

一种用于临床监护的无线系统的设计

西安交通大学生命学院(710049) 吕士龙 马春排 蔡琳华

摘要: 介绍了一种基于无线收发模块和单片机的监护系统的设计,阐述了系统的基本原理及硬件的实现。

关键词: 无线收发 心电监测 PTR2000 数字温度传感器

心电和体温是临床上对病人监测比较频繁的项目。传统的有线监护和床头监护大大限制了康复期病人的活动范围,而且医护人员工作强度也很大,为此设计了一种临床无线监护系统,对病人进行实时跟踪监护。本系统前端部分采用单片机进行生理信息的采集和简单的数据处理,而后将数据传给 PC 机,利用 PC 机强大的运算能力进行数据处理和分析,从而达到实时监护的目的。

1 系统硬件总体框图

系统硬件总体框图如图 1 所示。系统主要由以下几部分组成:主控单片机及其外部存储器扩展部分;体温及心电检测部分;PTR2000 无线收发部分;接口转换、报警输出及 PC 机处理部分。

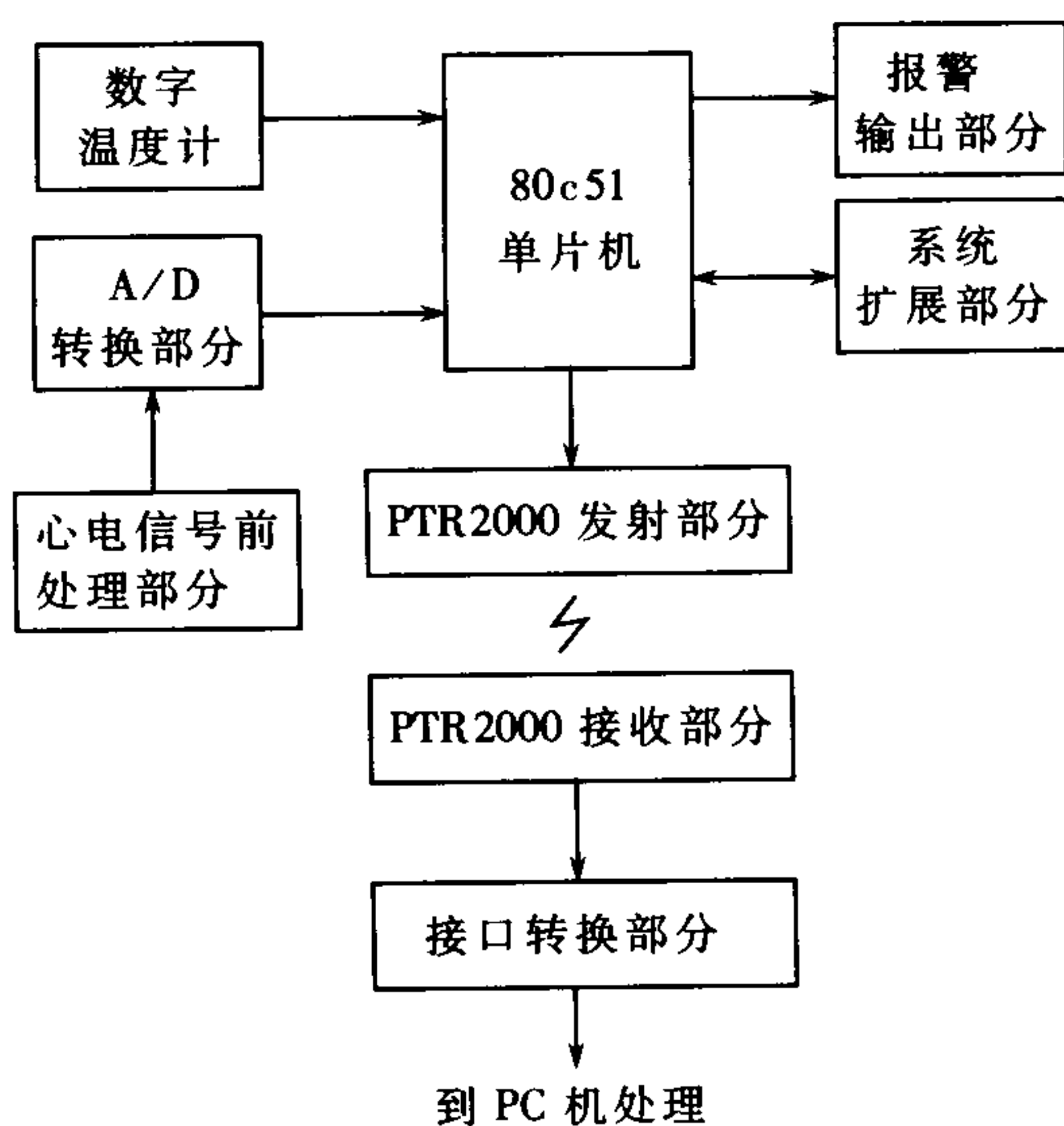


图 1 系统硬件总体框图

体温检测部分利用 SWC 三线温度传感器测量患者体温,然后将体温信号传给单片机。心电信号由于比较微弱,所以先通过前处理部分进行放大和滤波处理,然后将心电信号数字化后传给单片机进行下一步处理。由于体温不需要进一步处理,在单片机里就可以判断其是否正常,故直接由单片机处理后给出体温异常的报警提示。主控单片机通过 PTR2000 将体温和心电信号传给

PC 机进行显示和进一步处理。下面分别介绍系统各个组成的部分。

2 PTR2000 无线收发模块及功能

2.1 PTR2000 产品特性

