

AN070224

基于 I²C 总线的多点温度采集系统

Rev 1.0 Date: 2009/05/15

文件信息

类别	内容
关键词	P89LPC9221, I ² C, 多点温度采集
摘要	本文主要叙述了基于 I ² C 总线的多点温度采集系统功能、各模块硬件设计、软件流程及使用方法。

<http://www.zlgmcu.com>

广州周立功单片机发展有限公司



技术支持

如果您对文档有所疑问，您可以在办公时间（星期一至星期五上午 8:30~11:50；下午 1:30~5:30；星期六上午 8:30~11:50）拨打技术支持电话或 E-mail 联系。

网 址： www.zlgmcu.com

联系电话： +86 (020) 22644358 22644359 22644360 22644361

E-mail: 80c51mcu@zlgmcu.com

销售与服务网络

广州周立功单片机发展有限公司

地址：广州市天河北路 689 号光大银行大厦 12 楼 F4 邮编：510630

电话：(020)38730972 38730976 38730916 38730917 38730977

传真：(020)38730925

网址：<http://www.zlgmcu.com>

广州专卖店

地址：广州市天河区新赛格电子城 203-204 室

电话：(020)87578634 87569917

传真：(020)87578842

南京周立功

地址：南京市珠江路 280 号珠江大厦 2006 室

电话：(025)83613221 83613271 83603500

传真：(025)83613271

北京周立功

地址：北京市海淀区知春路 113 号银网中心 A 座 1207-1208 室（中发电子市场斜对面）

电话：(010)62536178 62536179 82628073

传真：(010)82614433

重庆周立功

地址：重庆市石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦（赛格电子市场）1611 室

电话：(023)68796438 68796439

传真：(023)68796439

杭州周立功

地址：杭州市天目山路 217 号杭州电子科技大楼 502 室

电话：(0571)28139611 28139612 28139613

传真：(0571)28139621

成都周立功

地址：成都市一环路南二段 1 号数码同人港 401 室（磨子桥立交西北角）

电话：(028)85439836 85437446

传真：(028)85437896

深圳周立功

地址：深圳市深南中路 2070 号电子科技大厦 C 座 4 楼 D 室

电话：(0755)83781788（5 线）

传真：(0755)83793285

武汉周立功

地址：武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室华中电脑数码市场

电话：(027)87168497 87168297 87168397

传真：(027)87163755

上海周立功

地址：上海市北京东路 668 号科技京城东座 7E 室

电话：(021)53083452 53083453 53083496

传真：(021)53083491

西安办事处

地址：西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话：(029)87881296 83063000 85399492

传真：(029)87880865

目 录

第 1 章 适用范围.....	1
第 2 章 功能描述.....	2
2.1 主要技术指标.....	2
2.2 原理框图.....	2
第 3 章 芯片详解.....	3
3.1 单片机P89LPC9221	3
3.2 温度传感器LM75A.....	3
3.3 I ² C扩展器P82B96.....	4
第 4 章 I ² C总线简介	5
4.1 I ² C总线概述	5
4.2 I ² C总线基本概念	5
4.3 I ² C总线数据传输速率	5
4.4 I ² C总线上数据的有效性 (Data Validity)	6
4.5 起始条件和停止条件.....	6
4.6 传输多字节数据的时序图.....	6
第 5 章 方案设计.....	7
5.1 接口说明.....	7
5.2 操作流程.....	7
5.3 模块详解.....	8
5.3.1 单片机系统设计.....	8
5.3.2 电源模块.....	8
5.3.3 显示模块.....	9
5.3.4 报警模块.....	9
5.3.5 I ² C总线扩展模块	9
5.3.6 温度采集模块.....	10
第 6 章 软件设计.....	11
6.1 主程序流程.....	11
6.2 通过I ² C总线读温度值	11
6.3 74HC595 驱动数码管	15
第 7 章 总结.....	17
A.1 版本信息.....	18
A.2 版权声明.....	18

第1章 适用范围

温度检测是现代化检测技术的重要组成部分，在保证产品质量、节约能源和安全生产等方面都起着关键的作用。随着科学技术的发展，由单片集成电路构成的温度检测系统种类越来越多，测量精度越来越高，响应时间越来越短，因其使用方便、无需变换电路等特点已经得到广泛的应用。本文介绍了基于 I²C 总线的多点温度采集系统，可应用于系统温度管理、个人计算机、电子设备、工业控制器等场所，具有很大的现实意义。图 1.1 展示了多点温度采集系统的一些具体应用领域。



图 1.1 多点温度采集系统应用领域

基于 I²C 的多点温度采集系统由主机和从机两大部分构成。主机以 P89LPC9221 单片机为核心控制器，集成了显示和按键选择等功能。从机以智能温度传感器 LM75A 为核心，具有报警功能。当被监测温度超过正常范围，蜂鸣器报警，提醒用户采取相应措施。主从机之间通过扩展的 I²C 总线实现远距离通讯。如图 1.2 所示。

