

文章编号:1671-6833(2012)01-0113-04

# 基于 XCS10 的高精度多功能时间校验仪系统

李永军<sup>1</sup>, 徐晓蓉<sup>2</sup>, 靳永强<sup>3</sup>, 王海龙<sup>3</sup>, 陈立家<sup>1</sup>

(1. 河南大学 物理与电子学院, 河南 开封 475001; 2. 湖南文理学院, 湖南 常德 415000;  
3. 郑州华特测控新技术公司, 河南 郑州 450052)

**摘要:**以 W78E58 和 XCS10 为核心, 以高精度石英晶体为频率标准, 以 GPS 所提供的日期、时间为时间标准, 并配以 TMP82C79 按键模块和 LG12864 液晶显示模块, 设计和实现了高精度多功能时间校验仪系统. 该系统可以测试复费率 and 多功能电能表的计时基准频率和时段投切误差, 并给被校表授时.

**关键词:**时间校验仪; 频率标准; XCS10; GPS

**中图分类号:** TM933.4 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2012.01.028

## 0 引言

由于复费率表是以时间来划分区段<sup>[1]</sup>, 时间的准确度会直接影响计量的准确性, 因此校验复费率 and 多功能电能表时, 除需一个电能标准外, 还需一个时间标准. 时间校验仪的功能就是测试复费率 and 多功能电能表的计时基准频率和时段投切误差, 并给被校表授时. 为此, 校验仪必须有高精度的频率标准和时间标准. 笔者以带恒温槽的高精度石英晶体为频率标准, 以 GPS 所提供的日期、时间为时间标准, 以 W78E58 和 XCS10 为核心, 并配以 TMP82C79 按键模块和 LG12864 液晶显示模块, 设计和实现了高精度多功能时间校验仪系统.

## 1 测量原理

笔者采用比较法测频, 在同一时间  $T$  内对标准频率  $f_s$  和被测频率  $f_x$  同时计数, 若计数值分别为  $N_s, N_x$ , 则被测频率  $f_x$  可由式  $f_x = f_s \times N_x / N_s$  求出. 为了提高测量精度, 避免从某高电平的中间开始计数, 计时启停信号在 CPU 控制下, 由  $f_s$  或  $f_x$  的前沿触发. 频率误差用相对误差  $r_e$  和日误差  $d_e$  来表示, 它们分别由式(1)和式(2)求得, 式(1)里  $f_b$  为基准频率标称值. 利用 CPU 提供的软时钟可测投切时间, 并输出标准时段投切信号, 时段投切误差由式(3)求得<sup>[2]</sup>, 负数表示快, 正数表示慢.

$$r_e = [(f_x - f_b) / f_b] \times 10^6 \quad (1)$$

$$d_e = r_e \times 24 \times 60 \times 60 \quad (2)$$

$$s_e = t_{\text{实测}} - t_{\text{标称}} \quad (3)$$

## 2 硬件结构

该系统的总体硬件结构如图 1 所示, 它以 CPU W78E58 作为计算和控制的核心理, 利用 FPGA XCS10 构成的测量电路对采样信号进行测量, 测量时 GPS OEM 模块提供标准时间和 PPS 秒脉冲, 恒温石英晶体提供频率基准. 测量结果经通信模块传给 PC 机, 由 PC 机对被校表授时. 键盘和显示作为人机接口, 接收用户的操作, 显示特定的状态信息.

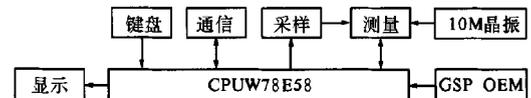


图 1 系统硬件结构

Fig. 1 Hardware structure of the system

## 3 设计实现

采样是把复费率 and 多功能电能表的计时基准频率和时段投切信号接入到系统中, 计时基准频率信号接入方法如图 2 所示. 该系统通过 12 个 8 选 1 开关 4051, 可测 96 路输入计时基准频率信号  $F[1, \dots, 96]$ . 这 96 路信号分成 8 组, 12 个 4051 的所有对应位各为一组, 由 CPU 的 D0、D1、D2 选择 8 组信号中的一组 12 路送给测量电路 XCS10.

