

计算机应用技术丛书

微机控制系统设计选

钱宗华 严冀薇 赵雁南 编著

清华大学出版社

计算机应用技术丛书

微机控制系统设计选

钱宗华 严隽薇 赵雁南 等编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书选编了用微型计算机、单板机等构成的数据采集、控制与图形输入等方面的应用系统,重点介绍这些应用系统的总体结构、接口技术、软件设计、系统调试和应用技术等。叙述的篇幅适中,内容深入浅出,并配有实用图、表及程序。

本书适用于从事计算机控制、系统开发、计算机应用等方面的工作人员阅读和参考。

计算机应用技术丛书

微机控制系统设计选

钱宗华 严秀薇 赵雁南 等编著

清华大学出版社出版

北京 清华园

通县宏飞印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本: 787×1092 1/32 印张: 10 1/2 字数: 230 千字

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数: 00001—10000 定价: 3.60元

ISBN 7—302—00186—3/T·72

《计算机应用技术丛书》

出版说明

目前, 计算机, 特别是微型计算机已经应用到工业、农业、商业、交通、教育、医疗、政府机关、服务行业以至日常生活的所有领域。各类工程技术人员、干部正越来越多地和计算机打交道, 迫切需要有关计算机, 特别是微型计算机应用技术及典型实例的参考书。为此我们约请清华大学等单位工作在计算机应用第一线的教师和工程技术人员编写了《计算机应用技术丛书》, 结合实例详细地阐述计算机应用技术, 分册出版, 意在推广, 注重实用。

《计算机应用技术丛书》即将出版的几册书汇集了计算机, 主要是微型机在控制和检测仪表、机械设备、生产过程自动化设备以及系统仿真等方面的应用实例。《丛书》不是去罗列众多的应用实例, 而是选择那些有代表性的典型实例, 向读者介绍如何应用计算机, 特别是微机对一台仪器仪表、一系列过程、一个简单的或复杂的系统实现计算机控制、监测或仿真。作者力求既有工作原理的叙述, 又有具体应用技术的说明, 详细介绍实例的硬件结构、软件设计、接口技术和系统调试方法等。读者通过这些实例可以学习解决具体问题的方法、措施和经验, 提高实际动手解决具体问题的能力。具有大专以上文化程度的读者在工作、学习中参考此丛书会感到方便实用, 甚至具有中等文化程度的读者也能学习参考丛书中的有关内容, 得到启发和帮助。

《计算机应用技术丛书》将陆续出版各分册，我们欢迎正在或将要从事计算机应用和“机电一体化”工作的科技人员、大专学生、研究生、干部都来关心丛书，积极提出意见，共同努力把丛书越办越好，为我国计算机特别是微型计算机应用技术的普及和提高作出贡献。

《计算机应用技术丛书》编辑组

前 言

自七十年代初微处理器、微型计算机问世以来,发展非常迅猛。由于它价格低、体积小、采用了总线结构,便于开发、扩展、操作简易以及各种应用软件的不 断推出,使得计算机真正渗透到了工业生产、商品流通、人们生活等各个领域,对人类社会的各个方面都产生了巨大的影响。微处理器、微型计算机在国民经济各个部门的推广应用,必将对我国的四化建设、产品的改造换代起到极其重要的推动作用。

本书选编了单板机、微型计算机在控制、数据采集、图象输入等方面的一些实用系统,这些实用系统都是作者近几年中在科研或教学方面的实践总结,并都在各有关部门得到了应用。本书叙述的内容具体、实用,介绍的篇幅适中,引用的程序都经过上机和实践的检验。

本书重点叙述应用系统的总体结构、接口技术、软件设计、系统调试及应用技术等内容。力图使读者能从中得到一些有益的启发,向读者提供一点自行设计、开发微机在控制、数据采集和图形输入等方面应用系统的实践知识。

本书共分六章,每章叙述一个方面的专用系统。

第一章由严隽薇编写。介绍三路和三十六路浅层地质信号的数据采集和预处理系统。这是水电部提出的两项科研任务,已在84、85年分别通过了部级和校级鉴定,并在地质现场获得了应用。参加本项科研任务的还有郝忠恕。

