

移动终端获取检测血糖浓度的实现方法

王思奇, 周志峰

(上海工程技术大学 机械电子工程学院, 上海 201209)

摘要: 随着人们生活水平的提高, 物质资源的不断丰富, 人们所患糖尿病的概率正成几何形式增长, 检测血糖浓度已变成中老年人日常的工作, 然而如今检测血糖浓度的方式普遍的较为单一与繁琐; 为了日常监测血糖浓度, 通过手机等移动终端监测与记录数据, 综述一种便携设备采用酶电极检测血糖浓度的方法, 使用试纸与手机等载体进行连接, 通过耳机接口把血糖等人体生物信息反映到移动终端(手机)上; 在跨平台通信中采用曼彻斯特编码方式, 把数字量信息加载到音频信号正弦波中, 在移动终端中通过解调把数字量数据解析出来加以处理并反映到手机上, 直观简介地显示血糖浓度等生物安全信息; 具有操作简单, 单次测试成本低廉, 方便检测与记录等优势。

关键词: 耳机接口; 血糖; 试纸

Realization of Detecting and Obtaining Blood Glucose Concentration by Mobile Terminal

Wang Siqi, Zhou Zhifeng

(Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201209, China)

Abstract: With the improvement of people's living standards, the continuous enrichment of material resources, the probability of people suffering from diabetes is geometric growth, detection of blood glucose concentration has become the daily work of the elderly, but now the general method of detecting blood glucose concentration is more single and cumbersome. In order to monitor blood glucose concentration on a daily basis and to monitor and record data by mobile terminals such as mobile phones, a portable device is used to detect the blood glucose concentration by using an enzyme electrode. The test paper is connected with a carrier such as a mobile phone, and the biological information such as blood glucose is reflected through the headphone interface Mobile terminal (cell phone). In the cross-platform communication using Manchester encoding, the digital information into the audio signal sine wave, in the mobile terminal by demodulating the digital data to be processed and reflected on the phone, intuitive description of the blood glucose concentration, etc. Biosafety information. With a simple operation, a single test low cost, easy to detect and record and other advantages.

Keywords: headphone jack; blood glucose; test paper

0 引言

伴随着近 10 年来中国经济的高速增长, 人们生活方式的快速改变, 糖尿病在中国已成为一种慢性流行病, 糖尿病是一种常见的内分泌代谢障碍性疾病, 是当今严重威胁人类健康的多发病、常见病, 在老年群体中尤为常见。在经济和社会迅速发展的同时, 生活节奏不断地加快, 青壮年的工作压力增大, 日常工作繁忙, 没有时间运动加之饮食中摄入的热量过高, 导致糖尿病患病率显著增加, 糖尿病患者也越来越趋于年轻化^[1]。血糖浓度是反映糖尿病病情状况的一个重要指标, 多次进行血糖测量可随时把握病情变化, 趁早采取预防措施。

传统的血糖仪较为庞大, 测试流程繁琐, 数据记录也不是很方便, 智能手机硬件与性能日益强大, 所以可以通过手机等移动终端连接的检测血糖浓度模块就有了存在的必要, 检测血糖浓度其主要作用是检测人体生理参数, 并将参数上传至手机, 涉及数据深入挖掘以及统计分析等功能不需要检测端来完成,

把工作重点留给性能十分出色的手机来实现。在检测血糖浓度方面采用酶电极方法进行检测, 通过耳机接口与手机等智能设备进行通讯, 在跨平台通讯中使用曼彻斯特编码, 把数字量信息加载到正弦波中, 在检测端使用合泰低功耗 16 位 AD-Flash-HT66F26 微控制器单片机测量血糖浓度并发送数据到移动终端(手机), 在手机端经过数据处理与分析把血糖浓度等健康信息快速的显示出来。不单有测量方便, 体积较小而且即插即用, 并且非常适合家庭使用。

