

# 用 MSP430 实现斜率 A/D 转换的温度控制系统

冯月晖

(西南科技大学信息与控制工程学院 四川绵阳 621010)

**摘要:**介绍了用 MSP430F1121 内部电路和软件来实现 A/D 转换并实现温度采集的温度控制系统。

**关键词:**单片机 斜率 A/D 转换 PI 控制 可控硅 温度控制

**中图分类号:**TP273 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-8755(2004)01-0030-04

## Temperature Controlling System by MSP430 to Realize A/D Transform of Slope

Feng Yuehui

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, Sichuan, China)

**Abstract:** This paper introduces a method of realizing A/D transform by using MSP430F1121 interior circuit and software, and realizing temperature controlling system of temperature collecting.

**Key words:** SCM; A/D transform of slope; PI control; controllable silicon; temperature controlling

在许多单片机测控系统中,系统的前端都要进行数据采集,由于采集的数据一般都是模拟信号,这就要求把被测的模拟量进行 A/D 转换,以便将其转换为数字量,供单片机处理。有两种方法可以实现:一是采用专用的 A/D 转换芯片,精度高、速度快,但是价格高;二是利用单片机内部的资源配合软件来实现 A/D 转换,降低了成本,但是精度和速度都比专用的芯片要差一些。在实际应用中,中小型系统一般对 A/D 转换的转换速度要求并不高,而对它的价格、通用性和使用的难易程度提出了一定的要求。本文要介绍的正是利用单片机内部电路和有关软件来实现 A/D 转换,并通过 PI 控制方式,采用可控硅控制加热回路,达到全自动单点平滑控制的温度控制,并简明显示温度范围。

### 1 斜率 A/D 转换

MSP430F1121 超低功耗微处理器是 TI 公司推出的一种新型单片机。它具有 16 位精简指令结构,内含 4K 字节 FLASH ROM, 2K 字节 RAM, 片内资源丰富, 若干 TIME、串行口、WATCHDOG、比较器、模拟信号, 有多种省电模式, 功耗特别小, 一颗电池可工作 10 年。1.8V ~ 3.6V 低电压供电; ESD 保护, 抗干扰力特强。开发简单, 仿真器价格低廉, 自带 JTAG 下载接口, 支持在线下载程序代码, 不需昂贵的编程器。

所谓斜率 A/D 转换器就是利用外接电容的充电和放电来实现 A/D 转换。在 MSP430F1121 中, 内置模拟比较器和 16 位定时器, 外接一个电阻和电容, 就可以构成斜率 A/D 转换器。如图 1 为斜率 A/D 转换原理示意图。

从图 1 中可以看出, 被测电压  $V_{in0}$  由 CA0 端输入, 电阻  $R_{ref}$  和电容  $C_M$  构成充电和放电电路。斜率 A/D 转换分为两个过程: 第一个过程是取  $0.25 \times V_{cc}$  作为参考电压。将 P1.y 置位,  $C_M$  充电至  $V_{cc}$  后〔充电时

间可由电容 CM 容量和电阻 Rref 的大小决定和调节),将 P1.y 复位,通过电阻 Rref 放电至  $0.25 \times V_{cc}$ ,引起比较器输出反相,放电时间  $T_{vcc}$  用定时器 A 测量。第二个过程,开关 PCA0 被置位,内部基准电压用 CAREF - 1 关断,将重新充电至  $V_{cc}$  的电容 CM 重新放电,放电至被测电压时,比较器输出反相,放电时间  $T_m$  也用定时器 A 测量。充电放电时,电容 CM 上的电压随之变化。被测电压  $V_{in0}$  可由下面的公式计算:

$$V_{in0} = V_{cc} \times \frac{R_1 + R_2}{R_2} \times e^{-\frac{t_m}{t_{vcc}}} \times \ln \frac{V_{caref}}{V_{cc}}$$