第二章由钱宗华编写。这是《计算机控制》教学实验的总

结。参加本实验设计的还有何克忠、郝忠恕、张伟。

第三章由何克忠、郑爱苾编写。这是用于廊坊电线厂漆包线涂塑过程的微机控制。已在86年通过了省级鉴定。参加本项科研任务的还有何家龙、何明。

第四章由赵雁南编写。这是唐山五瓷厂用于陶瓷隧道窑烧成控制的BC85/32微型计算机控制系统。已于86年通过了省级鉴定。投产一年多来工作稳定可靠，并取得明显的经济效益。参加本项科研任务的还有刘植楨、王秀玲、何克忠、屈玉俊、宋欣光等。

第五章由朱新育、甘卫宁编写。介绍了在M68K128KB单板机上开发的12位A/D、D/A接口和模块式控制的实验研究系统。

第六章由张忻中编写。介绍了目前在模式识别等方面应用较为广泛的计算机图象、图形输入的技术和装置。给出了几个已通过鉴定的汉字识别系统中用于输入的实用程序。

感谢孙增圻对全书作了审阅工作。

由于时间紧迫，作者水平有限，书中如有错误、不当之处，欢迎读者批评指正。

感谢参加这些项目的同志提供的各种形式的帮助。

编著者

目 录

前言

第一章 以微处理器为核心的数据采集及预处理系统

.....	(1)
§1.1 数据采集系统概述	(1)
1.1.1 数据采集的重要意义	(1)
1.1.2 实现数据采集系统的几个要点	(1)
1.1.3 数据预处理中的问题	(4)
1.1.4 数据的再现和保存	(5)
§1.2 数据采集系统的一般构造	(6)
1.2.1 用单板机构成采集系统	(6)
1.2.2 多板结构采集系统	(7)
1.2.3 强功能数据采集系统部件	(7)
§1.3 3 路浅层地质信号采集、预处理系统例解	(8)
1.3.1 系统硬件	(9)
1.3.2 应用软件	(16)
§1.4 36路浅层地质信号采集、预处理系统例解	(24)
1.4.1 系统的性能指标及功能特点	(24)
1.4.2 系统的硬件设计	(26)
1.4.3 系统的软件设计	(37)
§1.5 采集系统的调试与开发	(49)
1.5.1 单板机采集系统的开发	(49)
1.5.2 用单板机开发多板系统	(50)
§1.6 系统的通用性及扩充性	(51)

参考文献.....	(52)
第二章 Z80单板机实现数字控制和数字校正的教学	
实验系统.....	(53)
§2.1 Z80单板机简介	(53)
2.1.1 硬件结构简介	(53)
2.1.2 不增加任何硬件情况下汇编、反汇编的开发	(53)
§2.2 8位 A/D、D/A 接口的扩展	(56)
2.2.1 工作原理及框图	(56)
2.2.2 芯片介绍	(59)
2.2.3 接口的检查软件	(67)
§2.3 用Z80单板机实现的数字控制.....	(69)
2.3.1 一台单板机控制多台步进机	(69)
2.3.2 硬件介绍	(70)
2.3.3 控制软件框图	(74)
§2.4 用Z80单板机实现的数字校正.....	(78)
2.4.1 对由电子模拟器组成的二阶系统实现的 PD 校正	(78)
2.4.2 对由电子模拟器组成的二阶系统实现的无纹波有限 拍控制.....	(87)
附录.....	(95)
一、Z80单板机100总线连线表.....	(95)
二、8位 A/D、D/A 接口线路图	(96)
三、用程序延时控制步进机的程序清单.....	(98)
四、用 CTC 定时控制步进机的程序清单.....	(99)
五、PD校正控制系统程序清单	(101)
六、对二阶模拟系统实现有限拍控制的程序清单.....	(105)
参考文献.....	(112)
第三章 Apple II 过程控制系统.....	(113)
§3.1 概述.....	(113)

