

文章编号: 1007-2373 (2011) 02-0025-04

基于 AT89C51 单片机的全数字触发器的设计

梁秀霞, 李伟斌, 申 功

(河北工业大学 控制科学与工程学院, 天津 300130)

摘要 目前三相全控桥式整流系统在工业中应用非常广泛, 尤其在直流调速中. 脉冲触发器是整流系统的控制核心, 一直以来触发器大多采用模拟电路为主. 介绍一种采用单片机 AT89C51 为控制核心的全数字触发器, 其硬件电路及控制程序简单, 输出六脉冲均匀整齐, 并且控制精度高. 文中详细介绍了全数字触发器的硬件设计及软件流程图, 并通过试验利用示波器观察到了整流输出电压的波形, 验证了方案的可行性. 长期运行以来, 该脉冲触发器的性能令人满意.

关键词 单片机; 数字触发器; 整流; 硬件电路; 软件流程

中图分类号 TM921.51

文献标志码 A

Design of all-digital trigger based on AT89C51 microcontroller

LIANG Xiu-xia, LI Wei-bin, SHEN Le

(School of Control Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract The present system of three-phase fully controlled bridge rectifier was widely used in industry, especially in the DC speed control system. Pulse rectifier system control trigger was the core of a trigger, it had been mostly dominated by analog circuits. This paper describes a microcomputer AT89C51 used for the control core of the digital pulse trigger, the hardware circuits and control program was simple, neat uniform output 6 pulses and high precision. This paper describes the hardware design and software flow chart of the all-digital trigger, and the experiment using an oscilloscope to the rectifier output voltage waveform, verifies the feasibility. Since the long run, the capability of the trigger pulse satis performs well.

Key words MCU; digital trigger; rectifier; hardware circuit; software process

0 引言

三相全控桥晶闸管—直流调速系统调速范围广, 调速精度高, 并且具有良好的动静态特性, 在电气传动系统中占有重要的地位. 在整流系统中, 脉冲触发电路十分关键, 触发脉冲的好坏, 直接影响输出电压的质量. 以分立元件或者集成电路为主的触发电路, 电路复杂, 调试难度大, 控制精度不高. 本文介绍一种采用单片机 AT89C51 为控制核心的数字触发器, 可以提高控制精度, 并且大大简化了硬件电路. 单片机外接 24MHz 的晶振, 分辨率可以达到 0.009°.

1 硬件设计

图 1 为数字触发器的硬件框图, 可以看出该数字触发器包括同步信号输入电路, 脉冲驱动输出电路, 缺相检测电路, 温度检测电路, 电压电流检测电路, 键盘输入电路, 数码管显示电路, 继电器输出控制电路, 及外接存储器电路. 从图中可以看出, 该数字触发器功能非常强大, 这样能够提高系统工作的稳定性.

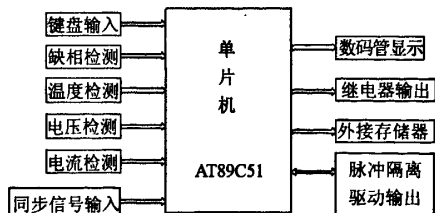


图 1 触发器硬件框图

Fig. 1 Trigger hardware block diagram

收稿日期: 2010-02-05

作者简介: 梁秀霞 (1972-), 女 (汉族), 教授.

1.1 同步信号输入电路

图2为同步信号输入电路, U_a 和 U_b 为两相交流电源, 频率为工频 50 Hz, 线电压有效值为 380 V. 运算放大器 LM348 与电阻 R_1 , R_2 形成减法运算器, 其作用是得到线电压同步信号, 并且使幅值大大降低, 成为单片机可以处理的信号. 为了降低电压, 电阻的选择为 $R_1 = 4\ 540\ \text{k}\Omega$, $R_2 = 82\ \text{k}\Omega$, 所以运放输出电压的有效值为

$$U_{be} = (U_b - U_a) \times R_2 / R_1 = 380\ \text{V} \times 82\ \text{k} / 4\ 540\ \text{k} = 6.86\ \text{V}$$

降压后的线电压同步信号通过比较器 LM339 与信号地进行比较, 得到脉冲信号, 脉冲宽度为 180° , 输入到单片机的外部中断 1 口, 当脉冲信号的下降沿产生时, 单片机发生外部中断, 去控制脉冲触发^[1]. 下降沿时刻正好是自然换相点, 即触发角 $\alpha = 0^\circ$. 同理 U_c 和 U_b 经过同样的电路得到线电压 U_{bc} 的同步脉冲信号, 输入到单片机的外部中断 0 口.

