

单片机设计太阳能热水器

单片机设计太阳能 热水器

单片机设计太阳能热水器

第一章 系统总体设计方案

1.1 设计思路

本次设计的目的是设计一个太阳能热水器单片机控制系统。现在一般的太阳能热水器虽然有着不少优点，如节能、无污染、安全方便等，但在实际应用中也有着一些缺点，如阴雨天无法使用、无自动上水功能、不显示水温水位等等。为了解决上述存在的问题，比较理想的方案就是采用单片机作为应用系统的主控芯片，利用其强大的控制能力和丰富的资源，通过连接各种功能外设，使系统能正确、有效地完成服务。

在此，我将系统的设计分为两大部分，即硬件设计部分和软件设计部分。在硬件部分中，主要解决系统的硬件连接与各功能的分配，各部分的地址分配也被分到硬件部分里。在软件部分中，则具体分析系统的工作流程，编出部分子程序和中断服务程序。

1.2 设计总框图

系统总体设计框图如下：

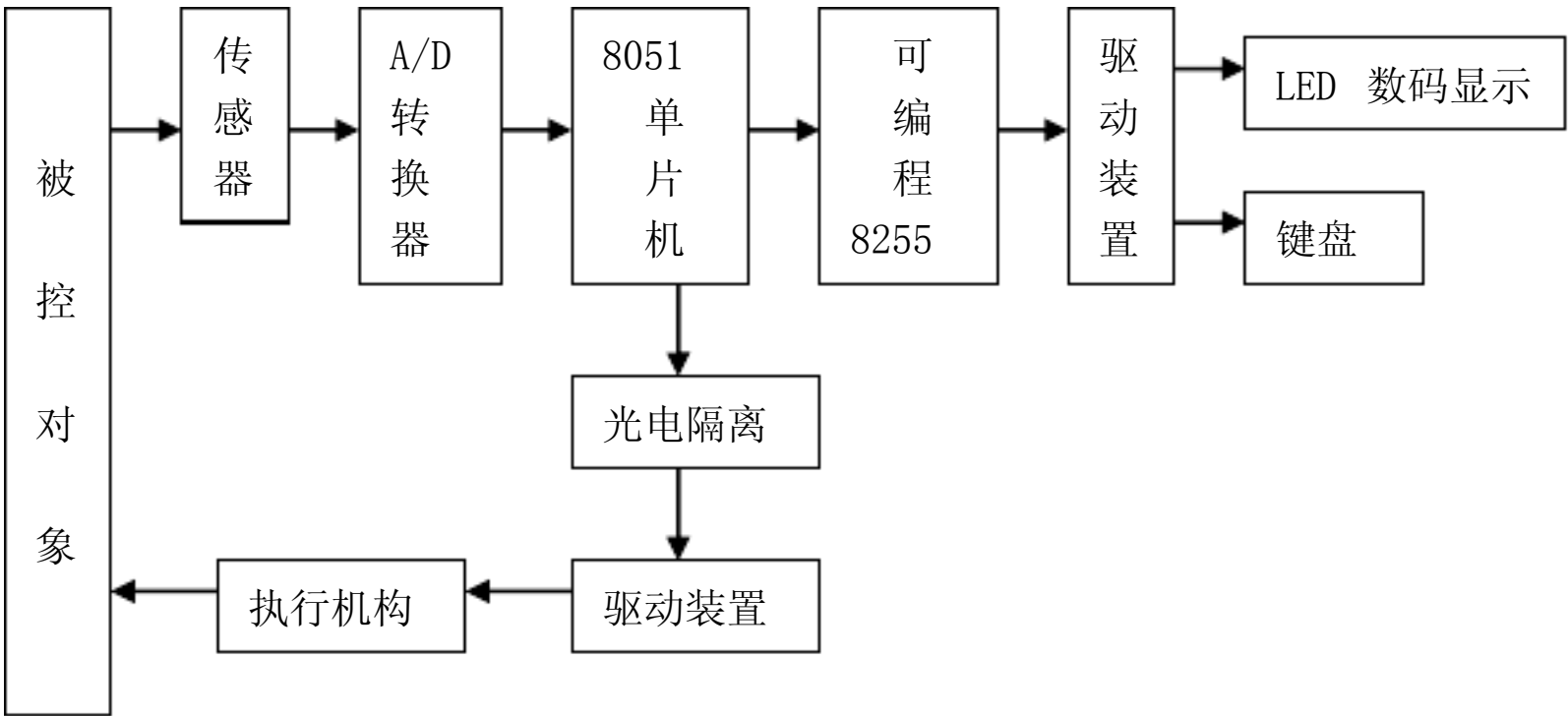


图 1-1 系统总体框图

由图可知，本系统采用 MCS-51 系列单片机 8051 作为系统的主要控制芯片。根据本应用系统的设计任务，输入通道部分需由传感器采样温度和水位信号，经 A/D 转换器转换，将模拟量信号转换为数字量信号后送入 8051，再由 8051 外接的 8255 送 LED 数码管显示。键盘有四个按键来设置水温和水位，当 8051 扫描到有按键按下时，就输出控制信号驱动相应的执行机构，或控制加热器改变水温，或控制上水阀改变水位。系统相应的功能由编程来具体实现。

