

基于 LPC3250 的智能电子血压计的设计

1 系统工作原理

血压指血管内的血液对于单位面积血管壁的侧压力，即压强。正常的心脏是一个强有力的肌肉器官，它日夜不停地、有节律地一张一缩，使血液在循环器官内流动。血液在血管内流动时，无论心脏收缩或舒张，都对血管壁产生一定的压力。血压有两种，一是收缩压，它指在心室收缩时，主动脉压急剧升高，在收缩期的中期达到最高值，这时的动脉血压值称为收缩压，也称为“高压”；另一是舒张压，它指在心室舒张时，主动脉压下降，在心舒末期动脉血压的最低值称为舒张压，也称为“低压”。

该多功能电子血压计，采用示波法进行测量，其原理是通过测量血液流动时对血管壁产生的振动，在袖带放气过程中，只要袖带内压强与血管压强相同，则振动最强。其优点为：使用简易，可一人独自操作，测量值便于记录，体积轻巧便于携带。

2 硬件设计

2.1 系统总体结构

该多功能电子血压计系统的总体结构框图如图 1 所示，主要包括 LPC3250 主控模块、电源及复位模块、检测模块、LCD 触摸屏模块、Wi Fi 模块、语音模块和 USB 模块等 6 大模块。

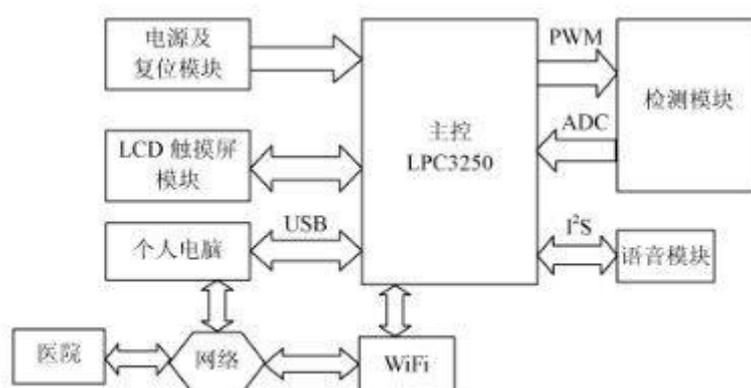


图 1 系统总体结构框图

2.2 主控 LPC3250

主控采用 NXP 新推出的高度集成 LPC3250 微处理器，具有高性能、高集成度、低功耗等特点，非常适合本方案的设计要求。它采用 90 nm 工艺和功能强大的 ARM926EJ-S 内核，主频高达 208 MHz，具有全系列标准外设。其中包括带专用 DMA 控制器的 24 位 LCD 控制器，可支持 STN 和 TFT 面板；三通道 10 位 400 kHz A

/D 转换器，带触摸屏接口；内部集成高达 11 个 PWM 通道；USB OTG 接口，能全速连接主机和器件；一个支持 DDR 和 SDR SDRAM，SRAM，FLASH 和静态器件的外部存储控制器。充分满足了本设计的需要，外部只需加入很少芯片就可实现系统功能，并可使整个系统体积减小、功耗降低、稳定性增加和成本得到控制。

2. 3 压力传感器 XFGN-6025KPGSR

该设计采用日本 Fujikura 公司生产的新一代压力传感器 XFGN-6025KPGSR，它的重量只有 0.35 g，主要用于便携式电子血压计，采用精密厚膜陶瓷芯片和尼龙塑料封装，内部含有放大、温度补偿及预校正失调电压和量程，从而提高了测量的精度、稳定性，也省去了放大电路。它直接将血压转换为 0~4.5 V 的电信号，对应的血压值为 0~25 kPa，即 0~187.5 mmHg，与血压计的设计要求非常匹配。

2. 4 滤波器 MAX267

所测得的模拟信号还要经过滤波，然后进行 A/D 转换。其中滤波用于滤掉信号中的直流成分、电源及皮肤与袖带摩擦的高频噪声和工频干扰等。该设计采用 Maxim 公司的 MAX267，它是 Maxim 众多开关电容滤波器(SCF)芯片中较简洁的一种。内部包含 2 个已经固定成带通型，并且使用相同的 Q 参数和频率变换比例的二阶 SCF 和一个运放。通过选择适当的反馈电阻和 Q 参数，能够组成不同波纹率的 Butterworth 或 Chebyshev 滤波器。这样大大减少了外围电路，且使用灵活，性能远远优于采用集成运放组成的滤波电路，非常适合于本设计。

