

网络时钟在智能电能表日计时误差测试中的应用

肖 涛, 李航康

(浙江省电力公司电力科学研究院, 杭州 310014)

摘要: 从优化整合计量资源的角度, 介绍了一种利用网络时钟确定电能表日计时误差的设计方案。网络时钟系统主要包括精密时钟基准、整形电路、分频电路、驱动电路、光电隔离电路和时钟误差处理系统等 6 个部分。该方案尤其适用于智能电能表检定装置集中规模使用的情况。

关键词: 网络时钟; 智能电能表; 误差; 多路分频

中图分类号: TM933.4

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2012)09-0021-03

Application of Network Clock in Daily Timing Error Tests of Smart Meters

XIAO Tao, LI Hang-kang

(Z(P)EPC Electric Power Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper introduces the design scheme which uses network clock to determine the daily timing error of smart meters for optimization and integration of measuring resources. The network clock system incorporates precision time base, shaping circuit, frequency dividing circuit, driving circuit, photoelectric isolating circuit and time error treatment system. The scheme is especially suitable for the smart meter calibrating instruments that are extensively used.

Key words: network clock; smart meter; error; frequency division multiplexing

目前确定电子式电能表日计时误差的主要方法是将每台检定装置内的高精度时钟(比如晶振、电子计数器等)作为标准时钟,与被检电能表时钟(通常输出信号为秒脉冲)进行比较,计算出被检电能表日计时误差。在智能电能表检定装置大规模集中应用的情况下,会使用大量(与装置数量相同)的时钟晶振。这样设备不仅投入多,而且维护(如设备周期性送检)工作量大,对检定工作造成影响。

从检测智能电能表日计时误差的角度,提出了利用网络时钟代替多台时钟测试仪确定智能电能表日计时误差的方法,减少时钟晶振的使用量。

1 设计方案

1.1 网络时钟系统

实现网络时钟确定电能表日计时误差,需要将单个时钟源信号分成多路与检定装置匹配的时钟信号输出,确保时钟源信号在转换和传输过程的准确可靠。设计思路是:单个晶振时钟信号通过多路分频输出,以网络形式传播,将标准的时

钟信号传输至各检定装置,通过误差计算器计算出检定装置各工位上表计的日计时误差,实现多台检定装置日计时误差的测量。

网络时钟系统主要由精密时钟基准、整形电路、分频电路、驱动电路、光电隔离电路和时钟误差处理系统组成。精密时钟基准发出的高频时钟信号通过整形电路,将正弦波信号转换成相同频率的方波信号;再通过分频电路,将高频信号转换成频率相对较低的信号;分频后的信号通过驱动电路输出多路相同频率的时钟信号,并传输至各检定装置时钟误差处理系统,进行日计时误差测试,工作原理如图 1 所示。

1.2 精密时钟基准的选择

JJG 596-1999《电子式电能表检定规程》(简称检定规程)规定:确定日计时误差、时段投切误差和需量周期误差时,标准时钟的准确度应优于被检误差的 1/10。传统确定日计时误差时,采用频率准确度不低于 $2 \times 10^{-7}/s$ 的电子计数器(数字频率计)。

有源晶振的频率输出必定要有某个波形作为

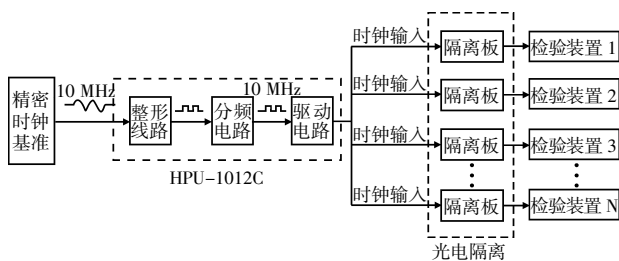


图1 网络时钟系统原理

输出载体，波形的输出也必定会伴随着某个负载值。在实际使用中，波形负载也是晶振非常重要的参数指标。如果选择不当，轻则导致晶振或其他模块工作不正常，功能无法实现，重则损坏模块甚至整机。根据以上要求选择了一款型号为DP-4A的高精度石英晶体频率标准作为标准时钟信号源，其主要技术指标如表1所示。

表1 DP-4A型石英晶体主要技术参数

类 目	技术指标
基准频率/MHz	10
日波动	3×10^{-10}
老化率/日 ⁻¹	2×10^{-10}
秒级稳定度/s ⁻¹	1×10^{-11}
输出频率/MHz	1, 5, 10
输出波形	正弦波
输出幅度	0.5 V/50 Ω
输出阻抗/Ω	50
准确度	1×10^{-8}