2.1 数据采集

2.1.1 温度传感器 AD590

1. 温度传感器 AD590 的工作原理

AD590 集成温度传感器，内部含有放大电路，是一种两端器件。其工作电压为 $+4\sim+30\text{V}$ ，测温范围是 $-55\sim150$ 摄氏度，对应于热力学温度 T 每变化 1K ，输出电流就变化 $1\mu\text{A}$ 。在 298.15K （对应于 25.15 摄氏度）时输出电流恰好等于 $298.15\mu\text{A}$ 。这表明，其输出电流 $I(\mu\text{A})$ 与热力学温度 $T(\text{K})$ 严格成正比。

AD590 的电路符号为：

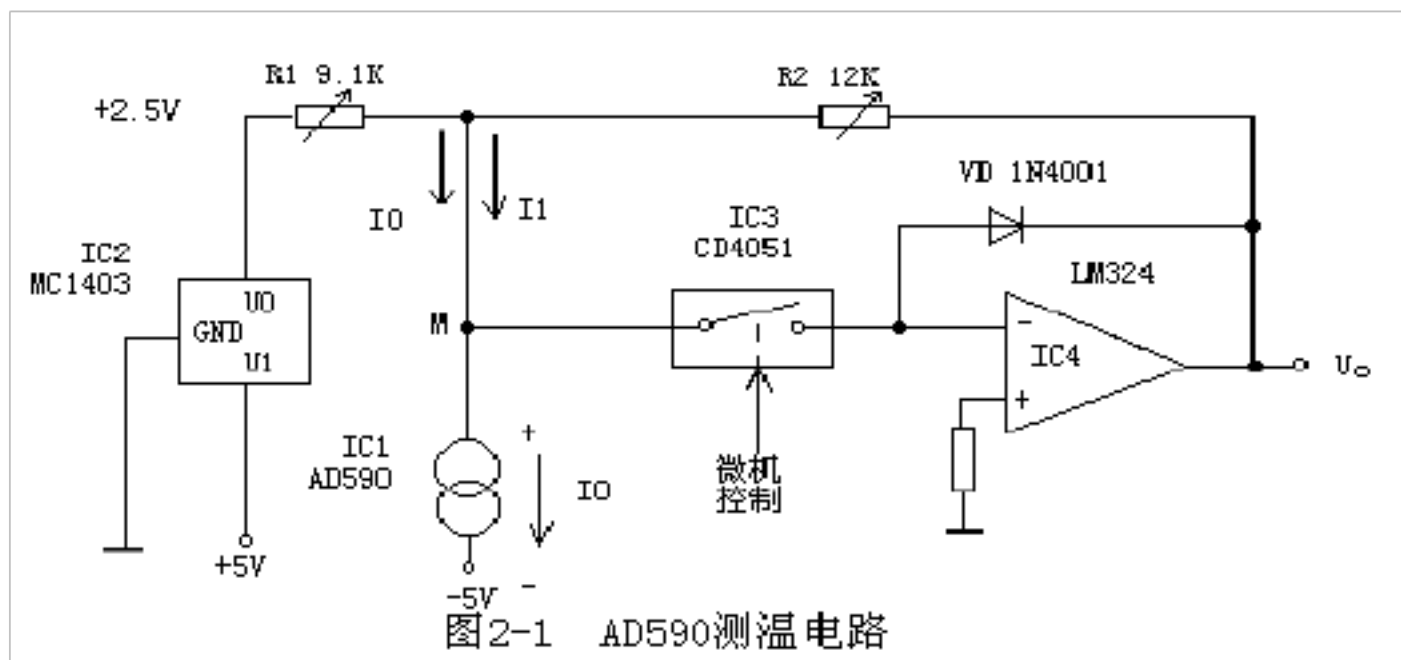


AD590 作为一种高阻电流源，不存在反馈线上的电压信号损失和噪声干扰问题，其等效于一个高阻抗的恒流源，其输出阻抗大于 $10\text{M}\Omega$ ，能大大减小因电源电压波动而产生的测温误差。例如，当电源电压从 5V 变化到 10V 时，所引起的电流最大变化量仅为 $1\mu\text{A}$ ，等价于 1 摄氏度的测温误差。

2. AD590 在本系统设计中的应用

由 AD590 构成的温度检测电路如图 2-1 所示：

单片机设计太阳能热水器



从图中可知，由 MC1403 型带隙基准电压源输出的+2.5V 基准电压，经可调电阻 R1 接 AD590 的正极，并且还经过 CD4051 型八选一模拟开关接 LM324 型四运放中的一个运算放大器反向输入端。AD590 的负极接 -5V 电源。设通过 R1、R2 的电流分别为 I_0 、 I_1 ，则 AD590 的电流表达式为

$$I_0 = I_0 + I_1$$

(2-1)

因为 LM324 的电压增益 $A_{v0} \gg 1$ ，所以图 2-1 中的 M 点为虚地，即 U_M 为零伏。只要在 0°C 以下调整 R1，使 I_0 等于 AD590 在该温度下的工作电流值（此时 $I_1=0$ ， $I_0=I_0$ ）， I_0 即为恒定值，在测温过程中 I_1 仅随 I_0 变化。显然，温度上升 $t^\circ\text{C}$ 时，

I_1 必须增加到 $t \cdot 1 \mu\text{A}$ ，使 LM324 的输出电压 U_0 (V) 为

$$U_0 = R_2 \cdot I_1 = R_2 \cdot t \cdot 1 \text{ A} \cdot 10^{-6} = R_2 \cdot t \quad (2-2)$$