该模块是传统的无线模块的换代产品,它将发送和接收集成在一起,大大减小了系统的体积。其工作频率为国际通用的数传频段 433MHz、FSK 调制,抗干扰能力强;采用 DDS+PLL 频率合成技术,频率稳定性极好,工作速率最高可达 20kbit/s;可以直接和微处理器串口相接,也可以接计算机的 RS232 接口,软件编程很方便;由于采用了低发射功率、高接收灵敏度的设计,故使用时无需申请许可证。

2.2 PTR2000 电气特性

PTR2000 电气特性如表 1 所示。

表 1 PTR2000 的电气特性

参数	数值
工作频率(两组频率)	433.92MHz/434.33MHz
调制方式	FSK
稳频方式	PLL
最大发射功率(3V 400Ω)	<+10dBm
接收灵敏度(400Ω 20kbit/s)	-105dBm
最高通信速率	20kbit/s
工作电压	2.7~5.25V
电流	发射:20~30mA,接收:10mA
待机电流(PWR=0)	8μA

2.3 PTR2000 内部原理图及引脚图

PTR2000 的核心部件是 Nordic 公司的 nrf401 模块,其内部原理图如图 2 所示,引脚如图 3 所示。

- Pin1: Vcc 正电源,接 2.7~5.25V
- Pin2: CS 频道选择,0:选择 433.92MHz,1:选择 434.33MHz
- Pin3: DO 数据输出
- Pin4: DI 数据输入
- Pin5: GND 电源地
- Pin6: PWR 节能控制。1:正常工作状态,0:待机低功耗状态
- Pin7: TXEN 收发控制。1:处于发射状态,0:处于接收状态

