

# 现场型过程仪表校验仪的设计及应用

苏建伟，刘波

(深圳市胜利高电子科技有限公司 深圳 518029)

[摘要] 本文较为详细的说明了现场型过程仪表校验仪硬件及软件的设计方法，特别讨论了设计现场型校验仪所采用的低功耗设计和面板校准技术。

[关键词] 过程校准仪、低功耗设计、面板校准

## The process calibrator's design and application

Su Jian Wei, Liou Bo

(SHENZHEN VICTOR HI-TECH CO. LTD Shenzhen 518029, China)

**Summary:** In this article, the designing way of process calibrator's hardware and software is explained in details, especially the usage of low power consumption design and panel calibrating technique.

**Key words:** Process calibrator, low power consumption designing, panel calibrating

### 1 引言

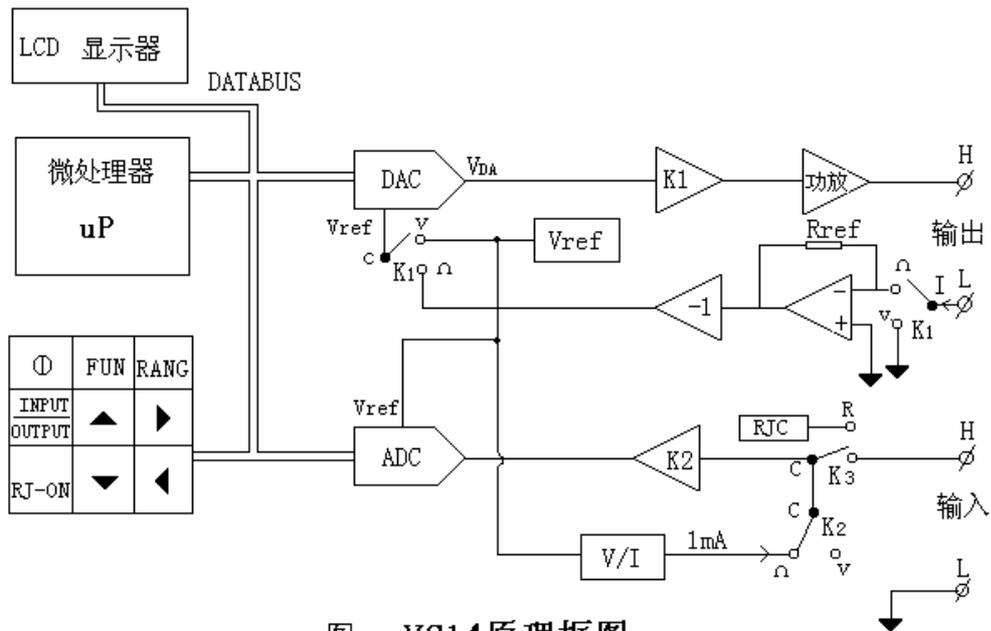
随着生产过程自动化技术的发展，为了保证生产过程安全、可靠的运行，要随时对生产过程中使用的仪表进行维护和校准。传统的将生产过程中使用的仪表拿回实验室进行校准的方法已不能满足生产的要求，取而代之的是在生产过程现场直接对仪表进行校准。根据这一趋势，国外许多著名的仪表生产厂商纷纷推出自己的现场型过程仪表校验仪产品，如美国福禄克公司的 F710 系列，日本横河公司的 CA10 系列等等。这类校验仪除功能和应用范围及精度要满足需求外，同时它还应具有对温度、湿度变化及水溅和偶然跌落的环境适应能力。另外为了保证校验仪的精度指标，它还应能方便的溯源到国家标准。针对这些要求，深圳市胜利高电子科技有限公司开发了 VC10 系列过程仪表校验仪，该系列产品通过面板简单的按键操作可精确的输出和测量电压、电流、电阻、温度、频率、压力等过程信号并有完备的输入、输出保护功能。该系列产品采用大字符 LCD 显示，单节的 9V 电池或交流电源适配器供电，防震、防尘、防水溅的结构设计，体积如同普通的手持数字万用表，特别适合在现场对工业控制过程各类仪表进行校准及维护。产品采用的面板校准技术，可使仪表很方便溯源至上一级标准。现以 VC10 系列中具有代表性的 VC14、VC15 为例说明它们的设计方法。

### 2 硬件电路设计

为满足达较高的精度 (0.02%量程) 和分辨率 (0.001%量程)，输出和输入分别采用了 20 位的 DAC 和 ADC。为提高稳定性和降低外界环境的影响，机内去掉了电位器等可调整元件，由微处理器在规定的自动进行一次内部校准以消除各种影响。由于 VC14 和 VC15 信号范围有所不同，它们的电路也稍有差异，现分别加以叙述。

