

# 三相交流电相位检测系统的设计与研究

蔡茗名, 刘锦高, 刘中元

(华东师范大学通信工程系, 上海 200241)

**摘要:** 针对三相电产品信息化、智能化发展趋势, 通过对三相电相位检测技术的探索, 提出了一种将单片机控制检测方式应用于三相交流电相序检测的方法, 成功实现了对电气控制设备的判断错相, 缺相, 并显示和报警, 并可记录故障次数, 工作次数, 工作时间, 实现相位保护功能。模拟测试系统结果表明, 系统较好地实现了三相交流电相序检测的实用化, 小型化, 数字化。

**关键词:** MEGA8L; AD 转换; 缺相; 错相保护判断报警

## Design of three-phase alternating current phase detection system

CAI Ming-ming, LIU Jin-gao, LIU Zhong-yuan

(Department of Communication Engineering, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** In accordance with the developing trend of the three-phase electric products upon intelligent and information requirements, through exploring the features of three-phase alternating current phase and the detection technologies, the three-phase AC phase sequence detection system based on SCM is proposed, which successfully determines the false phase, fault phase, displays, and alarms, records failure number, work number, working hours, and realizes phase-protection. The experimental results show that the system achieved utility, miniaturization, digitization of the three-phase AC phase sequence detection system.

**Key words:** MEGA8L; AD conversion; protection of fault phase, false phase and judge, alarm

## 0 引言

在日常生活中, 电气设备中所有电动机的正反转都会随着三相交流电的相序不同而发生改变。准确地测量和判断三相交流电的相序, 对于电气控制设备的正确运行起着特别重要的作用。

目前, 随着三相电在生活中的运用越来越广, 有关三相电的产品的研究日益受到人们的重视, 如何准确有效的进行电相位检测、保护、及报警更是成为了人们关注的焦点。

针对此问题, 人们运用新的科学技术, 相继研制开发出了各种三相电相位监视、检测系统。从早期的由电容、电阻组成的相序检测电路向着实用化, 小型化, 数字化, 廉价的通用的方向发展。有关三相电的调压器、继电器、保护器的相继出现, 更促使对该领域的深入研究。

结合单片机设计了数字化的三相交流电相位测试仪, 实现了三相电相位的自动检测与显示报警, 体积小, 成本低, 精度高, 适用于更多的场合。

## 1 系统设计及方法

通过比较不同相位检测方法包括可控硅触发检测方式, 触发器数字检测方式及单片机控制检测方式, 由于前两种不能进行状态显示, 功能较简单, 不适于复杂应用, 单片机控制检测方式的显示及自动控制方式更符合日常习惯, 显示简单明了, 硬件配置合理, 精度高, 可用性强, 故本系统选用此方式展开。

本设计硬件电路分为三相电信号源模块、采样分压模块、供电模块、数据处理模块、输出显示模块

收稿日期: 2011-01-10

作者简介: 蔡茗名(1988-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为三维立体显示技术及数字处理。

五大基本部分。数据处理包括 AD 转换、单片机控制等。采用定制汉显 LCD 液晶显示器。模拟信号源部分通过单片机控制 DA 输出,产生三相电信号。信号通过采样电路,使三相电高压降为单片机可检测电压,并通过稳压电源部分生成直流电压供电,采样值通过单片机芯片内部 AD 转换进行处理,再控制 LCD 液晶显示输出。系统设计框图如图 1 所示。

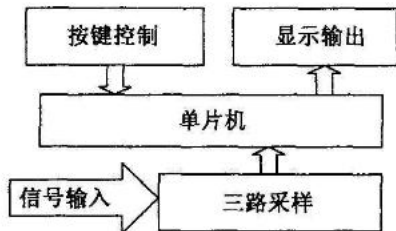


图 1 系统设计框图

三相电源三路输出,幅值和频率都相同,位相彼此差  $120^\circ$ 。为使 DA 转换方便,将相差转换为时差,频率 50Hz,周期即为 20 毫秒,相差一度相当于  $20/360 = 0.0556\text{ms}$ ,则相差  $120^\circ$ 即为时差。

$$120 \times 0.0556 = 6.667\text{ms}$$

输入三相交流电为频率 50Hz,周期 20ms,采用 MEGA8L 单片机内部芯片 AD 转换器。每个周期采 200 个点。

缺相判断:每路输入分别判断,设计数值  $i$ ,若采值相邻两点不相等,则  $i = i + 1$ ,若两点值相等,则  $i$  值不变,采点一周后,若  $i \geq 100$ ,则可判断输入为交流电,否则,则认为输入为直流电,判为缺相。

