

# 基于 ARM 的中压 FTU 检测平台的设计

谢志远, 贡振岗, 杨星, 吴晓燕

(华北电力大学 电子与通信工程系, 河北 保定 071000)

**摘要:** 为了实现在室内对 FTU 的测控功能进行检测, 提出了一种能够模拟 FTU 工作环境的检测平台设计方案。该方案基于 ARM7 微处理器系统, 利用软、硬件结合的方式, 对 FTU 检测平台进行设计, 可以对 FTU 测控功能进行检测, 并将检测结果在平台界面上予以显示。测试结果表明, 该测试平台可以正确模拟柱上 FTU 的工作环境, 并能成功测试 FTU。

**关键词:** ARM7; FTU; 测控; 检测平台

中图分类号: TP23

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2012)16-0016-04

## Design of medium voltage FTU detection platform based on ARM

Xie Zhiyuan, Gong Zhengang, Yang Xing, Wu Xiaoyan

(Department of Electronic and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071000, China)

**Abstract:** In order to achieve testing FTU measurement and control function in the room, this paper presents a design scheme which can simulate the working environment of FTU. In order to test FTU, the scheme based on ARM7 microprocessor system, designs the testing platform with both the software and hardware. The results of detecting information can be displayed on the detection platform display interface. The test results indicate that the test platform can correctly simulate the working environment of the FTU, and test FTU successfully.

**Key words:** ARM7; FTU; control and measure; testing platform

随着我国智能电网建设的不断深入, 大量的智能电气设备在智能电网中得到应用。智能电力设备的大力发展必然需求一种测试平台对其智能模块进行有效的测试, 以保证智能模块各功能的正常, 同时高效率的检测平台大大缩短了对智能电力设备的开发周期。

目前国内外还没有一个针对中压柱上 FTU 的检测装置, 随着这种中压电力线柱上 FTU 的推广应用, 利用一种具备检测功能的测试平台实现对 FTU 的功能检测具有现实的应用意义, 所以本文提出了对中压柱上 FTU 检测平台的设计。

### 1 检测平台的设计原理

检测平台系统结构框图如图 1 所示。检测平台主要由单片机控制系统、信号源电路、可编程增益放大电路、恒流电路、电压/电流采样电路、状态量/控制量电路、屏幕和按键扫描电路构成。

高精度正弦信号由单片机控制产生, 产生的信号分别给予两路可编程增益放大电路: 一路可编程放大电路经过幅度调整电路产生交流电压信号, 另一路经过幅度调整送给压控恒流电路产生交流电流信号, 产生的交流

电压、电流信号经过采样电路反馈送给单片机。通过单片机控制继电器的分合模拟断路器工作时的分合及储能状态, 通过光耦电路检测 FTU 的分合闸命令, 通过按键设置产生信号的幅度及手动模拟控制断路器的工作状态, 相应信息由屏幕显示。

#### 1.1 单片机控制器

本系统选用基于 ARM7 TDMI-S 内核的 LPC2214 处理器。该单片机是一个低功耗、高性能的 32 位单片机, 并带有 256 KB 的高速 Flash 存储器和 16 KB 的片内随机存储器, 128 bit 宽度的存储器接口和独特的加速结构使 32 bit 代码能够在最大时钟 60 MHz 的速率下运行<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 高精度信号源

信号发生电路采用高精度 DDS 芯片 AD9833 数字可编程波形产生器件, AD9833 频率、相位数字可编程, 采用 3 线 SPI 串口控制、占用资源少、低功耗特性符合精密电路的芯片选择。用 AD9833 可产生高精度工频的正弦信号。应用电路如图 2 所示。