3.1.1	系统的功能和设计要求	(113)
3.1.2	方案的比较和确定	(114)
3.1.3	系统框图	(121)
§3.2	系统的硬件设计	(123)
3.2.1	模拟量输入通道的设计	(123)
3.2.2	模拟量输出通道的设计	(129)
3.2.3	光电耦合电路的设计	(135)
3.2.4	电源系统的设计	(136)
§3.3	系统的软件设计	(137)
3.3.1	软件的设计要求	(137)
3.3.2	软件设计要点	(141)
3.3.3	管理程序流程图	(146)
3.3.4	控制程序流程图	(149)
§3.4	提高可靠性措施	(153)
§3.5	Apple II 过程控制系统的特点	(161)
	参考文献	(162)

第四章 BC85/32微机控制系统 (163)

§4.1	BC85/32 微机控制系统简介	(164)
4.1.1	问题的提出	(164)
4.1.2	硬件组成	(165)
4.1.3	软件介绍	(170)
§4.2	设计思想	(172)
4.2.1	工业控制用微型计算机的特殊性	(172)
4.2.2	结构与性能	(173)
§4.3	BC85/32 硬件设计	(173)
4.3.1	模块结构设计	(173)
4.3.2	模拟输入通道的设计	(178)
4.3.3	模拟输出通道的设计	(190)
§4.4	计算机控制系统的抗干扰措施	(193)

4.4.1 计算机供电系统与接地系统	(193)
4.4.2 控制对象与计算机主机的隔离	(195)
4.4.3 工艺要求	(197)
4.4.4 其它	(199)
§4.5 BC85/32 软件设计	(199)
4.5.1 控制程序	(199)
4.5.2 实时控制中监督管理程序的设计	(211)
4.5.3 控制系统中参数的输入与输出	(215)
§4.6 运行效果和应用展望	(219)
参考文献	(220)

第五章 M68K单板机实现的模块式计算机控制 (221)

§5.1 M68K128KB 单板机简介	(221)
5.1.1 单板机的硬件配置	(221)
5.1.2 单板机的地址分配和软件资源	(223)
5.1.3 单板机与 Dual68000系统的通信接口	(230)
§5.2 单板机扩展A/D-D/A 接口板	(231)
5.2.1 一般介绍	(231)
5.2.2 接口中主要芯片介绍	(232)
5.2.3 接口线路原理简介	(243)
§5.3 模块式计算机控制系统	(249)
5.3.1 基本控制算法的模块化及其组合应用	(249)
5.3.2 以模拟器为对象的控制系统实验研究	(250)
§5.4 单板机与 Dual 68000 系统的通信	(255)
5.4.1 通信的实际意义	(255)
5.4.2 通信软件的开发	(256)
§5.5 EPROM 编程器的开发	(268)
5.5.1 问题的提出	(268)
5.5.2 EPROM 编程器硬件的开发	(268)
5.5.3 EPROM 编程器软件的开发	(273)

参考文献	(277)
第六章 微机图象、图形输入装置	(278)
§6.1 微机图象、图形处理系统及其输入技术	(278)
6.1.1 微机图象、图形处理系统简介	(279)
6.1.2 微机图象、图形输入技术	(284)
§6.2 采用图形输入板的微机图形输入装置	(292)
6.2.1 图形输入板的基本工作原理	(293)
6.2.2 图形输入板的主要技术指标	(296)
6.2.3 图形输入板和微机连接, 连接程序实例	(297)
§6.3 摄象机扫描图象慢速采样输入装置	(303)
6.3.1 视频数字化仪原理框图	(305)
6.3.2 视频数字化仪和计算机并行接口的连接	(305)
6.3.3 扫描程序实例	(309)
§6.4 摄象机扫描图象实时采样输入装置——PC视频帧采集器PFG	(311)
6.4.1 PFG框图	(312)
6.4.2 PFG 主要特性指标	(316)
6.4.3 PFG 的设置和编程	(317)
6.4.4 实时扫描程序实例	(319)
参考文献	(323)

