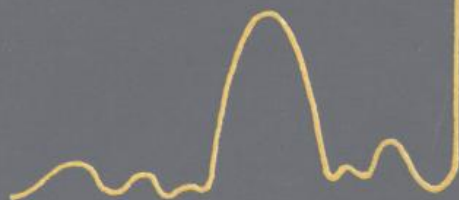


微处理机和小型计算机的模拟系统

ANALOG SYSTEMS FOR MICROPROCESSORS AND MINICOMPUTERS

Patrick H. Garrett



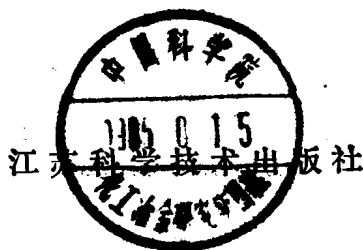
73.876
526

[美] P.H. Garrett

微处理机和小型计算机 的模拟系统

刘寿和 葛怀富 徐德功 译
白 英 彩 校

JS102/07



内 容 提 要

本书从计算机系统的观点出发,论述了设计计算机模拟系统应考虑的主要问题,由浅入深地介绍了数字计算机的模拟输入和输出系统的各个部分。同时也介绍了许多实用的例子。

本书可供从事过程控制或仪表等方面工作的工人、工程技术人员以及相应专业的大专学生作参考书。也可供有源滤波器、信号改善电路等方面的设计人员作为参考资料。

Analog systems for microprocessors
and minicomputers
by
Reston Publishing Co.

微处理机和小型计算机的模拟系统

[美] 培契克·H·盖若特 著
刘寿和 葛怀富 徐德功 译
白 英 彩 校

出版: 江苏科学技术出版社

发行: 江苏省新华书店

印刷: 海 门 县 印 刷 厂

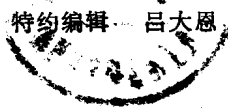
开本787×1092毫米 1/32 印张 9 字数 200,000

1984年6月第1版 1984年6月第1次印刷

印数 1—8,200册

书号15196·128 定价1.00元

特约编辑 吕大恩



目 录

序.....	(1)
第一章 电气传感器.....	(2)
§ 1-0 引言.....	(2)
§ 1-1 温度传感器.....	(2)
§ 1-2 压力和流量传感器.....	(7)
§ 1-3 位移传感器和调节器.....	(11)
§ 1-4 化学分析仪器.....	(15)
§ 1-5 光学测量和辐射测量.....	(18)
§ 1-6 接地.....	(23)
参考资料.....	(26)
第二章 测量仪表中的放大器.....	(28)
§ 2-0 引言.....	(28)
§ 2-1 运算放大器.....	(29)
§ 2-2 放大器的输入误差.....	(36)
§ 2-3 放大器的输出误差.....	(43)
§ 2-4 放大器在仪表中的应用.....	(45)
习题.....	(53)
参考资料.....	(54)
第三章 有源滤波器.....	(56)
§ 3-0 引言.....	(56)
§ 3-1 网络的灵敏度.....	(57)
§ 3-2 滤波器的响应特性.....	(59)

§ 3-3	有源滤波器的设计	(65)
§ 3-4	带通滤波器	(73)
§ 3-5	特殊的滤波器结构	(84)
	习题	(88)
	参考资料	(89)
第四章	信号的改善	(91)
§ 4-0	引言	(91)
§ 4-1	信号的质量	(92)
§ 4-2	采样频率的选择	(97)
§ 4-3	单放大器信号改善电路的示例	(101)
§ 4-4	使用三个放大器的方法	(104)
§ 4-5	高性能的信号改善方法	(108)
§ 4-6	输入误差及定标	(109)
	习题	(113)
	参考资料	(115)
第五章	模拟信号的处理	(117)
§ 5-0	引言	(117)
§ 5-1	函数的拟合与线性化	(117)
§ 5-2	对数运算	(125)
§ 5-3	计算电路	(132)
§ 5-4	可程序控制的功能	(138)
	习题	(141)
	参考资料	(143)
第六章	数据转换系统	(145)
§ 6-0	引言	(145)
§ 6-1	基本系统的构成	(146)
§ 6-2	模拟多路转换器	(149)

