

工程师详解：PIC24 单片机在血糖仪上的应用

作者：技术应用工程师李娟利

引言

糖尿病是一种常见严重危害人类健康的慢性疾病，近年来的发病人数逐年上升，患者必须定时进行血糖监测，才能控制病情并有针对性的治疗。血糖仪已经成为一种常见的家庭医疗器械，市面上大多数的血糖仪价格和精度难以兼得。随着[电子技术](#)的发展，一款功能强大而价格便宜的血糖仪应运而生，本文将介绍一款采用 MicrochipPIC24“GC”系列 [MCU](#)，利用 CTMU 功能测定血糖浓度的新方法。

血糖仪测试原理

血糖值的检测方法采用的是生物电化学方法，其原理：血糖测试条插入血糖仪后，在测试条的顶端滴入血样，血液中的葡萄糖与血糖测试条上的酶发生化学反应，产生电子或微电流，

电子数量或者微电流的强弱随着血液中血糖浓度的增加而增加。

普通血糖仪的测试方法

通过精确测量微弱电流的大小，并根据电流值和血糖浓度的关系，反算出相应的浓度。为了测量精确的电流值，往往需要强大的模拟信号调理电路。如图 1：

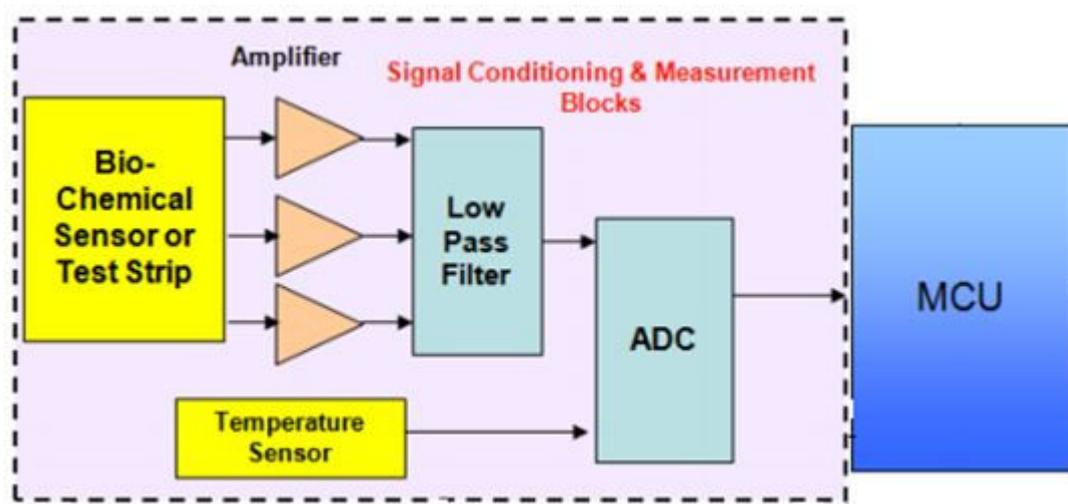


图 1

由图 1 看出，普通血糖仪的模拟电路要求：1. 至少 2 个以上低偏移、低温度系数、低偏置电流的运算放大器。2. 至少 1 路 12bit 以上的 ADC，最好是 16bit，满足这 2 个条件是普通血糖仪的基本要求，但这样的方案的成本非常高。