为了增大 AD9833 产生信号的驱动能力及抗干扰能力, 在信号输出端加一级由运放 OP497 构成的电压跟随

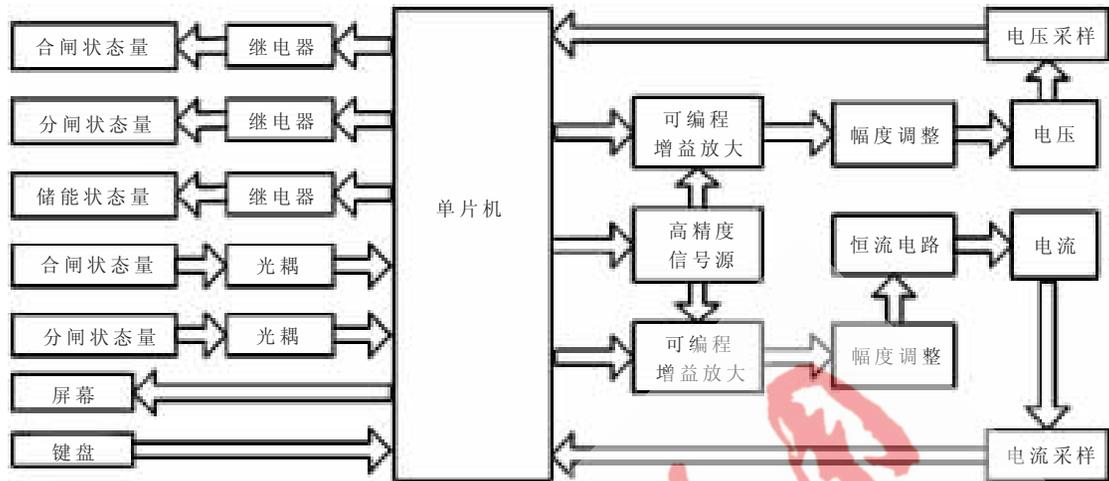


图1 系统结构框图

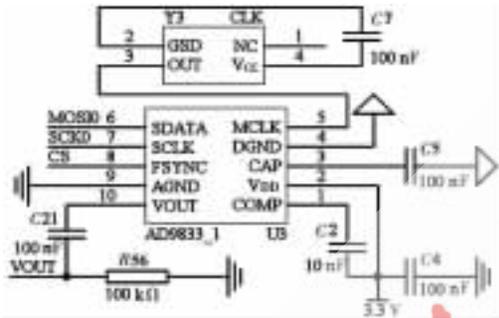


图2 AD9833 应用电路

器,增加信号的驱动能力及稳定性。

### 1.3 可编程增益放大电路

可编程增益放大电路由两部分构成:第1部分是经过高精度D/A芯片产生模拟电压量<sup>[2]</sup>,第2部分是用压控增益放大电路将D/A产生的电压量转化成相应的增益放大。D/A选用12bit高速转化芯片TLV5618,12bit的控制长度可以准确控制增益步进<sup>[3]</sup>;压控增益芯片选用VCA822。由TLV5618和VCA822构成的可编程增益电路如图3所示。

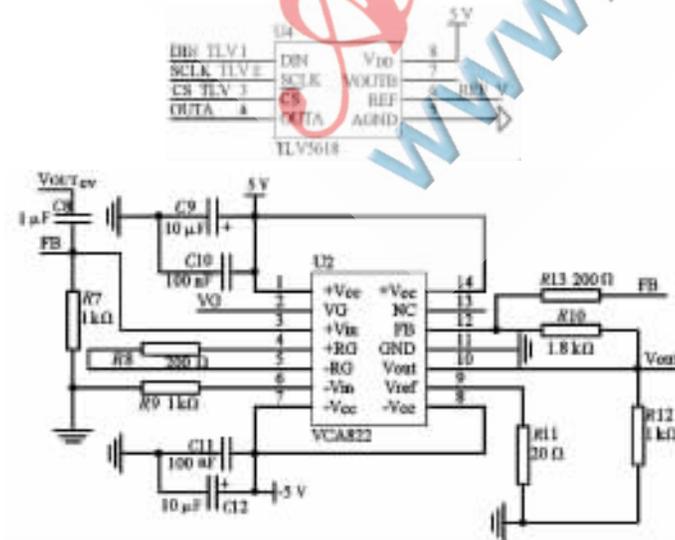


图3 可编程增益放大电路

压控增益芯片VCA822是宽频带、V/V线性、持续可变增益的放大器。应用电路基本增益公式为:

$$V_{out}/V_{OUTCV} = \frac{R10}{R8} \cdot V_c + \frac{R10}{R8} - \frac{R10}{R13} \quad (1)$$

在电路中选择阻值 $R8=R13$ ,因此增益公式变为:

$$V_{out} = \frac{R10}{R8} \cdot V_c \cdot V_{OUTCV} \quad (2)$$

### 1.4 恒流源电路方案选择

恒流电路设计选用OPA564功率运放<sup>[4]</sup>,OPA564是一种可以提供大电流输出的运算放大器,双极性电源供电,极限电流输出达1.9A。OPA564的器件特性满足本设计方案的需求,基于OPA564的VI变换电路如图4所示。