由于 U_0 与被测温度 t 成正比，从而实现了 t/U 转换，这就是利用 AD590 测量摄氏温度的原理。 R_1, R_2 分别用于校准 0°C 和 100°C 。硅二极管 VD (1N4001) 可防止 LM324 进入饱和状态。多路模拟开关 CD4051 的通

断状态受单片微机的控制。

2.1.2 水位传感器

1. 压差式液位传感器的工作原理

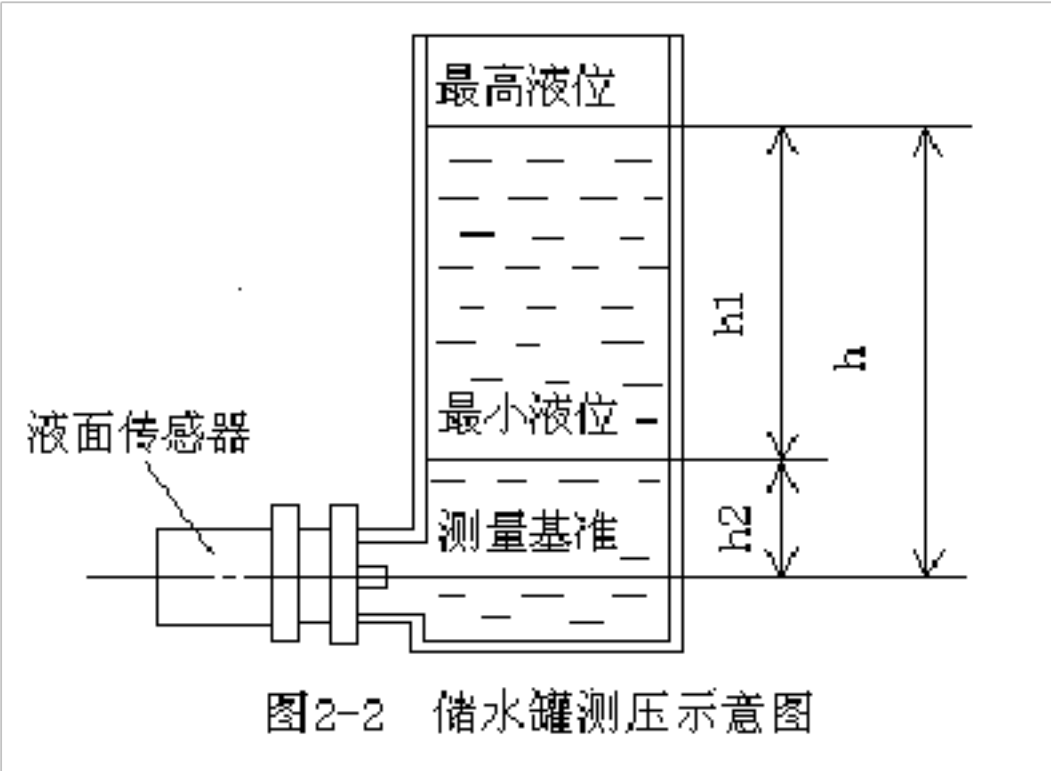
压差式液位传感器是根据液面的高度与液压成比例的原理制成的。如果液体的密度恒定，则液体加在测量基准面上的压力与液面到基准面的高度成正比，因此通过压力的测定便可得知液面的高度。

