

微型计算机与传感器的 接口技术 [基础篇]

〔日〕村田 裕 著

陆玉库 译 吕景瑜 校

国防工业出版社

711
STY/1

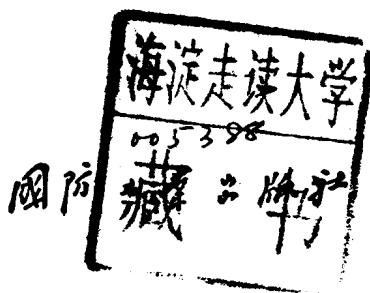
微型计算机与传感器 的接口技术

〔基 础 篇〕

〔日〕 村田 裕 著

陆玉库 译

吕景瑜 校



内 容 简 介

微型计算机用于检测控制系统就必然要涉及到传感器接口方面的问题,本书有机地将微型机和传感器两项技术结合了起来,这就为不同技术领域的专业人员开发和应用高功能的检测控制系统起到了桥梁作用。

全书共分七章。其内容包括检测控制系统、传感器的工作、系统的组成、A-D转换器、微处理器的工作、个人计算机的应用方法、同外部设备的接口的制作方法等。

本书可供从事微型机检测控制系统的研制与应用的各个领域的科技人员阅读,也可供大专院校有关专业和培训班的师生参考。

マイコンとセンサのインターフェイス 技術

〔基 礎 編〕

村田 裕 著

日刊工業新聞社

1983.8.30

*

微型计算机与传感器

的接口技术

〔基 础 篇〕

〔日〕村田 裕 著

陆玉库 译

吕景瑜 校

*

国防・産業出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 8¹/₂ 207千字

1986年12月第一版 1986年9月第一次印刷 印数: 0,001—7,350册

统一书号: 15034·3071 定价: 1.85元

译 序

微型计算机的普及与应用标志着电子计算机的发展已进入了一个崭新的阶段，它推动着国民经济各个领域迅速进入信息化时代。特别是在工业控制、数据采集、实时检测等方面，由于微型计算机的应用，不仅加速了处理速度，提高了效率，其可靠性和精确度也得到了显著提高，因此可以说微型计算机的应用是新的产业革命的关键一环。当前很多工业企业部门已经着手进行技术改造，把微型计算机应用于自动检测、自动控制中；还有许多部门正在为早日实现微型机控制作技术和条件方面的准备。微型机的应用已成为四化建设中势在必行的方向。

工业传感器和微处理机芯片的生产发展很快，已有大批成品出售，这是企业中采用微型计算机控制的必要条件。但是，能否将微处理机（微型计算机）成功地用于检测控制系统，很大程度上决定于接口电路的设计。目前有关微型机与传感器接口方面的参考书籍和资料很少，译者本着弥补这一领域资料的不足特翻译了此书。

本书叙述了各种类型传感器的基本原理和工作特性、微型计算机与传感器接口系统的组成、模拟/数字转换器、微型计算机的基本工作原理，并以 Intel8080 和 Z80 为例介绍了接口电路的设计方法。内容由浅入深、层次分明，对从事微型机检测控制方面的工程技术人员以及大学师生将是一本很好的参考书。

在微型计算机应用飞速发展的今天，如果本书的翻译出版能起到一些微薄作用，译者就满足了。

在本书的翻译过程中一直受到北京计算机学院吕景瑜老师的帮助，他对全书进行了认真的校订工作。值此，特表示衷心感谢。

由于译者水平有限，实践经验不够，译文难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

原 序

最近微型计算机的发展和普及进展很快，其应用领域从办公室自动化扩大到儿童的游戏机，从而使以前的计算机应用的概念显著扩大了。另一方面，将各种物理量转换为电量的传感器的发展也很迅速，相关的领域很广，有关的学会也建立不少。

在这种状况下，强烈要求传感器和微型机相结合，以便得到高功能的检测控制系统。在研制这种系统时，当然要充分了解传感器和微型机两个领域的知识。但是，一般的倾向是大多数人只具有传感器或只具有微型机一个领域的知识。多数情况是二者携手来开发系统，但是有时二者之间的语言却很难勾通。

