

# 基于 MSP430 的血糖仪设计

**摘要:** 本文详细介绍了采用 MSP430 系列单片机设计的多功能血糖仪。此款血糖仪不仅能精确测量血糖、实时时钟,还具有温度显示和闹铃提示等功能。文章介绍了设计的原理和软硬件的设计,最后给出了本设计的核心计算公式。

**关键词:** MSP430, 中文 LCD 显示, 低功耗, RS-232

## 引言

当前市场上血糖仪种类繁多,外形结构千奇百态,而价格和精度却大相径庭,且低价和高精度难以兼得。原因在于没有找到一款合适的微处理器。另外,出于屏幕尺寸的限制,界面普遍采用英文字符显示,这给中国病人带来了一定的困难。

随着电子技术的发展,微处理器功能日益增强,价格日趋降低。有必要选出一款功能强大而价格便宜的微处理器来重新设计血糖仪。本系统选用的 MSP430 系列微处理器使上述设想成为可能。

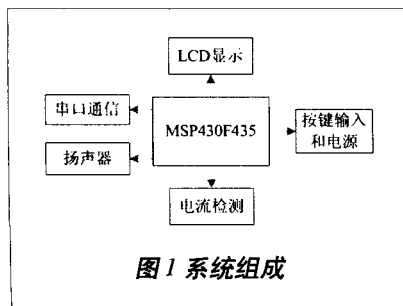


图1 系统组成

## 原理

血糖仪是根据电生物化学原理——施加一定电压于经酶反应后的血液产生的电流会随着血液中的血糖浓度的增加而增加——设计的。

通过精确测量出这些微弱电流,并根据电流值和血糖浓度的关系,反算出相应的浓度。所以,确定这个关系是问题的核心。但其关系复杂,受多方面因素影响,如电压强

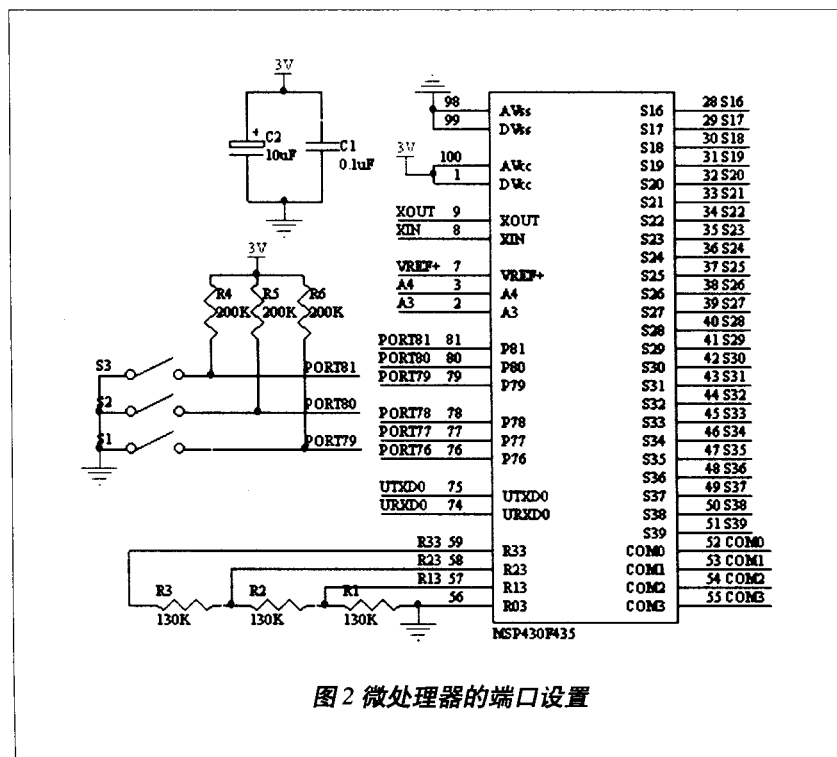


图2 微处理器的端口设置

度、所使用的试条以及检测的血流量等，理论上需要在所有浓度点上做大量实验才能确定最终的关系。在实际操作中，只需在选择若干重要浓度点时做大量实验，并确定其与电流值之间的关系。而相邻浓度点之间用简单的线性关系取代。

