

智能家用电热水器控制器

第四届 ‘ MOTOROLA 杯’ 嵌入式处理器设计大赛参赛作品

参赛编号: A11149

姓名: 刘坡 (中文) Liu po (英文) 职业: 硕士研究生2年级
姓名: 郑素丽 (中文) Zheng Suli (英文) 职业: 本科4年级
姓名: 陈乐君 (中文) Chen Lejun (英文) 职业: 本科4年级

电子邮箱: unionaccount@zju.edu.cn

okminezdjw@sohu.com

推派单位名称: 浙江大学光电信息工程学系

一、应用前景

热水器是一种可供浴室,洗手间及厨房使用的家用电器。目前市场上热水器主要品种有电热水器、太阳能热水器、燃气热水器。就中国的具体情况而言,由于太阳能热水器的使用受天气原因的限制,使用范围狭窄;燃气热水器由于以石油、天然气为燃料,而燃料供应量又难以满足人们日益增长的需求,且不利于环境,因此电热水器越来越受到消费者的青睐。

根据中国商业联合会前不久的统计,电热水器的市场份额在销售数量和销售收入两个方面都已经超过了长期以来占优势的燃气热水器。该中心预计,在城市电网更大范围改造和城市住房市场大规模启动的带动下,今后几年我国电热水器市场将呈现强劲增长势头。

二、设计目标

目前市场上的电热水器又连续水流式和贮水式,前者虽具有加热速度快和体积小的优点,但需要的功率大,大多数家庭供电线路难以承受。而市场上传统的机械式电热水器控制功能不完善,而且精度低、可靠性差,生活质量的提高使得消费者对电热水器要求越来越趋向于智能化和数字化,因此我们采用 motorola 单片机作为控制中心设计了这款智能家用电热水器 LZC-I。

由于考虑到热水器的潮湿的工作环境对单片机的特殊要求,我们采用了摩托罗拉新推出的 MC68HC08 系列的单片机作为控制中心。它具有抗干扰能力强,工作可靠稳定,自带 flash 闪存等特点,完全满足高性能的电热水器的控制要求。同时考虑到家电业的激烈竞争,节约生产成本,我们用尽量简单的器件实现这些功能,并充分利用内外围功能,以提高产品的性价比,稍加改进,便能以较低成本应用于实际批量生产中。

基于以上考虑,LZC-I 将实现如下的功能:

- 1、对温度精确控制。采用高性能的温敏电阻实时采集热水器内水温,将温度信号转变为电压信号后送单片机处理,可用高清晰度的数码管进行实时显示。
- 2、可靠的水位采集电路,实时采集水位供查询时进行显示,当水位过低时给出提示并停止加热,防止干烧。
- 3、开机方式有立即开机和定时开机两种。24 小时内任意设定开机时间。用省时节能的方式准时加热到特定温度,既可免去等待烧水的时间,又避开用电高峰,节约电费。
- 4、自动检测热水器是否处于正常工作状态,并具有调温、恒温、防干烧、防超高温、防漏电等多项自检功能,使用户在使用过程中安全更有保障。
- 5、配备遥控器,操作更加方便。

三、LZC-C I 硬件设计

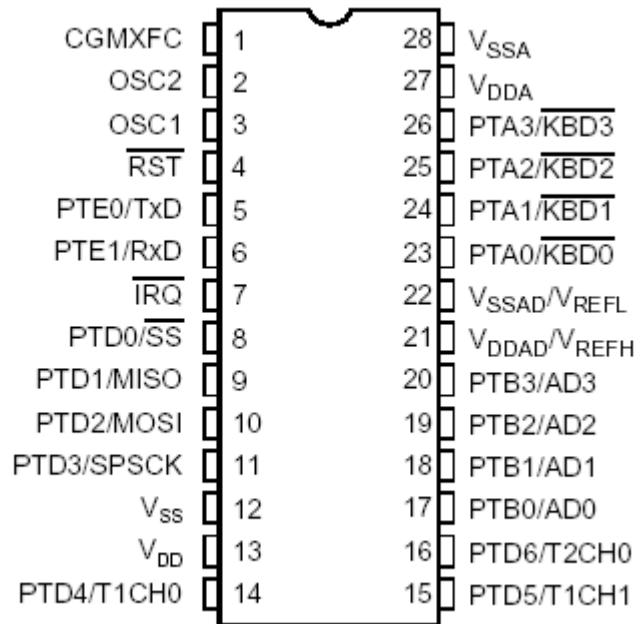
1、技术指标及特点

控制器的最主要目的是对水温进行控制,除此之外还实现下述功能:

