



Motorola 单片机应用技术

张 辉 陈粤初 李丕垠 等编著



北京航空航天大学出版社

Motorola 单片机应用技术

张 辉 陈粤初 李丕垠 等编著

北京航空航天大学出版社

TP36

内 容 简 介

本书主要介绍了全国 Motorola 单片机大奖赛部分获奖者撰写的最新应用技术。内容丰富,涉及到模糊控制、数字通信、变频控制、IC 卡应用、单片机输入输出接口技术及技巧、单片机电磁兼容性技术等,实例叙述翔实,具有较强的可读性,可为广大读者在设计单片机应用系统时提供借鉴和帮助。

读者对象:科技工程技术人员、单片机爱好者、大中专院校的学生、研究生,也可以作为单片机培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

Motorola 单片机应用技术/张辉等编著. —北京:北京航空航天大学出版社, 1999. 2

ISBN 7-81012-836-1

I. M… II. 张… III. 单片式计算机 IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 28660 号

Motorola 单片机应用技术

张 辉 陈粤初 李丕垠 等编著

责任编辑 金友泉

责任校对 李宝田

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市学院路 37 号, 邮编 100083, 发行部电话 82317024

[http: WWW.buaapress.cn.net](http://WWW.buaapress.cn.net)

E-mail: Pressell@public.bj.cninfo.net

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 11 字数: 280 千字

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月第 1 次印刷 印数: 4000 册

ISBN 7-81012-836-1/TP·313 定价: 15.00 元

前 言

自从单片机问世以来,单片机已成为高科技领域中的有力工具。它在工业测控系统、机器人系统、通信控制、数字信号处理、家用电器等方面成为不可缺少的重要组成部分。

为了促进单片机的开发应用,由全国微机应用学会理事长陈章龙教授组织了全国 Motorola 单片机大奖赛的部分获奖者撰写了《Motorola 单片机应用技术》一书,该书内容丰富,实例叙述翔实,具有较强的可读性,可为广大读者在设计单片机应用系统时提供借鉴和帮助。

全书共分九章,主要内容简述如下:

第一章对单片机应用的现状及发展趋势作了分析,并对 Motorola 单片机应用中的各项技术作了简要的叙述,为广大读者提供一个概貌。

第二章对单片机应用系统设计的共性部分——信号检测与处理技术作了详细的介绍。首先叙述了信号的基本性质、信号调理电路的组成、传感器的选择原则等内容,然后着重介绍了各种信号放大电路的设计方法和应用技巧、二阶滤波器(低通、高通、带通、带阻)的快速实用的设计方法以及采样保持电路、绝对值电路、有效值电路的设计方法,最后介绍了 A/D 转换器的选择及其使用技巧,并用实例作了详细说明。

第三章介绍了单片机信号输出接口及其驱动技术。主要内容有数模转换器 D/A 的选择及使用技巧,常用功率器件及其与单片机的接口电路设计技术,包括继电器、功率晶体管、可控硅、功率场效应管(VMOS)、绝缘栅双极晶体管(IGBT)等的特点和应用注意事项及其接口技术。最后介绍了常用执行元件的选择及其控制技术,如直流伺服电动机、交流伺服电动机、小功率同步电动机、步进电动机、直流无刷电动机的应用注意事项及单片机对执行元件的控制技巧。

第四章主要介绍了 Motorola 单片机定时器系统及其应用技术,主要包括交流功率控制、尘粒探测器、串行通信等实例。

第五章介绍了单片机与 IC 卡的接口技术,并详细介绍了车载 IC 卡的应用实例。

第六章主要介绍了单片机在无线数据通信中的应用技术,包括无线数传电台的构成、工作原理以及软件设计等。

第七章主要介绍了如何应用单片机来实现变频控制,内容包括单片机变频调速的实现、应用于变频空调的实例以及用于变频控制的专用单片机 M68HC705MP16 的原理等。

第八章主要介绍单片机模糊控制技术,内容包括模糊控制的基本原理、单片机模糊控制技术的实现、模糊控制的应用实例——食用菌人工气候模糊控制器以及单片机模糊控制器的考核与评价等。

第九章为单片机系统的电磁兼容性(EMC)技术与试验,主要介绍了单片机系统电磁兼容性设计实用技术,包括元器件的选择与布局、软硬件抗干扰技术和单片机电磁兼容性试验的方法及标准。

