

基于单片机控制的智能开关的设计与实现

贺登天,甘重斗,夏春水

(兰州大学信息科学与工程学院电路研究所,甘肃 兰州 730000)

摘要:文章根据开关控制的要求,提出了基于单片机控制的智能开关的总体设计思路,并以单片机、交流互感器和固态继电器为主要器件,从硬件电路和软件两方面实现了对电路的设计。经过实际测试,电路达到了最初的设计要求。

关键词:智能开关;单片机;电流互感器;固态继电器;控制

中图分类号:TP319

在铁路系统、各种工业现场及用电场所,大量使用到交流断路器(即断路开关)。实际使用的断路器没有自动恢复功能,一旦断开,必须人工手动接通开关提供电源。在一些特殊场所(如铁路信号管控室)不希望人员频繁出入,由此,希望开发一种具有自动恢复功能的电流控制智能开关来替代现有的开关。

1 设计要求及总体设计思路

1.1 设计要求

由此以上需要提出设计总体要求:

(1)可以自动恢复工作:对出现频繁的干扰性故障,智能开关能通过测试电流大小,判断是否接通电源或断开电源,控制开关动作,并在开关断开(保护)电源一定时间后能自动恢复开通状态,避免人工参与控制。

(2)具有自动保护功能:当出现大的损坏性故障时,能迅速停止自动控制,并发出报警信号,由人工干预维修设备。维修完成后,再启动自动控制功能。

(3)开关控制灵活性高:对一定范围内的不同的控制电流,开关不需改动硬件,由参数设置调节完成控制。

(4)开关灵敏度好:开关能迅速对电流的大小变化做出反应,其反应时间至少不慢于普通的断路器。

1.2 电路总体设计的思路

基于以上要求,在设计思路上考虑以单片机为核心,通过采样并判断回路电流大小,来控制开关动作,以达到智能化控制的目的。电路的总体设计思路如图1所示,电路主要由电源电路、电流采样电路、单片机及其外围电路以及部、开关控制电路以及报警电路五部分构成。下面对开关各部分电路分别做出设计。

2 硬件电路设计

硬件电路设计的要求是:(1)能够采样流过该开关的电流大小;(2)能够判断该电流大小是否超负荷,并控制开关动作;(3)具有现实弱电控制强电的转换电路。

基于以上要求,决定选用LPC935做为控制开关的核心器件,LPC933/934/935/936系列是一款单片封装的微控制器,内部集成有看门狗电路及2个四路A/D转换器,适合于许多要求高集成度、低成本的场合,可以满足多方面的性能要求。

另外,用电流互感器来实现对电流的采样,用固态继电器来做为最后的控制开关。下面分几个部分来做详细介绍。

2.1 电源电路

电源电路如图2所示。由于LPC935工作电压为+3.2V,因此,电源电路设计输入为~220V,输出为直流+3.2V电压。

为减小电路板的面积,这里采用上海恒率电源科技有限公司生产的AC-DC电源模块AC220S05DC-6W,其输出电压为+5V,功率6W,再经DC/DC转换成直流+3.2V输出,做为整个控制电路的电源。

恒率AC220S05DC-6W为隔离式高效开关电源模块,85VAC~265VAC宽压输入,具有体积小,电磁兼容性好,输出纹波噪声小,输出电压精度高及瞬变响应快等优点。