- 实时显示水温,范围为 0~99℃
- 可在 20~80℃ 范围任意设定水温
- 具有预约功能,24h 任意设定开机时间
- 具有 LED 数码显示实时温度,进行设定操作时闪烁显示设定水温、时间,并有预约、保温/加热指示
- 可随时察看和校正系统时钟
- 配有遥控器,控制更加简单方便
- 超温断电保护并报警功能

- 出现漏电流故障时，迅速切断电源并提示报警功能
- 系统断电能保护设定数据

2、MC68HC908GR8 芯片简介



68HC08GR8

根据以上功能要求，选择 motorola 公司的 MC68HC908GR8 作为控制核心。它的基本特性如下：采用模块化设计。主要的功能模块有中央处理器模块 CPU08、时钟发生模块 CGM、存储器模块 MEMORY、模数转换模块 ADC、多功能定时器接口模块 TIM1 和 TIM2、时基模块 TBM、串行通讯接口 SCI、串行外设器件扩展接口 SPI、并行接口、正常监视模块 COP 等。

- 一个高性能的 8 位 CPU 内核，具有功能强速度快的特点。8MHz 总线时钟频率,最短的指令周期为 125ns，支持用 c 编译开发。
- 64kB 的可寻址地址空间。
7680bytes 快闪存储器 (FLASH)，具有在线编程能力和保护供能，可用来存储用户设定温度、时间，和采集温度相比较的回差数据等既需要掉电保护又需要读写的数据信息。386bytes 数据存储器 (RAM)。36B 用户定义的矢量区。310B 监控 ROM.
- 16 种寻址方式，256 条指令，使编程灵活方便，效率大大提高。
- 中断系统功能强大，有 24 个中断源。
- 2 个 16 位多功能定时/计数器 (TIM1,TIM2)。定时中断模块内部有一个 16 位的定时计数器 TCNT,16 位模寄存器 TMOD,8 位模块状态寄存器 TSC 及两个通道寄存器和通道控制寄存器。每个通道有一个 I/O 口引脚，由用户选择这些引脚为一般 I/O 口线或专用 I/O 口线。通过编程，可实现计数器、软件定时器、输出比较和输入捕捉等多种功能。
- 定时基模块可产生周期性中断，用来编程日历钟，通过比较预约时间和日历时间实现预约功能。
- 内置 6 路 8 位逐次逼近式 A/D 转换，其中两路用于温度采集和水位采集。

- 键盘中断 KBI 提供多个可屏蔽的外部中断。PPA0~PTA3 既可以作为键盘输入线，按键时产生键盘中断，也可用作通用的 I/O 口。
- 5 个双向并行 I/O 口，21 根口线，均可与其他模块共用。其中 A 口、D 口具有内部上拉电阻，并有一个上拉控制器，通过编程选择。

Table 22 Port Control Register Bits Summary

Port	Bit	DDR	Module Control	Pin	
A	0	DDRA0	KBD	KBIE0	PTA0/KBD0
	1	DDRA1		KBIE1	PTA1/KBD1
	2	DDRA2		KBIE2	PTA2/KBD2
	3	DDRA3		KBIE3	PTA3/KBD3
	-	--		-	-
	-	--		-	-
	-	--		-	-
	-	--		-	-
B	0	DDRB0	ADC	CH0	PTB0/ATD0
	1	DDRB1		CH1	PTB1/ATD1
	2	DDRB2		CH2	PTB2/ATD2
	3	DDRB3		CH3	PTB3/ATD3
	4	DDRB4		CH4	PTB4/ATD4
	5	DDRB5		CH5	PTB5/ATD5
	-	--		-	-
	-	--		-	-
C	0	DDRC0			PTC0
	1	DDRC1			PTC1
	-	--			-
	-	--			-
	-	--			-
	-	--			-
	-	--			-
D	0	DDRD0	SPI		PTD0/SS
	1	DDRD1			PTD1/MISO
	2	DDRD2			PTD2/MOSI
	3	DDRD3			PTD3/SPSCK
	4	DDRD4	TIM1		PTD4/T1CH0
	5	DDRD5			PTD5/T1CH1
	6	DDRD6	TIM2		PTD6/T2CH0
	-	--			-
E	0	DDRE0	SCI		PTE0/TxD
	1	DDRE1			PTE1/RxD