17588/02

本书由张辉主编并负责统稿。第一章 1.1 节由陈粤初编写，第一章 1.2 节、第二章、第三章由张辉编写，第四章由王耀明编写，第五章由魏少敏编写，第六章由王伟艺编写，第七章由张愈编写，第八章中 8.1 节、8.2 节、8.4 节及第九章由李丕垠编写，第八章的 8.3 节由陈粤初编写。

感谢 Motorola 上海办事处和复旦大学 Motorola 单片机应用开发研究中心的大力支持，北京航空航天大学出版社的编辑对本书的出版作了许多工作，在此，对所有帮助和支持我们工作的同志表示衷心感谢。

书中不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编著者

1998 年 10 月

目 录

第一章 概 述	1
1.1 Motorola 单片机发展概况	1
1.2 Motorola 单片机应用技术概论	1
1.2.1 单片机应用系统的构成及基本要求	1
1.2.2 Motorola 单片机应用技术介绍	2
第二章 信号检测与处理技术	5
2.1 信号概述	5
2.1.1 信 号	5
2.1.2 信号传输	6
2.1.3 信号调理	7
2.2 传感器及其选择原则	8
2.2.1 传感器的分类	8
2.2.2 传感器的基本性能参数	10
2.2.3 传感器的选择原则	10
2.3 传感器电子电路	11
2.3.1 传感器电子电路的组成与基本要求	11
2.3.2 信号放大电路	12
2.3.3 信号处理电路	20
2.3.4 模数转换及其使用技巧	34
2.4 线性化电路	39
2.4.1 硬件修正法	40
2.4.2 软件修正法	43
第三章 单片机信号输出接口及驱动技术	45
3.1 数模转换技术	45
3.1.1 数模转换器的一般问题	45
3.1.2 数模转换的使用技巧	47
3.1.3 D/A 接口应用实例	51
3.2 常用功率器件及其接口电路设计	52
3.2.1 常用功率器件及其选择	52
3.2.2 功率器件接口电路设计	56

3.3 常用执行元件的选择及控制技术	62
3.3.1 概 述	62
3.3.2 直流伺服电动机及其控制电路	62
3.3.3 交流伺服电动机及其接口电路	64
3.3.4 小功率同步电动机	68
3.3.5 步进电动机及其驱动接口原理	69
3.3.6 无刷直流电动机与单片机的接口技术	71
第四章 定时器系统及其应用	74
4.1 输入比较器应用——尘粒探测器	74
4.2 输入和输出比较器应用——交流功率控制电路	76
4.3 输入和输出比较器应用——串行通信	78
第五章 单片机与 IC 卡接口技术	82
5.1 IC 卡概述	82
5.1.1 IC 卡特征及结构	82
5.1.2 IC 卡功能描述	83
5.1.3 IC 卡通信协议	84
5.2 IC 卡命令	85
5.2.1 命令格式	85
5.2.2 命令描述	86
5.3 单片机 SPI 接口技术及应用设计	88
5.3.1 SPI 硬件接口	88
5.3.2 单片机与 EEPROM 接口及 SPI 实现	89
5.3.3 单片机与 IC 卡接口及 SPI 实现	93
5.4 应用实例——MC68HC705J2 在车载 IC 卡自动检票机中的应用	96
5.4.1 设计目的	96
5.4.2 设计原理	96
5.4.3 设计步骤	97
5.4.4 控制软件	98
第六章 单片机在无线数据通信中的应用	105
6.1 概 述	105
6.2 无线数传电台的硬件设计	105
6.2.1 硬件结构	105
6.2.2 无线调制解调技术	106
6.2.3 单片机系统	107
6.2.4 异步接口电路	108
6.2.5 电 台	109