1.2 脉冲驱动输出电路

脉冲驱动输出电路如图3所示, 单片机的 I/O 口输出六路脉冲信号, 脉冲信号首先输入到与非门振荡器, 由于电阻电容的充放电作用, 使脉冲信号变成脉冲列信号^[2]. 采用脉冲列的形式触发, 可以减小脉冲变压器的体积, 降低电路干扰. 与非门输出的脉冲列信号经过功率放大芯片 ULN2003, 光电耦合器 6N135, 进行隔离放大后连接到三极管的基极.

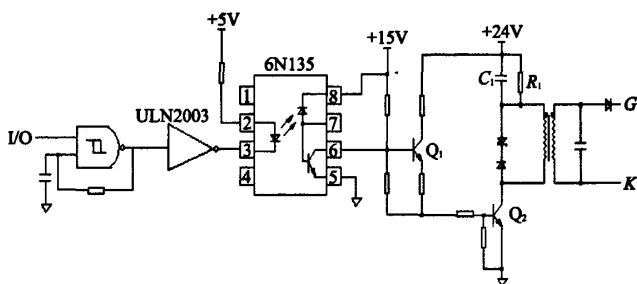


图3 脉冲驱动输出电路

Fig. 3 Pulse drive output circuit

图3中当单片机 I/O 口有脉冲输出时, 光耦截止, 三极管 Q_1 , Q_2 均承受正偏电压而导通, 脉冲变压器有脉冲输出. 当单片机无脉冲输出时, 光耦导通, 三极管 Q_1 , Q_2 的基极被拉为低电平而截止. 电容 C_1 的作用是使得脉冲的前端有一个强脉冲, 这样能够保证晶闸管可靠触发. 尖脉冲的幅值和宽度是由电容 C_1 和电阻 R_1 决定的. 之所以产生尖脉冲是由于在三极管导通的瞬间, 零初始状态条件下的电容 C_1 相当于短路, 短接电阻 R_1 , 瞬间流过脉冲变压器原边的电流变化率 di/dt 很大, 感应出的电压高, 从而使得副边产生一个尖脉冲, 但是时间很短^[3].

1.3 检测电路

电压检测电路是将三相全控桥输出的直流电压, 经过运放降压后, 通过电压-频率转换芯片 LM331, 将模拟输入电压转换成与其成比例的脉冲列. 脉冲列的频率反映了模拟输入电压的高低, 这使得模拟量转变为数字量. V/F 转换器线性度好, 工作频率高, 抗干扰能力强, 比一般模数转换器 A/D 的精度要高. V/F 转换器输出的脉冲列信号输入到 8253 计数器进行计数, 并且将计数值传送到单片机的 I/O 口, 计数值的大小反映了整流输出电压的高低, 当电压高于一定值, 或者低于一定值时, 单片机会报过电压或者欠电压故障, 并且封锁脉冲输出. 三相全控桥的三相输入侧 U 、 W 相分别有一个电流互感器, 电流互感器输出的交流信号, 首先经过二极管整流桥变成直流信号, 再通过一个电阻, 将电流信号转换为电压信号, 输入到 V/F 转换器, 和电压检测电路相同.

由于整流电路在工作时, 晶闸管模块发热量大, 温度很高, 所以必须连接在散热器上, 并通过风机进行冷却. 这样就需要检测散热器的温度, 并用来确定晶闸管的温度. 本文介绍一种采用热敏电阻测量温度的方法, 将热敏电阻用螺丝固定在散热器上. 散热器检测电路如图4所示, 热敏电阻 R_1 与电阻 R_2 , R_3 , R_4 组成电桥电路, 热敏电阻的阻值随着温度的升高而增加. 当散热器温度过高时, 热敏电阻阻值增大, 滞回比较器同相输入端电位高于