- 增强型串行通讯口和串行外设接口。其中 SPI 扩展为并行口驱动 LED 进行显示。
- 内置 COP 模块，完成 Watchdog 功能，防止软件死锁。

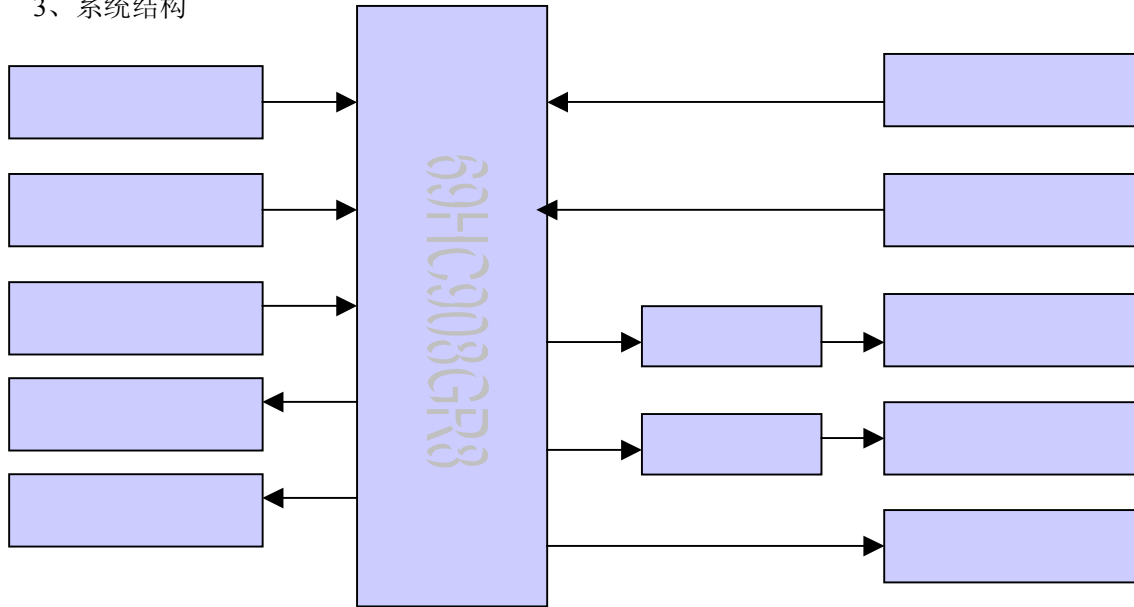
Table 1 . Vector Addresses

Vector Priority	Vector	Address	Vector
Lowest	IF16	\$FFDC	Timebase Vector (High)
		\$FFDD	Timebase Vector (Low)
	IF15	\$FFDE	ADC Conversion Complete Vector (High)
		\$FFDF	ADC Conversion Complete Vector (Low)
	IF14	\$FFE0	Keyboard Vector (High)
		\$FFE1	Keyboard Vector (Low)
	IF13	\$FFE2	SCI Transmit Vector (High)
		\$FFE3	SCI Transmit Vector (Low)
	IF12	\$FFE4	SCI Receive Vector (High)
		\$FFE5	SCI Receive Vector (Low)
	IF11	\$FFE6	SCI Error Vector (High)
		\$FFE7	SCI Error Vector (Low)
	IF10	\$FFE8	SPI Transmit Vector (High)
		\$FFE9	SPI Transmit Vector (Low)
	IF9	\$FFEA	SPI Receive Vector (High)
		\$FFEB	SPI Receive Vector (Low)
	IF8	\$FFEC	TIM2 Overflow Vector (High)
		\$FFED	TIM2 Overflow Vector (Low)
	IF7	\$FFEE	Reserved
		\$FFEF	Reserved
	IF6	\$FFF0	TIM2 Channel 0 Vector (High)
		\$FFF1	TIM2 Channel 0 Vector (Low)
	IF5	\$FFF2	TIM1 Overflow Vector (High)
		\$FFF3	TIM1 Overflow Vector (Low)
	IF4	\$FFF4	TIM1 Channel 1 Vector (High)
		\$FFF5	TIM1 Channel 1 Vector (Low)
	IF3	\$FFF6	TIM1 Channel 0 Vector (High)
		\$FFF7	TIM1 Channel 0 Vector (Low)
	IF2	\$FFF8	PLL Vector (High)
		\$FFF9	PLL Vector (Low)
	IF1	\$FFFA	IRQ Vector (High)
		\$FFFB	IRQ Vector (Low)
—	\$FFFC	SWI Vector (High)	
	\$FFFD	SWI Vector (Low)	
Highest	—	\$FFFE	Reset Vector (High)
		\$FFFF	Reset Vector (Low)