6.2.6 电 源	109
6.3 无线数传电台的软件设计	109
6.3.1 异步—同步转换	109
6.3.2 纠错编码及解码	110
第七章 单片机变频调速技术	114
7.1 单片机变频调速的实现	114
7.1.1 三相交流电机 PWM 变频调速原理	114
7.1.2 单片机变频调速的实现	115
7.2 单片机变频调速用于变频空调	119
7.2.1 MC68HC705P6 单片机应用于变频空调	119
7.2.2 MC68HC705P6 单片机在变频空调模糊控制中应用	120
7.3 MC68HC708MP16 单片机变频控制	122
7.3.1 MC68HC708MP16 单片机简介	122
7.3.2 MC68HC708MP16 单片机 PWM 模块	123
第八章 单片机模糊控制技术	127
8.1 模糊控制的基本原理	127
8.1.1 模糊逻辑与模糊集合	127
8.1.2 模糊控制的算法模型	128
8.2 单片机模糊控制技术	131
8.2.1 单片机模糊控制系统结构	131
8.2.2 单片机模糊控制的实现	132
8.3 应用实例——食用菌人工气候模糊控制仪	144
8.3.1 概 述	144
8.3.2 食用菌人工气候模糊控制仪硬件设计	144
8.3.3 食用菌人工气候模糊控制仪软件设计	145
8.4 单片机模糊控制器的考核与评价	148
8.4.1 模糊控制技术的标准化	148
8.4.2 单片机模糊控制器的考核与评价	148
第九章 单片机系统的电磁兼容性(EMC)技术与试验	151
9.1 单片机系统的电磁兼容性	151
9.1.1 电磁干扰能量的发送	151
9.1.2 电磁干扰敏感度	152
9.2 单片机系统电磁兼容性设计技术	152
9.2.1 电磁噪声	153
9.2.2 电磁噪声抑制	153
9.2.3 硬件抗干扰电路	156

9.2.4 软件抗干扰	158
9.3 单片机系统的电磁兼容性试验	159
9.3.1 电磁兼容性标准	160
9.3.2 电磁兼容性试验	160
附 录：二阶巴特沃斯和切比雪夫滤波器归一化系数表	165
参考文献	166

第一章 概 述

1.1 Motorola 单片机发展概况

Motorola 单片机(MCU)是目前国际上应用最广、销量最大、功能最强的单片机。M68HC05 系列以及它的扩展系列 M68HC08, 是 Motorola 单片机最主要的系列, 其中, CSIC(用户专用集成电路)是把单片机作为用户专用芯片来生产开发的, 它除了 CPU 采用 HC05 或 HC08 以外, 早期单片机未能集成到单片机内部的外围功能模块, 如 RAM, ROM, EPROM, OTPROM, EEPROM, A/D, PWM, DTMF, 多功能定时器(包括输入捕捉、输出比较、RTC、WDOG)等等, 都能集成到单片机内部, 再考虑需要的串行口(SPI, SCI, I²C 和 CAN 总线), 引脚数目, 封装形式等, 目前 HC05 单片机种类至少有二百种以上可供用户选择。Motorola 单片机具有抗干扰能力强、半导体工艺先进、外围电路简单、单片机不受电源波动影响、整机成本低廉、保密性好等特点。因而, 很适合应用到国民经济的各个部门(如家电消费类、通信类、汽车电子类、仪器仪表与自动控制类等等)。

Motorola 单片机抗干扰性能强其主要原因为 Motorola 单片机总线上的时序不一样。Motorola 单片机的时钟频率只有 MCS-51 单片机时钟的三分之一。时钟频率低对降低系统的噪声很有好处, 达到电磁兼容测试要求相对容易得多。

Motorola 在 1982 年就用 HCMOS 工艺代替 NMOS 工艺, 它集中了 HMOS 和 CMOS 的长处, 具有价格低、高密度、高速度、功耗低等特点。Motorola 近年来又推出一种新工艺 LD MOS 出现(Lateral Diffusion Metal-Oxide Silicon), 它具有耐高压, 能通过大电流的能力, 可以将功率型输出接口也集成在单片机内部。它可广泛应用到家电和工业控制中。

在降低功耗、提高可靠性方面, Motorola 单片机具有工作电压范宽的特点, 一般可在 3V~5.5V 范围工作, RAM 保持电压为 2V。工作电压 2.7V、1.8V 单片机也已经研制成功, 到本世纪末工作电压将降到 0.9V。抗噪声、抗干扰也不断出现一些新技术。

1.2 Motorola 单片机应用技术概论

1.2.1 单片机应用系统的构成及基本要求

应用于测控领域的单片机应用系统主要由以下几个部分组成:

- ① 现场信号的检测与处理部分, 它包括传感器、传感器电子电路(信号放大、滤波、整形、采样保持、A/D 变换电路等), 线性化电路等。
- ② 现场执行机构的控制及驱动部分, 包括 D/A 转换、功率放大及驱动电路等。