§ 6-3	采样-保持装置	(152)
§ 6-4	数/模转换器	(155)
§ 6-5	采样、量化和编码	(160)
§ 6-6	模/数转换器	(167)
§ 6-7	控制逻辑与接口	(174)
§ 6-8	输出端模拟信号的恢复	(183)
	习题	(186)
	参考资料	(187)
第七章	信号的传送方法	(189)
§ 7-0	引言	(189)
§ 7-1	模拟信号的传送	(190)
§ 7-2	数字信号的传送	(192)
§ 7-3	调制解调器	(198)
§ 7-4	无线数据通信线路	(206)
	习题	(213)
	参考资料	(215)
第八章	过程控制器	(217)
§ 8-0	引言	(217)
§ 8-1	控制回路的分析	(218)
§ 8-2	调节器的特性	(222)
§ 8-3	模拟式调节器的调整	(228)
§ 8-4	调节器的应用	(231)
	习题	(237)
	参考资料	(238)
第九章	电子式稳压电源	(240)
§ 9-0	引言	(240)
§ 9-1	初级电源	(241)

§ 9-2	并联稳压器.....	(245)
§ 9-3	串联稳压器.....	(248)
§ 9-4	开关式稳压器.....	(252)
§ 9-5	热性能的设计.....	(254)
	习题.....	(258)
	参考资料.....	(259)
第十章	电子系统的可靠性.....	(261)
§ 10-0	引言.....	(261)
§ 10-1	可靠性的理论基础.....	(261)
§ 10-2	部件的可靠性表现.....	(266)
§ 10-3	可靠性的提高.....	(269)
§ 10-4	系统的可靠性和可用性.....	(272)
	参考资料.....	(275)
附录 A	增益、带宽和失真度的测量.....	(276)
附录 B	有关分贝的复习.....	(278)
附录 C	测量信号中包括噪声时的转换关系.....	(279)

序

自从1965年仙童公司的709型单片运算放大器问世以来,模拟仪表和信号处理取得了极其迅速的进展。尤其是登月的探测飞船上采用了第一代的所有(五种)线性集成电路,这一事实,使得这方面的进展更加引人注目。当前人们十分注重微处理机和小型计算机在数据采集和过程控制方面的应用,这使得模-数接口以及各种有关问题与用户之间发生了密切的关系。例如,用户经常有这样的愿望,要求把传感器与计算机之间的信号质量,提高到实际可靠范围内所对应的二进制位数,同时又要保持系统的复杂程度和成本不变。

本书旨在针对上述要求和附加条件,向着重于应用的读者提供一些解决问题的线索。这十章内容按实际工作中常遇到的顺序加以编排,循序渐进地介绍与数字计算机的模拟输入和输出系统有关的问题。也可出于特殊的目的运用这些内容,例如:设计有源滤波器、实现信号的改善或调整过程控制器。书中举了许多专门的例子,以使本书有一定的实用意义——这一点是较正规或较一般化的入门书所缺乏的,其宗旨是给读者一些模拟系统使用方面的启发。

本书既可以作为仪表专业的教科书,也可作为计算机专业的辅助教材或作为这方面的专业人员的参考书。本书还可供在其它领域工作的工程师和技术员弥补与此有关的知识上的不足,对于从事数字技术的专家也有所裨益。

Pat. Garrett

第一章 电气传感器

§1-0 引言

本章将概括地介绍目前在实验室里和工业生产的测量中所采用的传感器技术及其实践。由于这些测量装置是作为以传感器为基础的数据采集和实时控制系统的起点，所以传感器的关键特性就很重要。本章将介绍测量温度、压力和流量的传感器，以及位移和位置调节器。此外还将介绍光学和辐射测量装置、化学分析仪器，并包括生产流程中的一些联机应用。本章最后提出了在传感器信号为低电平信号的情况下的接地和屏蔽问题。

§1-1 温度传感器

在工业上和实验室里经常要求进行温度测量。那么，选用何种传感器，主要取决于应用的场合和所需要测量的温度范围。常用的传感器有热电偶、电阻测温器件(RTD)、半导体传感器和高温计等。表1-1列出了各种测温器件的测量范围。

由于热电偶具有耐用、温度测量范围宽等优点，所以是用得最广泛的一种测温元件。在用两种不同的金属所构成的温度-电动势发生器中，利用温差电动势效应，所测量出来的温度(或温度差)，具有重复性，如图1-1所示。正常工作时要求

表1-1 温度传感器的测量范围

类 型	测量范围 (°C)
玻 璃 管	-50~+600
双金属片	0~+500
充气元件	-50~+300
半 导 体	-100~+100
电阻测温器件	-100~+300
高 温 计	+100~5000
热 电 偶	-250~2000