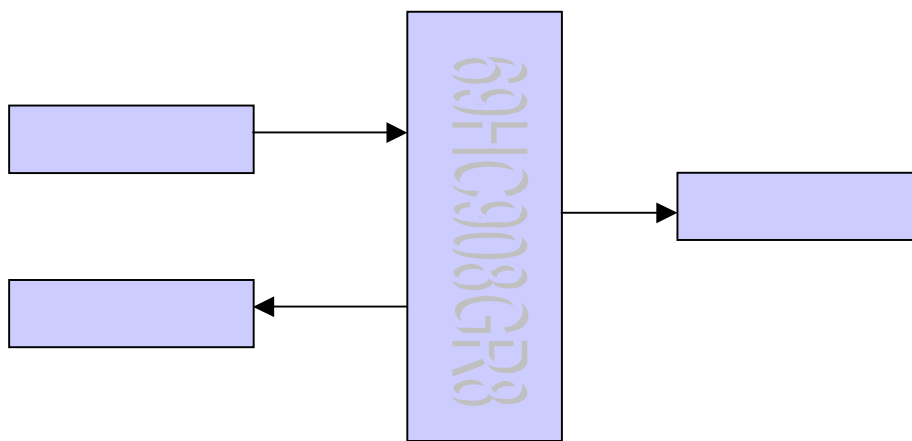
- 两种节电方式（等待和停机）.CPU 执行 WAIT 指令，使之进入 WAIT 方式。在

WAIT 方式时，停止时钟使 CPU 停止工作，其他功能模块可以继续工作，使工作电流 I 降至 12mA。在 stop 模式下除 IRQBILVI 可工作外，其他模块都停止工作。内部和外部的复位即允许的中断请求信号可以使 CPU 退出 WAIT 模式。外部中断键盘中断信号外部或 LVI 复位信号，可使 CPU 退出 STOP 模式。

3、系统结构



主控制器系统组成框图



遥控器系统组成框图

系统分两个主要部分：热水器主控制器与遥控器，采用两片 68hc908gr8 分别实现。

1、电源与时钟电路。

电源电路由变压桥、整流桥、滤波电阻、压敏电阻和集成稳压电路 MC7812T 及 MC7805T 组成，可为控制器提供+5V 和+12V 电源.OSC1,OSC2 外接 8kHz 晶体振荡器。

2、键盘。

控制器的功能及参数设定都是通过按键来实现,本系统主控制器两个按键完成直接加热及查询水位的功能,采用键盘中断模式,PTA2,PTA3 作为按键的输入口。遥控器键盘采用矩阵式,当有按键按下是引发键盘中断,通过逐行扫描判断所按键号,送寄存器保存并发送,主程序接收到键号后在键盘处理程序中进行处理。机械式开关在断开和闭合瞬间有抖动过程,程序设计中采用软件延时消抖。

3、显示电路

考虑到使用环境空气湿度较大,故主控制器显示采用 LED 数码管进行显示。采用 SPI 主方式扩展两片 74LS164,作为七段显示器静态显示的段数据输出口。

在无按键状态下,主控制器显示当前水温,遥控器显示当前时间;当进行设定或查询时,遥控器 lcd 及主控制器 led 均闪烁显示设定或查询信息,按键放开一定时间后自动返回一般状态。

4、实时水温及水位检测电路。热敏电阻将温度信息转换为电压信息,经 A/D 转换模块中 PTB0 输入 CPU,查表后得到实时水温。水位检测为三个并联的不同阻值的电阻,电路的电极电流较小(几个微安),电腐蚀小,适用水电阻变化范围大(几 K — 100K 欧)。某电阻所在水位未到达,电阻截止;水位到达,电阻导通,组成并联电路。将不同阻值所分得的电压经 PTB1 转换后,可判断出水位信息(高、中、低、干烧)。