PIC24CTMU 血糖仪方案描述

PIC24CTMU 血糖测试方法

模拟信号调理电路无需外加，只需 MCU 内部集成的 CTMU 单元和高精度来 ADC 完成。

如下图 2：

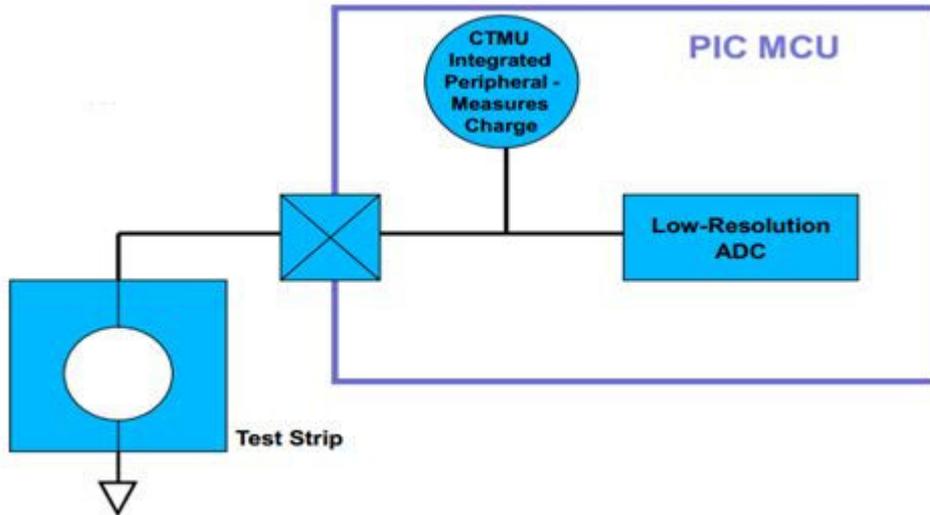


图 2

该方案也是基于血糖测量的电化原理，但其实现方法颠覆了以往血糖的测试方法。本设计介绍的是一款单芯片设计方案，以 Microchip 最新的 PIC24F“GC”系列 MCU 为核心，外围电路设计简单，测试条直接与 MCU I/O 口连接完成一个快速、高精度、低成本、低功耗的血糖测试。如下图 3 是血糖仪的硬件框图：

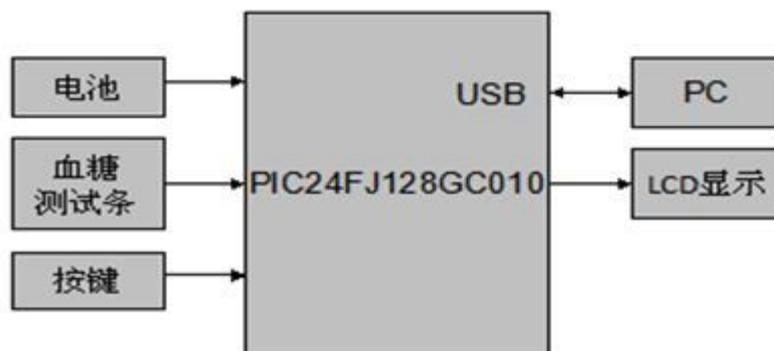


图 3

具体原理：当测试条上滴入血样，血液中的葡萄糖与测试条上的酶发生反应产生电荷 Q ，而电荷与血糖浓度呈线性关系，所以，只需测出纸条上的电荷量就可以知道血糖的浓度。这里与大多数血糖测试方法稍有不同的是测量电荷量，而不是电流值。测量电荷 Q 用到模拟装置，完全由 MCU 内部提供，主要包括：高精度模数转换器 (ADC)、可编程