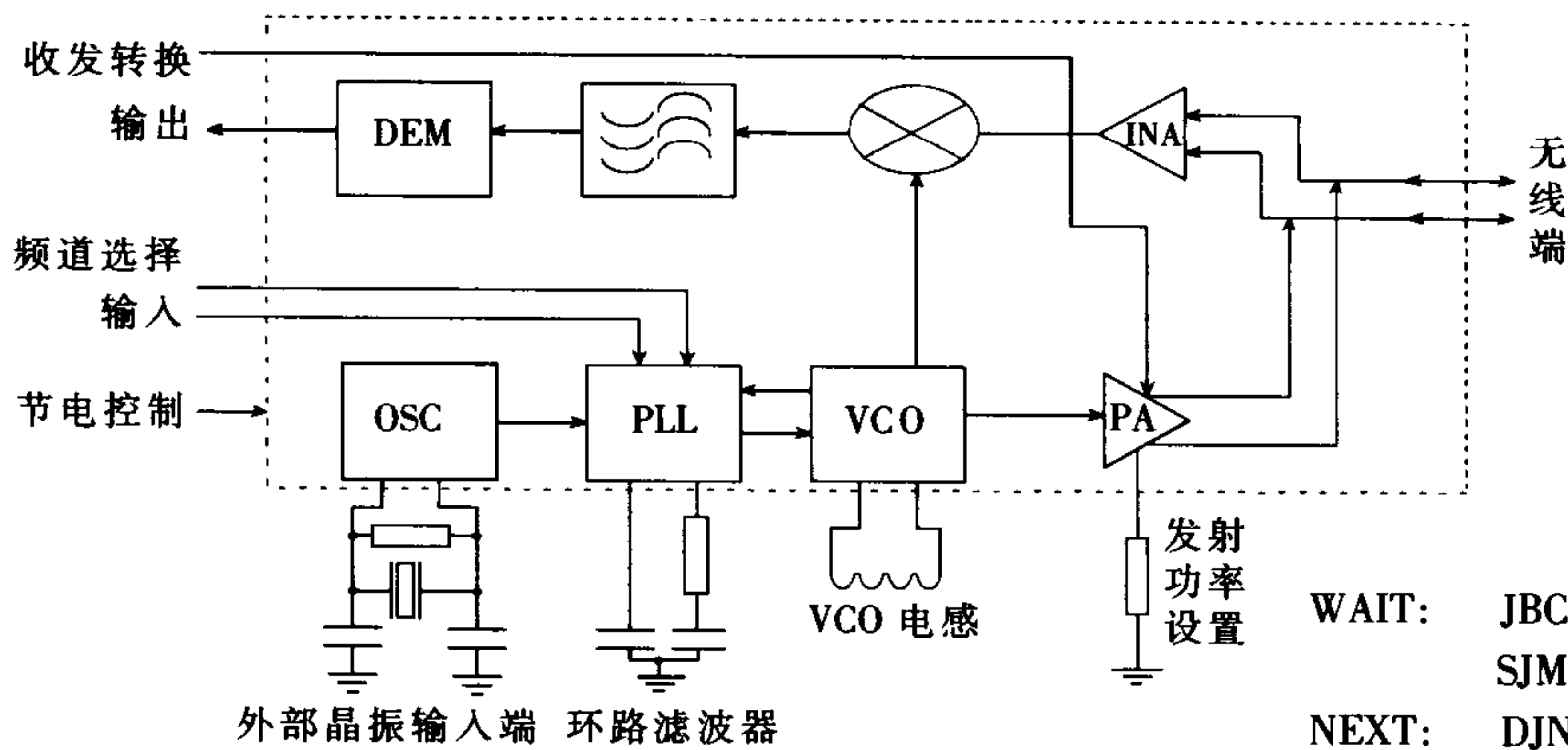


图 2 nrf401 内部原理图

2.4 PTR2000 使用注意事项

由于 PTR2000 集接收和发送于一体,所以在发送和接收之间相互转换的时候需要一定的转换稳定时间,通常不超过 5ms,故在程序设计的时候要安排必要的等待时间。当系统处于发送的状态时,若没有数据发送,则系统会发送随机数据,为此需要自己在程序设计中定义一个简单的协议。如刚开始发送,需要先发送一个报头,此报头用于建立双方面可靠的数据传输通道,在此报头之后可以自己设定一个数据起始位,然后就可以发送自己的数据了。系统在测试时应该注意,两个模块之间的距离要大于 1m,否则会由于严重的相互干扰而导致数据接收错误。PTR2000 在空旷地区的最大传送距离为 300m;在有障碍物的情况下,最大有效通信距离为 100~120m。在此距离内,数据接收正确率高于 97%。这样的距离和正确率对于医院和病人来说完全可以满足。当然,如果再加装功率放大部分,通信距离还可以增加。下面是 PTR2000 用于发送时的子程序:

```

;PTR 发送子程序
PWR EQU P1.5
TXEN EQU P1.4
SendCounter EQU R2
MOV R1, #30H ;数据存储区首址
MOV R0, #30H ;计数控制变量
CALL PTR2000 ;调用 PTR2000 初始化程序
SETB PWR ;置 PTR 为工作方式
SETB TXEN ;使 PTR 处于发射方式
;串口设置及初始化
MOV TMOD, #20H ;波特率设置为 4800
MOV TH1, #0F3H
MOV TL1, #0F3H
SETB TR1

MOV SCON, #50H
MOV PCON, #80H ;置 SMOD 为 1
MOV SendCounter, #0AAH ;置报头数据个数
MOV A, #0FFH ;报头内容
SEND: MOV SBUF, A
    
```