5、漏电检测及报警电路

热水器工作环境潮湿,为了保证使用者安全,控制器应具备漏电检测功能。检测电路见附图,在正常情况下,流过磁环的电流大小相等,方向相反,磁环检测线圈无感应电流信号,漏电检测集成电路输出低电平。当出现漏电电流时,由于流过磁环的电流不平衡,于是磁环检测线圈感应出漏电信号,经集成电路 M54123L 放大输出高电平,经三极管倒相后输出至 CPU。CPU 接收到漏电信号,则停止加热保温及键盘操作,结束工程程序并发出报警信号,电源指示灯闪烁警示,蜂鸣器连续鸣响。

正常情况下,CPU 每隔 10ms 就发出一个漏电保护可靠性自检脉冲,代替普通漏电开关的试验按钮,控制晶体管导通,于是磁环流过一个大于 10mA 的电流,该电流作为模拟漏电信号被磁环检测,经 M54123L 放大及三极管倒相后,输出至 CPU。CPU 自动判断是否为自检信号以及自检是否合格,有信号则自检合格,继续执行程序;无信号则自检不合格,自动停止加热保温及键盘操作,结束工作程序并发出报警信号,电源指示灯闪烁警示,蜂鸣器连续鸣响,从而确保电热水器的安全使用。在漏电保护及自检不合格情况下,只有关闭电源及排除故障后,重新接通电源才能工作。

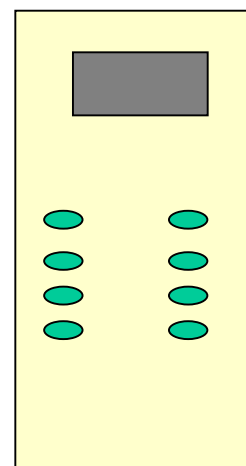
6、加热及继电器失控保护电路:在如图所示的电路中,在电脑电热水器正常工作状态下,二继电器动作触点对加热管的电源能执行双极断开,可有效地保证当停止加热时,加热系统可完全与外电隔离,两只单极继电器同时出现故障的几率是极低的,但在热水器正常寿命期间,单只继电器出现此故障却是极有可能的,而且,此时如不及时处理解决,另一继电器很有可能不久后也跟着产生此类故障而导致真正的危险。因此,解决问题的关键是必须在有一继电器出现此故障后,系统可以及时检测到,并依靠另一暂时尚可以正常工作的继电器执行系统的安全保护措施采用如图所示的电路,可以有效地检测到两个继电器中任一个或同时两个触点出现粘死、不断开故障时的情况。

7、遥控部分采用简单控制电路,又不会减少功能,将有些硬件电路用软件实现,并且充分考虑到了抗干扰问题。整个遥控器由于电池供电需要节省能量,采用低功耗模式,系统不工作时处于 stop 状态,用键盘信号中断低功耗模式进入正常模式(按键唤醒系统),低压复位采用 MC34064 复位。键盘接入采用双列矩阵式,接入 PTA0~PTA3 口,设置为 keyboard 状态,这样键盘一按下马上产生键盘中断(2*4),使系统由 stop 状态退出进入正常状态。晶