为使二者相通，就要阅读对方领域的出版物，但是这些出版物大多讲的是传感器本身或微型机本身，很多学会的杂志及专业刊物也发表了一些系统的个别实例。但是讲述双方领域的起桥梁体系作用的内容却很少，作者在大学的研究生院从事检测控制工程的教学，痛感这个问题的存在。

本书就是以上述的桥梁作用为写作目的，对传感器和微型计算机间的接口进行系统叙述。本书是以作者所担当的讲座上采用的对工学部各学科（包括电子专业以外的学科）毕业的修士专修班学生讲课的讲义为基础写成的。作者希望本书对在理工部门工作的读者，能够在研制检测控制系统的时候开阔眼界、建立更好的系统方面助一臂之力。

目 录

第一章 检测控制系统	1
1.1 系统的基本组成	1
1.2 特性补偿处理	4
1.3 运算处理	5
1.4 格式处理	12
1.5 控制信息生成处理	12
第二章 传感器的工作	13
2.1 传感器的输出方式	13
2.2 开/关式传感器 (①和②)	15
2.3 模拟脉冲式传感器 (④、⑤和⑥)	24
2.3.1 脉冲峰值式传感器 (④)	24
2.3.2 脉冲宽度式和脉冲间隔式传感器 (⑤和⑥)	26
2.4 模拟连续式传感器 (⑦、⑧、⑨、⑩和⑪)	30
2.4.1 模拟连续式传感器输出中所包含的信息	30
2.4.2 电阻变化式传感器 (⑦)	33
2.4.3 电压变化式和电流变化式传感器 (⑧和⑨)	45
2.4.4 电感变化式和电容变化式传感器 (⑩和⑪)	55
2.5 模拟频率变化式和脉冲重复频率式传感器 (⑫和⑬)	61
2.6 数字脉冲数式传感器 (⑭)	64
2.7 数字编码式传感器 (⑮)	67
第三章 系统的组成	71
3.1 计算机的组成	71
3.1.1 基本组成	71
3.1.2 I/O总线与I/O指令	74
3.1.3 标准总线	81
3.2 输入接口	84
3.2.1 基本组成	84
3.2.2 模拟电压的放大	85
3.2.3 采样与带宽处理	87

3.2.4 转换成数字信息的处理	92
3.3 显示、记录用的输出接口	95
3.3.1 基本组成	95
3.3.2 图形图象的输出	96
3.3.3 字符、数字和符号的输出	103
3.3.4 显示板显示	106
3.3.5 软拷贝记录	107
3.4 驱动控制装置的接口	109
3.4.1 基本组成	109
3.4.2 控制装置的驱动	113
第四章 A-D转换器	119
4.1 特性的定义和内容	119
4.1.1 输入条件	119
4.1.2 分辨率	120
4.1.3 转换速度	121
4.1.4 线性	122
4.1.5 稳定性	125
4.1.6 输出形式和代码	128
4.1.7 辅助功能	133
4.2 工作原理与特点	139
4.2.1 同时比较式A-D转换器	140
4.2.2 逐次比较式A-D转换器	142
4.2.3 电压时间转换式A-D转换器	145
4.2.4 电压频率转换式A-D转换器	148
4.2.5 各种A-D转换器特点的比较与使用上的注意事项	149
第五章 微处理器的工作原理	152
5.1 8080 微处理器的工作原理	152
5.1.1 输入输出功能	152
5.1.2 中断功能	155
5.2 Z80 微处理器的工作原理	165
5.2.1 输入输出功能	165
5.2.2 中断功能	171
第六章 个人计算机的应用方法	188
6.1 PC8000 系统的应用	188
6.2 MZ80B系统的应用	197
6.3 BASIC的输入输出指令	203

第七章 同外部设备接口的制作方法	205
7.1 端口号指定电路	205
7.2 标准输入端口	208
7.3 标准输出端口	212
7.4 时序脉冲信号产生电路	214
7.5 Z80-PIO.....	216