的恒流源、数字处理器和存储器、高精度定时器、参考电压源等。如下图 4 是测量电荷 MCU 内部逻辑图：

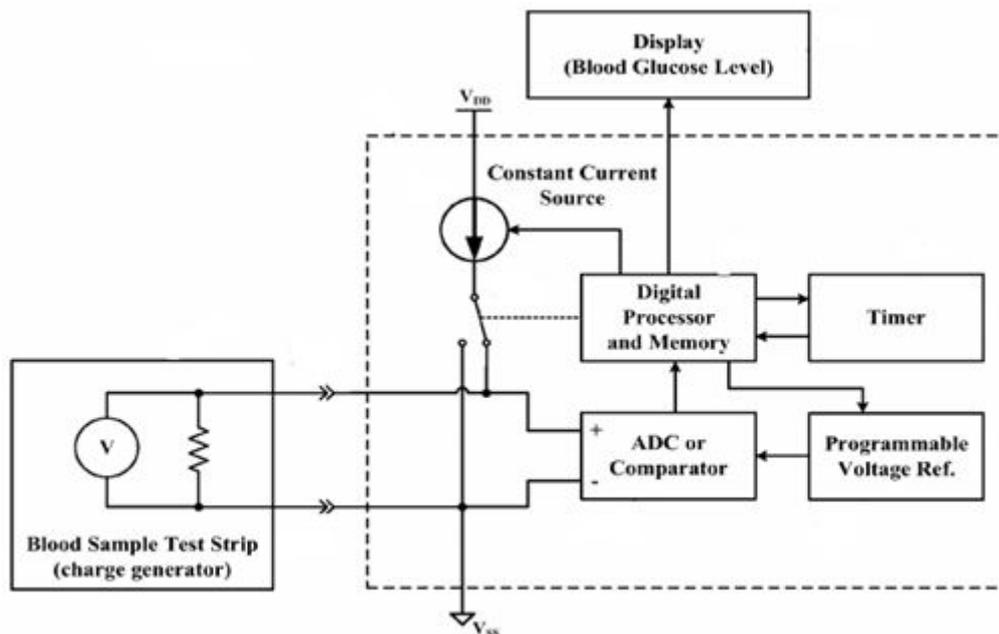


图 4

图 3 可以看出，外围电路很简单，只需一个血糖测试座和一个显示屏。该设计中，主控 XIN 芯片选用了 Microchip 的新推出的 PIC24FJ“GC”系列 MCU，该系列芯片具有强大的高级模拟特性和超低功耗特性。高级模拟资源有 16bit $\Sigma - \Delta$ ADC、12bit SAR ADC、10bit DAC、充电时间单元 (CTMU)、2 个运算放大器、比较器、片上 Vref 等。同时具有超低功耗特性，多种功耗管理模式，深度睡眠 3.3V 时典型电流 40nA，RTCC 开启 32kHz，3.3V 时典型电流 400nA。另外该芯片还集成 LCD 驱动、支持 USBOTG、RTCC 等模块，Flash 从 64kb-128kb，RAM8kb，采用改进型哈佛架构，最高运行速度可达 16MIPS (32MHz 时)，集成 17 位 x17 位单周期硬件乘法器等等。这些资源完全满足一个高精度低功耗低成本的血糖仪设计需求。

PIC24CTMU 测血糖方法及流程

如图 3，恒流源由 MCU 内部的 CTMU 提供，测试条与恒流源通过开关连接，开关由 MCU 内部控制，正常情况下开关处于闭合状态。当血糖测试条上未滴入血样时，测试条呈现很高的电阻，测试条相当于一个无穷大的电阻与一个电压源并联。当测试条上滴入血样，血样与化学酶发生反应，这时通过 ADC 检测测试条 2 端的电压，当电压产生由高到低的突变时，MCU 内部断开电流源与测试条的连接开关，等待一段时间 (浸泡时间)，等待血样与酶充分反应达到电荷稳定，浸泡时间到了，启动定时器计时，同时恢复恒流源与测试条的连接，继续监视血液测试条的电压，当检测到电压有明显增加时，停止定时器计时，测量的时间即为电荷移除需要的时间，血样中总的电荷量根据公式 $Q=I*t$ (其中 I 是