#### 2.1 VC14 温度校验仪硬件电路设计：

VC14 主要用途是针对温度类显示仪表及传感器的校验、检查，所以它设计有 7 个分度号 (R、S、J、K、E、T、B) 热电偶和两个分度号 (Pt100、Cu50) 热电阻的模拟及测量功能，对于不是这些分度号的仪表和传感器可使用它的 mV 和 功能。它的原理实际是按照分度表输出一个相应的 mV 或 信号，或测量一个 mV 和 信号再根据分度表转换为相应的温度进行显示，由于仪表内部使用 20 位的 DAC 和 ADC 所以具有很高的精度和分辨率，工作原理如图一。



图一 VC14原理框图

电压和热电偶输出：操作者通过面板的 ( INPUT/OUTPUT ) 和 ( FUN ) 功能键选定电压或热电偶输出功能，微处理器控制开关  $K_1$  使公共端 ‘ C ’ 与 ‘ V ’ 接通。此时 DAC 的参考输入为  $V_{ref}$ ，众所周知 DAC 输出  $V_{DA}$  与参考输入  $V_{ref}$  的关系为： $V_{DA} = V_{ref} \cdot \frac{D}{2^n}$  ( $n=20$ ， $D$  为数字输入码，从  $0 \sim 2^n$  )，故

$$V_{OH} = K_1 \cdot V_{DA} = K_1 \cdot V_{ref} \cdot \frac{D}{2^n} \quad (1)$$

这时操作者通过面板设定的输出值由微处理器转换为  $D$  值，使仪表输出改变，由于  $D$  值范围为  $0 \sim 2^{20}$ ，所以仪表输出  $V_{OH}$  范围为  $0 \sim K_1 \cdot V_{ref}$ ，分辨率为  $\frac{1}{2^{20}}$ ，约 1PPm ( 百万分之一 )。  $K_1$  值由用户操作面板的 ( RANG ) 键改变，使仪表输出不同量程的信号。

电阻和热电阻输出：操作者通过面板的 ( FUN ) 功能键选定电阻和热阻输出功能，微处理器控制开关  $K_1$  使公共端 ‘ C ’ 与 ‘  $\Omega$  ’ 端接通，此时仪表外部必须有一个激励电流  $I$ ，DAC 的参考输入  $V_{ref} = I \cdot R_{ref}$ ，代入 (1)，则  $V_H = K_1 \cdot I \cdot R_{ref} \cdot \frac{D}{2^n}$ ，所以输出 HL 两端的电阻  $R = \frac{V_{OHL}}{I} = K_1 \cdot R_{ref} \cdot \frac{D}{2^{20}}$  (2)

电阻输出的范围为  $0 \sim K_1 \cdot R_{ref}$ ，分辨率可达到 1PPm， $K_1$  值由用户操作面板的 ( RAGE ) 键改变，使仪表输出不同量程的信号。

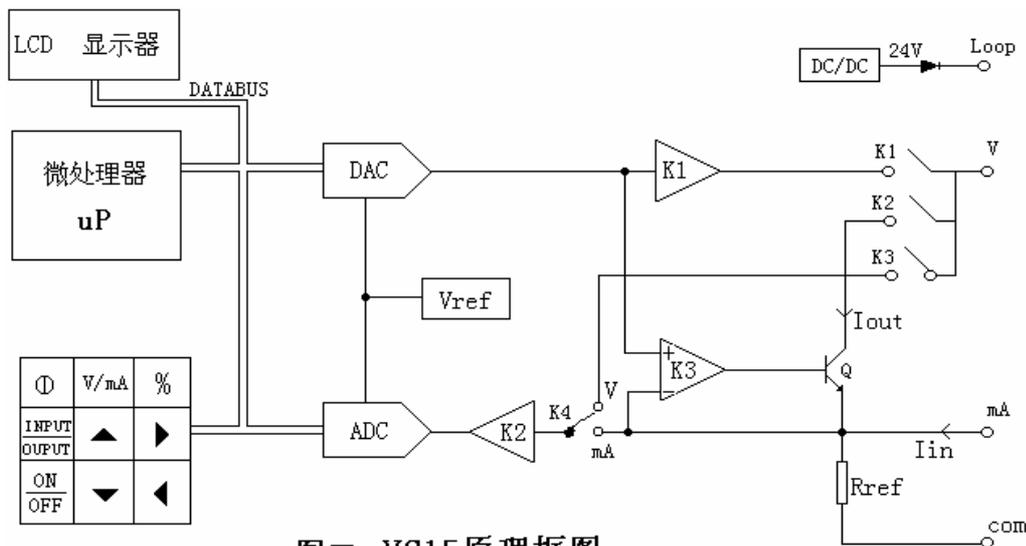
测量电压和热电偶：操作者通过仪表面板 ( INPUT/OUTPUT ) 和 ( FUN ) 键选定输入电压测量，微处理器控制  $K_2$  打向 ‘ V ’ 端，此时 ADC 转换数值  $D = \frac{V_{INHL}}{V_{ref}} \cdot K_2$ ，通过 ( RAGE ) 键由微处理器调整  $K_2$  放大倍数，使  $V_{INHL}$  从 0 到量程满点变化时  $D$  为  $0 \sim 2^n$  ( $n=20$ ) 变化，分辨率可达 1PPm，转换后的  $D$  值经微处理器变为相应的显示值送 LCD 进行显示。