第一章 检测控制系统

1.1 系统的基本组成

传感器和计算机相结合组成的检测控制系统，根据其用途和功能的不同可以采用各种不同的类型。乍一看，会觉得这些系统的原理似乎是完全不同的。例如，空调机的控制系统与原子能中检测中子速度分布的系统相比较，人们一定不会想到这是按照同一原理组成的系统。但是，实际上这两个系统的基本结构是完全相同的。下面用一些实例来说明这个问题。

图 1.1 是气象观测系统的组成图。所谓观测就是测量气象数据，所以气象观测系统也可以称为气象测量系统。该测量系统的信息源是风向、风速、温度、湿度、日照、辐射、雨量等 7 种传感器，计算机每隔一定的时间间隔对数据进行收集并加以处理。处理后的数据被实时显示在显示屏上，同时被送到记录装置进行记录。记录装置包括硬拷贝记录装置和软拷贝记录装置。硬拷贝记录装置有打印机和绘图仪等，软拷贝记录装置有软磁盘和磁带等。另外，根据系统用途的不同，可通过遥测发信装置向其他系统传送数据。概括这些操作可知，计算机的作用是收集传感器输入装置送出的信息，经过加工处理后，把处理结果送给输出装置。

图 1.2 是电炉控制系统的组成实例。该系统用于控制电炉的加热器，使电炉内的温度按事先规定的过程变化。计算机不断地从电炉内的温度传感器采集信息，根据温度的绝对值相对于时间的变化量进行运算，算出最佳加热量。算出的信息送给加热器控制装置，以控制加热器产生最佳热量，从而完成控制操作。概括这个操作就是：计算机由传感器输入装置收集信息后，对其进行处理，接着把处理结果送给控制装置。这个操作与前例不同的只是把检测系统中的“输出装置”换成了“控制装置”。

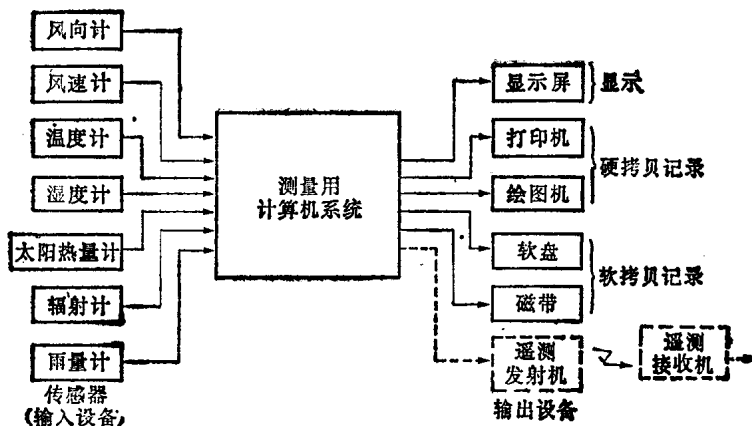


图1.1 气象观测（检测）系统

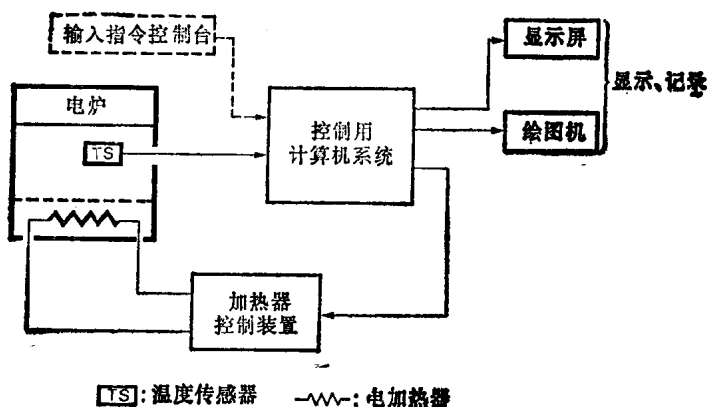


图1.2 电炉控制系统

当然，除了这一操作之外，由于控制系统还应该具有从外部控制电炉的启停以及输入运转程序的功能，因此要配备输入命令用的控制台。但是控制台功能并不是控制系统所固有的，而是计算机系统本身所需要的。此外，根据系统的不同用途，有时需要对电炉内的温度作实时显示或用绘图机等记录下来。这与检测系统的情况完全相同。

