

TDS 检测电路探讨

刘轶群

[艾欧史密斯(上海)水处理产品有限公司,211200]

摘要:本文提出一种 TDS 检测电路的方案。MCU 不同的输出口输出不同频率的正反向电压,随着频率的变化,水的阻抗也发生变化,检测电路可以得到不同的采样值,通过计算可以消除电容效应得出精确的 TDS 值。此种方法实现简单,不存在理论误差,并且可以控制输出频率及对应的采样时间。

关键词:TDS 水质检测 电容效应 多频 采样可控

The Discussion of TDS Detection Circuit

Liu Yiqun

[A. O. Smith (Shanghai) Water Treatment Products Co. Ltd., 211200]

Abstract: A new method of detecting TDS method is introduced. The MCU I/Os can output the positive or negative voltage of different frequency. Along with the change of frequency, the impedance of water is also changed, and at the same time the detection circuit can get different sample values. By calculating, the capacitance effect can be eliminated and we can get the exact value of TDS. This method is simple to implement and has no theoretical error. The MCU can control the frequency of output and the corresponding sampling time.

Keywords: TDS Detection, Capacitance effect, Multifrequency, Sampling control

1 引言

TDS 是英文 total dissolved solids 的缩写,中文译名为溶解性总固体,又称总含盐量,测量单位为 mg/L 或 ppm,它表明 1 升水中溶有多少毫克溶解性总固体,或者说 1 升水中的离子总量。通俗的讲,TDS 值代表了水中溶解物杂质含量,TDS 值越大,说明水中的可导电的杂质含量大,反之,杂质含量小。就自来水而言,TDS 值越高间接表明水越不纯(不考虑有机物污染的前提)。

TDS 值与电导率成间接正比关系,目前基本市场上的 TDS 值基本采用探针式的方法,也就是直接通过电导率的测试反过来推算 TDS 值。但是相同的水质不同温度下的 TDS 值是一致的,这个与电导率是不一样的。同样的水质

不同温度下测定的值都要与之一致。所以需要精确测定不同水质不同水温下的 TDS 值,那必须有温度检测,通过测定的水温来进行 TDS 的校正。

目前市场上直饮水机的 TDS 检测都是采用探针的方式,电路上分为两种方法:(1)采用直流的方式,直接加电压于探针两极,测定探针两极间的电压,计算得到水的等效电导率,得到 TDS 值。(2)采用硬件方式在探针端产生一个脉冲波形,从而使探针两端实现交变的直流电压,测定探针两极间的电压,计算得出水的 TDS 值。

第一种电路因为探针电极表面极化形成双电层,产生了极化电阻,串入等效电路中,使水的等效电阻值发生误差,严重影响探针的测量精度和采样电路的可靠性(见图 1)。

作者简介:刘轶群(1981.12~),男,毕业于南京河海大学自动化专业,电控工程师,现就职于艾欧史密斯(上海)水处理有限公司南京分公司,主要从事净水产品的电控开发。

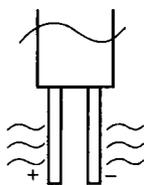


图1 直饮水机的 TDS 检测装置结构示意图之一

为了避免探针两端长期加上同一方向的正向电压,而采用第二种电路(图2),但是此脉冲电路一直在对水以一定的频率进行充放电过程,从而产生寄生电容,产生充放电问题,如果采样时间刚好落在充放电时间内,那样得到的数值就会十分的不精确,由此测得的 TDS 值很不准。并且,采此种电路复杂,成本较高。

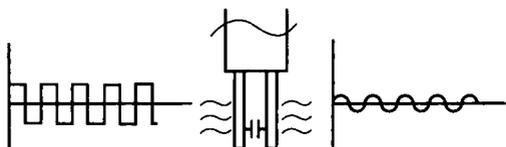


图2 直饮水机的 TDS 检测装置结构示意图之二

2 TDS 多频正反测定方法

2.1 原理

长期在探针两端加入同一方向的电压会导致极化现象,而如果探针两端有正负电压的脉冲交替产生的极化现象较为轻微。大家都知道一个原理,电压为一个点与另一个点的电势差,那么正反电路是不是必须要通过硬件的正负电压的方式来实现在?可否只要将探针两端的电压倒过来即可。

A. O. Smith 的工程师通过探讨与实践得到一种新的方法,即 TDS 多频正反测定方法。此方法申请的专利截至论文发稿时仍在审批。基本原理图 3。

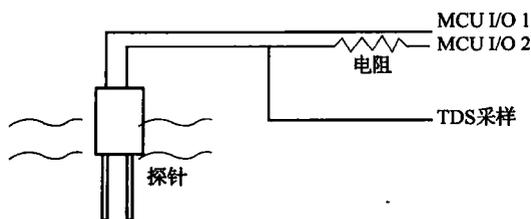


图3 TDS 正反测定系统原理示意图

将探针的一极连接至 MCU 的输出口,另一极通过分压电阻后接至 MCU 另一口。这样可以实现交变信号。

2.2 系统组成及实现

这个新的测试系统的测试 MCU 采用 RENESAS R8C 系列,此芯片拥有多通道 10 位 AD 检测, TDS 检测传感器采用探针式结构,具体电路见图 4。