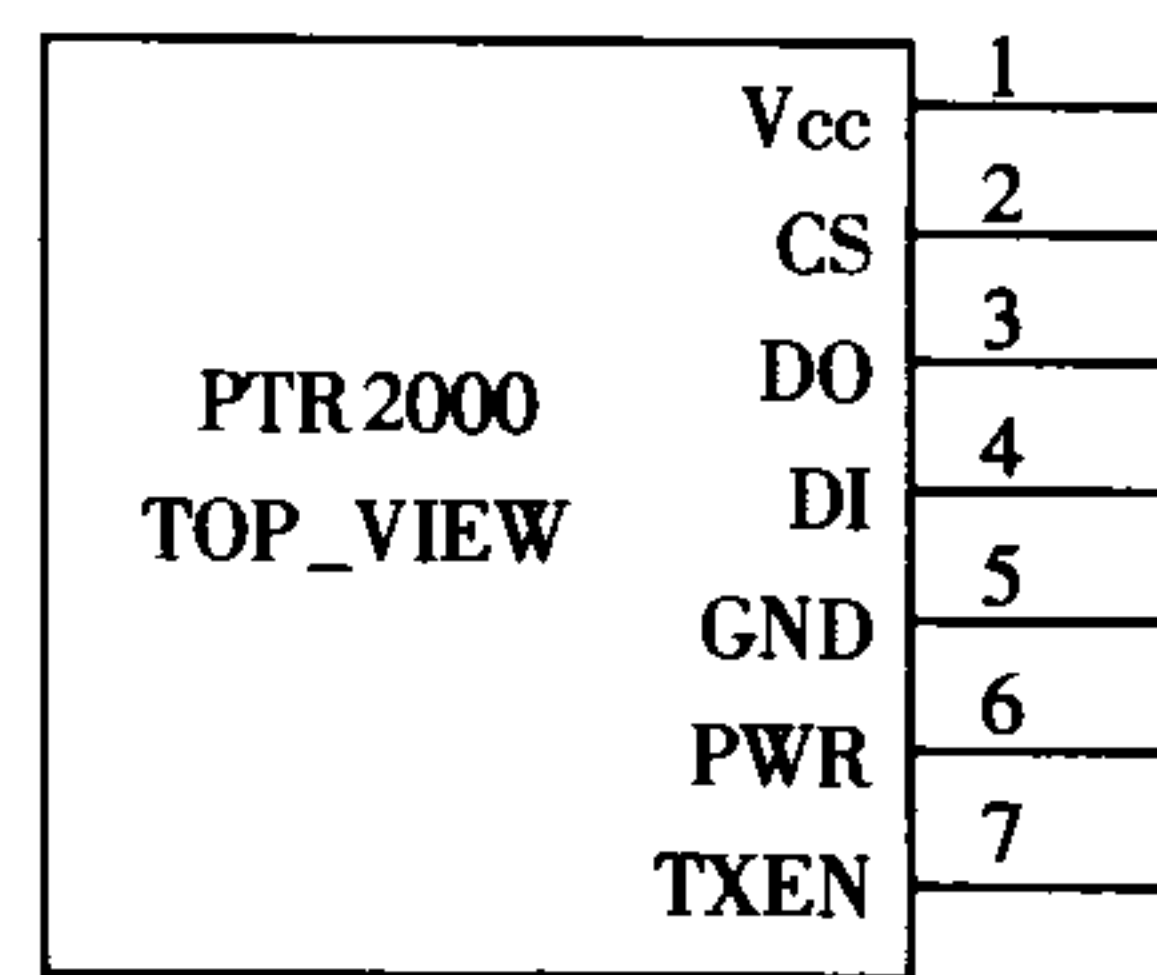


图 3 PTR2000 引脚图

```

WAIT: JBC TI, NEXT ;等待发送结束
      SJMP WAIT
NEXT: DJNZ SendCounter, SEND
    
```

```

MOV A, #00H ;发送 0 作为接收方有效数据的起始标志
    
```

```

MOV SBUF, A
WAIT1: JBC TI, NEXT1
      SJMP WAIT1
;开始发送有效数据
    
```

```

NEXT1: MOV A, @R1 ;开始发送
      MOV SBUF, A
    
```

```

WAIT2: JBC TI, NEXT2
      SJMP WAIT2
NEXT2: INC R1 ;数据区地址加 1
      DJNZ R0, NEXT1 ;未发完则继续
      SJMP RETURN
    
```

```

;PTR 初始化
PTR2000: CLR PWR ;PTR 处于休眠状态
        CLR TXEN ;PTR 处于接收方式
        RET ;返回调用程序
    
```

```

RETURN:RET ;返回调用主程序
    
```