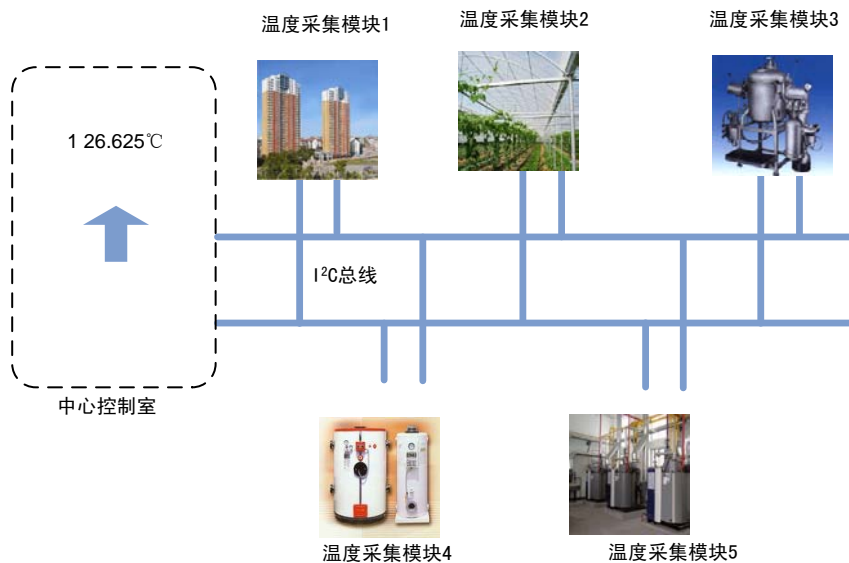


图 1.2 I²C 多点温度采集系统

第2章 功能描述

系统采用 NXP 单片机 P89LPC9221 和智能数字温度传感器 LM75A，设计了一款基于 I²C 总线的多点温度采集系统，系统最多可连接 8 个 LM75A，实现 8 路温度检测，且采用两片 74HC595 驱动八位数码管，通过按键实现传感器序号、温度值的切换。其主要功能有：传感器序号显示、温度值显示、过温报警、远距离通信。

2.1 主要技术指标

- 温度测量范围：-55℃ ~ +125℃；
- 温度分辨率：0.125℃；
- 温度精度：-25℃ ~ +100℃ 范围为 ±2℃，
-55℃ ~ +125℃ 范围为 ±3℃；
- 测温点数：8 路；
- 温度显示：8 位数码管；
- 按键控制：通过按键选择不同编号的 LM75A，以显示当前采集到的温度值；
- 通信距离：31kHz @1000 米；
- 过热报警：蜂鸣器报警。

2.2 原理框图

该系统采用模块化设计方法，整个系统主要分为 7 个电路模块：P89LPC9221 单片机最小系统模块、电源模块、LED 数码管显示模块、键盘输入控制模块、板载温度传感器模块、I²C 扩展模块、远距离传感器检测模块。各个模块独立设计，这样即提高效率又增加系统的可靠性。系统设计框图如图 2.1 所示。

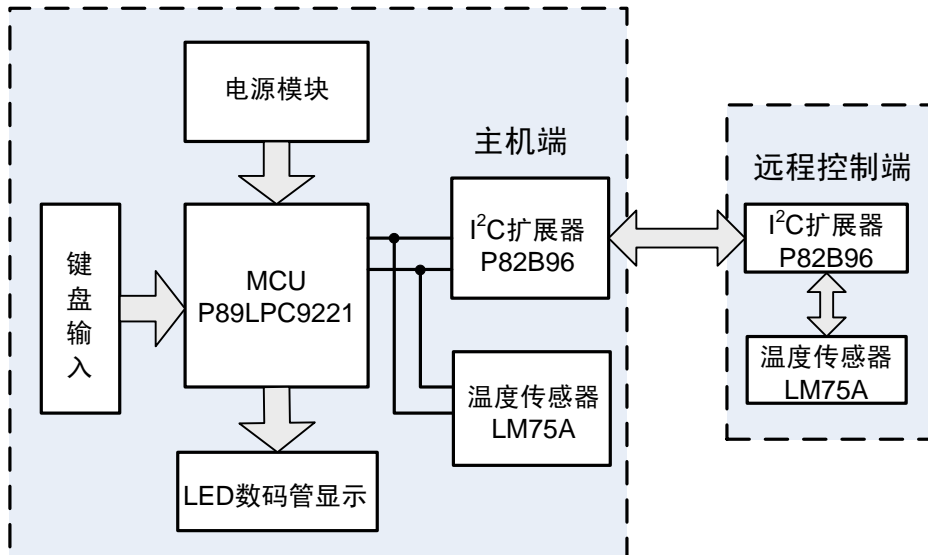


图 2.1 系统框图

第3章 芯片详解

如图 3.1 所示，系统使用 P89LPC9221 单片机作为主控制器，最多可采集 8 路温度，数据的通信是通过 I²C 总线实现的。I²C 数据传输距离有限，这里采用 I²C 扩展器 P82B96 扩展通信距离。

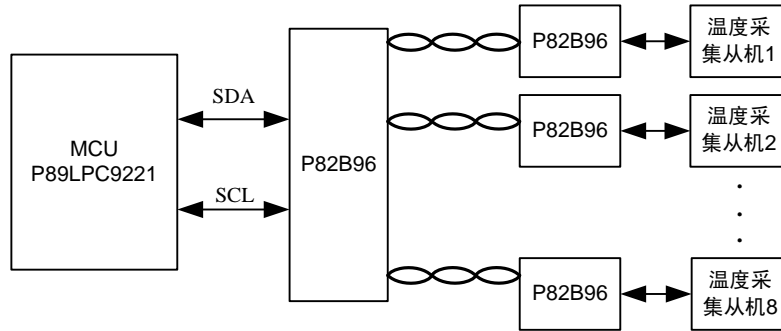


图 3.1 I²C 数据通信示意图

3.1 单片机P89LPC9221

P89LPC9221 是一款单片封装的微控制器，适合于许多要求高集成度、低成本场合，可以满足多方面的性能要求。P89LPC9221 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。P89LPC9221 集成了许多系统级的功能，这样可大大减少元件的数目和电路板面积并降低系统的成本。

