

第3章

物联网的数据获取与处理技术

信息的采集和获取是物联网主要的数据来源,物联网的各种应用都是通过各类信息和数据来实现的。感知与识别技术是物联网的基础,物联网感知识别层采集和获取信息和数据的形式主要有如下几种。

(1) 使用各种传感器采集物理数据,如温湿度、pH 值、压力等各种物理传感器和化学传感器。

(2) 使用 Wi-Fi/WAPI、RFID 等完成短距离的信息读取和传递。其中,RFID 技术由于具有实时读取功能,已经成为物联网典型的基础技术之一。

(3) 采用麦克风、摄像头等信息采集设备将所采集的音、视频信息作为监控目标的信息数据。然后使用智能技术等对音视频进行内容的分析和提取相关数据信息。

物联网中的数据采集和获取系统由硬件和软件两部分组成。硬件部分主要包括各种感知和识别装置或设备,软件部分包括嵌入式操作系统、信号的采集、处理与分析等功能模块程序等。

在采集和获取信号的过程中,还会面临着数据处理的问题。例如,如何避免受到各种噪声和干扰,以及如何从实际检测数据中提取真正反映被测量的信息等。本章介绍的数据处理的任务就是采取各种方法最大限度地消除这些误差,尽可能把精确的数据提取给使用者。

3.1 模拟信号的检测与数据采集

物理世界中大部分信号都是连续变化的模拟量信号,微处理器能够对它们进行处理的前提是先把模拟信号变换为数字信号。在物联网信号采集与获取系统中,通常采用传感器将被检测到的物理量经传感器转化成电信号,然后再经过信号放大、滤波、采样、编码等环节处理后才能被微处理器所用。

3.1.1 检测系统的特性与性能指标

根据系统工程学理论,一个系统总可以用数学模型或函数描述。即用某种模型或函数表征传感器的输出和输入间的关系和特性,从而用这种关系指导传感器的设计、制造、校正和使用。但是,精确地建立一个系统的数学模型是困难的。在工程上总是采用一些近似方法建立起系统的初步模型,然后经过反复模拟实验确立系统的最终数学模型。这种方法同样适用于传感器数学模型的建立。下面介绍传感器静态和动态数学模型的一般描述方法。

1. 静态检测特性与性能指标

静态检测是指测量时,检测系统的输入、输出信号不随时间变化或者变化很缓慢。静态检测时,系统所表现出的响应特性称为静态响应特性。通常用来描述静态响应特性的指标有测量范围、灵敏度、非线性度、回程误差等。一般用标定曲线来评定检测系统的静态特性,理想线性装置的标定曲线是直线,而实际检测系统的标定曲线并非如此。通常采用静态测量的方法求取输入输出关系曲线,作为标定曲线。多数情况还需要按最小二乘法原理求出标定曲线的拟合直线。静态检测系统的主要性能指标如下。

(1) 测量范围。检测系统能正常测量的最小和最大输入量之间的范围,被定义为测量范围。

(2) 灵敏度。当测试装置的输入 x 有一增量 Δx ,引起输出 y 发生相应变化 Δy 时,灵敏度定义为 $S = \Delta y / \Delta x$ 。

(3) 非线性度。标定曲线与拟合直线的偏离程度就是非线性度。

(4) 回程误差。测试装置在输入量由小增大和由大减小的测试过程中,对于同一个输入量所得到的两个数值不同的输出量之间的最大差值被定义为回程误差。

2. 检测系统的动态特性

在动态测量时,由于被测信号随时间的变化迅速改变,其输出信号会受到检测系统动态特性的影响,因此需要了解检测系统的动态特性。对于测量动态信号的检测系统,要求检测系统在输入量改变时,其输出量能立即随之不失真地变化。在实际检测过程中,若由于检测系统选用不当,输出量不能良好地追随输入量的快速变化将会导致较大的测量误差。因此,研究检测系统的动态特性有着十分重要的意义。

系统的动态响应特性一般通过描述系统的微分方程、传递函数、频率响应函数、单位脉冲响应函数等数学模型来进行研究。

3.1.2 系统的组成结构与工作方式

传感器用于获取被测信息,在其输出的信号中不可避免地包含杂波信号,幅度也不一定适合直接进行模数(A/D)转换,所以需要将传感器输出的信号进行调理。完成放大、滤波、幅度变换等功能的电路称为信号调理电路。调理后的信号经采样/保持电路、模数转换电路转换为数字信号后可送入微处理器进行处理,以上的相关电路统称为模拟量输入通道。

从被转换模拟信号的数量及要求看,模拟量检测系统可分为单通道结构和多通道结构两种方式。

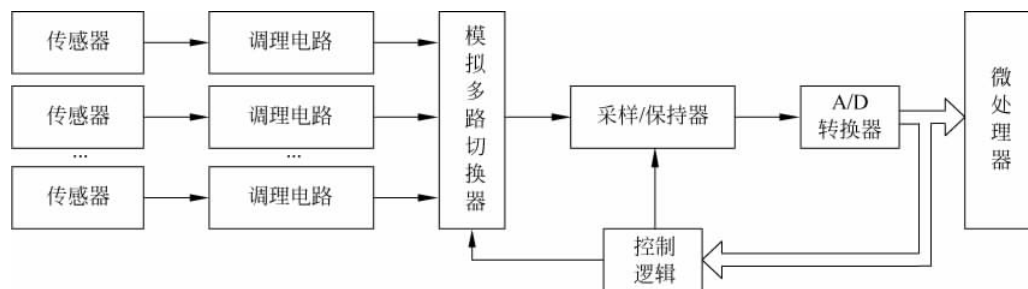
1. 单路采集方式

当只有一个被测信号时通常采用单通道结构,这种方式也通常用于对频率较高的模拟信号进行 A/D 转换。传感器输出的信号进入信号调理电路进行滤波、放大等处理后,送入 A/D 转换器(ADC)。然后,将 ADC 输出的数字信号送入微处理器。在无线传感网络的节点中多采用单路采集方式,其内部一般由传感器、信号调理电路和微处理器(内含 ADC)组成。

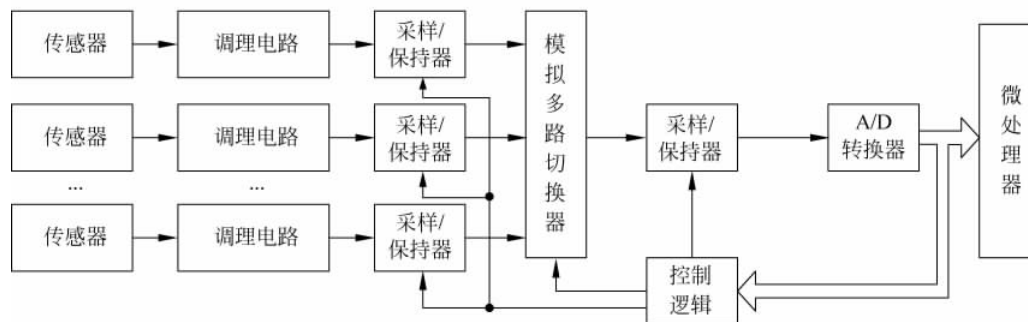
2. 多路采集方式

实际的数据采集系统往往需要同时测量多种物理量或对同一种物理量设置多个测量点,因此多路模拟输入通道也具有一定的普遍性。

按照系统中数据采集电路是各路共用一个 ADC,还是每路各用一个 ADC,可将多路模拟输入通道分为分散采集式和集中采集式两大类型。其中,多路分散采集方式是采用分时进行数据采集,分时输入的结构形式如图 3.1(a)所示。多路集中采集方式则是采用同时进行数据采集,分时输入的结构形式如图 3.1(b)所示。



(a) 多路分时采集分时输入结构



(b) 多路同步采集分时输入结构

图 3.1 多路采集式结构组成示意图

3.1.3 模拟信号的检测方法

在物联网系统的实际应用中,很多的信号都是连续变化的模拟量。微处理器对它们进行处理的前提是先把模拟信号变换为数字信号,完成这种变换的器件称为 ADC。对于常见的各类 ADC,尽管工作的方式有很大的差异,但最终都能够完成将电压信号变换为数字信号的功能。因此各类模拟量信号只要能够通过某种方式变换为电压信号,就可以进而变换为数字信号送到微处理器中进行处理。

本节主要介绍常见电压类信号、电流类信号和电阻型信号等的检测。

1. 电压类信号的检测

对电压类信号检测的要求有如下几方面。

(1) 被测电压的频率可以是直流、低频、高频信号,其频率范围为 0Hz 到几百兆赫,甚至达到吉赫量级。

(2) 被测电压值可以小到微伏,甚至毫微伏级,或是大到上千伏。

(3) 由于检测器件的输入阻抗是被测电路的额外负载,为了尽量减少检测器件接入电路后对被测电路的影响,因此要求检测器件具有高的输入阻抗。

(4) 由于电压测量的基准是直流标准电池,同时在直流测量中各种分布性参数的影响极小,因此采用直流电压的测量方式可获得极高的准确度。

(5) 当测量仪器工作在高灵敏度时,干扰会引入测量误差,因此要求检测电路具有高的抗干扰能力。

2. 电流类信号的检测

测量电流的基本原理是将被测电流通过已知电阻(取样电阻),在电阻两端产生与被测电流成正比关系电压。在检测系统中,一般以电流信号的最大值确定所需电阻。例如最大值为 100mA,ADC 的输入最大值为 10V,则可选电阻为 $0.1\text{k}\Omega$ 。如果将自动量程分为 4 个挡位,可提高测量精度。即可用 4 个 25Ω 的电阻串联,再通过模拟开关引出不同档次的信号,电路如图 3.2 所示。图中运算放大器起输入缓冲作用,这种方法对于直流电流和交流电流的测量都适用。

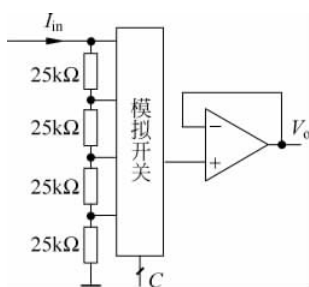


图 3.2 电流检测示意图

3. 电阻型信号的检测

测量电阻最简单的方法是利用一个恒定电流通过电阻变成电压后再进行转换。下面介绍两种常见的转换电路。

1) 恒流法测电阻

图 3.3 为恒流法测电阻的一种基本电路,其中, R_x 为被测电阻, I_c 是已知的恒流源。图 3.4 为另一种恒流法测电阻的基本电路,其中, V_e 为基准电压源, R_o 为标准电阻, I_c 为流过负载的电流。