测量电阻和热电阻：微处理器控制  $K_2$  打向 ‘  $\Omega$  ’ 端。此时若输入端子 HL 之间接一个被测电阻  $R_x$ ，则  $D = \frac{I \cdot R_x}{V_{ref}} \cdot K_2$ ，调整  $K_2$  放大倍数，使  $R_x$  从 0 到满量程变化时  $D$  为  $0 \sim 2^n$  变化，分辨率可达 1PPm。转化后的  $D$  值经微处理器变为相应的显示值送 LCD 进行显示。

VC14 在模拟和测量热电偶时，具有冷端温度自动补偿功能，机内微处理器每隔 10 秒钟控制  $K_3$  使 ‘ C ’ 与 ‘ R ’ 接通，机内温度传感器的输出送入 ADC 转换为相应的数值，此数值送入微处理器可对当前的输出值或测量值做出修正。

## 2.2 VC15 V/mA 校验仪硬件电路设计

VC15 主要针对过程现场使用标准电流和电压信号的仪表(例如变送器)校验和检查,设计有输出和测量 DCV、DCA 功能,模拟变送器输出的功能,提供 24V 回路电压并同时测量电流的功能。与 VC14 一样,内部使用 20 位的 DAC 和 ADC,工作原理如图二。



图二 VC15原理框图

**电压输出：**操作者通过面板 (INPUT/OUTPUT) 和 (V/mA) 键使机内微处理器控制开关  $K_1$  闭合,此时在仪表 'V' 端与 'COM' 端的输出电压  $V = k_1 \cdot V_{ref} \cdot \frac{D}{2^{20}}$ , 操作者通过面板设定的输出值使微处理器用  $0 \sim 2^{20}$  改变 D 值,可使输出电压范围为  $0 \sim 11V$  变化,分辨率可达 1PPm。

**电流输出：**操作者通过面板 (V/mA) 键使机内微处理器控制开关  $K_2$  闭合,此时在仪表 'LOOP' 端与 'V' 端接一个负载电阻(最大可到  $1K\Omega$ ),流过三极管 Q 的电流  $I_{out} = \frac{V_{ref}}{R_{ref}} \cdot \frac{D}{2^{20}}$ , 微处理器按操作者要求可用  $0 \sim 2^{20}$  改变 D 值,使输出电流范围为  $0 \sim 22mA$  变化,分辨率可达 1PPm。

操作者按 (%) 键使微处理器将当前输出值按  $4 \sim 20 mA$  量程计算后送 LCD 进行相应的百分比显示。

**模拟变送器输出：**在电流输出方式下,如果不使用机内 24V 电源,而从 'V' 端和 'COM' 端加一个电压 ( $5 \sim 28V$ ) 便可模拟变送器输出,工作原理与电流输出一样。

**电压测量：**操作者通过面板 (INPUT/OUTPUT) 和 (V/mA) 键使机内微处理器控制开关  $K_3$  闭合, $K_4$  打向 'V' 端,输入信号由 'V' 和 'COM' 端输入,此时 ADC 转换数值  $D = \frac{V}{V_{ref}} \cdot K_2$ , 合理选择  $K_2$  使输入  $V = 0 \sim 11V$  时  $D = 0 \sim 2^n (n=20)$  变化,分辨率达 1PPm。

**电流测量：**操作者通过面板 (V/mA) 键使机内微处理器控制开关  $K_4$  打向 'mA' 端,输入信号由 'mA' 端和 'COM' 端输入,此时 ADC 转换输出值  $D = \frac{I_{in} \cdot R_{ref}}{V_{ref}} \cdot K_2$ , 合理选择  $K_2$  使  $I_{in} = 0 \sim 22mA$  时  $D = 0 \sim 2^n (n=20)$  变化,分辨率达 1PPm。