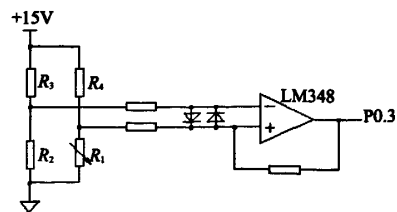


图4 散热器温度检测电路

Fig. 4 Radiator temperature detection circuit

反相输入端,比较器输出高电平信号,当单片机检测到 P0.3 口为高电平时,报过热故障,并且封锁脉冲输出^[4]。

缺相检测电路如图 5 所示,经过降压后的同步线电压信号 U_{bc} 和 U_{ba} , 分别经过二极管整流后,合并成一个信号,该信号经过反相器 LM348 变为负值,输入到滞回比较器的同相输入端,与反相输入端电压进行比较。当缺相时,同相输入端电压值增大,比较器输出高电平。当单片机检测到 P0.4 口为高电平时,报缺相故障,并且封锁脉冲输出。

1.4 触发器输入输出控制电路

数字触发器的输出状态通过 4 个数码管显示和 4 个继电器输出。单片机通过段选和位选来控制数码管发光,采用动态显示方式。数码管既可以显示故障号,又可以显示电压,电流,触发角等状态量的值。4 个继电器分别控制合闸信号,故障信号,预充电结束信号,风机运行信号,当单片机检测到其中某个信号输入到 I/O 口时,控制相对应的输出口,使继电器吸合。

触发器的输入通过两个开关和三个按钮来实现,两个开关分别控制合闸和运行信号,当开关闭合时,有高电平输入到单片机的 I/O 口,单片机检测到有合闸或者运行信号输入时,通过软件编程,做出相应的动作。而三个按钮组合起来使用,既可以设置工作参数,如设置触发角,又可以监控工作状态,如电流,电压。当其中一个按钮被按下时,有低电平输入到单片机的 I/O 口,单片机检测到按钮被按下时,会进行处理。

1.5 外接串行 E²PROM 存储器

E²PROM 为电可擦除可编程存储器,其作用是存储用户设置的参数值,具有断电数据保护功能。串行 E²PROM 芯片 24LC02 有两根双向信号线,一根是数据线 SDA,另一根是时钟线 SCL,分别通过上拉电阻接正电源,当总线空闲时,两根线均为高电平。同时两根线分别连接到单片机的 P1.6, P1.7 口,单片机通过程序来控制 P1.6 和 P1.7 口,从而控制总线工作。

2 软件设计

该数字触发器采用绝对触发方式,每个电源周期有一个自然换相点对定时器进行校准,这样能够减小电网频率变化造成的移相误差。为了降低触发器的输出功耗,采用双窄脉冲触发,即触发一只晶闸管时,使小一号的一只晶闸管补发触发,并且通过定时器计数初值的给定,控制脉冲宽度为 30 度,这样能够保证晶闸管可靠触发。

图 6 为数字触发器的程序流程图,当单片机上电时,首先判断系统是否合闸,单片机 I/O 口未检测到合闸信号时,4 个继电器均断开。当有合闸信号时,合闸继电器吸合,开始检测散热器温度。温度过高时,会报过热故障,使故障继电器吸合,并且通过数码管显示过热故障号。当温度正常时,程序预置一段时间。预置时间到,检测电压,当电压高于或者低于程序中预先设定的值时,会报过电压或欠电压故障。电压正常时,检测是否缺相,无缺相发生时,判断整流桥输入的三相电源相序,根据相序的不同,进入到其中一段程序中。接下来检测运行开关是否闭合,当检测到运行信号时,风机运行继电器吸合,常开触点闭合,风机接通开始冷却。然后检测电流,系统过电流时,报过流故障。当电流正常时,预置移相角,读取同步信号,发生外部中断,控制脉冲输出。

3 实验论证

在三相全控整流桥中,选用型号为 MTC350 16H 的晶闸管模块,输入三相电源为 380 V,最大直流输出电压约为 530 V,接 200 Ω 的电阻负载,图 7 是通过示波器所观察到的电压波形,其电压档在 200 V 的档位。该时刻触发器的给定值最大,理论上触发角为 0°,输出直流电压最大,但是由于同步信号经过滤波电容,发生相位后移,触发角稍微大于 0°^[5]。一年多来,在工业现场中,以该脉冲触发器为控制核心的整流单元给