主要特性

- 8kB Flash 程序存储器，具有 1kB 可擦除扇区和 64 字节可擦除页规格，可擦除单个字节；
- 256 字节 RAM 数据存储器；
- 2 个 16 位定时/计数器，每一个定时器均可设置为溢出时触发相应端口输出；
- 实时时钟可作为系统定时器；
- 2 个模拟比较器。可选择输入和参考源；
- 增强型 UART。具有波特率发生器、间隔检测、帧错误检测、自动地址识别和通用的中断功能；
- 400kHz 字节宽度的 I²C 通信端口；
- 可配置的片内振荡器及其频率范围和 RC 振荡器选项(通过用户可编程 Flash 配置位选择)。选择 RC 振荡器时不需要外接振荡器件。振荡器选项支持的频率范围为 20kHz~18MHz（最大）。可选择 RC 振荡器选项并且其频率可进行很好的调节；
- 操作电压范围为 2.4~3.6V。I/O 口可承受 5V（可上拉或驱动到 5.5V）。

3.2 温度传感器LM75A

LM75A 是一款高速 I²C 接口的温度传感器，可以在 -55℃~+125℃ 的温度范围内将温度直接转换为数字信号，并可实现 0.125℃ 的精度。MCU 可以通过 I²C 总线直接读取其内部寄存器中的数据，并可通过 I²C 对 4 个数据寄存器进行操作，以设置成不同的工作模式。LM75A 作为一种新型数字温度监控器在工控系统温度管理、电子设备、个人计算机领域得到广泛应用。LM75A 有 A2、A1、A0 三个可选的逻辑地址管脚，使得同一总线上可同时连接 8 个器件而不发生地址冲突。引脚分布如图 3.2 所示。

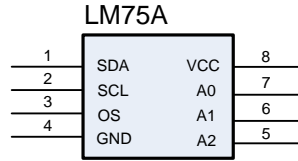


图 3.2 LM75A 引脚图

LM75A 各管脚功能描述如表 3.1 所示。

表 3.1 LM75A 管脚描述

管脚编号	助记符	描述
1	SDA	数字 I/O 口。I ² C 串行双向数据线，开漏口。
2	SCL	数字输入。I ² C 串行时钟输入。
3	OS	过热关断输出。开漏输出。
4	GND	地。连接到系统地。
5	A2	数字输入。用户定义的地址位 2。
6	A1	数字输入。用户定义的地址位 1。
7	A0	数字输入。用户定义的地址位 0。
8	V _{CC}	电源。

3.3 I²C 扩展器 P82B96

一般 I²C 总线的拓扑结构具有以下缺点。

- 信号传输距离有限，常用于一个 PCB 板之内；
- 总线上挂接的节点器件有限，受容性负载最大值 400pF 的限制；
- 速度只能取最低值，高速 I²C 器件速度发挥不出来；
- 如果要解决上述问题，一般方法是再增加一条或多条 I²C 总线，为不同的总线编写不同的程序，增加了工作量还降低了软件的可移植性。

针对这些问题，NXP 公司推出了性能优良的 I²C 扩展器，突破了以上的限制，使 I²C 总线的适用范围得到了极大的延伸。I²C 扩展器 P82B96 功能特性：

- P82B96 有 4000pF 输出容性负载，P82B715 有 3000pF 的输出容性负载；
- 远距离传输：31kHz@1000 米，85kHz@50 米，400kHz@10 米；
- P82B96 输入输出端口分离以便驱动光电二极管，起到光电隔离作用；
- P82B96 可电平转换；
- P82B96 有 2~15V 的工作电压范围；
- P82B96 还可以作为通用的准双向总线缓冲器。

第4章 I²C总线简介

LM75A 与微控制器的接口形式是 I²C 串行总线，因此有必要简要地介绍一下 I²C 总线协议标准。限于篇幅，这里不可能列出协议的全部内容，如果您希望了解更深层次的问题，请参考 NXP 公司的网站 (<http://www.nxp.com/>)，或周立功单片机公司的网站上相关的文档 (<http://www.zlgmcu.com>)，或何立民教授编著的《I²C 总线应用系统设计》。

4.1 I²C总线概述

飞利浦 (Philips) 于 20 多年前发明了一种简单的双向二线制串行通信总线，这个总线被称为 Inter-IC 或者 I²C 总线。目前 I²C 总线已经成为业界嵌入式应用的标准解决方案，被广泛地应用在各式各样基于微控器的专业、消费与电信产品中，作为控制、诊断与电源管理总线。多个符合 I²C 总线标准的器件都可以通过同一条 I²C 总线进行通信，而不需要额外的地址译码器。由于 I²C 是一种两线式串行总线，因此简单的操作特性成为它快速崛起的关键因素。

SDA 和 SCL 都是双向线路，都通过一个上拉电阻 (1~10k Ω) 连接到正电源电压 (图 4.1)。当总线空闲时，这两条线路都是高电平。与其连接的 I/O 需要支持漏极开路或集电极开路才能实现线与功能。I²C 总线上数据的传输速率在标准模式下可达 100kbps，在快速模式下可达 400kbps，在高速模式下可达 3.4Mbps。连接到总线的接口数量只受总线容抗 400pF 的限制。典型的 I²C 总线配置如图 4.1 所示 (注意共地)。

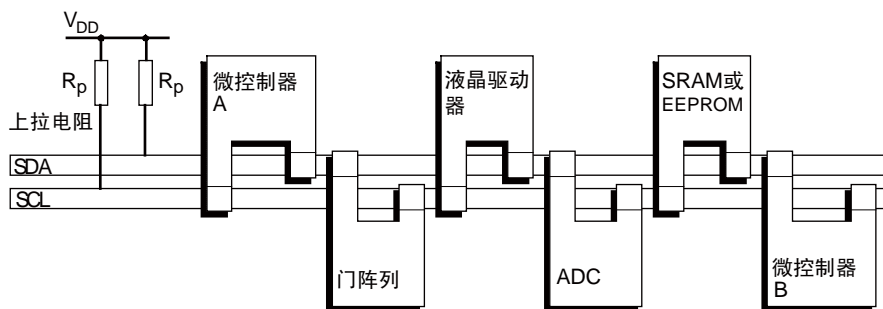


图 4.1 I²C 总线配置举例

4.2 I²C总线基本概念

- 发送器 (Transmitter): 发送数据到总线的器件;
- 接收器 (Receiver): 从总线接收数据的器件;
- 主机 (Master): 初始化发送、产生时钟信号和终止发送的器件;
- 从机 (Slave): 被主机寻址的器件。