第一章 以微处理器为核心的 数据采集及预处理系统

§1.1 数据采集系统概述

1.1.1 数据采集的重要意义

数据采集系统的任务就是收集原始的数字信号。由于计算机技术的飞速发展，数字信号的获取正在成为各计算机应用领域中愈来愈重要的课题。目前在各类专用微型机系统中，往往都需要配置数据采集功能。例如过程控制中要对被控量、被监测量进行采集，并输出各种控制量。信号测量和分析系统中要不断获取大量信息，并进行再显或存储；甚至在很多管理系统中也要研究各类信号的收集问题。在各种数据采集系统中，我们将着重研究模拟数据采集系统，因为实际问题中大量的模拟信息。而且问题的难点和系统的主要开销正是在模拟信号与数字信号之间的转换方面。可以说，模拟数据采集系统是外界与计算机之间的重要接口。解决了这一环，就可以发挥计算机高速度、高精度处理数字信号的能力，提高整个系统的性能。

1.1.2 实现数据采集系统的几个要点

数据采集系统的基本问题是采集的速度和精度，前者是解决采样频率和系统吞吐量的问题，而后者则是系统性能中的另一重要方面，当然还将涉及一系列其他有关问题。这里仅考虑如下的几个要点：

(1) 采集系统技术、经济指标的综合考虑

考虑的原则包括两个方面：一是在满足技术指标要求的前提下，尽可能降低成本和缩短研制周期；另一是在已有配置的基础上为继续提高系统的技术指标和扩展系统的功能提供可能性。例如，为了提高采集系统的吞吐量，当然可以采用高速的采集器部件，但这样将使成本提高。经对技术、经济指标综合考虑，选用另一方案：采用普通的模数转换器件，同时用多套装置并行采集，使系统的采集量成倍提高，这样，在保证技术指标的前提下就可大大降低系统成本。该实例将在§1.4中介绍。在这个实例中，不仅达到了用户提出的技术指标，而且，在系统规模确定后，尽量赋予了系统以较多的功能：在系统设置一转换开关后，便可处于通用微型机工作状态，具有了键盘监督程序常用的功能；同时在三十六路的软件设计中考虑了扩充的可能性。这些措施均体现了挖掘系统潜力、增强系统技术功能的原则。

(2) 采集速度与硬件配置的关系

目前市场上出售的普通 A/D 转换芯片，其转换时间为 $20\mu\text{s}$ 至 $100\mu\text{s}$ ，也就是说，在系统采集一点的时间中，用于转换的时间 T 为 $20\text{—}100\mu\text{s}$ 。此外，还有多路开关切换的时间、数据传送到 CPU 再送入内存的时间、起动下一次 A/D 电路工作的时间以及查询、修改、计数、中断等时间，这些时间的总和称为时间 τ 。因此，系统采集一点实际需要的时间为 $T + \tau$ 。若有限带宽模拟信号的最高频率为 f_{max} ，且一路 A/D 转换电路负担转换的模拟通道数为 N ，那么，根据采样定理及实际上的需要，数据采集的速度 f_0 应为 $(5\text{—}10)Nf_{\text{max}}$ ，而采用普通 A/D 转换芯片进行数据采集的速率上限 $f_0 =$

$$\frac{1}{T+\tau} < 10000 \text{ 次/s, 即 } (5-10)Nf_{\max} = \frac{1}{T+\tau} < 10000, \text{ 这}$$

就是对采集速度的限制。

要提高采集速度, 可从两方面入手: 压缩 T 或缩短 τ 。 T 由硬件决定, 这已在(1)中谈及, 即用硬件配置的方法来解决速度问题。而缩短 τ 在一定程度上可以采取改善软件的设计技巧, 提高程序效率的措施来达到。在 §1.3 的采样程序中就可看到: 由于安排硬件时考虑了编程的方便, 因而减少了采样程序的执行时间, 最终使 τ 得到有效的缩短。

当然, τ 的缩短是有限制的。由于 CPU 与 I/O 之间传送方式的限制, 一般 τ 将不短于 $20\mu\text{s}$ 。因此, 一般来说, 要提高采集系统的速度, 往往要采用直接存储器访问技术(DMA), 这实际上是一种改变硬件配置的方法, 但是, 这种硬件投资可以较大幅度地提高系统吞吐量, 具有较高的经济效益。具体方案见 §1.3 和 §1.4。

