

# 基于C8051F系列单片机的血糖仪解决方案\*

The Solution Program of Blood Glucose Meter Base on C8051F Series MCU

王佳斌 戴在平 华侨大学信息科学与工程学院(福建泉州 362021)

**摘要:** 本文基于多年使用C8051单片机开发的经验,提出了一种低成本、高精度、稳定可靠的血糖仪解决方案,实际样机的测试表明,该方案结构简单,测量重复性好,精度高;针对使用该设备终端用户的不同设置了不同的操作模式,模式间切换简单。为测量过程设计了多种数据处理和补偿方案,使设备适应环境能力大大增强,具有较强的实用价值。

**关键词:** C8051F; 血糖仪; 三电极测量法; 温度补偿

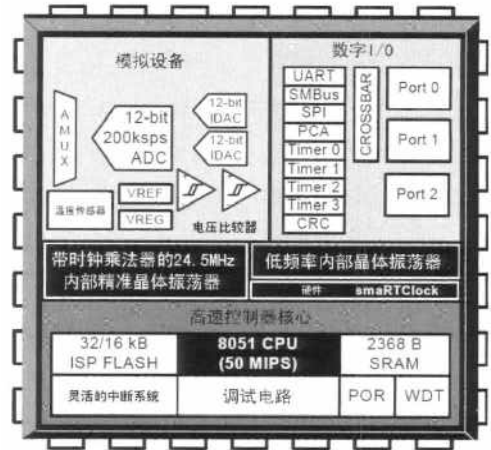


图2 C8051F410 逻辑功能图

\* 福建省自然科学基金资助项目(项目编号: S0650020)  
王佳斌: 博士研究生, 主要研究方向: 智能仪器, 软计算。

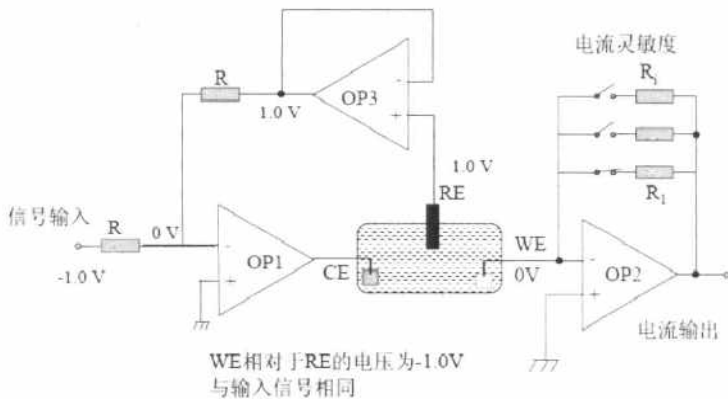
## 血糖测量的电化学原理

血糖测量的电生物化学原理是当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。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。电压强度、所使用的试条以及检测的血液量都会对其产生影响。理论上需要在所有浓度点上大量实验才能确定

最终的关系。在实际操作中,只需在选择若干重要浓度点做大量实验,然后采用曲线拟合或插值等数据处理方式来确定其与电流值之间的关系。

血糖测量通常采用电化学分析中的三电极体系。三电极体系是相对于传统的两电极体系而言,包括,工作电极(WE),参比电极(RE)和对电极(CE)。参比电极用来定点位零点,电流流经工作电极和对电极工作电极和参比电极构成一个不通或基本少通电的体系,利用参比电极电位的稳定性来测量工作电极的电极电势。工作电极和辅助电极构成一个通电的体系,用来测量工作电极通过的电流。利用三电极测量体系,来同时研究工作电极的点位和电流的关系。如图1所示。