2) 恒压法测电阻

如图 3.5 所示电路,设 V_{ref} 为恒定的电压, R_o 为标准电阻,则 $V_o = V_{ref} R_o / (R_x + R_o)$,经过推导后得到

$$R_x = V_{ref} R_o / V_o - R_o$$

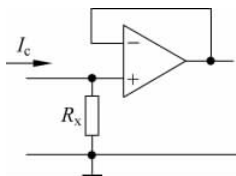


图 3.3 恒流法测电阻示意图一

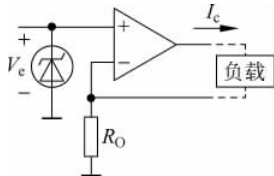


图 3.4 恒流法测电阻示意图二

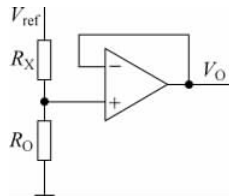


图 3.5 恒压法测电阻示意图

值得注意的是,采用恒压法测电阻时,参考电压、标准电阻的误差会直接反映在测量值中。

3.1.4 模拟信号的调理电路

信号调理电路是数据获取的组成部分,其输入是各种模拟采集器件或设备的输出电信号,输出是能更好地满足后续标准设备或装置要求的信号。例如,若传感器的输出电压信号较小(如毫伏级)或信号中存在一定的干扰,那么将该信号接入 ADC 前,必须首先经过信号调理电路对其进行处理。信号调理电路通常具有放大、滤波、信号变换、线性化、电平移动等功能。

在某些测量系统中信号调理的任务较复杂,除了实现上述功能外还要有诸如零点校正、温度补偿、误差修正和量程切换等功能环节。本节主要介绍信号调理电路中的放大电路、滤波电路、信号变换电路和信号线性化电路部分。

1. 放大器

放大器是信号调理电路中的重要元件,合理选择使用放大器是系统设计的关键。为了提高检测的精度需要放大电路兼有高输入阻抗、高共模抑制比、低功耗等特性。针对被放大信号的特点,并结合数据采集电路的现场要求,目前使用较多的放大器有测量放大器(或称仪表专用放大器)和程控增益放大器。

1) 测量放大器

在数据采集系统中,被检测的物理量经过传感器变换成模拟电信号,其往往是很微弱的毫伏级电压信号,需要用放大器加以放大。目前市场上可以采购到的通用运算放大器一般都具有较大的失调电压和温漂,因此不能直接用于放大较微弱信号(微伏级或微安级)。

测量放大器是一种带有精密差动电压增益的器件,由于它具有高输入阻抗、低输出阻抗、强抗共模干扰能力、低温漂、低失调电压和高稳定增益等特点,使其在检测微弱信号的系统中被广泛用作前置放大器。

测量放大器一般是由三个运算放大器组成的,如图 3.6 所示。同相放大器 A_1 、 A_2 构成输入级,信号从 A_3 输出。

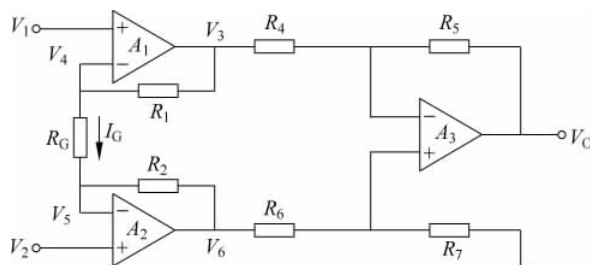


图 3.6 测量放大器示意图

测量放大器中的元器件尽量对称,即图中 $R_1 = R_2$, $R_4 = R_6$, $R_5 = R_7$ 。放大器闭环增益为

$$A_f = -(1 + 2R_1/R_G)R_5/R_4$$

假设 $R_4=R_5$, 即第二级运算放大器增益为 1, 则可以推出测量放大器闭环增益为

$$A_f = -(1 + 2R_1/R_G)$$

由上式可知, 通过调节电阻 R_G , 可以很方便地改变测量放大器的闭环增益。当采用集成测量放大器时, R_G 一般为外接电阻。

典型的集成测量放大器有美国 Analog Device 公司的 AD522、AD512、AD620、AD623、AD8221, BB 公司的 INA114、118, Maxim 公司的 MAX4195、MAX4196、MAX4197 等。其中, INA114 是一种通用测量放大器, 尺寸小、精度高、价格低。其主要性能如下。

- (1) 失调电压低 ($\leq 50\mu\text{V}$);
- (2) 漂移小 ($\leq 0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$);
- (3) 输入偏置电流低 ($\leq 2\text{nA}$);
- (4) 共模抑制比高 (在增益为 $G=1000$ 时 $\geq 115\text{dB}$)。

2) 程控增益放大器

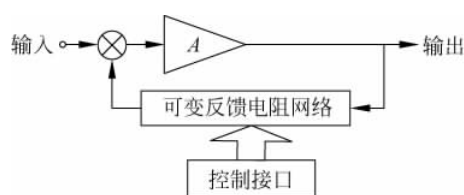


图 3.7 程控增益放大器

在许多实际应用中, 为了在整个测量范围内获取合适的分辨率, 常采用可变增益放大器。可变增益放大器的增益由微处理器的程序控制, 这种由程序控制增益的放大器称为程控放大器。可变增益放大器内部结构如图 3.7 所示。

在图 3.7 中, 可变电阻网络框内包含多个不同阻值的电阻和模拟开关。其中, 模拟开关的闭合位置受控制接口信号的控制, 模拟开关闭合位置不同使反馈电阻不同, 从而实现放大器的增益由程序控制。如果放大倍数小于 1, 程控反相放大器构成程控衰减器。

集成程控放大器种类繁多, 如单端输入的 PGA103、PGA100; 差分输入的 PGA204、PGA205 等。以 BURR-BROWN 公司的 PGA202/203 程控放大器为例, 它应用灵活方便, 又无须外围芯片, 而且 PGA202 与 PGA203 级联使用可组成 1~8000 倍的 16 种程控增益, 其性能参数如下。

- (1) PGA202 的增益倍数为 1, 10, 100, 1000; PGA203 的增益倍数为 1, 2, 4, 8。
- (2) 增益误差: $G < 1000$ 时, $0.05\% \sim 0.15\%$; $G = 1000$ 时, $0.08\% \sim 0.1\%$ 。
- (3) 非线性失真: $G = 1000$ 时, $0.02\% \sim 0.06\%$ 。
- (4) 快速建立时间: $2\mu\text{s}$, 快速压摆率: $20\text{V}/\mu\text{s}$ 。
- (5) 共模抑制比: $80 \sim 94\text{dB}$ 。
- (6) 频率响应: $G < 1000$ 时, 1MHz ; $G = 1000$ 时 250kHz 。
- (7) 电源供电范围: $\pm 6 \sim \pm 18\text{V}$ 。

PGA202/203 采用双列直插封装, 根据使用温度范围的不同, 分为陶瓷封装 ($-25 \sim +85^\circ\text{C}$) 和塑料封装 ($0 \sim +70^\circ\text{C}$) 两种。引脚排列和内部结构如图 3.8 所示。其中, A_0 、 A_1 为增益数字选择输入端。

PGA202 不需任何外部调整元件就能可靠工作。但为了保证性能更好, 在正、负电源端分别连接一个 $1\mu\text{F}$ 的旁路钽电容到模拟地, 且尽可能靠近放大器的电源引脚, 如图 3.9 所

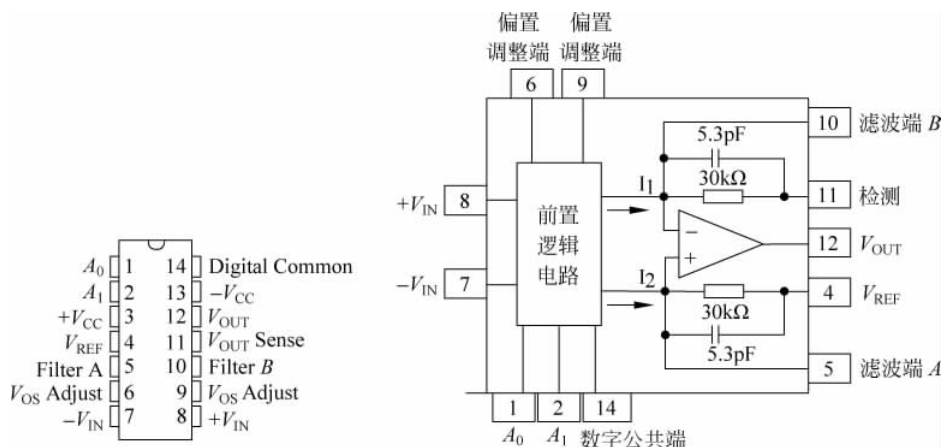


图 3.8 PGA202/203 引脚排列和内部结构图

示。由于 11 脚、4 脚上的连线电阻都会引起增益误差,因此 11 脚、4 脚连线应尽可能短。

2. 滤波器

滤波器是一种用来消除干扰杂波的器件,将输入或输出经过过滤而得到纯净的直流电信号。滤波器就是对特定频率的频点或该频点以外的频率进行有效滤除的电路,其功能就是得到一个特定频率或消除一个特定频率。例如,有低频滤波器、高频滤波器、带通滤波器和带阻滤波器等。总之,滤波器让有用信号尽可能无衰减地通过,对无用信号尽可能大地衰减。

在进行模拟滤波设计时,也应考虑尽可能使用集成解决方案。常用的集成滤波器有:低通电源开关滤波器,如 MAX7420、MAX7480、MAX7419、MAX7418 等;可配置开关电容滤波器,如 MAX260、MAX263 等。

信号的滤波可采用模拟滤波的方式,也可采用数字滤波的方式。与模拟滤波方式相比,数字滤波具有灵活性强、滤波效果好的特点。而且滤波操作由微处理器执行软件实现,不需要额外的硬件电路。与其他器件相比,由处理器进行数字滤波时功耗相对低而且参数调整容易。由于模拟滤波具有分辨率有限、动态范围小、响应慢等缺点,因此,在满足滤波性能要求的前提下应尽可能选用数字滤波方式。有关数据滤波技术详见 3.3.1 节。

3. 信号变换电路

为了使信号便于处理,对各种输出信号进行变换也是常用的信号调理手段。例如,采用电压/频率变换对电压信号进行频率调制,以便电气隔离和数字化;采用交流/直流变换将输入信号的交流参数,如峰值、有效值、绝对平均值提取出来;采用电压/电流变换可将电压信号变成抗干扰能力强的电流源信号。

在对信号变换电路进行设计时,同样应优先考虑选用要求外围元器件少的集成器件实

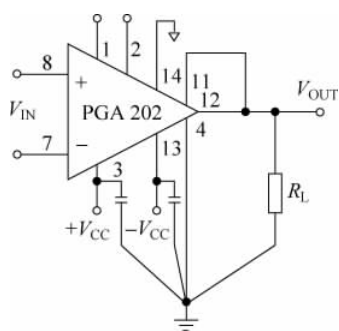


图 3.9 PGA202 的基本用法

现。常用的集成电压/频率变换器有 AD537、AD650、AD652、VFC32K、VFC100A、LM331、RC4151 等,常用的集成交流/直流变换器有 AD536、AD636、AD637 等。