从上述两个实例可以看出，检测控制系统的基本操作只是借

助计算机从传感器收集信息, 然后进行加工处理, 再将处理结果输出到某个装置。这里所使用的计算机大多是市场上销售的现成产品。如果针对每个系统都重新设计制造计算机, 在成本和时间方面都是极不经济的。所谓市场上销售的现成计算机指的是通用计算机, 可以是单板机, 也可以是带有输入/输出设备(I/O设备)的高级个人计算机。

利用这些设备设计的检测控制系统的基本组成如第二章的图 2.1 所示。收集信息端是把从传感器得到的信息通过输入接口输入给计算机; 而信息处理结果则通过输出接口送给显示器、记录装置或控制装置。因此, 设计检测控制系统时, 在硬件方面就是设计输入和输出接口; 而在软件方面, 就是设计使输入输出接口工作的程序, 以及对收集的信息进行处理的程序。

这种设计中最根本的命题是根据系统要 进 行 的 操 作, 确定处理输入信息的方法。

图 1.3 表示处理这种信息的流程图。如图所示, 从传感器获得的信息通过输入接口转换成数字型数据, 并输入给计算机。计算机对这些输入信息进行特性补偿处理和运算处理后, 便得到所谓“已处理信息”。如果系统是用作显示、记录的话, 则按照显示、记录的要求对“已处理信息”作格式处理而变成显示、记录信息, 然后送给驱动显示、记录装置的输出接口。如果系统是用作控制的话, 则根据“已处理信息”产生控制信息, 再将其送给控制装置的

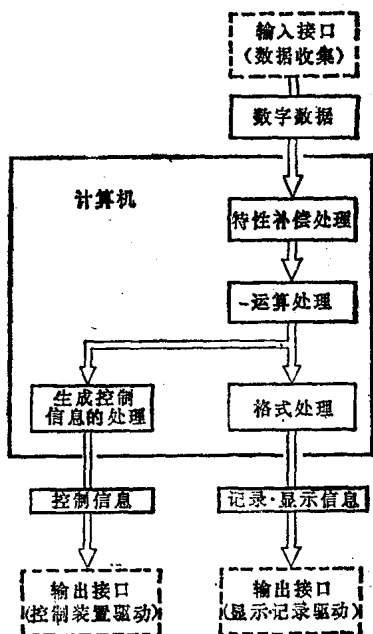


图1.3 检测控制系统中
信息处理流程图

输出接口。归纳以上信息的流程可以看出，系统的四个基本处理是特性补偿处理、运算处理、格式处理以及产生控制信息的处理。下面分别对各项处理的内容进行讨论。

1.2 特性补偿处理

特性补偿处理包括下述两种处理。

第一种处理是对传感器的输入输出特性进行补偿，也称线性化处理。一般说来，对测量的数值进行显示、记录时，应该采用能够直读的形式。如果一个系统所显示的数值还要乘以某个系数，或者进行某些补偿计算才能获得真值时，那么这个系统的实用价值将等于零。这里的问题在于传感器的输入输出特性。图 1.4 为模拟式传感器的几种典型输入输出特性曲线。除此之外，在实用中还有其他各种特性的传感器。

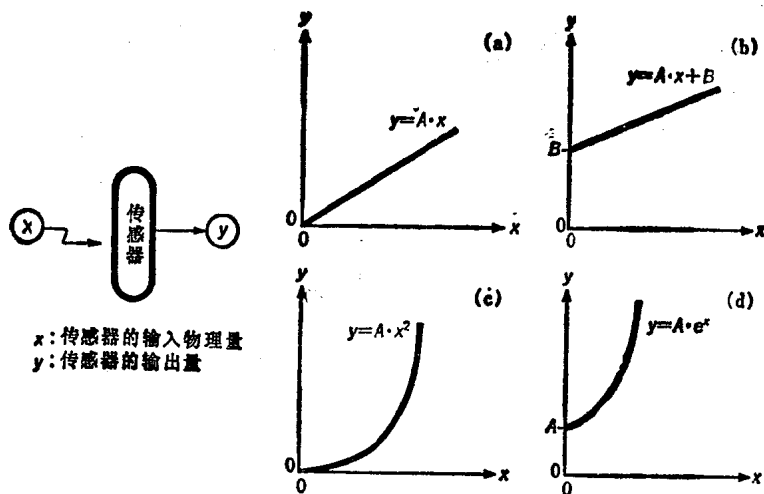


图1.4 模拟式传感器的各种输入输出特性

图中(a)是通过原点的线性特性曲线。看来它是最完善的特性，但是为了将显示值转换成能直读的真值，还必须在输出值上乘以系数进行系数补偿。图中(b)为特性也相当好的不通过原点