图1 三电极工作原理



## 方案描述

该血糖仪提供多种操作模式以适应不同

栏目编辑 李健

场合的应用,另外提供了mmol/L,mg/dl,g/l三种常见测量单位的自由切换并自动转换。该三个单位之间的转换关系如下:

$$1\text{mmol/L}=18\text{mg/dL}$$

$$1\text{mmol/L}=0.18\text{g/L}$$

$$1\text{mg/dL}=0.01\text{g/L}$$

针对不同国家地区的不同要求,血糖仪可以采用以上任意一种单位来显示测量结果,转换的方式采取使用特殊的代码校正条来实现。

(1)单片机及内部硬件资源的充分利用。Silicon labs C8051F4单片机内部集成了丰富的外围模拟设备,使用户可以充分利用其丰富的硬件资源。C8051F410单片机的逻辑功能图如图2所示。利用其中12位的A/D转换器用来做小信号测量,小信号电流经过电流采样电路最终转换为电压由该A/D采样,然后以既定的转换程序计算出浓度显示在液晶板上。利用12位的D/A转换器可以输出精确稳定的参比电压用于三电极电化学测量过程,由于D/A的输出可以由程序编程任意改变,因此可以很方便的通过改变D/A值来改变参比电压与工作电压之间的压差,而且可以12位的精度保证了压差的稳定,有效提高测量精度。

温度传感器用于采集温度信号,做温度补偿[4]。因为血糖试剂在温度过高或过低的情况下都会出现测量偏差的问题,因此在测量过程中通过该温度传感器采集环境温度,在试剂要求的温度范围之外该参数就可以用来作为温度补偿。

内部具有32/16kB的Flash存储器可用于存储测量数据。2kB的集成RAM作为测量数据的缓冲。血糖仪需要将每次测量数据及日期记录在非易失性存储介质中,通常采用Flash存储器,但Flash存储器普遍存在重写速度慢的问题,因此,利用这2kB的RAM做缓冲,在有电源的情况下用于记录数据,在每次血糖仪关机的时候再将数据写入

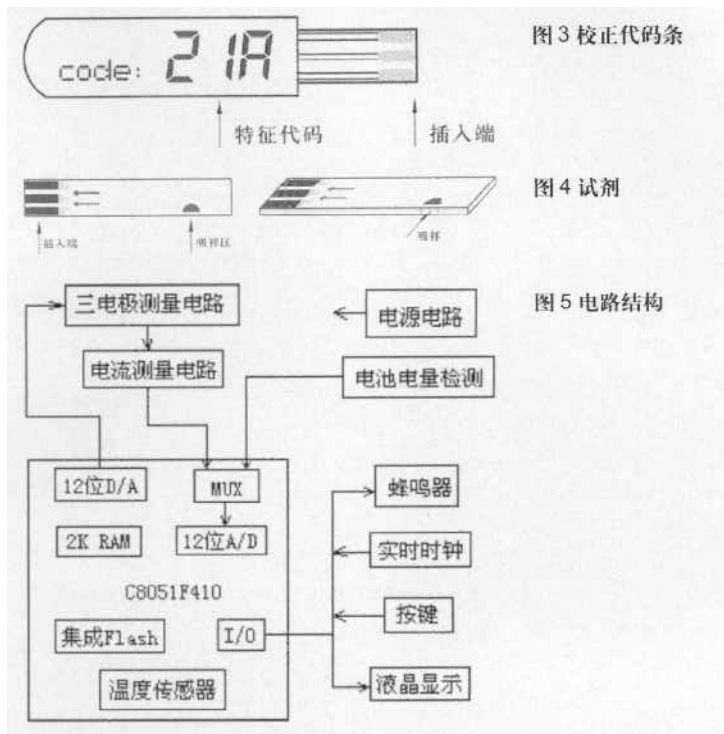


图3 校正代码条

图4 试剂

图5 电路结构

Flash中,间接提高血糖仪测量效率。

(2)电源设计采用两节普通碱性AAA电池,利用RT9701和RT9266组成高效升压电路升压到3.3V作为整个血糖仪的供电。在整个仪器的供电电路结构上,设计电源开关电路,当关机时除了MCU和实时时钟可以直接通过电池供电以外,其他电路的电源被全部切断,然后使MCU和实时时钟进入休眠或节电状态,可以大大节省待机的耗电,延长电池的使用时间。MCU的唤醒通过中断实现,当开关按键按下时产生一个按键中

