

福禄克万用表的几种设计方案

福禄克万用表可以说是千变万化，但是不管在怎么变，实际设计的思路还是没有改变的，从最老的架构，积分 A/D（模数转换器）为核心设计方案，在到，使用高精度的 $\Delta\Sigma$ ADC 为核心设计方案，在到，使用 MCU（微处理器）和定制的福禄克 A/D 转换器为核心的设计方案，在到现在的福禄克最新型方案，使用的是美国德州仪器 TI 公司生产的低功耗，内置 16bitADC 的可编程单片机为核心的方案。

福禄克最老的积分 A/D 为核心设计方案的万用表，主要是根据积分 A/D 为核心的数字电压表头来设计的，参考 ICL7106，ICL7129 等表头部分电路来设计，在电压表头基础上加装外围电路构成的数字万用表，比如测量直流电压要加分压电阻或使用高精度的分压排阻做电压挡分压，被测量的大电压信号经过分压电阻衰减到芯片的满量程电压范围内送入积分 A/D 进行测量显示结果，测量直流电流，要加分流电阻或者分流器，来做电流挡的分流，取样，被测量的直流电流信号经过分流电阻分流，分流电阻两端会产生电压降，这个电压降会被分流电阻取样以后送进积分 A/D 进行测量显示结果，测量交流电压信号，要加装 AC/DC（交流/直流）整流电路，需要把交流信号变为直流信号在送进积分 A/D 进行测量，AC/DC 整流电路分为两种，一种是平均值响应的 AC/DC 整流电路，利用二极管进行整流，一种是真有效值响应的 AC/DC 整流电路，平均值响应的 AC/DC 整流电路最简单的就是使用二极管构成的平均值响应半波或全波整流，一般最普通的指针万用表和低端的数字万用表都会使用这种半波或全波整流电路，精度高一点的数字万用表则是使用线性 AC/DC 整流电路，就是使用集成运算放大器和整流二极管构成的半波或全波整流电路，这种电路的测量精度要高于普通的半波或全波整流，整流效率也高于普通的半波或全波整流电路，低端万用表应用非常广泛，还有一种就是真有效值响应的 AC/DC 整流电路一般是在高端的万用表交流电压测量会使用真有效值测量电路，一般是使用独立的真有效值测量芯片，来实现，交流电压的真有效值测量，或者使用专用芯片内部集成的真有效值测量单元实现的真有效值测量，测量交流电流档的原理同直流电流一样只是要加 AC/DC 整流电路，在测量频率上，要使用时基电路做频率/电压转换，需要把频率变为直流电压，然后在送进积分 A/D 进行测量显示，在电容上测量，一般会使用容抗法测电容，对被测电容充放电把电容量 C_x 变为容抗 X_c ，在经过 C/V 转换，把容抗变为交流电压，然后在把这个交流电压进行 AC/DC 转换，转换成直流电压信号以后，在送入积分 A/D 进行测量显示，而在对，温度进行测量的时候，一般是使用热电偶传感器做转换器使用，热电偶实现的是 $^{\circ}\text{C}/\text{V}$ 转换，把温度信号变为 mV 的直流电压，接到 mV 挡，读出来的数值就是温度值，实际是测量的电压值，经过热电偶转换了，而在电阻测量中，老方案使用的是恒流源法，在这里不再叙述，新型方案一般都是使用比例法测电阻，把被测电阻 R_x 与标准电阻 R_0 串联以后接到芯片的 V+ 和 COM 端之间，用芯片的基准电压源做测试电压，像被测电阻提供测试电流，把被测电阻两端的电压当作仪表的输入电压 U_{in} ，把标准电阻两端的电压当作仪表的基准电压 U_{ref} ，通过，被测电阻 R_x 两端的电压与标准电阻 R_0 两端的电压进行比较来测量出电阻值，所以称为比例法，即 U_{in}/U_{ref} （输入电压与基准电压之比）由此看来，比例法测电阻的结果取决于基准电压和输入电压之比，在积分 A/D（模数转换器）为核心的万用表中，我们了解了，积分 A/D 为核心的万用表它的功能扩建是靠外围电路实现的，实际本身积分 A/D（模数转换器）只是一个普通的直流电压表头，他只能测量 mV 级别的直流电压，要测量大电压需要加分压电阻，不能进行其