收稿日期:2011-09-17; 修订日期:2011-11-01

基金项目:河南省基础与前沿技术研究计划资助项目(NO. 112300410004)

作者简介:李永军(1977-), 男, 河南开封人, 河南大学讲师, 主要从事通信仿真、电能测量等研究.

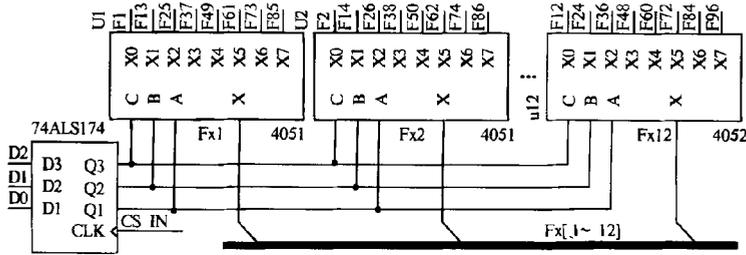


图2 输入信号采样

Fig. 2 Input signal sampling

CPU W78E58 和 FPGA XCS10 是该系统的核心,它们的电路连接如图 3 所示. W78E58 是整个系统的控制核心,同时完成计算的功能.图 3 中, P0 口为 8 位数据总线,并经 74LS373 产生低 8 位地址总线, P2 口产生高 8 位地址总线<sup>[3]</sup>. P1 口的 P1.4、P1.5、RXD 和 TXD 相互配合完成本系统的通信功能. W78E58 既和 GPS 通信又和 PC 机通信,故在 GPS 发送的信号和 PC 机发送的信号进入 W78E58 的 RXD 前,先经过一个 2 选 1 电路,由 P1.4 TXSEL 选择 CPU 接收对象, P1.5 选择 CPU 是发送还是接收. P1.1 是 XCS10 的复位控制端; P1.2 标准时段输出端; P1.3 蜂鸣器控制端. T0 接受 FPGA 产生的 1 kHz 信号,产生软时

钟; INTO 接受 GPS 放送的 PPS 标准秒脉冲<sup>[4]</sup>,对 T0 产生的软时钟进行校对; INT1 接受 FPGA 产生的时段投切信号中断申请.

FPGA XCS10 为系统的测量核心,它根据 12 路频率输入信号  $F_x[1, \dots, 12]$  和 12 路投切脉冲  $SD[1, \dots, 12]$ , 在 CPU 的控制和协同下测量被较表的计时基准频率  $f_x$  和投切时间  $t_{\text{实测}}$  并通过数据总线把测量结果传给 CPU, 由 CPU 使用式(1)、(2)和(3)计算出相对误差  $\gamma_e$ 、日误差  $d_e$  和时段投切误差  $s_e$ . 同时 XCS10 还产生了整个系统需要的片选信号如图 4, 由该图很容计算出各片选的地址, 比如在该图中 U4 74F273 片选信号 CS12 的地址为 0E60H.