的线性特性曲线。它除了进行系数补偿之外，同时还要进行减B处理。图中(c)是最简单的平方特性曲线，它也必须进行开方处理和系数补偿。如果是带有一次方系数和常数项的二次方特性，就必须解二次方程式。图中(d)为最简单的指数特性曲线，这时需进行对数转换处理。

除了上述特性之外，还有其他各种特性（对数特性、 $1/2$ 次方特性、 $1/x$ 特性及非函数特性等）的传感器。对这些传感器也要进行相应的处理。从前计算机还没能被广泛使用时，这种处理是在模拟电路中采用具有与传感器特性相反特性的元件，通过硬件的方法来实现的。例如，在指数特性的传感器上配上具有对数特性的对数二极管。但是这种搭配办法，要得到合适的特性极其麻烦，而且多数情况下稳定性都有问题。现在，由于能够很简便地使用计算机，所以这种处理几乎都是通过软件程序来实现的。只是在用软件程序不可能处理的特殊情况下，才采用模拟电路的硬件方法。

第二种处理是在传感器的输出量中包含有被测物理量以外的因素时，为校正这些因素的影响而进行的处理。例如，在温度变化范围很大的系统中测量畸变时，就不能忽略由于温度变化所引起的畸变传感器输出值变化。这时，在畸变传感器上再加一个温度传感器来测量温度，根据测得的温度值对畸变传感器的输出值进行校正处理。如果能有效地使用这种处理，就会得到如使用万用表测量电阻前先调一下零点一样的效果。

1.3 运算处理

运算处理就是对传感器送出的信息进行某些运算，从而得到新的有用信息。例如，对流速信息进行积算就得到总流量；如果求出速度信息的差分，就得到加速度。此外，通过求频度分布、平均值以及分散等统计处理，一般都能得到有用信息。有时采用各种频谱分析、时间序列的相关分析及多元相关分析等高级处理，就可以进行用以前的方法所不能进行的检测。例如可以检测噪声电

平的几十分之一以下的信号。

顺序输入给计算机的信息，在运算处理时有下述两种使用方法。

第一种方法是输入的信息只在当时使用才是有效的。例如，象在报警系统中，只判断传感器的输出值是否在一定范围内，这种情况输入信息只在当时有用，以后就不再使用了。

第二种方法是将输入的信息累积存储在存储器中，然后再综合利用整个累积的信息。这时由于计算机需将信息累积存储在存储器中，因此必须在存储器中开辟一个一定大小的地址连续的区域，如图 1.5 所示。图中绝对地址 $K \sim (K+N)$ 的 $N+1$ 个地址的存储区域设定为累积存储信息的区域（在 BASIC 语言中相当于数组变量）。如果横轴表示存储器地址，纵轴表示存储器各地址相对应的存储内容，则可以把该存储区域定义为右图的有限 $X-Y$ 坐标系的二维图表。该图表可称为“存储器图表”。