它功能的测试，如果要想将他变为一个万用表的话，需要加很多外围电路，要利用这些外围电路，把被测量的，电压，电流，电阻，交流信号，电容，电感，频率，温度，等等，这些信号经过外围电路进行转换，统一变为直流电压以后，在送入积分 A/D 表头来进行模数转换，显示出结果，这是其基本原理。

当然积分 A/D 为核心的万用表已经是上世纪方案，现在的万用表很少有使用这样低端的方案了，在积分 A/D 为核心的万用表发展之后，福禄克又换为专用芯片为核心的数字万用表设计方案。

福禄克使用的（专用芯片）又称为专用集成电路为核心设计方案的万用表，一般是使用独立的 DMM 数字万用表专用集成电路来设计的，仅仅使用了一片 DMM 专用集成电路和外围的少量元件来实现功能的测量，减少了外围电路设计，不在有那么多外围 IC 进行功能转换了，功能测量部分都集成在专用芯片内部了，包括，A/D 转换，显示器驱动电路，自动量程转换电路，蜂鸣器驱动电路，频率测量电路，交流整流电路，等等，在外围电路中，只是使用了，分压电阻，分流电阻，有些可能要加 AC/DC 整流电路，（部分专用芯片内部只是加了交流整流电路中的运放而没有二极管，则需要在外围电路加装二极管，与芯片内部的运放构成，线性平均值 AC/DC 整流电路）要是实现真有效值测量，可以在专用芯片外部加真有效值测量芯片，（TRMS/DC 转换芯片）实际来看，专用芯片为核心的万用表，实现了仪表的集成化，小型化，自动化，大大减少了外围电路，仅靠一片专用芯片就可以完成电路设计，在维修方面同样也很简单，实际专用芯片为核心的万用表在原理上来讲是跟上面说的积分 A/D 原理是相同的，也是把被测量的所有信号经过转换变为直流电压，然后在进行 A/D 转换，驱动显示器，显示出结果，但不同的是，有些专用芯片不是积分式 A/D 转换，而是 $\Delta\Sigma$ A/D，积分式 A/D 的优点是电路简单，成本低廉，使用方便，低功耗，缺点是，转换速率慢，外围电路影响 A/D 转换器自身的精度，抗干扰能力差，而 $\Delta\Sigma$ A/D 转换器，优点就是，转换速率快，抗干扰能力强，分辨率高，A/D 转换器自身的精度不受外围电路影响，噪声低，等优点，所以很多福禄克万用表的专用芯片都是使用 $\Delta\Sigma$ A/D 这种类型的 A/D 转换器，在信号的 A/D 转换过程中跟积分 A/D 有所不同，但是在测量原理上与积分 A/D 是相同的。

逐渐，专用芯片的万用表也过时了，在功能和精度上都不行了，对于福禄克来说，又推出了新方案，使用的是，福禄克定制的 MCU（微处理器）和福禄克定制的 A/D 芯片（模数转换器），这种方案，我称它为（MCU+ADC）方案，也就是使用微控制器(MCU)实现仪表的功能化，智能化，这种万用表，实现的功能要远远比，上述的积分 A/D 为核心，还有专用芯片为核心的万用表，实现的功能要多的多，而且要智能化，比如在信号测量中，精度要高于，上述两者，在校准方面，上述两者（积分 A/D 和专用集成电路为核心的都是使用普通电位器进行校准）而这种核心设计方案的万用表则是使用程序校准，把校准程序存储在一颗存储器内部（EEPROM）功能也比上述两者要多，可以实现，对信号的监测，记录信号的，最大值，最小值，平均值，智能化对信号进行处理，转换，在这里，MCU 的作用主要是负责控制显示和功能实现，其次是进行仪表的校准，而 A/D 芯片的作用是对被测信号进行转换，然后进行 A/D 转换，把模拟信号变为数字信号以后，送给（MCU）微处理器控制，然后驱动显示器显示出结果，A/D 芯片一般还是使用 $\Delta\Sigma$ A/D 方案的 A/D 芯片，实现了，高精度，高分辨率，抗干扰能力强，噪声低等优点，而在外围电路设计上，只需要少量的 IC 辅助，使用独立的基准芯片（A/D 芯片的