I²C 总线是双向传输的总线，因此主机和从机都可能成为发送器和接收器。如果主机向从机发送数据，则主机是发送器，而从机是接收器；如果主机从从机读取数据，则主机是接收器，而从机是发送器。

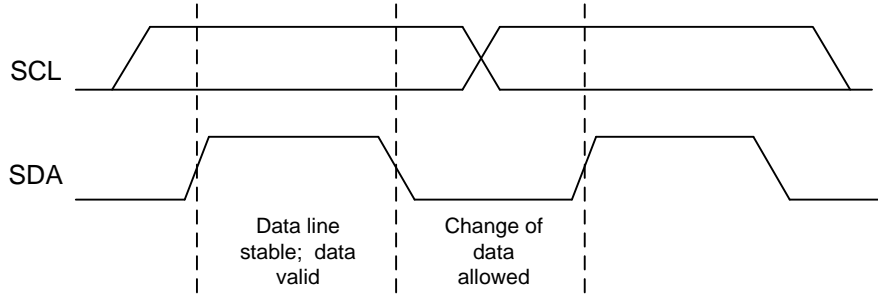
4.3 I²C总线数据传输速率

I²C 总线的通信速率受主机控制，能快能慢。但是最高速率是有限制的，I²C 总线上数据的传输速率在标准模式 (Standard-mode) 下最快可达 100kbps。当传输速率为 30kbps 时，传输距离可达 1000 米。

4.4 I²C总线上数据的有效性 (Data Validity)

数据线 SDA 的电平状态必须在时钟线 SCL 处于高电平期间保持稳定不变。除了 I²C 总线的起始和结束信号，SDA 的电平状态只有在 SCL 处于低电平期间才允许改变。

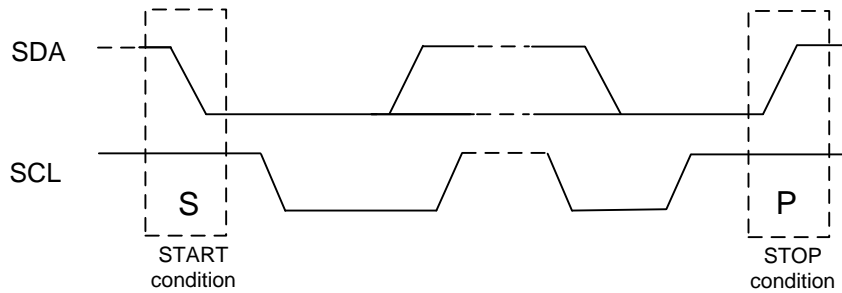
某些其它的串行总线协议可能规定数据在时钟信号的边沿（上升沿或下降沿）有效，而 I²C 总线是电平有效。



4.5 起始条件和停止条件

起始条件：当 SCL 处于高电平期间时，SDA 从高电平向低电平跳变时产生起始条件。总线在起始条件产生后便处于忙的状态。起始条件常常简记为 S。

停止条件：当 SCL 处于高电平期间时，SDA 从低电平向高电平跳变时产生停止条件。总线在停止条件产生后处于空闲状态。停止条件简记为 P。



4.6 传输多字节数据的时序图

下图为 I²C 总线通信中主机发送多字节时序图。

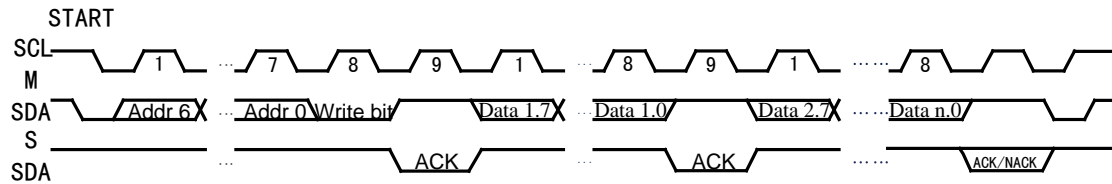


图 4.2 主机向从机发送多字节数据时序图

第5章 方案设计

5.1 接口说明

I²C 总线一般用于板内通信，因此系统使用 P82B96 扩展 I²C 总线通信距离。

使用时，P82B96 的一端连接单片机的 I²C 接口，另一端通过长线缆连接与其配对的 P82B96 上，LM75A 的 I²C 接口与从机端 P82B96 相连。用户只需将长线缆连接到两个 P82B96 两端，为了保证数据的有效性，当传输距离越远，传输速率越低。P82B96 工作电压为 2~15V。