2 电路的设计

2.1 整形电路

标准时钟信号源输出信号为10 MHz的正弦波，一般数字通信系统时钟都采用方波来驱动计数电路或门电路，检定装置内的时钟误差处理系统只能对方波信号进行计数，所以必须对时钟信号进行整形，将正弦波整形为方波。

利用电压比较器可将正弦波变为同频率的方波或矩形波，根据转换信号的频率选取MAX903作为比较电路。MAX903是低功耗，高速电压比较器，典型的转换时间是10 ns。整形电路见图2。

2.2 分频电路

通过整形后的信号频率仍为10 MHz，由于处理信号的单片机无法接收如此高频率的信号，且高频信号传输容易受到干扰和对其他部件产生干扰，因此需要降低传输信号的频率。

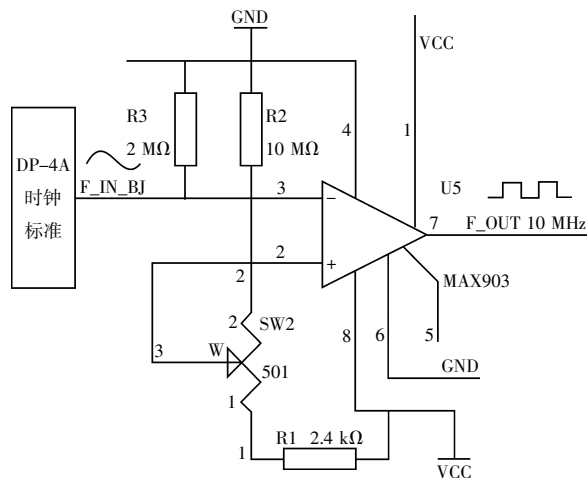


图2 整形电路

设计采用74LS90分频，将10 MHz信号进行100分频，转换成100 kHz。由于74LS90是TTL电路，最高响应速度为20 MHz，2个74LS90可完成100分频；这样输出的波形是50%占空比的方波，有利于后续采样电路的可靠采样。

2.3 驱动电路

时钟信号通过分频后可能需要进行长距离传输，因此要对信号进行驱动。设计采用74HC14触发反相器对信号进行驱动(整形)，每个通道使用1个74HC14的门驱动，这样可以实现对输入信号的整形和驱动。1个信号源输入，10个与信号源相同频率的信号输出，驱动电路见图3。

2.4 信号传输过程中的可靠性设计

为使信号在长距离传输过程中不受外界环境的干扰，需要采用屏蔽线来传输驱动以后的信号。通过在电能表检定实验室环境进行相关试验，结果表明在确保屏蔽可靠的情况下，信号传输100 m距离能够保证准确性。同时考虑到设备运行的实际环境中可能存在瞬变脉冲，会影响到数据的传输，甚至伤害互连的设备，为了确保信号可靠安全的传输，需要对这些干扰进行处理，一般是通过使用具有绝缘隔离功能的光电耦合器来维持数据的完整性并保护互连设备。

因此在每台检定装置信号接收处设计了1个光电隔离的接收板来接收这个100 kHz的时钟信号，隔离电路(见图4)主要是采用单独的电源和光耦，信号接收后使用74HC14进行整形，再输入智能电能表检定装置的时钟误差处理系统作为

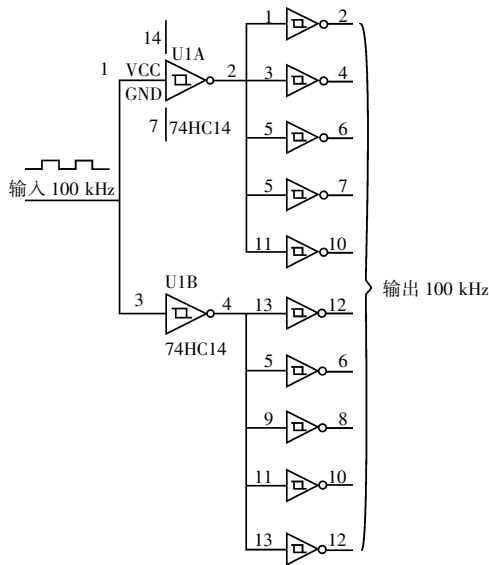


图3 驱动电路

标准时钟。

3 时钟信号的测试和验证

检定规程规定了作为检测电表日计时误差的时钟标准准确度不得低于 $2 \times 10^{-7}/s$ ，精密时钟基准的信号通过整形、分频、驱动和隔离输出后，是否能够满足检定规程的要求？这需要对整个网络时钟系统的准确性、可靠性进行测试和验证，同时为了确定时钟信号在电能表检定实验室环境下长距离传输对信号准确度的影响，传输距离选取100 m。