③ 单片机基本系统部分, 该部分指单片机本身及必需的支持电路, 如振荡电路等。

④ 单片机基本系统扩展部分, 该部分包括片外 EPROM/EEPROM、RAM、I/O 口的扩展、显示器、键盘、打印机等的连接, 如图 1-1 所示。

单片机应用系统的基本要求为: 功能满足要求; 成本要低; EMC 要好。

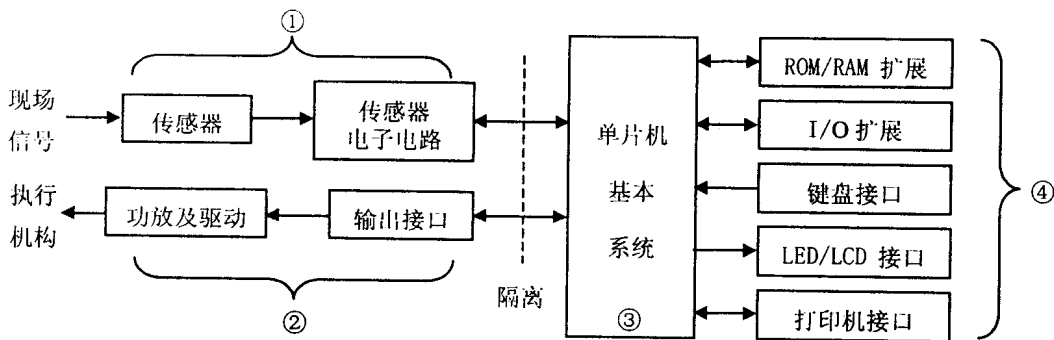


图 1-1 单片机应用系统的基本组成

1.2.2 Motorola 单片机应用技术介绍

根据单片机应用系统的组成及基本要求, 在设计单片机应用系统时应着重掌握以下一些应用技术:

- ① 单片机系统的共性应用技术;
- ② 单片机系统特殊功能应用技术;
- ③ 单片机系统的典型应用技术;
- ④ 单片机系统的 EMC 应用技术。

单片机系统的共性应用技术, 主要包括信号检测与处理技术、单片机信号输出及驱动技术(本书的第二章和第三章)。

信号检测与处理技术是指对工业现场的各种被测量(包括模拟量、数字量、开关量、脉冲量等)进行数据采集和处理, 使之成为与单片机信号相匹配的信息, 硬件部分主要包括有传感器及预处理部分。传感部分是整个系统的感官器, 是系统中极其重要的敏感区, 它一旦出现故障, 系统将成为盲者, 就会出现失误, 因此, 对于各种不同的被测量以及系统的要求, 对传感器的选择是不一样的, 如何选择传感器是应用系统设计一个关键的部分。信号的预处理部分主要完成对传感信号进行处理、变换, 以改善信号的品质, 然后变换成单片机能够处理的信号类型, 为保证指挥中心(单片机)发出正确而有效的命令。信号预处理部分是系统中模拟电路的重要组成部分, 模拟电路理论上设计并不难, 但实际运作时往往要比想象的要复杂的多, 因此, 它是整个应用系统设计中的难点之一, 很多设计不理想甚至导致失败, 其主要原因大多为模拟电路部分设计有问题。所以, 本书第二章着重阐述了传感器电子电路的设计要点以及技巧, 以供读者设计时参考。

另外, 系统中传感器往往有非线性, 如何应用硬件方法和软件方法进行线性化处理在第二章中也作了叙述, 这对提高系统的性能指标有着重要的意义。

单片机信号输出及驱动技术是单片机发出指令并得以实现的重要组成部分,是单片机对控制对象的输出通道接口,这里主要包括如何使用好 D/A,如何选择好功率器件以及执行元件,如何选择好接口和控制技术,本书第三章为读者提供了一个设计参考,掌握好信号输出接口与驱动技术,为高质量完成一个应用系统设计将提供有力的支持。