(3) 采集精度的考虑

采集精度主要取决于 A/D 转换器的精度。A/D 转换器的分辨率就是转换器所能敏感的最小电压变化量, 它取决于输入的满刻度电压与转换器输出的字长, 即转换器分辨率 $= V_{FS}/2^n$, 其中 V_{FS} 是满量程电压, 单位为 V; n 为字长。分辨率也可以用百分比来表示。例如, 有一个 12 位的转换器, 我们可以说其分辨率是 12 位, 或称它具有 $1/4096$ 的分辨率; 也可以称它具有 0.025% 满量程的分辨率, 等等。

下一步应根据采样精度指标要求选择合适字长的转换器。选择时必须留出一定余量, 因为采样系统的各种部件, 如多路开关、采样保持电路、测量放大器以及转换器本身都会引入相应的误差。转换器一经选定, 系统对信号的最小灵

敏限,即分辨率就随之确定。在选择系统的其他部件时,都应尽量保证系统的这一指标。

下面从实例说明如何对系统采集精度进行综合考虑。一测温系统的输入范围为 $0\sim 450^{\circ}\text{C}$,对应的热电偶电压为 $0\sim 0.025\text{V}$,要求测温的分辨率为 1°C 。这样,ADC(模/数转换器)至少应为10位字长。输入电压为单极性,因此可确定采用单极性的ADC。这样,系统输入的LSB(最低有效位)为 $0.025/2^{10}\approx 24.4\mu\text{s}$,对应的平均温度分辨率为 0.44°C 。

若ADC输入满刻度信号电压为 5V ,则系统输入端必须采用测量放大器,其增益应该是 $5/0.025=200$ (当然,若ADC输入范围为 10V ,增益就应为 $10/0.025=400$)。由于系统A/D转换精度(分辨率)相当于满刻度的 $0.1\%(1/2^{10})$,因此要求由于测量放大器增益误差引起的转换误差应小于系统分辨率。例如,取其一半,即放大器增益误差应小于 0.05% ,这个指标一般的测量放大器是可以达到的。除放大器增益外,还应考虑选用的电阻等电路元件的精度、放大器的响应时间和单位增益带宽等诸多因素对系统精度的影响,当系统精度要求更高时,还应更仔细地考虑如放大器偏流、漂移电压等其他因素的影响。系统误差分析是一个复杂的问题,读者可参阅有关资料,在此不再赘述。

1.1.3 数据预处理中的问题

采集系统自A/D转换通道获得数字信号后,通常要进行各种运算和处理,也可能需要再以模拟信号的形式输出。在这整个过程中,必然有输入信号电压与A/D转换器的匹配以及输出信号与输出转换器的匹配问题,其中,有一种是由于A/D和D/A转换器极性的不同而引起的数据处理问题。这种处理与应用系统所要完成的任务本身无关,但由于它影响实

际的结果，所以必须对采集系统的量化数据进行预处理。这类预处理有以下几种类型：

- 1) 单极性模拟通道(A/D或D/A)量化数据的相加算法；
- 2) 双极性模拟通道(A/D或D/A)量化数据的相加算法；
- 3) 单极性模拟通道(A/D或D/A)量化数据的相减算法；
- 4) 双极性模拟通道(A/D或D/A)量化数据的相减算法。

我们假定转换器(以8位分辨率为例)具有理想的线性特性，并设二进制码 a_1 、 a_2 、 a_3 分别是模拟量(以电压为例) V_1 、 V_2 和 V_3 的量化数据，其中 V_3 是 V_2 与 V_1 相加或相减后的结果。于是，可以得出上述四种算法的对应公式如下：

$$a_3 = a_2 + a_1$$

$$a_3 = a_2 + a_1 - 80H$$

$$a_3 = a_2 - a_1$$

$$a_3 = a_2 - a_1 + 80H$$

这里只给出了结果，§1.3中将推导第二种算法。

1.1.4 数据的再现和保存

采集系统的任务不仅是获取数字信号并对信号进行各种处理，还经常涉及数据的再现和保存的问题。

(1) 数据再现

很多数据采集是用于过程监督的，为了实时地、形象地监视过程变化，往往需要在显示器上再现信号波形或绘制曲线，这实际上是将采集、处理的结果连续、完整地输出的问题。为此需要辟一个缓冲输出区以存放输出数据。只要定时