错相判断:三路顺序循环采样,并将值做补偿,得到三组数据可认为三路同时输入的采样值,寻找最小值即波谷作为比较点,记录波谷时间即为相对相位。找出最小点序号  $K_{\min}$ ,则相差为  $\Delta\phi = 360^\circ \times (K_{\min}/200)$ ,与正确三相信号相差  $120^\circ$ 比较,可判断是否错相。

## 2 系统结构

本系统硬件部分主要有:信号控制电路(maga128 单片机);DA 处理电路(TLC5620C);供电电路(LM7805);采样降压电路;核心控制电路(mega81 单片机);输出显示电路(H1621)。系统原理图如图 2 所示。

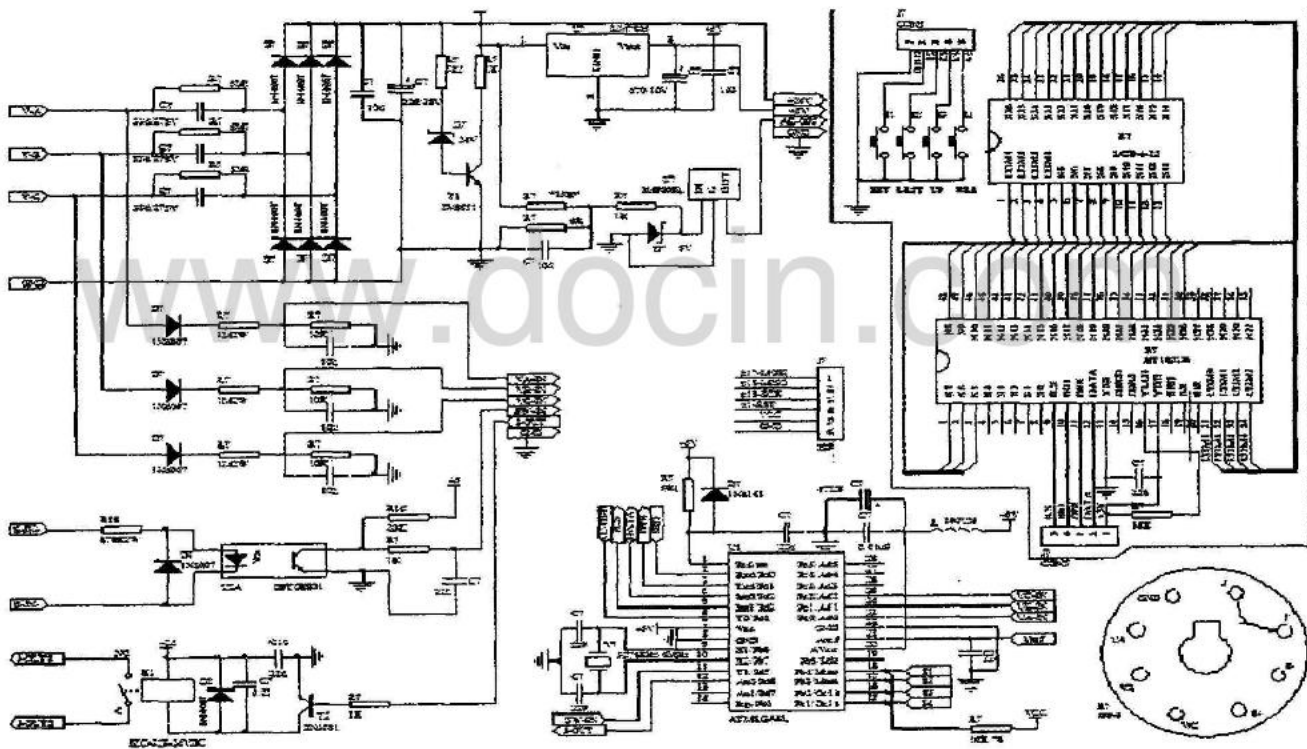


图 2 系统原理

### 2.1 三相电信号源部分

本部分硬件电路分为输入控制模块(maga128 单片机)、数据处理模块(DA 转换 TLC5620C)、显示模块三大基本部分,该部分系统采用 AVR maga128 单片机作为控制核心,通过 D/A 转换控制显示输出,同时通过按键切换控制三种正确,错相,缺相信

号输出。系统框架示意图如图 3 所示。系统连接示意图如图 4 所示。

DA 处理部分采用 TLC5620C,带串行控制的四路 8 位数/模转换器。该转换器中的每一路均有输入锁存器和 DAC 锁存器等两级缓冲器,同时具有一个输出量程开关、一个 8 位 DAC 电路以及一个电