信号的检测和处理、信号的输出接口和驱动是直接和工业现场相连,它是阻止干扰进入系统的重要渠道,因此,通常要采用隔离措施。

对于单片机系统本身的各项应用技术如 EPROM、EEPROM、RAM、I/O 扩展、LCD/LED 接口、键盘接口及打印机接口等在其他书籍里已有详述,书中不作讨论,本书只对单片机的一些特殊应用技术作了叙述,如 Motorola 单片机的定时器、SPI、SCI 等。书中第四章对读者关心的定时器应用技术通过实例作了分析, Motorola 单片机的定时器与其他种类的单片机相比功能较强,它除了一般的定时/计数功能外,还具有输入捕捉、输出比较、WAIT 和 STOP 模式等功能。第四章用实例加以分析说明,具有一定的借鉴价值。另外如何使用 SPI 来扩展系统也是广大读者非常感兴趣的问题之一,本书的第五章就有这方面的实例及设计使用技巧。至于单片机一些常规应用技术可参见其他书籍。

随着单片机应用的领域不断拓宽和加深,单片机应用技术也得到了飞速的发展,本书就目前单片机应用中典型的热门技术通过实例作了详细的阐述。主要包括模糊控制技术、变频控制技术、通信应用技术以及 IC 卡应用技术等,这些实例叙述详细,既为读者提供一个比较完整的设计思路及硬软件设计方案,又为读者提供一个开阔的思维空间和设计参考。

IC 卡技术近年来发展很快, IC 卡由于具有容量大、安全性强、可靠性高、能脱机操作等特点,其应用领域日益广泛,如 IC 卡电表、收款机、信用卡、电子钱包、电话卡、有线电视预付卡、健康卡、购物卡、车卡、校园卡、借书卡、食堂就餐卡、水电煤气预付卡等产品在国内外不断出现。IC 卡是一种将集成电路(IC)嵌入到类似信用卡大小的卡片,应用最广的 IC 卡为带 EEPROM 存储器卡。例如 SLE4432 卡是一种带有写保护功能的 256 字节 EEPROM 的存储器卡, SLE4442 是带有写保护功能和可编程密码(PSC)的 256 字节 EEPROM 的存储器卡。对 IC 卡的接口电路及读写技术类似对 EEPROM 芯片的操作。书中第五章详细介绍了 IC 卡与单片机的接口技术,并以车载 IC 卡自动检票机为例作了详细的介绍,可供读者参考借鉴。

Motorola 单片机在通信领域中应用也很广泛,如大哥大、BB 机等。随着通信技术的飞速发展,无线通信设备的成本不断降低,无线通信越来越体现出其优越性。一般的超高频电台只提供通话功能,它采用 2 FSK 调制方式,通信速率也只能达到 1200b/ps,不能实现高速的数据通信。为了实现较低的误码率,接收信号必须有较大的信噪比,因此,对电台发射功率、电波传输途径都提出了较高的要求。要实现 2400b/ps 以上的通信速率,必须采用 FFSK、MSK 或其他更先进的调制方式。在无线数传电台中加入单片机,可实现数据的异步—同步转换、数据的缓冲、实时的纠错编码及解码。书中第六章重点介绍了单片机在无线数据通信中的应用技术,包括 FFSK、硬软件设计技术等。

变频控制技术近年来被炒得红红火火,如何用好变频控制技术是广大设计人员的一大难点。脉冲宽度调制法(Pulse Width Modulator 简称 PWM)被广泛地应用于电力电子技术领域,例如,电机调速、弧焊电源、电动汽车、逆变电源、无功补偿等领域,其中以电机变频调速和 UPS 不间断电源中应用最多。变频调速是近年来国内外用于节电和调速的重要技术。

随着工业自动化程度的不断提高和全球能源短缺加剧,变频调速技术越来越广泛地应用在机械、纺织、化工、造纸、冶金、食品等各个行业及风机、水泵等设备的节能场合,并取得了明显的经济效益。据统计,我国 65% 的能源消耗在交流电动机上,而交流电动机是一种恒负荷设计,一般交流电机实际上并不在满负荷下工作,却要消耗满负荷电能。三相电动机的启动往往需要 5~7 倍的工作电流。因此,采用变频调速技术可以选择最佳转速而节省大量电能。据资料介绍,如将一台 154 kW 的变频调速器用于水泵的调速,每小时可节电近 60 度,节电率达 68.5%;在锅炉引风机上安装一台 22 kW 的变频调速器,节电率也可达 30%,节电效果十分显著。空调器近年来在我国家电行业中年增长率达 27%,也是耗能大户。常规空调器加上变频调速技术至少可节电 20%,称为变频空调。这是变频调速技术在空调器行业应用较广的领域。有人提出一个方案:对占全国总耗电量约 35% 的变负荷运行的电气设备推广应用高效变频调速装置,只要投资 140 亿元,可以形成年节电 1000 亿千瓦时的能力,从节电效果中三年可收回投资,相当于再建一个三峡电站(三峡水利工程到 2010 年的发电能力为 840 亿千瓦时,至少需投资 950 亿元)。可见变频调速技术应用于电机调速在我国有巨大的市场。本书第七章介绍如何利用单片机实现变频控制技术,为大家提供参考。