1 检测原理

设计仪器的检测原理是在电极表面固化上葡萄糖氧化酶(GOD), 当血液滴到电极上时, 葡萄糖会在葡萄糖氧化酶(GOD)的作用下发生氧化还原反应, 所产生的电子被导电介质转移给电极, 在一定电压(一般在 0.4~0.5 左右)的作用下, 流过电极的电流将发生变化, 通过检测电流变化与葡萄糖浓度的线性关系达到检测血糖浓度的目的^[2]。血糖仪试纸条上的酶可以转化成导电材料, 在电极两端施加 0.5 V 左右的激励电压就会产生电流, 通过测量这个电流大小, 可以间接的反应血糖浓度的高低。值得注意的是血糖浓度与电流大小之间不是稳定的线性关系, 根据测量时间的不同以及激励电压的大小, 浓度受多种情况影响, 根据我们测试的血糖浓度与测试电流数值绘制出的血糖浓度关系图像如图 1 所示。

收稿日期: 2017-06-15; 修回日期: 2017-07-22。

作者简介: 王思奇(1993-), 男, 辽宁铁岭人, 硕士研究生, 主要从事自动化仪表设备方向的研究。

周志峰(1982-), 男, 江苏常州人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事自动化仪表设备方向的研究。

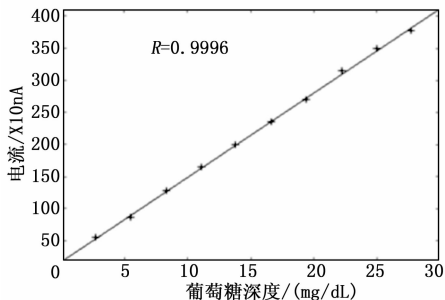
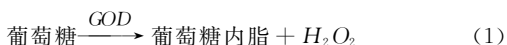


图 1 电流变化与葡萄糖浓度关系

由于霉菌的 GOD 对葡萄糖有高度物异性，不能氧化其它糖类，故可测定真实值。GOD 可氧化血液中 β-葡萄糖产生葡萄糖内酯和 H₂O₂，同时释放出电子。具体的反应方程式如下：



通过酶电极法转换出来的电流值通常都是很小的，通常在几微安和几十微安中间波动，这个电流不方便我们检测与记录，所以通常在转换完成之后我们需要外接一个转换放大电路，把电流信号转化为电压信号并进行放大，我们的 MCU 通过测量转换之后的电压值经过简单的 A/D 转换芯片便可以得出相对准确的血糖浓度值，由于信号的微弱性，在放大电路中一些干扰是值得注意的，比如说电源或者时钟对微弱信号的干扰，通过滤波来减少这样的干扰，使测量结果更加准确。为了降低通信过程中的高频噪声，并隔离耳机接口输入信号中的支流分量，设计了一个 RC 低通滤波和隔直电容组成接口电路，起到保护手机耳机接口的作用^[3]，在得到数字量信息之后我们就可以通过我们的耳机接口来进行数据通信了。放大电路实验原理如图 2 所示。

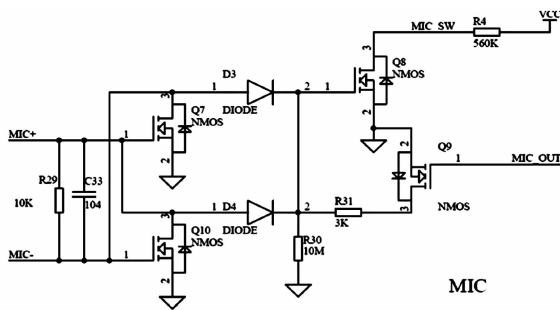


图 2 采集电流放大电路

在检测过程中所需要产生的激励电压我们选取 MAX603 电源控制器，这款控制器系统稳定性高，价格低廉，输出转换率高并且可以同时输出两种工作模式，便于我们搭建工作环境，不单可以满足日常工作需要在特殊场合中也可以以较高性价比占据市场。

放大模块的设计采用的是低功耗精密运算放大器 OP07C 和 LM358。OP07C 的特点是超低失调、低漂移、高精度、高增益、高输入阻抗、电路正比特性好，零点失调电压小，性能极为优越稳定。LM358 芯片由两个相互独立的双运算放大器组成，具有高增益，独特频率补偿的运算放大器，使用场合通常用于传感放大器、直流增益以及需要单电源供电等工作场所。

2 音频通讯

大部分的智能手机都会配有 3.5 MM 的耳机孔，我们可以通过耳机插口把音频信号转化为数字信号，也可以把话筒上的模拟信号转化为音频信号进行传输，由此我们大胆猜想是否可以把从酶电极法采集上的电流信号加载到音频信号中传递给耳机，这样就完成了跨平台的通讯为更多的传感器通过耳机接口进行连接做了铺垫，耳机接口各部分端口定义如图 3 所示。