压输出电路。TLC5620C 的内部带有一个串行接口电路。通过该串行接口，外部微处理器只需要进行 3 线总线连接便可编程实现 8 位数/模转换。

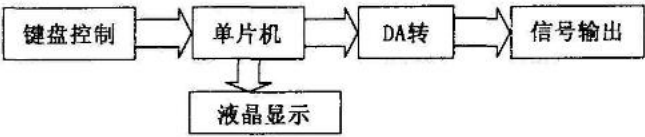


图 3 框架示意

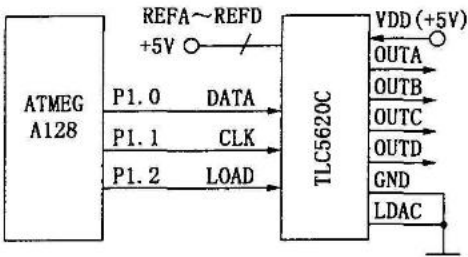


图 4 连接示意

### 2.2 供电系统部分

整个主控板上有三种电压：三相 AC 380V、DC12V 和 DC5V。DC12V 和 DC5V，用于单片机系统供电。三相 AC380V 经过限幅、全波整流、滤波，得到 DC12V，再经过稳压片 7805 稳压，得到 DC5V。

### 2.3 采样分压部分

采用电阻网络分压原理，三相 AC380V 先经过二极管半波整流，再经电阻分压后，得到单片机可读电压。

### 2.4 AD 转换部分

采用 ATmega8 内部自带的 10 位的逐次逼近型 ADC。ADC 与一个 8 通道的模拟多路复用器连接，能对来自端口 C 的 8 路单端输入电压进行采样。单端电压输入以 0V（GND）为基准。ADC 包括一个采样保持电路，以确保在转换过程中输入到 ADC 的电压保持恒定。ADC 由 AVCC 引脚单独提供电源。基准电压可以通过在 AREF 引脚上加一个电容进行解耦，以更好地抑制噪声。

单片机通过控制 HT1621 以驱动显示模块，液晶显示器原理图如图 5 所示。

HT1621 是一款显示段数为 128（32×4）存储器映射的多功能 LCD 驱动器。主控器与 HT1621 通信只需要 3 到 4 条线，由于采用了电容型偏置电压充电泵，HT1621 的操作电流非常的小。它可通过软件配置为 1/2 或 1/3 偏置 2，3 或 4 背级输出。该特性使 HT1621 适合于各种 LCD 的应用。

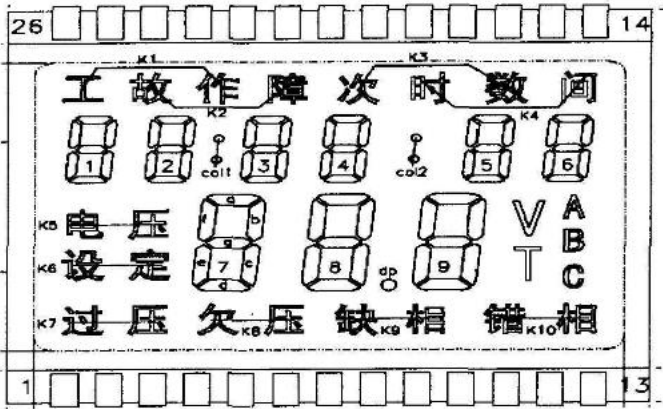


图 5 LCD 液晶显示器原理

### 2.5 输入开关部分

光电耦合器组成开关电路。当输入信号为负向时，二极管处于导通状态，光电耦合器中发光二极管的电流近似为零，输出端间的电阻很大，相当于开关“断开”；当输入信号为正向时，二极管截止，发光二极管发光，输出端间的电阻变小，相当于开关“接通”。该电路因  $U_i$  为负向时，开关不通，故为正向导通状态。