三端稳压器LM317L及其外围元件构成DC/DC转换电路,通过调节电位器RV2,使电源输出电压为+3.2V,满足电路要求。

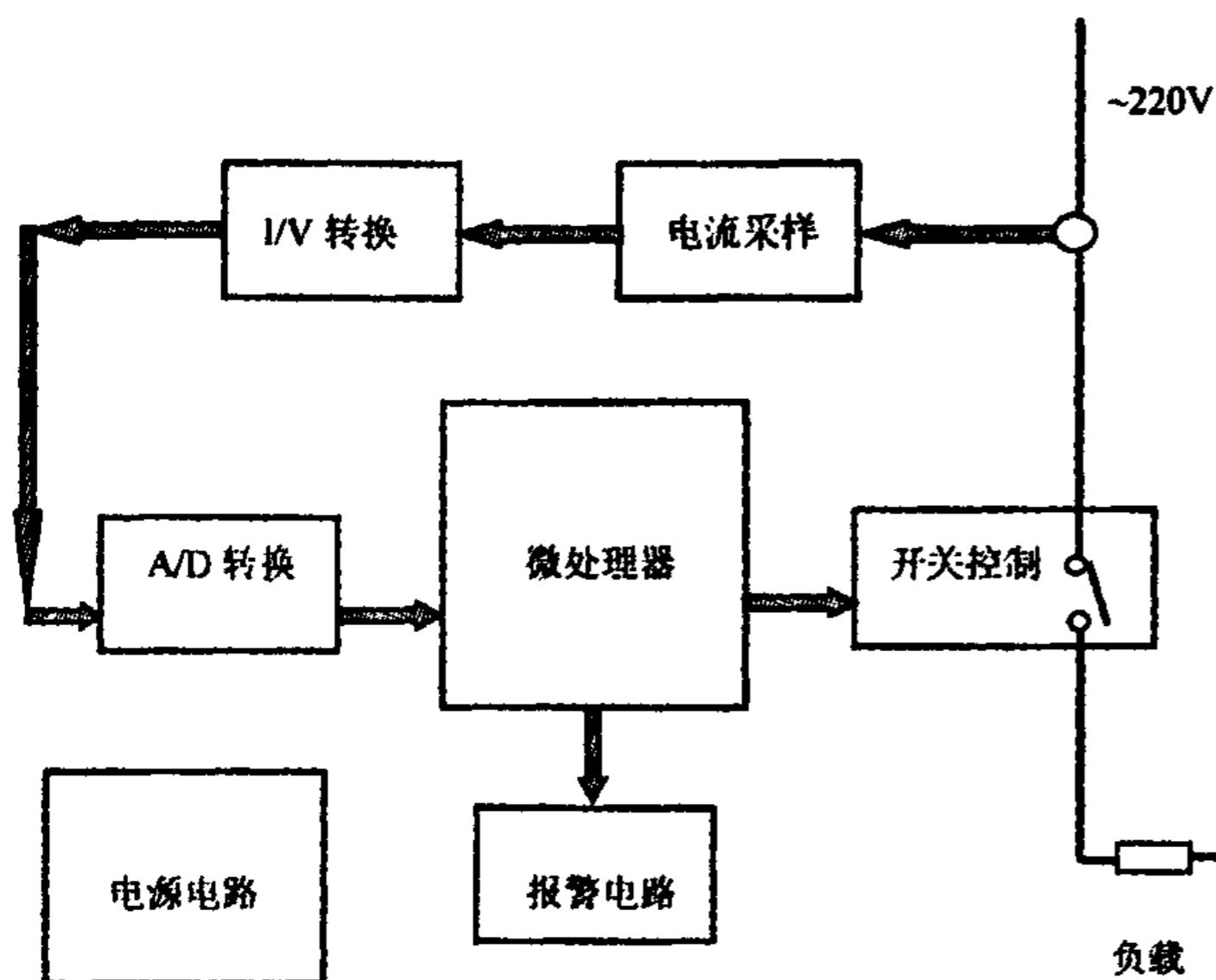


图1 电路设计总体框图

2.2 电流采样及(I/V)转换电路

电流采样电路采样现场电流大小。对该电路的要求是,采样精度高,采样及时准确。实际电路设计如图3所示。

电路中,选用南京择明电子有限公司生产的ZMCT301A微型精密电流互感器来采样电流。该电流互感器的电流转换值为5000:1,反应时间 $\leq 0.13\text{ms}$,在0A~100A的输入电流范围内,其输出电流为0mA~20mA,经实验测知,当输入电流在1A~15A之间变化时,输出电流为0.2mA~3mA,且保持严格的线性关系。

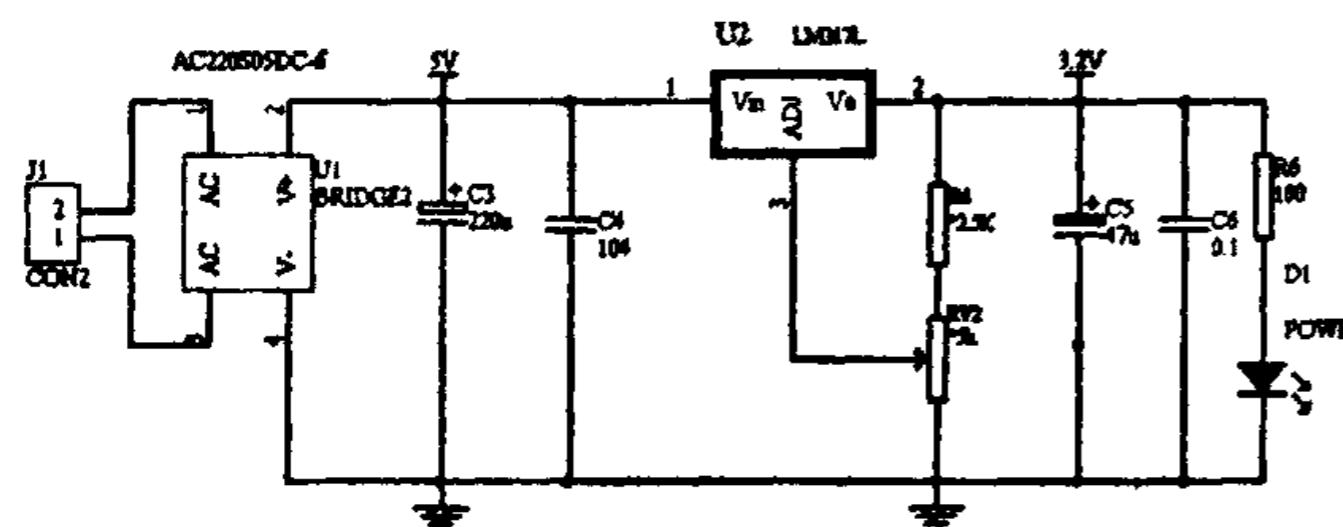


图2 电源电路

由于采样对象为正弦交变电流,而送入A/D转换电路进行转换并处理的信号要求是正向电压信号,因此需要对交流电转换为能反映其瞬时有效值大小的直流信号。电位器RV1、四个桥式整流二极管、负载电阻R₃及滤波电容C₂共同构成电流/电压(I/V)转换电路。