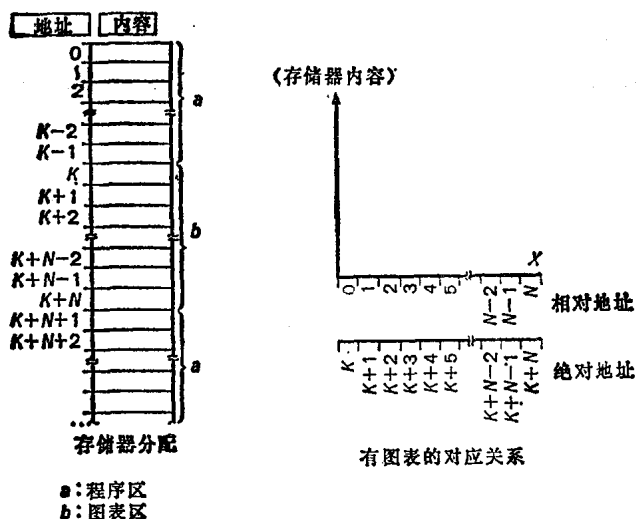


图1.5 存储器图表的概念

这个“存储器图表”的思想进一步发展也可以使用三维以上的图表。图 1.6 为 $X-Y-Z$ 三元图表的例子， Z 轴为存储器的存

储内容, X 轴和 Y 轴相当于“存储器图表”的地址, X 为 I 个单位, Y 为 J 个单位, 整个“存储器图表”为 N 个单位, $N=(I \times J)$ 个单位。按照这个想法, 计算机的存储容量在允许的范围内可以使用任意维的图表。不过必须注意的是, 由于存储器存储的内容是单一的数值, 所以表示存储器存储内容的轴只能有一个值。

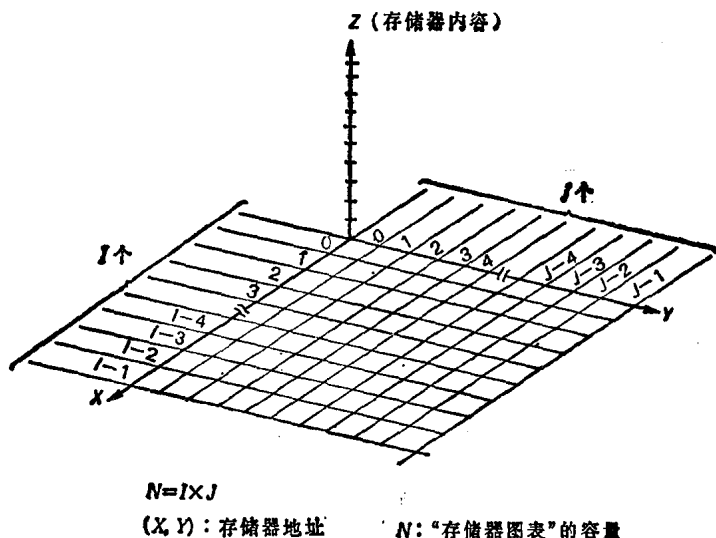


图1.6 三维“存储器图表”

“存储器图表”根据系统用途的不同可有各种不同的使用方法。具有代表性的方法是作为直方图数字记录、瞬态记录以及求平均数等使用。下面对这些用法分别加以叙述。

所谓作为直方图使用, 就是求传感器输出的信息的频度分布。这就相当于使图 1.5 的“存储器图表”的 X 轴对应于传感器的输出值, Y 轴对应于其频度。在批量生产工序的质量管理和物理实验的频谱测量中, 直方图有着广泛的用途。其工作流程如图 1.7 所示。开始将“存储器图表”区域的内容全部清除(如图中虚线部分)。这段程序将从头到尾顺序产生“存储器图表”区域的绝对地址, 并在存储器所有地址单元中写入“0”。然后将传感器的输出值存入A寄存器, 再加上“存储器图表”区域的绝对首地址值