恒流源的设定值， T 是定时器测得的时间)，再经处理器 MCU 计算出电荷量 Q 值。具体流程请参考图 5：

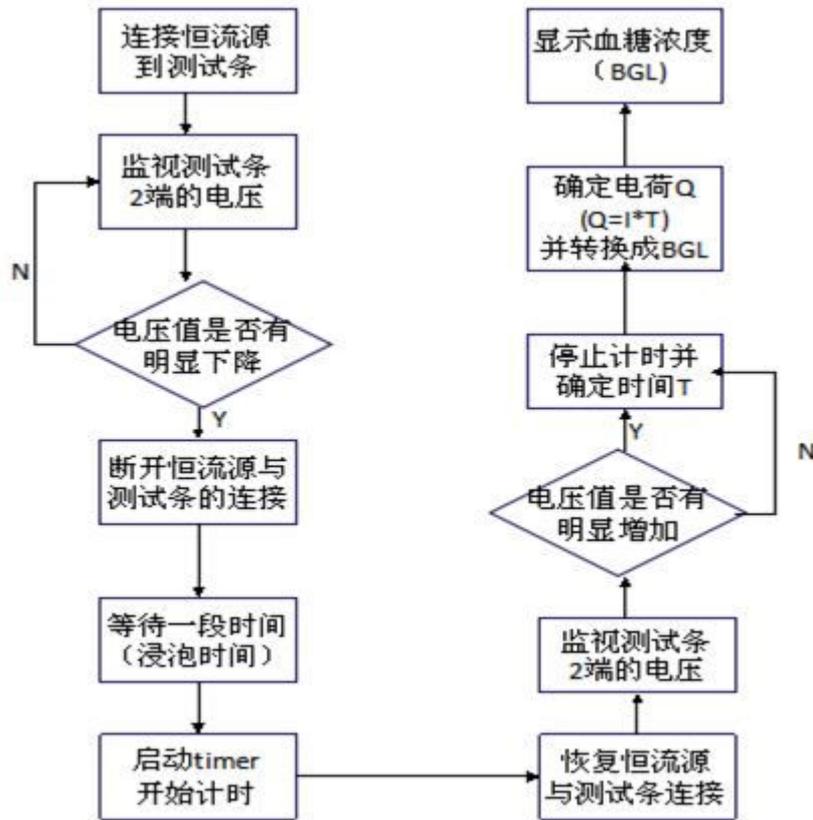


图 5

流程图中，电荷总量 Q 已经得到，再根据电荷量换算出实际的血糖浓度。理论血糖浓度与电荷量成线性关系，实际需在选择若干重要浓度点做大量实验来确定，然后采用曲线拟合或插值等数据处理方式来确定其与电荷量之间的关系，最终再根据这种关系把电荷量计算成血糖浓度 BGL。

下图 6 是血糖浓度是 50mg/dl 的血样，在浸泡时间为 1s 时，检测测试条 2 端电压 (Volts) 与时间 T 的曲线图。

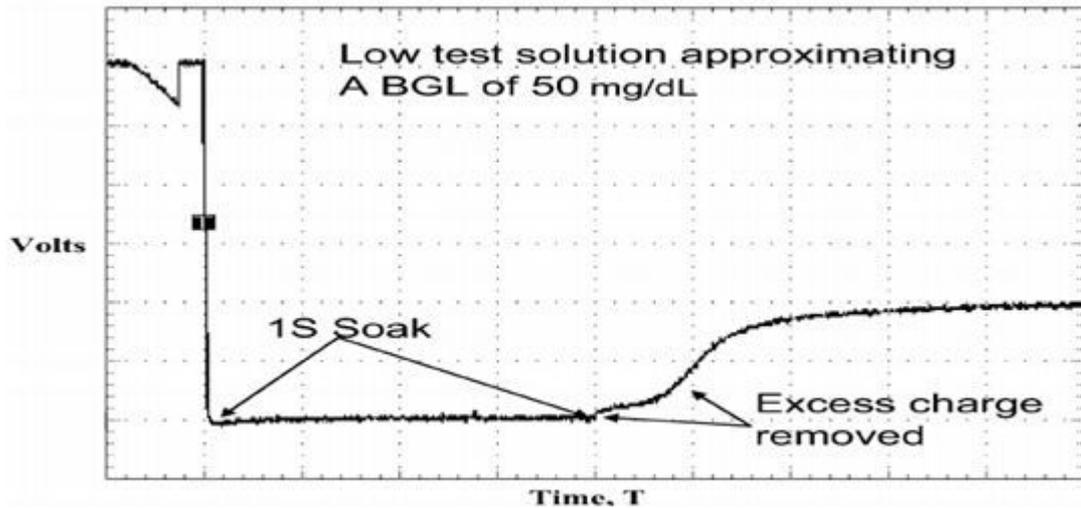


图 6

血糖仪通过 LCD 显示当前的血糖浓度信息，每次测量的血糖浓度数据同时存放在片内 Flash 存储器中，具有掉电保护功能，无需外部 EEPROM。同时片上集成 USB，可以与上位机 PC 进行通信，将采集的血糖浓度信息传输给 PC，便于管理病人的健康状况。对于便携式血糖仪，一般采用电池供电，电池的寿命至关重要，所以对血糖仪的整体功耗要求更为严格。本设计采用的 PIC24“GC”系列 MCU，拥有世界纳瓦技术的超低功耗工艺，可以大大降低产品的功耗。同时片上集成的 LCDDriver 可以直接驱动 LCD 屏，也可以帮客户大大节省成本。

结束语

本设计采用 Microchip 公司新推出的 PIC24“GC”系列产品，利用片上强大的高精度模拟电路来测量血糖，无需外置高精度 ADC 和运放，使得产品电路大大简化，性能更加稳定，外形更加小巧。另外，也充分利用到 MCU 的超低功耗特性，降低了产品功耗。总的来说，该设计用较少的外围器件完成了精准的血糖测量，降低了客户成本，同时延长了产品寿命。因此，该方案是小体积、低功耗、应用灵活、可靠性高、便携式高精度血糖仪的最佳选择。