电位器RV1阻值大小的选取至关重要,在采样电流大小一定的情况下,RV1阻值越大,则最后的输出电压("in"端对地电压)越高。实际控制电路中的RV1阻值应调节为多大,应视流过该开关的常态电流的大小而定。实验电路中,设定采样电流(即工作电流)的大小为5A,则电位器RV1的实际电阻可以调为1.8KΩ,此时,通过实验测定,采样电流与输

出电压的大小如图4中曲线所示。

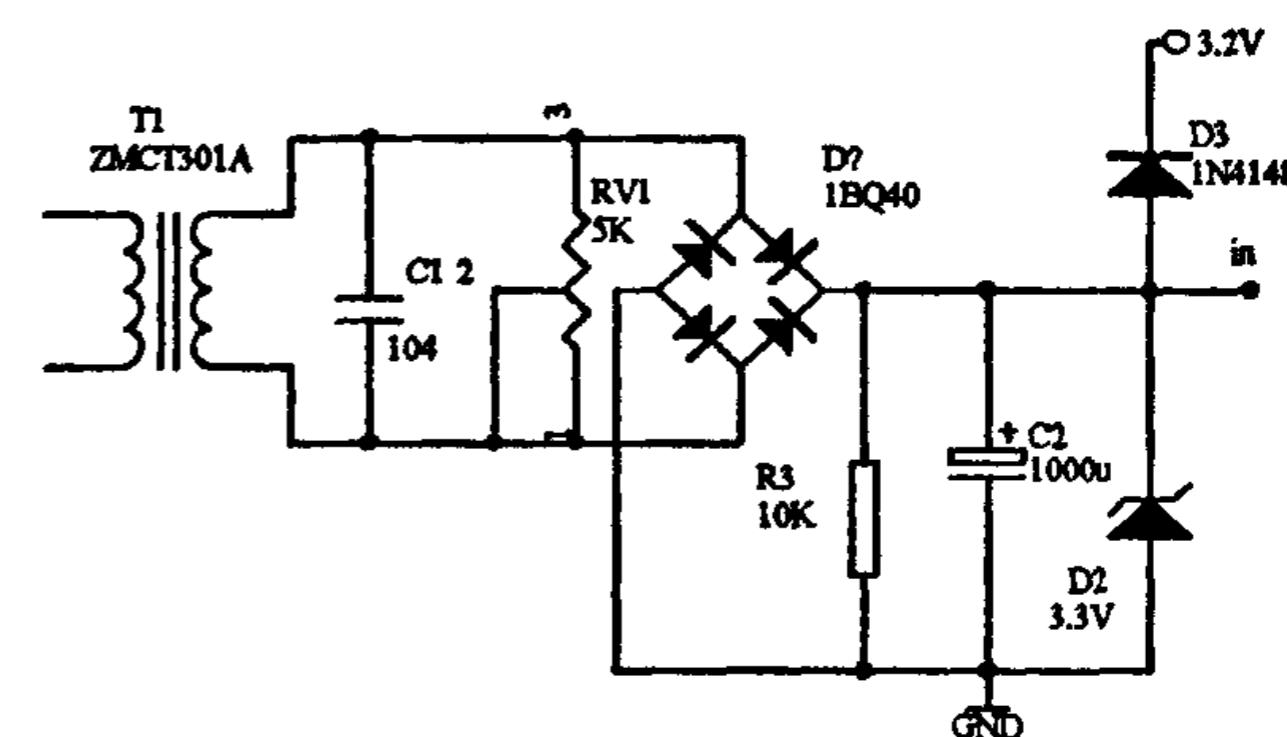


图3 电流采样及转换电路

可见,在采样电流1.5A~7.5A的变化范围内,输出至A/D转换电路的对应电压值的变化范围为1.4V~2.6V,可以满足P89LPC935微控制器A/D转换口电压 $0V < V_{in} < 3V$ 的输入要求。此外,也可以看出,采样电流每增加1A,则输出电压变化大约0.2V,即转换系数K为:

$$K = 1000\text{mA}/200\text{mV} = 5\text{mA/mV} \quad (1)$$

在具体电路设计时,可以根据不同的采样电流大小(常态时),来选择RV1电阻值的大小,从而保证既能采样到电流的变化,又能满足A/D转换口电压的输入要求。

电路中C₁用来消除高频噪声,稳压二极管D₂及二极管D₃起钳位限压作用,主要用来防止突然出现大电流时,输出电压太高,以致损坏微控制器的A/D转换口。电阻R₃及电容器C₂的取值尽可能大一点,以提高I/V转换精度。