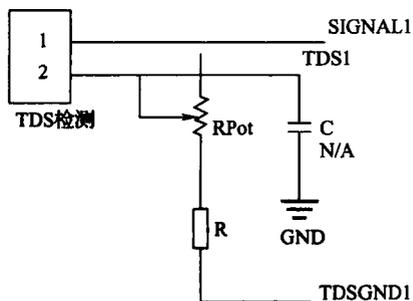


图4 TDS 正反测定系统电路图

分别测定了不同单片机的输出口与电源之间的电压差基本一致,差异性远远小于分压电阻带来的差异。可以忽略单片机输出口与电源之间的电压差异。

软件的时序控制方法:

(1)若干毫秒内 MCU I/O 1 产生如 100Hz 脉冲方波信号,而此时 MCU I/O 2 此时拉低,电流的方向为从 MCU I/O 1 流到 MCU I/O 2。

(2)若干毫秒后 MCU I/O 2 产生如 100Hz 脉冲方波信号,而此时 MCU I/O 1 此时拉低,电流的方向为从 MCU I/O 2 流到 MCU I/O 1。

图 5 为 TDS 探针采样点电压与 MCU I/O 1、MCU I/O 2 输出电压的对比时序图。

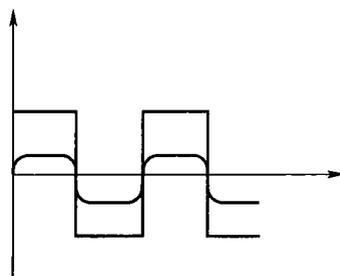


图5 TDS 探针采样点电压与 MCU I/O 1、MCU I/O 2 输出电压的对比时序图

2.3 优势

TDS 多频正反测定系统的优势具有很多优势:(1)探针两端就可以任意切换电压的方向,可以防止探针的极化现象。(2)程序可以得知什么时候给的正方向电平,什么时候给的负方向电平,程序可以屏蔽负方向的采样,只测定正方向探针两极间的分压。(3)针对同一水质可以通过程序调整测定的时间,避免水的电容效应产生的充放电的时间。

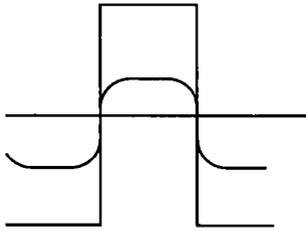


图6 充放电爬升时间放大图

如图6,连续测定同一水质,其水体的等效电容是一样的,那么电压的爬升时间也是一定的。理论支持及水体等效电路图见图7。

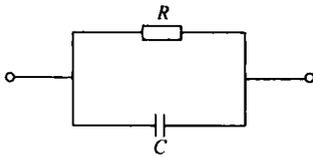


图7 理论支持及水体等效电路图

电极两端的电容可以等效为平板式电容,电容的计算公式为:

$$C = \epsilon_0 S / d \quad (1)$$

C 为电容容量,单位为法;

ϵ_0 为介电常数,单位为法/米;

S 为平板式电容截面积,单位为平方米;

d 为平板电容两平板之间的间距,单位为米。

同一探针,同一水质时,若 ϵ_0 、 S 、 d 固定不变,那样等效电容也不会变化。

电容时间常数 $\tau = RC$,当电阻及电容确定时,时间常数是也不会变化。于是很容易根据上图,测量出电容的爬升时间和放电时间,TDS 采样时可以避免此时间端。针对不同水质可以设定不同

的频率,双频或者多频率测定,以提高准确度。

理论支持及水体等效电路的等效阻抗为:

$$1/Z = 1/R + j\omega C \quad (2)$$

Z 为阻抗,单位欧姆

R 为电阻,单位为欧姆

$\omega = 2\pi f$, f 为输入频率,单位为赫兹。 π 为常数

不同频率水的等效阻抗不同,输入多组不同的频率,得到多组不一样的阻抗,此时可以联立方程式,取得 R 与 C 值即可。

此时 $1/R$ 值即为水的电导率,加入此时的温度补偿值,即可得到精确的 TDS 值。可以设定采样时间,无需对被测水体一直通电。此电路比硬件电路的元器件少,成本低,可靠性高,又能达到与直流方式一样的精度。

3 测定结果

3.1 TDS 多频正反测定系统测定结果

TDS 多频正反测定系统的测定结果分别见图8~图11。图中数据可以看出,探针两级有正反对应的电压,可以防止极化效应,而 MCU 输出的时序与 TDS 检测采样的时序一一对应,可以控制采样时间。

3.2 不同测定方法的比较

表1为分别采用专业仪器、普通 TDS 笔及多频正反系统,对纯水和自来水 TDS 的测定结果。

通过表1的对比数据可以看出,多频正反系统的测定结果与专业仪器基本一致,从结论上验证了通过多频率的正反方波,通过以上公式可以得到精确的 TDS 值。

4 结论

本文提及的多频正反测定系统,解决了 TDS 测定的极化效应、电容效应两个长期困扰测定精度的问题。此方式主要针对纯水进行测定,当然也可以推广到一般水质或者溶液的测定。对其他水质溶液测定时,还需要对电路进行一些改进,通过使用三极管加大输入和灌入能力来增加 MCU I/O 口的承载能力。