4. 信号线性化电路

由于大多数传感器对被测对象的变化具有非线性响应,必须附加线性调理电路进行调整。因此,信号的线性化也是一种通用的信号调理环节。

信号的线性化过程可通过硬件电路的形式实现,也可通过软件处理形式实现。硬件线性化实现较困难,而且范围有限。同时硬件电路也给系统带来了一定的功耗负担,而与硬件电路相比,一般情况下由处理器实现线性化时所消耗的功率相对低。所以,应优先考虑以软件处理方式替代硬件线性化。这不仅容易实现,而且功耗也相应减少。但是,软件处理方式会带来一定的时延。所以,必须是在满足实时性要求的前提下优先考虑软件线性化。当不能采用软件线性化方式时,一般选用集成模拟运算器件的实现方式,也会比采用分立元器件方式的功耗要低。

3.1.5 模/数转换器原理及应用

在嵌入式处理器系统中处理的都是数字量,而自然界中大部分物理量又都是模拟量,所以需要一种转换器件来将模拟量转换成数字量,这种器件就是模/数转换器(A/D 转换器或 ADC)。模/数转换器一般常用于信号的检测系统中,而数模转换器(DAC)与之正好相反,一般用于控制系统的输出电路中。

模拟信号是具有连续值的信号,例如温度或速度,其可能值有无限多个。数字信号是具有离散值的信号。在微处理器系统中,数字信号可以用二进制编码表示。有了模拟信号和数字信号之间的转换,就可以将微处理器用于模拟环境中。

1. A/D 转换器的分类

按照 A/D 转换器工作原理区分,常用的 A/D 转换器有逐次逼近型、积分型、 $\Sigma\Delta$ 调制型、并行比较型和压频变换等类型。下面将简单介绍这几种类型 A/D 转换器的主要特点,以便在实际应用中进行选择。

逐次比较型: 逐次比较型 A/D 内部由一个比较器和 D/A 转换器采用逐次比较逻辑构成。工作时从最高位 MSB 开始,顺序地对每一位将输入电压与内置的 D/A 转换器输出进行比较,经 n 次比较而输出数字值。优点是速度较高、功耗低。

双积分型: 积分型 A/D 工作原理是将输入电压转换成时间或频率,然后由定时器/计数器获得数字值。优点是具有高分辨率和抗工频干扰能力强。缺点是转换精度依赖于积分时间,所以转换速度相对要慢一些。

$\Sigma\Delta$ 调制型: $\Sigma\Delta$ 型 A/D 由积分器、比较器、一位 D/A 转换器和数字滤波器等组成。其中, Σ 表示求和, Δ 表示增量。其工作原理近似于积分型,将输入的电压积分转换为时间信号,用数字滤波器处理后得到数字值。因此具有低速高分辨率的特点,常用于音频测量等方面的应用。

并行比较型: 并行比较型 A/D 采用多个比较器,仅做一次比较就能实现转换。由于转

换速率极高, n 位的转换器需要 2^n 个电阻和 $2n-1$ 个比较器。因此其电路规模大、价格高,适用于视频等速度特别高的领域。

电压/频率变换型:电压/频率变换型是通过间接转换方式实现模数转换的。其原理是首先将输入的模拟电压信号转换成频率,然后用计数器将频率转换成数字量。其优点是分辨率高、功耗小、价格低。

按照 A/D 转换器的转换精度区分,有 8 位、10 位、12 位、14 位、16 位、24 位、3 位半、4 位半等类型。

按照 A/D 转换器的转换速度区分,有慢速、中速、高速 ADC 等类型。

按照 A/D 转换器的输出接口方式区分,有并行接口和串行接口方式。

2. A/D 转换器的主要技术指标

A/D 转换器主要的技术指标如下。

1) 分辨率和量化误差

ADC 的分辨率又称为 ADC 的精度,其定义为 ADC 所能分辨的输入模拟量的最小变化量。例如,满量程输入电压为 5V、内部为 8 位的 ADC,则分辨率为

$$5\text{V}/(2^8 - 1) = 5000\text{mV}/255 = 19.6\text{mV}$$

有时也将分辨率以 ADC 输出的二进制或十进制数的位数 LSB 表示。例如,输出为 12 位二进制数,分辨率为

$$\text{LSB} = 1/2^{12} = 1/4096$$

由 ADC 的有限分辨率而引起的误差称为量化误差,即有限分辨率 A/D 的阶梯状转移特性曲线与无限分辨率 A/D 的转移特性曲线之间的最大偏差。通常是指 1/2 个最小数字量的模拟变化量,表示为 1/2 LSB。

2) 转换速度

A/D 转换器的转换速度常用转换时间或转换速率描述。转换时间指完成一次 A/D 转换所需要的时间。转换速率是转换时间的倒数,一般指在 1s 内可以完成的转换次数。转换速率越高越好。例如,积分型 ADC 的转换时间是毫秒级,属于低速 ADC;逐次比较型 ADC 是微秒级,属于中速 ADC;全并行型 ADC 可达到纳秒级,属于高速 ADC。

3) 转换误差

转换误差通常以输出误差的最大值形式给出,表示实际输出的数字量与理论上应该输出的数字量之间的差别,一般以相对误差的形式给出,并以最低有效位的倍数表示。例如,转换误差 $< \pm \text{LSB}_2$,表示实际输出的数字量与理论应得到的输出数字量之间的误差小于最低有效位的半个字。转换误差综合地反映了 ADC 在一定使用条件下总的偏差(不包含量化误差,因为量化误差是必然存在不可消除的),通常会在技术参数手册中给出。

4) 满量程输入范围

满量程输入范围是指 ADC 输出从零变到最大值时对应的模拟输入信号的变化范围。例如,某 12 位 ADC 输出 000H 时对应输入电压为 0V,输出 FFFH 时对应输入电压为 5V,则其满量程输入范围是 0~5V。

其他指标还有偏移误差、线性度等。

3. A/D 转换器的选用原则

不同的系统所要求使用的 A/D 转换器输出的数据位数、系统的精度、线性度等也不同。一般而言,选用 A/D 转换器的原则应主要考虑下列几点。

1) 采样速度

采样速度决定了数据采集系统的实时性。采样速度由模拟信号带宽、数据通道数和每个周期的采样数来决定。采集速度越高,对模拟信号复原得越好,也即实时性越好。根据奈奎斯特采样定理可知,数据采集系统对源信号无损再现的必要条件是,采样频率至少为被采样信号最高频率的两倍。

2) A/D 转换精度

A/D 转换精度与 A/D 转换的分辨率有密切关系。在一个复杂的检测系统中,各环节的误差、信号源阻抗、信号带宽、A/D 转换器分辨率和系统的通过率都会影响误差的计算。正常情况下,A/D 转换前向通道的总误差应小于等于 A/D 转换器的量化误差,否则选取高分辨率 A/D 转换器也没有实际意义。

3) 孔径误差

A/D 转换是一个动态的过程,需要一定的转换时间。而输入的模拟量总是在连续不断变化的,这样便造成了转换输出的不确定性误差,即孔径误差。为了确保较小的孔径误差,则要求 A/D 转换器具有与之相适应的转换速度。否则,就应该在 A/D 转换器前加入采样/保持电路以满足系统的要求。

4) 系统通过率

系统的通过率由模拟多路选择器、输入放大器的稳定时间、采样/保持电路的采集时间及 A/D 转换器的转换时间确定。

5) 基准电压源

基准电压源的参数有电压幅度、极性及稳定性,基准电压源对 A/D 转换的精度有很大的影响。

另外,在实际应用中还要考虑成本及芯片来源等其他因素。

4. 逐次逼近型 A/D 转换器

逐次逼近型 A/D 转换器的转换过程与用天平称重相似。天平称重物过程是从最重的砝码试放,与被称物体进行比重。若物体重于砝码,则该砝码保留,否则移去。再加上第二个次重的砝码,由物体的重量是否大于砝码的重量决定第二个砝码是留下还是移去。照此一直加到最小一个砝码为止。将留下的砝码重量相加,就是物体的重量。

逐次逼近型 A/D 转换器内部结构组成主要包括比较器、D/A 转换器及基准电压 V_{REF} 、控制电路、逐次近似寄存器等部分。在目前应用的一些中高档微处理器中,内部都集成有逐次比较式 A/D 转换器。逐次逼近型 A/D 转换器就是将输入模拟信号 V_i 与不同的比较电压 V_0 做多次比较,使转换所得的数字量在数值上逐次逼近输入模拟量对应值。在比较工作开始时,需要设置逐次逼近寄存器输入数字量,按照从高位到低位逐次进行。通过 D/A 转换后的 V_0 的不同输出电压与 V_i 的比较来确定各位数码的“0”“1”状态,使转换所得的数字量在数值上逐次逼近输入模拟量的对应值。

下面举例说明 4 位逐次逼近型 A/D 转换器转换过程,4 位逐次逼近型 A/D 转换器结构如图 3.10 所示。假设输入模拟电压 $V_i=3.44\text{V}$,D/A 转换器的基准电压 $V_{\text{REF}}=5\text{V}$ 。

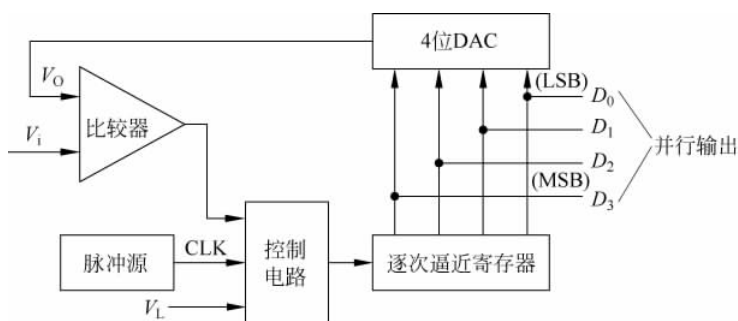


图 3.10 4 位逐次逼近 A/D 转换结构原理图

A/D 转换开始前将逐次逼近寄存器输出清零(即 0000),4 位 DAC 输出的模拟电压 $V_o=0$ 。首先在 CLK 第一个时钟脉冲作用下,控制逐次逼近寄存器输出为 1000,经过 D/A 转换器转换为与之对应的新模拟电压 $V_o = V_{\text{REF}}/2 = 2.5\text{V}$,送入比较器与模拟输入信号 $V_i=3.44\text{V}$ 进行比较。由于 $V_i > V_o$,逐次逼近寄存器高位的 1 应保留。在第二个时钟脉冲作用下,按同样的方法将次高位置 1,使逐次逼近寄存器输出 1100,此时经 D/A 输出 $V_o = 3V_{\text{REF}}/4 = 3.625\text{V}$ 。由于 $V_i < V_o$,确定次高位的 1 应该删除。在第三个时钟脉冲作用下,使逐次逼近寄存器输出 1010,此时经 D/A 输出 $V_o = 5V_{\text{REF}}/8 = 3.125\text{V}$ 。由于 $V_i > V_o$,确认逐次逼近寄存器该位的 1 应保留。在第四个时钟脉冲作用下,使逐次逼近寄存器输出 1011,此时经 D/A 输出 $V_o = 11V_{\text{REF}}/16 = 3.4375\text{V}$ 。由于 $V_i > V_o$,确认逐次逼近寄存器该位的 1 应保留。所以,经 4 次比较后最终得到转换数值为 1011。