2.3 A/D转换电路

经图4所示的采样及I/V转换电路后,就可以进行A/D转换,将采样到的电流大小值转换为数字量,送至微控制器进行判断和控制。

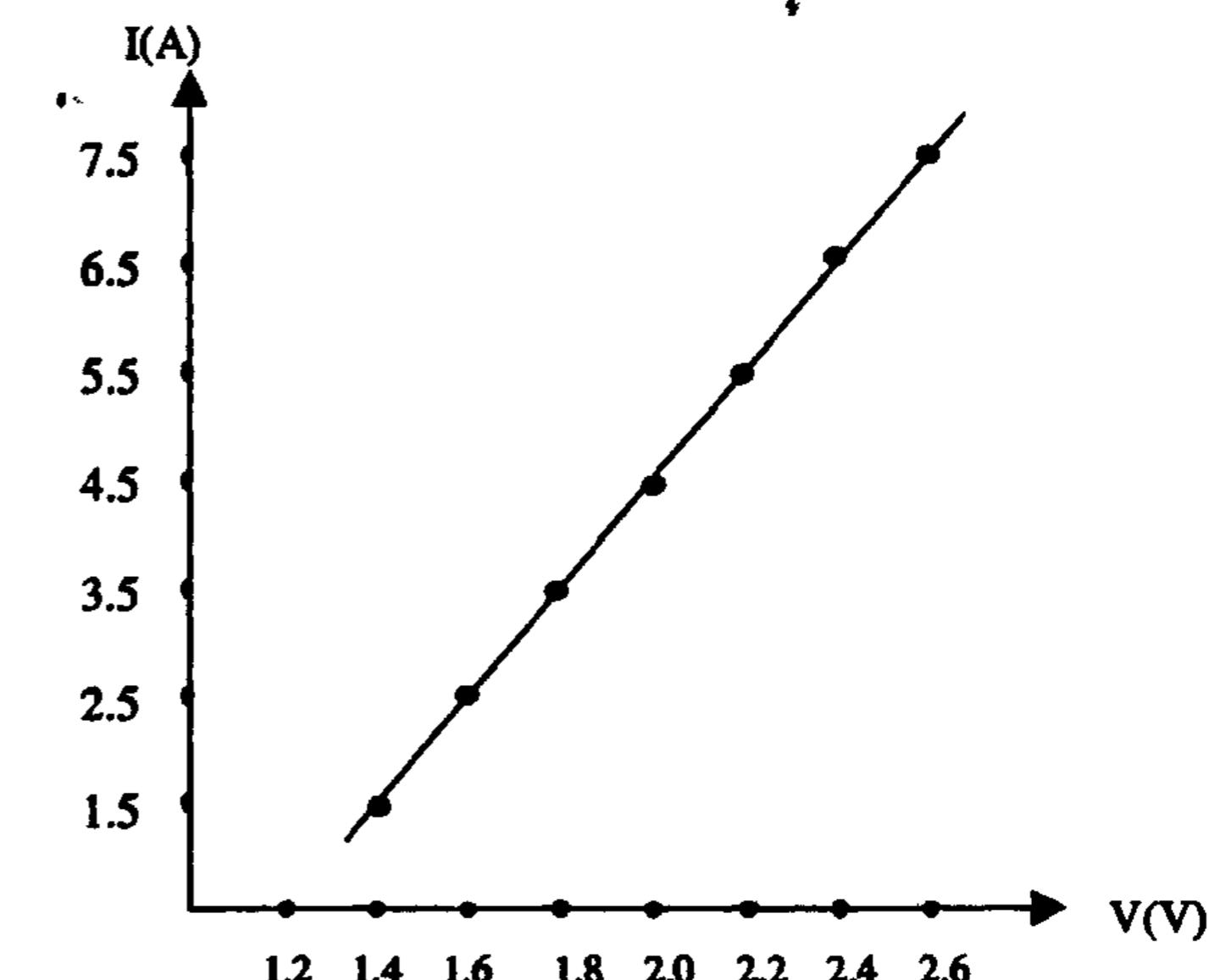


图4 采样电流与输出电压关系曲线

P89LPC935微控制器P89LPC935/936含有2

个8位、4路逐步逼近式模数转换模块,对输入电压为0V~3.2V的模拟信号,其转换当量 λ_1 为:

$$\lambda_1 = (3.2V - 0V) / 28 \approx 0.012V/bit = 12mV/bit \quad (2)$$

结合(1)式,可得采样电流的转换当量 λ_2 为:

$$\lambda_2 = K * \lambda_1 = 5mA/mV * 12mV/bit = 60mA/bit \quad (3)$$

式(3)说明,对采样电流大于60mA的变化,单片机即可以识别并做出判断,这对于一般的强电流领域,完全可以达到要求的控制精度。当然,如果要求更高的控制精度,就需要另外选择更高位的A/D转换器了。

同样设流过开关的常态电流为5A,则其对应的数字量为:

$$5A = D * \lambda_2 \quad 得 \quad D = 5000 / 60 \approx 83(D) = 53(H)$$

即5A的电流对应的数字量为十六进制数53H。如果希望在电流变化超过±10%时开关动作,则可以算得此时应设的上、下限数字量分别为5BH和4BH。

由此可见,对应于不同的控制精度,可以通过改动软件中的上下限值来达到要求,使开关控制具有了极大的灵活性。

对不同的常态电流,对应的VR1阻值大小及数字量大小,可以通过实验的办法一一测出,并列表,在大规模的开关生产中,可以通过查表的办法来确定该值。

上述电路中,采样到的模拟信号经P89LPC935微控制器的第26引脚(P0.1/ADC10)输入,在微控制器内进行A/D转换并进行结果的保存和处理。

2.4 单片机及其外围电路

LPC933/934/935/936采用了高性能的处理器结构,指令执行时间只需2到4个时钟周期,6倍于标准80C51器件。该微控制器共28个引脚,内部集成有两个四路A/D转换器及看门狗电路等许多系统级的功能,可以大大减少元件的数目、电路板面积以及系统的成本。