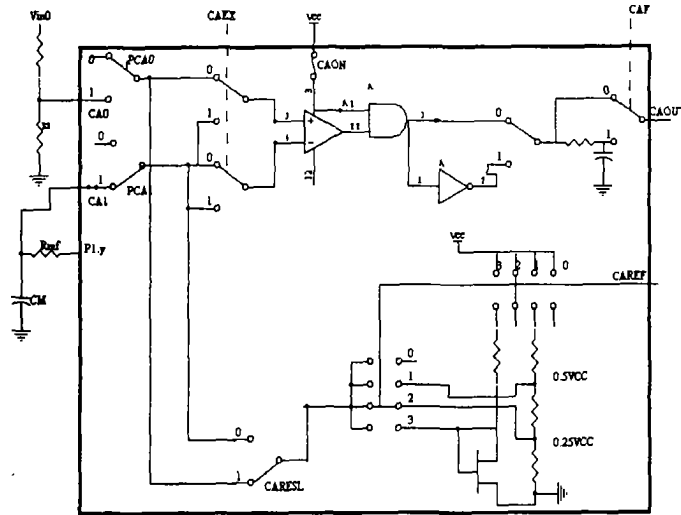


图 1 斜率 A/D 转换原理示意图

## 2 A/D 转换实现的温度控制系统

### 2.1 硬件电路框图(见图 2)

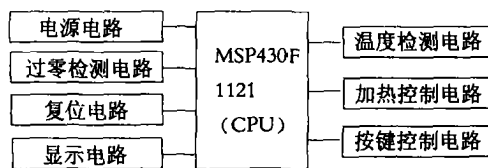


图 2 温度控制系统硬件电路框图

### 2.2 电路原理图(见图 3)

### 2.3 系统说明

在如图 2 所示的电路原理图中:(1)过零检测电路由 Q3、R21、R20 构成,每当电源电压[交流正弦波]过零点时,Q3 关断,信号 RQ 为高电平,此信号输入 CPU 中的外部中断口,产生外部中断。(2)温度检测电路由温度传感器、R22、电容 C7、R212 构成,进行温度采集。温度传感器的电阻值与温度成正比线性关系,CPU 通过斜率 A/D 计算出温度传感器的电阻值,再用温度传感器与温度的一一对应关系,就能够得出当前的温度值。(3)加热控制电路由加热体[如发热棒,电阻丝等]、可控硅、光耦 U4、Q1 等组成,主要用于控制加热回路的电流。(4)显示电路由 16 只发光二极管和两个移位寄存器 74LS164 组成,每当温度上升系统精度刻度值,就点亮一只发光二极管,以示温度的当前值。系统精度可以设置为 0.5~2.0 度范围。

### 2.4 系统工作原理

CPU 根据温度检测电路检测回的当前温度值,通过 PI 运算,确定当前需要控制的可控硅的触发角的度

数,再计算并转换为从电源电压[交流正弦波]过零点时刻起,需要延时多少时间[ $T_g$ ]开始触发可控硅,然后在电源电压[交流正弦波]过零点时,延时  $T_g$  时间,再触发可控硅,导通加热回路进行加热。当温度逐渐上升,可控硅的导通角越小,需延时的时间  $T_g$  越大。当温度上升到设定的温度值附近,基本不触发可控硅,加热回路不进行加热,当温度下降时,又进行加热。