图 3 耳机接口定义

通过耳机接线口各部分定义我们可以选择左声道 L 或者右声道 R 作为从手机通往 MCU 的通讯线，我们把从 MIC 输出的信号选做 MCU 通往手机的通信线，这样模拟实现全双工通信方式，而实际情况中两者也是互不影响的。音频信息是模拟信号，耳机线传输的音频信号一般是 1250~9600 Hz 之间的交流信号，在数字传输过程中首先需要进行编码调制。接收时解调频率为 9600 Hz 和 4800 Hz 的音频信号^[4]。本次设计使用曼彻斯特编码来进行跨平台通信，把测量血糖浓度的 MCU 作为外置主导设备，包含测量发送记录等多重功能，把耳机端口终端作为信号接收装置，通过左右声道与 MIC 的共同配合实现双路全双工通信。各部分详细工作过程：1) 测量血糖浓度模块 MCU 将载有血糖浓度的数字量信息通过曼彻斯特编码解析成国标数据，在通过差分曼彻斯特编码得到波动音频正弦波信号，传输到 MIC 接口通过麦克风输入数据发送给智能终端进行数据接收与结果显示；2) 外置智能终端接收数据后返回确认字节包通过左声道 L 或者右声道 R 返回给 MCU 中，此时工作流程相反首先进行差分曼彻斯特编码把数据加载到正弦波中，之后解调成国标数据，最后通过曼彻斯特编码返回到 MCU 接收寄存器中，判断接收数据是否准确，整个工作完毕。曼彻斯特编码如图 4 所示。

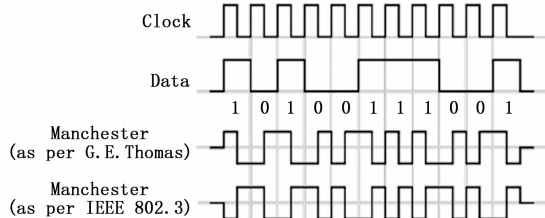


图 4 曼彻斯特编码

本次设计把数据加载到音频信号中进行传播，检测原理分别为：通过耳机的左右声道以及 MIC 端口模拟单片机串行通信方法，使用差分曼彻斯特编码方式，曼彻斯特编码总会在每一位的中点产生一个边沿跳变，在每一位的开始位置也可能会有一个边沿跳变。在每一位中点的跳变方向表明数据。在位传输的边沿所产生的跳变并不表明数据信息^[5]。通过这种编码方式可以有效的把数字量信息加载到音频信号中，接收端检测跳变信号出现的时机，便可得出其中加载的数字量信息，能够使信号自同步，信息完整率较高，比如所加载的 16 位数据 0x5A 如图 5 所示。

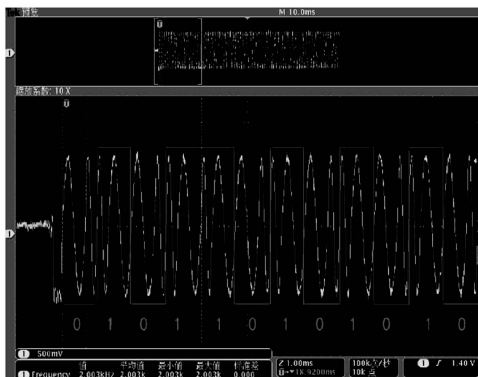


图 5 通讯数据展示

3 数据传输软件设计

本次设计使用合泰 16 位微控制器单片机, 型号选择 AD-Flash_HT66F26, 该型号单片机自带多通道 12 位 A/D 转换器, 并且在存储方面拥有 RAM 数据存储器和 IAP 存储序号校准数据等功能, 内部包含看门狗定时器、低电压复位和低电压检测等内部保护特性, 并含有完整的 SPI 和 I²C 功能。在系统供电之后首先初始化所有 I/O 口, 清除寄存器数据等待手机端检测命令, 接收到命令之后启动 A/D 转换程序, 通过酶电极检测血糖浓度的方法得到数字量血糖浓度信息, 并通过曼彻斯特编码, 把数字量信息加载到正弦波音频信号中发送给移动终端 (手机) 进行数据处理与显示。采集数据端软件流程如图 6 所示。