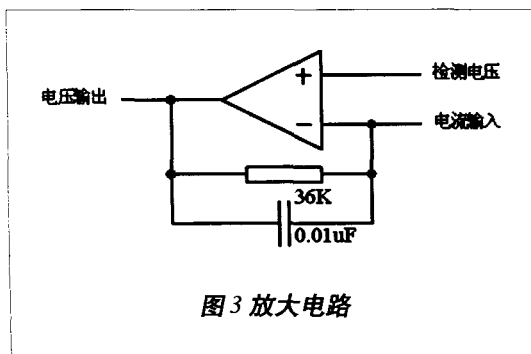
### 系统硬件设计

根据血糖仪功能的实际需求，结合 MSP430 系列单片机特点，采用型号为 MSP430F435 的单片机作为控制核心，其它模块还有电流检测、按键输入和电源、显示、扬声器及串口通信等。如图 1 所示。

#### MSP430F435 单片机

本系统选用的单片机 MSP430F435 具有 16Kb Flash 存储器、512B RAM、多达 160 段 LCD 驱动器、8 通道 /12 位 ADC 及大量的 I/O 端口等，完全满足本血糖仪的各项功能需求。

主要端口设置如图 2 所示。其中 COM0~COM3、S16~S39、R03~R33 用于实现 LCD 显示；Port74 和 Port75 用于串行通信；Port79~Port81 为按键的输入端；Port76 和 Port77 分别为运算放大器和 RS-232 芯片提供供电电压。Port78 连接蜂鸣器；Port2 和 Port3 为 ADC 输入；Port7 参考电压输出；



XOUT 和 XIN 连接 32KHz 的晶振，这是系统的时钟源。

#### LCD 显示

MSP430F435 具有液晶驱动功能，最大能支持 160 段 LCD，并且具有功耗低等特点。本系统采用中文界面的 LCD 显示，这也是本款血糖仪的一大特点。此 LCD 有 96 码段，内容丰富、功能强大，极大地方便了病人的使用。

#### 血糖检测

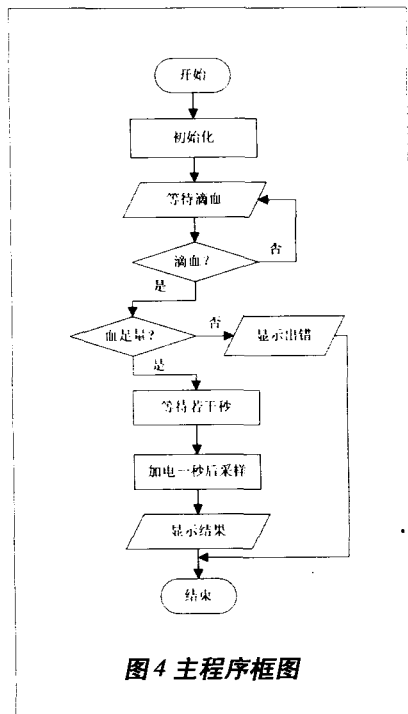
从原理中已经知道，测量血糖时需要在相应的电极上施加一定的电压，而电压的稳定性将直接影响测量结果，因此，考虑从相对稳定的参考电压得到，而不是直接从供电电源中得到。

MSP430 单片机 A/D 采样的是电压值，而被检测的是微量的电流值，因而也需要将电流值放大并转换成相应的电压值。采用如图 3 所示的电路就能实现这一要求。其中，电阻 R 用于放大。此外，过少的血流量也将造成结果偏差，所以有必要设计一个用于检测血液是否足量的简单电路。而此电路完全可以用与图 3 相同的电路来代替。因此，采用两个这样的电路就可以实现血糖测量。

#### 其它模块

本系统的供电电压为 3V，采用两块电池。其中一块是主供电电源，另一块为备用，以便设备在换电池时仍能正常工作。

按键采用三个，分别是左键、右键和 OK 键；OK 键主要用于开、关机和确认等，左键用于数字减或选项左移等，而右键则与



左键相反。

由于血糖仪中存有大量的测量结果，因此有必要增加串口通信功能，将这些结果上传到 PC 作进一步处理。而单片机本身就具有串行通信接口，只需将 TTL 电平转化为 RS-232 电平即可。这里采用 SP3232 芯片来实现这一功能。SP3232 芯片所需的供电电压低，适合便携式设备应用。其外围电路的连接简单，仅需几个 0.1μF 的电容器即可。值得注意的是其供电电压是由单片机端口控制输出的，以达到省电的目的。

#### 系统软件设计

系统软件采用 C 语言编写。其主程序框架如图 4 所示。

对于便携式设备，电池寿命至关重要，设计时应尽量降低功耗，使系统尽可能长时间地停留在低功耗状态。因此，考虑设备在适当的时候自动关机。这里采用了一个定

时器。当定时器大于0时,系统处于开机状态;当定时器倒数到0时,系统自动关机。这个定时器是由单片机中的Basic Timer实现的。通过软件对Basic Timer控制寄存器进行设置,将信号源设为辅助时钟,大小为32KHz,并进行256分频,再对中断定时间隔控制位进行设置,使得中断每秒进行一次,并且每次到来时都对定时器减1,这样就实现了定时器每秒减1的功能。具体操作过程为:开机时,对定时器初始化一个大于0的值,比如30,并且在每按一次有效键时,系统重新初始化这个值。因此,当没有按任何有效键时,30秒后就会自动关机,从而实现省电目的。