基准电压产生)，使用独立的 EEPROM 存储器芯片（存储校准程序），除了这些，还有就是，分压电阻或者高精度的分压排阻，分流电阻或者分流器，做信号衰减取样的，剩下的还有保护元件（如：PTC 热敏电阻，压敏电阻，保险管，钳位二极管，）等，保护电路设计。上述而言，MCU+ADC 方案的万用表相比来说，比使用专用芯片为核心的万用表更高一个等级，在功能上，精度上，速度上，都要比，上述两者要高得多，当然也是发展趋势，但不久这种方案的万用表也随即停产了，一直到现在福禄克使用的最新型方案。

福禄克使用的最新型方案，是使用的 TI 德州仪器公司产生的低功耗 MSP430 单片机为核心来设计的万用表，使用了 TI430 单片机所以在功能，测量，方面，只要对单片机进行编程，就可以实现更多的功能需求，这种单片机为核心的万用表在对于上述的 MCU+ADC 方案的万用表来说，比 MCU+ADC 方案的更高一个档次，也是现在福禄克万用表使用的最新型方案，这种方案的好处就是，实现了仪表的，自动化，小型化，低功耗，集成化，等！优点，MCU 为核心的和单片机为核心的万用表相比来说，单片机为核心的万用表实现的功能要远远高于 MCU 为核心的万用表，而且功耗要低于 MCU 为核心的万用表，集成化也要高于 MCU 为核心的万用表，这些都是优点，也是发展方向，单片机和 MCU（微处理器）的区别就是单片机内部集成了 MCU（微处理器）而 MCU 内部没有集成单片机，所以也就是说，单片机的集成化要比 MCU 高的多，而且可对单片机进行编程，实现不同的功能，但是单片机万用表也有自身缺点，比如，容易死机，容易丢程序，校准因子容易丢失，因为使用了单片机为核心，在校准方面同样也是靠程序校准，但有别于 MCU 为核心的万用表，MCU 为为核心的万用表校准程序是存储在 EEPROM（存储器芯片里）而单片机万用表的校准程序则是存储在 MSP430 单片机的内部，这是他自身的缺点，在单片机万用表中，通过一颗单片机可以实现功能的测量，单片机内部集成了 A/D 转换芯片，为了降低成本可以不使用外置 A/D 转换芯片（ADC）可以使用单片机内置 A/D 芯片，但对于高端万用表来说，想实现，高精度，高分辨率，就必须使用外置高分辨率的 A/D 芯片，在这里要说的是，福禄克的单片机万用表使用的都是凌特公司生产的，高分辨率的 $\Delta\Sigma$ ADC，典型型号是 LT2435，LT2415 等 $\Delta\Sigma$ ADC，同时，这种方案我称它为（单片机+ADC）方案，同样在外围电路设计上，跟专用芯片为核心的万用表的外围电路设计基本相同，实现真有效值测量，在外围电路加装，（TRMS/DC 转换器）真有效值测量芯片，加装了一些，分压电阻或高精度分压排阻，分流电阻或分流器，等！实现对，电压，电流的取样，对于设计高精度的单片机万用表来说，外围电路还需要加装，高灵敏度的 $\Delta\Sigma$ ADC，典型的是 LT2435 LT2415 等型号，加装模拟开关，实现对信号的各路切换，加装高精度的运放实现对信号的高精度测量。

实际来看，几种不同的方案，区别就是在于核心不同，从最老的积分 A/D，在到，使用专用芯片，在到使用 MCU（微处理器）+A/D 芯片方案，在到现在的，单片机+A/D 芯片的方案，这几种不同的方案，实现了从非只能手动量程万用表，到，自动量程万用表，在到智能万用表，在到微电脑控制的万用表，（智能万用表包括微电脑控制的万用表，也就是可以把 MCU+ADC 方案和单片机+ADC 方案归为一类，都是属于智能仪表，区别就是在

于一个是使用的 MCU 微处理器，一个是使用的单片机，单片机万用表实现的功能相对来说比微处理器实现的功能要多)。