振为 6MHZ。红外信号输出采用软件编码方式，主控制器软件解码。为节省成本，显示采用 LCD 定制显示方式，时分割驱动方式(驱动使用 4543 驱动+译码)。

遥控器外观如右图：

- 1 开/关机
- 2 设置温度
- 3 预约（设置时间）
- 4 加一
- 5 减一
- 6 设置加热方式
- 7 察看水位信息
- 8 校时（系统时钟）



四、软件设计

统软件由主程序，中断服务程序及若干功能模块子程序组成。

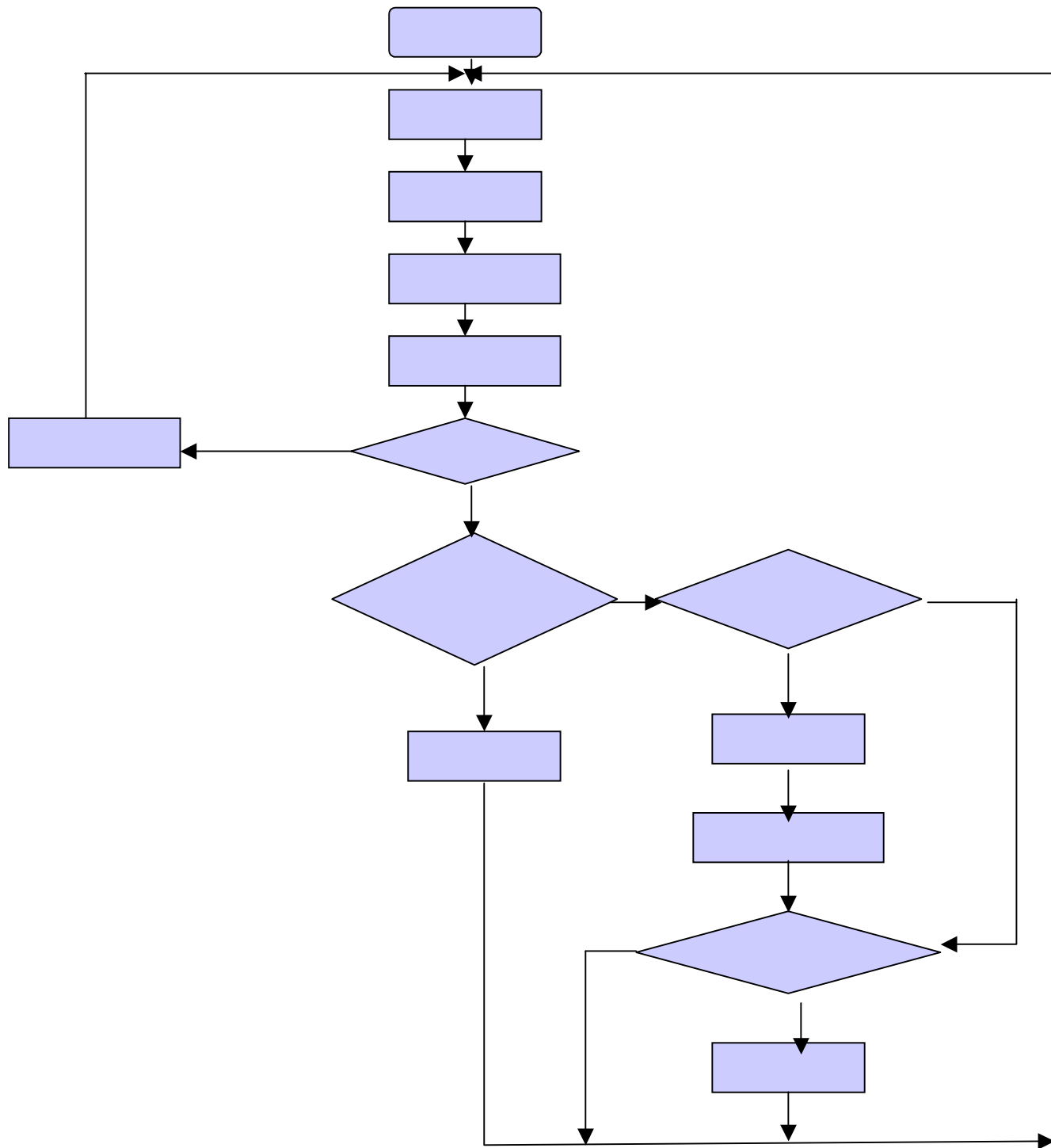
其中主控制器子程序包括 A/D 转换子程序（水位、水温），键盘处理及显示子程序，加热控制子程序（使用输出比较功能），红外信号接收子程序（使用输入捕捉功能），漏电、干烧保护子程序，TBM 模块日历钟子程序，数据保存子程序，延时子程序等组成。中断主要有定时中断，键盘输入中断，TIM 输入捕捉中断，TBM 模块中断等。