运放OPA564限流电阻 $R39$ 数值确定公式为 $I_{lim} = \frac{20000 \times 1.2}{5000 + R39}$ , $I_{lim}$ 为OPA564允许最大输出的电流,超过限流值将发生饱和。

OPA564构成同相求和运算电路,图中电阻 $R34=R35=R36=R37$ ,输出恒流 $I_o$ 的推导过程为:

$$U_1 = \frac{R37}{R35+R37} \cdot U + \frac{R37}{R35+R37} \cdot U_2 = 0.5U + 0.5U_2 \quad (3)$$

$$U_3 = \left(1 + \frac{R36}{R34}\right) \cdot U_1 = 2U_1 \quad (4)$$

将(3)式带入(4)式得:

$$U_3 = U + U_2 \quad (5)$$

电阻 $Ref$ 上的电压为:

$$U_{Ref} = U_3 - U_2 = U \quad (6)$$

流过电阻 $Ref$ 的电流:

$$I_o = \frac{U_{Ref}}{R_{ref}} = \frac{U}{R_{ref}} \quad (7)$$

电阻 $Ref$ 选用功率精密电阻。

### 1.5 电压、电流采集电路

采集芯片选用高精度电能专用计量芯片ATT7022B,它集成了二阶ADC、参考电压电路以及所有功率、能

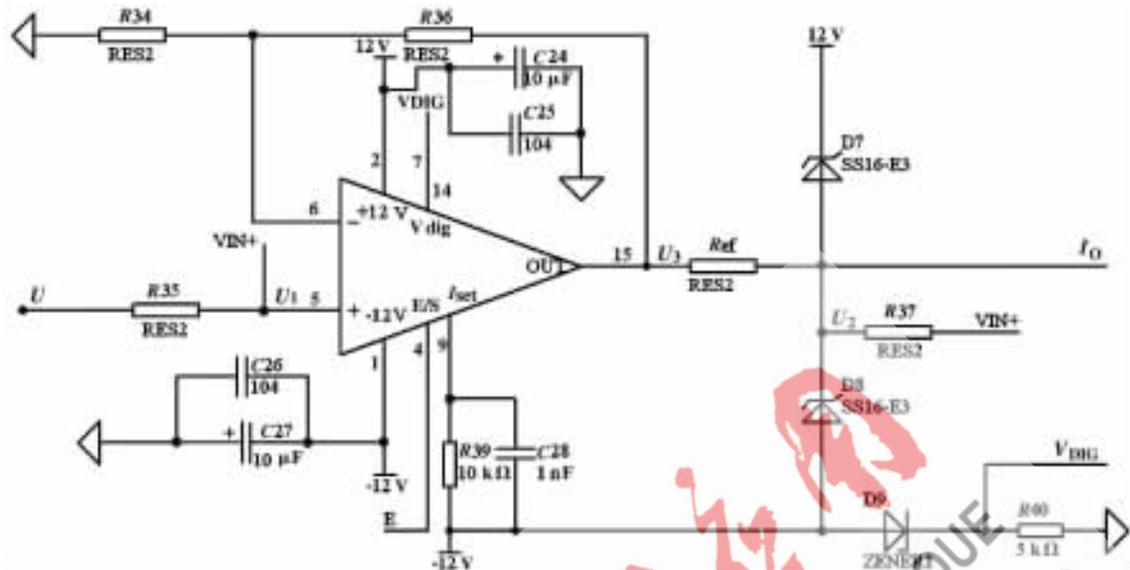


图4 恒流源电路

量、有效值和频率测量的数字信号处理等电路,可以满足测量交流电流、电压有效值的需求。

在电流、电压信号输送到 ATT7022B 之前,要经过电流、电压互感器和采样电路,互感器自选精密型电流、电压互感器。应用 ATT7022B 时,需要通过软件编程与标准表进行参数校准,参数校准方式依据 ATT7022B 使用资料。同时,为 ATT7022B 提供高精度稳压电源芯片,可以减小电源纹波对 ATT7022B 采样计算的影响,稳压芯片选用 ADP3330-5 系列,可以输出高精度、高稳定度的 5 V 电压。

ATT7022B 提供一个 SPI 接口,以便与 ARM7 之间进行计量参数的传递。ATT7022B 实时采集信号线上的交流量,并将采集处理的数据存储到相应的有效值寄存器中,通过软件编程读取寄存器中的数据,并将数据用于软件计算处理和液晶屏幕上的显示。