用一个参照结(或与之等效的电信号)与测量结相串联,以便规定电流的流向并使测量结的电动势达到最大值。热电偶中采用的不同种金属组合的种类繁多,采用哪一种组合则取决于工作环境和要求的工作温度范围。较常用的金属组合列于表1-2。测量温度范围很宽时通常要求对传递函数加以线性化,这将在第五章中予以详细讨论。

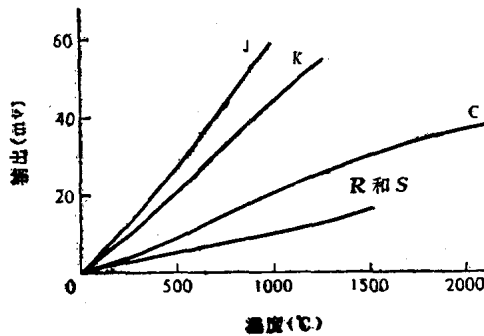


图1-1 热电偶的特性

若要求用热电偶进行精确温度测量,由于参照结的温度

变化将影响输出信号。实践中,常使两条引线通过冰点参照结与铜导线相接。但是,采用冰瓶的方法是不甚方便的,所以通常要采用其它方法来加以解决。电桥法是用一个自补偿网络去消除因参照结周围的温度变化而引起的误差(图1-2)。所不足的是需要用一个汞电池(其典型的连续寿命为60天)或者一个稳定的直流电源。如果要求不太严格的话,可将铜端补偿结安放在处于环境温度下的恒温热容器中进行测温,这样也可适用于许多工业应用的情况。采用这种结构时通常将热电偶组装在单一的热电偶箱里。

表1-2 各种热电偶的比较

类型	元 +	件 -	mV/°C	温度范围 (°C)	特 点
J	铁	康铜	0.04	-250~1000	经济
K	镍铬 合金	镍铝锰 合金	0.03	-250~1400	线性最好
R和S	铂-铑	铂	0.01	0~1500	高温
T	铜	康铜	0.04	-250~400	湿度大的场合
C	钨	铼	0.02	0~2000	高温

与热电偶相比,电阻测温器件的分辨率较高、重复性较好。它是根据电阻值的变化是温度的函数这一原理来工作的。铂电阻温度计经常用于工业应用中,其精度很高,机械和电气的稳定性良好。热敏电阻是由金属合金的烧结混合物制成的,它是一种具有很大的负温度系数的陶瓷元件。金属膜电阻的温度范围和线性范围较热敏电阻大,但是热敏电阻的灵敏度要比金属膜电阻高十倍左右。通常需要进行的信号处理是将电阻的变化转换成电压的变化,并尽可能使其成为线

性的。图1-3画出了较常用的电阻测温器件的温度-电阻特性。

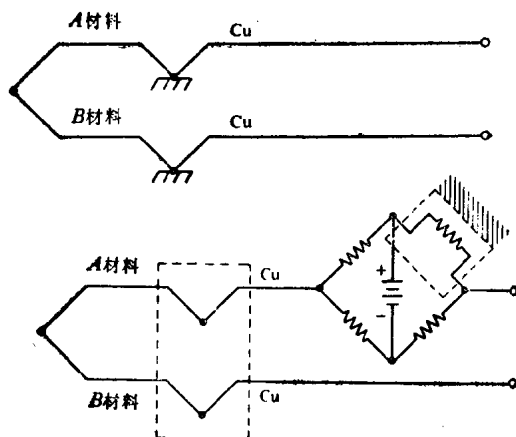


图1-2 热电偶基准（参照）电路

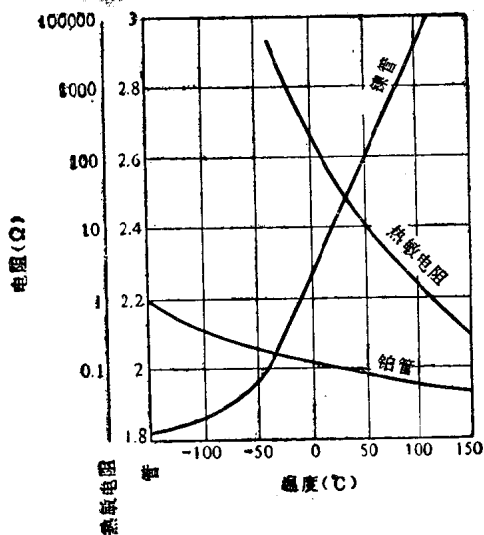


图1-3 电阻测温器件

当机械传感器与生产过程无法接触却能直接进行观察时,可以用光学高温计来进行测温。光学高温计只能对在其传感器光谱响应之内的能量进行测量,然后将校准过的基准信号源与被测过程的辐射值进行比较,产生与被测过程的温度相对应的电流输出,从而确定温度值。如图1-4所示,自动高温计是用一个伺服回路实现这一平衡的。这种装置一般可工作到5000℃。