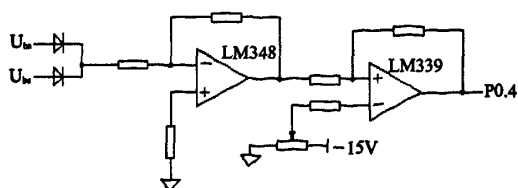


图 5 缺相检测电路

Fig. 5 Missing phase detection circuit

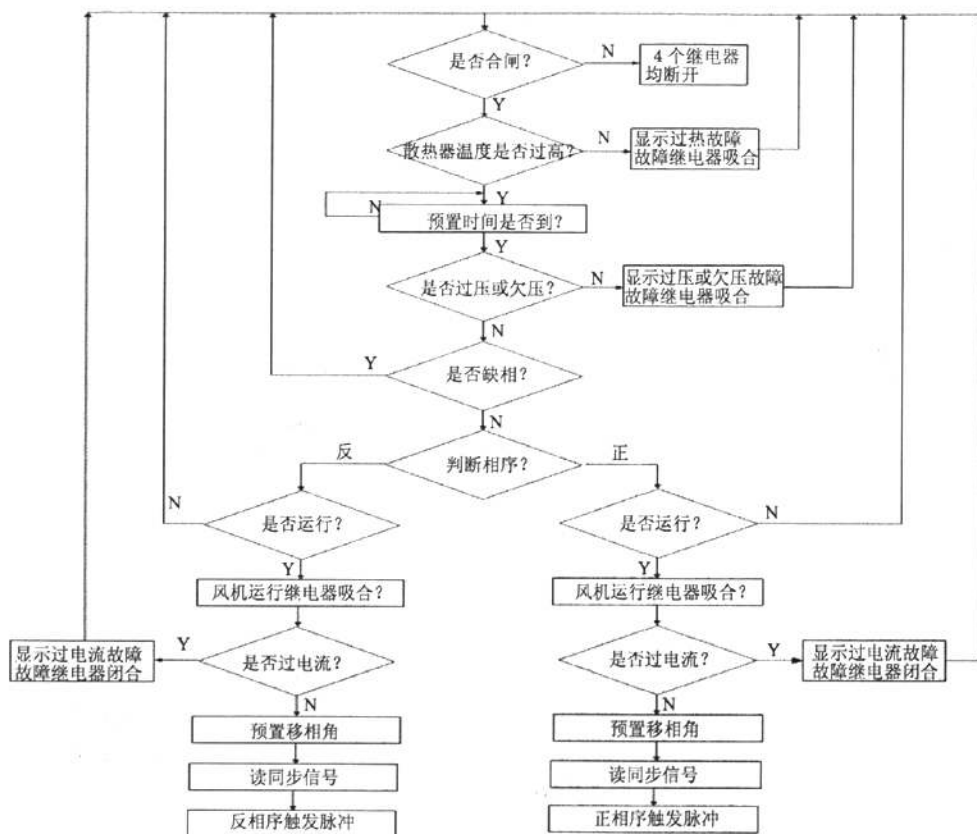


图6 数字触发器的软件流程图

Fig. 6 Digital trigger a software flow chart

直流电机提供电枢电压，系统工作非常稳定，没有出现任何故障。

4 结论

本文采用单片机AT89C51为控制核心的数字触发器，对三相全控桥的6只晶闸管实现触发，控制精度较高。由于触发器保护功能比较强大，所以系统运行时非常稳定。该触发器已经应用在实际生产中，其效果令人满意。

参考文献:

- [1] 文定都. 单片机在晶闸管触发电路中的应用 [J]. 自动化与仪器仪表, 2002, 1 (1): 32-34.
- [2] 阎石. 数字电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [3] 江智军, 赵江球, 伍怡兴. 一种改进的晶闸管触发电路研究 [J]. 通信电源技术, 2009, 26 (4): 14-16.
- [4] 童诗白. 模拟电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [5] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

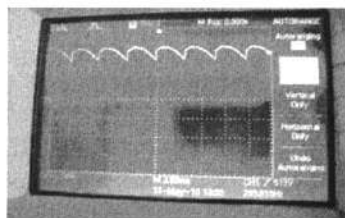


图7 输出电压波形

Fig. 7 Output voltage waveform

[责任编辑 代俊秋]