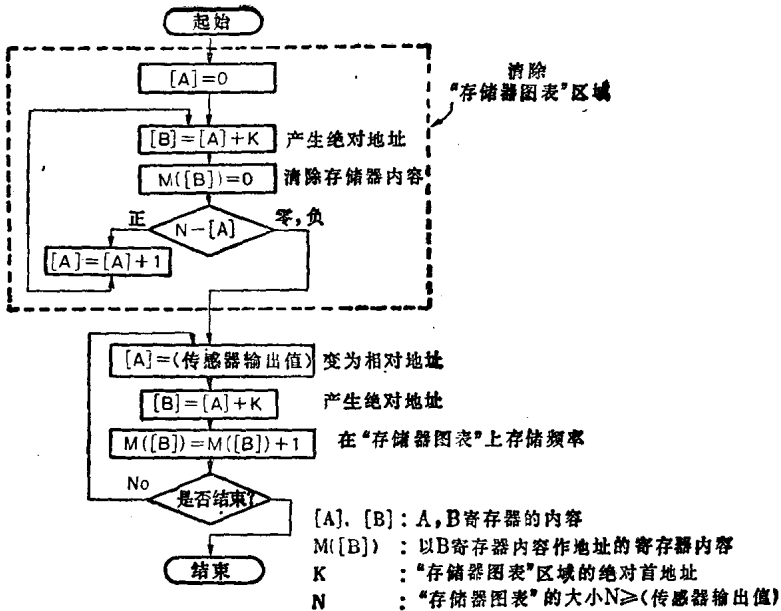


图 1.7 作为直方图使用时的流程图

K , 将其绝对地址存入 B 寄存器。读出该地址的内容, 加 1 后再存入存储器。通过这种方法就可在“存储器图表”上得到频度的记录。

所谓数字记录的使用, 就是把传感器得到的信息作为在一段连续时间内的记录来取得。相当于使“存储器图表”的 X 轴对应输入信息的顺序号, Y 轴对应输入信息的数值。这种方法在保存数据记录时广泛用于暂时记录和按时间序列分析方面。其流程图如图 1.8 所示。开始将 A 寄存器的内容置“0”。这是因为, 要在 A 寄存器中产生“存储器图表”的相对地址, 所以先进行初始化。然后将传感器的输出值存入 B 寄存器。在 A 寄存器的内容上加 K , 产生绝对地址存入 C 寄存器。如果在该地址的存储器中只写入 B 寄存器的内容, 则只记录此时的传感器输出值。

接着, A 寄存器的内容与“存储器图表”容量 N 相比较, 以判别下面记录的存储器是否在“存储器图表”内。判别结果如果

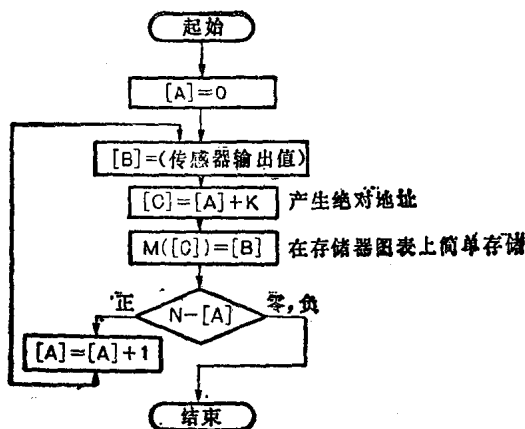


图1.8 数字记录使用的流程图

$[A]$ 、 $[B]$ 、 $[C]$ — A 、 B 、 C 寄存器的内容； $M([C])$ —以 C 寄存器内容为地址的存储器内容； K —“存储器图表”区域的绝对首地址； N —“存储器图表”的容量。

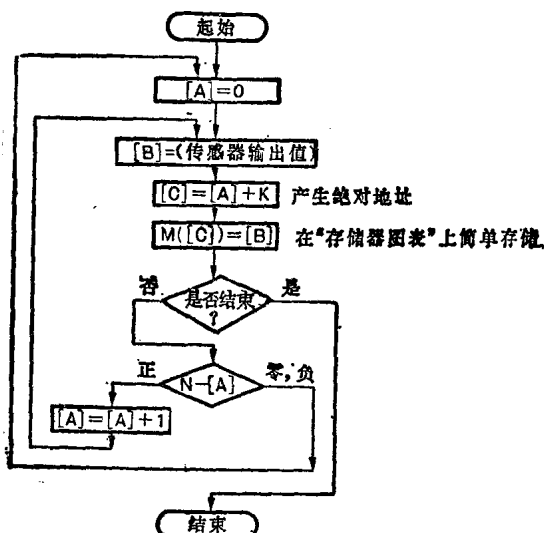


图1.9 瞬态记录使用的流程图

$[A]$ 、 $[B]$ 、 $[C]$ 、 $M([C])$ 、 K 、 N 等的意义同于图1.8。

在“存储器图表”内，则将 A 寄存器的内容加 1，再产生记录的相对地址，并返回到将传感器的输出值存入 B 寄存器的操作，重