其外围电路和一般的89C5X系列单片机外围电路基本相同,如图(5)所示。

2.5 开关控制电路、自动/手动切换及报警电路

这部分电路如图5所示。单片机第13引脚(P2.2)为控制信号输出端,开关电流在正常范围内时,13脚输出为高电平,开关导通,电源供电;当开关电流超过设定的上下限值时,13脚输出低电平,

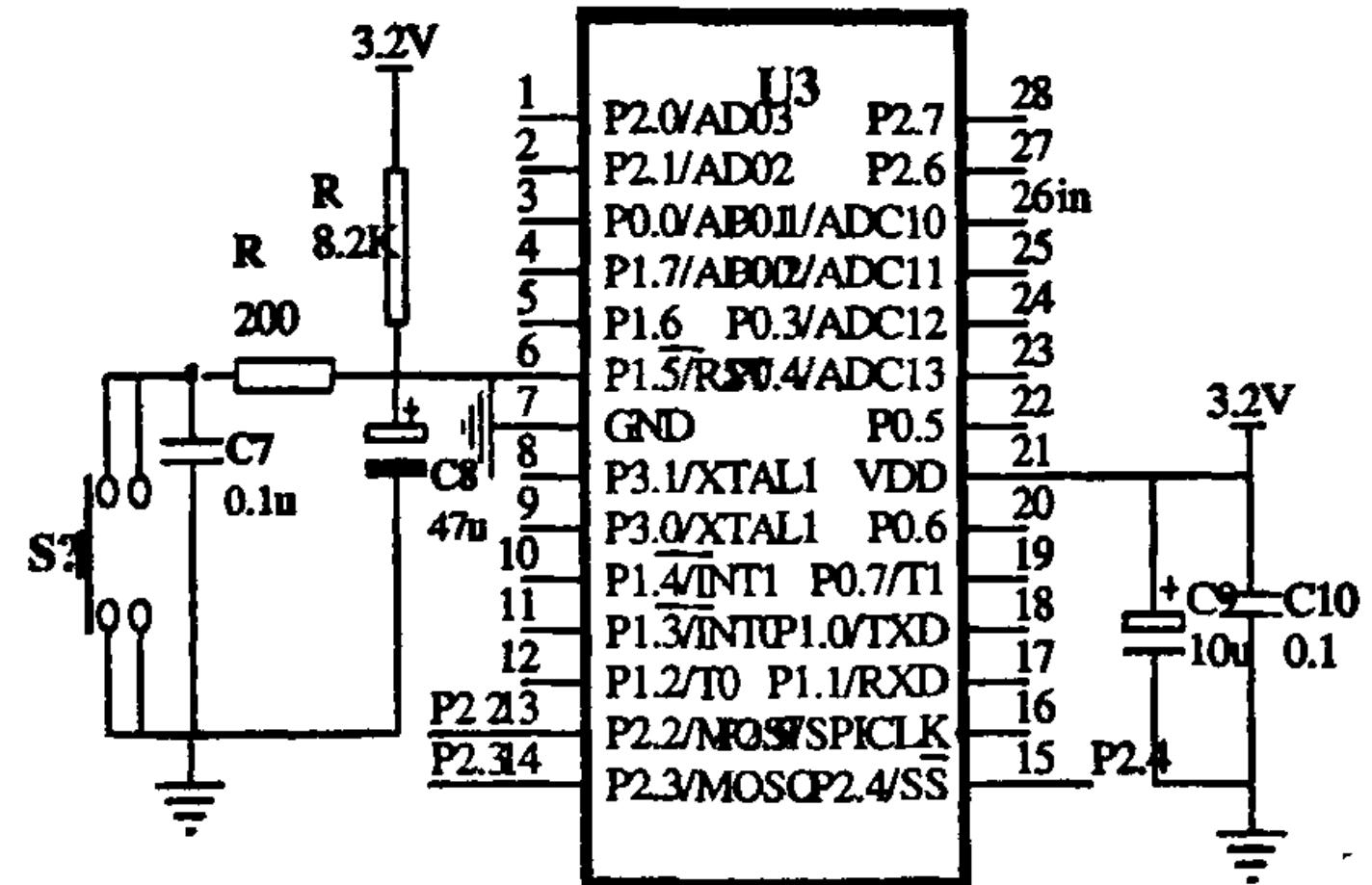


图5 单片机及其外围电路

控制固态继电器动作,断开电源。其各部分功能如下:

(1)开关控制电路

开关控制电路主要由固态继电器(SSR),开关三极管Q1,保护二极管D1、电阻R₁和R₂构成。固态继电器相比电磁继电器,有许多优点:a、开关无触点,没有打火、触点老化、开关性能不良等问题;b、使用寿命长,一般的固态继电器寿命可达开关10⁶次以上,远高于电磁继电器开关10⁴~10⁵次的数量级。c、控制方便,固态继电器输入电压范围3~32VDC(恒流型)8mA或4~8VDC(移相脉冲),用单片机构成的控制电路,可以直接接入到其输入端,进而对大电流进行开关控制。