逐次逼近型 ADC 的转换时间取决于输出数字位数 n 和时钟频率,如转换的位数越多或转换时钟频率越低,则 A/D 转换所需要的时间越长。在 ADC 输出相同位数的情况下,该转换方式的转换速度较快并且所用器件少,故在大多数嵌入式微处理器内部都集成有该类型 ADC。

5. A/D 转换器接口应用

由于目前不同厂商生产的 A/D 转换器种类繁多,性能参数又各有不同,所以在将 A/D 转换器与微处理器相连时,应该考虑如下一些问题。

- (1) 数据输出线的连接,按数据线的输出方式主要分为并行和串行两种;
- (2) A/D 转换的启动信号的连接;
- (3) 转换结束信号的处理方式;
- (4) 时钟的提供;
- (5) 参考电压的接法,采用片内式还是外接参考电压。

1) A/D 转换器的控制方式

根据 A/D 转换器与微处理器的连接方式及要求的不同,A/D 转换器的控制方式有程序查询方式、延时等待方式和中断方式。

(1) 程序查询方式

首先由微处理器向 A/D 转换器发出启动信号,然后读入转换结束信号,查询转换是否结束。若结束,读取数据。否则继续查询,直到转换结束。该方法简单可靠,但查询占用微处理器时间,效率较低。

(2) 延时等待方式

微处理器向 A/D 转换器发出启动信号之后,根据 A/D 转换器的转换时间延时,一般延时时间稍大于 A/D 转换器的转换时间,延时结束读入数据。该方式简单,不占用查询端口,但占用微处理器时间,效率较低,适合微处理器处理任务少的情况。

(3) 中断方式

微处理器启动 A/D 转换后可去处理其他事情,A/D 转换结束后主动向微处理器发出中断请求信号,响应中断后再读取转换结果。微处理器可以和 A/D 转换器并行工作,提高了微处理器工作效率。

2) 微处理器片内 ADC 应用实例

S3C2440 是韩国三星电子公司推出的一款基于 ARM920T 处理器核的 16/32 位 RISC 体系结构和指令集的嵌入式微处理器。ARM920T 核由 ARM9TDMI、存储管理单元 MMU 和高速缓存三部分组成。其中,MMU 可以管理虚拟内存;高速缓存由独立的 16KB 地址和 16KB 数据高速 Cache 组成。内部含有两个内部协处理器 CP14 和 CP15。CP14 用于调试控制,CP15 用于存储系统控制以及测试控制。微处理器内部采用了 $0.13\mu\text{m}$ 的 CMOS 标准宏单元和存储器单元,以及内部高级微控制总线 AMBA 总线架构。通过提供一套完整的通用系统外设,减少整体系统成本和无须配置额外的组件。S3C2440 其低功耗、全静态的设计特别适合于对成本和功率敏感型的应用,主要面向手持式设备以及高性价比、低功耗便携式产品的应用。

S3C2440 微处理器内部集成了一个 8 通道 10 位 A/D 转换器,A/D 转换器自身具有采样保持功能。并且,S3C2440 的 A/D 转换器支持触摸屏接口。触摸屏接口可以控制或选择触摸屏触点用于 X/Y 坐标的转换。触摸屏接口包括触摸触点控制逻辑和有中断产生逻辑的 ADC 接口逻辑。A/D 转换器的主要特性如下。

(1) 分辨率: 10 位;精度: $\pm 1\text{LSB}$ 。

(2) 线性度误差: $\pm 1.5\sim 2.0\text{LSB}$ 。

(3) 最大转换速率: 当 CLK 频率为 50MHz 和预分频器(预定标器)值为 49,共 10 位转换时间如下。

$$\text{AD 转换器频率} = 50\text{MHz} / (49 + 1) = 1\text{MHz}$$

$$\text{转换时间} = 1 / (1\text{MHz} / 5\text{cycles}) = 1 / 200\text{kHz} = 5\mu\text{s}$$

注意: ADC 设计在最大 2.5MHz 时钟下工作,所以转换率最高达到 500ks/s。

(4) 输入电压范围: $0\sim 3.3\text{V}$ 。

(5) 系统具有采样保持功能,常规转换和低能源消耗功能,独立/自动的 X/Y 坐标转换模式。

S3C2440 微处理器 A/D 转换器与触摸屏接口内部结构图如图 3.11 所示。

S3C2440 微处理器中带有逐次逼近型的 ADC,其内部结构主要由逐次逼近寄存器 SAR、D/A 转换器、比较器以及时序和控制逻辑电路等部分组成。当 ADC 被触摸屏接口使

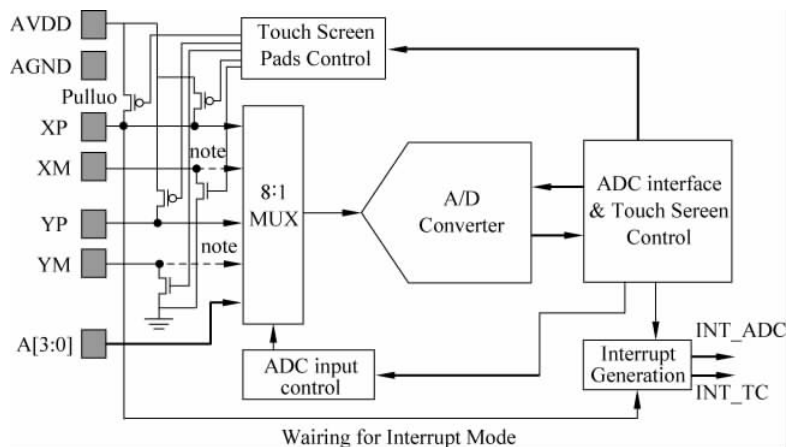


图 3.11 A/D 转换器和触摸屏接口的功能模块图

用时,图中 XP 连接触摸屏 X 轴的输入端,YP 连接触摸屏 Y 轴的输入端,XM 和 PM 应该接触摸屏接口的地。当不使用触摸屏设备时,触摸屏触点(YM、YP、XM、XP)无效,这些引脚应该用于作为 ADC 的模拟输入引脚(AIN4、AIN5、AIN6、AIN7)转换用。

S3C2440 微处理器内部 ADC 控制寄存器 ADCCON 的功能描述如表 3.1 所示。

表 3.1 ADCCON 的功能描述

寄存器	地址	读写	描述	复位值
ADCCON	0x58000000	R/W	ADC 控制寄存器	0x3FC4

ADCCON 寄存器各位定义如表 3.2 所示。

表 3.2 ADCCON 各位定义

ADCCON	位	描 述	初始值
ECFLG	[15]	转换标志结束(只读 0: AD 转换在过程中; 1: AD 转换结束)	0
PRSCEN	[14]	AD 转换器预分频器使能 0: 无效; 1: 有效。恒定设置 1	0
PRSCVL	[13:6]	AD 转换器预分频器值,数值: 0~255. 注意: ADC 的频率应该设置为至少小于 PCLK 的 1/5(Ex. PCLK=10MHz, ADC 频率<2MHz)	0xFF
SEL_MUX	[5:3]	模拟输入通道选择。000: AIN0 001: AIN1 010: AIN2 011: AIN3 100: YM 101: YP 110: XM 111: XP	0
STDBM	[2]	操作模式输入通道选择 0: 普通操作模式(可以连续采样); 1: 备份模式(Standby Mode,只有在中断时采样),一般设置成普通模式	1
READ_START	[1]	AD 转换通过读取开始 0: 通过读取操作开始无效; 1: 通过读取操作开始有效	0
START	[0]	AD 转换开始有效。如果 READ_START 有效,该值无效。 0: 无操作; 1: AD 转换开始且该位在开始后清零	0

ADC 测试实例硬件连接如图 3.12 所示,编写程序流程如图 3.13 所示。

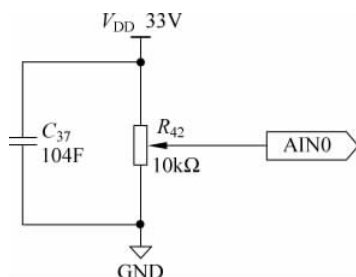


图 3.12 实验电路

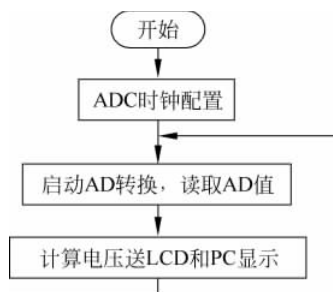


图 3.13 程序流程

编程注意事项如下。

(1) A/D 转换的数据可以通过中断或查询的方式来访问。使用中断方式整个转换时间(从 ADC 开始到转换数据读取)可能会因为中断服务程序的返回时间和数据访问时间而延长。使用查询方式,通过查看 ADCCON[15]位(转换标志结束位),ADCDAT 寄存器的读取时间可以确定。

(2) 提供另外的开启 A/D 转换的方法。在 ADCCON[1]置 1(A/D 转换开始读取模式),只要转换数据被读取,A/D 转换同时开始。

ADC 测试程序编写如下。

```

void Test_Adc(void)
{
    unsigned short a0 = 0;           //保存转换的二进制转换结果
    float Vi;                       //输入的模拟电压
    /* 保存浮点数转换成字符串的数组 */
    char adc_value[] = {'0','.', '0','0','0','0','V','\0'};
    /* 保存 rADCCON 的配置,测试后还原,当使用到多路测试时有用 */
    U32 rADCCON_save = rADCCON;
    /* 打印串口提示信息 */
    Uart_Printf("ADC INPUT Test,press ESC key to exit! \n");
    /* 设置时钟分频化 */
    preScaler = ADC_FREQ;
    /* 打印 ADC 转换频率 */
    Uart_Printf("ADC conv.freq. = %dHz\n",preScaler);
    /* 设置分频系数 */
    preScaler = 50000000/ADC_FREQ - 1;           //PCLK:50.7MHz
    /* 打印分频值 */
    Uart_Printf("PCLK/ADC_FREQ - 1 = %d\n",preScaler);
    /* 不按 Esc 键,则循环转换电压 */
    while(Uart_GetKey() != ESC_KEY)
    {
        /* 电压采集 */
        a0 = ReadAdc(0);
        /* 计算电压 */
        Vi = (a0 * 3.3)/1024;
        /* 串口打印电压值 */
    }
}
  
