

论数字式称重传感器的技术方案

贾颐康

【摘要】 鉴于当前各种数字式传感器采取的技术措施仅仅是把原本安置于称重仪表内的 AMP、ADC、MCU 等电路和相应程序移植到称重传感器罩壳内，而没有进行根本性的系统优化，还不能体现数字式称重传感器应有的特点的现状，本文从发展的依据、系统的优化、功能的策划、接口的配置四个方面进行论述，为形成既能够体现数字式称重传感器特点、又能够在当前的技术条件下实现、还适合于实际应用的技术方案提供思路。

【关键词】 衡器 衡器部件 数字式称重传感器

当前，“数字式称重传感器”主要是指集电阻应变式称重传感器（简称传感器）、电子放大器（简称AMP）、模数转换技术（简称ADC）、微处理器技术（简称MCU）于一体的新型传感器，这在业内已能达成共识。由于数字式称重传感器的输出信号不再是微弱的、极易受到外界影响和干扰的模拟信号而是易于传输、不易受外界影响和抗干扰能力强的数字信号，便于传输、接收和进行数据处理，所以应用的领域不断扩展，其市场前景也自然被众多衡器制造企业所看好，许多企业纷纷加入数字式称重传感器的开发行列，加快了数字式称重传感器的推广步伐。然而，就目前各种数字式传感器采取的技术措施而言，正像一些专业人士指出的那样^[1]，仅仅是把原本安置于称重仪表内的AMP、ADC、MCU等电路和相应程序移植到称重传感器罩壳内而没有进行根本性的系统优化，还不能体现数字式称重传感器应有的特点。基于现状，本文从发展的依据、系统的优化、功能的策划、接口的配置四个方面进行论述，为形成既能够体现数字式称重传感器特点、又能够在当前的技术条件下实现、还适合于实际应用的技术方案提供思路。

一、发展的依据

首先回顾OIML R76-1 2006版中新增的对“数字式称重传感器”的定义：配备了电子放大器和模数转换器及数据处理装置（可选）等电子器件的称重传感器称为数字式称重传感器。也就是说，数字式称重传感器可以分为两个基本类型：一类是模拟称重传感器+AMP+ADC，一类是模拟称重传感器+AMP+ADC+数据处理装置。我们的问题是，在数据处理技术并不是高不可攀的技术的今天，为什么还要保留前一种类型？答案要在衡器的结构中去寻找。大家知道，许多衡器只需安装一支传感器就能实现称重，而另一些衡器实现称重就需要安装若干支传感器。对于前者，无论数据处理装置安置于传感器内，还是安置于衡器其他部件（如称重仪表）内，其效果是相同的；但对于后者，由于所

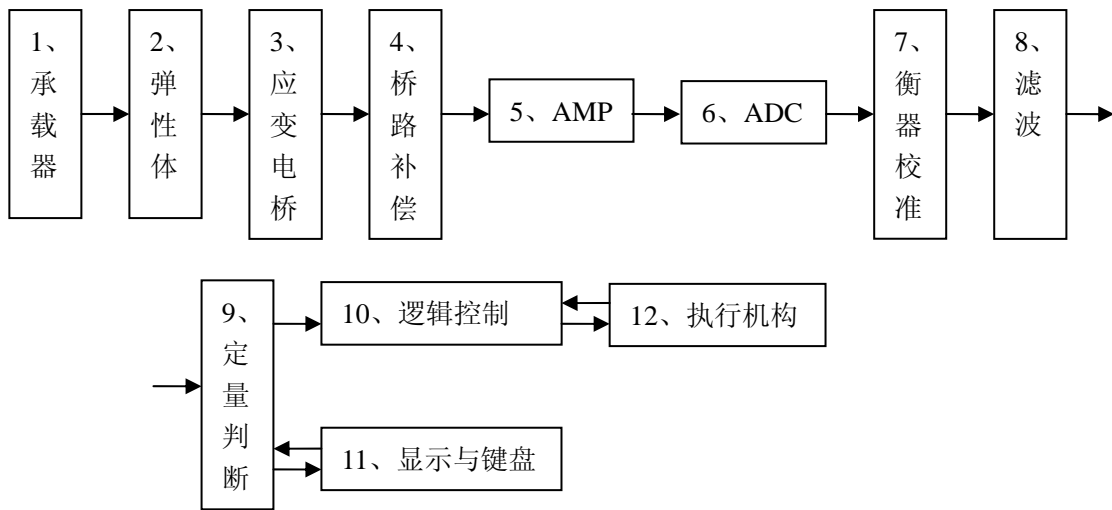
称重量被随机地分配到了各个传感器，而系统最终必须以“和”的形式将该重量的值复现，当将数据处理装置安置于传感器内并进行有效的处理时，其处理的每一个具体的对象F(X)，就必须满足下面等式的要求：