3 系统扩展

由于 51 系列单片机本身的数据和存储空间都极其有限,所以为了适应数据和程序存储的要求,需要对系统进行扩展,主要包括数据区的扩展和程序区的扩展。本系统采用 6264 外扩了 8KB 的数据存储空间。6264 为 8Kx8 位的静态随机存储器,它采用 CMOS 工艺制造,单一+5V 供电,额定功耗为 200mW,典型的存取时间为 200 为 μs 。考虑到将来的程序扩展,所以选用了 8KB 和 27c64 作为程序存储器。其功耗在 Standby 状态下的典型值为 5 μW ,在 Active 状态下为 40mW/MHz,可以满足系统对功耗的要求。系统中将 80c51 单片机的 P0 口用作数据/低位字节地址分时使用,利用 ALE 信号进行数据/地址分离,将低位地址锁存在 74LS373 中,并配合 P2 口提供的高位字节地址寻址外部程序存储器和数据存储器空间。P3 口是双功能口,该口的每一位均可独立地定义为第一功能或是第二功能。

4 心电信号的监测

在医学临床上,ECG 信号(50 μV ~5mV)由常规的三电极导程导入,而后将信号放大和滤波,进入单片机测控系统。心电监测前处理部分见图 4。由于人体的动态心

电信号只有 3~5mV, 因此心电信号在输入到 A/D 转换器之前要进行预处理放大才能满足系统的要求。常规心电前置放大电路采用由三运放构成的同相并联差动放大电路以获得高输入阻抗与共模抑制比。这里采用了具有此结构的集成型低压低功耗仪表放大器 IN-A118, 其内部各运放、电阻的严格匹配与校准使其具有极高的工作性能, 最大偏置电流为 5nA, 共模抑制比大于 100dB, 放大倍数 1~1000 可调, 电源电压范围宽, 从 ±1.35V 到 ±18V, 静态工作电流最大为 380μA, 非常适用于由电池供电系统, 其输入端还具有高达 ±40V 的过电压保护功能。由 INA118 获取

的信号经隔直电路进入下一级由 MAX494 构成的放大器。MAX494 是一种低压低功耗的运算放大器, 其电源电压可从 2.7V 到 6V 或从 ±1.35V 到 ±3V, 静态电流仅为 150μA, 由它构成的二级放大与电平调整电路可获得 0~5V 范围的 ECG 信号, 再通过 50Hz 双 T 陷波及二阶低通滤波后, 就可将此信号送入 A/D 转换器进行模/数转换。关于 A/D 转换器在此不再介绍。

5 体温检测、系统开关和报警部分

SWC 又称集成数字脉冲式感温探头, 是一种新型的三端温度变送器件。它可以将被测温度转换为数字脉冲信号输出。SWC 的三条管脚的名称分别为: 控制线(K)、信号线(S)和公共线(G), 其 K 端实际上也是电源线, 其工作方式有加电启动或宽脉冲触发式。SWC 传感器出厂时均严格约定每个脉冲为 0.1 度, 这个精度完全能满足人体测温的要求。SWC 的脉冲频率为 15kHz 左右, 若单片机系统的晶振为 6MHz, 则 $12\text{MHz}/24 \gg 15\text{kHz}$, 所以计 15kHz 的脉冲是没有任何问题的。15kHz 的脉冲周期为 0.067ms, SWC 传感器的测温上限为 150°C, 150°C 需要