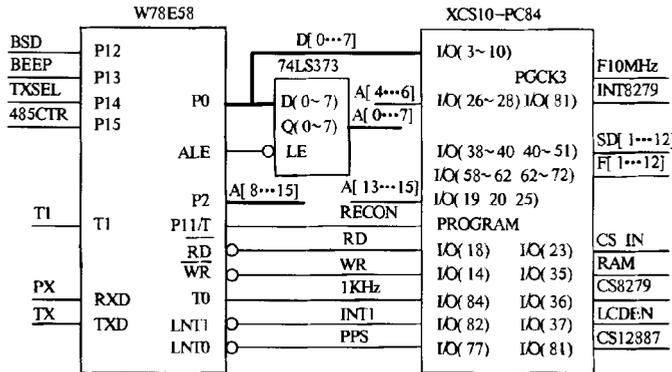


图3 CPU W78E58 和 FPGA XCS10 电路连接

Fig. 3 Circuit between CPU W78E58 and FPGA XCS10

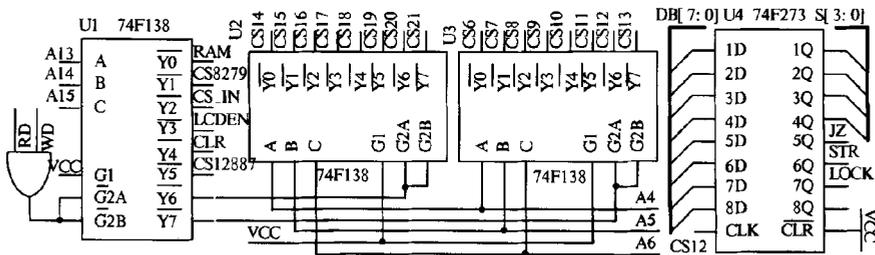


图4 系统的片选信号

Fig. 4 Chip selected signal of system

图 4 中 74F273 的输入 DB[7, ..., 0] 为 CPU 的数据总线, 输出为 XCS10 测量模块的控制信号<sup>[5]</sup>. XCS10 计时基准频率测量模块如图 5, 其中 M[12:1] 为 12 路待测输入信号  $F_x[1, \dots, 12]$ , M[12:1] 和 M0 即 PPS 合路成为 13 路信号 M[12:0], M[12:0] 送到多路开关 W1 里, 具体测量第几路由图 4 的 S[3:0] 选择. BABF 为高稳晶体振荡器产生的高精度 10 MHz 信号, 用来作为频率标准; CLR 为清零信号由图 4 的 CLR 经过非门产

生, 用来对两个 32 位的计数器 U1 和 U2 清零; JZ、STR、LOCK 由图 4 中 74F273 提供, 分别为基准选择、开始计数和锁存信号. 被测信号  $F_x$  和 10 MHz 的频率标准信号分别通过 2 个 32 位的计数器 U1 和 U2 进行计数, 计数结果分别锁存在 8 个 8 位的 D 触发器 N1 到 N8 里. CPU 根据片选地址 CS14 到 CS21, 经数据总线把测量结果读入, 并根据测量结果计算出误差.

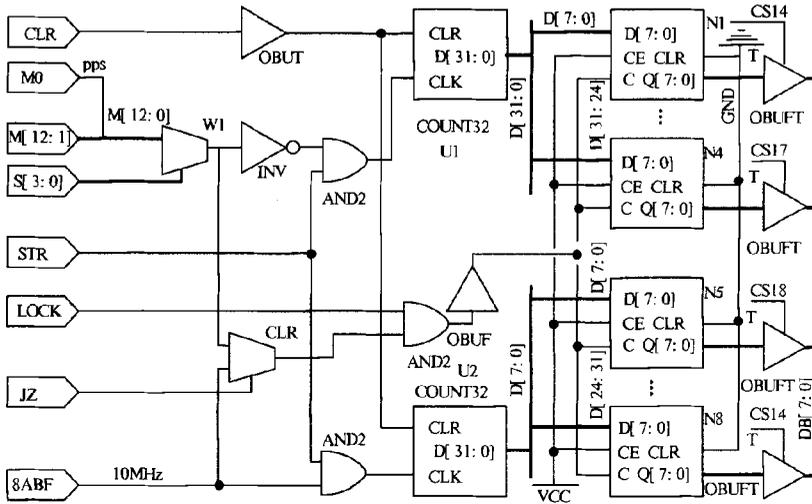


图 5 频率测量

Fig.5 Measure of frequency

频率测量过程如下:

```

MOV DPTR, #CS_IN
MOV A, #00H
MOVX @ DPTR, A ; 采样第一组 F1 到 F12
MOV DPTR, #CSCLR
MOVX @ DPTR, A ; 清零两 32 位的计数器
MOV DPTR, #CS12
MOV A, #01
MOVX @ DPTR, A ; 选 F1 为测量对象
MOV A, #21H
MOVX @ DPTR, A ; 开始测量
CLR ACC. 6
MOV DPTR, #CS12
MOVX @ DPTR, A ; 测量结束, 锁存结果
MOV DPTR, #CS14
MOVX A, @ DPTR

```

MOV @ R0, A; 读测量结果到 CPU, 同样操作把 CS15 到 CS21 读到 CPU 里, 前四个为测量信号频率后四个为基准频率.