测量方法采用自校准：5 MHz(或1 MHz)信号作为标准时钟信号，10 MHz信号通过整形、分频、驱动和光电隔离后作为被测时钟信号，将标准信号和被测信号输入计数器进行比对，具体测试接线见图5，校准数据见表2。

从表2可看出：时钟信号经过整形、分频、

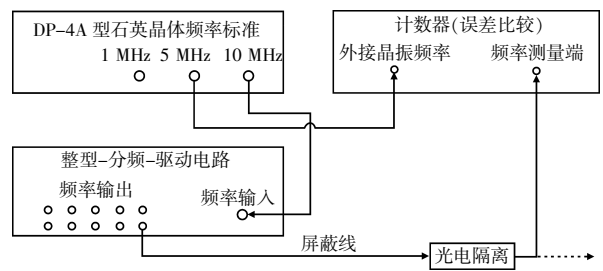


图5 自校准接线

表2 自校准结果

测量序号	测量值/kHz	测量序号	测量值/kHz
1	99.999 999 926 8	6	99.999 999 137 6
2	99.999 999 797 6	7	99.999 999 988 7
3	99.999 999 097 0	8	99.999 999 858 2
4	99.999 999 955 6	9	99.999 999 160 5
5	99.999 999 830 5	10	99.999 999 042 2
平均值/kHz		99.999 999 579 5	
频率准确度： $A=4 \times 10^{-9}$			

驱动、光电隔离后，改变量相对于准确度等级几乎可以忽略，装置所接收到的时钟信号准确度完全满足检定规程的要求，因此标准时钟信号源等级的选择可按照检定规程规定的等级进行选取。

4 结语

网络时钟技术已经在浙江省电力公司计量中心智能电能表检定装置上使用，功能、准确度均满足设计要求，仅使用了2台时钟晶振加上相应配件组成的网络时钟系统，就实现了64台三相电能表检定装置和50台单相电能表检定装置的日计时误差测试功能。如果采用传统方法，则需要114台时钟晶振。网络时钟系统的应用不仅减少了设备投入成本，而且减小了设备周期性送检对检定工作的影响，设备维护工作量也明显减少。

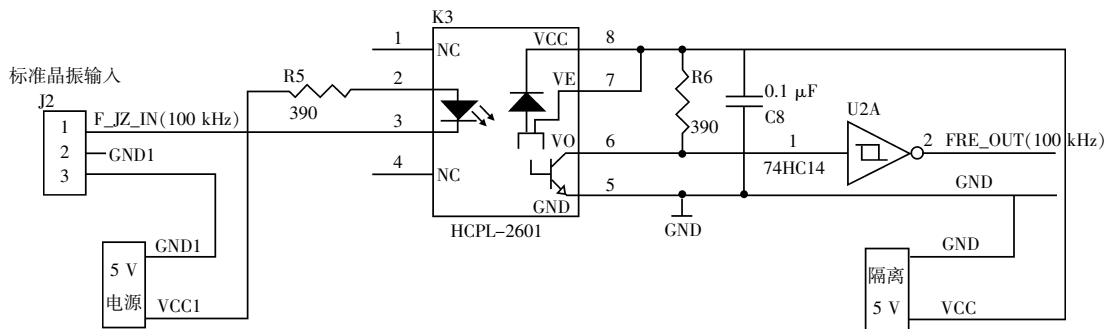


图4 隔离电路

(下转第84页)

(上接第 23 页)

尤其对于电能表检定装置大规模应用的情况更具推广意义。

参考文献:

- [1] 王兆安,刘进军.电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [2] JJG 596-1999 电子式电能表检定规程[S].北京:中国电

力出版社,1999.

- [3] JJG 1027-1991 测量误差及数据处理检定规程[S].北京:中国电力出版社,1991.

收稿日期:2012-02-08

作者简介:肖 涛(1979-),男,四川富顺人,工程师,从事电能计量工作,华北电力大学在职研究生。

(本文编辑:杨 勇)