如图 2-2 所示，其基准面上的压力由下式确定，即

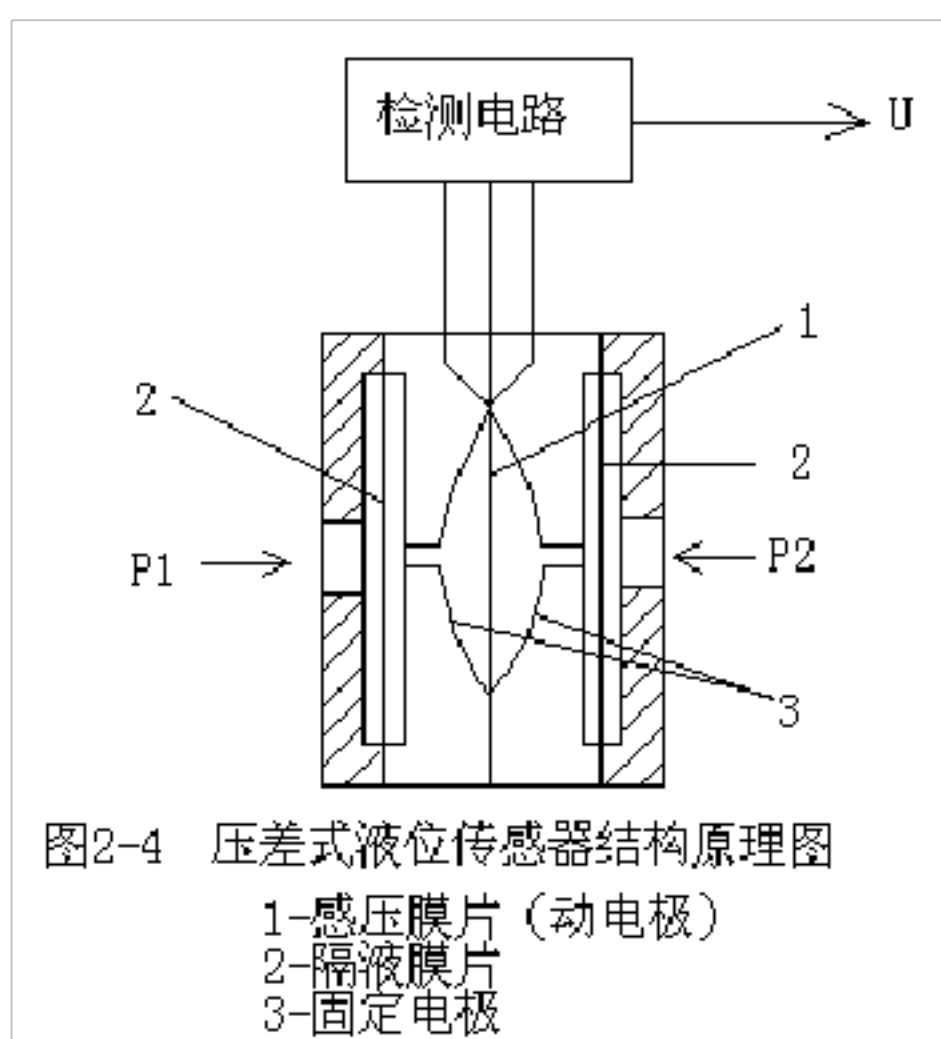
$$p = \rho \cdot h + p_0 \tag{2-3}$$

式 2-3 中， p 为测量基准面的压力； ρ 为液体的密度； h 为液面距测量基准面的高度； h_1 为所控最高液面与最小液面之间的高度； h_2 为最小液面距测量基准面的高度。

由于需要测定的是 h_1 高度，因此移动压力传感器的零点，把零点提高 h_2 ，就可以得到压力与液面高度成比例的输出。



部分组成。压差传感器实际上是一个差动电容式压力传感器，它由动电极感压膜片、固定电极隔液膜片等组成。当被测的压力差加在高压侧和低压侧的输入口时，该压力差经隔液膜片的传递作用于感压膜片上，感压膜片便产生位移，从而使动电极与固定电极之间的电容量发生变化。用电路将这种变化进行转换与放大，便可获得与压力差成比例的直流电压输出。



这种传感器具有可靠性高、性能稳定、体积小和重量轻等特点，因此，广泛应用于液面测量和液面自动控制。

2. 液位变送器 CB900

本系统采用液位变送器 CB900 作为采样水位信号的传感器，现简单介绍一下 CB900 。

CB900 系列液位变送器是采用高性能扩散硅膜片差压传感技术，将液位压差转换为 4~20mA 或 1~5V 标准直流信号，可作液位传感器。其工作电压为 12V 。

CB900 的工作原理：加于变送器的压力（或差压）使变送器内膜片变形，

从变形的扩散硅膜片上检出与差压或成线形变化的电信号，并转换为标准信号输出。具体工作原理见上一节，这里不再累述。

2.1.3 采样保持器

在对模拟信号进行 A/D 转换时，从启动变换到变换结束，需要一定的时间，即 AD 转换器的孔径时间。当输入信号频率较高时，由于孔径时间的存在，会造成较大的孔径误差。要防止这种误差的产生，必须在 A/D 转换开始时将信号电平保持不变，而在 A/D 转换结束后又能跟踪输入信号的变化，即输入信号处于取样状态。能完成上述功能的器件称为取样保持器。由上述分析可知，取样保持器在保持阶段相当于一个“模拟信号存储器”。在 A/D 转换过程中，取样保持对保证 A/D 转换的精确度具有重要作用。

取样保持电路的基本原理如图 2-1 所示。主要由保持电容 C，输入、输出缓冲放大器以及控制开关 S 组成。图中，两个放大器均接成跟随形式，取样期间，开关闭合，输入跟随器的输出给电容器 C 快速充电；保持期间，