操作者按 (%) 键使微处理器将当前输入值按  $4 \sim 20 mA$  量程计算后送 LCD 进行相应的百分比显示。

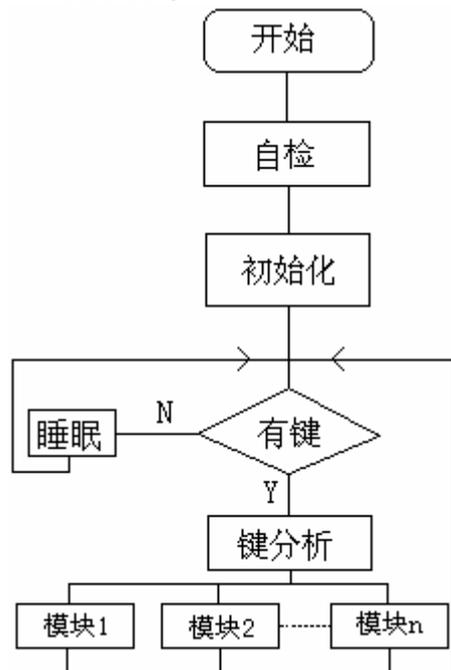
**提供 24V 回路电压同时测电流：**如果在电流测量方式下,在仪表的 'LOOP' 端与 'mA' 端接一个可变的电流源,校验仪在提供给外部仪表 24V 电压的同时测量外部的电流,这个功能在对两线制变送器进行校验时是非常有用的。

## 2.3 其它电路说明：

VC10 系列校验仪除了它各自专有的电路形式有所不同外,其它的电路如微处理器、键盘控制、LCD 显示控制、DAC、ADC 及电源的 DC-DC 电路几乎完全一样,这有利于提高电路的统一性和可靠性。手持仪器的低功耗设计是一个重要的指标,设计中尽量选用大规模和低功耗集成电路,微处理器采用内含 32KROM 和上电复位电

路及看门狗定时器的单片机。由于键的数量不多，采用直接由 I/O 口读键的方式；采用 128 段低功耗 LCD 显示驱动器；机内所有运算放大器、基准都采用低功耗的精密器件。对于耗电较大的 24V 升压 DC/DC 电源电路，采用在功能切换或更换量程时自动置为待机状态，为了节省电池无谓的损耗，设计了自动关机功能。如果用户 10 分钟之内不对仪表进行操作，它将自动关机，关机后机内的 MOS 开关管将电池与电路部分断开，此时电池输出电流不到 2 $\mu$ A,大大延长了电池的使用寿命。

### 3. 软件设计：



图三 软件框图

仪器的监控程序采用状态分析的键功能设计，主要分为两个状态，正常工作状态和校准状态，无论哪种状态都要考虑软件的可靠性。为了降低功耗，除了硬件采取的措施外，在软件上也要采取的措施，在软件设计时，采用微处理器在执行完当前任务后自动进入睡眠状态，由于微处理器工作期与睡眠期的时间比小于 1/100，所以可大大减少功耗。同时由于在睡眠期微处理器对外部的干扰不敏感，这样可提高仪表的抗干扰性。下面结合图三说明程序设计的思想。

打开仪表电源开关，微处理器根据面板上的按键选择进入正常工作状态或校准状态，之后仪表进行自检和初始化，判断是否有键按下，如无键操作，处理器进入睡眠状态，如有键按下，唤醒处理器进行键分析，转入相应的键执行程序。

为保证仪表的精度指标，在规定的时间内要进行校准。在校准状态，所有量程校准由机内面板校准软件完成。校准时不用打开机壳，对照外部的高精度标准，通过面板按键操作将校准常数存入机内的 EEPROM 内，仪表在正常操作状态时，根据各量程的校准常数由微处理器计算出当前的输出或测量值。

### 4. 结束语

对 VC14、VC15 在校准室校准后，对输出和输入用福禄克 1281 数字表和 5520A 标准源进行测量,精度高于 0.005%量程，24 小时稳定度高于 0.001%量程，在温度实验箱做 0~50 温度试验，输出和输入各量程精度均在 0.02%量程以内，其温度影响最大不超过 0.001%量程/。

通过在现场使用，证明该系列校验仪稳定、可靠、功能全、精度高，完全满足在现场对过程仪表进行校准的要求。

#### 参考文献：

- [1]周航慈 MCS-51 单片机应用程序设计技术。北京航空航天大学出版社 1991
- [2]CA100 COMPACT CAL USER'S MANUAL
- [3]FLUKE 715 V/mA Calibrator Instruction Sheet