


图4 基本的两测定点式相关仪

行相关仪可以把上述两种相关仪的一些特性结合起来,然而硬件还是相当复杂的,并且还是没有峰值定位及跟踪的能力。

现已开发了一种基于“两测定点”式的相关仪的技术;具有快速响应及峰值跟踪能力,并简单而价廉。正如它的名字所说明的,这种相关仪可以同时求出两个时间延迟值 τ_1 , τ_2 的互相关函数 $R_{xy}(\tau)$, 这两个时间延迟受时钟频率 f 的控制,这个时钟频率 f 加在 n 级及 m 级两组延迟线上,所以:

$$\tau_1 = \frac{n}{f} \quad (3)$$

$$\tau_2 = (n+m)/f \quad (4)$$

从两个时间延迟的互相关函数值的差,即:

$$\varepsilon = R_{xy}(\tau_1) - R_{xy}(\tau_2) \quad (5)$$

可以导出送入压控振荡器的输入信号,这压控振荡器控制着漂移率 f ,从而也控制着两组延迟线的时间延迟 τ_1 和 τ_2 ,这些时间延迟可以因此而自动转移到平衡位置,在平衡位置上,误差等于零。就对称的相关函数来说,处于平衡位置时的时钟频率与流量直接有关,在这个位置上:

$$\begin{aligned} \text{渡越时间 } \beta &= \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} \\ &= \frac{2n+m}{2} \cdot \frac{1}{f} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{流速 } v = d/\beta = \frac{2d}{2m+n} \cdot f \quad (7)$$

亦即 v 正比于 f 。

这种相关仪的特点如下:

1. 比起多测定点式相关仪,它不那么复杂和昂贵。

2. 在平衡位置时,时钟频率正比于流速,并能提供便于测量及传输的输出信号来遥控监测。

3. 一旦某一峰值已被定位,相关仪就能跟踪其相关峰值。

4. 由于时间延迟 τ_1 和 τ_2 是变化无穷

的,因此达到非常高的分辨能力也是可能的。

5. 电子峰值位置的变化具有快速响应。

两测定点式相关仪的主要局限性在于:当远离相关峰值对时间延迟 τ_1 和 τ_2 定位时,误差将因此而增大,尽管以

$$\varepsilon = R_{xy}(\tau_1) - R_{xy}(\tau_2) \quad (5)$$

所表示的差值仍为零,这时相关仪实际上已无法对相关峰值定位了。结论是假如需要宽范围的时间延迟,两测定点式相关仪将不能锁定相关峰值。然而,这个局限性却可以借助于采用微处理机来控制两测定点式相关仪的方式加以克服。

以微处理机控制的两测定点式相关仪

微处理机控制的两测定点式相关仪(见图5)由两个分开的并行操作的相关仪组成,每个部分均有其特定的功能,但借助于微处理相关仪来控制两测定点式相关仪。微处理机相关仪可在一段必要的时间延迟范围内通过一些间隔相等的点来测算互相关函数,并能找到主要相关峰值的近似位置。这种相关仪的分辨能力较差,其响应速度也较慢,但它可以依靠控制延迟线的时钟频率把两测定点式相关仪引导到峰值的近似位置;而两测定点式相关仪具有很高的分辨能力并可以锁定及跟踪相关峰值。

这样就克服了两测定点式相关仪的主要局限性,即对主相关峰值定位能力差的缺点。也就是利用微处理相关仪的定位能力来确定总的时间延迟范围,即使将时间范围扩大也是可以的。微处理机相关仪的响应时间在几十秒数量级左右。而两测定点式相关仪的响应速度非常快。因此组合相关仪的响应时间就取决于两测定点式相关仪是否锁定了相关峰值。如果一个峰值被定位了,相关仪就能迅速地跟踪变化不大的峰值位置;如果峰值没有被锁定,那么在两测定点式相关仪再次