$$\sum F(P_i) = F(\sum P_i) \dots\dots\dots (1)$$

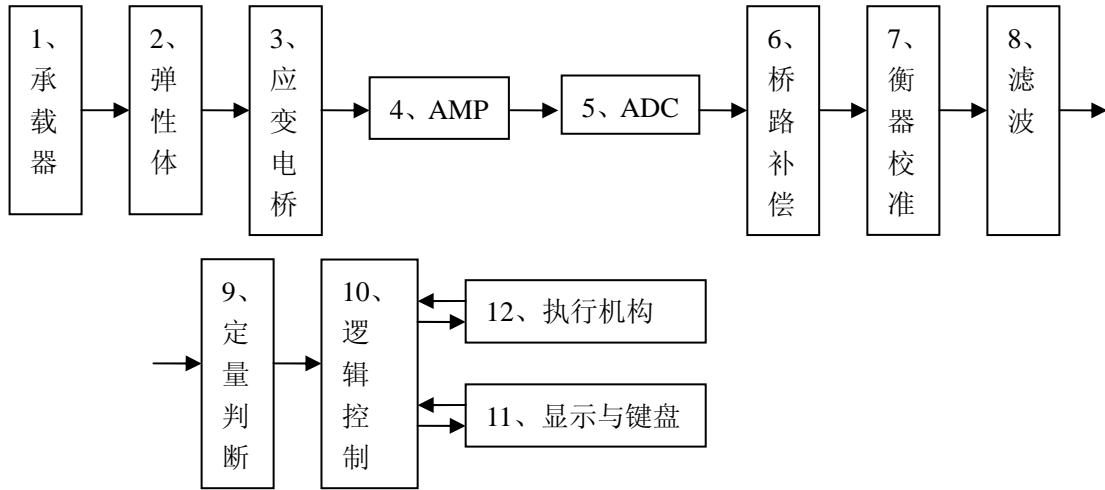
式中 P_i 指第 i 支传感器所处理的信号 ($i=1、2\dots\dots N$)，换句话说就是：所有传感器对各自的被处理变量 P_i 所处理的结果之和，必须等于对所有变量 P_i 的和进行处理的结果，否则处理就是多余的甚至错误的。这是确定数字式称重传感器技术方案的最基本的依据。所以，数字式称重传感器的结构及其处理数据的能力，是由安装了该传感器的衡器所决定的。由此还可推出：衡器的多样性决定了数字式称重传感器的多样性。为满足不同类型、不同品种的衡器的需要，就应提供不同结构、功能和接口的数字式称重传感器。

二、系统的优化

出现数字式称重传感器之后，尽管衡器整体的外观几乎没有变化，但必然会掀起新一轮的系统优化。因为在各种现代数据处理装置中，软件的作用是关键性、决定性的：外观（硬件）完全相同的装置，可以呈现出完全不同的功效。衡器中的数据处理装置也是如此，当把原本安置于称重仪表内的AMP、ADC、MCU等电路移植到称重传感器罩壳内时，就具备、同时也是仅仅具备了系统优化的硬件条件，为了制造出真正的数字式称重传感器，首先应对系统（衡器）进行优化，然后按优化的要求重新分配各个部件的功能，最后通过软件程序将功能实现、定型和固化。从系统优化的内容看，主要针对逻辑结构；从系统优化的范围看，包括所有能够建立数学模型的环节，前端从承载器开始，终端到外设为止。假设图一表示了某安装一支传感器的定量包装秤的逻辑结构，其中（a）为安装