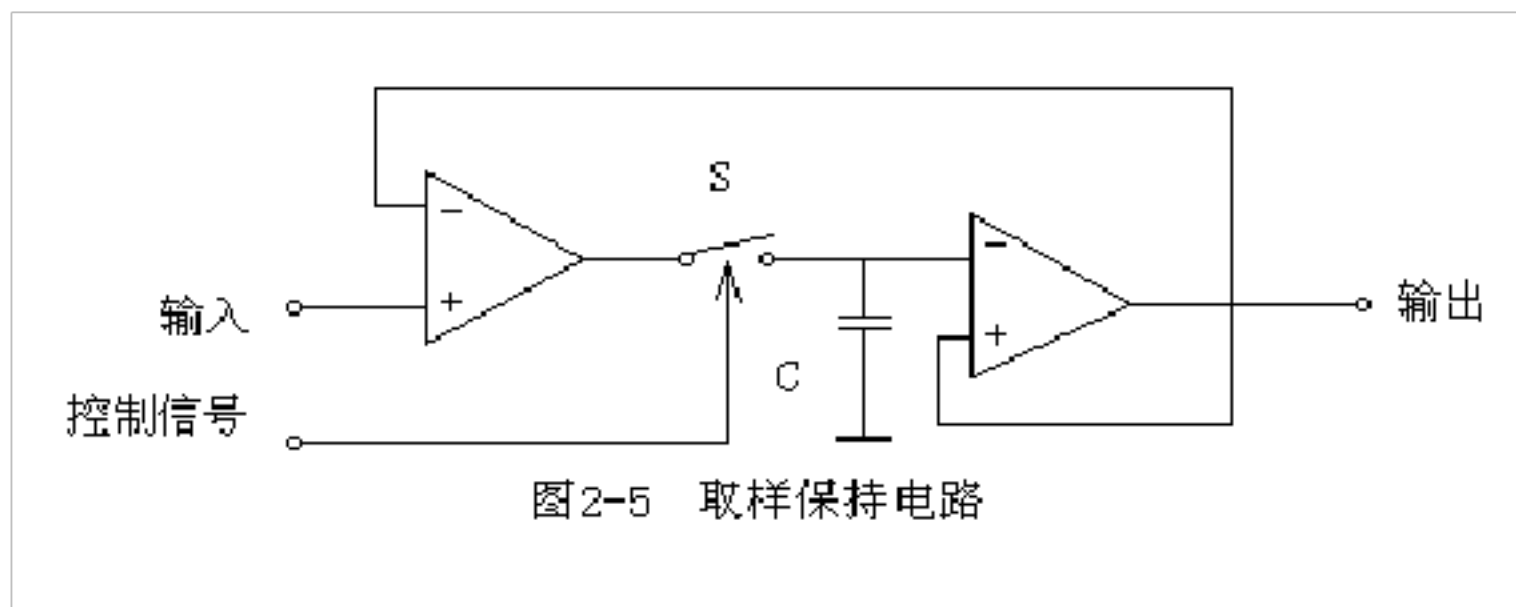


图2-5 取样保持电路

开关断开，由于输出缓冲放大器的输入阻抗极高，电容器上存储的电荷基

本维持不变，保持充电时的最终值供 A/D 转换。

取样保持器工作状态由外部控制信号控制，由于开关状态的切换需要一定的时间，因此实际保持的信号电压会存在一定的误差，这个误差必须远小于 A/D 的转换时间，同时也必须远小于信号的变化时间。

2.2 数据转换

2.2.1 AD 转换器概述

由于单片微机面向测控领域的应用，常需将连续变化的模拟量转换成离散的数字量，才能送计算机进行数值处理。反之，由计算机数值处理的数字量也必须经转换成模拟量，以实现连续变化的模拟量控制。前者称为模/数转换（简称 A/D），后者称为数/模转换（简称 D/A）。本系统仅用 A/D 转换器。

A/D 转换器按其转换的原理，可分为四种：计数式、双积分式、逐次逼近式和并行式。目前最常用的是双积分式和逐次逼近式。双积分式 A/D 转换器的主要优点是，抗干扰能力强，价格便宜。逐次逼近式 A/D 转换器的优点是，速度高，其转换时间在几微秒到几百微秒之间。常用的逐次逼近式 A/D 转换器主要有：美国国家半导体公司生产的 ADC0801~ADC0805，ADC0808/0809，精度都是 8 位，转换时间约为 100 μ s。其中，ADC0808/0809 增加了 8 路模拟开关，可对 8 路模拟信号进行分时采样。本设计需分别采样温度与水位信号，故采用 ADC0809 作为转换器来实现模数转换。

2.2.2 ADC0809

1. ADC0809 的主要特性

分辨率为 8 位；

转换时间为 100 μ s；

无零度和满刻度调整；

单一+5V 供电，模拟输入电压为 0~5V，正负 5V，正负 10V；

8 路通道转换，带锁存控制逻辑；

具有锁存的三态输出，输出与 TTL 兼容；

功耗为 15mW。

2. ADC0809 的工作原理

ADC0809 是最常用的 8 位 A/D 转换器，属 CMOS 工艺逐次逼近型。ADC0809 由单一+5V 电源供电，片内带有锁存功能的 8 路模拟电子开关，可对 0~5V 8 路的输入模拟电压信号分时进行转换，完成一次转换约需 100 μ s，输出具有 TTL 三态锁存缓冲器，可直接与 MCS-51 数据总线相接，通过适当的外接电路，还可对 0~5V 的双极性模拟信号进行 A/D 转换。

ADC0809 的工作时钟为 10kHz~1.2MHz。在进行 A/D 转换时，路地址先送到 A~C 地址输入端。然后在 ALE 输入端加一个正跳变脉冲，将路地址锁存到 ADC0809 内部的路地址寄存器中。这样，对应路的模拟电压就和内部变换电路接通。为了启动变换工作序列，必须在 START 端加一个负跳变信号。此时变换工作开始进行，标志 ADC0809 正在工作的状态信号是 EOC 由高电平（闲状态）变成为低电平（工作状态）。一旦变换

结束，EOC 信号就又由低电平变成高电平。此时，只要在 OE 端加一高电平，即可打开数据线的三态缓冲器从 $D_0 \sim D_7$ 数据线读得一次变换后的数据。

3. ADC0809 的外特性

ADC0809 片内集成了 8 路模拟多路开关、地址锁存与译码、8 位 A/D 转换器以及 8 位三态输出锁存器四部分组成。了解芯片的外特性是设计系统的基础，ADC0809 各引脚的功能含义如下：