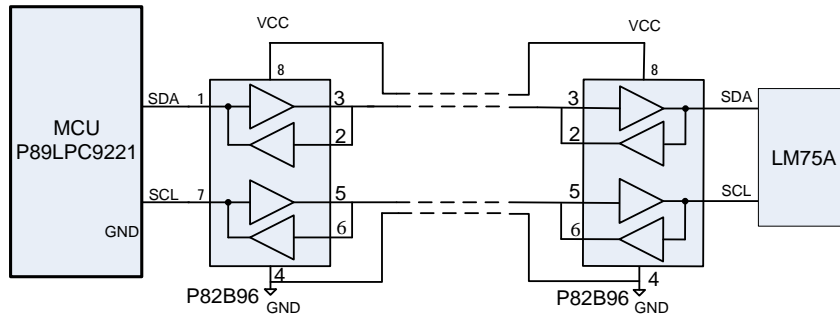


图 5.1 系统 I²C 通信示意图

注：一般具有 I²C 接口的器件其 SDA、SCL 管脚为开漏口，应用时必须接上拉电阻。

5.2 操作流程

整个系统的操作遵循图 5.2 所示。

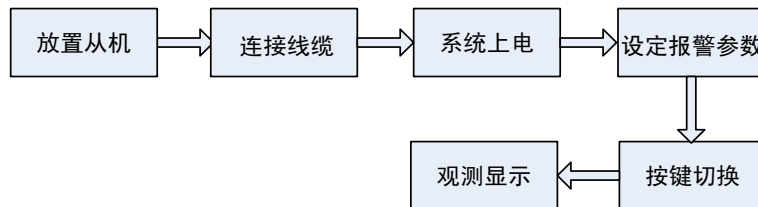


图 5.2 系统使用流程

系统操作流程说明：

- 放置从机：将从机放在各个目标环境，用于采集不同环境的温度；
- 连接线缆：用线缆连接两个 P82B96 之间的通信接口；
- 系统上电：本系统用 6V 电源供电；
- 设定报警参数：根据实际需要，设定过热报警温度值和滞后限制温度值。当温度达到过热报警值时，系统开始报警；采取降温措施后，当温度降至设定的滞后限制值时，系统停止报警；
- 按键切换：系统利用按键来切换显示，KEY1 用于温度传感器序号的递增，KEY2 用于温度传感器序号的递减；
- 观测显示：系统采用八位数码管显示，最高位显示温度传感器的序号，次高位显示温度的正负值（零上温度不显示，零下温度显示“-”），后六位显示温度值，其中包括三位小数位。

注：用户不需要一直观测温度值的显示，只需在蜂鸣器鸣叫时，采取相应的降温措施以得到当前所需的温度值。

5.3 模块详解

5.3.1 单片机系统设计

单片机最小系统模块原理图如图 5.3 所示。

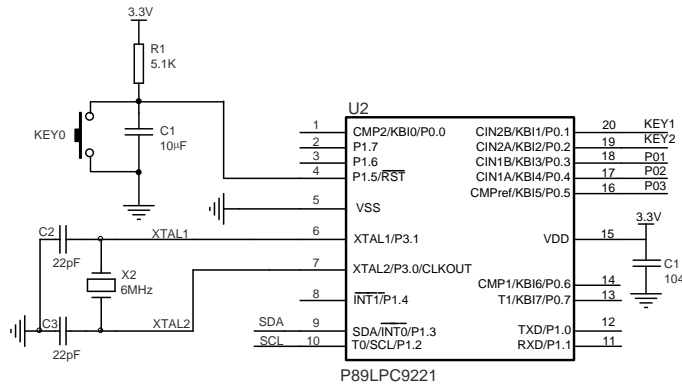


图 5.3 单片机最小系统

晶振电路给 CPU 提供工作时钟，本设计采用 6MHz 外部晶振作为系统时钟，图中电容 C2、C3 为谐振电容。一般情况下电容值取 15~30pF，本电路中选用 22pF。

复位电路一般有内部复位和外部复位。为了保证系统在使用中的灵活性，电路中使用外部复位。/RST 管脚设置为低电平有效的复位输入或当作一般的 I/O 口。当 UCFG1 寄存器中的 RPE 位（复位管脚使能）置位时，使能外部复位输入功能。当其清零时，复位脚可作为一个输入管脚。

5.3.2 电源模块

74HC595 工作电压为 5V，P89LPC9221 工作电压为 3.3V，因此前级电源需要提供 5V 和 3.3V 两种电源。在这里使用 10V 电源适配器，先经过第一级 LDO 得到 5V 电压，然后再经过第二级 LDO 得到 3.3V。

使用 SPX1117 有四大优点：价格低，输出电流高，外围电路简单，压差小，体积小。

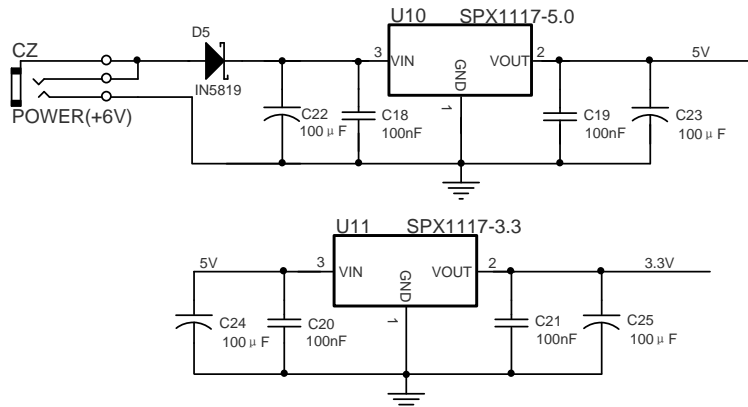


图 5.4 电源电路

图 5.4 电源电路采用低压差稳压器 SPX1117，它能稳定输出 0.8A 电流，满负载时其低压差仅为 1.1V，当输出电流减少时，静态电流随负载变化。它可用在一些小封装的设计中。SPX1117 使用时仅需几个电容即可。图中 D5 作用是防止电源反接。U10 为 SPX1117-5.0，为显示系统和 I²C 扩展系统提供稳定的 5V 直流电压；U11 为 SPX1117-3.3，为系统中单片机和温度传感器等提供稳定的 3.3V 直流电压。