3 软件设计

3. 1 程序流程

软件部分是系统有效工作的核心，其程序流程如图 2 所示。系统启动后，由 U-boot 引导启动嵌入式 Linux，初始化相关硬件和程序并进入主菜单。其中数据查询，可在 LCD 上查看以往测量结果，并由机器进行简单的健康情况分析；网络服务，可手动将测得的结果通过 Wi-Fi 传送至医院，并与医生进行简单的对话；开始检测，血压计进入检测模式；系统设置，可对系统时间、网络参数等进行设置，并可对系统固件进行升级；个人信息，可输入自己的身高、体重、性别和年龄等信息，方便系统对每个人的测量数据进行分别管理和有针对性的健康情况分析。

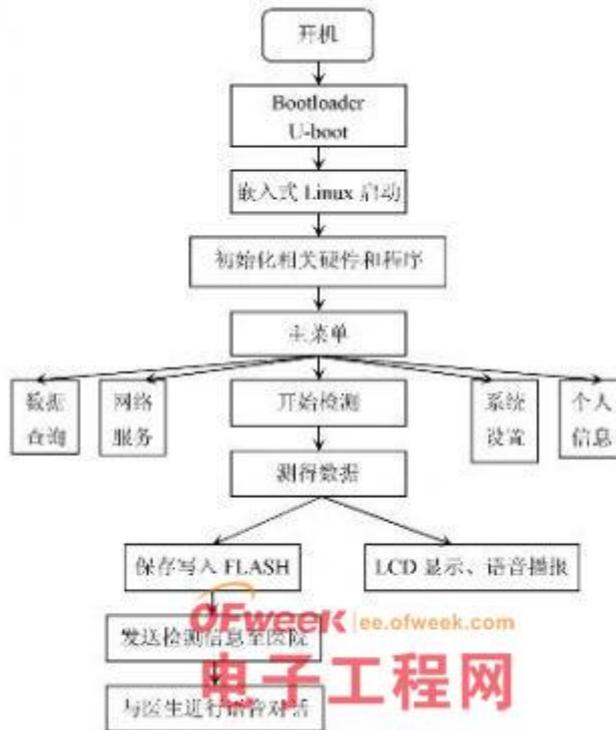


图 2 程序流程图

3. 2 电子血压计检测模式流程

当测量血压时，微处理器 PWM 输出控制气泵充气，先充气至压力传感器的最大额定值 25 kPa，即 187.5 mmHg，再慢慢以每秒下降约 3 mmHg 的速度匀速放气，调整袖带内气压，实现自动测量血压。一路 A/D 采样袖带内气压直流分量，以便取得收缩压和舒张压，即高压和低压，并对心跳周期取平均计算心率；另一路 A/D 采样袖带内气压交流分量，经分析计算后确定收缩压和舒张压的瞬态时间位置，接收血压脉冲信号，触发 ADC 工作，计算出收缩压和舒张压的结果。心率、血压计算流程图如图 3 所示。