模糊控制技术近年来在家用电器、工业控制中得到了广泛的应用,模糊控制的核心是输入变量的模糊化,模糊推理规则库以及输出变量的清晰化等三大部分,第八章就此核心问题作了阐述,并对单片机模糊控制器的考核与评价作了说明。

一个单片机应用系统的设计成功与否,除了满足各项功能性指标外,还有一项很重要的指标就是 EMC(电磁兼容性)指标,此乃评价一个单片机应用系统能不能可靠地进行工作的重要指标,书中第九章对单片机系统的电磁兼容性设计作了分析,提出了设计时应注意的各种问题,以保证设计的产品具有良好的电磁兼容性。

以上这些单片机的典型应用技术是单片机应用系统设计的重要组成部分,应用好这些技术需要掌握扎实的基础理论,并且要不断地通过实践加以更新和提高,以获得经验,努力吧,成功一定属于积极进取的人。

第二章 信号检测与处理技术

2.1 信号概述

2.1.1 信 号

1. 信号源

在测控系统中,携带信息的物理变量称为信号。信号通常可按两种方法进行分类,一种是按照信号的来源进行分类,另一种是按照信号本身的物理性质进行分类。

信号按照其来源可以分成生物信号、生理信号、环境信号、仪器信号四大类。这四大类信号虽然还不能包括自然界中的一切信号,但它们是测控系统最常遇到的信号。

信号若按其物理性质可分为电信号和非电信号两大类。电信号最易产生、检测和控制,由于读者对电类信号性质比较熟悉,以致许多信号处理的装置和部件主要是以电学为基础。除了电信号以外的一切非电领域(如压力、温度等)的信号,称为非电信号。

2. 时域信号的表现形式

测控系统所处理的电信号为电流或电压等,通常表示为时间的函数。在时域中可分为连续时间信号和离散时间信号两大类。

连续时间信号是时间的连续函数,其幅度和时间两方面都是连续的,有时简称为连续信号或模拟信号,这是模拟电路系统中最常遇到的信号。

离散时间信号在时间坐标上是离散的,只在某些不连续的瞬时具有函数值。离散时刻的间隔可以是均匀的,也可以是不均匀的。如果离散时间信号的幅度(即函数值)是连续的,则称为采样信号;如果其幅度也被限定为某些离散值,则称为数字信号或量化信号。

3. 测控系统中常见的连续信号

在测控系统中,被测信号经过采样、量化,而后为计算机所接收。在此过程中被测信号可能表现为直流信号、准直流信号以及动态信号三种形式。

(1) 直流信号

直流信号在实际过程中往往伴有噪声信号,会影响测量结果。为此可以采用如下两种方法来降低直流信号中噪声的影响。

① 信号平均法 对实际的直流信号进行多次测量,取其平均值,使测量所得的信噪比(SNR)有所提高。如果测量次数为 n ,则其改善的程度如下式所示:

$$(SNR)_2 = \sqrt{n} (SNR)_1$$

式中 $(SNR)_1$ ——原信号的信噪比;

$(SNR)_2$ ——多次(n 次)平均后的信噪比。

如果噪声是有限带宽,则每一次噪声的采样值和前一次有关。为了充分体现信号平均的

优点,在相邻两点时间间隔应足够大,正好和噪声带宽成反比。

② 低通滤波法 要实现能抑制噪声的低通滤波器,可用硬件电路实现,也可以借助单片机的软件来改善噪声对直流信号的影响。

(2) 准直流信号

准直流信号是一个动态信号,只是在测量期间 T (或称采集时间) 内表现为稳态的直流信号,如图 2-1 所示。由图可见它实质上是一个脉冲信号。对此,可以采用测量直流信号的一切方法来处理准直流信号的问题。但是,如果在信号通道中采用低通滤波器,它必须有足够的带宽保证通过图 2-1 中的脉冲信号,以便在测量期间保持为定值。