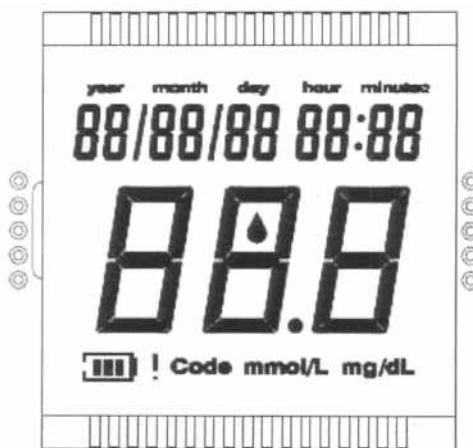
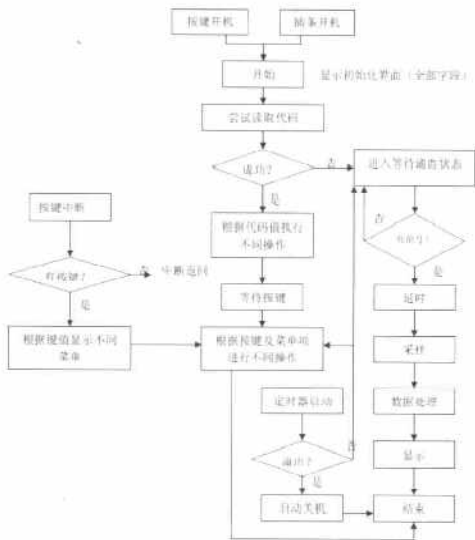


图6 液晶面板结构图

图7 程序流程



的参数，该参数会被事先烧写在代码校正条上，校正代码条如图3。其中特征代码实际就是拟合曲线的参数的整合成一个特殊的代码形式。图4是试剂条，由专业生物医学机构调配，因为每批试剂条的调配不可能一致，因此每次的拟合曲线参数也不一样，该参数由该机构提供，并烧写相应的校正代码条随试剂交付终端用户使用。用户每次购买一批新试剂的时候必须先通过代码校正条修改血糖仪的参数。代码校正条的设计采用和试剂条同样的接口，因此只需要像使用试剂条一样直接插入血糖仪的检测端口，就可以方便地将新参数输入到血糖仪。

断，由此唤醒MCU并为其他电路接通电源，血糖仪重新进入工作状态。

(3)实时时钟设计，采用s-3530A实时时钟芯片<sup>[5]</sup>。该实时时钟具有高精度低功耗的特点，工作晶振频率32KHz，并设有节电模式，可以在血糖仪不工作的时候使其进入节电模式，节省电池电量。采用I<sup>2</sup>C总线与单片机连接，有效节省单片机I/O口线。自动计算闰年，并且以BCD码格式表示年月日时间数据，为MCU的读写提供很大方便。

(4)不同用户模式设计。终端客户只需要进行血糖测试及测试的历史记录，而调试人员需要知道测量的电流值以检测该仪器的质量，因此，本方案特意设计两种操作模式分别提供给终端用户及生产过程中的调试人员使用，只需要简单实用一根特殊的测试条就可以让该仪器计入超级用户模式，该模式提供了测试电流的显示界面，在该界面下，调试人员可以以标准电阻代替试剂来测试仪器的性能。而一般的终端用户则只能在正常用户模式下使用，这样仪器的生产测试和最终的销售可以使用同一个程序，为生产带来很大的方便，也为该产品的维修带来方便。

(5)血糖仪的代码校正。血糖仪每更换一批试剂就需要进行代码校正，所谓代码校正实际上就是向血糖仪输入新的一组拟合曲线

(6)基于上一点的要求，血糖仪的端口既要可以正确读取试剂条，又要可以读取校正代码条，该端口是两个功能的复合端口。因此电路上设计了巧妙的电路转换结构用以在根据插入的介质自动判断是试剂条还是代码校正条并正确读取。

(7)特殊代码校正条的设计。由于本方案设计了单位自动转换，一般用户模式和超级用户模式等功能，这些功能的实现都依靠特殊代码校正条来实现，原理就是选取几个特殊代码，烧写在代码校正条中，利用血糖仪可以自动读取代码校正条来设置参数的功能，当读到代码时先判断是否特殊代码，如果是就进行相应的操作，否则就进入新参数设置，如图7。特殊代码包括如下内容，转换单位的代码，切换工作模式的代码，清除内存的代码等。