#### 1.6 软件参数补偿

随着电流、电压输出的增大,由于温度或者元件电气特性等因素,电流、电压的输出特性成非线性增长,造成设定值与实际输出值之间产生偏差,可采用软件的方式进行参数补偿消除偏差。补偿方法为,通过软件编程将设定值与采样返回值进行比较,采用步长变化的多次比较动态调整进行参数补偿<sup>[5]</sup>。

#### 1.7 模拟断路器工作状态

主要通过编程控制继电器分合,以模拟断路器工作状态量(包括合闸、分闸和储能 3 种状态)。此部分电路配备端子接口,通过端子接口连接 FTU 将状态量反馈给 FTU 测控模块,用来检测测控模块所检测到的断路器的工作状态是否正确。

#### 1.8 检测 FTU 合、分闸

根据 FTU 产生控制信号的特征进行信号检测电路的设计,FTU 产生的控制量信号为脉冲型,针对这种脉冲型信号采用 LPC2214 定时器捕获功能,当有电平翻转

时 LPC2214 可以准确捕获。为了防止类似脉冲信号的干扰信号造成处理器误判的现象,控制量送到 LPC2214 前加上一级光耦隔离毛刺信号等干扰信号的影响。采用指示灯指示合、分闸状态及储能状态。

#### 1.9 显示模块

采用一块三线串口操作型号为 JCR35MDV1 的液晶显示屏,3 条线分别为写数据线、时钟线、片选线,软件编程选用 LPC2214 3 个 I/O 口即可驱动液晶显示设置信息和测试信息。

#### 1.10 按键检测模块

采用 ZLG7290 按键专用检测芯片,ZLG7290 是一种 PC 接口键盘驱动管理器件,方便与处理器接口。应用 LPC2214 内部 PC 资源结合软件编程读取 ZLG7290 按键扫描的信息。

### 2 软件系统设计

程序流程图如图 5 所示。程序开始执行后进行系统初始化,初始化过程中将程序中预先设定的默认值送到 AD9833 和 TLV5618 中,并使继电器工作在默认合、分闸状态,由液晶屏幕显示各种设置信息和测试信息。ATT7022B 采集电流、电压并由 LPC2214 读出 ATT7022B 寄存器中的数值,将寄存器读出数值与设定值比较是否在误差范围内,如果不在误差范围内则执行软件参数补偿,将补偿参数写到 TLV5618,直到满足误差要求为止。按键与控制量检测都为外部中断事件,有中断发生时判断是否为按键中断,若是按键中断再判断是写 TLV5618 还是手动控制合、分闸及储能状态;若不是按键中断则执行控制量捕获中断程序,并对 FTU 发来的控制信号做出相应动作。