系统也具有实时时钟功能,它的实现方式与上述的定时器类似。只是将“每秒减1”改为“每秒加1”,具体操作为:每次中断时都对秒变量加1,当秒变量的值变为60时,就对分钟变量加1,而秒变量又重新从0开始计数。同样,当分钟变量累加到60时,就对小时变量加1,而自身又从0开始计数。依次类推,就可以实现实时时钟和日期功能。

为满足个性化需要,还增加了时钟和单位设置、平均值和温度显示等功能。这里就不再赘述了。下面主要介绍一下测量模块。首先,初始化各个端口以及ADC寄存器,然后等待滴血。当检测到足量血时,断电并等待若干秒,使之与试条上的酶充分反应。随后加电并在一秒后迅速读取。

### 计算公式

这部分无疑是本设计的关键。表1是使用本设计的样机测得的部分数据。由表中的数据不难看出,血糖仪和血糖试条的测量重复性较好——CV<3%,远远高于国家标准<7.5%的要求。

通过对数据进行3次曲线拟合,就可以得到血糖值和电流值之间的关系曲线图。图5是原始数据分段曲线和拟合曲线的对比图。容易看出两条曲线很吻合;因此,在实际操作中可以用一个公式代替分段函数。这里的曲线公式为:

表1 部分实验数据

浓度(mg/dl)	50	100	200	300	400
电流(μA)					
1	3.003	6.752	13.101	16.861	19.836
2	3.028	6.678	12.368	17.130	19.621
3	2.918	6.800	13.272	16.764	20.366
4	2.893	6.910	13.028	17.179	20.622
5	3.064	7.081	13.614	17.574	20.341
6	2.881	7.106	13.211	17.264	20.268
7	3.075	6.703	12.905	17.628	19.645
8	2.905	6.849	13.150	17.029	20.158
9	2.991	7.130	13.233	17.081	20.024
10	2.901	7.240	12.964	16.838	20.952
均值	2.9659	6.9249	13.0846	17.1348	20.1833
均方差	0.0746	0.2001	0.3200	0.2924	0.4218
CV (%)	2.5153	2.8896	2.4456	1.7065	2.0898

$$Y = 0.0397 \times X^3 - 0.6779 \times X^2 + 17.3271 \times X + 1.0462$$

其中, X 是电流值, 单位为 μA, Y 是对应的血糖值, 单位为 mg/dl。在实际验证过程中, 上述公式具有良好的精度。

### 结语

此款血糖仪采用MSP430F435作为其核心控制单元,它具有12位A/D转换,采样精度达到1/4096。除了基本功能外,系统还增加了闹铃提示和串口通信功能,使用户不仅可以定时测量,而且还可以通过串口将测量结果保存到PC,再通过相应的软件,对数据作进一步处理。本文总结的公式经临床证明具有良好的精度。此外,中文字符界面也极大地方便了用户使用。■

### 参考文献:

- 1 MSP430F43X/F44X data sheet TI. Corp.
- 2 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用, 2004.11

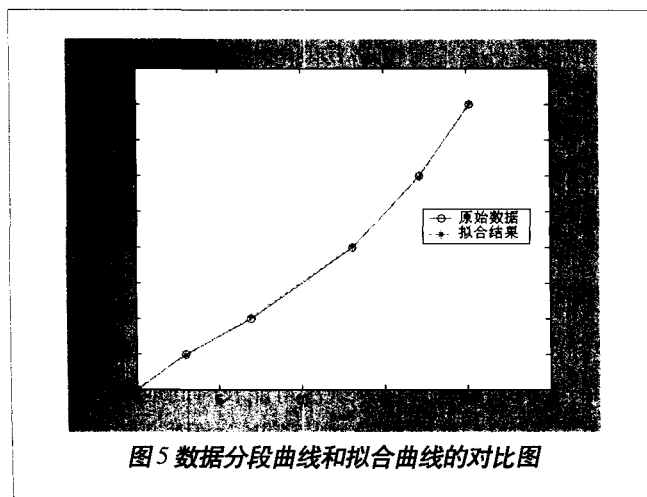


图5 数据分段曲线和拟合曲线的对比图