被引向近似位置以前,微处理机相关仪的一次“寻峰”循环必定可以完成这个工作,并能达到跟踪的目的。

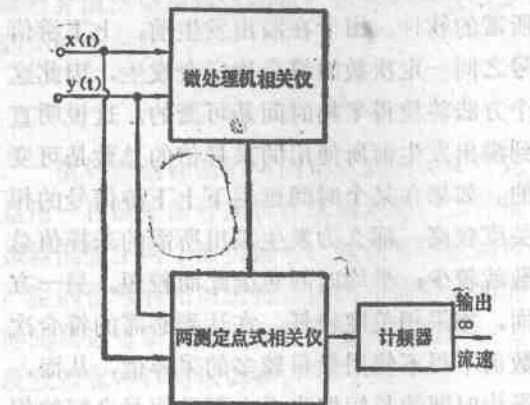


图5 微处理机控制的两测定点式相关仪

微处理机相关仪

微处理机相关仪必须做到在必要的总时间延迟范围内寻找到主互相关峰值的近似位置,并且将两测定点式相关仪引导到这个近似位置。它由两个低通滤波器及模数(A/D)转换器、一个合适的微处理机系统以及与两测定点式相关仪连接的接口所组成(见图6)。

低通滤波器的作用是限制流量信号的带宽以防止“误寻峰”的问题,并确保互相关峰

值有足够的宽度而不致被微处理机相关仪遗漏。为简单起见,可以说A/D转换器就是一个能产生一系列1和0的比较器,这取决于流量信号的符号,即相关仪能以两个相反极性的方式工作,极性与流量信号的符号有关。对于高斯信号,可以看到存在这样的关系,亦即原来信号 R_{xy} 的相关函数与限幅信号 ρ_{xy} 的相关函数的关系可表示为:

$$\rho_{xy} = \frac{2}{\pi} \sin^{-1} R_{xy} / \sigma_x \sigma_y \quad (8)$$

此处 σ_x 和 σ_y 是输入信号的均方根值,限幅的后果是改变了相关函数的形状,但相关峰值的位置保持不变。

微处理机相关仪的软件是基于相关的串-并行方法,在这种运行方式中,随时将上游信号 $x(t)$ 的 N 次采样值与下游信号 $x(t)$ 的一次采样值存储起来,在同一瞬间取得下游采样值及最后一次上游采样值。事实上也预先取得了另一个循环的第 $N-1$ 次采样值,所谓“预先”就是在时间上提早一些。这两个信号采样值之间的时序关系示于图7。采样时间间隔为 Δt 。两个信号同时出现的采样值为 x_0 和 y_0 , 因此 x_1 到 $x_{(N-1)}$ 就是信号 $x(t)$ 上一个循环的 $N-1$ 个采样值。

在两次采样的时间间隔 Δt 这段时间内,

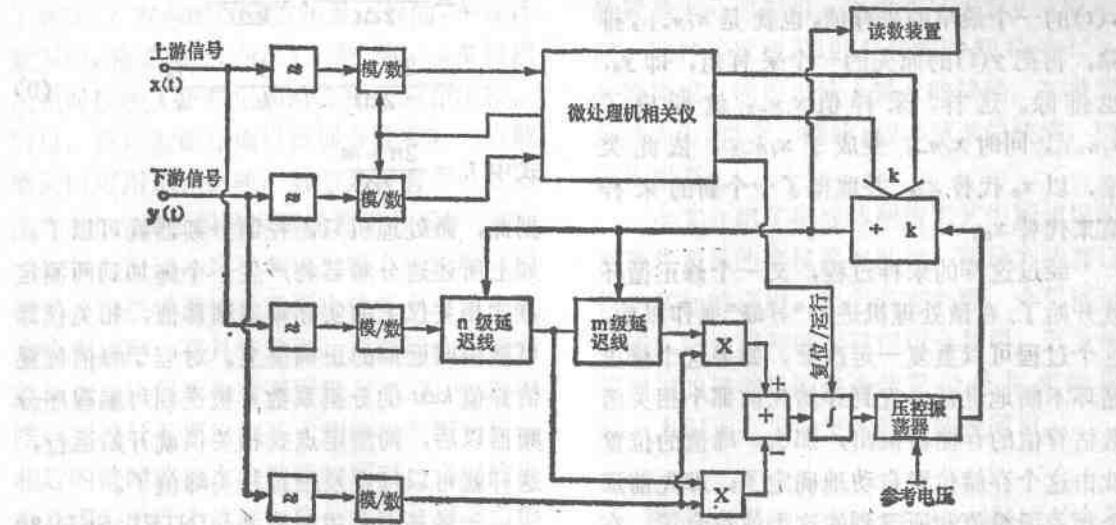


图6 微处理机控制的两测定点式相关仪框图