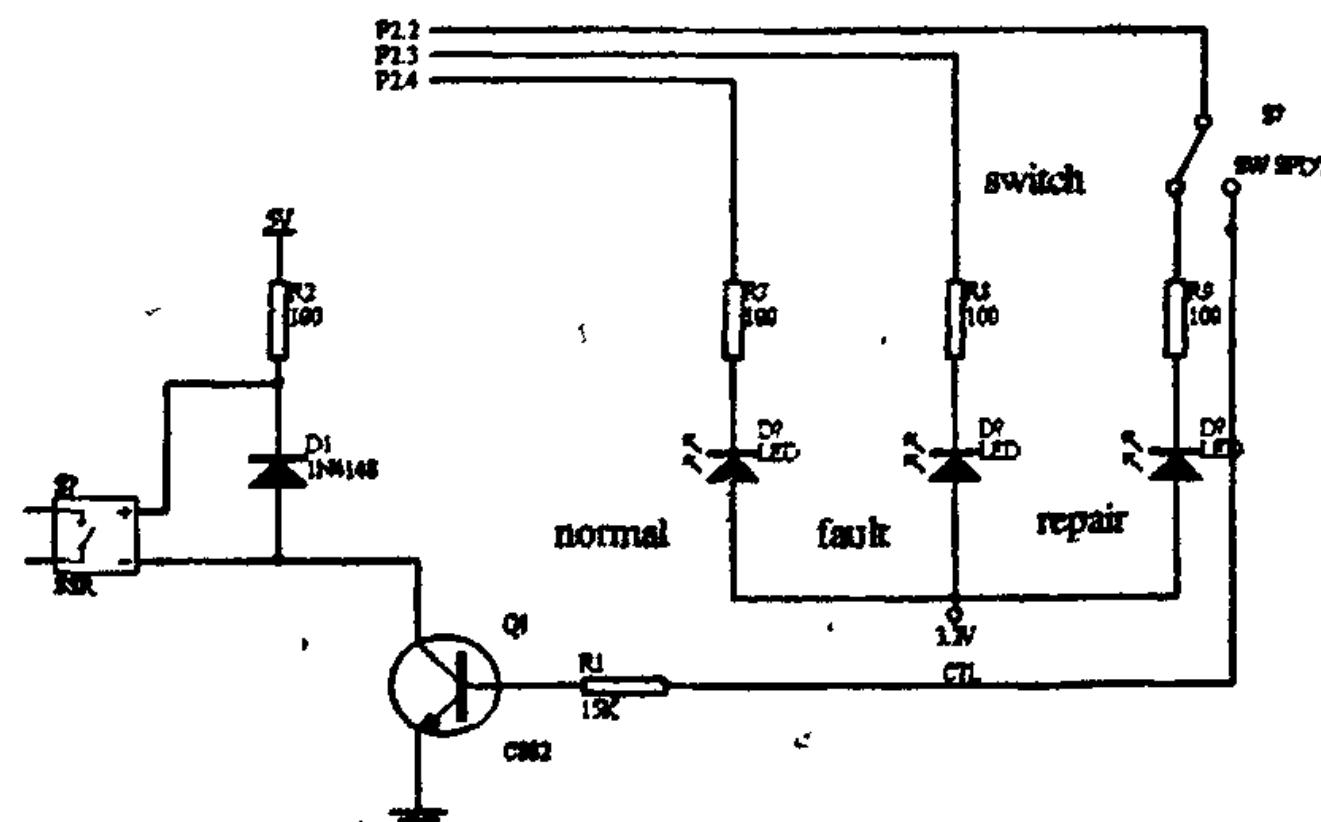


图6 开关控制电路、自动/手动切换及报警电路

本电路采用杭州西子固体继电器有限公司生产的SSR-H380D15型固体继电器,其内部为恒流型单向可控硅反向并联,输入:3~32VDC(恒流型)8mA;输出:24~240VAC,负载电流0A~16A。

SSR的驱动选用开关三极管C882,由于SSR内部以有光电耦合电路隔离输入输出回路,故电路中不需另加隔离措施。

(2)报警指示电路

电路中设有正常(normal,绿色)、故障(fault,红

色)、维修(repair,黄色)三个发光二极管来做为报警指示灯。当电流正常时,正常工作指示绿色二极管亮,其它二极管灭。

当电流超出正常范围时,故障指示(红色)二极管亮,其它二极管灭。同时,单片机 13 脚输出低电平,控制固态继电器动作,断开电源。

(3) 自动/手动切换电路

实际电路工作时,如果出现小范围的干扰性故障,可以通过上述软硬件措施加以解决,一旦出现负载短路、开路等大故障,则必须有另外的解决措施。本电路中通过软件设置了大故障判断功能,当实际电流大于常态电流的某一个设定值时,则认为是负载出现损坏性故障,可以通过自动/手动切换电路来处理。