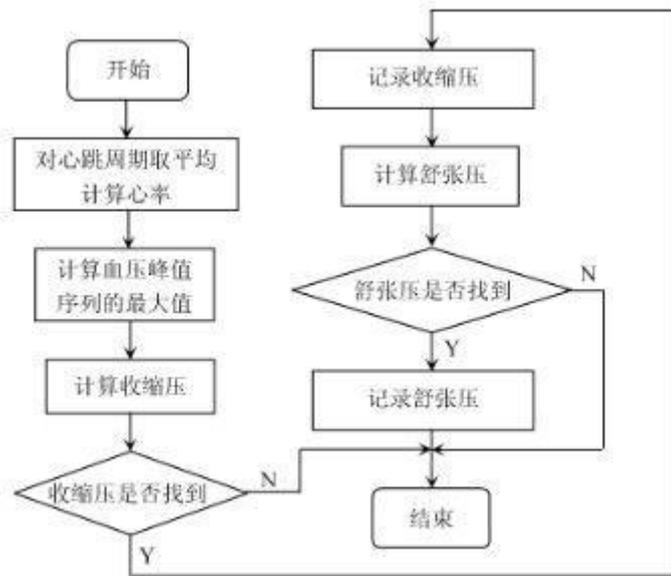


图3 心率、血压计算流程图

3.3 数据库系统的设计

该设计的数据管理采用 SQLite 嵌入式数据库，它是 2000 年由 D. Richard Hipp 开发出来的一种中小型嵌入式数据库，可以较为方便地运用于嵌入式系统中，它的源代码完全开放，可以免费用于任何用途，包括商业目的；它提供了对 SQL92 的大多数支持，如支持多表、索引、事务、视图、触发和一系列的用户接口及驱动，简单易用，速度也很快，同时提供了丰富的数据库接口。经过对需求的分析和优化，可设计出数据库系统的 E-R 图如图 4 所示。其全面准确地反应了用户的功能需求，可使实体类型的个数和所含属性的个数少，实体类型间无冗余。

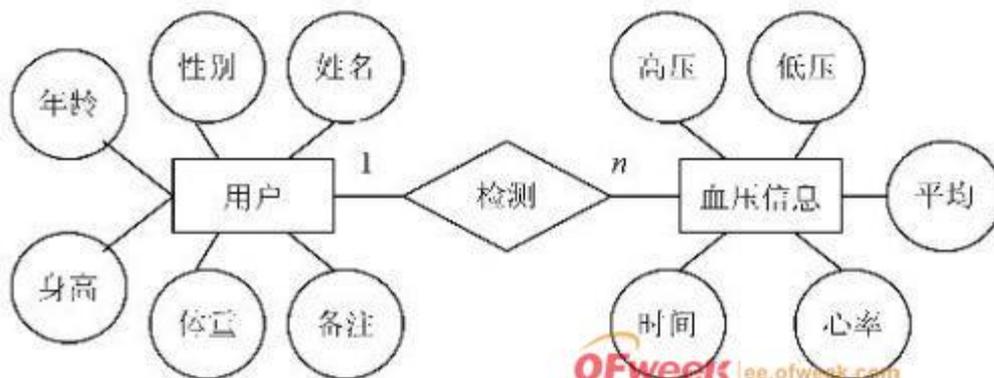


图4 数据库系统的 E-R 图

3.4 系统的界面设计

在系统界面中，通过触摸屏发出各项命令，再通过数据库的连接由图形界面显示。该设计的应用程序窗口界面采用 Qt 编写实现，它是一个跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架，完全面向对象，很容易扩展，并且允许真正的组件编

程，被广泛地应用于各种嵌入式产品中。图 5 是采用轻量级跨平台集成开发环境 Qt creator 所设计的界面。开机启动后，首先进入如图 5(a)所示的主菜单，轻触开始检测，系统进入如图 5(b)所示的检测菜单，显示测得数据。考虑到老年人视力不佳，本界面的字体都已放大。

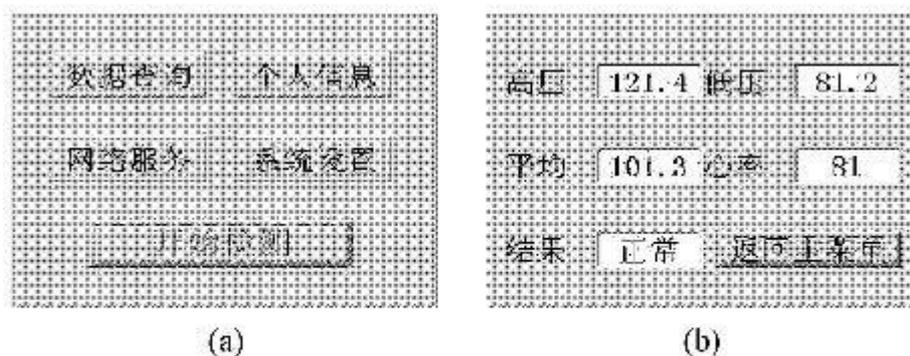


图 5 系统菜单界面

4 结语

随着生活水平和城市老龄化比例的不断提高，医疗电子设备的家庭化、智能化逐渐成为趋势。本文给出了完整的智能电子血压计设计方案，区别于传统只有单一检测功能的产品，具有三大创新点：大屏幕显示和控制；采用嵌入式数据库 SQLite 进行数据管理；通过网络与医院连接。实际应用表明，该系统体积小，功耗低，智能化，检测速度快，实现了个人—仪器—医疗机构一体化的健康检测网络，很适合家庭用户，特别是老年人的使用。如果该方案能广泛推广和应用，会产生不可估量的经济效益和社会效益。