### 2.6 报警输出部分

当检测到故障时，单片机输出低电平，晶体管截止，二极管导通，继电器断开，若无故障，单片机输出高电平，晶体管导通，二极管反向截止，继电器闭合。

## 3 系统工作流程

软件程序分为交流电信号源部分和相位检测系统部分；利用 CVAVR 用 C 编写程序，按照一定的算法进行处理，并显示结果。具体软件流程如图 6，图 7 所示。

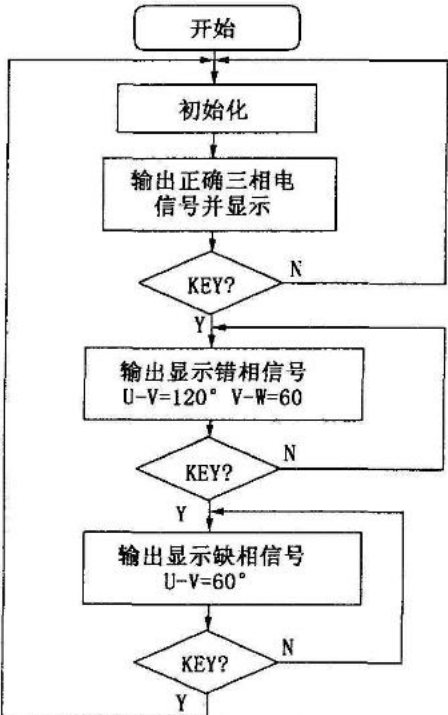


图 6 信号源部分软件流程



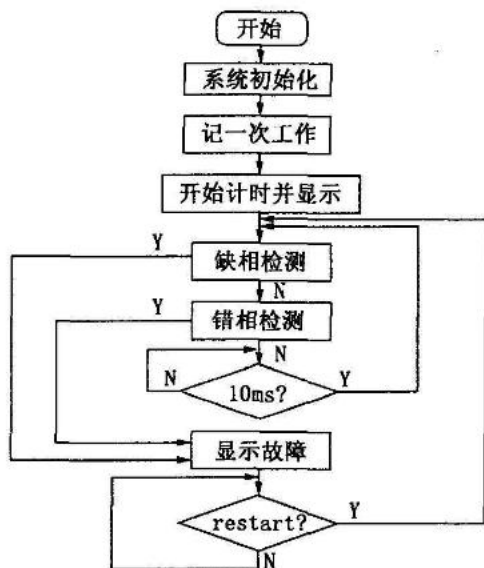


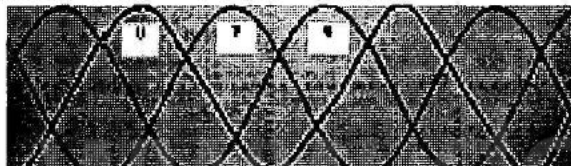
图7 三相交流电相序检测系统软件主流程

#### 4 实验

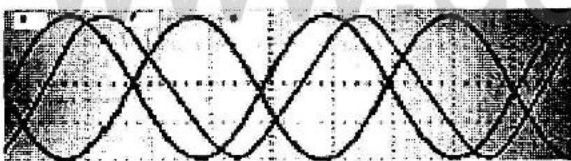
由于高压的危险性,将系统信号源部分产生的三路信号接入测试电路部分进行检测。将信号源接于示波器,三路输出比较;将信号源与检测电路相连,键盘切换信号源输出,校正信号。

三相交流信号源部分可以输出稳定的三相电信号,可键盘切换输出正确,缺相,错相信号,信号输出波形如图8所示。

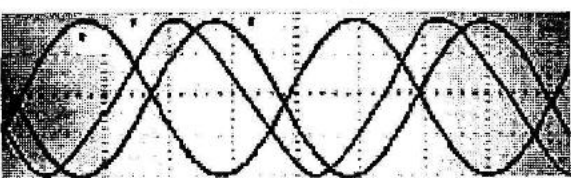
STATE 1  $U-V=120^\circ$   $V-W=120^\circ$  正确输出



STATE 2  $U-V=60^\circ$   $V-W=120^\circ$  错相输出



STATE 3  $U-V=120^\circ$   $V-W=60^\circ$  错相输出



STATE 4  $U-V=120^\circ$  W无输出 缺相输出

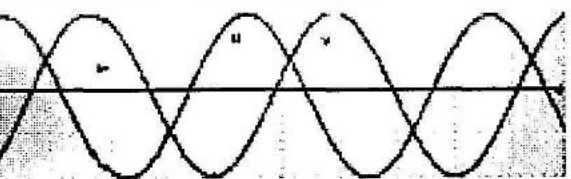


图8 三相交流信号源部分输出波形

三相交流电相位检测系统可记录设备启动的次数和累计工作时间;进行缺相保护、相序保护并报警;记录故障次数,测试结果如图9所示。

时间显示



错相故障显示并计数



缺相故障显示并计数



图9 测试结果显示

#### 5 结束语

提出并实现了针对三相交流电的相位检测系统,利用单片机控制检测方式,实现了相序的精确自动检测,可进行错相与缺相的判断、显示和报警,实现了相位保护功能。系统设计的难点在于错相缺相的判别与报警。实验结果证明了本文所提出的相位检测方法是准确、可行的。

#### 参考文献:

- [1] 钱金川,朱守敏.一种新颖电压取样型电机保护器[J].电子产品世界,2007.
- [2] 杨恩江.三相交流电相序检测电路[J].电子报,2006.
- [3] 马潮. AVR 单片机嵌入式系统原理与应用实践[M].北京:航空航天大学出版社,2007:306-315.
- [4] 童诗白.模拟电子线路[M].3版.北京:高等教育出版,2000:236-243.
- [5] 潘留占,杨杰慧,熊中朝.单片机控制的三相电机保护器[J].电工技术,2000(1):36-38.
- [6] Wand Jinyan. Circuit design for 3-phase AC voltage phase measurement[J]. 电测与仪表,2001(4).

责任编辑:刘新影