自动/手动切换电路主要由 switch 开关来完成。正常工作时,开关打到控制电路一侧,完成单片机自动控制。如出现大故障,例如,常态电流为 5A (53H),设定电流大于 7.5A (7DH),小于 2.5A (29H) 为出现损坏性故障。当测得实际电流的值超过这两个值的范围时,自动控制功能停止,需要人工参与。维修人员将开关打到“维修”一侧,黄色维修 (repair) 指示灯亮,此时,不管自动控制电路是否有误动作,后面的控制电路都不会工作(控制电路开路),可以保证维修人员的绝对安全。当维修完成后,再由维修人员将开关打到右侧控制端。

3 软件设计

程序软件用汇编语言编写,下面给出整个控制程序的框图:

设损坏性故障上限值为 MAX,下限值为 MIN,
干扰性故障上限值为 max,下限值为 min。

软件设计要考虑的几个主要问题是：(1)、采样准确；考虑到被采样电流中存在各种干扰，因此，不能以一次采样值做为控制的依据。实际设计中是在电流的约二个周期中采样 8 次，取其平均值做为当前电流的实际值。(2)、准确测定常态电流，计算常态电流对应的数字量，正确设置干扰性故障范围值；(3)、正确设置损坏性故障的上下限值；(4)、看门狗功能的启动。系统自身集成有看门狗电路，其作用时间可以软件设定，现设置其作用时间为 1.2 秒，程序在 1.2 秒之内自动“喂狗”。

4 电路测试及其性能评估

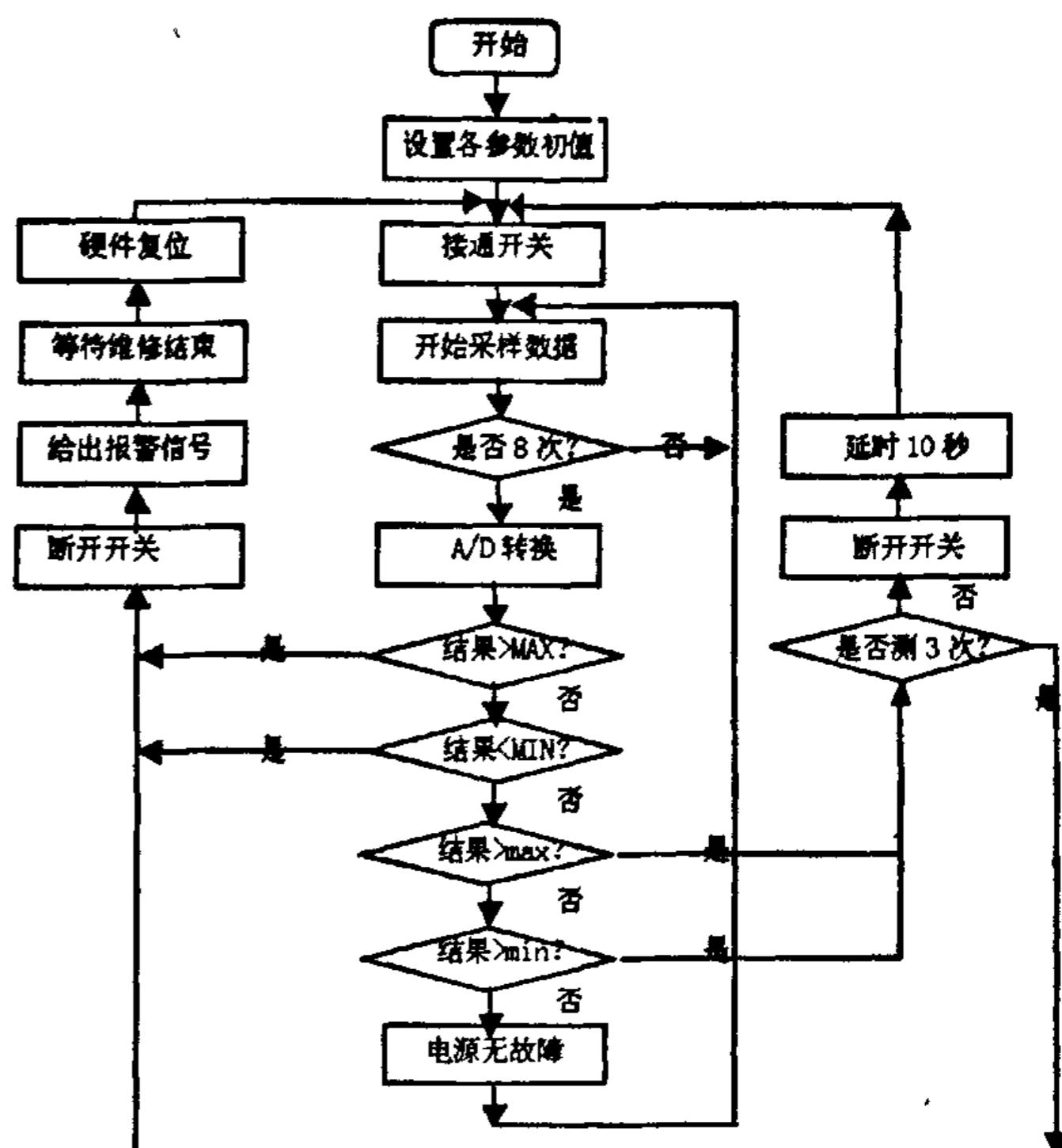


图 7 系统程序框图

4.1 电路测试

电路设计制作完成之后,主要对开关的反应速度、开关控制是否准确、电路元器件工作情况进行了测试。

(1) 开关的自动恢复功能测试:将开关接入测试电路中,先通以常态电流,然后模拟出现干扰,在较短时间内使电流变大(变小),超过干扰性故障上(下)限值,但在损坏性故障上(下)限值范围内,此时开关动作,关断电源,并在 10 秒后自动接通电源进行测试,电流恢复正常则进行正常控制,如电流仍不正常则继续测试,测试 3 次后电流仍不正常,则进入损坏性故障处理程序,并报警。