遥控器子程序主要有按键处理子程序，红外信号发射子程序，LCD 显示子程序，TBM 模块日历钟子程序。终端有定时中断，按键中断，TBM 模块中断等。

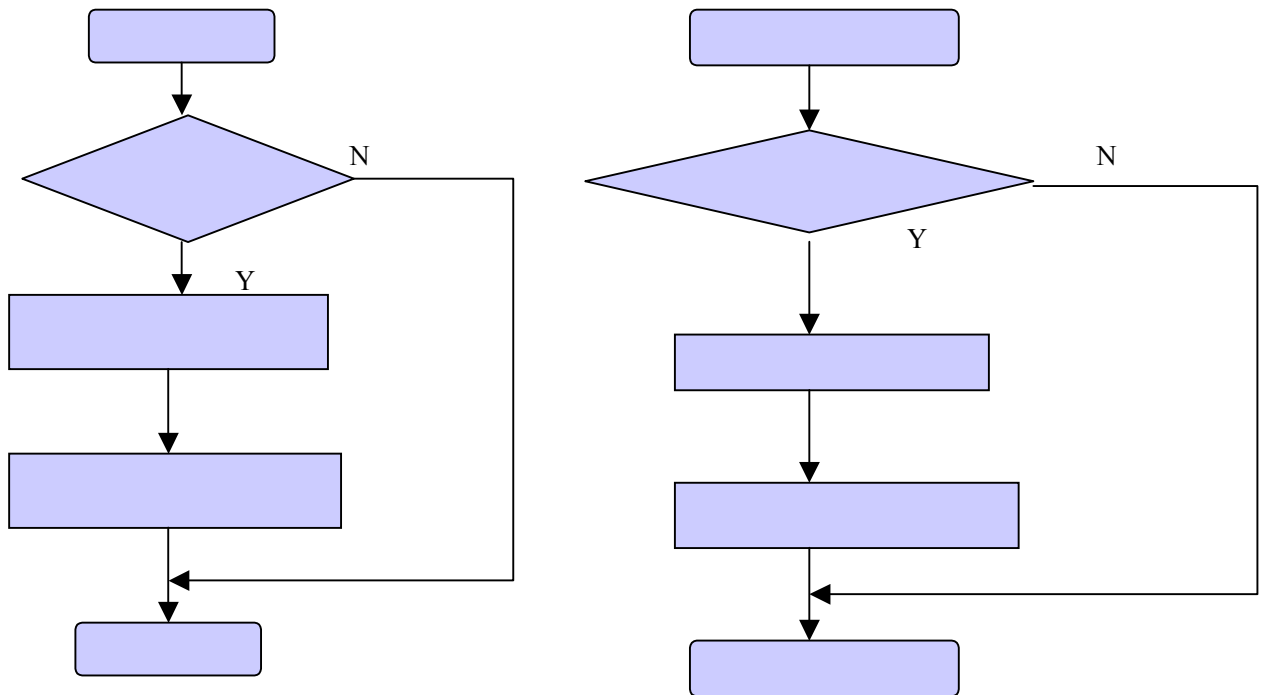
1主程序。主程序要先初始化系统的工作参数，主要是CPU 的定时器，COP 模块、A/D转换、端口、键中断等的工作模式参数设定。之后系统主程序循环调用各个功能模块子程序。对相关事件的处理依靠标志位和判断标志位实现。

3、加热控制子程序。判断标志位有否预约、加热标志。之后依流程进行处理。为防止加热丝频繁启动，加热控制采用回差控制，停止加热后只有实时水温低于目标温度一定温度后，才会再次启动加热丝工作。为满足不同功率要求，加热方式有快速加热和普通两种，在一般情况下及预约状态下均采用普通方式，以控制用电功率。

4、遥控信号处理子程序。发送：当遥控器按键按下，设置标志位，并通过动态扫描方式读取键号，之后按标志位及键号利用输出比较进行编码发送。接收：利用输入捕捉功能获得建好，接受成功后设标志位并读取键号供主程序进行处理。



2 键盘处理及显示子程序。此程序主要是判断 I/O 口的高低电平进行的。有按键按下进入键中断置标志位，等松开后再进行相应的处理。在进行设置及查询操作时会闪烁显示设置及查询结果，否则显示实时水温。



5、延时子程序。所有工作多处用到定时及延时子程序：键盘判断消抖延时，闪烁显示时的显示及消隐延时，输入捕捉，日历钟等。

6、安全保护子程序。在正常情况下，漏电检测电路输出高电平。一旦出现漏电现象，漏电检测电路输出的电平，引起中断。并以最快速度使漏电保护电路切断整个电源电路，保证使用者安全。当温度过高或水位过低时，自动关加热并开启蜂鸣器向主人报警有异常情况发生。

五、设计扩展

随着信息技术的发展，智能化的家用电器将逐渐走进人们的家庭。在该设计基础上，利用 68HC908GR8 丰富的片上资源及 SCI、USB 模块通过电话线或网线和家用电脑及因特网相连，可实现对家用电器的远程集中控制，从而使人们的生活更加更加轻松方便。

参考文献：

《MC68HC08 系列单片机原理与应用》张友德，涂时亮，陈章龙

《微电脑热水器的控制》李建国

《电脑电热水器继电器非正常状态下的保护措施》刘筱明

《微电脑控制多功能热水器》张静，陈新建