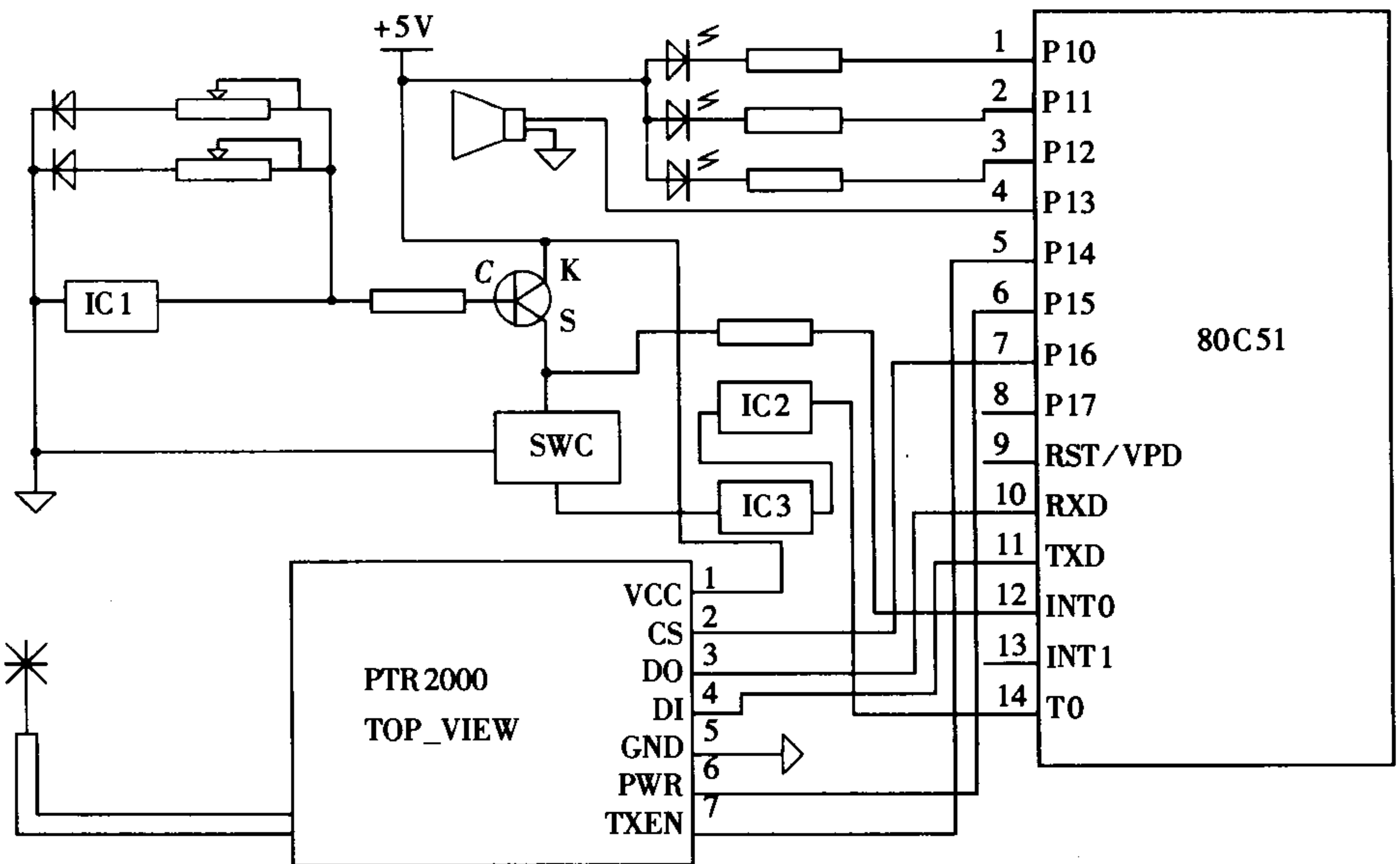


图 5 体温检测, 报警及前端发送部分

计 1500 个脉冲, 大约 100ms, 即在控制线 K 端加电的脉宽应大于 100ms, 否则会引起误差。重复对 SWC 进行加电启动, 可实现对被测

温度的连续采样。在本系统中利用单片机的 P3.4 脚对外部输入脉冲进行计数从而测出体温。开关电路与报警系统占用了 80C51 P1 口的四根线, 分配情况如表 2 所示。该部分硬件连接见图 5。

表 2 P1 口的分配情况

P10	系统加电开始工作指示
P11	体温异常指示
P12	数据存储空间耗尽指示
P13	体温异常声效警告

6 微机接口部分

为了与 PTR2000 输出的电平取得一致, 微机的串口部分需要进行电平的变换, 由 RS232 电平变为 TTL 电平。

7 系统软件部分

微机的软件采用现在广为使用的 VB 语言编写。由于 VB 自带通信控件, 对于编写通信程序很方便。前端单片机软件用 MCS-51 系列汇编语言编写, 这对单片机数据处理速度的提高很有用处。由于篇幅所限, 具体编写过程省略。