$D_0 \sim D_7$ ：8 位二进制数字量输出端口。

$IN_0 \sim IN_7$ ：8 路模拟量开关输入端口。

V_{CC}：+5V 工作电源。

GND：接地端。

V_{REF (+)}、V_{REF (-)}：参考电压 (+)、(-) 连接端。

START：A/D 转换启动信号输入端口，高电平有效。

ALE：地址锁存允许信号输入端口，ALE 的下降沿将地址输入锁存器。

EOC：A/D 转换结束信号输出端口，开始转换时为低电平，一旦转换结束时输出高电平。

OE：完成转换后数字量输出允许控制信号输入端口，高电平有效，用以打开三态数据锁存器的输出。

CLK：时钟信号输入端。

A、B、C：地址输入端口。用三位编码组成 3：8 译码输出，选通 8 路模拟电子开关，实现 $IN_0 \sim IN_7$ 8 路选 1。A、B、C 三位地址的输入与 8 路通道的对应关系如下：

C	B	A	对应输入通道
0	0	0	IN0
0	0	1	IN1
0	1	0	IN2
0	1	1	IN3
1	0	0	IN4
1	0	1	IN5
1	1	0	IN6
1	1	1	IN7

4. ADC0809 在系统设计方案中的应用

AD 转换硬件原理图如下：

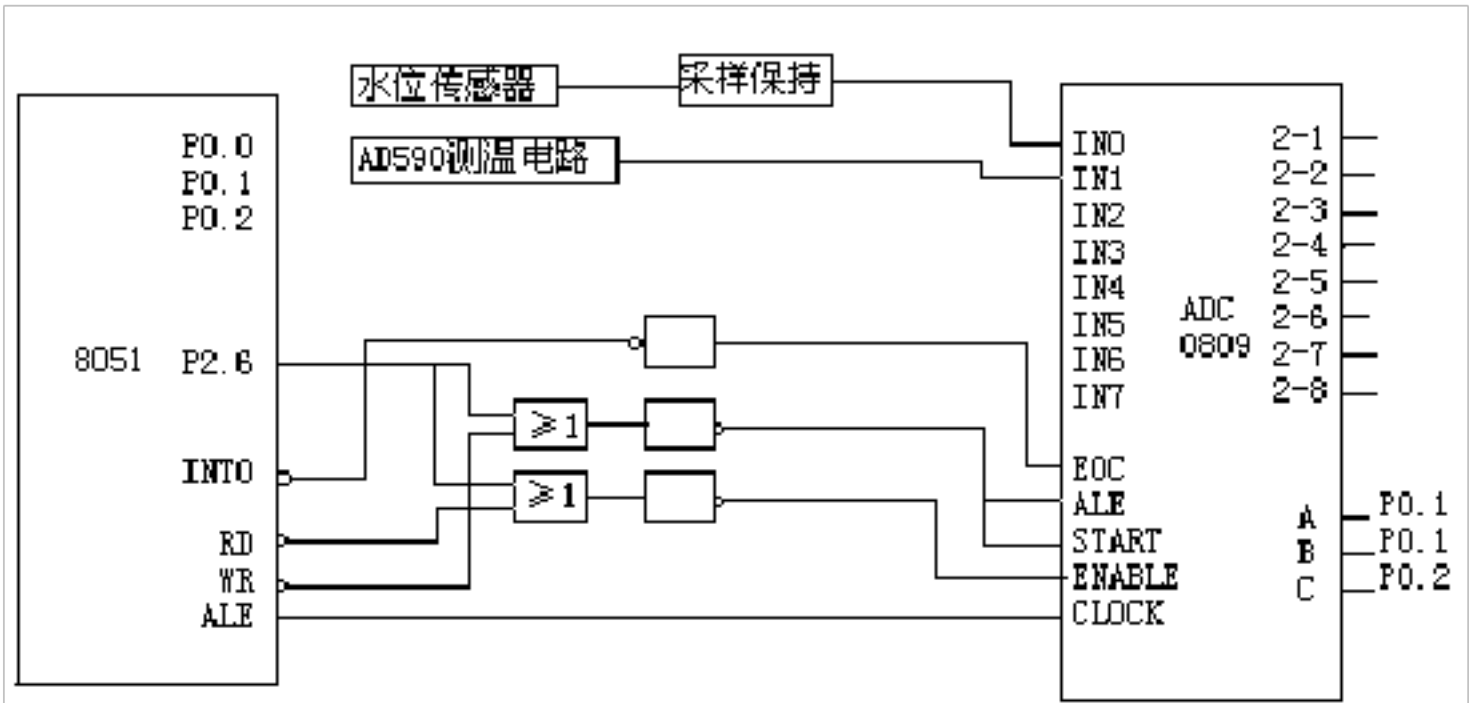


图2-6 ADC0809的硬件接口图

根据对 ADC0809 的转换结束信号 EOC 的不同处理方法，8051 （将在下一节介绍）配置 ADC0809 可分为：查询方式和中断方式。本系统采用的是中断方式，由系统的硬件电路图可知，当 ADC0809 的转换工作结束时，EOC 送出高电平，经一非门后成低电平，送入 8051 的 INT0 引脚，提出中断请求，8051 响应该中断读入转换后的数据，完成一次 A/D 转换。

ADC0809 需要外接变换时钟和参考电压，在实际应用中变换时钟常将 MCS-51 单片机的时钟经分频得到。而参考电压常用现成的由厂家提供的高精度电源集成块。在本设计中，借用主机 8051 的 ALE 作为 ADC0809