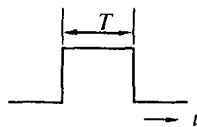


图 2-1 准直流信号

(3) 动态信号

动态信号是一种随时间变化的信号,是数据采集系统经常要处理的信息。动态信号一般分为确定性信号和随机信号两种:确定性信号可分为周期性信号和非周期性信号,它可以用谱分析等方法来进行处理;随机信号的出现是非重复性的,其函数值是不能预先知道的,对其进行分析时必需用概率和统计的方法,借助统计方法可以计算信号的平均值、直流功率、平均功率以及总的功率等等,还可以对信号进行相关或频谱分析。

确定性信号有时也会表现为随机的性质,如果它被淹没在噪声之中就属于这种情况。利用分析随机信号的方法,可从中提取出有用的确定性信号。

2.1.2 信号传输

1. 模拟信号的传输

模拟信号可以进行电压传输,也可以进行电流传输。电压信号在传输过程中受干扰的影响较大,会使信号品质下降,而电流信号传输具有如下两个优点:

- ① 接收端的阻抗一般都比较低,可以使传输线上干扰电压的影响下降到最低程度;
- ② 因为沿传输线各点的电流都相等,所以,减小了信号在传输过程中的损失。

因此,常常将传感器的电压信号先转换为电流(通常为 $4\text{ mA} \sim 20\text{ mA}$),再用双绞线(双绞线可以降低干扰电压的影响)将信号传输到接收端。电流信号传输可以远达几百米,而电压传输一般仅限于几十米。

2. 数字信号的传输

检测数字信号要比模拟信号容易些,因此可以降低信噪比。如果将检测的模拟信号在现场就转换为数字信号,让数字信号进行长距离传输要比模拟信号长距离传输的效果好得多。

数字信号传输也可称为数据通信。通常有以下两种通信方法:

① 标准通信总线法

标准通信总线用于控制微机和终端设备(例如终端显示器 CRT、打印机)、仪器或其他设备间的通信,也用于系统与系统间的通信。

通信总线又分为并行总线和串行总线两种。并行总线的优点是数据传输速率高,适用于短距离传输,缺点是成本高。串行总线的优点是所用导线或电缆较少,成本低,适用于远距离传输,缺点是数据传输速率比较低。常用的标准并行总线是 IEC625 (又称 IEEE - 488, GP

- IB, HP - IB); 标准串行总线是 RS - 232C, 采用负逻辑, 常用的标准速率为 19 200, 9 600, 4 800, 2 400, 1 200, 600 (以 b/s 为单位) 等。

② 专用通信总线法

专用通信总线是针对某些控制系统设计的一种总线, 它因具体控制系统而异。

2.1.3 信号调理

1. 信号调理电路的组成

信号调理电路如图 2-2 所示。为了克服干扰的影响, 图中前置放大器应为差分输入方式的运算放大器, 利用其共模抑制能力来抑制确定性的共模干扰信号, 而后利用采样滤波器进一步消除随机干扰信号, 提高信噪比。

共模抑制比 (CMRR) 定义为:

$$\text{CMRR} = \text{DMG} / \text{CMG}$$

式中 DMG——运算放大器的差模增益;

CMG——运算放大器的共模增益。

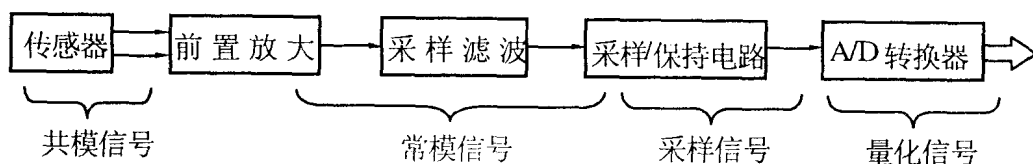


图 2-2 信号调理电路的组成

假设前置放大器的输入差模电压和共模电压分别为 U_{iD} 和 U_{iC} , 相应的输出差模电压和共模电压为 U_{oD} 和 U_{oC} 。对于前置放大器来说, 差模分量就是有用的信号分量, 共模分量就是无用的干扰分量。按照差模增益和共模增益的定义可以得到

$$\text{CMR} = \frac{U_{oD}/U_{iD}}{U_{oC}/U_{iC}} = \sqrt{\frac{(U_{oD}/U_{iD})^2}{(U_{oC}/U_{iC})^2}}$$

$$\text{CMR} = \sqrt{\frac{\text{SNR}_{AO}}{\text{SNR}_{AI}}} \quad \text{或} \quad \text{SNR}_{AO} = \text{CMRR}^2 \text{SNR}_{AI}$$