参考文献

- 1 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000
- 2 王建校. 51 系列单片机及 C 51 程序设计. 西安: 西安交通大学出版社, 2002
- 3 范逸之, 汉文贤, 陈立元. C++ Builder 与 RS232 串行通信控制. 北京: 清华大学出版社, 2002
- 4 李光明. 中文 Visual Basic 程序设计教程. 北京: 冶金工业出版社, 2000

(收稿日期: 2003-05-14)

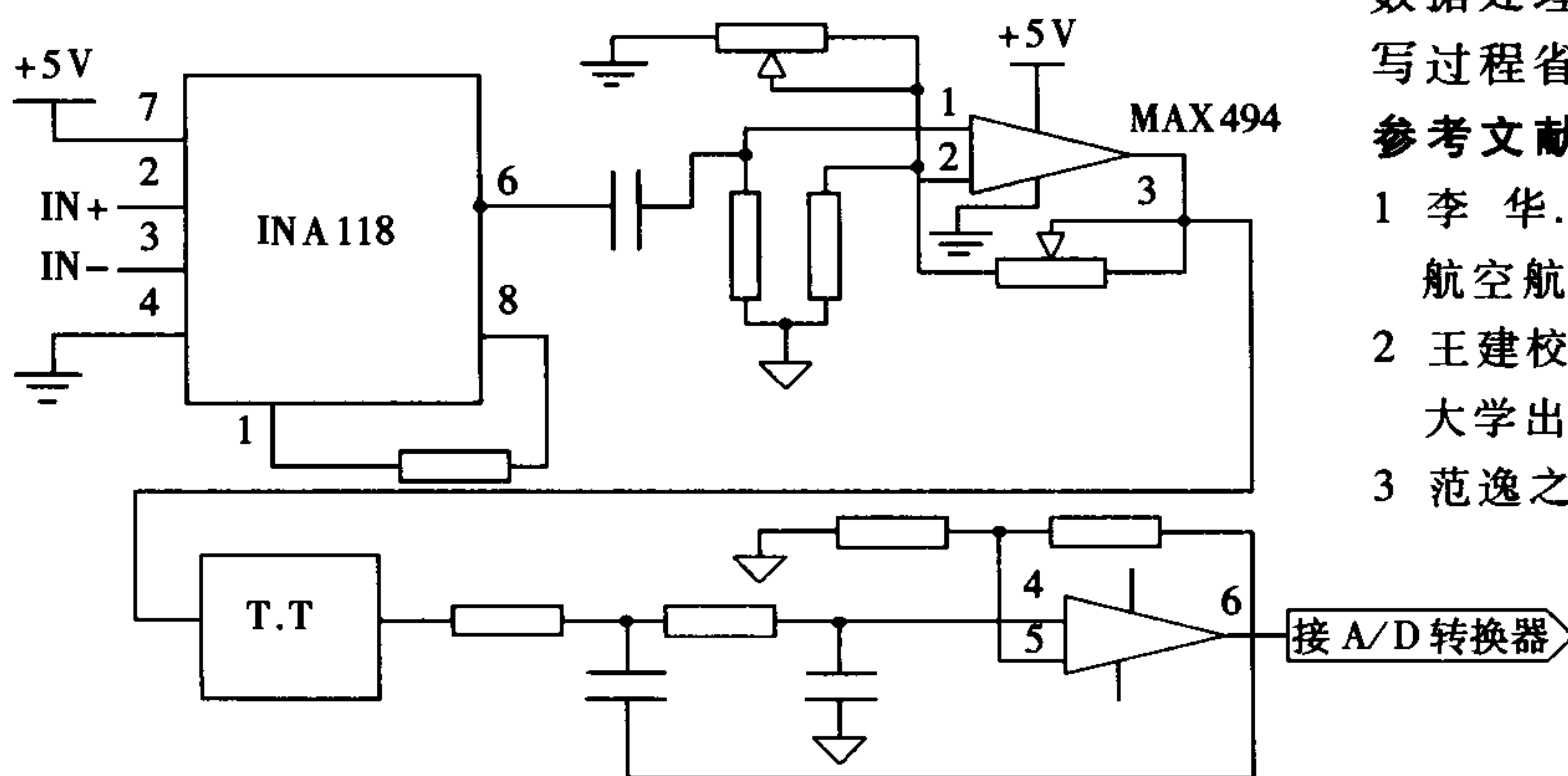


图 4 心电信号前处理部分