(2)开关的控制精度及反应速度:把额定电流为相同值的断路器和智能开关串接在电路中,接通电源,逐渐加大通过开关电流,当电流超过智能开关设定范围时,智能开关关断电源,而断路器无动作;再模拟负载短路情况,突然使电流远大于常态电流,智能开关即刻做出反应,关断电源,而断路器没有动作,这说明智能开关的控制精度和反应速度都优于普通断路器。

(3)电源供电电路中长时间接入智能开关,测试各元器件发热情况。在常态电流下,固态继电器发热均匀,在其标定值范围内,而其它元器件无不良反应。

(4) 模拟电磁干扰, 测试软件运行情况。电路抗干扰能力较强, 测试中无程序中断、控制失灵或误动作。

(下转第 13 页)

吨,其余35.35万吨的工业固废均被分别贮存在各大型企业的渣场,如若对其管理不善仍然会造成环境污染。鉴于目前个别工业渣场的管理和运行还存在着诸多人为和客观的因素限制,一些渣场由于资金不足,缺少防渗漏、引气管道等设施,设计功能不能正常发挥,加之一些管理制度不健全、人员队伍素质不高,固废管理还存在许多薄弱环节和隐患。工业固废一旦疏于管理,则会使处置后的工业固废又成为潜在的污染源。

鉴于上述问题提出以下建议:

(1)工业固废的产生主要还是重点工业企业,因此,抓好对重点工业企业的固废管理是治理固体废弃物的关键。

(2)要合理规划工业固废的贮存场地,在综合利用当年产生的固废的同时,还要注意对历年堆存的工业固废进行利用和处置,使工业固废的处置呈良性循环,在减少工业固废排放的同时,又保护了生态环境和土地资源。

(3)加强工业固废的管理,采取适当的防渗漏措施避免造成地表水和地下水的污染,同时还应对一些工业固废进行定期填埋,防止大风扬尘造成的大气污染。

(4)大力开发利用工业固废的环保产业,既能节

约资源又可以减少污染,同时还可以为企业创造丰厚的利润。

(5)渣场必须要做到合理堆放、有效处置,如定期进行消毒杀菌等。

(6)渣场管理和运行要进一步树立科学发展观,加大投资,健全制度,严格要求,挖掘潜力,只有这样,才能赶上工业发展的步伐,才能达到环保的总体要求。

(7)加强工业专用渣场的建设,减少环境污染。

近年来,渣场的管理引起了各级领导和相关部门的重视,新渣场的建设都必须经过比较严格的科学论证和环境影响评估,使渣场的建设和管理有章可循。在对工业固体废弃物处置上采取综合利用、卫生填埋等多种方法,既有完善的环保措施,又有成熟可靠的管理技术,使渣场管理不断趋于科学化;同时,各个渣场都逐步建立了比较完备的档案和管理措施,按章办事,分类处置,特别是工业专用渣场的建立,对减少环境污染起到了一定的积极作用。

参考文献:

- [1] 国家环保总局规划与财务司. 环境统计概论[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001
- [2] 国家环境保护总局. 2004年全国环境质量报告书

(上接第44页)

4.2 电路性能评估

智能开关在控制性能上,达到了初始设计时的要求。

(1)智能开关的控制灵活性,优于断路器,可以通过软件设置的办法,改变其控制参数,不需要改动硬件电路。

(2)智能开关的精度及反应速度,也优于断路器。智能开关的执行速度,主要取决于单片机的运算速度,从电流变化到开关动作,智能开关的反应时间为微秒(μ s)级,而断路器的反应时间为毫秒(ms)级。

(3)智能开关不但对过流有保护作用,而且对欠流也有保护作用,这是一般的电流开关所没有的。

(4)安全性智能开关,在软件方面的安全措施由看门狗电路来解决,硬件方面,由于控制方便,采用了固态继电器做为最终的执行器件,开关动作时会

有大电流的突然通断,这在负载为感性时会引起很大的反峰电压,可能造成固态继电器内部可控硅击穿,这是一个隐患。可以采取三个方面的措施加以解决,一是控制开关的最终执行器件不用固态继电器,而是用电磁继电器;第二个措施是选用固态继电器时,使其主要参数如耐冲击电流值、耐反峰电压值等有很大裕量;第三种措施是在同一个负载回路中串接一个智能开关和一个断路器,对干扰性故障,智能开关起作用(其反应速度快于断路器),这样可以避免人员大量参预控制,而当出现损坏性故障时,如果智能开关出现损坏,则断路器开始起作用,起到双重保险的作用。

参考文献:

- [1] 于海生. 微型计算机控制技术. 清华大学出版社,2001年6月
- [2] 张友德. 单片微型机原理、应用与实现. 复旦大学出版社,1992年5月