式中 SNR_{AO} ——前置放大器输出端信噪比;

SNR_{AI} ——前置放大器输入端信噪比。

由此可以看出前置放大器共模抑制比对确定性干扰信号的抵制作用, 它使信噪比的改善程度与其共模抑制比 CMRR 的平方成正比。一般运算放大器可以达到 $\text{CMRR} = 10^4$ 左右。由于前置放大器具有很高的共模抑制能力, 通常认为前置放大器的输出信号中仅存在串模 (又称常模) 干扰信号。此种干扰信号尚需进一步消除, 因此, 有时在信号调理电路中安排一个采样滤波器。

2. 信号调理电路的输出幅度及输入信号的允许误差

在实际应用中,有些信号源提供的信号幅度很小。虽然经过图 2-2 的信号调理电路得到某种程度的放大,但是前置放大器的主要任务是改善信号的品质,即提高信噪比 SNR。例如,某信号源能提供信号的有效值为 2mV,由于它和采集系统相距较远,在传输过程中遭到 1V (有效值)共模干扰,这时采集系统输入端的信噪比为:

$$\text{SNR}_{\text{Ai}} = \left(\frac{2\text{mV}}{1\text{V}} \right)^2 = 4 \times 10^{-6}$$

现在用 $\text{CMRR}=10^4$ 的运算放大器作为前置放大器,则其输出端的信噪比为

$$\text{SNR}_{\text{Ao}} = \text{CMRR}^2 * \text{SNR}_{\text{Ai}} = (10^4)^2 \times 4 \times 10^{-6} = 400$$

它比输入端的信噪比有了很大的改善,再加上采样滤波器的作用,可以达到预定要求的信号品质。

为了使信号品质和 A/D 转换器的位数相匹配,调理电路输出的最大信号电平应接近于 A/D 转换器的满度值 V_{FS} ,在设计数据采集系统时必须重视这个问题。在考虑输出信号最大幅度的同时,还必须明确调整电路对输入信号最小值的要求,即它允许的最小输入信号幅度值(阈值电平) V_{Ti} 。如果输入信号的最小幅度达不到阈值电平 V_{Ti} 时,就不能被检测。这时必须进一步提高调理后的信号品质,直到最小输入信号的幅度达到或超过 V_{Ti} 为止。

此外,信号调理电路前置放大器输入端的失调电压 V_{os} 、失调电流 I_{os} 等系统误差将会导致 A/D 转换器分辨力下降,这是一项直流误差,如果电路中采用带通滤波器或交流耦合等方式,该项误差可以忽略不计,否则须予以考虑。前置放大器输入端的误差电压 V_{ei} 计算公式如下:

$$V_{\text{ei}} = \sqrt{(I_{\text{os}}R_{\text{s}})^2 + (\text{d}V_{\text{os}}/\text{d}t)^2 + [(\text{d}I_{\text{os}}/\text{d}t)R_{\text{s}}]^2 + V_{\text{N}}^2}$$

式中 I_{os} , V_{os} ——前置放大器输入端失调电流、失调电压;

V_{N} ——前置放大器输入端的等效声噪电压;

R_{s} ——信号源号内阻。

如果该误差电压 V_{ei} 超过输入端规定的阈值电平 V_{Ti} ,则将导致 A/D 转换器的分辨力下降。这时必须对整个通道重新设计,直到满足 $V_{\text{Ti}} > V_{\text{ei}}$ 为止。

2.2 传感器及其选择原则

2.2.1 传感器的分类

凡接受外界刺激并产生输出信号定义为传感器。传感器就是用来对所测的量产生响应并提供可用信号的器件,即把输入信号变成不同形式输出信号的装置,如热敏电阻、麦克风、压力计、光电管等。

由于传感器的种类繁多,分类方法也比较多,一般可按传感器检测信息来分类。即传感器可分为热敏、力敏、光敏、磁敏、气敏、压敏、离子敏等传感器,如表 2-1 所示。

这种分类方法的优点是明确指出了传感器的检测对象和用途,除了便于人们选择使用外,在工作原理、材料与工艺的体系划分上也比较恰当。