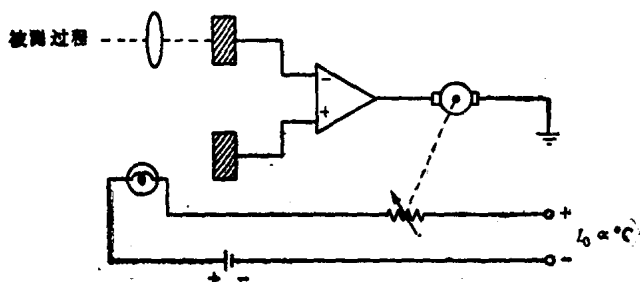


图1-4 自动高温计

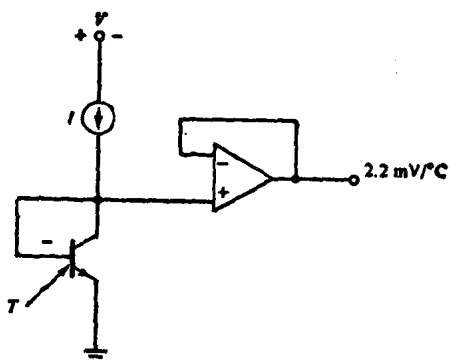


图1-5 半导体测温计

利用正向偏置的半导体器件测量温度是一种新技术。图

1-5所示的半导体测温计在 $\pm 100^{\circ}\text{C}$ 左右的有用工作范围内能精确地测量到 0.1°C 。这样的测量范围虽然很有限,但在很多情况下要求的往往就是这个范围。双极型晶体管的基-射结压降按 $2.2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 的负温度系数的规律变化,并且可通过恒流供电使之具有很好的线性。

§1-2 压力和流量传感器

最初采用的压力和流量传感器是电位计式装置。因为这种装置具有价格低廉、输出电平较高等优点,因此至今在简单的系统中仍广泛使用。但是由于它对冲击和振动太敏感以及有机械非线性误差(一般超过3%),也就限制了这种装置的用途。以前为了克服电位计式压力传感器的缺点而采用的技术都是以非固定型应变仪为基础的。这种装置能使精度和稳定性得到很大的改善,典型的误差是满度值的0.5%。但是其缺点是太灵敏又难于制造,输出又在毫伏范围内,通常还需要有一个前置放大器。所以,很快地人们对这种装置进行了改进。

用直接连到压力膜片上的半导体应变仪代替非固定型应变仪传感器,可以省去机械连接部分。对频率响应和振动的敏感性又可得到改善,其精度则与不连接方式相当。但是其输出电平也很低,仍然要用前置放大器。而且灵敏度也较低,只适用于压力为每平方英寸100磅以上的情形。对这一点加以改进的方法是使用带有扩散压敏电阻的晶体膜片。这种技术的优点是没有象其它方法那样所呈现出来的测量滞后现象。当误差减小到0.5%量级时,滞后现象会成为一个限制因素。