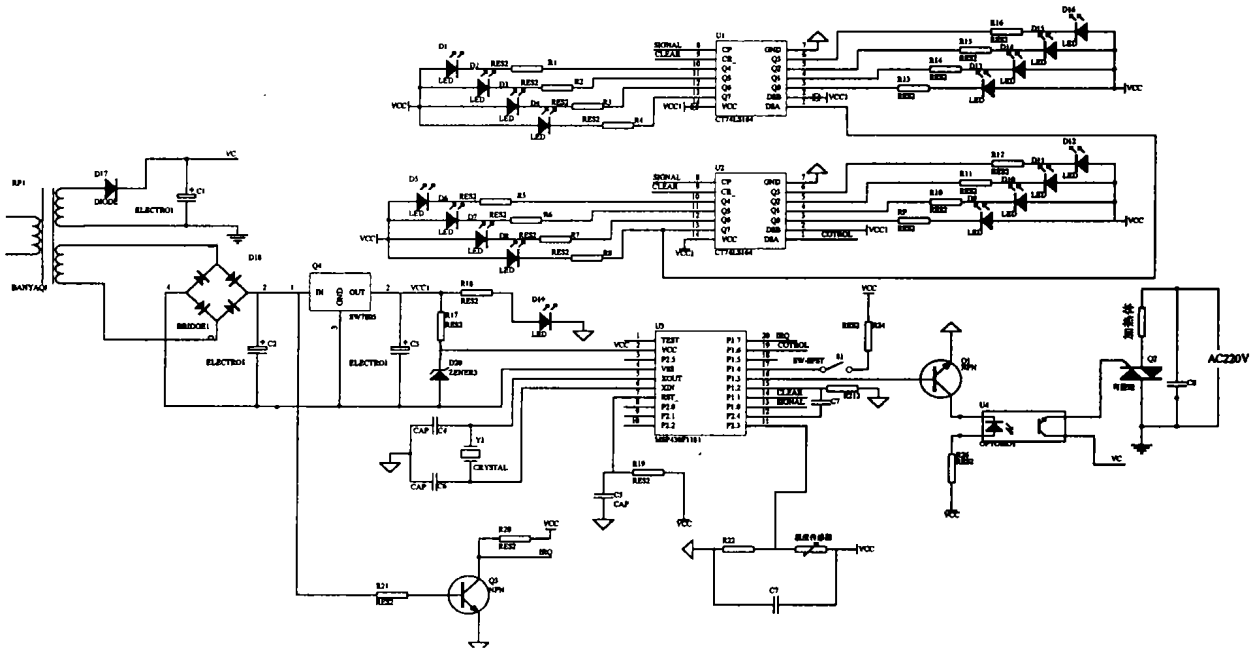


图 3 系统电路原理图

### 2.5 软件设计

主程序流程如图 4 所示

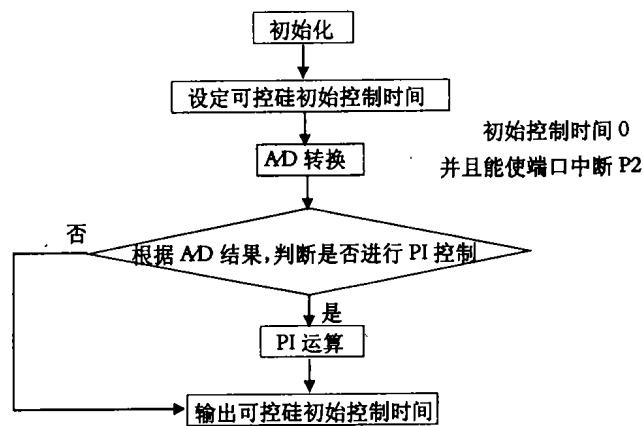


图 4 主程序流程图

本系统的关键技术在于使用斜率 A/D 转换来进行温度采集,其斜率 A/D 转换子程序清单如下:

```

Init_Charge      MOV      #10H,&CACTL1      ;第一次充电
                  MOV      #08H,&CACTL2
                  MOV      #04H,&P1DIR
                  MOV      #04H,&P1OUT
    
```

	CALL	DELAY	;延时
Init __ Marhrge	MOV	#0204H,&TACTL	; 第一次放电
	MOV	#5924H,&CCTL1	
	MOV	#18H,&CACTL1	
	MOV	#08H,&CACTL2	
	BIS	#20H,&TACTL	;开始计数
	BIC	#04H,&P1OUT	;开始放电
Init __ Wait	BIT	#0001H,&CCTL1	;捕获
	JZ	Init __ Wait	;等待
	MOV	&CCR1,R8	;捕获到,将结果存入寄存器 R8
	BIC	#0001H,&CCTL1	;清除捕获标志
AD __ Charge	MOV	#00H,&CACTL1	;第二次充电
	MOV	#0CH,&CACTL2	
	BIS	#04H,&P1OUT	
	CALL	DELAY	
AD __ Dcharge	MOV	#0204H,&TACTL	;第二次放电
	MOV	#5924H,&CCTL1	
	MOV	#08H,&CACTL1	
	MOV	#0CH,&CACTL2	
	BIS	#20H,&TACTL	;开始计数
	BIC	#04H,&P1OUT	;开始放电
AD __ Wait	BIT	#0001H,&CCTL1	;捕获
	JZ	# AD __ Wait	;等待
	MOV	&CCR1,R9	;捕获到,将结果存入寄存器 R9
	BIC	#0001H,&CCTL1	;清除捕获标志
	JMP	Init __ Charge	
	DELAY	MOV #07H,R15	
Large __ loop	MOV	#0FFFFH,R14	
Small __ Loop	Mar	R14	
	JNZ	Small __ Loop	
	Mar	R15	
	JNZ	Large __ loop	
	RET		

### 3 系统测试结果与结论

对于 1 m × 1 m × 1 m 体积的箱体温度控制,如消毒柜,恒温箱等,由于箱体内温度在调节过程中不平衡,且本系统为单点温度控制,经过测试,在加热体功率为 1500 W 时,从开始升温(如 35 ℃)到温度升至 90 ℃所需时间为 2 ~ 3 min,此过程中,箱体内温度差为 20 ℃左右。此后开始 PI 调节,调节过程中,最低温度点缓慢上升,当箱体内温度相差 10 ℃左右时,所需调节时间约为 20 min。因此,调节过程时间应重新设置,此后应进行温度冲击,最后进行 PI 调节。

(下转第 41 页)

上述结构中的前两项参数决定了 ICMP 的类型。如:type 0x03 是表示 unsearchable,这时 code 的不同表示了不同的 unsearchable:0x00 表示网络不可寻,0x01 表示主机不可寻,0x02 表示协议不可寻,0x03 表示端口不可寻,0x05 表示源路由失败,0x06 表示网络不可知,0x07 表示主机不可知。

以上主要分析了网络监听协议的报头结构,利用这些结构就可以较方便地写出协议分析模块,由于篇幅限制,本文就不列出完整的协议分析程序了。

### 参考文献

- 1 谭思亮. 监听与隐藏[M]. 北京:人民邮电出版社,2002
- 2 贾明,严世贤. Linux 下的 C 编程[M]. 北京:人民邮电出版社,2001



(上接第 33 页)

通过测试证明,本系统温度可根据用户要求设定,可选择在 40℃ ~ 180℃ 之间任意两个温度点。对所控制的温度点的温度精度较高,误差为  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。由于它价格低廉,性能指标好,可广泛应用于家用电器,如消毒柜、工业现场的温度控制等。

### 参考文献

- 1 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000
- 2 陈粤初,窦振中,等. 单片机应用系统设计与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1992