5.3.3 显示模块

显示模块采用两片 74HC595 驱动 8 位共阳数码管，其中 U2 为段选驱动芯片，U3 为位选驱动芯片，模拟 SPI 总线与单片机相连，如图 5.5 所示。

8 位数码管显示数字，需要采用动态扫描方法，利用人眼的滞后效应，实现温度值的“同步”显示。根据图 5.5 硬件电路，具体显示方法是：首先送入数码管位选信号，对应位为 1 共阳数码管被选中。然后送入需要显示的 8 位段码值，每一个 SCK 上升沿数据移动一位。十六位数据传递完毕，RCK 上升沿时，将十六位数据送数码管显示。

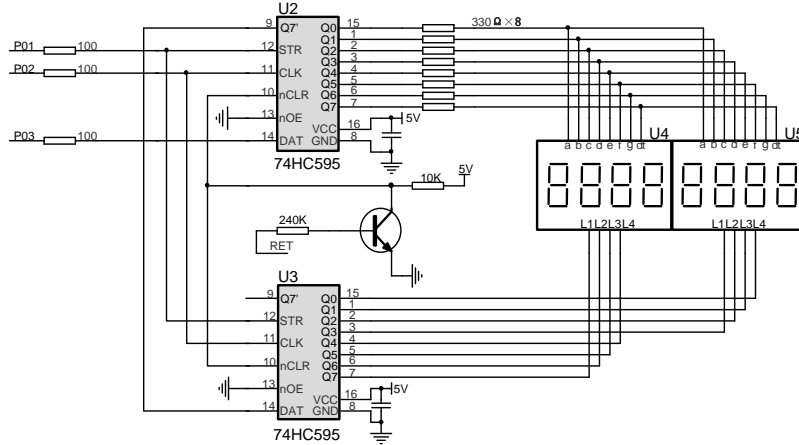


图 5.5 显示电路

5.3.4 报警模块

系统采用蜂鸣器报警，驱动蜂鸣器需要较大的电流，电路设计如图 5.6 所示。因为单片机的 I/O 口拉电流能力只有 0.4mA，而灌电流高达 20mA，因此使用 PNP 型三极管可以很轻松地驱动蜂鸣器，这里采用常见廉价的 8550。当 LM75A 采集的温度达到过热关断阈值时，OS 引脚输出低电平，三极管导通，蜂鸣器报警。

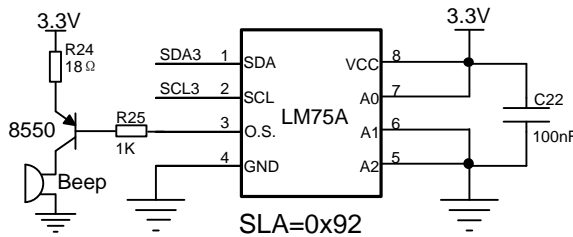


图 5.6 蜂鸣器报警电路

5.3.5 I²C 总线扩展模块

系统中需要采集不同区域的温度，而 I²C 总线一般用于板内通信，现在通信距离高达几百米，因此需要扩展 I²C 总线。系统中用 P82B96 作为 I²C 扩展器来解决通信距离过短的问题。图中 U4 为 P82B96 芯片，其一端接在单片机的 I²C 接口上，另一端通过长线缆连接与其配对的 P82B96 上，如图 5.7 所示。

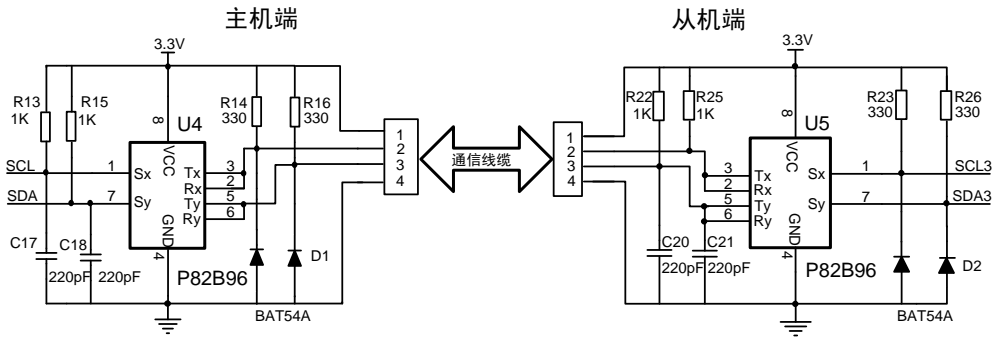


图 5.7 I²C 扩展电路

5.3.6 温度采集模块

LM75A 利用内置分辨率为 0.125°C 的带隙传感器测量环境温度，并将模数转换得到的 11 位的二进制数补码数据存放到温度寄存器 Temp 中，MCU 可以通过 I²C 总线直接读取其中的数据。读温度数据并不会影响在读操作过程中执行的转换操作。