```

```

    Uart_Printf("AIN0: %0.4fV\n", Vi);

    /* 电压转换成字符串 */
    sprintf adc_value, "%0.4f", Vi, );

    /* LCD 显示电压值 */
    Draw_Text_8_16(10, 200, 0x0, 0xffff, "voltage:");
    Draw_Text_8_16(10 + 8 * 8, 200, 0x0, 0xffff, (const unsigned char *)adc_value);
    Delay(300000); //延时
}
rADCCON = rADCCON_save; //测试完成恢复 rADCCON 值
Uart_Printf("\nrADCCON = 0x%x\n", rADCCON); //打印 rADCCON 值
}

/* 利用冒泡排序法排序取中值 */
#define N 11
unsigned short filter(void)
{
    unsigned short value_buf[N];
    unsigned short temp;
    char count, i, j;
    for(count = 0; count < N; count++)
    {
        value_buf[count] = ReadAdc(0);
        Delay(1);
    }
    for(j = 0; j < N - 1; j++)
    {
        for(i = 0; i < N - 1; i++)
        {
            if(value_buf[i] > value_buf[i + 1])
            {
                temp = value_buf[i];
                value_buf[i] = value_buf[i + 1];
                value_buf[i + 1] = temp;
            }
        }
    }
    return value_buf[(N - 1)/2];
}

/* 读取指定 ADC 模拟通道, 返回精度为 10 位的 AD 值 */
unsigned short ReadAdc(int ch)
{
    /* 预分频技能, 设置分频值 preScaler, 选择读取通道 ch */
    rADCCON = (1 << 14) | (preScaler << 6) | (ch << 3); //设置通道
    /* 启动 ADC 转换 */
    rADCCON |= 0x1;
    /* 等待 ADC 启动完成 */
    while(rADCCON & 0x1);
    /* 等待 ADC 转换结束 */
}

```

```

while(!(rADCCON&0x8000));
/* 返回 10 位二进制 AD 转换结果 */
return((int)rADCDA0&0x3ff);
}

```

3.2 数字信号与非电量参数的检测技术

数字信号的检测技术包括对开关量信号、时间型信号、频率及周期型信号的检测技术和非电量参数的检测技术。

3.2.1 开关量信号的检测

开关量信号是指只有开和关(或通和断、高和低)两种状态的信号,它们可以用二进制数 0 和 1 表示。对采用嵌入式微处理器的检测系统而言,其内部已具有并行 I/O 端口。当外界开关量信号的电平幅度与微处理器或微控制器 I/O 端口电平幅度相符时,可直接检测和接收开关量输入信号。但如电平不符,则必须经过电平转换才能输入到微处理器或微控制器的 I/O 端口。由于外部输入的开关量信号经常会产生瞬时高压、过电流或接触抖动等现象,因此为了使信号安全可靠,开关量信号在输入微处理器之前需要接入相关的输入接口电路,以便对外部信号进行滤波、电平转换和隔离保护等。这种对开关量形式的信号进行放大、滤波、隔离等处理,使之成为微处理器能接收的逻辑信号的电路被称为开关量输入通道。

简单的四路开关量输入通道如图 3.14 所示。当开关断开时,相应的微处理器输入口的状态为“0”。当开关闭合时,相应的微处理器输入口的状态为“1”,由此可以识别开关的状态。

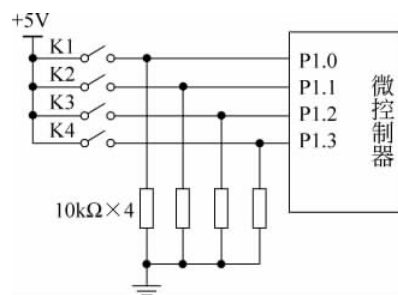


图 3.14 四路开关量输入通道电路图

3.2.2 时间型信号的检测

时间型信号的检测又称为时间间隔的测量。时间间隔的测量包括在一个周期信号波形上同相位两点间的时间间隔(即波形周期)的测量,包括同一信号波形上两个不同点之间的时间间隔的测量。还可以包括两个信号波形上,两点之间的时间间隔检测。典型的时间型信号的测量工作波形如图 3.15 所示。从图 3.15 中可以看出,根据累计的时标脉冲的个数就可以计算出被检测的时间间隔。

另外,如果需要检测某个信号的脉冲宽度,可以采取在该脉冲的上升沿开始对时标脉冲进行计数,在被检测脉冲的下降沿停止计数,这样所计时标数即为脉冲宽度所经历的时间。在实际检测中,首先需要将被测信号经电平转换为电平适合于微控制器处理的信号。如果待测时间适合微处理器的定时器处理,可直接利用微处理器的定时器求得。如在图 3.16 所示的电路中,可以用查询的方式采样被测脉冲宽度。在信号的上升沿启动内部定时器,在

信号的下降沿关闭内部定时器,最后用定时器的计数值和时基确定所求脉冲宽度的时间值。

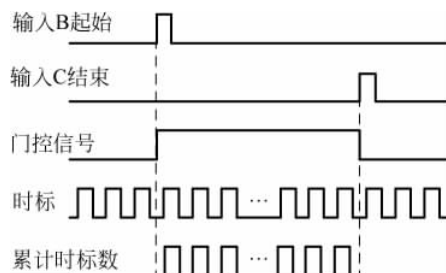


图 3.15 时间间隔的测量

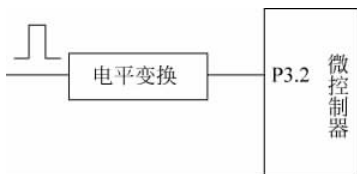


图 3.16 利用微处理器的定时器检测方式

3.2.3 频率及周期型信号的检测

频率量和周期量是数字脉冲型信号,其信号幅值的大小与被测值无关。但是信号幅值过小达不到 TTL 电平时,微处理器将不能识别,如果信号幅值过大又会损坏检测芯片。所以,该类信号也要有前置放大或者衰减电路。这样,可以使测量电路具有较宽的适应性。此外,被测信号也可能带有一定的干扰信号,因此需要增加一些适当的低通滤波措施。

基本的频率测量电路如图 3.17 所示,这种方式适合于测量频率适中的频率量。首先,将被测信号 V_i 经过放大或者衰减、滤波及整形电路后变成一个标准的 TTL 信号,直接加在微处理器的计数端。然后,采用被测脉冲作为时钟触发微处理器内部计数器进行计数。微处理器内部另外设定一个定时器,在规定的时间根据计数数目,求得被测信号的频率。设规定时间为 T_0 ,计数器的计数值为 N ,被测信号的频率为 F ,则

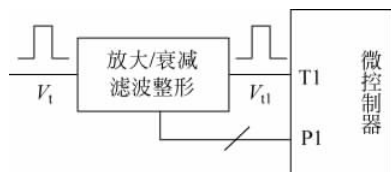


图 3.17 基本的频率测量电路

$$F = N/T_0(\text{Hz})$$

对于检测系统来说,应该主要保证高的测量精度,且电路要尽可能简单。通常,使用微处理器中的计数器可以直接按照 $F = N/T_0$ 所表达的频率的定义进行测量。考虑到计数器在计数时必然存在的 ± 1 误差,所以测量低频信号时不宜采用直接测频的方法。否则, ± 1 误差带来的影响会比较大。例如,50Hz 的频率在 1s 只能计 50 个数,按 1s 刷新一次的设置,其测试精度只有 $\pm 1\text{Hz}$ 。在低频信号频率测量时可以改为先测量信号的周期,然后计算其倒数得到频率值,这样的方式称为测周期的方法。注意,测周期的方法同样不适用测量较高频率信号的场合。

测量周期的基本电路如图 3.18 所示,首先将被测信号 V_i 经过放大或者衰减、滤波及整形电路后变为 TTL 电平 V_{i1} 。然后, V_{i1} 再经过 2 分频变为 50% 占空比的对称方波 V_{i2} , V_{i2} 接入微处理器的中断口(如 INT1 时), V_{i2} 的正脉冲宽度正好是被测信号的周期值,微处理器可用 INT1 上升沿启动内部计数器开始计数。再用 INT1 下降沿结束计数器,由此计算被测信号周期。设内部计数器时钟周期为 T_c ,计数值 N 则为被测信号的周期。如果要得到被测信号的频率求其倒数即可。

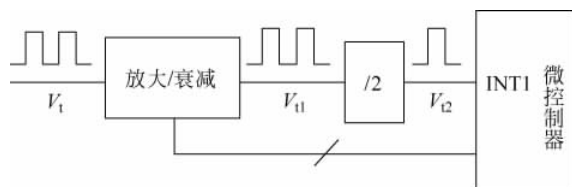


图 3.18 测量周期的基本电路

由于频率和周期互成倒数关系,无论要得到频率值还是周期值,都可以遵循在检测高频信号时采用测频率方式。在检测低频信号时则应该采用测周期方式的原则,这样做的结果是不管被测信号在什么频段内都可以达到要求的测量精度。

3.2.4 非电量参数的检测

本节介绍的非电量参数的检测包含视觉的检测、音频信号的检测。

1. 视觉信号的检测

视觉识别系统是能获取视觉图像,而且通过一个特征抽取和分析的过程自动识别限定的标志、字符、编码结构,或者可作为确切识别的基础呈现图像的其他特征。

视频分析技术属于模式识别技术的一种,它是通过设计一定的计算机算法,从视频中分析、提取和识别个体运动行为的特征,令计算机做出判断或记忆。实现令计算机“代替”人进行监控,也即实现了“自动监控”或是“智能监控”。从更形象一点儿的角度来解释,监控系统中摄像头和视频传输技术解决了“眼睛”的问题,使监控人员能够在不身处现场的情况下通过摄像头看到现场的情景。而这一现场还由于传输技术的进步摆脱了地域的限制,甚至可以在千里之外(通过数字网络传输视频)实现监控功能。

视频识别主要的技术是在视频画面中找出一些局部的共性。如人脸必然有两个眼睛,我们可以找到双目的位置,那么就可以定性人脸的位置及尺寸。不过,以现有的技术来说,人脸识别系统必须在双目可视的情况下才可进行人脸比对。其主要应用包括:人脸识别系统,车牌识别系统,照片比对系统,工业自动化上的机器视觉系统等。

视频识别的实现过程为主摄像机对视频监控区域的全景范围进行图像抓拍,并将抓拍到的图像传至视频服务器处理。视频服务器处理图像数据以提取目标的位置信息,对各个附属摄像机进行调度。附属摄像机根据目标的位置信息对目标进行锁定跟踪,自动进行镜头缩放,以获得目标的清晰图像。如此一来,系统能对监控区域进行全方位的跟踪,并能对进入监控区域的目标进行自动锁定跟踪。而且响应速度快、精确度高。随着自动化的发展,视觉技术可与其他自动识别技术结合起来应用。下面介绍一下视觉检测系统结构组成和固体图像传感器。