(a) 安装一支模拟称重传感器时的系统



(b) 安装一支数字式称重传感器时的系统

图1 单传感器定量包装秤的逻辑结构

模拟称重传感器时的模块划分情况，图中2、3、4项环节构成模拟称重传感器，5—11项环节构成称重仪表，第12项为外设；(b)为安装数字式称重传感器时的模块划分情况。数字式称重传感器所包含的环节可以从环节2开始一直到环节9，第10项是逻辑单元（如PLC），第11项、第12项是两个独立的外设，通过优化，称重仪表由原来的七个环节组成压缩到只有一个逻辑单元，尤其是桥路补偿环节由原来的第4转移到第6环节，使系统的综合性能得到了提高。假如上述定量秤必须安装多个数字式称重传感器，那么将会发生哪些变化呢？图二示出了调整后的逻辑结构图，与图一相比多了一个“求和”环节。然而，按照式（1）的要求分析，这个环节既不能由其中某个传感器单独承担，

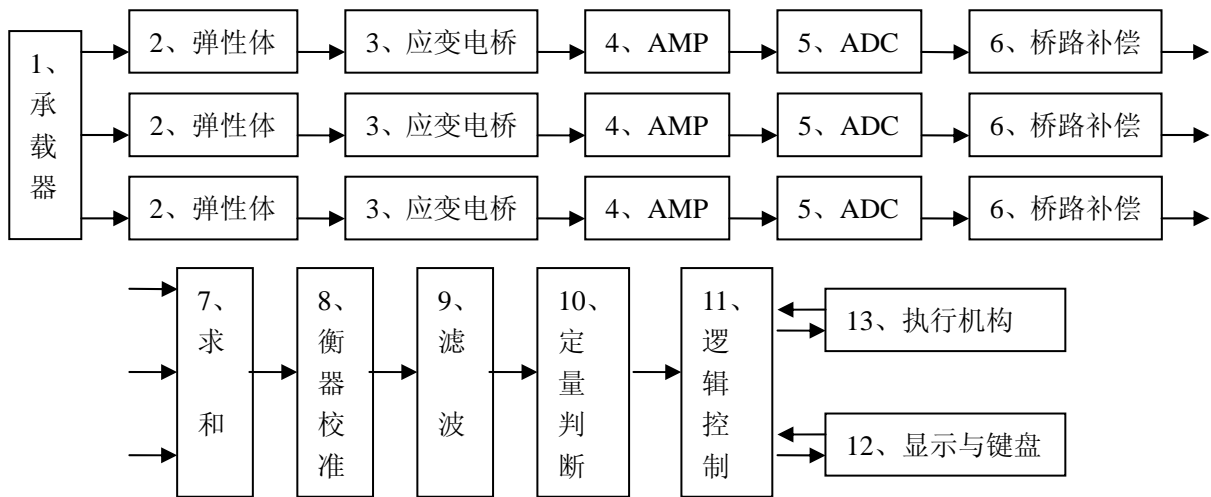


图2 多传感器定量包装秤的逻辑结构

也不能由所有传感器共同承担，必须安置于一个独立于传感器的部件中，于是把第 7 环节与之后的其他环节组合在一起统称“纯数字”仪表。在这种衡器中，其数字称重传感器由 2—6 五个环节组成，与图一中的传感器是有所不同的。可见，只有通过系统优化，我们才能较清晰地确定适合于系统的数字式称重传感器的技术方案，系统优化是数字式称重传感器开发中的一个重要步骤。

三、功能的策划

当系统优化完成以后，数字式称重传感器的技术方案就基本确定了。按照某种规则对各个环节的数学模型进行解析、拆分、变换、重组，以形成可实现的功能。除了技术方案外，功能形成时还需遵循的要求主要来自：

—— OIML R60《称重传感器》国际建议：无论在传感器中增加了多少环节，传感器都必须符合该国际建议的各项要求，例如，用数据处理装置完成对模拟传感器的一些参数进行补偿的功能，目的是提高传感器性能而不是影响对传感器的检测。