单片机设计太阳能热水器

的 CLK 。

本设计中有两个模拟输入信号：水温信号和水位信号，所以需要两路模数转换，故采用 IN_0 和 IN_1 来分别作为水位和水温模拟量的输入通道，由 $A^{\sim}C$ 地址译码选通。利用 8051 的低三位地址线 $A_0^{\sim}A_2$ 输出地址，分别与地址输入端口 $A^{\sim}C$ 连接。采用地址线选方式，用 8051 的 P2.6 引脚与读、写信号组合作为 ADC0809 的 START、ALE 和 OE 信号。即 P2.6 低电平有效。所以，在软件编程时 ADC0809 的地址为：P2.6 即 $A_{14}=0$ ，由 $A_0^{\sim}A_2$ 给出通道 ($IN_0^{\sim}IN_7$) 的选通地址码，由此可知，ADC0809 的口地址为 0B000H。AD 转换硬件原理图如下：

2.3 MCS-51 系列单片机 8051

2.3.1 单片机概述

随着大规模集成技术的进一步发展，为满足实时应用领域的迫切需要，要求进一步缩小体积和降低成本，实现了把组成计算机的五大部分集成在一块芯片上，既在一块芯片上集成了：CPU、振荡器电路、ROM 和 RAM 存储器、定时/计数器和并行/串行接口等，一块芯片就构成一台具有一定功能的计算机，称为单片微型计算机。

单片机是在一块大规模集成电路 (LSI) 或大规模集成电路 (VLSI) 芯片上集成的一台微型计算机，它具有许多独特优点，体积小、低功耗、低电压、低成本、面向控制、可以满足工业控制的不同要求，已进入人类生活的各个领域，如家用电器中的冰箱、彩电等，由于是用单片机控制系统，

使系统功能更多，使用更方便，更加智能化。单片微机的应用特点是“面向测控”。因此，它总是以其强有力的信息处理、检测、控制以与指挥中心，成为整个应用系统的首脑，从而对单片微机的功能要求、规模大小和复杂程度等随应用系统的不同而不同。MCS-51 单片机正是以其外部功能扩展简单、灵活、方便的特点，满足了广泛的各种不同应用系统的要求，成为应用最广的单片机系列，既可构成最简单系统，也可设计成相当复杂的系统。8 位单片机是目前广泛应用的主要机型。 [3]

2.3.2 MCS-51 系列单片机 8051

1. 8051 内部的功能部件

8 位 CPU ；

振荡器和时钟电路；

4K 字节的程序存储器 ROM ；

128 数据存储器 RAM ；

可寻址外部程序存储器和数据存储器各 64K 字节；

20 多个特殊功能寄存器；

32 线并行 I/O 口；

1 个全双工串行 I/O 口；

2 个 16 位定时/计数器；

5 个中断源，有 2 个优先级，同级中断则按优先顺序查询；

具有较强功能的位处理（布尔）能力。

2. 8051 的主要外部功能引脚说明

单片机设计太阳能热水器

V_{SS}：电路低电平；

V_{CC}：正常运行时为+5V 电源；

RST：复位信号输入端；

ALE：允许地址锁存信号输出。当访问外部存储器时，ALE 信号的负跳变将 P0 口上的低 8 位地址送入锁存器。在非访问外部存储器期间，ALE 仍以 1/6 振荡频率固定不变的速率输出，因而它能作外部时钟或定时信号用。当访问外部数据存储器时，将以 1/12 振荡频率输出。

PSEN：访问外部程序存储器选通信号，低电平有效；

EA：访问内部或外部程序存储器选择信号。高电平为访问内部程序存储器，低电平只访问内部程序存储器；

P0 口：8 位漏极开路双向并行 I/O 端口，当访问外部存储器时，它是地址总线（低 8 位）和数据总线复用，外部不扩展而单片应用时，则作双向 I/O 口用；

P1 口：8 位准双向并行 I/O 端口；

P2 口：8 位准双向并行 I/O 端口，当访问外部存储器时作高 8 位地址用，不做外部功能扩展（单片应用）时，则作准双向 I/O 口用；

P3 口：具有内部上拉电路的 8 位准双向并行 I/O 端口，它还提供特殊的第二功能，它的每一位均可独立定义为第一功能的 I/O 口和第二特殊功能，其具体含义为如下