1) 视觉检测系统结构组成

视觉检测系统通常是由光源、被测物体、图像采集系统(包成像系统、图像传感器)、数字图像处理、微处理器及其接口、监视器和图像显示与输出装置等组成。其中,光源为视觉检测系统提供足够的照度,使被测物体通过成像系统清晰成像。图像采集系统完成采集图像,并转换为数字图像储存在图像存储设备中。微处理器对数字图像信号进行理、分析、判断和

识别,最终显示和输出测量结果。监视器主要用于观察图像。视觉检测系统组成的原理如图 3.19 所示。

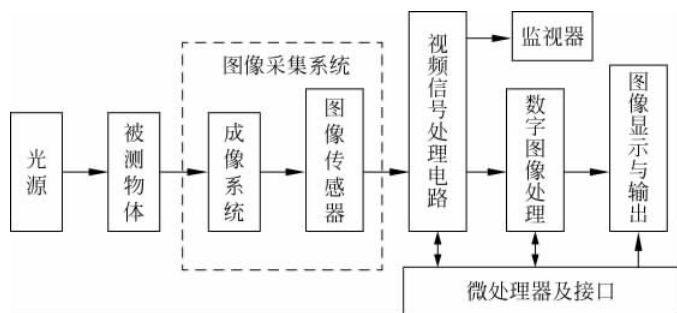


图 3.19 视觉检测系统组成的原理框图

光源可分为自然光源和人工光源等。自然光源包括太阳、星体和大气等各种天体；人工光源按发光原理可分为荧光灯光源、卤素灯光源、气体放电灯光源、半导体发光二极管光源以及激光光源等。

在视觉检测系统中,成像系统包括光学成像系统、红外成像系统和过程层析成像系统等。光学成像系统是将被测对象通过光学的方法以一定的放大倍率成像在图像传感器上,通常可以根据物像面位置、物像面大小等成像条件分为照相摄影、显微、望远或投影等典型光学系统。

红外成像系统利用红外探测器、光学成像物镜和光机扫描系统,接收被测目标的红外辐射能量分布图形反映到红外探测器的光敏元件上。在光学系统和红外探测器之间,有一个光机扫描机构对被测物体的红外图像进行扫描,并聚焦在单元或分光探测器上。由探测器将红外辐射能转换成电信号,经放大处理、转换成标准视频信号后通过电视屏幕或监视器显示红外热像图。

数字图像处理与图像识别是通过计算机软件编程实现的,主要包括图像增强、图像滤波、边缘检测和图像描述与识别等。

图像增强是为了提高图像的视觉效果,减少图像中的噪声,弥补成像质量的缺陷和不足。图像增强所采用的方法主要是进行图像灰度的修正,例如,对被测物体的灰度直方图拉伸,将原来的窄分布改变为宽分布,使被测物黑的更黑、白的更白、对比度更强,提高了检测精度。而对其他干扰的灰度直方图进行压缩,将原来的宽分布改变为窄分布,使背景的灰度变得模糊,降低其对测量结果的影响。

图像滤波被应用在视觉检测系统中,由于采样、量化、传递以及电磁干扰的影响,图像中不可避免地存在各种噪声和畸变。因此,必须对图像进行滤波或平滑化。常用的图像滤波方法有均值滤波、中值滤波、高斯滤波和边缘保持滤波等。

边缘检测是视觉信息处理的基础,是图像处理中不可缺少的部分。边缘是指图像局部亮度变化最显著的部分,而实际上物体边缘处灰度变化是连续的,并存在一个明显的过渡过程。

图像描述是为了从图像中提取特征参数,达到对图像进行识别的目的。图像识别一般是由图像信息获取、图像处理和特征参数提取和图像判决等部分组成。

2) 固体图像传感器

固体图像传感器是现代视觉信息获取的一种基础器件,能实现信息的获取、转换和视觉功能的扩展(光谱拓宽、灵敏度范围扩大),并能给出直观、真实、层次最多、内容最丰富的可视图像信息。

目前,固体图像传感器主要有三种类型:第一种是电荷耦合器件(CCD);第二种是MOS图像传感器,又称为自扫描光电二极管阵列(SSPA);第三种是电荷注入器件(CID)。

电荷耦合器件(Charge Coupled Devices, CCD)是一种在 20 世纪 70 年代初问世的新型半导体器件。利用 CCD 作为转换器件的传感器,称为 CCD 传感器或称 CCD 图像传感器。CCD 器件有两个特点:一是它在半导体硅片上制有成百上千个(甚至数百万个)光敏元,它们按线阵或面阵有规则地排列。当物体通过物镜成像于半导硅平面上时。这些光敏元就产生与照在它们上面的光强成正比的光生电荷。二是它具有自扫描能力,亦即将光敏元上产生的光生电荷依次有规则地串行输出,输出的幅值与对应光敏元上的电荷量成正比。由于它具有集成度高、分辨率高、固体化、低功耗和自扫描能力等一系列优点,故很快地被应用于自动控制和自动测量领域,尤其适用于图像识别技术。目前,CCD 器件及其应用研究已取得了惊人的发展,已成为现代测试技术中最活跃、最富有成果的新兴领域之一。

CCD 传感器利用光敏元件的光电转换功能将透射到光敏元件上的光学图像转换为电信号“图像”,即光强的空间分布转换为与光强成比例的、大小不等的电荷包空间分布,然后经读出移位寄存器的移位功能将电信号“图像”转送,并经放大器输出。CCD 传感器测量精度取决于 CCD 传感器像素与透镜视场的比值。要提高测量精度应当选择像素多的传感器,并尽量缩小视场。

由于传感器智能化和集成化的要求,使得固体图像传感器有三维集成的发展趋势。比如在同一硅片上,用超大规模集成电路工艺制作三维结构的智能传感器。该传感器采用了新颖的并行信号传送及处理技术,第一层到第二层以及第二层到第三层均采用并行信号传送,这样就大大提高了信号处理速度,可以实现高速的图像信息处理。当然,这种信号并行传送要求第二层和第三层电路也排成相应的面阵形式。该图像传感器的面阵为 500×500 的像元矩阵,整个图像传感器大约包含 2×10^7 个晶体管。

多个智能图像传感器可以组成图像识别系统,这个系统由光学透镜系统、多个智能图像传感器和一个计算机组成。其中,光学透镜系统生成平行光,给图像传感器提供物体的图像输入,每个智能图像传感器从输入的图像信息中提取不同的特征量,如轮廓、质地、形状、尺寸等。所有智能图像传感器所得图像特征信息将会同时送入计算机进行处理,最终达到对图像进行识别的目的。由于每个传感器的光学系统能快速地提取图像特征信息,因此可以实现快速的图像识别系统。

2. 声音信号的检测

早期的声码器可被视作语音识别及合成的雏形,其目标是将人类的语言转化为计算机可读的输入。语音识别技术的应用包括语音拨号、语音导航、室内设备控制、语音文档检索等。最早的基于计算机的语音识别系统是贝尔实验室开发的 Audrey 系统,它能够识别几个数字。语音识别技术的一个重大突破是隐马尔科夫模型的引入,经过若干专家、学者的推

进,直到现在实现的一个基于隐马尔科夫模型的大词汇量、不特定语音、连续语音识别系统——Sphinx。

声音按其频率的不同可分为次声、可听声和超声。低于 20Hz 的为次声,高于 20kHz 的为超声,位于中部的即为可听声。声音主要是指 20Hz~20kHz 的可听音频信号。

音频信号是一种典型的连续时间信号。这种信号的特点是在一个指定的时间范围内有无穷多个幅值。在某些特定的时刻对这些信号进行测量叫采样,由这些特定时刻采样得到的信号称为离散时间信号。

对声音的采样过程如图 3.20 所示。采样得到的信号幅值是无穷多个值中的一个,这种由有限个数值组成的信号叫离散时间信号。

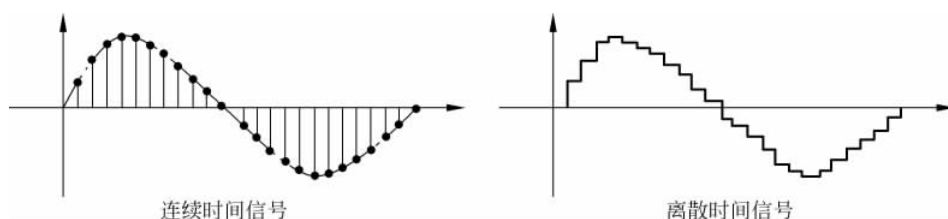


图 3.20 声音的采样过程

如图 3.20 所示,可以把声音信号自身的最高频率称为样本频率,把采集信号的频率称为采样频率。根据采样定理,为了正确地重构原信号,采样频率至少要为样本频率的两倍。因而对于音频信号的采样频率一般取 44.1kHz,这主要是因为音频的最高频率为 20kHz。低于此采样频率则会影响声音还原的质量,即会产生失真。声音信号输入计算机的流程如图 3.21 所示。数字音频的存储量可用以下公式估算声音数字化后每秒所需的存储量(未经压缩的):

$$\text{存储量(B)} = \text{采样频率} \times \text{量化位数} \div 8\text{b}$$



图 3.21 声音信号输入计算机的流程

声音识别的迅速发展以及高效可靠的应用软件的开发,使声音识别系统在很多方面得到了应用。这种系统可以用声音指令来实现“不用手”的数据采集,其最大特点就是不用手和眼睛。这对那些采集数据同时还要完成手脚并用的工作场合,以及标签仅为识别手段、数据采集不实际或不合适的场合尤为适用。

声敏传感器是一种将在气体、液体或固体中传播的机械振动转化成电信号的器件或装置,它用接触或非接触的方法检出信号。声传感器的种类很多,按测量原理可分为压电、电致伸缩效应、电磁感应、静电效应和磁致伸缩效应等。

1) 电阻变换型声敏传感器

按照转换原理讲,这类传感器可分为接触阻抗型和阻抗变换型两种。接触阻抗型声敏传感器的一个典型实例是碳粒式送话器。当声波经空气传播至膜片时,膜片产生振动,使膜片和电极之间碳粒的接触电阻发生变化,从而调制通过送话器的电流,该电流经变压器耦合

至放大器放大后输出。阻抗变换型声敏传感器是由电阻丝应变片或半导体应变片粘贴在膜片上构成的。当声压作用在膜片上时膜片产生形变,使应变片的阻抗发生变化,检测电路将这种变化转换为电压信号输出从而完成声/电的转换。

2) 压电声敏传感器

压电声敏传感器是利用压电晶体的压电效应制成的。压电晶体的一个极面和膜片相连接,当声压作用在膜片上产生振动时,膜片带动压电晶体产生机械振动,压电晶体在机械应力的作用下产生随声压大小变化的电压,从而完成声/电的转换。压电声敏传感器可广泛用于水电器件、微音器和噪声计等方面。