时段投切信号的采样和频率信号采样类似,

测量时直接用 2 个 8 位触发器测得输入时段投切脉冲, 经片选地址 CS6 和 CS7 送入 CPU, 再由式 (3) 可求得时段投切误差.

### 4 软件设计

软件工作过程如图 6, 这里初始化包括按键模块 TMP82C79 的初始化、显示模块 LG128643 的初始化、GPS OEM 模块的初始化及其 CPU 工作环境的初始化. 本软件设计了 4 个大的处理程序分别是按键处理程序、显示处理程序、一秒到处理程序和通信处理程序, 每个处理程序都设置了一个标志位. 主程序工作在查询方式, 一直查询这四个标志位, 查到标志位为 1 转到对应处理程序运行.

### 5 结论

经测试该系统频率测量范围 0.1 Hz ~ 5 MHz; 频率测量准确度  $\pm 0.2 \times 10^{-6}$ ; 日误差准确度  $\leq 20$  ms; GPS 内部对时准确度  $10^{-6}$  s; 内部晶振稳定度  $\leq 5 \times 10^{-8}$  / s, 符合 JJG596 - 1999、DL/T614 - 1997 和 JJG307 - 88 规定的对电能表校验

的要求<sup>[6]</sup>. 使用该系统对复费率和多功能电度表进行校验, 图7为主菜单显示, 图8为1通道的测量结果显示. 该系统不但测量速度快、稳定性好、多路测量, 而且计时基准频率测量准确度高、时段投切信号测量分辨率高, 完全能满足对复费率和多功能电能表的测量与校验.

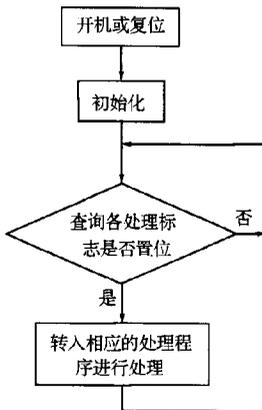


图6 软件流程图

Fig. 6 Software flow chart

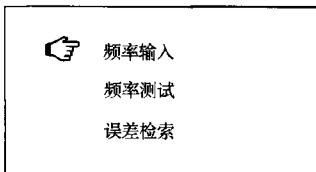


图7 主菜单

Fig. 7 Main menu

通道: 1
实测: 0.19 Hz
误差: -300.58 PPM
日差: -25.970 S

图8 实验结果

Fig. 8 Result of the experiment

## 参考文献:

- [1] 李启丙. 高精度多功能时间校验仪的研究与设计[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2009, 22(5): 89-92.
- [2] 王海, 周渭, 刘畅生, 等. 一种新的短时间间隔测量方法[J]. 西安电子科技大学学报:自然科学版, 2008, 35(2): 267-271.
- [3] 何立民. 单片机高级教程:应用与设计[M]. 2版. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007:132-175.
- [4] 谢强, 钱光弟. 基于GPS时间源的自控时钟的设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2007, 20(3): 49-53.
- [5] PETER J. Ashenden. VHDL设计指南[M]. 2版. 北京:机械工业出版社, 2005:326-355.
- [6] 国家质量技术监督局计量司. 电能表技术手册[M]. 北京:中国计量出版社, 2000.

## System of High-precision Multi-function Time Calibrator Based on XCS10

LI Yong-jun<sup>1</sup>, XU Xiao-rong<sup>2</sup>, JIN Yong-qiang<sup>3</sup>, WANG Hai-long<sup>3</sup>, CHEN Li-jia<sup>1</sup>

(1. College of Physics and Electronics, Henan University, Kaifeng 475001, China; 2. Hunan University of Arts and Science, Changde 415000, China; 3. Zhengzhou Huate MAC New Tech Co. Ltd., Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** In this paper, on the basis of the W78E58 and XCS10, combining the TMP82C79 keying model and the LG12864 liquid crystal display model, the system of high-precision multi-function time calibrator is designed and implemented, and it adopts the high-precision quartz crystal as frequency standard, and the date and time provided by GPS as time standard. This system can test multi-rate and the timing reference frequency and switching period error of the multi-function electricity meter.

**Key words:** time calibrator; frequency standard; XCS10; GPS