—— OIML R76《非自动衡器》国际建议：对于增加了数据处理装置的传感器，还要符合该国际建议中相应的要求，例如，对功能的要求、对软件的要求、对电磁兼容性（EMC）的要求等等。另外，还要协调与衡器的技术接口关系，例如，数字称重传感器输出的数字信号，应便于衡器接收和转换成衡器的数字指示而不应与之相矛盾；其检定分度值 v 与衡器检定分度值 e 应协调一致。

—— 传感器制造工艺：在模拟称重传感器的制造过程中，有一些工艺参数是需要调整或记录的，功能的设置应使这些调整和记录更加方便和正确而不是变得更为困难或引起失真。

—— 可靠性要求：功能的逻辑性应十分严密，不能因为错误指令、干扰等外界影响而出现错误甚至“死机”，也不能发出错误的数据或应答信号。

需要综合各个要求，当策划的功能与要求产生矛盾时，就要按照要求重新拆分或重组数学模型，直到功能符合所有要求为止。

四、接口的配置

习惯上，我们把传输数字信号称为通讯（或通信），实现通讯的配置称为通讯接口，通过通讯接口传输信息是数字式称重传感器区别于模拟传感器的基本特征。由于不同数字称重传感器实现的功能不同，信号接收端的装置构造不同，通讯的内容是不同的，所以通讯接口的配置也要随之而不同。通讯接口配置包括三个方面：

—— 电气配置，一是接口形式的选择，考虑的因素有网络拓扑、信道（半双工或全双工）、距离、接收装置结构、干扰情况等。如常用的 RS-485 接口，适合于总线拓扑，半双工或全双工工作，适合距离数十米至几百米。二是传输速率的选择，需满足系统的要求。比如，总线上有 10 个传感器，所传的每条数据有 16 帧，每帧为 11 位，要求每 0.1 秒刷新一次，满足要求的速率即为 19.2KB/s。三是位控制（同步或异步）的选择。

—— 通讯协议，即有关传输数据的格式与内容的技术规定，由于传感器所包含的处理环节不同，传输数据所代表的事件就不同，就会形成不同的通讯内容和格式，所以不同传感器所选用的通

讯协议可能会有较大差异。另外，还要兼顾电气配置的实际情况，比如上例中，如果传输速率为 19.2KB/s 时需要将数据刷新速率由 0.1s 提高到 0.05s，就要压缩每条数据的帧数。在实际中，传输指令的帧数越少，系统整体的通讯效率就会越高。

—— 差错控制，虽然数字信号传输的抗干扰能力比微小模拟信号传输的高，但在一些工业干扰严重或易受静电闪击的地方通讯信号还会因此而产生异变（误码），通讯技术中提供了通过算法控制差错的措施，R-76 国际建议中推荐的 CRC-16 循环校验码（见 5.5.2.2）就是最常用的措施之一。利用软件算法降低数据传输的误码率也是数字传感器比模拟传感器优越的理由之一，但是，差错控制是以数字编码的冗余为代价的，系统的通讯效率会因此有所降低，除非网络节点多、传输距离远、现场干扰大、线路无法屏蔽，否则没有必要在所有的传感器品种中应用。例如，此项可以设计成可选项以适应不同的现场条件。

五、结 尾

通过以上的分析可以看出，开发数字称重传感器，远比将称重仪表的部分功能转移到模拟传感器中复杂。本文对依据、系统优化、功能、接口的论述仅是一个框架，需要研究的细节还很多，例如供电电压选择 6-12V 合适还是 3.3-5V 更合适？……，诸如此类。本文中穿插的例子都是实际的细节问题，都已经在 DM 系列电路模块中得到了验证。本文的意图是通过问题的讨论表达数字传感器新产品开发时其思路的产生过程，但愿能给大家带来有价值的借鉴。

参考文献

(1) 陈日兴，《数字式称重传感器的智能化功能演变与发展综述》，第六届称重技术研讨会论文集，2007-4