3) 音响传感器

音响传感器有将声音载于通信网的电话话筒,将可听频带范围(20Hz~20kHz)的声音真实地进行电变换的放音、录音,或将从媒质所记录的信号还原成声音的各种传感器等。根据不同的工作原理(电磁变换、静电变换、电阻变换、光电变换等),可制成多种音响转换器。下面介绍几种音响传感器。

(1) 驻极体话筒

驻极体是以聚酯、聚碳酸酯和氟化乙烯树脂作为材料的电介质薄膜,使其内部极化,并将电荷固定在薄膜的表面。将薄膜的一个面做成电极,与固定电极保持一定的间隙 d_0 ,并配置与固定电极的对面,驻极体内的电流与振动速度成比例。驻极体话筒体积小,重量轻,多用于电视讲话节目方面。

(2) 录音拾音器

拾音器由机-电变换部分和支架构成,它可检测录音机V形沟纹里记录的上下、左右振动,其芯子大致可分为速度比例式(分为电动式和电磁式)与位移比例式(分为静电式、压电式和半导体式)。大多数电动式芯子,都包含磁芯,振动线圈本身交链磁通的变化产生输出电压,电磁式有动磁式(MM型)、动铁式(MI型)、磁感应式(IM型)和可变磁阻式等。

(3) 医用音响传感器

为了诊断疾病,常需要检测体内诸器官所发出的声音,如心脏的跳动声、心杂音、由血管的狭窄部分所发出的杂音、伴随着呼吸时肺膜发生的声音、肠杂音、胎儿心脏的跳动声等。例如,检测向胸腔壁传播的心脏跳动声、心脏杂音的信号,并通过放大器和滤波器加以组合,就可获得胸部的特定部位随时间而变化的波形,根据波形就可以进行诊断。

3.3 信息数据的处理技术

数据处理是指对系统的测量数据进行变换和处理,以便进行控制、显示和记录等。在数据采集系统中通过检测和测量获取的各种数据,由于数值范围不同,精度要求也不一样,各种数据的输入方法和表示方式各不相同。例如,有的参数只与单一的被测量有关,有的参数与几个被测量有关。输入与输出的关系有线性的,也有非线性的。除了含有用信号以外,还往往带有各种干扰信号。因此测量数据不能直接用来进行控制、显示和记录等,必须对其进行变换和处理,即数据处理,如数字滤波、标度变换、数值计算、逻辑判断、非线性补偿、数据压缩和解压等,以满足不同系统的需要。

目前主要依靠软件完成数据处理任务,如多种运算、自动修正误差、对被测参数进行较

复杂的计算、处理和进行逻辑判断。采用软件处理具有精度高,而且稳定可靠、抗干扰能力强等优点。

3.3.1 数字滤波技术

在实际测量过程中,被测信号不可避免地会混杂一些干扰和噪声,导致测量误差。在系统中,可以采用软件的方法对测量结果进行正确处理,即通过一定的计算程序,对采集的数据进行某种处理,从而消除和削弱测量误差的影响,提高测量精度和可靠性。

随机误差由串入系统的随机干扰所引起,它是指在相同条件下多次测量同一物理量时,其大小和符号做无规则的变化,且无法进行预测。但在多次重复测量时,误差总体服从统计规律。

为了克服随机干扰引入的误差,可以采用硬件滤波,也可以采用软件算法来实现数字滤波。数字滤波方法可以有效抑制信号中的干扰成分,消除随机误差。同时对信号进行必要的平滑处理,以保证仪器及系统的正常运行。与硬件滤波相比,数字滤波具有如下优点。

(1) 因为采用了程序滤波,无须增加硬件设备,而且可以多通道共享一个滤波器(多通道共同调用一个滤波子程序),从而降低了成本。

(2) 由于不使用硬件设备,各回路间不存在阻抗匹配等问题,故可靠性高,稳定性好。

(3) 可以对频率很低的信号进行滤波,这是硬件滤波器很难做到的。

(4) 可根据需要选择不同的滤波方法或改变滤波器的参数,使用方便、灵活。

数字滤波算法可以根据不同的测量参数进行选择,常用的数字滤波算法有中值滤波、算术平均值滤波、递推平均值滤波、程序判断滤波、去极值平均滤波、一阶惯性滤波、高通数字滤波、复合数字滤波等。下面简单介绍一下中值滤波、算术平均值滤波和递推平均值滤波的数字滤波算法及其特点。

1. 中值滤波

中值滤波是对某一参数连续采样 N 次(N 取奇数),然后把 N 次采样值顺序排列,再取中间值作为本次采样值。中值滤波对于去掉由偶然因素引起的波动或采样器不稳定所引起的脉动干扰十分有效。对缓慢变化的过程变量采用此法也有良好的效果,但不宜用于快速变化的过程参数(如流量)。相关编程举例,详见第 3.1.5 节。

2. 算术平均值滤波

算术平均值滤波就是连续取 N 个采样值进行算术平均。其数学表达式为

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

式中, N 为采样次数, y_i 为第 i 次采样值,显然 N 越大,结果越准确,但是计算时间也越长。这种滤波方法适用于对压力、流量等周期脉动的采样值进行平滑加工,但对脉冲性干扰的平滑作用不理想,不宜用于脉冲性干扰较严重的场合。

3. 递推平均值滤波

把 N 个测量数据 $y_1, y_2, \dots, y_N$ 看成一个队列,队列的长度固定为 N 。每进行一次新的

测量,把测量结果作为队尾的 y_N ,而扔掉队首的 y_1 。这样,在队列中始终有 N 个“最新”数据。计算滤波值时,只要把队列中的 N 个数据进行算术平均,就可以得到新的滤波值。每进行一次测量,就可以计算得到一个新的平均滤波值。其数学表达式表示为

$$\overline{y_n} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_{n-i}$$

式中, $\overline{y_n}$ 表示第 n 次采样值经滤波后的输出, y_{n-i} 表示未经滤波的第 $n-i$ 次采样值, N 表示递推平均项数。

递推平均滤波法对周期性干扰有良好的抑制作用,平滑度高,灵敏度低。但对偶然出现的脉冲干扰的抑制作用差,不易消除由于脉冲干扰引起的采样值偏差。因此它不适用于脉冲干扰比较严重的场合,而适用于高频振荡系统。

N 值的选取既要考虑计算滤波值时少占用微处理器的时间,又能达到较好的滤波效果,如表 3.3 所示为工程经验值。

表 3.3 工程经验值参考表

参数	流量	压力	液位	温度
N	12	4	4~12	1~4

3.3.2 信息数据的标度变换

生产过程中的各个参数都有不同的量纲和数值。比如温度的单位为 $^{\circ}\text{C}$,压力的单位为 Pa 或 MPa。在实际工程应用中,这些物理参数一般都要经传感器、信号调理、A/D 转换后才能由微处理器进行信号处理。当系统进行显示、记录、打印和报警操作时,必须把这些测得的数据转换成原物理量纲的工程实际值,这就需要进行标度变换。

假设在一个温度检测系统中,某种热电偶传感器把现场温度 $0\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 转变为 $0\sim 48\text{mV}$ 直流信号,经输入通道中的运算放大器放大到 $0\sim 5\text{V}$,再由 8 位 ADC 转换成 00H~FFH 的数字量,这一系列的转换过程是由输入通道的硬件电路完成的。微处理器读入该信号后,必须把这—数值量再转换成量纲为 $^{\circ}\text{C}$ 的温度信号,才能送到显示器进行显示实际温度值。

在数据处理过程中标度变换是由软件完成的。线性标度变换一般是最常用的标度变换方式,线性标度变换的公式如下:

$$A_x = (A_m - A_o)(N_x - N_o)/(N_m - N_o) + A_o$$

式中, A_x 为实际测量值, A_m 为测量值的上限值, A_o 为测量值的下限值。 N_x 为被测量值所对应 A/D 转换器输出的数字量, N_m 为 A/D 转换器输出的上限所对应的数字量, N_o 为 A/D 转换器输出的下限所对应的数字量。其中, A_m , A_o , N_m , N_o 对某一固定的被测参数来说是常数,不同的参数则有着不同的值。为了使程序设计简单,一般把测量仪器的下限 A_o 所对应的 A/D 转换值设置为 0,即 $N_o=0$ 。这样上式可写成:

$$A_x = (A_m - A_o) N_x / N_m + A_o$$

在很多测量系统中,系统下限值 $A_o=0$,此时,A/D 转换器输出其对应的 $N_o=0$,上式可进一步简化为:

$$A_x = A_m(N_x/N_m)$$

例题:在某压力系统中,压力测量仪器的量程是 $0\sim 1000\text{Pa}$,使用 10 位 AD 转换器,经过计算机采样及数字滤波后的测量结果是 2ABH,求此时的压力值。

解:根据题意,已知 $A_o = 0\text{Pa}$, $A_m = 1000\text{Pa}$,

$N_x = 2\text{ABH} = 683$,选 $N_m = 3\text{FFH} = 1023$, $N_o = 0$,所以可得

$$\begin{aligned} A_x &= (A_m - A_o)(N_x/N_m) + A_o \\ &= (1000 - 0) \times (683/1023) \\ &= 667.6(\text{Pa}) \end{aligned}$$

如果传感器的输出信号与被测参数之间呈非线性关系,则上述线性变换公式就不适用了,需要用非线性参数的标度变换公式。由于非线性参数的变化规律各不相同,故应根据不同情况建立新的标度变换算法。

许多非线性传感器并不能写出一个函数表达式,或者虽然能够写出函数表达式,但是计算相当困难。这时可以参照前述系统误差的修正方式,采用查表法、代数插值法或最小二项式乘法进行标度变换。

3.4 多传感器信息融合技术

物联网数据具有海量、多态、动态与关联性等特点。例如,物联网利用传感器、RFID、二维码、摄像头、GPS 等多种感知层技术全面感知现实世界中的各种信息,然后通过各种网络层技术将感知信息传递给应用层进行分析处理。由于物联网的感知层节点数量众多,直接将实时采集的海量感知数据发送给应用层将占用宝贵的能量资源、网络带宽,致使网络拥塞甚至瘫痪。应用层服务器也难以直接处理未经加工的海量原始数据。数据融合技术使得 RFID 阅读器、无线传感器融合节点等设备在传输感知数据的同时对数据进行过滤、去重、综合等处理,一方面通过消除冗余信息降低物联网能耗和通信代价,另一方面通过综合多种信息源提高数据的准确度。

3.4.1 概述

多传感器数据融合是 20 世纪 70 年代初期提出的,军事应用是其诞生的源泉。目前世界上发达国家也都相继进行了应用研究,数据融合也由此发展成为一项专门的技术。随着多传感器数据融合技术研究的深入和应用领域的不断扩展,多传感器数据融合比较确切的定义可以概括为:充分利用时间序列和空间序列获得若干传感器信息,采用计算机技术在一定准则下进行自动分析与综合,实现所需决策和估计,获得比系统的各个组成部分都更充分的信息。在数据融合技术中,多传感器是硬件基础,来自多传感器的多源信息是加工对象,对多源信息的协调优化和综合处理是核心功能。