由于 LM75A 的引脚 SCL、SDA 是开漏口，所以使用时需外接一个 2~10kΩ 上拉电阻。

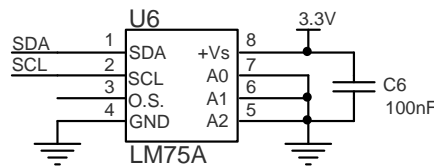


图 5.8 温度采集电路

第6章 软件设计

系统软件采用模块化思想设计，主要完成以下几项工作：系统初始化，读取温度数据，数码管显示，扫描键盘，设定传感器编号和报警阈值。

6.1 主程序流程

系统软件主程序调用相应子程序，完成读取温度数据、数码管显示、扫描键盘、设定传感器编号和报警阈值等功能。流程如图 6.1 所示。

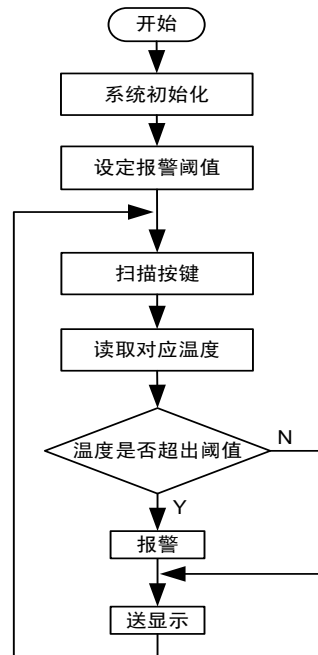


图 6.1 系统主程序流程图

- 系统初始化：包括单片机 I/O 口工作模式设置，显示缓冲区初始化等；
- 设定报警阈值：通过报警阈值功能键，设定过热报警阈值和滞后限制；
- 扫描按键：单片机判断是否有温度传感器选择键按下。若有键按下，则判断器件序号，并完成相应的操作；
- 读取对应温度：有键按下时，单片机首先获取温度传感器序号，然后通过 I²C 总线读取对应序号温度传感器的温度值；
- 温度是否超出阈值：判断读取的温度值是否超过设定的过热报警阈值，若超过，则传感器 LM75A 第三脚 OS 输出低电平，蜂鸣器报警；
- 送显示：单片机处理读取的温度信息后，送数码管显示。

6.2 通过 I²C 总线读温度值

单片机通过 I²C 总线读取传感器温度子程序流程，如图 6.2 所示。单片机从 LM75A 的温度寄存器 (Temp) 读取两字节温度数据，数据处理后存储在接收数据缓冲区。

读温度数据过程中，单片机是主机，温度传感器 LM75A 是从机。主机首先申请总线，然后发送从机地址和方向位“写”。若从机返回应答位，主机继续发送子地址，从机返回应答位后，重新启动总线，主机发送从地址，方向位改为“读”。从机返回应答位后，主机读取两字节温度数据。最后一字节的温度数据发送完毕后，从机返回一个非应答位，结束总线操作。

除了最后一字节数据外，每次“读”和“写”操作失败时，从机返回一个非应答位，表示总线操作不正确，结束总线操作或者等待重复起始信号。

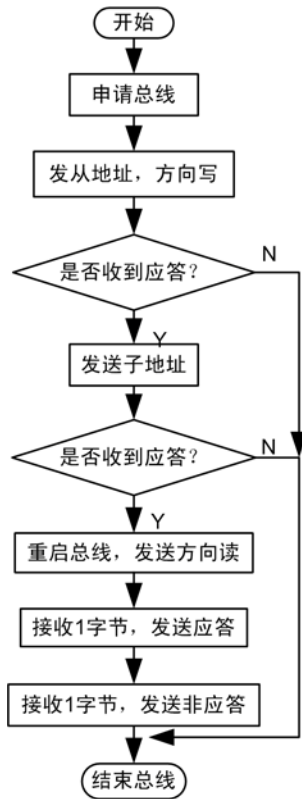


图 6.2 I²C 读取温度流程图

数字系统设计中，数字信号毛刺多，总线时序长，波形密集。人工分析波形，效率十分低下，可靠性也差。故本设计使用广州致远电子 LA 系列 LA1032 逻辑分析仪，观测并分析 I²C 总线传输数据。如图 6.3 所示。



图 6.3 LA1032 逻辑分析仪

LA1032 是一款功能强大的逻辑分析仪，它集成了总线分析、协议分析、频率计、逻辑笔等功能。LA1032 可同时观测 32 路数字信号，200MHz 的采样频率能有效捕捉实时瞬态信号，插件触发功能更方便于分析日趋复杂的数字电路。逻辑分析仪使用方法非常简单，首先用 USB 电缆连接逻辑分析仪和 PC 机，如图 6.4 所示。然后打开逻辑分析仪软件，软件界面中右下角有“在线”两个字，设备在线就可以正常使用了。

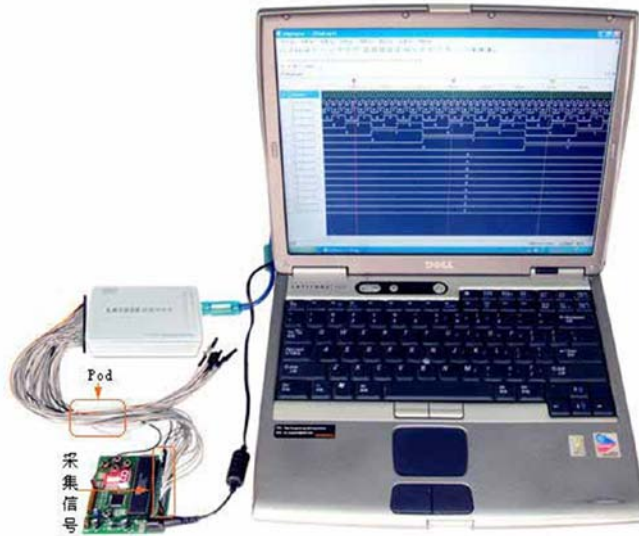


图 6.4 逻辑分析仪使用方法

单片机通过I²C总线，从温度传感器读取多字节温度数据程序见程序清单 6.1 所示。调用此子程序要确定 4 个变量：sla从器件地址，suba子地址，读出的内容存储区指针，no读出的字节数。比如从I²C从器件地址为 0x90 的传感器中读温度时，从地址是 0x90，子地址是 0x00，读出 2 字节数据存储在单片机存储区。I²C软件开发也可以调用www.zlgmcu.com上的I²C软件包，以缩短开发时间。