### 电路实现及人机界面

血糖仪电路结构如图5。血糖仪采用一块PDM1621-893的定制液晶模块作为人机界面，该模块可以实现诸如实时时钟，电池电量，测量单位，报警信号，代码提示等多种显示，另外结合对三位七段数码显示的编程可以在多个工作模式下提供尽可能丰富的提示信息。液晶面板结构如图6。整个血糖

仪的操作流程如图7。

## 样机测试结果

为检验设计的有效性,对两台样机分别进行测试,为使测试具有可比性,采用了标准千分之一精密电阻代替试剂进行测试,测试的结果与标准比较如表1。其中原型机指原有某品牌机型。

测试结果显示,使用该方案的血糖仪样机的测试偏差比原型机好,即CV值较小,而且重复性相当好。但是存在两个样机间测试结果不一致的问题,估计和样机元器件不统一及焊接等有关,在批量生产中应该可以克服这个问题。

## 结语

本方案采用了C8051F410单片机,充分利用其丰富的内置硬件资源,大大简化了血糖仪的电路结构,使仪器的稳定性、可靠性进一步提高,而成本却降低。高精度的A/D

项目	16K电阻 0.4V	16K电阻 0.1V	40K电阻 0.4V	100K电阻 0.4V	溶液测试 (6.5mmol/L)
A仪器	25.15~25.31	6.89~7.53	9.85~9.93	3.60~3.69	4.22~4.85
B仪器	25.11~25.14	6.11~6.14	10.05~10.06	4.06~4.08	4.85~5.30
原型机	24.978~25.000	6.10~6.30	10.011~10.022	3.993~4.004	4.86~5.60

和D/A使得测量结果更加稳定可靠,重复性好。另外充分利用该单片机的休眠模式并且巧妙电源管理电路设计,使得该仪器可以两节普通的AAA电池就可以正常工作较长时间,使该仪器的使用更加方便。

表1 样机测试结果对比

### 参考文献:

- 1 A Bard, L Faulkner 邵元华等译. 电化学原理及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- 2 鲍可进. C8051单片机原理及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005
- 3 王佳斌 戴在平. 可扩展为多通道的胶体金测试系统的研制[J]. 华侨大学学报, 2008, 29(4)
- 4 王佳斌 戴在平. 温补晶振的一种实现方法[J]. 华侨大学学报, 2007, 28(4)
- 5 王佳斌 戴在平. 模拟I2C总线从器件的一种方法[J]. 华侨大学学报, 2004, 25(2): 206-209

# ARM向8位MCU进军, Cortex-M0处理器出世

2月23日, ARM推出了ARM Cortex-M0处理器, 这是ARM公司最小、能耗最低、最节能的处理器。该处理器在12K门的面积内能耗仅有85 μW/MHz (0.085mW), 门数量少、代码占用空间小, 使得MCU开发人员能够以8位处理器的价位, 获得32位处理器的性能, 并兼容诸如Cortex-M3产品的多功能处理器。

超低门数还使其能够用于模拟信号设备和混合信号设备及MCU应用中, 可望明显节约系统成本, 同时保留功能强大的Cortex-M3处理器

的工具和二进制兼容能力。

“Cortex-M0是ARM Cortex系列战略的一部分, 主要定位现有的8位MCU市场”, ARM中国区总裁谭军博士说, “Cortex-M3等面向16/32位市场。客户使用Cortex-M0的好处是, 将来想升级到ARM的16或32位会非常方便”。

Cortex-M3把ARM的MCU路线图扩展到超低能耗8位MCU和SoC应用中, 还适合拥有诸如智能传感器和调节器的可编程混合信号市场, 这些应用在传统上一直要求使

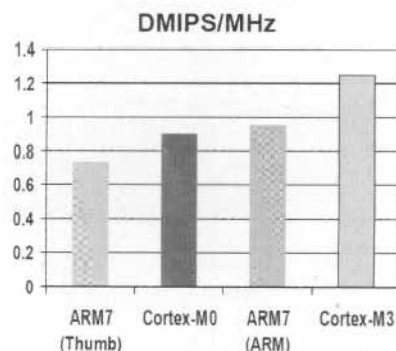


图 ARM Cortex-M0 的性能比较

用独立的模拟设备和数字设备。据悉NXP等公司已经获得Cortex-M0处理器授权。