数据融合的方法广泛应用在日常生活中,比如在辨别一个事物的时候通常会综合各种感官信息,包括视觉、触觉、嗅觉和听觉等。单独依赖一种感官获得的信息往往不足以对事物做出准确判断,而综合多种感官数据,对事物的描述会更准确。例如,在传感器网络中,数据融合通过对传感器节点收集到的信息进行网内处理,从而节省整个网络的能量,增强所收

集数据的准确性及提供收集数据的效率。

对于传感器网络的应用,数据融合技术主要用于处理同一类型传感器的数据。例如,在森林防火的应用中,需要对多个温度传感器探测到的环境温度数据进行融合;在目标自动识别应用中,需要对图像监测传感器采集的图像数据进行融合处理。数据融合技术的具体实现与应用密切相关,森林防火应用中只需要处理传感器节点的位置和报告的温度数值,比较容易实现;而在目标识别应用中,由于各个节点的地理位置不同,针对同一目标所报告的图像的拍摄角度也不同,需要进行三维空间的考虑,所以融合难度相对较大。

目前,数据融合有许多分类方法。按照融合的方法可以分为统计方法、人工智能方法等;按信号处理的域可以分为时域、空域和频域;按融合的层次和实质可分为像素级、特征级和决策级。

多传感器数据融合系统主要有全局式和局部式数据融合两种形式。全局式也称为区域式,这种系统组合和关联来自空间和时间上各不相同的多平台、多个传感器的数据。局部式也称自备式,这种系统收集来自单个平台上的多个传感器的数据,也可以用于检测对象相对单一的检测系统。

同单传感器处理相比,尽管多传感器数据融合系统的复杂性大大增加,但是应用在探测、跟踪和识别等方面,具有以下一些显著特点。

(1) 系统的生存能力强。由于多个传感器的冗余,当有若干传感器不能被利用或受到干扰时,一般总会有一个传感器可以提供信息。

(2) 空间覆盖范围广。通过多个传感器的区域交叠覆盖,扩展了空间的覆盖范围,总有一种传感器可能探测到其他传感器不能探测到的地方。

(3) 时间覆盖范围长。利用多个传感器的协同作用可以提高检测概率,某个传感器可以探测到其他传感器在某时间段内不能顾及的目标或事件。

(4) 可信度高。一种或多种传感器对同一目标或事件加以确认。

(5) 信息模糊度低。多传感器的联合信息降低了目标或事件的不确定性。

(6) 探测性能优良。对目标或事件的多种测量的有效融合大大提高了探测的有效性。

(7) 空间分辨率和测量维数高。多传感器合成可获得比任何一种单一传感器更高的分辨率,而且系统不易受到人为或自然现象的破坏。

3.4.2 数据融合的原理与结构

多传感器数据融合的基本原理就是充分利用多传感器资源的冗余和互补性,采取一定的准则对这些传感器及其所观测的信息进行分析综合,以获得对被测对象的一致性解释或描述,使得该系统所提供的信息比它的各个组成部分单独提供的信息更具有优越性。多传感器数据融合的目的就是通过组合单个传感器的信息得到更多的信息,得到最佳协同作用的结果。

在多传感器数据融合系统中,各种传感器的数据可以具有不同的特征,可能是实时的或非实时的、模糊的或确定的、互相支持的或互补的,也可能是互相矛盾的或竞争的。与单传感器数据处理或低层次的多传感器数据处理方式相比,多传感器数据融合可以消除单个或少量传感器的局限性,更有效地利用多传感器的信息资源。多传感器数据融合与经典的信号处理方法在本质上也是不同的,多传感器数据融合系统所处理的多传感器数据具有更加

复杂的形式,而且可以在不同的信息层次上出现,包括数据层、特征层和决策层。

(1) 数据级融合。数据级融合是底层的融合,操作对象是传感器通过采集得到的数据,因此是面向数据的融合。这类融合大多数情况下仅依赖于传感器类型,不依赖于用户需求。在目标识别的应用中,数据级融合即为像素级融合,进行的操作包括对像素数据进行分类或组合,去除图像中的冗余信息等。

(2) 特征级融合。特征级融合通过一些特征提取手段将数据表示为一系列的特征向量,反映事物的属性,是面向监测对象特征的融合。比如在温度监测应用中,特征级融合可以对温度传感器数据进行综合,例如表示成地区范围、最高温度、最低温度等形式。在目标监测应用中,特征级融合可以将图像的颜色特征表示成红、绿、蓝三基色值。

(3) 决策级融合。决策级融合根据应用需求进行较高级的决策,是最高级的融合。决策级融合的操作可以依据特征级融合提取的数据特征,对监测对象进行判别、分类,并遵守简单的逻辑运算,执行满足应用需求的决策。因此,决策级融合是面向应用的融合。比如在灾难监测应用中,决策级融合可能需要综合多种类型的传感器信息,包括温度、湿度或震动等进而对是否发生了灾难事故进行判断。在目标监测应用中决策级融合需要综合监测目标的颜色特征和轮廓特征,对目标进行识别,最终只传输识别结果。

在传感器网络的实现中,这三个层次的融合技术可以根据应用的特点综合应用。比如有的应用场合传感器数据的形式比较简单,不需要进行较低层的数据级融合,仅需要提供灵活的特征级融合手段。而有的应用要处理大量的原始数据,需要有强大的数据级融合功能。

多传感器数据融合的过程主要包括多传感器信号获取、数据预处理、数据融合中心(特征提取、数据融合计算)和结果输出等环节。多传感器信号获取要根据情况采取不同的方法,例如,对图形图像信息的获取一般是通过电视摄像系统或电荷耦合器件(CCD)等进行的。数据预处理是指尽可能消除信号中的各种噪声,提高信噪比,主要方法有信号的取均值、滤波、消除趋势项、野点剔除等。特征提取是指对来自传感器的原始信息进行特征提取,特征可以是被测对象的各种物理量。融合计算方法较多,主要有数据相关技术、估计理论和识别技术等。

从传感器和融合中心信息流的关系,以及综合处理的层次来看,多传感器数据融合的结构主要有集中式、分布式、混合式和多级式4种基本形式。

集中式结构将传感器获取的检测报告传递到融合中心进行数据对准、数据互连、滤波、综合处理等。这种结构的最大优点是信息损失最小,但数据互连比较困难,并且要求系统必须具备大容量的能力,计算负担重,系统的生存能力较差。

分布式结构的特点是:每个传感器的检测报告在进入融合以前,先由它自己的数据处理器处理然后送至融合中心,中心根据各节点的数据完成汇总与合成。这类系统应用很广泛,它不仅具有局部独立跟踪能力,而且还有全局监视和评估特性,其造价也可限制在一定的范围内。

混合式结构同时传输探测报告和经过局部节点处理过的信息,它保留了上述两类系统的优点,但在通信和计算上要付出昂贵的代价。对于安装在同一平台上的不同类型传感器,在多级式结构中,各局部融合节点可以同时或分别是集中式、分布式或混合式的融合中心。它们将接收和处理来自多个传感器的数据,而系统的融合节点要再次对各局部融合节点传送来的数据进行处理。也就是说,目标的检测报告要经过两级以上的融合处理,因而把它称

为多级式系统。

3.4.3 数据融合的基本方法

多传感器数据融合是对多源信息的综合处理过程,具有本质的复杂性。近年来,一些新的基于统计推断、人工智能和信息论的方法,正在成为数据融合技术向前发展的重要依据。

(1) 信号处理与估计理论。包括小波变换、加权平均、最小二乘法、卡尔曼滤波等线性估计技术,以及扩展卡尔曼滤波、高斯滤波等非线性滤波技术。此外,还有基于随机采样的粒子滤波、马尔可夫链等非线性估计技术也受到很多学者的关注。

(2) 统计推断方法。包括经典推理、Bayes 推理、证据推理、随机集理论、支持向量机理论等。

(3) 信息论方法。包括信息熵方法、最小描述长度方法等。

(4) 决策论方法。多用于高级别的决策融合。

(5) 人工智能方法。包括模糊逻辑、神经网络、遗传算法、专家系统等。

无论在像素级、特征级还是在决策级进行信息融合,其最终目的都是要完成某种跟踪、识别、分类或决策任务。在进行融合处理之前,必须先对信息进行关联,以保证所融合的信息是同一目标或事件的信息,即保证信息的一致性。然而在多传感器信息系统中,产生信息不一致性的原因很多。因此,确立信息可融合性的判断准则、降低关联的二义性,已成为信息融合领域正待解决的问题。另外,多传感器数据融合需要解决的关键问题还涉及数据校准、数据的同类或异类、数据的不确定性、不完整、不一致、虚假数据、数据关联、粒度、态势数据库等内容。

习题与思考题

一、选择题

1. 以下关于物联网数据特性的描述中,错误的是()。
A. 海量 B. 动态 C. 互联 D. 多态
2. 下列()不是物联网的数据管理系统结构。
A. 集中式结构 B. 分布式结构和半分布式结构
C. 星状结构 D. 层次式结构
3. 不是数据管理系统主要功能的是()。
A. 完成数据信息存储 B. 完成数据信息管理
C. 对电子标签进行读写控制 D. 对电子标签进行能量补充

二、问答题

1. 多路模拟输入通道的采集方式主要分为哪两大类型? 简述其特点。
2. 什么是模拟信号调理电路?
3. 为什么智能仪器要进行量程转换? 如何实现量程转换?
4. 常见的 A/D 转换器有哪几种类型? 简述其各自的特点。

5. A/D 转换器的主要性能指标有哪些?
6. 对 A/D 转换器转换结果可以通过哪些方式进行获取?
7. 当 A/D 转换器的满标度模拟输入电压为 +5V 时,8 位、12 位的 ADC 其分辨率各是多少? 其量化误差各是多少?
8. 嵌入式处理器读取 A/D 的转换结果时,通常采用哪些工作方式进行读取?
9. 在测量频率时,如果其被测信号频率较低时通常采用测其周期的方法,在被测信号频率较高时通常采用定时计数的方法,为什么?
10. 某温度测量系统(线性关系)的测温范围为 $0\sim 150^{\circ}\text{C}$,经过 8 位 ADC 转换后对应的数字量为 00H~FFH,试写出它的标度变换公式。
11. 在某压力测量系统中,压力测量的量程为 $400\sim 1200\text{Pa}$,采用 8 位 A/D 转换器,经计算机采样及数字滤波后的数字量为 ABH,求此时的压力值。
12. 举例说明非电量参数的检测技术。
13. 简述视觉检测系统的基本组成结构。
14. 简述声音信号检测的工作原理。
15. 软件数据处理的特点有哪些?
16. 什么是数据滤波? 试举例说明。
17. 在处理信息数据中,标度变换的作用是什么?
18. 简述多传感器信息融合技术的特点。
19. 介绍一下数据融合的基本方法。