程序清单 6.1 读取多字节数据程序

```
#include "reg922.h" /* I2C 相关寄存器的定义 */
#define uchar unsigned char
#define GENERATE_STOP 0x54 /* 置位 STO,复位 STA、SI /
#define RELEASE_BUS_ACK 0x44 /* 复位 STO,STA,SI */
/* 并置位 AA (ack) */
#define RELEASE_BUS_NOACK 0x40 /* 复位 STO,STA,SI */
/* 并置位 AA (noack) */
#define RELEASE_BUS_STA 0x64 /* 起动总线/重新起动总线 */
/* 并置位 STA */

/*****
** 函数功能：向有子地址器件读取多字节数据函数，从启动总线到发送地址，子地址，
** 读数据，结束总线的全过程。
** 入口参数：sla 从器件地址
** suba 子地址
** s 读出的内容存储区的指针
** no 读 no 个字节。
** 出口参数：函数返回 1 表示操作成功，否则操作有误。
*****/
bit IRcvStr(uchar sla,uchar suba,uchar *s,uchar no)
{
```



```

uchar i;
GetBus(); /* 启动总线 */
SendByte(sla); /* 发送器件地址 */
if(I2STAT!=0X18)
{
    I2CON = GENERATE_STOP;
    return(0);
}
SendByte(suba); /* 发送器件子地址 */
if ( I2STAT != 0X28 )
{
    I2CON = GENERATE_STOP;
    return(0);
}
I2CON = RELEASE_BUS_STA; /* 重新启动总线 */
while( SI==0 );
SendByte(sla+1);
if( I2STAT != 0X40 )
{
    I2CON = GENERATE_STOP;
    return(0);
}
for(i=0; i<no-1; i++)
{
    I2CON = RELEASE_BUS_ACK; /* 接收一字节数据发送应答 */
    while( SI==0 ); /* 等待接收数据 */
    if( I2STAT != 0X50 )
    {
        I2CON = GENERATE_STOP;
        return(0);
    }
    *s = I2DAT; /* 读取数据 */
    s++;
}
I2CON = RELEASE_BUS_NOACK; /* 接收最后一字节数据 */
/* 并发送非应答位 */

while( SI == 0 );
*s = I2DAT;
I2CON = GENERATE_STOP; /* 结束总线 */
return(1);
}

```

图 6.5 是用 LA1032 逻辑分析仪观测到的时序图，总线上数据反映了是单片机通过 I²C 总线读取传感器温度值的时序。I²C 总线“起始”信号后，主机发送第一个字节从器件地址，其中前 7 位为地址码，第 8 位为方向位(R/W)。方向位为“0”表示发送，即主机向从

点亮的数码管位，pBuf[ucBit]取到当前需要显示的 8 位数据。取得 8 位数据，然后通过 SPI 总线发送给 74HC595 输出显示。

程序清单 6.2 显示子程序

```

/*****
** 函数名称:  DispayBuf()
** 作    用:  送显示子函数
** 传入参数:  pBuf:          显示内容首地址
**             ucBit:        将显示的位
** 传出参数:  pBuf[ucBit]:  将显示的数据
** 返回值:   无
*****/
/
void DispayBuf(unsigned char *pBuf, unsigned char ucBit)
{
    unsigned char  dat;
    unsigned char  i;

    SPI_SS = 0;
    dat = 1 << ucBit;          /* 位选，高电平选中          */
    for (i = 0; i < 8; i++)
    {                          /* 发送位选                */
        SPI_CLK = 0;
        SPI_MOSI = (dat & 0x80) ? 1 : 0;
        SPI_CLK = 1;
        dat <<= 1;
    }
    dat = pBuf[ucBit];
    for (i = 0; i < 8; i++)
    {                          /* 发送段选                */
        SPI_CLK = 0;
        SPI_MOSI = (dat & 0x80) ? 1 : 0;
        SPI_CLK = 1;
        dat <<= 1;
    }
    SPI_SS = 1;                /* 锁存输出                */
    SPI_SS = 0;                /* 恢复 SS 初始状态        */
}

```

显示子程序是用模拟 SPI 方式发送数据的，即使没有硬件 SPI 的单片机也可以使用此子程序。设置好单片机 I/O 口工作模式，就可以调用显示子程序实现 SPI 通讯了。

第7章 总结

多点温度采集系统使用智能温度传感器 LM75A, 较好地实现了多点温度采集功能, 并且设计了显示、报警、手动设定过热限制阈值等功能。P82B96 扩展了 I²C 总线的通讯距离, 这大大增强了系统的实用价值。温度传感器 LM75A 性能稳定可靠, 具有 0.125°C 分辨率和 ±2% 的精度, 能很好地满足系统要求。

20 多年前, Philips 公司推出芯片间的串行传输总线 I²C 总线。由于其简单有效的特性, 被广泛地应用在各式各样基于微控器专业、消费与电信产品中, 作为控制、诊断与电源管理总线。NXP 创新的 I²C 总线技术, 紧跟性能发展趋势, 速度由 100kbps 全面提升到 400kbps, 1Mbps 和 3.4Mbps, 通讯距离也大大扩展, 并且具备出色的热插拔功能。目前 I²C 总线已经成为业界嵌入式应用的标准解决方案, 基于 I²C 总线的多点温度采集系统也必将具有广阔的应用前景。

A.1 版本信息

修订版本	修订日期	描述
Rev 1.0	2009年5月15日	原始版本

A.2 版权声明

广州周立功单片机发展有限公司随附提供的软件或文档资料旨在提供给您（本公司的客户）使用，仅限于且只能在本公司制造或销售的产品上使用。

该软件或文档资料为本公司和/或其供应商所有，并受适用的版权法保护。版权所有。如有违反，将面临相关适用法律的刑事制裁，并承担违背此许可的条款和条件的民事责任。

本公司保留在不通知读者的情况下，修改文档或软件相关内容的权利，对于使用中所出现的任何效果，本公司不承担任何责任。

该软件或文档资料“按现状”提供。不提供保证，无论是明示的、暗示的还是法定的保证。这些保证包括（但不限于）对出于某一特定目的应用此软件的适销性和适用性默示的保证。在任何情况下，公司不会对任何原因造成的特别的、偶然的或间接的损害负责。