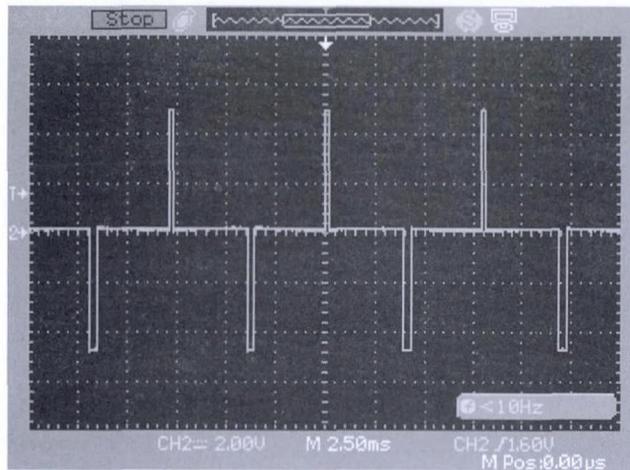


图8 MCU I/O 1、MCU I/O 2 输出正反向的脉冲波形

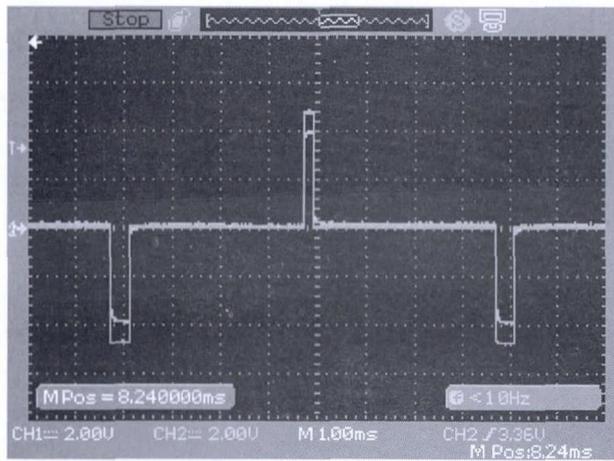


图9 TDS 检测口对应 MCU I/O1 I/O2 之间的脉冲波形

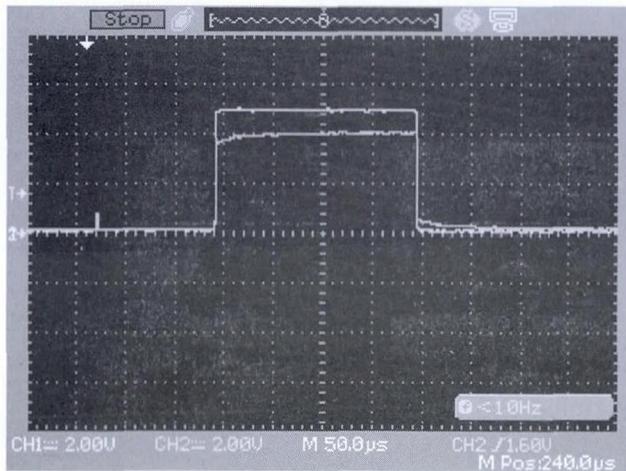


图10 MCU I/O 1 对应探针的脉冲波形

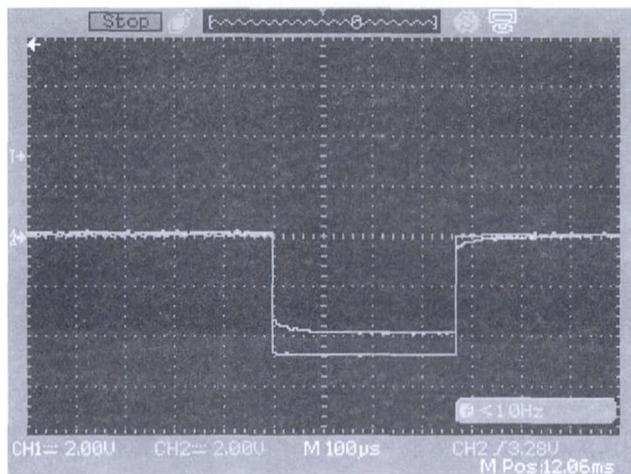


图 11 MCU I/O 2 对应探针的脉冲波形

表 1 不同测定方法的比较结果

测定方法	TDS (mg/L)	
	纯水	自来水
专业仪器测定	24.75	574
	26.51	567
	28.13	569
普通 TDS 笔测定	20	565
	24	622
	25	516
多频正反系统测定	25	580
	27	587
	27	575

参考文献:

- [1] 刘开培,曹顺安,黄天成,李俊娥.高纯水电导率测定用动态脉冲产生方法.工业仪表与自动化装置[J],1999 (5)
- [2] 曹顺安,刘开培,吴玲,李培元.火电厂高纯水电导率的测量及智能工业电导仪的研制[J].华中电力,1995 (5)
- [3] 刘铁军,工程电导测试技术及应用研究[D],浙江大学,2006