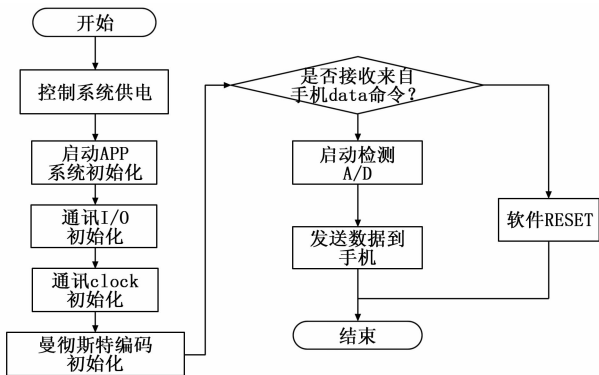


图 6 耳机外设端软件流程图

合泰单片机 HT66F26 自带的比较器可以把模拟量数据转换成数字量数据进行通信无需外接电路, 操作简单, 部分血糖浓度软件检测程序如下:

```
void Dx2Ix() //根据 AD 转换值计算出 Ix10
{ADC (ADC_3Channel_AN2);
Ix10= 52 * adc_an0_result/(adc_an2_result/10) - 60;} //电压:
mV;电阻:k 欧;电流:uA
void Ix2Cx(unsigned 2Ix(unsigned long
k, unsigned long b) //根据电流计算浓度,使用该函数前 I * 10 必须被赋值与 D
* 21x()配合使用
{ unsigned long temp;
temp=k/10 * Ix10;
if(temp<=B)
```

```
{ Cx10=0; }
```

```
else
```

```
{ Cx10=k * Ix10/10-b; } //电压:mV;电阻:k 欧;浓度:mg/dl
```

把转换后的数字量数据通过曼彻斯特编码进行再处理, 得到的有效数据流通过差分曼彻斯特编码转化为国标数据通过 MIC 端口发送到智能终端上, 解码后的数据将通过手机等智能终端处理显示出来^[6-8]。在手机软件端首先进行 UI 初始化操作, 恢复默认状态, 调节媒体音量到最大使接收信号达到最大振幅状态, 当点击检测按键时, 发送指令到 MCU, 检测端开始进行 A/D 转换测量血糖浓度, 把得到的数据经过曼彻斯特编码发送到移动终端 (手机) 上来, 手机 APP 接收通过 MIC 发过来的正弦音频信号, 采用 JAVA 编程语言, 解码传输数据并在 UI 上显示出来, 简易 UI 如图 7 所示。手机端软件流程如图 8 所示。



图 7 血糖检测终端与手机 APP 工作实物图

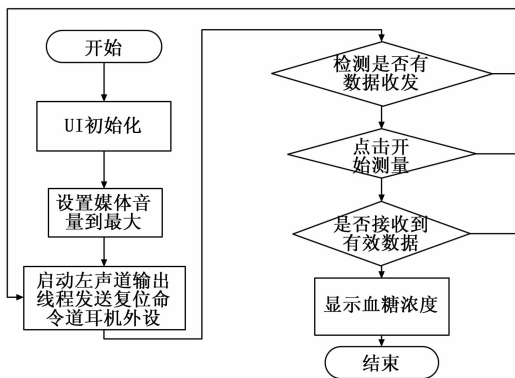


图 8 智能手机应用软件流程图

4 试验结果与分析

利用酶电极法检测血糖浓度主要在以下几个方面做了改进:

1) 体积小, 使用简洁。摒弃了传统测量方式与大型医疗器械的结合, 节约测量时间, 把采血样本放入测量试纸中, 试纸中固化的葡萄糖氧化酶开始发挥作用通过电化学反应有效的从血糖浓度中释放电子, 大量电子的聚集形成电流, 通过检测电流的大小直接的反应血糖浓度的高低, 测量成本降低。

2) 测量结果精度高, 准确性好。我们取 40 份不同血糖浓度 (2~12 mmol) 的采血样本, 每份样本分为两份, 分别使用智能血糖仪与 CX7 生物血糖浓度检测仪来进行测试。从测试的数据中我们发现两者浓度相差原因在于系统设置比例系数不同, 因此本设备测量的结果基本达到大型测量仪器工作要求。结果对照如图 9 所示。

在整个系统中检测浓度方面试验结果十分理想, 剩下的主