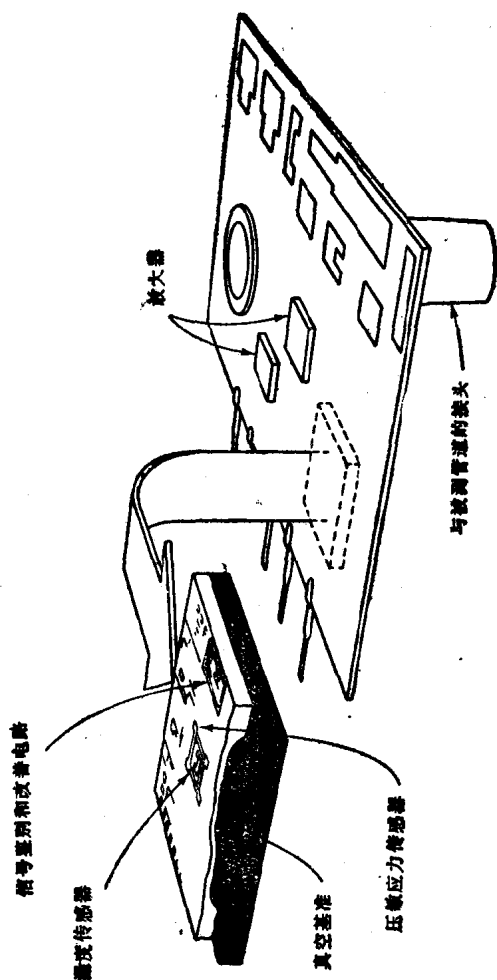


图1-6 压力传感器的集成电路

压力传感器的最新发展是将压敏电阻与混合集成电路工艺结合起来,以对各种误差源进行补偿(图1-6)。国家半导体公司首先制成了LX-1700和LX-3700系列的器件,使精度为

1%的器件的价格下降了一个数量级。这种混合式器件内部包含有真空基准、减小温度影响用的片内加热器和连接成惠斯顿电桥测量电路的压敏电阻，还包括有前置放大和信号改善电路。

流体流量的测量一般采用两种方法：压差传感技术和机械接触传感技术(例如涡轮机)。流率 F 是流体运动的速率，其典型的量纲是英尺/秒。体积流量 Q 是指在单位时间内流过的流体的体积。例如， Q 可表示成加仑/分。气体的质量流率 M 以磅/小时之类的量纲来度量。

因为压差式流量传感元件的两个测量点之间的压差与落差相等，所以称为落差流量计或压差式流量计。这个压差相当于差示压力计的柱高。根据与万有引力常数 g (32英尺/秒²)和压差的关系可求得流率。一般，明渠中液体的流量是通过水槽和堰之类的落差形成装置来测得的。通过测量流过堰的流体的高度而得到落差。然后如图1-7所示，计入液流的截面积而获得体积流量。图1-8是压差传感元件的示例。

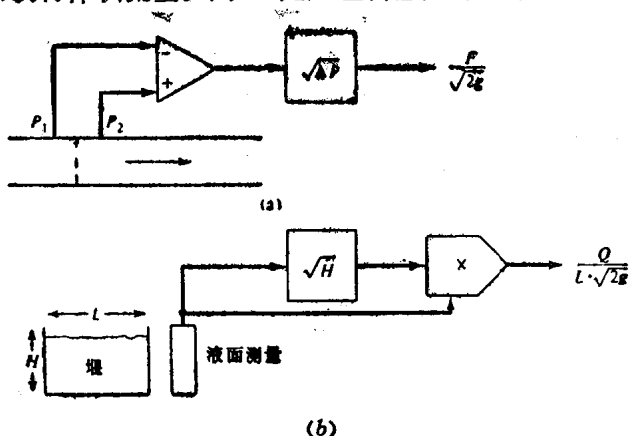


图1-7 流率和体积流量的测量



图1-8 压差传感元件

$$F = \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\Delta P} \quad \text{英尺/秒} \quad (1-1)$$

$$Q = \sqrt{2g} \cdot L \cdot H \cdot \sqrt{H} \quad \text{英尺}^3/\text{秒} \quad (1-2)$$

大部分流率(或速度)测量仪器用的都是点测传感器(例如测气流用的皮托管)。但是,对生产过程中流体的流量采用单点测量一般不太精确。而用圆环状之类的多点采样或管道平均型传感器测量要精确一些。在气流压力很小时采用压差测量也可能测不准,需要使用灵敏的线性可调相移变压器(LVDT)耦合的压力传感器来进行测量。

测量质量流率时还要进行辅助的静态温度和压力测量。为了保证测量精度,必须在采集流速数据的各处同时进行温度测量,而静态压力则可认为在整个管道内是一个常数(图1-9)。理想的情况应该是把速度传感器与完备的温度传感器结合在一起。实用时通常要为探头找出一个校准系数,如下述方程所示。

$$K = \sqrt{R \cdot \frac{\Delta P_0}{\Delta P_x}} \quad (\text{K/秒}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (1-3)$$

式中 ΔP_0 ——真正的压差 $P_0 - P_\infty$ 托;

ΔP_x ——测得的压差;

R ——普通气体常数。

$$M = K \cdot \sqrt{\frac{P \cdot \Delta P}{T}} \quad \text{磅/秒} \quad (1-4)$$