P3.0——RXD，串行数据接收端

P3.1——TXD，串行数据发送端

单片机设计太阳能热水器

P3.2——INT0，外部中断0请求端，低电平有效

P3.3——INT1，外部中断1请求端，低电平有效

P3.4—— T_0 ，定时/计数器0外部事件计数输入端

P3.5—— T_1 ，定时/计数器1外部事件计数输入端

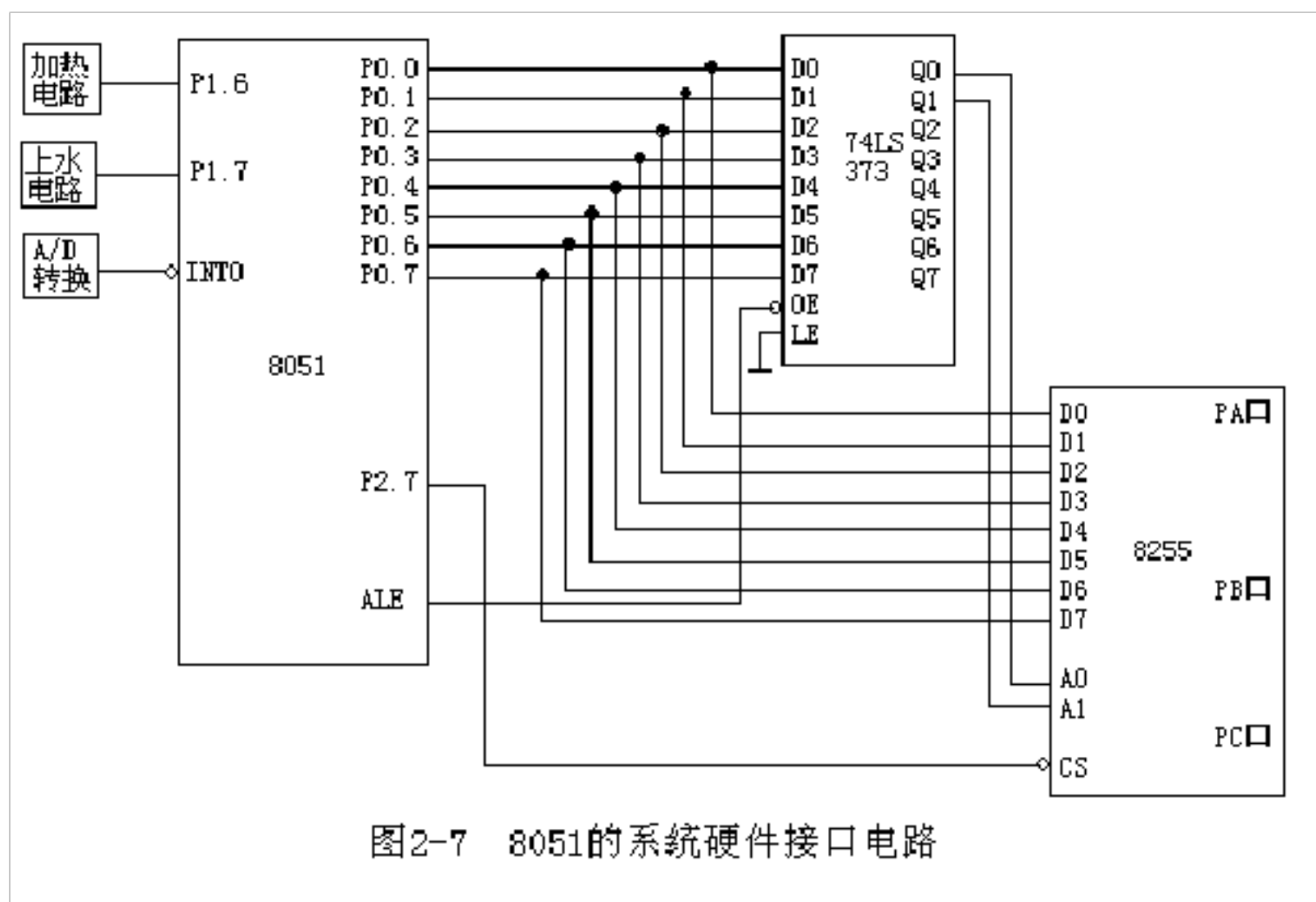
P3.6——WR，外部数据存储器写选通，低电平有效

P3.7——RD，外部数据存储器读选通，低电平有效

3. 8051 的具体应用

8051 作为系统的主要控制芯片起着指挥中心的作用，是系统输入部分和输出部分建立联系的桥梁。

由于本设计是小型应用系统，8051 内部的程序存储器和数据存储器已够用，所以不需要外扩 ROM 和 RAM。



关于8051 与ADC0809 的硬件接口设计思路已经在上一节介绍过了，在这里就不再重复。如图2-7，8051 控制着整个系统的运行。在运行过程

单片机设计太阳能热水器

中，8051 不断输出信号控制温度传感器 AD590 和水位传感器 CB900，使它们自动检测水温、水位，采集信号，当 8051 启动 ADC0809 实行转换时，传感器的信号经处理后送入 ADC0809，转换后的数据经 8051 读入处理后送 LED 显示。同时，根据事先编好的程序，如果温度或水位没有达到要求（如本系统要求水位不可低于 30L，水温如果未达到设定值而又长时间无变化就自动加热，达到设定值后自动保温）则 8051 就驱动执行机构进行相应的操作，直到系统满足设定的条件，达到自控的目的。当 8051 扫描到有按键按下时，便转去执行相应的中断服务，即调节水温或者水位，在调整 LED 数码显示的同时去驱动相应的执行机构来加热或者上水来实现使用者的设置。

2.4 LED 数码显示和键盘

2.4.1 可编程并行接口 8255

由于主机的 I/O 口数量有限，在大多数应用系统中均需外扩 I/O 接口部件。Intel 配套外围接口器件的种类齐全，并与 MCS-51 单片微机外部接口配置逻辑电路极为简单、方便，这也是 MCS-51 单片微机应用广泛的原因之一。8255 是 Intel 公司生产的可编程并行 I/O 接口芯片，它具有 3 个 8 位的并行 I/O 口，分别成为 PA、PB、PC 口，其中 PC 口又分为高 4 位口和低 4 位口两部分。它们都可通过软件编程来设置各 I/O 口的工作方式。8255 I/O 口多功能强，与 8051 配置接口设计简单。如果全用单片机本身的并行口作键盘和显示器接口，会占用过多的端口而影响其他控制任

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/956205105103011010>