### 3 试验与结论

本系统设计完成后,对系统的性能进行了测试。首先对系统产生交流信号的稳定性进行了测试,选用 6 位

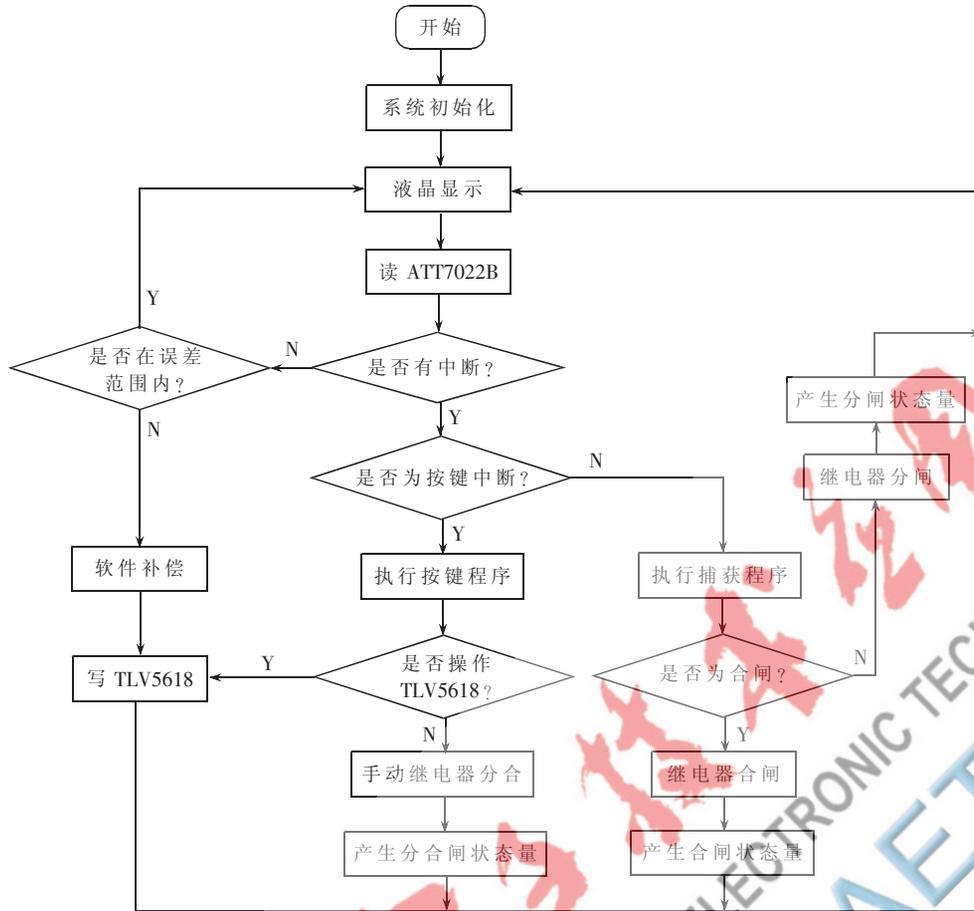


图 5 软件流程图

数字万用表测试恒流输出值,将显示值与标准表测试值进行比较,并计算误差,误差计算公式为:

$$\text{误差率} = \frac{|\text{液晶显示值} - \text{万用表测量值}|}{\text{万用表测量值}} \cdot 100\% \quad (8)$$

$I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $\Delta I$  分别为电流设定值、液晶显示值、万用表测量值和电流误差率,  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $\Delta V$  分别为电压设定值、液晶显示值、万用表测量值和电压误差率。设定值、显示值及测量值均为有效值,实验数据如表 1。

表 1 实验数据

$I_1$ /mA	$I_2$ /mA	$I_3$ /mA	$\Delta I$	$V_1$ /mA	$V_2$ /mA	$V_3$ /mA	$\Delta V$
10	9.98	9.96	0.301	100	100.21	100.43	0.219
50	49.94	50.01	0.139	500	499.55	498.94	0.122
100	100.11	100.23	0.119	1 000	998.91	997.79	0.112
500	500.47	499.92	0.110	5 000	5 006.23	5 011.54	0.105
1 000	998.97	999.98	0.101	8 000	7 991.87	7 983.43	0.105

从试验数据可以看出,电流在 50 mA 以上误差率基本稳定在 0.1%,电压在 500 mV 以上误差率基本稳定在 0.1%。该系统有较好的输出稳定度,可以满足检测 FTU 的采样功能。

在其他试验测试中得到测试结果,该系统能够准确检测到 FTU 输出的控制量信号,并能通过软件判断响

应将继电器切换到相应的工作状态,同时手动控制继电器状态切换迅速执行准确,屏幕显示信息准确。硬件系统与软件系统协调运行,此方案设计的检测平台能够准确检测 FTU 的测控功能。

目前没有一个专门针对中压柱上 FTU 功能进行测试的检测平台,本设计方案在智能电力设备检测领域有所突破,检测平台的设计不但可以提高电力设备质量检测的效率,同时还能够快速诊断出 FTU 设备投入运行前存在的故障,保证了电力设备质量的安全性,确保了电网系统运行的安全。同时,随着 FTU 设备功能的日益发展丰富,检测平台的检测诊断功能也将不断扩展完善。

参考文献

[1] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.  
 [2] 范新强,姚兴辉.基于单片机控制的高精度直流电源系统的开发[J]. 工矿自动化,2006,12(6):49-50.  
 [3] Burr-Brown Corporation. 12 bit high speed micro power sampling analog-to-digital converter[Z]. 1996:1-13.  
 [4] 陈凯良,竺树声. 恒流源及其应用电路[M]. 杭州:浙江科学技术出版社,1992.  
 [5] SLDSS A N, WRIGHT C.ARM 嵌入式系统开发-软件设计与优化[M].沈建华,译北京:北京航空航天大学出版社,2005.

(收稿日期:2012-06-27)

作者简介:

谢志远,男,1964 年生,博士,教授,主要研究方向:配网自动化和电力系统通信。

贡振岗,男,1986 年生,硕士研究生,主要研究方向:电力系统通信技术。

杨星,女,1987 年生,硕士研究生,主要研究方向:电力系统通信技术。